

Шихатов А.И.

КОНЦЕРТНЫЙ ЗАЛ НА КОЛЕСАХ

**ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ**



**Издательский дом ДМК-пресс
Москва, 2005**

УДК 621.396.6
ББК 32.872
Ш65

Шихатов А.И.
Ш65 Концертный зал на колесах. – М.: ДМК-пресс, 2005. – 464 с.: ил.
Четвертое издание, переработанное и дополненное.

ISBN 5-9706-0003-2

В данной книге рассмотрены основные принципы конструирования высококачественных автомобильных аудиосистем. Книга охватывает широкий круг вопросов: конструкция и схемотехника автомобильных магнитол и усилителей, расчет и изготовление акустических систем, выбор структуры аудиосистемы и ее компонентов, монтаж в автомобиле. Приведены справочные материалы и схемы узлов для самостоятельного изготовления.

ББК 32.872
УДК 621.396.6

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность наличия технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением или неприменимостью любых материалов данной книги.

ISBN 5-9706-0003-2

© Издательский дом ДМК-пресс, 2005
© Шихатов А.И., 2005



СОДЕРЖАНИЕ

От автора.....	9
Соглашение.....	10
1. Что такое автозвук	13
2. Источники сигнала	31
2.1. Классификация головных устройств	32
2.1.1. <i>Простейшие магнитолы</i>	33
2.1.2. <i>ГУ начального уровня</i>	33
2.1.3. <i>ГУ среднего класса</i>	34
2.1.4. <i>ГУ высокого класса</i>	36
2.1.5. <i>Комбинированные ГУ («сидиолы»)</i>	38
2.1.6. <i>ГУ с видеомонитором</i>	39
2.1.7. <i>Мультимедийные центры</i>	39
2.2. Выбор головного устройства.....	41
2.3. Органы управления, компоновка и особенности конструкции	45
2.3.1. <i>Механические органы управления</i>	46
2.3.2. <i>Электронные органы управления</i>	47
2.3.3. <i>Системы защиты</i>	48
2.3.4. <i>Региональные особенности</i>	49
2.4. Радиоприемный тракт	50
2.5. Магнитофонная секция.....	55
2.5.1. <i>Система загрузки</i>	56
2.5.2. <i>Простейшие ЛПМ</i>	57
2.5.3. <i>ЛПМ с автореверсом</i>	59
2.5.4. <i>Тракт воспроизведения</i>	61
2.6. Тракты CD и MD.....	64
2.7. Тракт звуковой частоты	67
2.7.1. <i>Входные цепи тракта ЗЧ</i>	67
2.7.2. <i>Регуляторы громкости, тембра и баланса</i>	69
2.7.3. <i>Усилители мощности головных устройств</i>	73



3. Автомобильные громкоговорители	87
3.1. Классификация головок громкоговорителей.....	89
3.1.1. Электродинамические головки прямого излучения	89
3.1.2. Изодинамические головки	91
3.1.3. Роторные головки	91
3.1.4. Электростатические головки	92
3.1.5. Пьезоэлектрические головки	93
3.1.6. Ионно-плазменные головки.....	94
3.2. Характеристики головок громкоговорителей	95
3.3. Динамические головки	98
3.3.1. Магнитная система.....	98
3.3.2. Подвес диффузора	105
3.3.3. Диффузор.....	107
3.4. Конструкции динамических головок.....	114
3.4.1. Диффузорные головки.....	114
3.4.2. Купольные головки	116
3.4.3. Коаксиальные головки.....	118
3.4.4. Специальные низкочастотные головки	121
3.5. Особенности автомобильных громкоговорителей.....	123
3.5.1. Широкополосные и коаксиальные головки	125
3.5.2. Специализированные громкоговорители	127
4. Акустическое оформление	130
4.1. Параметры Тиля-Смолла.....	131
4.2. Измерение параметров динамических головок.....	132
4.2.1. Оборудование для измерений	134
4.2.2. Измерение активного сопротивления	136
4.2.3. Измерение частоты основного механического резонанса	137
4.2.4. Определение добротности.....	137
4.2.5. Определение эквивалентного объема методом добавочной массы.....	139
4.2.6. Определение эквивалентного объема методом добавочного объема	140
4.3. Виды акустического оформления	142
4.3.1. Классификация низкочастотного акустического оформления	143
4.3.2. Открытое оформление	145
4.3.3. Лабиринт.....	146
4.3.4. Закрытый корпус.....	148
4.3.5. Фазоинвертор и пассивный излучатель.....	148



4.3.6. Акустическая нагрузка	149
4.3.7. Полосовые громкоговорители	150
4.3.8. Сдвоенные головки.....	152
4.3.9. Рупор и акустическая линза.....	153
4.4. Выбор головки и расчет акустического оформления	155
4.4.1. Передаточная характеристика салона	157
4.4.2. Расчет открытого оформления.....	159
4.4.3. Расчет лабиринта	161
4.4.4. Расчет закрытого корпуса	161
4.4.5. Расчет фазоинвертора и пассивного излучателя.....	162
4.4.6. Расчет рупора	167
5. Усилители.....	169
5.1. Параметры усилителя и качество звучания	170
5.1.1. Выходная мощность	171
5.1.2. Гармонические и интермодуляционные искажения	172
5.1.3. Скорость нарастания выходного напряжения.....	172
5.1.4. Коэффициент демпфирования	173
5.2. Структура автомобильных усилителей	178
5.3. Предварительные усилители и фильтры.....	182
5.4. Схемотехника усилителей мощности	186
5.4.1. Усилители на дискретных элементах	187
5.4.2. Усилители с применением интегральных схем	194
5.5. Блоки питания автомобильных усилителей	198
5.5.1. Структура блоков питания	200
5.5.2. Цепи управления и защиты	203
5.5.3. Практические схемы узлов ПН.....	204
5.5. Импульсные усилители	211
5.5.1. Усилители класса D.....	212
5.5.2. Усилители класса T	214
5.5.3. Полностью цифровые тракты.....	216
6. Дополнительные устройства	220
6.1.Разделительные фильтры АС	220
6.1.1. Методика расчета пассивных фильтров	222
6.1.2. Корректирующие и согласующие цепи	226
6.1.3. Разделительно-корректирующие фильтры.....	231
6.1.4. Конструкция фильтров	238
6.2. Активные кроссоверы.....	240
6.2.1. Конструкция и органы управления.....	243
6.2.2. Схемы активных кроссоверов промышленного изготовления	247



6.2.3. Любительские схемы активных фильтров	257
6.3. Корректоры АЧХ.....	266
6.3.1. Параметрическая коррекция АЧХ.....	267
6.3.2. Коррекция при помощи режекторного фильтра.....	269
6.3.3. Кроссовер-эквалайзер	272
6.3.4. Коррекция при помощи эквалайзера	275
6.4. Устройства индикации.....	280
6.4.1. Стрелочные индикаторы выходной мощности	284
6.4.2. Светодиодные индикаторы выходной мощности	286
6.4.3. Питание	292
6.4.4. Конструкция	295
7. Мультимедийные системы	296
7.1. Особенности стандартов телевидения	298
7.2. Видеомониторы.....	302
7.2.1. Типы автомобильных мониторов	304
7.2.2. Радиоканал	305
7.2.3. Канал звука	306
7.2.4. Видеотракт	307
7.2.5. Особенности приема телевизионных сигналов в автомобиле	309
7.3. Антенны	310
7.3.1. Основные определения.....	311
7.3.2. Типы автомобильных антенн	313
7.3.3. Активные антенны	315
7.3.4. Разнесенные антенные системы	317
7.3.5. Выбор антенны.....	321
7.4. Источники видеосигнала.....	323
7.4.1. Видеомагнитофоны.....	323
7.4.2. Мультимедийные центры.....	324
7.4.3. Мультимедийные проигрыватели.....	326
7.5. Системы объемного звучания.....	331
7.5.1. Особенности пространственного слухового восприятия.....	331
7.5.2. Амбифонические системы.....	333
7.5.3. Квадрофонические системы	334
7.5.4. Псевдоквадрофонические системы.....	336
7.5.5. Звуковые процессоры	340
8. Компоновка аудиосистемы.....	342
8.1. Слагаемые результата.....	343



8.1.1. Акустические свойства салона автомобиля.....	345
8.1.2. Особенности слухового восприятия	346
8.1.3. Ориентация излучателей	347
8.2. Выбор структуры АС	348
8.3. Выбор частот раздела и порядка фильтров	357
8.4. Би-ампинг	362
8.5. Комбинированное подключение нагрузки.....	365
8.5.1. Магнитолы с двухканальным усилителем и фейдером на выходе	368
8.5.2. Магнитолы с комбинированным усилителем	370
8.5.3. Магнитолы с усилителями разной мощности	373
8.5.4. Магнитолы с четырехканальными мостовыми усилителями.....	374
8.6. Малосигнальные пассивные фильтры.....	376
8.7. Выбор структуры усилительного тракта	378
9. Монтаж аудиосистемы	382
9.1. Стеклопластик.....	383
9.2. Изготовление акустического оформления.....	384
9.2.1. Особенности автомобильных АС	385
9.2.2. Установка головок	386
9.2.3. Герметичность	389
9.2.4. Жесткость	389
9.2.5. Наполнитель.....	390
9.2.6. Изготовление прямоугольных корпусов.....	391
9.2.7. Изготовление корпусов сложной формы	393
9.2.8. Изготовление рупоров	395
9.2.9. Практические конструкции АС	396
9.3. Шумоизоляция и вибродемпфирование	399
9.4. Цепи питания.....	403
9.4.1. Требования безопасности.....	403
9.4.2. Буферный конденсатор	405
9.4.3. Дополнительный аккумулятор	407
9.4.4. Нестандартное напряжение бортовой сети	409
9.5. Цепи акустических систем.....	411
9.6. Сигнальные цепи и помехи	411
9.7. Сервоприводы	414
9.8. Антенны	415
9.9. Настройка	417
9.9.1. Абсолютная и относительная фазировка АС	418
9.9.2. Измерение и коррекция АЧХ.....	418



Приложения	425
Приложение 1. АЧХ салонов распространенных автомобилей	425
Приложение 2. Характеристики ламп накаливания в режиме нелинейных сопротивлений	427
Приложение 3. Выбор сечения проводов	429
Приложение 4. Соответствие зон DVD странам	430
Приложение 5. Характеристики телевизионных стандартов	430
Приложение 6. Динамические головки отечественного производства	436
Приложение 7. Автомобильные динамические головки и сабвуферы	442
Приложение 8. Ресурсы Internet	449
Литература	450
Алфавитный указатель	454



*Моей жене Белле –
она верила в меня всегда*

ОТ АВТОРА

В России недостаток средств традиционно компенсируется оригинальностью решений, и эта книга предназначена в первую очередь тем, кто привык все делать своими руками. Это не пособие по ремонту магнитол, и не руководство по конструированию громкоговорителей, и не справочник начинающего плотника. Хотя книгой можно пользоваться и в этих целях, ее главная задача – объединить и систематизировать основные сведения, необходимые конструктору автомобильной аудиосистемы, не превращаясь при этом в гибридный энциклопедический словарь и армейской инструкции. Прошу не судить слишком строго: насколько мне известно, за пять лет, прошедших с момента выхода первого издания, других попыток такого рода больше никто не предпринял. Но критиков хватает...

Книга тщательно структурирована, это облегчает поиск нужной информации. По той же причине некоторые положения иногда повторяются. Благодаря этому читать ее можно с любого места и в любую сторону, но я рекомендую в первый раз все же прочитать ее традиционным способом – с начала и до конца. Надеюсь, что она окажется полезной широкому кругу любителей музыки, и не только автомобилистам.

Я старался по возможности избегать сложных формул и теоретических обоснований – только выводы, имеющие практическую ценность, поэтому желающих получить подробную информацию отсылаю к специальной литературе. Краткий список использованных трудов есть в конце книги, его можно расширить еще в несколько раз, – но я вове-



мя остановился. Нельзя объять необъятное: слишком динамично развивается эта область техники. Поэтому подробно рассмотрены только те решения, которые на настоящий момент стали классическими, устаревшие рекомендации сокращены.

Выражаю свою искреннюю признательность всем, кто прямо или косвенно помог созданию, а потом и улучшению этой книги. Спасибо и книге – она увлекла за собой автора. Как и положено литературному произведению.

Москва, январь 2005

Соглашение

Основные термины и определения в тексте выделены *курсивом*.

Автозвук, или car audio, – тяжелая форма аудиофилии, выражающаяся в стремлении добиться идеального звучания автомобильной аудиосистемы. Передается при контакте с носителем болезни. Лечению обычно не поддается. Скрытый инкубационный период – от нескольких часов до нескольких месяцев. В начале XXI века достиг масштабов эпидемии.

Большой Музыкальный Словарь. Москва. 2050 год.



ЧТО ТАКОЕ
АВТОЗВУК





ЧТО ТАКОЕ АВТОЗВУК

Еще недавно желание иметь в автомобиле аудиосистему класса Hi-Fi расценивалось большинством окружающих в лучшем случае как пижонство. Однако для многих автомобилистов машина превратилась в нечто большее, чем просто средство передвижения. Отношение к автомобилю как к среде обитания уже не вызывает недоумения окружающих, а поклонников качественного звуковоспроизведения и мультимедиа в автомобиле становится все больше. Человек, проводящий за рулем несколько часов в день, хочет слушать не только последние известия, поэтому вполне объяснимо желание иметь в машине нечто большее, чем просто «магнитола + две колонки». Автомобиль нередко остается единственным местом, где можно послушать музыку в свое удовольствие, не создавая проблем окружающим. А мультимедийная система вообще способна превратить его в дом на колесах.

Не верьте тем, кто говорит, что музыка в салоне автомобиля хорошо звучать не может «по определению», а стало быть, не нужна. Хорошее звучание в салоне автомобиля не только возможно, но и необходимо – по крайней мере, его владельцу. Однако никакого особенного «автомобильного» звука нет и быть не может, хотя конструирование качественных автомобильных аудиосистем имеет свои специфические особенности. Это связано с акустическими свойствами салона автомобиля, о чем будет рассказано позднее. Кстати, многие используемые в автомобильных аудиосистемах решения вполне можно распространить и на домашнюю аппаратуру. Обратное верно только отчасти!

Не каждый автомобиль стоит превращать в концертный зал на колесах. Нет смысла тратить силы и средства,



если музыкальные вкусы владельца ограничены незатейливой музыкой. Для ее воспроизведения не требуется ни широкий динамический диапазон, ни правильная передача нюансов звучания. В подобных случаях хорошая акустика просто противопоказана: все огрехи записи и исполнения становятся сразу заметны. Идеал нужен не всем. Сколько людей довольны случайным набором аппаратуры – лишь бы она не хрипела и подходила по цвету.

Зато поклонникам «натуральных» жанров открывается широчайшее поле для деятельности. Как нет двух одинаковых автомобилей (это прекрасно знают автолюбители), так нет одинаковых аудиосистем. Создателю высококачественной установки придется стать конструктором, художником, механиком, и овладеть еще десятком других специальностей. Автозвук – это сплав музыки, науки и спорта, где поиск закономерностей и выработка теорий еще ждут своих первооткрывателей.

Нередко поиск идеала идет годами. Этот увлекательный процесс (порой даже не процесс, а состояние) помимо точного расчета включает в себя немалую долю «шаманства», а самые удачные установки сродни произведениям искусства. Обойтись при этом только готовыми изделиями практически невозможно. Необычные компоновочные и схемотехнические решения несут в себе индивидуальность автора, а самые удачные становятся объектом для подражания. В этом плане автозвук подобен автоспорту – новинки, бывшие когда-то уделом рекордных автомобилей, теперь применяются в серийном производстве.

Впрочем, автозвук уже стал одним из видов спорта. В олимпийскую программу он пока не включен, но это дело будущего. За рубежом соревнования по качеству звучания автомобильных аудиосистем поведятся уже много лет. В 1998 году в России состоялись первые соревнования по формуле RASCA (Российское Агентство Соревнований и Конкурсов по Автозвуку). Затем появились соревнования «Формула звука». С тех пор они проводятся регулярно и неизменно привлекают большое количество зрителей и участников из разных городов. Судейские бригады по специальной системе оценивают исполнение установки, субъективное качество ее звучания и объективные параметры: частотную характеристику системы и максимальный уровень звукового давления в салоне. Победители получают призы, дипломы и кубки. Самая зрелищная часть этих соревнований – dB-drag, «гонка за де-



цибелами», выделилась в самостоятельное мероприятие. Идея вышла за пределы Москвы, и в 2000 году состоялись соревнования в Ярославле, Вятке и Красноярске. За 2001 год география соревнований еще расширилась. В 2004 году прошла серия соревнований на первенство Урало-Сибирского региона, крупные соревнования состоялись в Хабаровске. Увеличение числа мультимедийных систем привело к необходимости выделить в 2003 году отдельный класс участников, но уже в 2004 году внутри класса «мультимедиа» было введено внутреннее деление.

Благодаря растущему интересу к автомобильной аудиотехнике появились специализированные издания, предлагающие готовые решения в этой области. В то же время они дают немало пищи для размышлений самодеятельному конструктору. Публикации на эту тему появились и в радиолюбительской литературе. Конечно, заниматься самостоятельной разработкой и изготовлением магнитол, приемников или телевизоров в наши дни вряд ли кто станет – в продаже имеется аппаратура на любой вкус, однако доработка и изменение ее характеристик всегда по силам любителю.

Что же касается усилителей и дополнительных устройств – это традиционно наиболее популярные конструкции для самостоятельного изготовления. Тем более, что в ряде случаев «коробочку» с необходимыми свойствами легче изготовить, чем купить. Поэтому среди поклонников автозвука появилось пока немногочисленное «леворадикальное» крыло. Самодельная аппаратура, минималистский подход к конструированию («чем проще – тем лучше»). Впрочем, простота в данном случае не означает дешевизну. Время и труд бесплатны только для себя, а на пробы и ошибки и того, и другого уходит немало. Ведь понятия «дешево», «хорошо» и «быстро» сочетаются только попарно...

Но источник сигнала и усилитель – только надводная часть целого айсберга проблем, встающих перед создателем мобильной установки. Скептическое отношение к Hi-Fi в автомобиле вызвано прежде всего безграмотным подходом к установке акустических систем. Ошибки пытаются устранить техническими изменениями, такими, как замена динамиков, установка усилителей; хотя в такой ситуации необходим пересмотр компоновки системы в целом.

При любом подходе к аудиосистеме в процессе установки аппаратуры необходимо выполнять определенные



требования. Поэтому если вам предлагают «быстро и качественно установить музыку» – не верьте. Процесс этот совсем не быстрый, даже если на автомобиль набросится целая бригада («лобовой» вариант – скопировать готовую систему или установить все компоненты в штатные места – рассматривать не будем, это неспортивно). Оставим пока в стороне дизайн системы и удобство управления – это важные, но не основные требования. В первую очередь речь в этой книге пойдет о качестве звучания и о том, какими средствами решить эту задачу.

Любая аудиосистема состоит из трех составных частей: источника сигнала, усилительного тракта и акустического преобразователя. Они же являются причинами искажений исходного звукового сигнала. Задача конструктора – разработать структуру тракта и подобрать компоненты так, чтобы эти искажения были минимальными при разумных затратах на их минимизацию. Искусство как раз и заключается в том, чтобы в каждом случае найти «золотую середину». А складывается оно из трех составляющих: знания материальной части, теории и практики. В этой последовательности мы их и рассмотрим. Но сначала обратимся к истории. [38, 66]

Первым дополнительным устройством автомобиля стал радиоприемник. К началу 30-х годов он широко стал использоваться ведущими производителями автомобилей в качестве штатного оборудования. Кстати, именно автомобильные радиоприемники дали жизнь многим техническим решениям и стандартам – например, виброустойчивые радиолампы в металлических баллонах с напряжением накала 6,3 В появились именно тогда. Уже много лет спустя напряжение бортовой сети автомобилей поднялось до 12,6 В.

В те же 30-е годы были заложены и основы нынешней несогласованности стандартов радиовещания: Европа использовала в основном диапазон длинных волн, США активно осваивали средневолновый. При распределении частот в каждом регионе руководствовались своими соображениями, и стандартизация сетки частот, проведенная впоследствии, просто закрепила status quo.

Даже при наличии развитой сети станций радиовещания удовлетворить вкусы всех слушателей невозможно, и поиск альтернативного источника звуковых программ начался практически сразу. Первые попытки были предприняты еще в 30-е годы, когда магнитофон исполь-



зовал в качестве носителя записи стальную проволоку. Впрочем, стоимость была по тем временам просто чудовищной, и покупателей нашлось немного. Аппаратура устанавливалась в багажнике – полвека спустя автомобилисты снова вернулись к этой компоновке. Позднее, в 60-х годах, были попытки использования катушечных магнитофонов с широкой лентой, на которой размещали множество дорожек с отдельными программами. Однако, несмотря на повышение надежности, эксплуатация была неудобной, а стоимость – весьма высокой. До уровня «народной» эта аппаратура никак не дотягивала.

Появившиеся после второй мировой войны грампластинки на 45 оборотов и музыкальные автоматы «Juke Box» тоже пытались использовать в автомобиле. Хотя разработчикам и удалось адаптировать конструкцию такого «чейнджера» к условиям автомобиля, но слушать пластинки во время движения можно было только в лимузинах с мягкой подвеской – несмотря на амортизацию проигрывателя, игла звукоснимателя часто выскакивала из дорожки. Малогабаритные долгоиграющие грампластинки с частотой вращения $16 \frac{2}{3}$ об/мин и созданные специально для них автомобильные проигрыватели также не имели успеха. Увеличение прижимной силы иглы сократило время жизни пластинки до нескольких проигрываний, но мир еще не был готов к одноразовым изделиям.

Сейчас уже трудно установить, кому первому пришла в голову мысль объединить автомобильный приемник с магнитофоном, но практическое применение автомагнитолы стало возможным с появлением различных вариантов магнитофонной кассеты, упрощающих водителю и слушателям манипуляции с магнитофоном. Конкурировавшие между собой на рынке домашней аудиотехники компакт-кассета, предложенная фирмой Philips в 1964 году, и EL-кассета продолжили борьбу и на рынке автомагнитол. Однако первый автомобильный проигрыватель TC-3200 под компакт-кассету был выпущен фирмой Sony только в 1969 году. В EL-кассете использовалась лента шириной 6,25 мм (как в катушечных магнитофонах), скорость движения также была «катушечной» – 9,53 см/с. От привычной нам сегодня компакт-кассеты EL отличалась несколько большими размерами, что и дало тогда повод назвать кассету Philips «компактной». Несмотря на значительно более высокие технические параметры, этот стандарт потерпел полное поражение. Для массового потребителя малые габариты компакт-кассеты переве-



силы ее недостатки, поэтому продукт EL к середине 70-х годов полностью вышел из употребления. Этому способствовало и быстрое улучшение качества магнитных лент, головок, а также самих кассетных магнитофонов.

В Америке долгое время была популярна появившаяся несколько раньше картридж-кассета, в которой также использовалась широкая лента. Без борьбы не обошлось и тут: существовали две абсолютно несовместимые конструкции картридж-кассеты. Однако победителей в этом поединке не было: конструкция обеих кассет оказалась не самой удачной. Рулон ленты в картридж-кассете был бесконечным: лента вытягивалась из середины рулона и наматывалась на него снаружи. Возможность перемотки отсутствовала принципиально. Несмотря на малую длину ленты (всего 25 м), она часто запутывалась, не помогло и введение графитовой смазки. После распространения компакт-кассеты позиции картридж-кассеты сильно пошатнулись, и их удалось на некоторое время поправить только благодаря моде на квадрофонию. Однако мода прошла достаточно быстро, поэтому к середине 70-х годов производство аппаратуры с картридж-кассетой было прекращено.

Впрочем, свой след в истории она оставила: отсутствие перемотки в тот момент преподносилось как дополнительный фактор безопасности – водителю уже не нужно было отвлекаться от управления. К слову, во многих странах запрещается отрывать руки от руля во время движения, что в немалой степени способствовало появлению органов дистанционного управления магнитолами.

В СССР автомагнитолы появились еще в начале 70-х годов. Первоначально они привозились из-за рубежа и были рассчитаны на использование компакт-кассеты, но вместе с иностранными автомобилями к нам иногда попадали аппараты других типов. Уже в 1973 году в Загорске начался серийный выпуск монофонической магнитолы «АМ-301» с оригинальным лентопротяжным механизмом – без перемотки, но с моторизованной загрузкой. Первый отечественный массовый автомобильный проигрыватель компакт-кассет (еще не автомагнитола, а только проигрыватель) «Электрон-501 стерео» появился на рынке в 1975 году и сразу стал «хитом сезона». Конструкция его не отличалась особой оригинальностью, но оказалась удивительно надежной, а сама модель стала редкой долгожительницей и претерпела несколько модернизаций. В конце 80-х годов заводские заделы продавались в виде набора узлов для самостоятельной сборки.



Появление в 1982 году компакт-диска дало новый толчок развитию автомобильной аппаратуры. Уже в 1984 году фирма Sony выпустила первый образец автомобильного проигрывателя компакт-дисков CDX-5, а через пару лет CD-ресиверы (или магнитолы с компакт-диском, как их порой неверно называют) стали выпускать практически все ведущие производители автомобильной аппаратуры. Радикальное улучшение качества воспроизведения и высокий уровень сервиса сделали этот вид аудиотехники очень популярным. На первом этапе в основном использовались CD-чейнджеры, подключаемые к магнитоле, но затем распространение получили аппараты в габаритах стандартной магнитолы с проигрывателем компакт-дисков (CD-ресиверы) и минидисков (MD-ресиверы). Кроме однодисковых моделей, выпускаемых всеми производителями, фирма Alpine выпускала трехдисковый CD-ресивер с кассетной загрузкой 3DE-7886R, фирма JVC – трехдисковый KD-GT5R, а Nakamichi – шестидисковый со шелевой загрузкой MB-100. Фирма JVC в 1999 году выпустила комбинированный аппарат KD-MX3000R, который работает с CD и MD (считывающий механизм автоматически распознает тип носителя).

Минидиск, разработанный фирмой Sony – прекрасная альтернатива компакт-кассете и компакт-диску одновременно. В стандарте MD используется сжатие цифровой информации приблизительно в пять раз с учетом особенностей слухового восприятия. Качество звучания незначительно уступает компакт-диску и связано с характером музыкального материала, но при этом габариты минидиска значительно меньше, а гарантированное число перезаписей – до миллиона. Автомобильную аппаратуру под минидиск, помимо Sony, выпускают JVC, Alpine и другие производители. Коммерческого успеха минидиск не имеет, но пока и не умирает. Причина состоит в том, что на момент разработки этого стандарта записываемые и перезаписываемые компакт-диски рассматривались исключительно как компьютерные носители. Широкое распространение этих дисков заставило производителей домашней и автомобильной аппаратуры ввести в массовых моделях возможность их чтения. После этого главное преимущество минидиска – возможность самостоятельно составлять фонограммы – стало несущественным. В то же время записываемые и перезаписываемые диски не всегда хорошо воспринимаются автомобильной аппа-



ратурой высокого класса.

Помимо перечисленных цифровых источников сигнала известны и другие. Фирма Sony выпускала автомобильные цифровые магнитофоны формата R-DAT. Запись цифрового сигнала в них производится блоком вращающихся головок на магнитную ленту, размещенную в кассете специальной конструкции. Несмотря на высокое качество записи, превосходящее компакт-диск, коммерческого успеха эти аппараты не имели. Значительная сложность и обилие прецизионных механических узлов не позволили снизить их стоимость.

Не все характеристики компакт-диска идеальны, но из существующих на сегодняшний день форматов цифровой записи он обеспечивает наиболее высокое качество звучания. Емкость компакт-диска (74 минуты) многим кажется недостаточной, и популярность приобретают форматы со сжатием данных, позволяющие в несколько раз сократить физический объем фонотеки. Хотя «сжатые» форматы MP3 и WMA удобны в эксплуатации, они все же мало пригодны для записи «живой» музыки с большим динамическим диапазоном и сложным спектральным составом. Динамический диапазон сжимается, средний уровень громкости повышается, и звучание становится «плотным». Звуки второго плана (реверберация, сложные оттенки звучания) безжалостно подавляются, остается только лидирующая мелодия. Но, как и сорок лет назад, для многих слушателей удобство выше качества. [11]

Вот и сейчас на рынок автомобильной аудиотехники стремительно наступает цифровой формат MP3. От других цифровых методов звукозаписи он отличается значительной степенью сжатия данных. Первые модели автомобильных MP3 плееров представляли собой специализированные компьютеры с записью звуковой информации в цифровом виде на винчестер и декодер MP3. В некоторых устройствах в качестве носителя информации используется запоминающее устройство на микросхемах. ЗУ выполняется в виде карточки, вставляемой в щель на передней панели магнитолы. Широкого распространения эти модели не получили.

В массовых образцах MP3-ресиверов в качестве носителя используется компакт-диск. Предусматривается возможность воспроизведения как обычных аудиозаписей, так и записей в формате MP3, а во многих моделях – и «компьютерного» формата WMA. Хотя качество звуча-



ния MP3, а тем более WMA заметно хуже по сравнению с другими цифровыми стандартами, число приверженцев новой аппаратуры увеличивается. Не в последнюю очередь это происходит благодаря доступности звуковых файлов через Internet. В результате разрыв между поклонниками качественного звучания и рядовыми слушателями стал еще больше.

Массовая психология – загадка. Очень часто коммерческий успех или провал каких-либо решений не поддается никакому рациональному обоснованию. Вспомните триумф компакт-кассеты (потенциал которой тогда не могли предвидеть даже специалисты) или сокрушительный провал цифровой магнитной записи без сжатия данных (R-DAT, S-DAT/DCC), которой прочили блестящее будущее. Формат «минидиск», использующий весьма «деликатное» сжатие данных практически без потери качества, оказался не у дел по причине малой емкости – те же 74 минуты, что и у компакт-диска. В то же время слухи о скорой смерти кассеты сильно преувеличены. Хотя по техническим параметрам аналоговая магнитная запись на кассете уступает всем цифровым форматам, победителя будет определять жанр музыки и класс аппаратуры, и еще не факт, что кассета проиграет это соревнование. Прибавьте к этому смешную стоимость носителя.

Революцией в области мобильного мультимедиа стало использование в качестве носителя DVD-диска. За последний год появилось немало моделей автомобильных DVD-проигрывателей, DVD-ресиверов и DVD-чейнджеров. Стандартный набор функций предусматривает воспроизведение обычных CD, MP3 и DVD. В расширенном варианте возможно чтение видеозаписей формата Video CD и неподвижных изображений формата JPEG. В отдельных (крайне немногочисленных) моделях возможно воспроизведение видеозаписей в компьютерном формате MPEG-4.

Появившиеся на рубеже веков автомобильные DVD-проигрыватели и DVD-ресиверы быстро вышли из разряда дорогих игрушек и за последний год стали вполне доступны по цене. [51, 58, 59, 76, 77] Поскольку эти аппараты поддерживают практически все дисковые форматы, у них есть шансы вытеснить обычные CD-ресиверы. И, какие бы доводы не приводили противники телевизоров в автомобиле, но за мультимедийными системами будущее. Монитор или телевизор – это не только кино в дороге, это и навигация, и обзор «мертвых» зон, и другая



информация. [7, 10, 38, 53, 67, 94]

Первые телевизоры появились в автомобиле в середине 50-х годов прошлого века. Правда, это были не обычные телевизоры, а контрольные видеомониторы передвижных телевизионных студий. Видеомагнитофоны в то время еще не вышли из стен лабораторий, поэтому все репортажи «с натуры» шли «живьем», причем с обязательным контролем эфирной картинки. Конечно, комплект аппаратуры тех лет с трудом помещался в автобусе, но это мелочи. Развитие электроники шло быстро, появление малогабаритной видеотехники было не за горами, и необходимые требования к этому классу аппаратуры были сформированы достаточно быстро. [80]

Первые телевизоры, пригодные для использования в обычном автомобиле, появились уже в середине 60-х. Правда, это были черно-белые модели – эра цветного телевидения только начиналась. Но развитие техники шло гигантскими темпами. Распространение транзисторов (а потом микросхем) позволило ввести необходимые для мобильной аппаратуры функции, повысить надежность и значительно уменьшить габариты. И если в фильмах про Фантомаса (1964–1967) автомобильный телевизор еще был частью фантастического антуража (монтаж виден невооруженным глазом), то в фильме «Высокий блондин в черном ботинке» (1972) автомобильная видеодвойка – штатное оборудование (правда, пока в лимузине секретной службы).

К середине 70-х автомобильный телевизор перестает быть экзотикой. Образцы такой техники в 1975–1978 годах выпустила отечественная промышленность («Электроника ВЛ-100», «Шилялис-авто» и другие). К концу 70-х появились и первые портативные модели, рассчитанные на прием цветного изображения. Однако, несмотря на достаточно демократичные цены, автомобильные телевизоры широкого распространения не получили ни «у них», ни «у нас». Главный парадокс заключался в том, что автомобильный телевизор чаще всего приобретали не для машины, а для пикника на лоне природы или для дачи. Причина этого – сложность размещения в салоне автомобиля даже небольшого телевизора. Осознавали этот факт и разработчики, но отойти от традиционных кубических объемов было не так-то просто.

Видеотехника тех лет использовала традиционную электронно-лучевую трубку, поэтому глубина аппарата была достаточно велика. Для укорочения трубки нужно



увеличить угол отклонения луча, но такое решение резко увеличивает мощность, потребляемую узлом развертки телевизора. И, если для стационарного аппарата дополнительные 30–50 ватт потребляемой мощности не имеют особого значения, то автомобильный телевизор с таким потреблением энергии никому не нужен. Привычка к сотням ватт, потребляемых автомобильной аппаратурой, еще не сформировалась.

Для решения задачи требовался экран принципиально нового типа – компактный и экономичный. К концу 70-х годов кинескоп оставался в телевизоре единственным электровакуумным прибором, но его позиции казались незыблемыми. Жидкокристаллические индикаторы (LCD-display) в тот момент никто не рассматривал всерьез. Телевизор в наручных часах, телевизор-картина и прочие чудеса техники имели чудовищную себестоимость и крайне низкие характеристики. Уровень технологии не позволял наладить массовый выпуск таких товаров по доступной цене, так что дальше выставок и сенсационных заметок в прессе дело не пошло. Основные силы были брошены на совершенствование традиционных методов получения телевизионного изображения, прежде всего – улучшение характеристик кинескопа.

Великолепный портативный телевизор Sinclair Vision создал гениальный инженер Клайв Синклер (еще мы обязаны ему появлением домашних игровых компьютеров, улучшению электронных наручных часов и портативных калькуляторов). В телевизоре был использован почти плоский кинескоп черно-белого изображения (толщина 2 см при диагонали 12 см). Благодаря уникальной системе отклонения электронного луча удалось переместить электронную пушку с задней поверхности кинескопа на боковую сторону. Однако попытки создать кинескоп цветного изображения с аналогичным принципом действия оказались безрезультатными. Для массового выпуска технология была слишком «ювелирной».

Тем временем совершенствовалась конструкция ЖК. Поначалу развитие шло медленно. Хотя символьные индикаторы на жидких кристаллах широко применялись уже в середине 70-х годов, матричные панели, пригодные для вывода произвольной информации, появились только в начале 80-х. Быстродействие их было крайне низким, разрешающая способность и контрастность также оставляли желать лучшего, поэтому такие панели приме-



няли поначалу только в портативных компьютерах.

Тем не менее уже к концу 80-х годов появились первые жидкокристаллические панели, пригодные для вывода движущегося цветного изображения с приемлемым качеством. Дальнейший прогресс шел по пути совершенствования достигнутого. Качество изображения современного жидкокристаллического экрана уже как минимум не уступает традиционному кинескопу, а потребление энергии и габариты сведены к минимуму. Нароботка на отказ превышает сроки эксплуатации аппаратуры в несколько раз. [10] Теперь телевизор действительно смог стать автомобильным, хотя на этом пути были и другие препятствия. Особенности телевизионного приема в автомобиле рассмотрены далее.

Системы аналогового телевизионного вещания исправно служат человечеству более 60 лет, а радиовещания – больше века, но резервы их совершенствования практически исчерпаны. Решение проблем связывают с переходом к цифровому вещанию. В пору появления первых автомагнитол качество звучания радиоприемника в диапазоне УКВ намного превосходило качество компакт-кассеты, и лишь к началу 80-х они примерно сравнялись. Появление CD-ресиверов сразу отодвинуло аналоговый радиоприем на второй план. Поэтому радиовещательные компании вкладывают средства в развитие цифровых технологий, цифровое радиовещание за рубежом становится серьезным конкурентом «твердых» носителей сигнала [23, 32, 33]. Качество звучания в этом случае хоть и уступает компакт-диску, но вполне адекватно звучанию сжатых форматов. Зато шумы и помехи, главный источник раздражения при прослушивании радиопередач, отсутствуют полностью. В телевещании же выигрыш очевиден.

Процесс перехода к цифровому вещанию уже начался и идет достаточно организованно, поэтому есть надежда, что путаница стандартов больше не повторится. Отрадно, что Россия старается не отставать от общего ритма. Министерство связи РФ разработало концепцию перехода к 2015 году с аналогового на цифровое телевизионное вещание. В соответствии с этой концепцией для экспериментального вещания рекомендованы европейские стандарты DVB-T (для телевидения) и T-DAB (для радио).

В то же время формат DVD постепенно становится самым распространенным как дома, так и в машине. [40]



Происходит это благодаря компактности, информационной емкости, высокому качеству воспроизведения любой записанной информации, а также благодаря мощному давлению со стороны производителей. Формат DVD становится доступным всем. Автомобильные проигрыватели для дисков DVD выпускают не только самые известные производители-гиганты, но и фирмы, недавно вышедшие на рынок. Сегодня автомобильные DVD-проигрыватели стоят дешевле, чем автомобильные же видеомагнитофоны VHS (которые так и не успели завоевать широкую популярность).

Буква V в обозначении формата означает Versatile, то есть многоцелевой. По спецификации формата DVD записать на диск можно совершенно любую информацию, поэтому предназначенные для DVD проигрыватели тоже становятся многоцелевыми, вернее – многоформатными, что важно и удобно в условиях очень ограниченного пространства автомобиля.

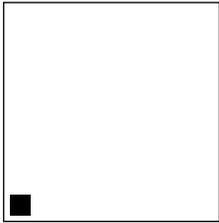
Отличие DVD от других дисков – деление информации на фрагменты. Фильм разделяется на крупные части (titles), каждая из которых, в свою очередь, на более мелкие (chapters). Стандарт DVD позволяет записать на диске одновременно диалоги на восьми языках и субтитры на тридцати двух. На практике эти возможности используются не полностью, диалоги записывают на двух-трех языках, плюс несколько вариантов субтитров. Музыка и эффекты могут быть записаны на одном и том же диске в разных вариантах кодировки пространственной аудиоинформации – стерео, Dolby Surround, Dolby Digital 5.1 и DTS. Все варианты, которые предусмотрены изготовителем DVD, будут отражены в меню диска. Из этого же меню можно выбрать нужный эпизод фильма. Как правило, пульт управления проигрывателя позволяет непосредственно перейти к выбору нужного языка диалогов (Audio) или субтитров (Subtitle). Кроме того, есть функции увеличения изображения и выбор угла просмотра (если съемка велась с разных точек одновременно). Правда, на практике ими пользуются редко.

Меню самих проигрывателей отличается от меню диска. Здесь тоже можно выбрать языки диалога и субтитров, но если на самом диске такого варианта нет, то субтитры не воспроизводятся, а диалоги идут на языке оригинала. В звуковых опциях можно выбрать величину компрессии, а также формат данных, которые поступают на цифровой выход. Если звук на диске записан в форма-



те Dolby Digital (DD), то аналоговый сигнал поступает и на линейные выходы аппарата. Если звук записан в формате DTS, то, как правило, он идет только на цифровой выход, и без декодера (уже цифрового) его воспроизвести не удастся. Поэтому многие модели сейчас оснащены встроенным декодером.

Разумеется, любой автомобильный DVD-проигрыватель умеет воспроизводить и видеодиски (VCD), обычные аудио-CD, а большинство современных моделей – и MP3. Качество изображения записей в формате DVD, безусловно, выше, чем VCD. Более того, на автомобильных мониторах уловить разницу между разными проигрывателями очень сложно, поскольку изначально формат рассчитан на высокочастотные домашние телевизоры и проекторы с большими размерами экрана. Насколько хорошо будет звучать сопровождение к фильмам, в первую очередь зависит от качества самой записи, во вторую – от остальных компонентов автомобильной системы. Вклад самого проигрывателя здесь невелик. Что же касается воспроизведения аудио-дисков (CD), то в DVD-проигрывателях используют современные 24-разрядные ЦАП. Конечно, за универсальность приходится платить, и «чистый» проигрыватель CD при прочих равных условиях (включая цену), скорее всего, будет звучать лучше.





ТЕЛЕ-ВИДЕО-ТЕХНИКА

АУДИОТЕХНИКА

ДОМАШНЯЯ ТЕХНИКА

ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕЛЕВИЗОРЫ

ДОМАШНИЕ КИНОТЕАТРЫ

СТИРАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

PROLOGY

ТЕЛЕВИЗОРЫ



PROLOGY.
SOUND FORCE

www.prology.ru

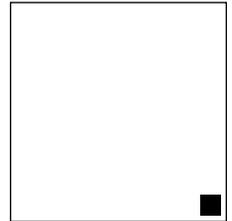
PROLOGY

Демо-автомобиль «Ураган Prology» — самая фантастическая установка за всю историю car audio. Ослепительно прекрасный гибридный зенитно-ракетный комплекс и аэродромный радар, подобно лох-несскому чудовищу, гордо изогнул шею и расправил свои музыкальные крылья.

В конструкции использовано 25 усилителей Prology PAS-4100. Шестнадцать обслуживают сабвуферную секцию, а девять оставшихся — широкополосный излучатель, который сами создатели в шутку называют ФАР (фазированная антенная решетка). Впрочем, эта уникальная конструкция действительно напоминает антенну аэродромной РЛС, на трех складных панелях этой «антенны» разместились 36 восьмидюймовых динамиков EX-836. Каждая панель в отдельности представляет собой так называемый групповой излучатель, широко распространенный в концертной практике. Комбинация из трех излучателей, установленных под определенным углом, превращает конструкцию в своеобразный «звуковой прожектор» с довольно узкой диаграммой направленности. В совокупности со сложной системой ориентации конструкция позволяет направленно озвучить определенную площадь, почти не затрагивая окружающую территорию. Для точного прицеливания на стреле антенны смонтирована телекамера, сигнал которой подается на ЖК-монитор в блоке управления. Система автоматического раскрытия стрелы и панелей ФАР остроумно использует силу тяжести без дополнительных приводов.

Сабвуферная секция выглядит (и, что самое главное — функционирует) не менее впечатляюще. Для изготовления корпусов использованы стальные баллоны, поэтому сабвуферы похожи на ракеты и глубинные бомбы одновременно. Динамики установлены в верхней части корпуса магнитной системой наружу, а в днище баллона установлен фазоинвертер. Озвучивать открытое пространство — это не в тесной кабине дудеть, поэтому и аппетиты у чудовища соответствующие. Суммарная номинальная мощность усилителей свыше 6 кВт, поэтому на шасси комплекса смонтирована собственная электростанция — как и положено ракетному комплексу. Сходство усиливает выносной пульт управления системой — настоящий «ядерный чемоданчик»! Оформление зрелищной части завершает светодинамическая установка.





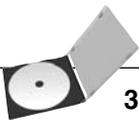


ИСТОЧНИКИ СИГНАЛА

Любительская система на первом этапе состоит обычно из головного устройства (магнитолы, ресивера) и комплекта динамических головок. Конструкция традиционных магнитол и CD/MD/DVD ресиверов имеет множество сходных черт. Основные отличия связаны только с процессом воспроизведения фонограммы. Радиоприемный тракт и тракт звуковой частоты (ЗЧ) практически одинаковы. В дальнейшем изложении (кроме тех случаев, когда различия носят принципиальный характер) любой из перечисленных аппаратов будет именоваться именно головным устройством (ГУ). Эта калька с английского термина head unit точнее отражает центральную роль источника сигнала в разветвленной системе, чем традиционный для нашей страны термин «магнитола».

Головное устройство (head unit, «голова») – центр управления автомобильной аудиосистемой и основной источник сигнала. По этой причине им в книге уделено особое внимание. Усилители, видеомониторы и другие компоненты обычно появляются позднее, когда «болезнь» зайдет уже далеко. Однако в мультимедийной системе монитор в том или ином виде будет присутствовать с самого начала. Компоненты мультимедийных систем подробно рассматриваются в главе 7.

Выпуск автомагнитол в мире постепенно сокращается, а совершенствование технических характеристик магнитофонной секции прекратилась уже давно. Отдельные «ностальгические» модели высокого класса по-прежнему делают. За рубежом компакт-кассета уже отмирает, сдавая свои позиции новым носителям информации. В нашей же стране она сохранит свою популярность еще долгое время.

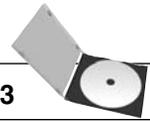


2.1. Классификация головных устройств

Семейство головных устройств одного производителя образуется на основе базовой платы. В упрощенных моделях часть компонентов отсутствует, а ряд посадочных мест для отсутствующих блоков остается свободным. Радиолобителю средней квалификации даже при отсутствии принципиальной схемы несложно найти точки подключения и ввести отсутствующие в данной модели функции. Монтаж современных аппаратов достаточно плотный, широко используются элементы поверхностного монтажа. Представляющие интерес узлы обычно либо смонтированы на субплатах, либо соединяются с остальной схемой проволочными перемычками, поэтому трудностей при ремонте и модернизации обычно не возникает. [66, 115]

Практически при эксплуатации всех моделей выйдут из строя только УМЗЧ (при неправильном подключении питания и нагрузки), а в магнитолах – электродвигатель (износ подшипников, коллектора, щеток). До износа органов управления и узла тонвала автомагнитолы доживают редко (конечно, при условии качественной сборки). Основное техобслуживание заключается в периодической очистке головок, тонвала и прижимного ролика. Современные ЛПМ выполнены с использованием полимерных пар трения и не требуют смазки в течение всего срока службы. То же самое можно сказать и о механизмах проигрывателей дисков. Единственная необходимая им процедура технического обслуживания – очистка оптики, неизбежная, если владелец много курит в салоне...

Любой желающий приобрести новую аппаратуру увидит головные устройства различного уровня сложности, поэтому имеет смысл классифицировать их, чтобы облегчить выбор при покупке и оценить возможности их самостоятельного техобслуживания, ремонта и модернизации. Классификация проводится по функциональной насыщенности и техническим характеристикам, при этом аппараты одной категории могут заметно отличаться по цене. Предлагаемое деление весьма условно, к тому же сложившуюся систему нарушило появление «внеклассных» мультимедийных устройств. Исходя из характерных особенностей конструкции и характеристик, можно выделить семь основных групп головных устройств.



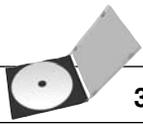
2.1.1. Простейшие магнитолы

В настоящее время эта категория представлена дешевыми аппаратами азиатского производства и некоторыми отечественными моделями. Приемник магнитол имеет аналоговую настройку; шкала может быть аналоговой, цифро-аналоговой или цифровой. ЛПМ имеет механическое управление и в самых дешевых моделях рассчитан только на воспроизведение и перемотку вперед, в более дорогих имеет автореверс и перемотки в обе стороны. Переключение режимов работы приемника производится механическими переключателями с фиксацией, как правило кнопчными, реже – движковыми. Регулировки в тракте ЗЧ производятся потенциометрами, но встречается и комбинированное управление (электронная регулировка громкости, остальные регулировки – потенциометрами). Регулировка тембра чаще всего производится только по ВЧ. В некоторых моделях встречается трех–пятиполосный эквалайзер или тон-регистры (режимы classic, rock, pop и т.д.). Тракт ЗЧ обычно двухканальный, выходная мощность УМЗЧ незначительна (не более 5 Вт на канал). Встречаются в этой группе даже монофонические модели.

Выпускаются эти ГУ как в несъемном, так и в полностью съемном исполнении. Встречаются аппараты, у которых в целях защиты от кражи снимается часть передней панели. Технические характеристики находятся на нижнем пределе требований к нормальному звуковоспроизведению, эксплуатационные удобства практически отсутствуют. Улучшить характеристики без кардинальной переделки невозможно. Линейные выходы и возможность управления внешними устройствами отсутствуют, поэтому быть головным устройством такая магнитола не может в принципе. Такой выбор оправдывает экономию средств только в том случае, если автолюбитель не стремится к натуральному звучанию и ограничится вариантом «магнитола + динамики».

2.1.2. ГУ начального уровня

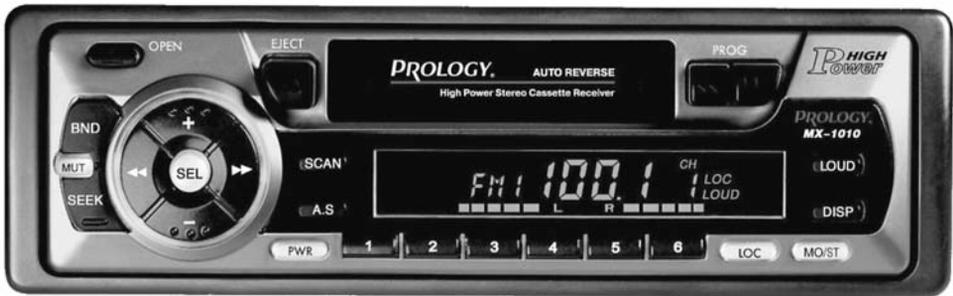
Приемник уже имеет цифровую настройку и память фиксированных настроек. ЛПМ снабжен механическим управлением и оснащен автореверсом. Регулировки в тракте ЗЧ и управление приемником – электронные. УМЗЧ, как правило, рассчитан на работу в четырехканальном мостовом варианте, выходная мощность составляет 2х(20-25) Вт. Некоторые модели снабжены усилителями с разной мощностью: 2х(5-7) Вт для фронтальных каналов и



2х(20-25) Вт для тыловых. Благодаря простой и отработанной конструкции магнитолы начального уровня надежны и недороги. Это обеспечило им популярность у автолюбителей. [100]

Выпускаются эти магнитолы как в несъемном, так и в полностью съемном исполнении. Технические характеристики как магнитофонной части, так и радиоприемного тракта достаточно высоки, но из эксплуатационных удобств есть только автоматическая настройка и память фиксированных настроек, в некоторых моделях – электронные часы. Работа с разными типами ленты обычно не предусмотрена, системы подавления шумов отсутствуют. Во многих моделях на передней панели есть линейный вход (на базе автоматического гнезда 3,5 мм – mini jack), предназначенный для подключения переносного CD-плеера. Линейные выходы – скорее исключение, чем правило. Несложные доработки, доступные даже начинающему радиолюбителю, позволяют значительно улучшить эксплуатационные характеристики магни-

Рис. 2.1. Магнитола начального уровня



тол этого класса и приблизить их по своим возможностям к аппаратам следующей группы. Типичные представители этого класса – штатные магнитолы недорогих иномарок. В последнее время в модельных рядах многих производителей появились упрощенные CD-ресиверы, причем некоторые модели для удешевления оснащены приемником с аналоговой настройкой. Функциональная оснащенность их более чем скромная, стоимость невелика, поэтому вполне можно рассматривать их как CD-ресиверы начального уровня. [64]

2.1.3. ГУ среднего класса

Головные устройства этой группы выпускаются в варианте со съемной передней панелью. В несъемном варианте выполняют аппараты, входящие в штатный комплект оборудования иномарок. В этой группе магнитол используется исключительно ЛПМ с автореверсом, в подавляющем большинстве моделей он имеет электронно-логическое уп-

равление. Широко используются ручные и автоматические переключатели типа ленты, практически во всех моделях имеется лентопротяжный механизм, система шумопонижения Dolby-B, а иногда и Dolby-C. Все регулировки в тракте ЗЧ электронные, УМЗЧ – четырехканальный мостовой с выходной мощностью 4х(35–45 Вт). Остальные технические характеристики такие же, как и в моделях начального уровня, но значительно расширены эксплуатационные удобства (приглушение звука, в том числе при звонке мобильного телефона, включение радиоприемника во время перемотки ленты, автопоиск по паузам, часы, переключение цвета подсветки дисплея, анализатор спектра, эквалайзер, система RDS и другие). Такая магнитола и без доработок понравится достаточно взыскательному любителю музыки, но выбор невелик. Выпуск аппаратуры с компакт-кассетой в этом классе значительно сокращен, ее место заняли модели с проигрывателями дисков. Практически все они рассчитаны на воспроизведение записей в формате MP3, а некоторые и WMA. [57]

Рис. 2.2. CD-ресивер начального уровня



Во всех моделях (кроме ГУ заводской комплектации) предусмотрена одна или две пары линейных выходов (фронтальные и тыловые) для дальнейшего наращивания системы. Ряд моделей имеет дополнительный линейный выход сабвуферного канала. Во многих моделях ГУ этой группы есть линейный вход на передней панели. В тех случаях, когда ГУ может управлять CD или MD чейнджером совместимого семейства, линейный вход расположен на задней панели и активизируется только при наличии в системе чейнджера. Протоколы обмена данными с головным устройством и соединители у разных производителей несовместимы, но в некоторых случаях проблему удастся обойти при помощи устройства сопряжения. Приобретать ГУ с функцией управления чейнджером имеет смысл только в том случае, если в дальнейшем предполагается покупка чейнджера той же фирмы. Помимо чейнджера в ряде моделей возмож-



но также управление и другими аудиокомпонентами того же производителя (например, внешним звуковым процессором). Функциональная насыщенность моделей верхних линеек весьма высока (системы CD-text, оглавление пользователя при управлении чейнджером и другие). Довольно большой разброс в цене среди ГУ этой группы объясняется маркетинговыми решениями и функциональной насыщенностью – качество звучания и построение звукового тракта всех моделей примерно одинаковы.

Рис. 2.3. CD/MP3 ресивер среднего класса

К этому же классу головных можно отнести и значительную часть DVD-ресиверов. Основное их отличие от традиционных CD/MP3 аппаратов – наличие DVD-привода и видеовыхода.



Компоновка и звуковой тракт существенных особенностей не имеют. Встроенные усилители работают по классической четырехканальной схеме «фронт-тыл», и звуковое сопровождение фильмов воспроизводится в обычном стерео варианте. В некоторых моделях предусмотрен встроенный декодер Dolby Digital и линейные выходы 5.1, но чаще для реализации всех потенциальных возможностей звукового сопровождения DVD требуется внешний декодер, подключаемый к цифровому оптическому или коаксиальному выходу. Само собой, для просмотра фильмов требуется и внешний монитор. [58]

2.1.4. ГУ высокого класса

Аппарат этой группы становится ядром разветвленной аудиосистемы. Магнитол в этом классе уже нет – только цифровые источники сигнала. Технические и эксплуатационные характеристики в целом аналогичны предыдущей группе, но не все измеряется цифрами. Во многих моделях есть встроенный цифровой звуковой процессор (DSP), позволяющий компенсировать разность времени распространения сигнала от динамиков и имитировать акустичес-

кие характеристики определенных помещений. Некоторые из этих аппаратов способны производить автоматическую коррекцию АЧХ-тракта при помощи входящего в комплект измерительного микрофона. Как правило, предусмотрены встроенные электронные кроссоверы, формирующие необходимые сигналы для нескольких усилителей.

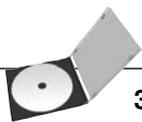
В моделях этой группы предусмотрено отключение встроенного усилителя через меню, а в топ-моделях встроенного усилителя нет вообще. В некоторых моделях усилитель выполнен в виде отдельного блока. Типичные представители этой группы – DENON DCT-1000R, Clarion DXZ 838 RMP, PIONEER DEX-P9, Alpine CDA-9833R. В некоторых моделях для управления используется сенсорный экран.

Рис. 2.4. DVD ресивер среднего класса



Особняком в этой группе стоят головные устройства класса Hi-End (для тех, кто за ценой не постоит). В их конструкции все отдано максимально точному воспроизведению. Высококачественный ЦАП, аналоговые регулировки, двуполярное питание, омедненное шасси – и никаких «улучшайзеров». Типичные представители этого крайне немногочисленного семейства – McIntosh MX406, DENON DCT-Z1. В CD/MP3 ресивере Panasonic CQ-TX 5500D в составе ЦАП даже использован ламповый выходной каскад. [118]

С распространением цифровых источников и устройств обработки сигнала появилась возможность устанавливать компоненты в любом удобном месте автомобиля. Все больше моделей высокого уровня (Alpine, Clarion и другие) для повышения помехозащищенности передают звуковой сигнал между компонентами в цифровом виде по оптоволоконному кабелю. Немецкая фирма Becker еще в 1998 г. выпустила головной аппарат Millennium, снабженный только оптическим цифровым выходом, и усилитель Energy 350 со встроенным цифровым сигнальным процессором (DSP) [1]. Хотя органы управления расположены



на панели головного устройства, все регулировки (громкость, настройка фильтров, установки эквалайзера и т.д.) выполняются непосредственно в усилителе.

Такое решение, еще несколько лет назад бывшее признаком исключительности аппаратуры, получает все большее распространение. Соединение по оптоволоконному кабелю гарантирует идеальную помехозащищенность системы независимо от местонахождения компонентов. Это позволяет разместить ЦАП в непосредственной близости от усилителя.

К этому же классу головных устройств можно отнести дорогие DVD-ресиверы. Обычно модели этой группы оснащаются встроенным декодером 5.1. Как правило, присутствует и встроенный пятиканальный усилитель. [51] Внешний усилитель требуется только для сабвуфера. Выход на видеомонитор может быть и не один.

2.1.5. Комбинированные ГУ («сидиолы»)

В состав этих ГУ входит несколько различных устройств. Обычно это приемник, CD-проигрыватель и магнитофон, но встречаются и более сложные комбинации (с минидиском). За счет использования общего корпуса и ряда блоков можно сэкономить на конструкции.

Рис. 2.5. CD/MP3 ресивер высокого класса



По своим техническим характеристикам они обычно относятся к среднему классу данной классификации, а кассетная секция нередко оказывается на класс ниже. Однако комбайны ценятся именно за «всеядность», а не за выдающееся звучание. На сегодняшний день можно встретить в продаже около десятка моделей, практически все из них размещены в корпусе двойной высоты (2DIN). Это улучшает компоновку ГУ и облегчает управление им, но ограничивает возможности установки машинами японских и американских марок. Комбайны стандартной высоты на сегодняшний день представлены всего двумя моделями Sanyo и Prology. [86]

2.1.6. ГУ с видеомонитором

Этот класс головных устройств – переходная ступень к мультимедийным центрам. Строгую классификацию подобных устройств провести сложно – этот класс только зарождается. ГУ этого типа оснащено выдвижным жидкокристаллическим видеомонитором, но не имеет других источников аудиосигнала, кроме радиоприемника. Для прослушивания фонограмм и просмотра фильмов необходим внешний DVD-чейнджер.

Рис. 2.6. Сидиола



Если аппарат не оснащен встроенным TV-тюнером, для просмотра программ эфирного вещания понадобится внешний. Радиоприемник и аудиотракт обычно соответствуют среднему классу данной классификации, возможность управления внешним чейнджером присутствует «по определению». [40]

Размер видеомонитора ограничен габаритами стандартного корпуса ГУ, поэтому диагональ составляет 6,5–7 дюймов с форматом изображения 3:4. Установка монитора в рабочее положение и его уборка обычно выполняются сервоприводами, но в недорогих моделях эта процедура может быть ручной. В системах с сервоприводами последнее положение монитора автоматически запоминается в системных установках.

2.1.7. Мультимедийные центры

Мультимедийные центры содержат «в одном флаконе» практически все, что только можно себе представить. Обязательный набор – DVD-транспорти, видеомонитор, ради-

Рис. 2.7. Выдвижной
монитор

оприемник, декодер многоканального звука (5.1, Pro Logic, и т.д.), звуковой процессор, встроенный пятиканальный усилитель, линейный выход на сабвуфер. Дополнительные возможности – TV-тюнер, навигационная система, поддержка мобильной связи и т.д. [40]

На сегодняшний день существует два варианта компоновки мультимедийных центров. В первом варианте все компоненты размещаются в корпусе размером 2 DIN, лицевая панель которого занята монитором формата 16:9 с диа-

Рис. 2.8.
Мультимедийный
центр размера
1 DIN

гональю 6,5 дюймов, угол просмотра можно регулировать. Для загрузки диска монитор сдвигается вниз.

По второму варианту в корпусе стандартного размера 1 DIN размещается выдвижной монитор формата 3:4 с диагональю 7 дюймов, DVD-транспорт и органы управления. Остальные узлы обычно находятся в отдельном корпусе, который размещается в удобном месте и соединяется с головным блоком кабелем. [59]

2.2. Выбор головного устройства

Поскольку кардинально изменить основные технические характеристики современного ГУ своими руками крайне трудно (да и не всякий владелец решится на это даже под давлением финансовых обстоятельств), к выбору нужно отнестись серьезно.

Рис. 2.9. Мультимедийный центр размера 2 DIN



Если развитие системы предполагается проводить без замены головного аппарата, то в нем изначально должен быть линейный выход для подключения усилителя, а лучше – два. Если в последующем предполагается появление чейнджера, желательно выбрать модель, в которой предусмотрено управление оным, поскольку выбор «универсальных» моделей чейнджеров с собственным контроллером ограничен. [40, 88]

Впрочем, некоторые несложные функциональные доработки вполне по силам даже начинающим радиолюбителям, а экономия средств может быть значительной. Наибольший простор для творчества предоставляет тракт усиления звуковой частоты. К числу доступных дорабо-



ток можно отнести установку линейного входа и выхода, введение в тракт перед встроенным усилителем эквалайзеров и фильтров, добавление индикаторов выходной мощности и перегрузки – список при желании можно продолжить. [48, 115]

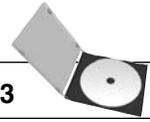
При покупке аппаратуры известных производителей проблема обычно только одна – выбор слишком велик. Однако и стоимость тоже не маленькая: громкое имя стоит денег. По этой же причине аппарат не слишком известной марки намного дешевле. Не стоит полагать, что все дешевое обязательно плохое. Из этого правила появляется все больше исключений. Пользуясь приведенными далее нехитрыми правилами, можно сэкономить немалые суммы.

Оценить потенциальные возможности и надежность магнитолы можно даже простым внешним осмотром, если же есть возможность вскрыть аппарат и увидеть «начинку», можно узнать гораздо больше. Наведение справок в ремонтных мастерских, наоборот, ничем не поможет – количество «попаданий в ремонт» зависит не только от надежности, но и от общего количества находящихся в эксплуатации аппаратов, да и от самих условий эксплуатации. Статистика получается недостоверной.

Прежде всего, следует проверить качество упаковки и внешний вид: смазанные надписи, торчащие заусенцы и небрежно составленная инструкция с немислимими ошибками однозначно указывают на невысокое качество или подделку. Эпоха «Акайвы» и «Повасоника» уже канула в Лету, но имитация внешнего вида популярных моделей еще встречается. Не попадайтесь на крючок!

Следует проверить удобство и надежность установки и крепления съемной передней панели, оценить долговечность фиксаторов и отсутствие люфта. Не мешает проверить и то, как панель снимается. Если она немедленно после нажатия на кнопку фиксатора пытается упасть, стоит задуматься. Падение панели нередко ведет к ее ремонту. Механические органы управления должны функционировать без люфтов и заеданий, срабатывание кнопок должно хорошо ощущаться. Естественно, нужно оценить эргономичность и функциональную оснащенность аппарата.

Следующий этап проверки – внешние соединения. На задней панели должны находиться разъемы для присоединения монтажного жгута (он должен быть в комплекте), либо сам монтажный жгут должен иметь разъем в средней части. Если же из угла магнитолы сиротливо торчит пучок невзрачных проводов с «голыми» концами –



это по меньшей мере несерьезно. Возрастают неудобства при монтаже, увеличивается риск ошибки.

Далее следует оценить радиатор. Прежде всего, он должен обеспечивать надежное охлаждение усилителя, поэтому предпочтение следует отдавать массивным ребристым металлоконструкциям. Если микросхема усилителя просто закреплена на боковой или задней стенке корпуса, или снабжена тонким пластинчатым радиатором – не удивляйтесь, когда мощность окажется намного ниже обещанной в инструкции или магнитола будет напоминать раскаленную сковороду.

Лентопротяжные механизмы (а тем более CD или DVD-транспорты) обычно используются покупные, изготовлением своих собственных занимаются только «киты» аудиоиндустрии. [61] Оценить их качество и надежность можно только в процессе эксплуатации. Отсутствие в магнитофонной секции переключателя типа ленты не означает, что нельзя использовать ленту других типов, но тогда воспроизведение записей на хромдиоксидной или металлической ленте будет сопровождаться несколько выпяченной «серединкой». Отсутствие шумоподавителя становится недостатком только в том случае, если отношение сигнал/шум в тракте составляет менее 50 дБ, а это уже не магнитофон, а примус...

После этого, если есть возможность, следует оценить качество монтажа. Как правило, применяются микросхемы известных производителей, чего нельзя сказать об остальных деталях. В дешевых изделиях часто используют резисторы и конденсаторы большого размера, установленные на плате вкривь и вкось. Детали должны соответствовать разводке печатной платы и быть плотно прижаты к ней. Наличие элементов поверхностного монтажа (SMD), пусть даже их немного, сразу меняет отношение к аппарату в лучшую сторону. По крайней мере, такое производство в сарае не разместить. Естественно, не должно быть потеков защитного лака, корявых паек и других небрежностей. Материал печатной платы тоже может сказать о многом. Плата должна быть изготовлена из стеклотекстолита или высококачественного гетинакса. Низкосортный гетинакс (обычно он темных тонов) легко расслаивается при перепадах температуры, что приводит к повреждению монтажа.

Наконец, самое главное: разводка печатной платы и структура тракта. При современном подходе проектирование ГУ напоминает сборку схемы из «кубиков» – микрос-



хем с типовыми вариантами включения. Качество и характеристики используемой элементной базы практически одинаковы для всех производителей, поэтому основное влияние на качество звучания оказывает не схема и детали, а компоновка аппарата.

Конечно, требовать от бюджетной модели симметричной топологии платы наивно – это не McIntosh за две тысячи долларов. Однако уровень проектирования оценить стоит. Плата, спроектированная «без души», может иметь большой уровень шумов и переходных помех в тракте даже при использовании самой лучшей элементной базы. Для аппаратов «ускоренного проектирования» характерно наличие огромного количества перемычек и крайне запутанные пути распространения сигнала. Сами по себе перемычки не страшны, но желательно, чтобы в звуковых цепях их было как можно меньше, а сигнальные проводники шли по кратчайшему пути с минимальным количеством пересечений. То же самое можно сказать об оксидных (электролитических) конденсаторах в звуковом тракте. Чем их меньше, тем лучше. Конечно, полностью исключить переходные конденсаторы при однополярном питании нельзя, но полипропиленовый конденсатор емкостью 0,22–0,47 мкФ ненамного больше такого же по емкости оксидного, а качество звучания существенно выше. Впрочем, заменить оксидные конденсаторы в тракте сигнала «правильными» вполне по силам даже начинающему радиолюбителю.

Радиоприемный тракт тоже можно оценить с первого взгляда. Во многих недорогих моделях магнитол (особенно у именитых производителей) весь радиоприемник выполнен на одной микросхеме. В условиях «одноэтажной Америки», где расстояния велики, а местные станции малочисленны и маломощны, взаимных помех друг другу они не создают, и приемник работает действительно хорошо. Эти же модели, адаптированные для Европы или России простой заменой сетки частот, в условиях большого города работают неважно. Параметры такого приемника, высокие на бумаге, в реальности намного хуже. Выполненные на одном кристалле узлы влияют друг на друга, чего не происходит при использовании отдельных микросхем. [51, 61, 64]

Поэтому радиоприемный тракт, собранный на нескольких микросхемах, предпочтительнее однокристалльного. Еще лучше, если он будет выполнен в виде отдельных модулей, установленных на основной плате. В этом случае они обычно являются покупными изделиями (можно проверить маркировку) и конечный производитель экономит

на их сборке и настройке, что и позволяет удерживать низкую себестоимость продукции.

Таким образом, при внимательном рассмотрении недорогого аппарата всегда можно понять, будет ли оправдана экономия средств при покупке.

2.3. Органы управления, компоновка и особенности конструкции.

Основные функции и многие конструктивные решения у большинства автомагнитол примерно одинаковы, а схемотехника достаточно традиционна. Компоновка аппаратов прошла через несколько этапов. В первую очередь она определяется расположением ЛПМ и конструкцией органов управления [66].

В самых первых магнитолах кассету устанавливали в кассетоприемник лентой вперед (подобная компоновка сохранялась в некоторых аппаратах отечественного производства долгое время), но очень скоро появились ЛПМ, в которых кассета устанавливалась лентой вправо, что позволило на сэкономленном месте разместить дополнительные органы управления. Однако конструкция оставалась внешне симметричной, а крепление магнитолы в автомобиле по-прежнему производилось при помощи гаек на осях регуляторов или подвесных кронштейнов. Конструкции некоторых магнитол и автомобилей были просто несовместимы. Выбор покупателей ограничивался теми моделями, которые предлагал производитель автомобиля. [38]

В конечном итоге европейские производители автомобилей и автомобильной радиоаппаратуры выработали стандарты, регламентирующие установочные габариты, а затем и присоединение внешних цепей. Это позволило ввести унифицированные соединители ISO для подключения магнитолы к бортовой сети автомобиля, которые применяются теперь в Европе. Другие производители были вынуждены присоединиться к стандарту в части габаритных размеров. Аппаратура, выпускаемая японскими и азиатскими фирмами, может поставляться в двух вариантах – как с соединителями ISO, так и с принятыми в качестве стандартных у производителя. К сожалению, соединители ISO у отечественных производителей не прижились (в России радиоприемник или магнитола в автомобиле до сих пор не считается обязательным оборудованием), а разработка отечественного стандарта застопорилась. Оговорены только габариты отсека под магнитолау.

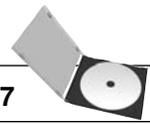


По стандарту DIN 75 500 сечение посадочного места определялось как 182x53 мм, по более позднему ISO 7736–84 как 180x50 мм. В подразделах оговаривалась глубина посадочного места. В результате достигнутых соглашений габариты магнитол были ограничены шириной 178 мм и глубиной 150 мм. Высота стандартной магнитолы составляет 50 мм (т.н. размер 1 DIN, иногда употребляется термин «однодиновые» модели, хотя на самом деле это стандарт ISO!), но в последнее время все чаще встречаются аппараты высотой 76 мм (1,5 DIN) и 100 мм (2 DIN). Именно на такой размер рассчитаны посадочные места во многих американских и японских автомобилях. В отечественных машинах подобные аппараты установить непросто, хотя они имеют ряд достоинств. Увеличенные габариты корпуса позволяют снизить плотность монтажа и более рационально скомпоновать узлы. Охлаждение УМЗЧ облегчено, а мощность может быть достаточно высокой. На увеличенной передней панели легко размещаются все органы управления, число которых в современной магнитоле может быть больше 20. В последнее время в таких корпусах размещают и комбинированные аппараты (магнитола + CD-проигрыватель, а также мультимедийные центры).

На задней панели некоторых CD/DVD-ресиверов расположен малогабаритный вытяжной вентилятор. Он обеспечивает циркуляцию воздуха внутри корпуса. Помимо отвода тепла, выделяющегося при работе транспорта, он восстанавливает нормальную влажность воздуха внутри корпуса. Дело в том, что после длительной стоянки на холоде внутри ресивера может образоваться конденсат, препятствующий нормальной работе транспорта. Без вентиляции работоспособность восстанавливается через 10–20 минут после включения обогрева салона, а с вентиляцией – в несколько раз быстрее. [51]

2.3.1. Механические органы управления

Первоначальная компоновка передней панели, унаследованная от автомобильного радиоприемника (две ручки по краям, шкала в центре), была продиктована конструкцией штатного посадочного места в автомобиле и достаточно долго сдерживала разработчиков. Разместить дополнительные органы управления на маленькой панели непросто, поэтому широкое распространение получили совмещенные (соосные) регуляторы, выполняющие несколько функций. Это решение используется уже несколь-



ко десятилетий и стало классическим. Обычно левыми регуляторами изменяли громкость, баланс и тембр ВЧ, а правыми производили настройку и переключали диапазоны приемника.

Редко используемые механические органы управления могут быть скрытыми, чтобы не загромождать переднюю панель. Фирма Braun долгое время применяла для регулировки тембра потенциометры с выдвижной осью, ручки-кнопки которых в нерабочем состоянии находились вровень с передней панелью. Следующим этапом стал отказ от симметрии передней панели, что позволило улучшить эргономику. Однако и в этом случае для других органов управления места практически не оставалось. Надежность традиционных механических потенциометров массовых серий в условиях автомобиля также оставляла желать лучшего. Поэтому следующим шагом стало использование бесконтактных регулировок в тракте ЗЧ.

2.3.2. Электронные органы управления

С распространением электронных регуляторов в тракте ЗЧ, электронно-логического управления ЛПМ и новой элементной базы ряд компоновочных проблем отпал. Стало возможным регуляторы тракта ЗЧ разместить в непосредственной близости к УМЗЧ и сдвинуть ЛПМ к боковой стенке корпуса. Упрощение компоновки передней панели позволило уменьшить ее габариты и удобнее расположить органы управления. Например, первые магнитолы со съемными передними панелями оснащались толкателями привода ЛПМ, что увеличивало толщину снятой панели до 30 мм. Современная съемная панель при электронном управлении ЛПМ имеет толщину не более 15 мм. В этом случае передняя панель может уже не иметь окна кассетоприемника или загрузочной щели для компакт-диска и выполняется откидной.

Большинство производителей использует в качестве органов управления кнопки или клавиши разных размеров и формы, сгруппированные по функциональному назначению, но существуют и другие виды регуляторов. Фирма Sony применила для основных регулировок вращающееся колесико-энкодер, дополненное затем соосным рычажком переключения настроек приемника или дорожек CD-чейнджера и центральной кнопкой. В магнитолах Slogion применялся миниатюрный джойстик в виде качающейся пирамидки или полусферы. В дальнейшем подоб-



ные регуляторы в том или ином виде стали применяться во всей автомобильной аппаратуре. Для дистанционного управления используются выносные джойстики, монтируемые на рулевой колонке, и инфракрасные пульты дистанционного управления. В ряде моделей предусматривается выносной ИК-приемник сигналов ДУ, обеспечивающий управление из любой точки салона.

Конструктивно органы управления современных магнитол выполнены на основе короткоходных кнопок либо резиновых толкателей с графитовым покрытием (в дешевых моделях). В зависимости от режимов работы одна и та же группа кнопок выполняет несколько функций. Кнопки фиксированных настроек могут управлять сменой дисков в чейнджере, режимами работы ЛПМ. Регулятор громкости через меню позволяет проводить другие звуковые регулировки – тембр НЧ и ВЧ, баланс, фейдер, настройки звукового процессора и так далее. Выход из меню звуковых регулировок автоматический через несколько секунд. Система меню используется также для вызова редко используемых функций (установка часов, уровня начальной громкости при включении магнитолы, глубины тонкомпенсации, цвета подсветки дисплея, выбора сетки частот радиоприемника и других).

2.3.3. Системы защиты

Первоначально головные устройства устанавливали в автомобиле стационарно, однако участвовавшие кражи заставили производителей обратить внимание на улучшение сохранности аппаратуры. Появились съемные модели, которые владелец мог унести с собой, покидая машину. Этот метод предотвращения кражи до сих пор остается самым эффективным, но и самым неудобным.

Введение микропроцессорного управления магнитолами позволило применить санкционирование доступа или «кодирование», используемое обычно в аппаратах достаточно высокой категории. Чтобы включить магнитолу, необходимо установить в нее специальную карточку с кодом или ввести кодовую комбинацию с клавиатуры. В CD-ресиверах Eclipse для этой цели применяется произвольно выбранный компакт-диск, который становится ключом к системе после несложной процедуры программирования. После этого пользоваться аппаратом можно только после установки именно этого диска.

К сожалению, на каждый замок найдется отмычка, и расшифровать код краденой магнитолы – дело техники.

Поэтому после перехода от аналоговых регуляторов тракта ЗЧ к цифровым широкое распространение получили съемные передние панели, на которых сосредоточены все органы управления. Как показывает практика, и этот метод – не панацея. Имеется и другой недостаток.

Съемные передние панели соединяются с управляющим микропроцессором многоконтактным разъемом, который является слабым звеном конструкции. Даже золочение контактов не всегда обеспечивает бесперебойную работу – зимой при прогреве салона они запотевают, что приводит к ложным срабатываниям. Поэтому некоторые производители используют для связи с микропроцессором оптический канал, а через разъем подводится только питающее напряжение (например, ряд моделей LG Electronics).

2.3.4. Региональные особенности

Помимо компоновочных и конструктивных особенностей головным устройствам свойственны и региональные, связанные с местными стандартами. В первую очередь это относится к радиоприемнику. Для моделей, ориентированных на Западную Европу, обязательно наличие помимо диапазона УКВ 88–108 МГц диапазонов длинных и средних волн, а во многих моделях имеются и коротковолновые диапазоны 41 и 49 м, на которых в ряде стран ведется местное вещание. В моделях для Восточной Европы обязательно наличие диапазонов длинных и средних волн, но коротковолновые диапазоны практически не встречается, а диапазон УКВ либо имеет границы 65,8–74 МГц, либо разбит на два поддиапазона. Стереоприем в диапазоне 65,8–74 МГц у этих моделей невозможен. Причина этого – несовместимость методов кодирования стереосигнала. [39]

По результатам опроса, проведенного журналом «Радио» более десяти лет назад, именно стереофонический прием радиопередач признан важнейшей функцией автомобильного приемника и дело, наконец, сдвинулось с мертвой точки. Специально для стран СНГ фирма Sony некоторое время выпускала модели магнитол «стерео плюс» не только с расширенным УКВ-диапазоном, но и двухстандартным стереодекодером, рассчитанным на обработку стереосигналов как с пилот-тоном, так и с полярной модуляцией. Однако в настоящий момент их выпуск прекращен. В магнитолах «Урал» РМ21, РМ23 использован двухстандартный стереодекодер на микросхеме КР174ХА51 отечественной разработки, но ей свойственны серьезные недостатки.



В моделях для США и азиатско-тихоокеанского региона нет длинноволнового диапазона. Поскольку в США для радиовещания принята другая сетка частот, то модели для американского рынка могут оказаться непригодными к использованию в других странах, и наоборот. В США шаг сетки частот в диапазоне средних волн составляет 10 кГц, в диапазоне УКВ – 200 кГц, в Европе 9 и 50 кГц соответственно, а переключение сетки частот предусмотрено далеко не во всех синтезаторах частоты приемников. Кроме того, в моделях для азиатско-тихоокеанского региона до недавнего времени использовался диапазон УКВ 76–90 МГц. Множество таких магнитол было ввезено в Россию вместе с подержанными японскими автомобилями. Для диапазона 65,8–74 МГц принят шаг сетки частот 30 кГц, поэтому даже при использовании конверторов, переносящих сигнал в нужный диапазон, прием всех станций не гарантируется.

И, наконец, есть особенности, которые можно объяснить только традициями. Так, для европейских и азиатских моделей характерна установка кассеты узкой стороной вперед, лентой вправо. В большинстве российских автомагнитол и некоторых разработках производства США – широкой стороной вперед. В Соединенных Штатах страсть к большим автомобилям распространилась и на магнитолы, поэтому многие аппараты для американского рынка имеют удвоенную высоту (2 DIN). В 70-х и 80-х годах там были популярны блочные автомагнитолы, которые в миниатюре повторяли домашние радиокомплексы – дека, эквалайзер, тюнер, усилитель. [4, 38]

2.4. Радиоприемный тракт

Для радиоприемной части автомагнитол характерен некоторый консерватизм. [66] Так, использование обычных конденсаторов переменной емкости (КПЕ) с воздушным диэлектриком в первых автомобильных приемниках приводило к нестабильности настройки из-за вибрации пластин. Для настройки стали применять блок катушек переменной индуктивности – ферровариометр, который продолжали использовать и после того, как появились КПЕ с твердым диэлектриком, свободные от указанного недостатка. Впрочем, этому есть еще одно объяснение – с ферровариометром легче получить необходимое перекрытие по частоте и плавность настройки по диапазону. В старых моделях УКВ блок обычно представлял собой единую конструкцию с

ферровариометром и был выполнен на дискретных биполярных транзисторах.

В настоящее время наиболее широкое применение нашла настройка контуров варикапами в радиоприемных трактах с синтезаторами частоты. Характерное для отечественной автомобильной техники решение – аналоговая настройка варикапами с применением многооборотного потенциометра зарубежными производителями не используется. Аналоговая настройка при помощи КПЕ сейчас находит применение только в моделях, выполненных с совмещенным трактом АМ-ЧМ на одной микросхеме, включающей и стереодекодер (чаще всего это СХА1238).

Широкое распространение синтезаторов частоты с середины 80-х годов полностью изменило представление об автомобильном приемнике. Помимо высокой стабильности частоты настройки, даже в отсутствие полезного сигнала, появились невозможные при аналоговой настройке функции – автоматическая настройка, сканирование фиксированных настроек, настройка на станции с наилучшим качеством сигнала, память фиксированных настроек и другие.

Попытки ввести дополнительные функции в управление радиоприемником предпринимались и ранее, но их технические решения распространения не получили. Удачно была реализована только автоматическая настройка в диапазоне УКВ. Зарядка конденсатора в интеграторе изменяла его выходное напряжение, подаваемое на варикапы для настройки приемника в диапазоне частот. Сканирование прекращалось по сигналу системы бесшумной настройки, которая контролировала уровень полезного сигнала в полосе пропускания ПЧ, и интегратор переводился в режим хранения. Удержание станции производила система АПЧ. Настройка сохранялась до выключения приемника или получения команды на дальнейшую перестройку. Попытки ввести аналоговую память настройки не удалась, как и применение подобных систем в диапазонах АМ.

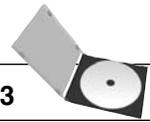
Синтезаторы частоты современных приемников выполнены по схеме с ФАПЧ (в англоязычной терминологии PLL – Phase Locked Loop: фазовая петля автоподстройки). Принципы построения подобных систем известны – сигнал гетеродина после деления частоты сравнивается по частоте и фазе с опорным сигналом, частота которого равна шагу сетки частот в выбранном диапазоне. Полученный в результате сравнения сигнал ошибки изменяет частоту гетеродина таким образом, что она становится равна опорной частоте, умноженной на коэффициент деления.



Быстродействие синтезаторов первого поколения было недостаточным, поэтому в диапазоне УКВ они использовались в комплекте с внешним делителем частоты. Набор функций был крайне ограничен. Синтезаторы второго поколения выполнены полностью на одном кристалле, и кроме собственно синтезатора частоты включают в себя управляющий микропроцессор и ячейки памяти настроек. Обычно используется по 5–6 ячеек памяти в каждом из АМ-диапазонов и от 10 до 30 и более в диапазоне УКВ. Ячейки в диапазоне УКВ для удобства пользования обычно разбивают на группы. Для индикации частоты настройки в синтезаторах первого поколения использовались светодиодные индикаторы, затем перешли к использованию жидкокристаллических экранов (LCD display) с задней подсветкой и катодолюминесцентных индикаторов (в дорогих моделях). Изменение сетки частот (европейский или американский стандарт) первоначально производилось переключателями или переключателями на плате магнитолы. В современных моделях эта операция проводится с клавиатуры программным путем.

В функции микропроцессора входит также сканирование клавиатуры, индикация диапазона, частоты настройки, номеров ячеек памяти, режимов работы приемника или магнитофона, набор которых может довольно сильно отличаться от модели к модели даже среди продукции одной фирмы. С распространением в звуковом тракте цифровых регуляторов (громкость, баланс, тембр) управление ими было возложено на микропроцессор синтезатора частоты. Лентопротяжные механизмы с логическим управлением и ряд внешних устройств также обслуживаются этим микропроцессором, что дает основание причислить подобные системы к третьему поколению.

Алгоритм автоматической настройки для современных радиоприемных трактов примерно одинаков и отличается только деталями. Например, настройка может сначала производиться в режиме местного приема (Local) при пониженной чувствительности приемного тракта, и лишь затем в режиме дальнего приема (DX). Микропроцессор перестраивает приемник по диапазону до тех пор, пока не получит от него стоп-сигнал. Он вырабатывается по совпадению двух условий – захвата частоты и достижения заданного уровня сигнала ПЧ. В диапазоне УКВ для этого обычно используют имеющийся у большинства микросхем УПЧ выход уровня и сигнал системы бесшумной настройки частотного детектора. Далее, в зависимости от выб-



раннего алгоритма, анализируются другие условия. В диапазоне УКВ помимо уровня сигнала может контролироваться наличие и уровень пилот-тона. При слабом сигнале стереодекодер принудительно переводится в моно-режим. Если станция удовлетворяет поставленным условиям, ее частота заносится в память.

Появившиеся в последние годы системы передачи данных по радиоканалу (RDS) используют для вывода информации все тот же дисплей и микропроцессор. По радиоканалу в текстовом виде могут передаваться дорожные сводки для водителей, прогноз погоды, финансовые новости и другая информация, которую можно сохранить в памяти системы. Используя опознавательные коды, современные приемники осуществляют поиск станций, транслирующих определенную информацию (спорт, новости, музыка), переходят на другой канал, транслирующий ту же программу, или переключаются на прием экстренных сообщений. К сожалению, в России система RDS находится на первом этапе развития, ближайшие отечественные радиостанции еще не передают опознавательные сигналы, да и музыкальный видеорегистратор в эфире не способствует использованию этих функций. Радиостанции лишь недавно стали ориентироваться на определенную аудиторию, и широкое распространение RDS в России, судя по всему, наступит не скоро.

В головных устройствах высокого класса применяются отдельные тракты АМ и ЧМ, что упрощает коммутацию и повышает качественные показатели. Выполняются они на микросхемах, причем в моделях более высокого класса используются микросхемы меньшей степени интеграции. Это объясняется тем, что при совмещении на одном кристалле нескольких функциональных узлов усиливается их взаимное влияние, что неизбежно приводит к ухудшению параметров. В особо качественных трактах используются каскады на дискретных транзисторах.

В современной аппаратуре тракт АМ стал дополнительным, а тракт ЧМ – основным (по крайней мере, для жителей городов). Его конструкции уделяется большое внимание. Структура входных каскадов (front-end) тракта ЧМ – резонансный УВЧ и преобразователь частоты с отдельным гетеродином – традиционна. Далее сигнал промежуточной частоты поступает на пьезофильтр ПЧ, широкополосный УПЧ, частотный детектор, стереодекодер. Число настраиваемых контуров – от двух до четырех в зависимости от требований, предъявляемых к избирательности приемника. УВЧ и преобразователь частоты выполняются на одной



микросхеме (например, ТА7358АР, КА22495), реже – на дискретных элементах (в моделях высокого класса). УПЧ и стереодекодер представляют собой отдельные микросхемы, хотя иногда используются и комбинированные микросхемы, объединяющие эти два узла.

В крупных городах, где количество УКВ-станций достаточно велико, их мощность ограничена, а уровень промышленных помех высок, повышение чувствительности приемника, не подкрепленное мерами по увеличению реальной селективности, только ухудшает качество приема. Входные каскады микросхем или усилители высокой частоты, выполненные на биполярных транзисторах, при приеме в таких условиях создают значительные перекрестные искажения. Поскольку при таком построении в составе тракта УКВ есть только один перестраиваемый контур на выходе УРЧ, избирательность по зеркальному каналу невысока. Широкополосный контур или полосовой фильтр на входе тракта на избирательность практически не влияет.

Чтобы получить высокий устойчивый коэффициент усиления при высокой избирательности, в некоторых высококачественных трактах УКВ использовались двухкаскадные УРЧ и дополнительный перестраиваемый полосовой фильтр. С этой же целью в последние годы в трактах УКВ среднего и высокого класса все чаще используются полевые транзисторы. Благодаря высокому входному сопротивлению цепь затвора мало шунтирует входной контур и практически не влияет на его добротность. Это обстоятельство позволяет увеличить коэффициент включения контура, что приводит к повышению уровня сигнала на входе УРЧ. Малая проходная емкость полевых транзисторов способствует устойчивой работе УРЧ с резонансной нагрузкой при более высоком усилении, чем у биполярных транзисторов, что позволяет обойтись всего одним каскадом усиления.

Смеситель преобразователя частоты тракта УКВ как в интегральном, так и в дискретном исполнении выполняется исключительно на биполярном транзисторе по схеме с общим эмиттером. В этом отношении тракт ЧМ отечественных автомобильных радиоприемников, построенный с применением балансного смесителя на микросхеме К174ПС1, гораздо совершеннее. Сигнал РЧ и сигнал гетеродина в рассматриваемых смесителях подаются в цепь базы, а сигнал ПЧ частотой 10,7 МГц выделяется в коллекторной цепи одиночным контуром. Избирательность по соседнему каналу полностью определяется пьезокерамическими фильтрами в тракте ПЧ.

Гетеродин тракта УКВ на дискретных элементах выполняется обычно по схеме емкостной трехточки, гораздо реже – по схеме с общей базой (для отечественных конструкций картина противоположная). В преобразователях частоты интегрального исполнения используются гетеродины на двух транзисторах, контур гетеродина подключается к ним только двумя точками. В радиоприемных трактах с аналоговой настройкой обязательно используется неотключаемая автоматическая подстройка частоты гетеродина при помощи варикапа в контуре гетеродина. Напряжение АПЧ берется с выхода частотного детектора. В радиоприемных трактах с цифровой настройкой за стабильность частоты гетеродина отвечает синтезатор частоты, при этом нет необходимости в специальных элементах подстройки. Неотъемлемая часть практически всех современных УКВ-блоков – буферный каскад для подачи сигнала гетеродина на синтезатор частоты или цифровую шкалу, которая все чаще применяется в аппаратах с аналоговой настройкой взамен традиционной шкалы со стрелкой или цифроаналоговой световой шкалы. Для увеличения стабильности частоты гетеродина связь буферного каскада с контуром гетеродина минимальна, в ряде случаев для этого используют связь через емкость монтажа. Катушки УРЧ и гетеродина обычно бескаркасные, намотаны медным эмалированным проводом диаметром 0,6–1,0 мм с диаметром витка 4–6 мм. Сопряжение контуров выполняется подгибанием крайних витков. После настройки витки катушки фиксируют парафином или компаундом.

Рассмотренное построение радиоприемного тракта характерно сейчас, главным образом, для аппаратуры европейских производителей. В современных массовых моделях азиатского производства все шире применяются совмещенные радиоприемные тракты второго поколения, полностью выполненные на одном кристалле. Например, фирма Sanyo производит микросхему LA1883M, размещенную в корпусе с 64 выводами и работающую в комплекте с микропроцессором. Подобные тракты применяют в своих магнитолах фирмы Sony, Kenwood, Pioneer. Однако качественные показатели несколько хуже, чем у тракта с меньшей степенью интеграции.

2.5. Магнитофонная секция

В процессе эволюции автомагнитол и проигрывателей кассет наибольшие изменения претерпел лентопротяжный механизм (ЛПМ). Как уже упоминалось ранее, возможны два варианта установки кассеты – «лентой вперед» и «лентой



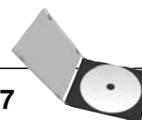
вбок». Первый из них оказался не самым удачным по соображениям компоновки передней панели и применялся недолго – только в ЛПМ с перемоткой ленты в обе стороны. Их доля в общем выпуске была невелика. В большинстве первых магнитол применялась загрузка кассеты «лентой вбок», и они предназначались лишь для воспроизведения и перемотки вперед. Появившиеся на рубеже 80-х годов магнитолы с автореверсом строились уже на основе ЛПМ с загрузкой кассеты «лентой вбок».

ЛПМ большинства автомагнитол построены по одно-моторной кинематической схеме с косвенным приводом ведущего вала резиновым пассиком квадратного (в массовых моделях) или плоского сечения. Известны случаи применения в магнитолах высокого класса двух- и трехмоторных ЛПМ, в том числе и с прямым приводом. Из всего многообразия ЛПМ автомагнитол широко распространены в основном две группы – простейшие, обеспечивающие только рабочий ход и перемотку ленты вперед, и механизмы с автореверсом, допускающие перемотку ленты в обе стороны. Исключение из этого правила составляют некоторые отечественные модели автомагнитол и разработки самого высокого класса.

Значительная часть узлов современных ЛПМ изготавливается из пластика, поэтому существует опасность их коробления при установке магнитол в отечественных автомобилях вблизи печки. В дешевых ЛПМ пластмассовым может быть даже маховик ведущего вала, а для увеличения момента инерции на него напрессована штампованная стальная шайба. Шасси, кассетоприемник и каретка обычно отштампованы из тонкой листовой стали.

2.5.1. Система загрузки

В первых автомагнитолах и проигрывателях кассет применялся неподвижный приемный контейнер, а узлы транспортирования ленты при загрузке кассеты опускались на него сверху, как в модели «Электрон-501», или поднимались снизу (АМ-302, «Звезда», «Эола»). Преимущества подобных систем: стабильное относительно кассеты положение головок и удобство очистки их рабочей поверхности при открытой шторке кассетоприемника. Однако, в зависимости от выбранной схемы загрузки, установка или извлечение кассеты требовали значительных усилий для преодоления веса ЛПМ и сопротивления пружин. Поэтому в настоящее время применяется главным образом загрузка кассеты в неподвижный ЛПМ при помощи подвижного контейнера-кассетоприемника.



В механизмах с единственным приемным узлом применяются качающиеся контейнеры. Кассета в этом случае поворачивается в приемном окне, опускаясь на тонвал и приемный узел. Часть кассеты при этом выступает из окна кассетоприемника. В механизмах с автореверсом необходима полная установка кассеты, поэтому там применяется лифтовый механизм загрузки. При установке кассеты она сначала движется параллельно плоскости ЛПМ, а затем опускается. Такой механизм может быть как с ручным приводом (в недорогих моделях), так и с электроприводом загрузки. Последний получает все большее распространение, поскольку исключает возможность неправильной установки кассеты. Процесс загрузки контролирует микропроцессор: если установка не завершилась в отведенное время или возрос ток, потребляемый двигателем загрузки, ЛПМ возвращается в исходное состояние. Несмотря на это, при известной настойчивости кассету все-таки можно установить неправильно.

2.5.2. Простейшие ЛПМ

В простейших ЛПМ помимо узла ведущего вала с прижимным роликом имеется только приемный узел, в котором необходимое усилие подмотки обеспечивает фрикционная муфта. Вращение на приемный узел передается от маховика пассивом квадратного сечения либо зубчатой передачей. Для перемотки вперед прижимной ролик отводится от тонвала. Скорость перемотки невысока, полная перемотка кассеты С-90 занимает обычно 4–6 минут.

Механическое управление ЛПМ производится одной кнопкой. Обычно она расположена сбоку от окна кассетоприемника. При установке кассеты ЛПМ включается режим воспроизведения, при неполном нажатии кнопки фиксируется режим перемотки (выключается повторным нажатием). Выброс кассеты и перевод ЛПМ в режим «стоп» производится при полном нажатии кнопки. В некоторых ЛПМ для включения режима перемотки необходимо сдвинуть или повернуть рычаг.

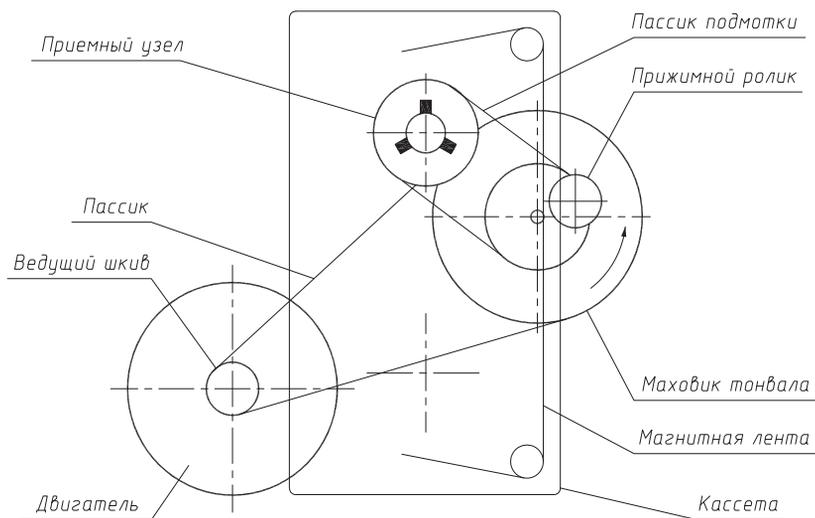
Из-за отсутствия подающего узла и тормозов при переключении режимов возможно образование петель и ступенек в рулоне ленты. Стабильность натяжения ленты определяется исключительно механизмом кассеты. Поэтому при использовании кассет невысокого качества коэффициент детонации может возрасти до недопустимых значений. Типичное значение коэффициента детонации для таких



ЛПМ – около 0,3%. Каретка с головкой воспроизведения (ГВ) может быть поворотной или скользящей. Конструкция каретки обеспечивает стабильное положение головки относительно ленты. С этой же целью используется направляющая, которая вводится в малое окно кассеты (рядом с ГВ). Она ограничивает перемещение ленты по высоте и в какой-то мере стабилизирует ее натяжение.

Большинство ЛПМ этого типа оснащены автостопом, как правило, при его срабатывании включается радиоприемный тракт. В простейшем случае датчиком автостопа служит подпружиненный рычаг, контактирующий с лентой. При окончании ленты в кассете ее натяжение увеличивается, рычаг перемещается и размыкает цепь питания дви-

Рис. 2.10. Кинематическая схема простейшего ЛПМ



гателя. Такая система работает только в режиме рабочего хода. В более современных ЛПМ используют механический датчик вращения приемного узла, который отключает двигатель не только при окончании ленты в кассете, но и при остановке ленты по любым причинам во время рабочего хода или перемотки. Однако в любом случае прижимной ролик в момент срабатывания автостопа не отводится от тонвала, что может вызвать его деформацию и повышение коэффициента детонации. Об этом необходимо помнить и не оставлять кассету в выключенной магнитоле.

Простота таких ЛПМ – залог их высочайшей надежности. Они в состоянии прослужить более 10 лет. Благодаря тому, что часть кассеты остается снаружи, извлечь застрявшую ленту удастся без разборки магнитолы и ЛПМ, че-

го нельзя сказать о системах с лифтовой загрузкой. Отсутствие перемотки назад для тех, кто слушает кассету от начала до конца, не является недостатком, поэтому аппараты с таким ЛПМ по-прежнему пользуются спросом. Однако комплектуются они, как правило, дешевыми ГВ с монолитным сердечником и относительно большим рабочим зазором, поэтому полоса воспроизводимых частот обычно невелика: 150–8000 Гц. Чувствительность таких головок относительно низкая, следовательно, и уровень шума в канале воспроизведения может быть заметным даже при включенном двигателе. Замена воспроизводящей головки более совершенной значительно улучшит качество звучания.

2.5.3. ЛПМ с автореверсом

ЛПМ с автореверсом выполняются по двум-трем кинематическим схемам и различаются незначительно. В таких механизмах имеется два ведущих вала, вращающихся в разные стороны, и два прижимных ролика, поочередно подводимых к ленте механизмом реверса. В большинстве ЛПМ вращение от двигателя передается маховикам длинным пассивком, обратная ветвь которого проходит через обводной ролик. Маховики снабжены зубчатым венцом, перемотка и подмотка в режиме рабочего хода включаются введением промежуточных шестерен между подкассетными узлами и маховиками ведущих валов. Механизм реверса приводится в движение от основного двигателя коротким пассивком. При остановке одного из подкассетных узлов кулисный механизм перемещает прижимные ролики, что приводит к изменению направления движения ленты. [100]

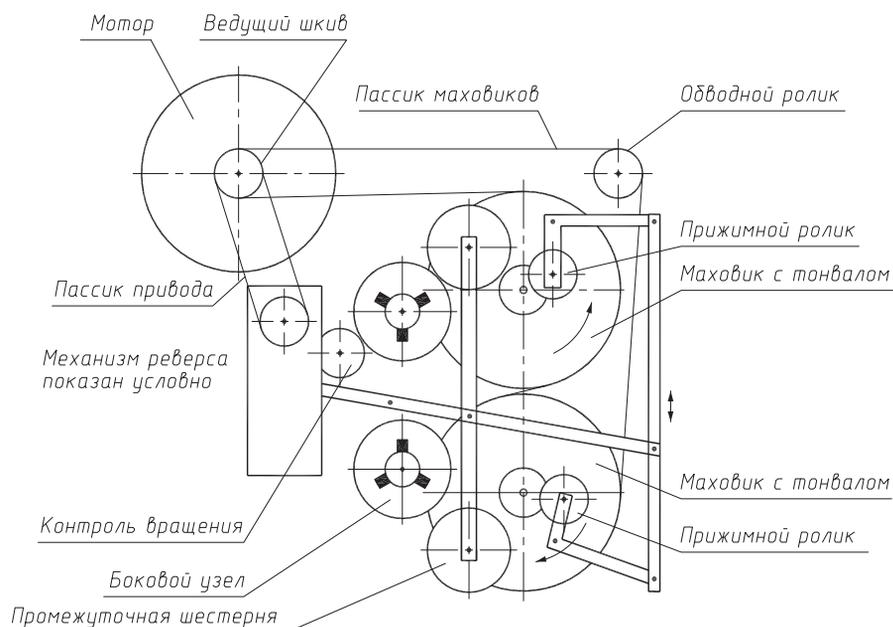
В недорогих моделях применяется механическое управление ЛПМ. Обычно с левой стороны окна кассетоприемника находится кнопка выброса кассеты, а с правой – кнопки включения перемотки, одновременное нажатие которых изменяет направление движения ленты. Включение ЛПМ в режим воспроизведения происходит при установке кассеты, и блок ГВ на каретке вводится в кассету пружиной. В более дорогих ЛПМ с электронно-логическим управлением и моторизованной загрузкой кассеты переключение режимов осуществляется маломощными электромагнитами и кулачковым механизмом, приводимым во вращение от маховика ведущего вала или от отдельного двигателя загрузки и управления. Такие ЛПМ допускают оставлять кассету в магнитофоне, поскольку в режиме «стоп» прижимные ролики отведены от ведущих валов.



До начала 90-х годов в ЛПМ с автореверсом использовали исключительно неподвижный четырехканальный блок головок. Коммутация осуществлялась либо малогабаритным механическим переключателем (на ЛПМ), либо электронным коммутатором в составе усилителя воспроизведения (УВ).

Тогда технологический разброс параметров головок в блоке (взаимный перекосяк и смещение зазоров) приводили к тому, что головку удавалось отъюстировать только для воспроизведения в прямом направлении, а полоса частот в режиме реверса была значительно уже. Для головок среднего качества типичные значения полосы воспроизводи-

Рис. 2.11. Кинематическая схема ЛПМ с автореверсом



мых частот 50–12 000 Гц в прямом направлении и 100–8000 Гц в режиме реверса. Зачастую полоса частот в режиме реверса не нормировалась вовсе. Теперь усовершенствованная технология производства ГВ позволяет получать четырехканальные блоки головок с близкими по величине параметрами. Поэтому в современных магнитолах воспроизведение в обе стороны одинакового качества: полоса частот составляет 14 кГц в массовых моделях, а в дорогих моделях она достигает 16–18 кГц.

В начале 90-х широкое распространение получили ЛПМ с двухканальными ГВ, перемещаемыми механизмом реверса вверх при воспроизведении в обратном направлении. Узел блока головок позволяет регулировать их положение по вы-

соте и азимуту отдельно для каждого направления движения ленты. Однако зазоры и люфты в этом механизме приводят к нестабильности положения ГВ при эксплуатации, поэтому такие ЛПМ используют только в недорогих моделях.

2.5.4. Тракт воспроизведения

Дополнительные функции, обеспечиваемые магнитофоном, зависят от его класса. Так, в простых и недорогих аппаратах при перемотке блокировка усилителя отсутствует и поэтому возможно проникание помех и шумов. В магнитолах более высокого уровня такая блокировка обязательна, некоторые из них имеют систему поиска первой паузы в воспроизводимой фонограмме. В части моделей с электронно-логическим управлением возможно программирование порядка воспроизведения.

В современных автомагнитолах УВ выполняют исключительно на специализированных микросхемах, включенных обычно по типовой схеме. Чаще всего в простых аппаратах используются микросхемы ВА328, ВА329, ВА3302 (Rohm), КА1222, КА2221, КА21222 (Samsung), LA3160, LA3161 (Sanyo), ТА7375Р (Toshiba). Эти микросхемы примерно одинаковы по своим характеристикам и схемам включения. Уровень сигнала на их выходе составляет обычно 30–50 мВ. В отечественных аппаратах чаще всего применяют микросхему К157УЛ1, характеристики которой при пониженном до 5–6 В напряжении питания и достаточно высоком (150–200 мВ) выходном напряжении заметно ухудшаются.

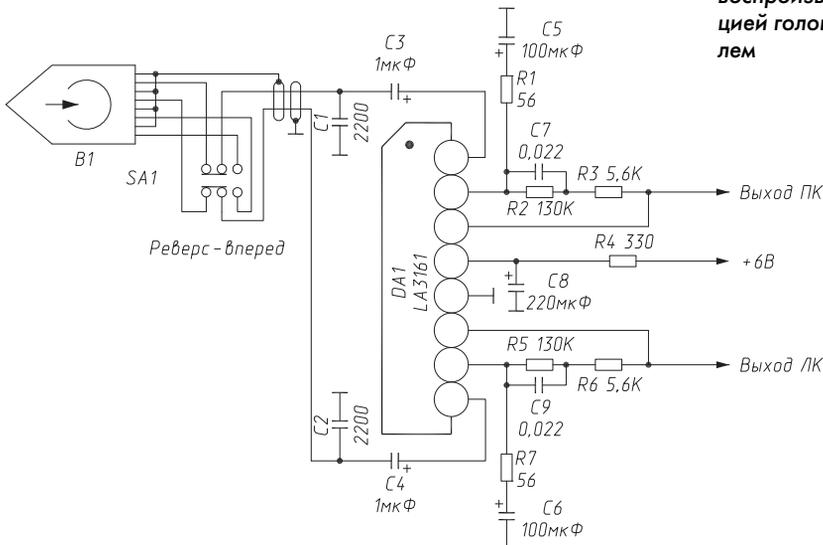
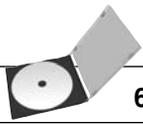


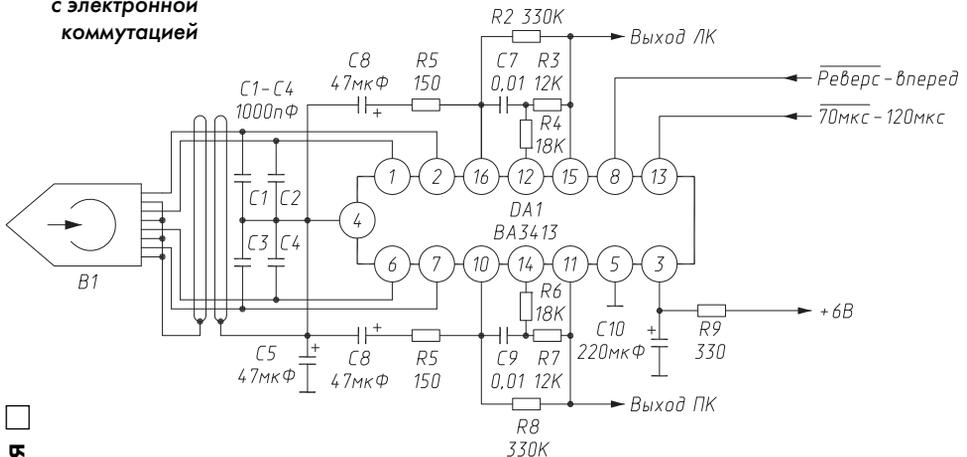
Рис. 2.12. Типовой усилитель воспроизведения с коммутацией головок переключателем



В качестве примера рассмотрим усилитель воспроизведения на микросхеме LA3161. (рисунок 2.12). Схема включения практически не отличается от типовой. Переключатель SA1 выбирает соответствующие головки блока BG1 в зависимости от направления движения ленты. В моделях с «плавающим» блоком ГВ такой переключатель отсутствует. Высокочастотная коррекция производится конденсатором C1 (C2), образующим резонансный контур с индуктивностью головки. Стандартная АЧХ воспроизведения формируется цепью частотно-зависимой ООС C5R1C7R2R3 (C6R7C9R5R6). Напряжение питания подается на УВ при включении ЛПМ, постоянная составляющая выходного напряжения используется для управления коммутатором сигнала. Такая схема с незначительными вариациями используется в магнитолах различных марок. [66, 100]

Более совершенный тракт выполнен на микросхеме BA3413 (рисунок 2.13). В нее встроены электронный коммутатор, переключающий головки блока ГВ, и два электронных ключа, которые изменяют постоянные времени воспроизведения для лент с различным рабочим слоем. Особенность схемы – наличие «виртуальной земли» (вывод 4, конденсатор C5) и отсутствие входных разделительных конденсаторов

Рис. 2.13. Типовой усилитель воспроизведения с электронной коммутацией

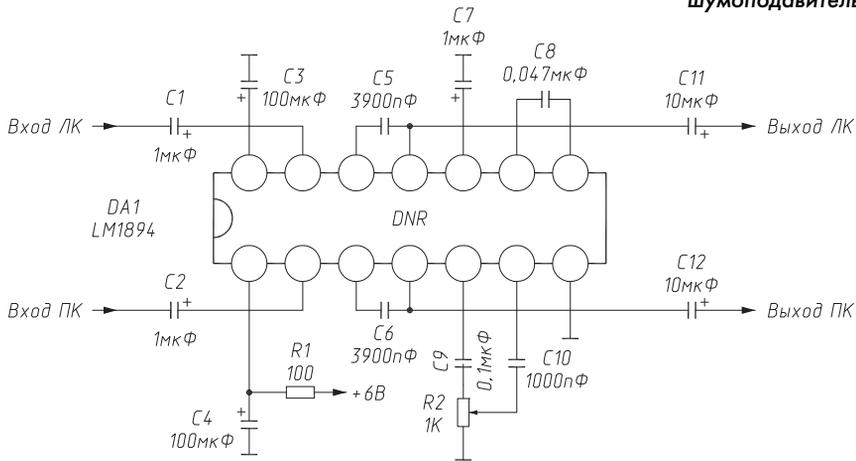


ров. Назначение остальных деталей аналогично рассмотренной ранее схеме. Такой УВ применялся, в частности, в некоторых моделях автомагнитол фирмы Sony. Переключение коррекции АЧХ для различных типов ленты производится либо вручную с передней панели магнитолы, либо автоматически – датчиком на шасси ЛПМ, реагирующим на окно в задней стенке кассеты.

Во многих автомагнитолах ранее использовался динамический шумоподавитель DNR (Dynamic Noise Reduction) на основе специализированной микросхемы LM 1894. Принцип его работы – динамическая фильтрация сигналов управляемым ФНЧ, частота среза которого изменяется в пределах 1,5-25 кГц. В канале управления фильтром используется суммарный сигнал в полосе частот выше 6 кГц. При малом уровне высокочастотных составляющих полоса частот основного канала ограничена, и шум мало заметен. С увеличением уровня высокочастотных сигналов полоса пропускания расширяется, и шум хорошо маскируется полезным сигналом.

В автомагнитолах обычно применялась упрощенная схема включения микросхемы (рисунок 2.14). Конденсаторы C5, C6 входят в состав перестраиваемых ФНЧ, переменный резистор R2 служит для подстройки порога срабатывания. Если в схеме элементы R2 и C9 отсутствуют, конденсатор C10 включается между выводами 5 и 6.

Рис. 2.14. Динамический шумоподавитель DNR



В некоторых моделях такой шумоподавитель использовали в общем тракте усиления сигнала. В этом случае вместо конденсатора C8 устанавливался режекторный фильтр пилот-тона на частоту 19 кГц, предусмотренный типовой схемой включения. Без этого фильтра проникание пилот-тона в канал управления шумоподавителя полностью блокирует его работу.

В современных автомагнитолах вместо DNR применяют системы шумопонижения Dolby-B (в массовых моделях) и Dolby-C. Экспандеры выполнены либо на отдельных специализированных микросхемах, либо входят в состав комбини-



рованных микросхем УВ. Номенклатура их достаточно разнообразна, примером может служить микросхема ТЕА0675 (Philips). Она включает в себя коммутатор головок, усилитель воспроизведения с переключаемой коррекцией, детектор паузы для системы поиска (программирования), ключи приглушения звука и шумоподаватель Dolby-B. Аналогичные микросхемы выпускают и другие производители.

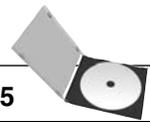
2.6. Тракты CD и MD

Транспортные механизмы CD, DVD и MD-проигрывателей (далее для краткости – транспорт) выпускает относительно небольшое количество производителей, поэтому они отличаются весьма высоким качеством. Поскольку транспортные механизмы чейнджеров отличаются от ресиверов только наличием устройства смены дисков, все изложенное в этом разделе в равной степени относится и к чейнджерам.

Чтобы вибрации автомобиля не передавались транспорту, он устанавливается в корпусе на специальной подвеске. В простейшем случае это пружины и резиновые втулки, в дорогих аппаратах применяются гидравлические демпферы (масляные либо силиконовые). Это, кстати, нужно учитывать при покупке – масляные демпферы на нашем морозе могут застыть. Рекомендуется выбирать модели, ориентированные на Европу.

Тем не менее, даже самая мягкая подвеска не в состоянии защитить транспорт от сильных ударов при поездке по неровной дороге. Поэтому в более совершенных моделях CD-ресиверов и чейнджеров есть противоударная память. Принцип ее работы прост. При воспроизведении диска осуществляется упреждающее чтение, данные в цифровом виде заносятся в буферную память, и только после этого поступают на цифроаналоговый преобразователь (ЦАП). При сильном сотрясении и кратковременной потере слежения за дорожкой звучание не прерывается. В зависимости от сложности аппарата емкость памяти может составлять от 3 до 10 и более секунд звучания.

В середине 90-х годов, когда стоимость микросхем оперативной памяти была относительно высокой, эта функция оказывала значительное влияние на стоимость аппарата и в обязательном порядке отражалась в технических характеристиках. Теперь же буферную память можно встретить в относительно недорогих изделиях даже «инкогнито». Оп-



ределить ее наличие можно по тому, насколько быстро начинается воспроизведение диска после команды «пуск». Задержка звучания более 2–3 с после появления информации на дисплее и медленный поиск фрагментов практически стопроцентно указывают на наличие противоударной памяти. [61]

В MD и MP3 проигрывателях буферная память имеется в обязательном порядке, однако ее наличие вытекает из самого принципа работы. Дело в том, что запись в этих форматах производится со сжатием цифровых данных, поэтому для правильного восстановления записанного сигнала требуется предварительное накопление считанной с диска информации.

В аппаратах, не имеющих противоударной памяти, качество звучания во многом будет зависеть от состояния дороги, подвески автомобиля и стиля вождения, а также места и способа установки. Наименьшие ускорения при ударах транспорт будет испытывать в том случае, если будет установлен вблизи центра масс автомобиля. Для большинства легковых автомобилей эта точка расположена в пространстве между передними сиденьями или в районе КПП. Использовать это место для установки чейнджера удастся не всегда, но в любом случае следует устанавливать его хотя бы в пределах колесной базы. Многие модели чейнджеров допускают установку в различных положениях, при этом нужно только, поворачивая регулятор, отрегулировать компенсаторы подвески.

Для ресивера остается только использовать штатное посадочное место, не всегда пригодное для таких аппаратов. Дело в том, что наилучшее рабочее положение для CD-ресиверов – горизонтальное, максимальный же угол установки не должен превышать 30 градусов. Кроме того, необходимо обеспечить жесткое крепление задней части корпуса, что не всегда возможно в отечественных автомобилях.

Конструкция транспортов примерно одинакова для всех производителей. На шасси установлен двигатель привода шпинделя. В массовых моделях применяется непосредственный привод. В дорогих для улучшения стабильности считывания иногда используется передача вращения пассивом. Каретка с оптической головкой перемещается двигателем при помощи винтовой пары. Радиальное слежение и фокусировку оптической головки производят линейные следящие приводы.

Помимо перечисленных приводов, «генетически» свя-



занных с процессом воспроизведения, имеется еще один двигатель, который при помощи роликов и кулачков производит загрузку и выгрузку диска. При установке диска в щель приемника срабатывает оптический датчик. Дальнейшее зависит от конкретной реализации алгоритма управления. Некоторые аппараты не позволяют загрузить диск в выключенном состоянии аппарата, другие допускают только выгрузку. В некоторых моделях после загрузки диска начинается автоматическое воспроизведение («включение диском»). Большинство современных аппаратов оснащено функцией «спрятать диск». Если после нажатия на кнопку выброса диска его не изъять из щели приемника, то по истечении некоторого времени (10–20 с), он будет вновь загружен. В последнее время появились упрощенные приводы, в которых загрузка диска производится вручную (нажатием на его край), а выгрузка – пружиной после нажатия на кнопку выброса.

Обычно схемы управления приводами и ЦАП располагаются на отдельной плате, прикрепленной к транспорту. В дорогих моделях ЦАП может находиться на основной плате магнитолы или выполняться в виде отдельного блока, в том числе и внешнего.

Первоначально в CD-проигрывателях использовались мультитбитные ЦАП. Принцип их работы основан на коммутации высокоточных резистивных матриц, формирующих выходной ток от стабилизированного источника опорного напряжения в зависимости от цифрового значения входного слова. Линейность преобразования и ряд других характеристик определяются точностью матрицы, а технология их производства была достаточно дорогой. Однако довольно быстро появилась дешевая альтернатива в лице однобитных ЦАП, что позволило сделать CD-проигрыватели доступными по цене. Вершиной развития мультитбитного типа микросхем стали чипы PCM58, PCM63, PCM1702 и PCM1704 производства американской фирмы Burr-Brown и несколько моделей от Analog Devices. В создании однобитных же наибольших успехов добились фирмы Crystal Semiconductors и Philips.

Тип ЦАПа как таковой не является необходимым условием качества, но исторически именно аппараты на основе мультитбитных чипов принято считать наиболее музыкальными и точными. Главные положительные качества в звучании мультитбитного ЦАП – хорошая локализация звуковых образов (четкое расположение КИЗ, хорошо различимое эшелонирование по глубине сцены) и особая масштаб-

ность звучания, не похожая на слегка «зажатое» и «мелкое» звучание многих «однобитников». Но из всякого правила возможны исключения – очень многое зависит и от проектировщика аппаратуры.

Подключение чейнджеров к головным устройствам совместимого семейства производится специальным кабелем. В недорогих моделях сигналы управления и звуковые сигналы передаются по комбинированному кабелю, в более совершенных – каждый по отдельному. В самых дорогих системах применяется передача сигналов в цифровом виде. В аппаратах McIntosh можно использовать совместно с чейнджером внутренний ЦАП головного устройства, что снижает уровень помех в системе.

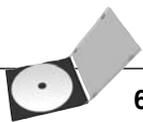
Для подключения к произвольно взятым (обычно штатным) магнитолам некоторые фирмы выпускают к своим чейнджерам дополнительные устройства управления (контроллеры) и радиочастотные модуляторы, позволяющие принять сигнал на одном из участков УКВ-диапазона. Качество звучания, естественно, при этом значительно страдает. Чтобы устранить этот недостаток, фирма JVC выпустила чейнджер KD-MA1 со встроенным блоком регулировок и усилителем мощности, который при помощи релейного коммутатора Direct Link подключался непосредственно к динамическим головкам. Однако выпуск подобных «универсальных» чейнджеров в настоящее время практически прекращен, поскольку изменился сам взгляд на структуру автомобильной стереосистемы. [19–21, 25, 26, 49, 62, 63, 87, 114]

2.7. Тракт звуковой частоты

Тракт ЗЧ автомагнитолы – это именно то, что нередко определяет ее класс в оценке потребителя. Различия в структуре и параметрах радиоприемных трактов и дек (за исключением, пожалуй, ЛПМ) мало кому понятны, тем более что в моделях одного семейства магнитол они практически отсутствуют. Сервисные функции в основном стандартны. [40] Основные отличия между классами магнитол (как внешние, так и внутренние) заключаются в построении тракта ЗЧ и в первую очередь – его входных цепей. [66]

2.7.1. Входные цепи тракта ЗЧ

Поскольку в магнитоле как минимум два источника сигнала (тюнер и магнитофонная дека или дисковый транспорт), то тракт ЗЧ начинается с коммутатора сиг-



налов. В самых дешевых аппаратах он в явном виде отсутствует: выходы обоих источников сигнала объединяются на резистивном смесителе или на регуляторе громкости, а активизация одного из них осуществляется только включением его питания. Так как выходные каскады источников сигнала с отключенным питанием обладают достаточно высоким выходным сопротивлением, их взаимное влияние исключено. Однако это возможно лишь при невысоких уровнях сигнала – несколько десятков милливольт, в противном случае резко возрастут нелинейные искажения тракта. Поэтому чаще используют диодные коммутаторы. Диодные ключи открываются постоянной составляющей сигнала (разделительные конденсаторы на выходе радиоприемного тракта и тракта воспроизведения отсутствуют), и сигнал с уровнем около 50 мВ проходит на вход предварительного усилителя. Затем, в зависимости от уровня сложности магнитолы, сигнал через регуляторы громкости и тембра поступает на вход УМЗЧ либо непосредственно, либо через линейный усилитель с усилением 20 дБ, выполненный на сдвоенном ОУ. Последнее обстоятельство вызвано тем, что в магнитолах «младших» серий применяются микросхемы УМЗЧ чувствительностью 50 мВ, а в «старших» – 500 мВ, имеющие более высокие параметры.

Во избежание искажений напряжение сигнала в диодных коммутаторах не должно превышать 100 мВ. В более совершенных трактах коммутация сигнала выполняется ключами на полевых транзисторах. Часто для этой цели используют цифровые микросхемы CD4052 (аналог K561КП1). Допустимый уровень сигнала в этом случае увеличивается до 1 В. Подобное решение применялось в магнитолах «Supra», «Philips» и др. В современных ГУ коммутатор сигналов входит в состав микросхемы аудиорегулировок.

Для подключения внешних источников сигнала (например, CD-плеера) в недорогих моделях магнитол установлен наружный аудиоразъем для штекера на 3,5 мм (с размыкаемыми контактами). В более сложных коммутация сигнала с внешнего входа выполняется электронными коммутаторами. В магнитолах, рассчитанных на управление внешним чейнджером, линейный вход размещен на задней панели и управляется электронным коммутатором. Часто он не имеет отдельных гнезд, а выведен на разъем для подключения чейнджера

вместе с сигналами управления. Активизировать этот вход при отсутствии в аудиосистеме таких источников (причем того же производителя, что и магнитола) обычно не удастся без принятия специальных мер. Дело в том, что при отсутствии внешнего источника совместимого семейства отсутствует и обмен данными с ним по кабелю управления, в результате чего микропроцессор «не видит» линейный вход.

2.7.2. Регуляторы громкости, тембра и баланса

Регуляторы громкости и тембра используют как традиционные, с переменными резисторами, так и электронные. Последние в настоящее время практически вытеснили переменные резисторы, поскольку при массовом производстве себестоимость электронных регуляторов существенно ниже. Распространение электронных регуляторов позволило ввести функции, труднореализуемые в механических устройствах: предварительные настройки с запоминанием, автоматическое изменение громкости в зависимости от скорости движения автомобиля, автоматическое переключение чувствительности и частотной характеристики для разных источников сигнала и др.

Однако влияние электронных регуляторов на качество воспроизведения намного сильнее, чем переменных резисторов. Помимо несомненных удобств, электронные регуляторы вносят в сигнал искажения и шумы, от которых свободны переменные резисторы. Поэтому в аппаратах высшей ценовой категории (например, McIntosh MX-406) все аудиорегулировки производятся только высококачественными переменными резисторами, что в данном случае совершенно справедливо преподносится как Hi-End. В то же время реклама настойчиво убеждает покупателей в том, что «кнопочки» – это здорово (cool) и современно, а «крутилки» – старомодно. Очевидно, реклама и логика несовместимы...

Традиционные регуляторы громкости и тембра на переменных резисторах в автомагнитолах не имеют особенностей по сравнению с аналогичными каскадами домашних систем. Двухполосные регуляторы, как правило, выполняют пассивными, при этом величина подъема АЧХ ограничена 6–8 дБ во избежание перегрузки УМЗЧ. Регуляторы громкости обычно обеспечивают



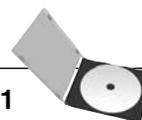
простую тонкомпенсацию (переменный резистор с одним отводом), но величина коррекции при малой громкости выбирается несколько больше, чем в «домашней» аппаратуре. Следует заметить, что необходимый диапазон регулирования громкости для автомобильной аппаратуры, с учетом шума в салоне, составляет не более 35–40 дБ, поэтому начальный участок регулятора громкости остается невостребованным. [66,115]

Первоначально для электронного регулирования сигнала в тракте ЗЧ использовались управляемые напряжением усилители (VCA). Однако им свойственны значительные нелинейные искажения сигнала – до 2%. Поэтому в настоящее время они практически не применяются. Современные регуляторы по своей структуре – операционные усилители, охваченные коммутируемыми обратными связями. Коммутация встроенных делителей обратной связи выполняется внутренними КМОП ключами. Управление ими, как правило, производится от микропроцессора, хотя существуют и микросхемы со встроенными цепями управления.

В тракте ЗЧ некоторых магнитол вместо регуляторов тембра используют трех- или пятиполосный графический эквалайзер. Такие конструкции нельзя считать удачными, так как для коррекции акустических дефектов, присущих салонам автомобилей, их возможности явно недостаточны. Правда, иногда встречаются модели с большим числом полос регулирования (до восьми). Причем основные регулировки сосредоточены в «проблемной» для автомобильного звуковоспроизведения области нижних частот. Однако надежность малогабаритных движковых регуляторов при работе в автомобиле оставляет желать лучшего.

Несравнимо большими возможностями обладают электронные эквалайзеры. Они выполнены на основе микросхем с управлением по шине I2C (например, TEA6360 производства Philips). Число полос регулирования составляет от семи до десяти, причем помимо графических используются и параметрические эквалайзеры, в том числе и с автоматической настройкой по измерительному микрофону.

Узел коммутации источников сигнала и регулировок в современных трактах также собирают на микросхемах с управлением по шине I2C (TDA7312 производства SGS-Thomson, TDA8425, TEA6320, TEA6321, TEA6330 производства Philips и других). Какие-либо



отступления от типовой схемы включения практически не встречаются. Для увеличения глубины регулировки тембра на низших частотах все чаще используется Т-звено в цепи ООС, частота квазирезонанса которого выбирается в районе 80–100 Гц. Субъективно такая регулировка дает ощущение «глубокого» баса, но может вызвать заметные на слух искажения в случае использования громкоговорителей невысокого качества. Если у радиолюбителя есть возможность ознакомиться с типовой схемой включения микросхемы регулятора, ее характеристики можно изменить: например, уменьшить глубину тонкомпенсации или сместить частоты перегиба регуляторов тембра.

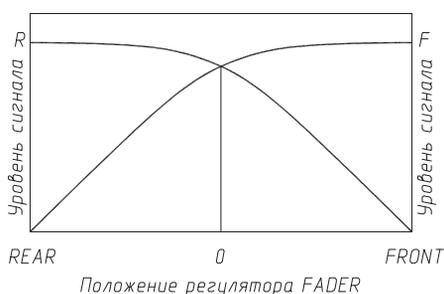
Помимо регуляторов громкости и тембра в УЗЧ магнитол предусмотрены другие функции и регулировки. Практически все современные модели магнитол имеют четырехканальный звуковой тракт: два передних (фронтальных) стереоканала и два задних (тыловых). Это не квадрофоническая система, как думают некоторые пользователи, и сигналы передних и задних каналов ничем, кроме уровня, не отличаются. Подробно о принципах построения систем объемного звучания рассказывается в главе 7.

Для регулировки распределения сигнала между передними и задними каналами используют специальный регулятор – фейдер (Fader). Его характеристика регулирования такова, что при перемещении регулятора из крайнего положения к среднему уровень сигнала введенного канала снижается незначительно (или вовсе не изменяется), а выведенного, наоборот, быстро растет. После прохождения среднего положения картина меняется на обратную (рисунок 2.15).

Поскольку встроенные в магнитолы усилители не в состоянии обеспечить высокую мощность, необходимую для работы с многополосными акустическими системами, в большинстве современных моделей предусмотрены линейные выходы для подключения внешних УМЗЧ. В простых моделях имеется только одна пара линейных выходов (обычно они обозначены как тыловые), а в более сложных – две пары (фронтальные и тыловые). В магнитолах высокого класса также есть отдельный линейный выход для низкочастотного (сабвуферного) канала. Уровень суммарного (монофонического) сигнала на этом выходе не зависит от распределения уровней между фронтальными и тыловыми



Рис. 2.15. Распределение уровня сигнала между фронтальными и тыловыми каналами



выбор дополнительного усилителя.

Для стыковки с низкочастотным звеном акустической системы или простейшим сабвуфером фирма Pioneer выпускает ряд относительно недорогих моделей с функцией FIE, в которых сигнал для тыловых каналов может быть пропущен через ФНЧ с переключаемой частотой среза (100–160–200–250 Гц). Ряд моделей Kenwood (KDC-6007, KDC-8007) позволяет включить в состав тракта фильтр высокой частоты (ФВЧ), частота среза которого перестраивается от 40 до 200 Гц. Эта мера позволяет улучшить согласование усилителей аппарата с малогабаритными динамическими головками, не предназначенными для воспроизведения низких частот. В некоторых моделях головных устройств помимо линейного выхода имеется отдельный вход усилителя мощности (effect loop), что позволяет включить в разрыв усилительного тракта внешнее устройство (эквалайзер, звуковой процессор и т.д.).

В массовых моделях магнитол сигнал на линейные выходы поступает непосредственно с выхода блока регулировок через защитные резисторы или согласующие делители напряжения. В результате выходное сопротивление достигает величин 10–20 кОм, что при использовании длинных соединительных кабелей может привести к ограничению полосы частот сигнала, поступающего на внешний усилитель. Линейные выходы моделей вы-

сокого класса снабжены буферными каскадами, как правило, на ОУ. При уровне сигнала на линейном выходе около 1 В они включены повторителями, а для более высокого уровня сигнала – усилителями.

В связи с ужесточением требований к уровню помех в аудиосистеме (главным образом, из-за наводок от бортовой сети автомобиля), в последнее время наметилась тенденция к увеличению уровня сигнала на линейных выходах до 4 В и даже 8 В, а в самых совершенных системах введены дифференциальные (балансные) выходы. Повышение уровня сигнала до таких значений требует применения повышенного напряжения питания для буферных каскадов, поэтому в подобных системах предусмотрен встроенный или вынесенный преобразователь напряжения.

2.7.3. Усилители мощности головных устройств

В составе подавляющего большинства магнитол имеется усилитель мощности. Однако в автомобильных аудиосистемах высокого класса встроенные усилители магнитол не используются, поэтому ряд моделей, предназначенных для построения таких систем, встроенного УМЗЧ не имеет. Если в первых моделях магнитол УМЗЧ выполнялся на дискретных элементах, то уже с середины 70-х годов широко применяют микросхемы – сначала гибридные, а затем и интегральные. В настоящее время усилители мощности выполняют исключительно на ИМС. Практически все УМЗЧ (кроме моделей с выходной мощностью до 4–5 Вт) сейчас выполняют по мостовой схеме.

Следует отметить, что приводимая производителями в технической документации выходная мощность сильно завышена в рекламных целях. Обычно указывается только максимальная (музыкальная) мощность при коэффициенте гармоник 10%, она же фигурирует в надписи на передней панели и упаковке. Номинальная же (RMS) мощность указывается далеко не всегда. Обычно она в 2–3 раза ниже. При напряжении питания 14,4 В на нагрузке 4 Ома номинальная мощность не превышает 3–4 Вт для обычного усилителя и 12–15 Вт для мостового. Музыкальная же мощность указывается 8–15 Вт и 25–50 Вт соответственно. В дальнейшем, чтобы избежать путаницы при сравнении различных магнитол, для них будет указываться именно

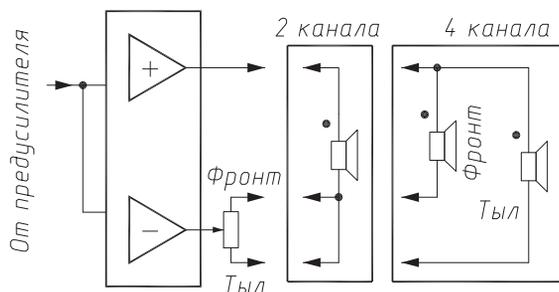


музыкальная мощность.

Практически все современные аппараты со встроенными усилителями, кроме самых дешевых, могут работать на две акустические системы – переднюю (фронтальную) и заднюю (тыловую). У встроенных усилителей два или четыре канала, причем в последнем случае их мощность может быть различной. Акустические системы первых автомагнитол простоты ради монтировали на задней полке салона, поэтому первые четырехканальные аппараты по инерции имели мощный усилитель для тыловых каналов (2x20-25 Вт) и маломощный для фронтальных (2x5-7 Вт). В настоящее время каналы по мощности равноценны, хотя еще попадаются модели, выполненные «по старинке» (например, несколько моделей производства корпорации LG Electronics, Prology, ряд моделей «Урал»).

В двухканальных усилителях распределение сигнала между передними и задними громкоговорителями происходит на выходе усилителя, что приводит к потерям мощности на механическом регуляторе (мощном переменном резисторе или переключателе). Подобное

Рис. 2.16. Подключение нагрузки к магнитолам с фейдером на выходе усилителя



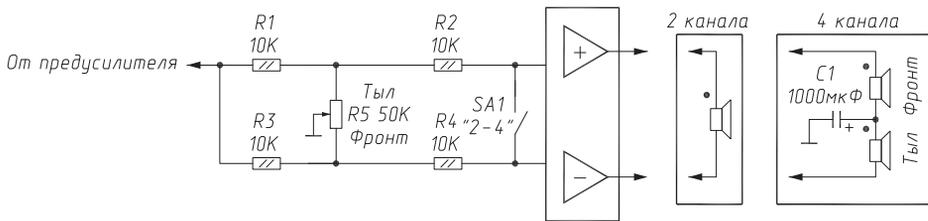
решение имеет смысл только при использовании мостового усилителя мощности – мощность обычного усилителя слишком мала, чтобы ей разбрасываться. Такая конструкция родилась на заре автомобильной аудиотехники и в современных моделях уже не встречается. В качестве примера рассмотрим регуляторы, примененные в магнитолах «Pioneer» серий KE23xx, KEN28xx, а также в аппаратах других производителей (на рисунке 2.16 упрощенно показан один канал).

Переменный резистор-переключатель устроен таким образом, что в среднем его положении движок замкнут с крайними выводами. При перемещении движка из

среднего положения одна из секций вводится в цепь громкоговорителя. Сопротивление секции около 180 Ом, что позволяет снизить уровень сигнала на нагрузке 4-8 Ом практически до нуля. Усилитель магнитолы можно использовать в двух вариантах – в двухканальном (в этом случае выходная мощность достигает 25 Вт на канал) и в четырехканальном (11 Вт на канал). Собственно регулятор имеет достаточно массивную конструкцию с ребрами охлаждения.

В магнитолах с четырехканальным усилителем проблемы потери мощности нет, здесь регулировки производятся на входе усилителей мощности (как правило, электронным регулятором, реже – переменным резистором). Рассмотрим схему такого узла (рисунок 2.17), примененную, например, в магнитолах «Sony 1253» и ей

Рис. 2.17. Подключение нагрузки к магнитолам с фейдером на входе усилителя



подобных.

Собственно фейдер (R1-R5) в данном случае представляет собой ни что иное, как изобретенный еще в 50-е годы панорамный регулятор, распределяющий сигнал одного источника между двумя усилительными каналами. Такой усилитель может использоваться как двух- или четырехканальный. При двухканальном включении входы усилителей замыкают между собой, усилитель становится мостовым с максимальной выходной мощностью 2x25 Вт. Фейдер при этом практически не влияет на коэффициент усиления. При четырехканальном включении каждый из каналов работает независимо, а оксидный конденсатор С1 образует «виртуальную землю». Выходная мощность магнитолы при таком включении 4x12 Вт.

Подобное построение фейдера сейчас уже практически не применяют. В современных аппаратах каждый



из четырех усилительных каналов выполнен по мостовой схеме, а фейдер входит в состав микросхемы-регулятора звукового тракта. При использовании современной магнитолы в двухканальной конфигурации два оставшихся канала просто оставляют неподключенными (конструкция современных интегральных УМЗЧ допускает работу без нагрузки). Соединять между собой выходы каналов «в параллель» для увеличения мощности недопустимо!

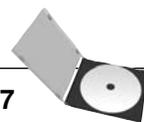
В качестве усилителей мощности в головных устройствах применяют ИМС TDA2003, TDA2004 (одноканальные), TDA1719, TDA1521 (двухканальные), TA8210, TA8221, TDA1554, TDA1556 (двухканальные мостовые). В последних моделях магнитол используются четырехканальные мостовые УМЗЧ, выполненные на микросхеме TDA7384 и аналогичных.

Мостовые усилители используют в ГУ неспроста. Максимальную выходную мощность можно реализовать в том случае, когда размах напряжения сигнала становится равным напряжению питания. На практике это невозможно, так как напряжение насыщения транзисторов не позволяет довести выходной сигнал до напряжения питания. Наиболее простой способ увеличить выходную мощность – снизить сопротивление нагрузки. Однако у этого способа есть недостатки:

- дополнительные потери в соединительных проводах между усилителем и нагрузкой;
- увеличение тока нагрузки приводит к снижению максимального выходного напряжения;
- увеличение тока нагрузки приводит к росту искажений;
- ухудшение демпфирования может привести к росту резонансного «горба» на АЧХ.

Одно время в магнитолах высокого класса использовались гибридные усилители мощности серии STK, предназначенные для работы с нагрузкой 2 Ом, 1 Ом и даже 0,5 Ом. Их потенциальные возможности могли быть реализованы только при работе совместно со специальными низкоомными головками, поэтому распространения такие усилители не получили.

Более удобным оказалось включение двух усилителей по мостовой схеме (когда один из них инвертирует фазу). Громкоговоритель подключают к их выходам непосредственно без разделительных конденсаторов, что в известной мере способствует повышению качества зву-



чания. Выходное напряжение на нагрузке оказывается вдвое больше, поэтому при одном и том же напряжении питания и нагрузке выходная мощность усилителя по мостовой схеме теоретически оказывается в 4 раза больше, чем у отдельно взятого канала (практически она несколько ниже, поскольку с ростом тока нагрузки снижается максимальное выходное напряжение). По такой схеме выполнены усилители мощности практически всех современных ГУ, кроме самых дешевых.

Наряду с таким достоинством, как большая выходная мощность, мостовым усилителям свойственны и недостатки. Прежде всего, это повышенный примерно в 1,2–1,7 раза по сравнению с исходными усилителями коэффициент гармоник и вдвое худший коэффициент демпфирования. Казалось бы, коэффициент гармоник изменяться не должен, но на практике увеличение происходит из-за различия характеристик реальных (даже выполненных на одном кристалле) усилителей. Ухудшение демпфирования объясняется тем, что выходные сопротивления усилителей складываются.

Кроме того, поскольку нагрузка подключается к выходам без разделительных конденсаторов, ее провода находятся относительно массы под постоянным напряжением, поэтому случайное замыкание нагрузки на массу может привести к выходу усилителя из строя. В современных интегральных УМЗЧ есть встроенные системы защиты от подобных неприятностей, но микросхемы старых серий были недостаточно надежны. Лет 10 назад народные умельцы, экономившие на проводах, «пускали по массе» обратный провод динамиков, чем просто обогатили ремонтников. Прошло несколько лет, прежде чем доморощенные «мастера» научились читать инструкции.

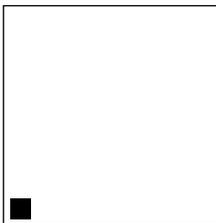
Но есть класс усилителей, буквально рожденный для автомобилей. Это УМЗЧ, в которых выходной каскад работает в режиме Н (с изменяемым напряжением питания). Толчком для разработки таких усилителей послужило то, что реальный звуковой сигнал имеет импульсный характер и средняя мощность намного ниже максимальной. В основе устройства лежит обычный усилитель, включенный по мостовой схеме, а «изюминка» – в удвоении напряжения питания выходного каскада с помощью накопительного конденсатора большой емкости, который подзаряжается от основного источника питания. На пиках мощности этот конденсатор схе-



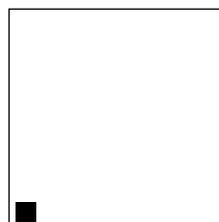
мой управления подключается последовательно с основным источником. Напряжение питания выходного каскада усилителя на доли секунды удваивается, позволяя ему справиться с передачей пиков сигнала и почти вчетверо увеличить максимальную мощность. [65, 66]

Пример усилителя класса Н – микросхема TDA1560Q, развивающая номинальную выходную мощность 40 Вт на нагрузке 8 Ом при напряжении питания 14,4 В. Микросхема имеет функции управления режимами (включена, режим ожидания, режим приглушения звука, работа в режиме В, работа в режиме Н). Микросхема TDA1562Q имеет аналогичную структуру, но рассчитана на нагрузку сопротивлением 4 Ом. Выходная мощность достигает 60 Вт.

К сожалению, производители такой аппаратуры умалчивают о существенном недостатке. Максимальная мощность усилителей в режиме Н зависит от емкости накопительных конденсаторов и частоты сигнала. Чем меньше их емкость, тем меньше «прибавка» мощности на низких частотах, то есть как раз там, где она особенно нужна. Совершенно очевидно, что упрятать батарею конденсаторов внушительной емкости внутрь стандартного корпуса нереально, поэтому заявленная производителями магнитол мощность обеспечивается лишь на средних и высших частотах.



Типичный вариант компоновки
усилительно-сабвуферного «хозяйства» в багажнике
внедорожника. (Ставрополь, 2004).



Типичный вариант
компоновки
усилительно-сабвуф
ерного «хозяйства»
в багажнике
внедорожника.
(Омск, 2004)

Вариант компоновки усилительно-сабвуферного «хозяйства» в багажнике хетчбэка: два усилителя, сабвуфер и пара пассивных кроссоверов для фронтальной акустики. (Саратов, 2004)



■ *Подиум для установки динамической головки на передней двери. Массив древесины, ручная работа.*

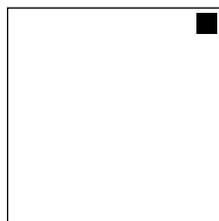


■ *Установка сдвоенных мидбасовых головок в двери. Стеклопластик, МДФ, нержавеющая сталь, искусственная кожа (Ставрополь, 2004).*

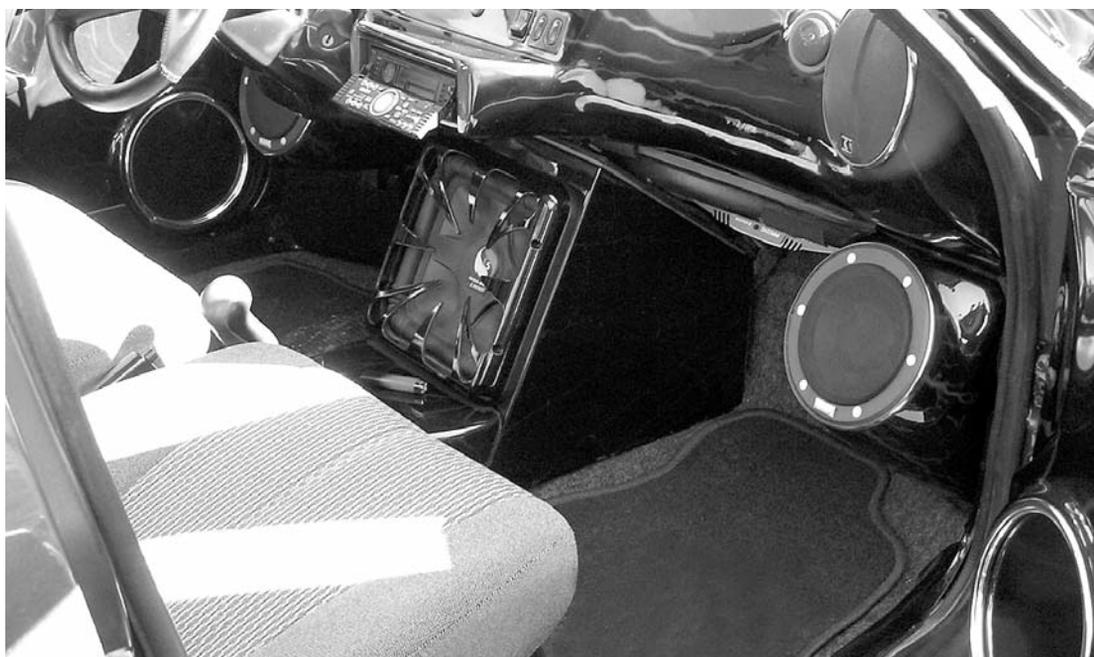
Строенный мидбас и рупорный среднечастотник
в двери (Киев, 2004)



Трехполосная акустическая система с купольным среднечастотником в Subaru (Екатеринбург, 2004, Сергей Кулев)

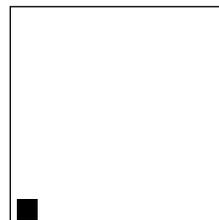


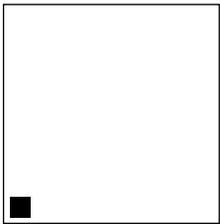
Симметричная панель приборов, примененная в Ford Focus для оптимизации звуковой сцены. (Екатеринбург, 2004, «Отдел Технической Эстетики»)



Симметричная панель приборов и передний сабвуфер оптимизируют звуковую сцену. (Сысерть, 2004, Волков А. А.)

Джип LAND ROVER (сервис-центр «Автодрайв»). Судьи по оценке качества инсталляции выделили эту работу, особенно отметив эргономику. Кроме Кубка за качество звучания владелец джипа Ярослав Дмитриев получил ещё и Кубок за второе место в номинации «The best of Show». (Ставрополь, 2004, Ярослав Дмитриев).





«Волга ГАЗ-21» (Омск, 2004, «Аларм-Сервис»).

На роль головного устройства выбран CD/DVD-проигрыватель Clarion RVD-928-VRX со встроенным 7-дюймовым монитором с сенсорным управлением. Проигрыватель снабжен декодером Dolby Digital и цифровым процессором звукового поля с регулировкой передних/центрального/задних каналов и регулировкой сабвуфера, что позволяет настраивать звуковое поле и получить настоящий окружающий звук (как в кинотеатре). Тыл оформлен классически, без излишеств. Двухкомпонентная акустика Mogel смонтирована в задних дверях. Фронтальная 3-х-компонентная акустика подобрана из отдельных компонентов Mogel лучших серий. Мидбасы установлены в передних дверях в фазоинверсном акустическом оформлении объемом 7 литров. Для устранения струйных шумов порт фазоинвертора демпфирован акустически прозрачным материалом. Среднечастотные динамики разместились в специально изготовленных боксах на стыке пола и кик-панелей. Такое расположение, как известно, позволяет получить прекрасную звуковую сцену и тональный баланс даже без использования процессора. В сочетании с архитектурой «волговского» салона (неглубокое торпедо, почти вертикальное лобовое стекло, «автобусная» посадка водителя и пассажира) это решение оказалось единственно верным. Правда, эти же обстоятельства потребовали заметных усилий во время поиска оптимальной ориентации пищалок, но инсталляторы эти трудности успешно преодолели.

Сабвуфер выпонен на основе двух головок Focal 27-сантиметрового диаметра. Исключительные характеристики и высокое качество звучания этих динамиков обусловлены мощной звуковой катушкой и магнитной системой из 12 магнитов. Такую красоту жалко было скрывать от взоров, поэтому динамики установили магнитной системой вверх, а в корпусе сабвуфера предусмотрено смотровое окно.

В системе использованы четыре усилителя мощности DLS серии «А» (1-канальный, 5-канальный и по два 2-х канальных). Усилители смонтированы в багажнике под фальшполом, в котором предусмотрено смотровое окно. В специальном отсеке по правому борту находятся дополнительная аккумуляторная батарея Lighting Audio и пара конденсаторов Oris.



АВТОМОБИЛЬНЫЕ ГРОМКОГОВОРТЕЛИ

Для создания простейшей автомобильной аудиосистемы достаточно установить акустические системы и присоединить их к магнитоле. Для системы более высокого уровня этого недостаточно, но без «динамиков» не обойтись и там. Поэтому после рассказа о головных устройствах логичнее всего будет перейти к рассмотрению конструкций громкоговорителей, применяемых в автомобиле. [82]

При выборе акустических систем необходимо помнить, что идеала не существует. Тем не менее, у каждой марки найдутся свои приверженцы, так что выяснять, какая из них лучше всех, по меньшей мере некорректно. Больше подходит тот громкоговоритель, который хорошо выполняет поставленную задачу. Не забывайте: совершенствуя один из показателей, конструкторы нередко идут на компромисс с другими. Можно считать это очередным проявлением «всеобщего закона сохранения»: сумма показателей качества на единицу стоимости остается постоянной. А потому нет и не может быть универсальных, одинаково применимых во всех случаях решений.

Учтите также, что не существует единого способа тестирования автомобильных акустических систем. Помимо ряда стандартизованных методик многие производители пользуются своими собственными. Они склонны к преувеличениям или даже прямой лжи при оценке собственной продукции. Чего стоит, например, фантастическая мощность в сотни ватт, указанная на некоторых скромных на вид головках сомнительного происхождения.



Надеюсь, вы уже поняли, что вопрос выбора акустических систем – самый ответственный. Поэтому начнем с начала, а именно – с базовых определений.

Громкоговоритель, акустическая система (АС) – пассивный электроакустический преобразователь, предназначенный для излучения звука в окружающее пространство. Громкоговоритель содержит одну или несколько излучающих головок, необходимое акустическое оформление, а также пассивные элементы (фильтры и согласующие устройства). Если головки объединены общей конструкцией, АС называется сосредоточенной, если разнесены в пространстве – распределенной.

Головка громкоговорителя (ГГ) – конструктивно самостоятельный узел громкоговорителя, предназначенный для преобразования электрического сигнала звуковой частоты в акустический (звуковой). Таким образом, громкоговоритель – это головка в акустическом оформлении. В настоящее время наиболее широко распространены электродинамические головки громкоговорителей. Жаргонный термин «динамик» обозначал первоначально именно эту категорию головок. Теперь он часто употребляется в более широком смысле, хотя и не признан стандартами (тем не менее, далее этот термин будет употребляться без кавычек в силу своей «компактности»). Применительно к автомобилю АС зачастую состоит только из динамических головок, поскольку акустическое оформление образовано элементами салона.

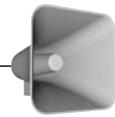
Акустическое оформление – меры, предпринимаемые для исключения акустического короткого замыкания.

Акустическое короткое замыкание – эффект подавления низких частот в звучании динамика в результате интерференции излучения передней и задней стороны диффузора. Поскольку на низких частотах эти волны противофазны, при их сложении происходит взаимная компенсация.

Интерференция – взаимодействие двух или более звуковых волн, приходящих в точку прослушивания одновременно. Приводит к усилению или ослаблению звука в зависимости от разности фаз.

Дифракция – изменение направления распространения звуковой волны при прохождении у края препятствия.

Фаза – состояние периодического сигнала или звуковой волны относительно некоторого положения, принятого за начальное. Выражается в градусах или радианах. Если сдвиг фаз равен 0, сигналы синфазны, если 180 градусов – противофазны.



3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГОЛОВОК ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Головки различаются по способу преобразования энергии, связи с окружающим пространством, воспроизводимому диапазону частот и конструктивному исполнению. [12, 119]

По воспроизводимому диапазону частот головки делятся на широкополосные, предназначенные для воспроизведения всего диапазона звуковых частот (или значительной его части) и полосовые (низкочастотные, среднечастотные, высокочастотные). Соответственно меняется и конструктивное исполнение. Некоторые типы конструкций, как будет показано далее, предназначены исключительно для воспроизведения определенной полосы частот.

По связи с окружающим пространством головки делятся на рупорные и прямого излучения. Рупор обеспечивает акустическое усиление и является разновидностью акустического оформления. Он может применяться с любыми типами излучателей, но как встроенный в головку элемент конструкции используется только в высокочастотных и, гораздо реже, в среднечастотных излучателях.

По способу преобразования электрической энергии в звуковые волны можно выделить электродинамические, электростатические, пьезоэлектрические и ионно-плазменные излучатели. Для всех типов, кроме последнего, характерно наличие подвижной излучающей поверхности – диффузора или мембраны. Условная классификация головок приведена на рисунке 3.1.

Из всех известных на сегодняшний день видов акустических преобразователей в автомобильных аудиосистемах массовое применение нашли динамические головки прямого излучения и пьезокерамические СЧ и ВЧ излучатели (прямого излучения и рупорные).

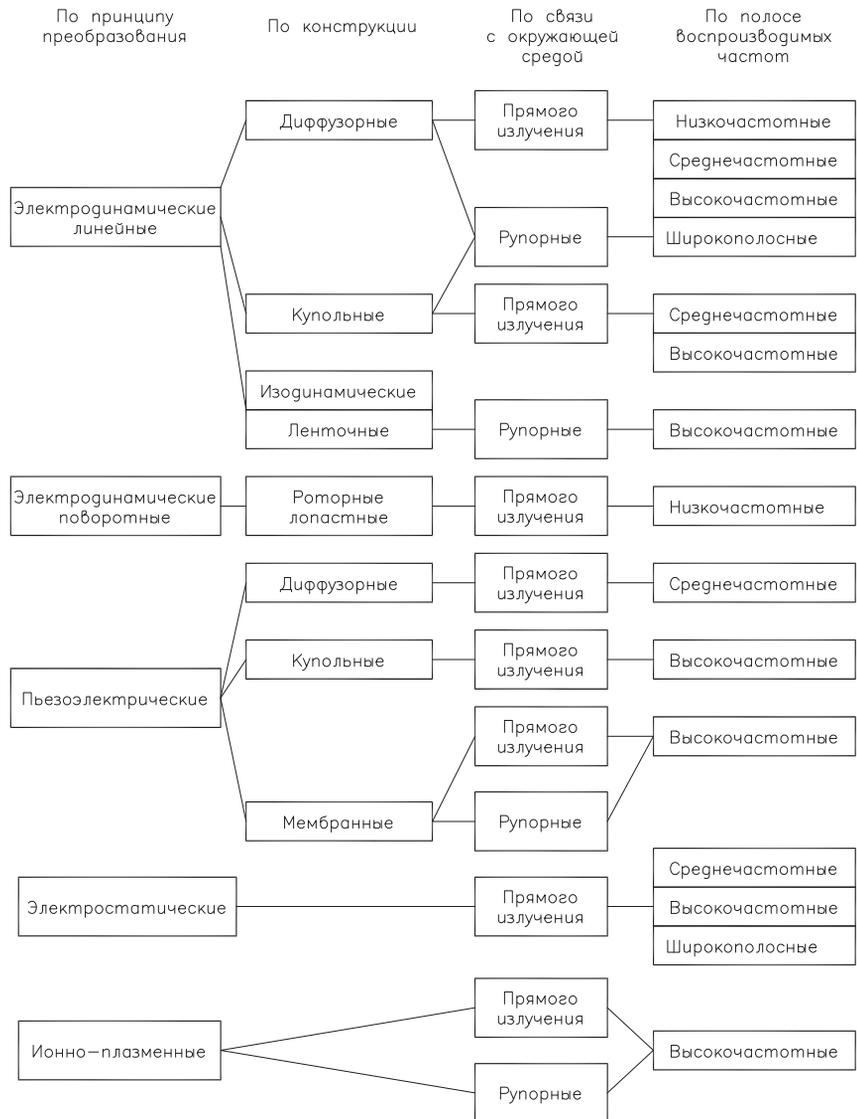
3.1.1. Электродинамические головки прямого излучения

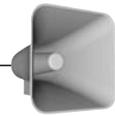
В электродинамических преобразователях используется эффект смещения проводника с током в магнитном поле. Соответственно возможны различные варианты конструктивного исполнения динамических головок. Наиболее распространен вариант, который был изобретен и запатентован американцами Райсом и Келлогом в 1925 г. Первые серийные динамические головки были выпущены американской фирмой Jensen в 1928 году. [29,30]



В «классическом» варианте связанная с диффузором цилиндрическая катушка с проводом (звуковая катушка) прямолинейно перемещается в кольцевом зазоре магнитной системы, представляющей собой мощный магнит. Основные изменения в конструкции динамических головок прямого излучения связаны с появлением новых материалов для изготовления диффузоров, подвесов и магнитных систем.

Рис. 3.1. Классификация головок громкоговорителей





Несмотря на присущие динамическому громкоговори- телю недостатки, он вполне универсален, а все другие виды излучателей (ленточные, электростатические и другие) имеют ограниченную область применения. Поэтому в даль- нейшем изложении основное внимание будет уделено ди- намическим головкам прямого излучения, а остальные ти- пы головок будут рассмотрены кратко. Использование «эк- зотических» головок в автомобиле сопряжено с рядом про- блем, но может представить определенный интерес для соз- дателей уникальных аудиосистем. Подробно динамические головки прямого излучения будут рассмотрены далее.

3.1.2. Изодинамические головки

В изодинамических головках катушка выполнена пло- ской и размещена непосредственно на излучающей поверх- ности (мембране). Вокруг мембраны располагается магнит- ная система. Поскольку действующая на мембрану магнито- движущая сила распределена по ее площади равномерно, та- кие головки называют также дино статическими. Все участки мембраны колеблются синфазно, поэтому источник звука становится когерентным. Разновидность изодинамических головок – ленточные головки, в которых вместо звуковой ка- тушки используется проводящая мембрана, представляющая собой один или несколько параллельных проводников. По- скольку ленточные головки имеют низкое входное сопротив- ление, для них необходим согласующий трансформатор.

Амплитуда перемещения мембраны без существенных деформаций невелика, поэтому изодинамические головки пригодны только для воспроизведения высших частот. Для увеличения акустической отдачи их снабжают корот- ким рупором. Благодаря малой массе мембраны обеспечи- вается гладкая АЧХ в широком диапазоне частот (от 3–5 до 25–30 кГц), а когерентное излучение обеспечивает ве- ликолепную передачу импульсов. Достоинство головок эт- их типов – малые нелинейные искажения, гладкая АЧХ и широкая диаграмма направленности. Основные недостат- ки – «нежная» конструкция и высокая стоимость.

3.1.3. Роторные головки

В уже рассмотренных динамических головках излу- чатель (диффузор или мембрана) совершает продольное дви- жение. Линейное смещение диффузора в лучших низкоча- стотных головках не превышает 8–10 мм, что ограничивает максимальное звуковое давление. В роторных головках из-



лучающая поверхность (лопасть) совершает вращательное движение. Значительно большее перемещение в этом случае позволяет получить высокие уровни звукового давления при относительно небольших размерах головки.

Первую (и пока единственную) низкочастотную головку такого типа под названием Cyclone выпустила в 1997 году американская фирма Phoenix Gold. Идея сама по себе не нова – еще в 30-е годы американская фирма Intersonic (ныне – Quantum Sound) выпускала подобные устройства для привлечения слонов из джунглей. Однако для того, чтобы создать пригодную для музыкальных целей конструкцию, Phoenix Gold потребовалось более четырех лет. [3]

Подвижная система громкоговорителя представляет собой электродвигатель, вал которого совершает поворот в пределах ± 18 градусов. На валу двигателя закреплены две лопасти из углепластика, вращение которых уравнивается торсионом длиной 280 мм. Поворот лопастей преобразуется в поступательное движение воздуха при помощи двойного шнека из того же материала. Вся конструкция помещена в цилиндрический корпус диаметром 300 мм из прозрачного акрилового стекла. Паспортная мощность этого «монстра» – 300 Вт, полоса воспроизводимых частот при неравномерности 6 дБ составляет 18–100 Гц, масса – 5,5 кг. Практика и измерения показывают, что этот сабвуфер заменяет два традиционных динамика с диффузором диаметром 30 см.

Достоинства головок этого типа:

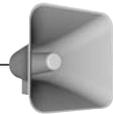
- большое звуковое давление при малых нелинейных искажениях (менее 10%);
- улучшенное охлаждение неподвижного преобразователя позволяет значительно повысить подводимую мощность;
- высокая надежность конструкции.

Недостатков немного:

- необходимо применять корпус большого объема и глубины, в противном случае возрастают потери на перетекание воздуха на краях лопастей, и появляется заметное на слух «шипение»;
- высокая стоимость.

3.1.4. Электростатические головки

В головках этого типа используется эффект притягивания разноименных и отталкивания одноименных электрических зарядов (электростатический эффект). Конструкция, по существу, представляет собой конденсатор. Излучающая по-



верхность выполнена из полимерной пленки, металлизированной алюминием, никелем, серебром или углеродно-молибденовой суспензией. Она расположена между двух акустически прозрачных сетчатых электродов, к которым подведено напряжение сигнала и постоянное поляризирующее напряжение.

Плоская поверхность и малая масса мембраны обеспечивают гладкую АЧХ и передачу широкого диапазона частот: от 100 Гц до 25–30 кГц. В лучших конструкциях нижняя граница полосы воспроизводимых частот доходит до 35–40 Гц, но их отдача в этом диапазоне ограничена. Приемлемое воспроизведение низких частот требует значительного увеличения площади мембраны. Симметричная конструкция обеспечивает подавление четных гармоник и когерентность излучения. По чистоте и прозрачности звучания «электростатам» нет равных среди традиционных электромеханических конструкций. Достоинство этих излучателей – естественность звучания, недостаток – большие габариты и необходимость получения высокого (несколько сотен вольт) напряжения для поляризации электродов. При использовании их в автомобиле необходимо учитывать правила техники безопасности. Стоимость довольно высока.

3.1.5. Пьезоэлектрические головки

Пьезоэлектрические (керамические) головки выпускаются в нескольких вариантах. Электроакустическим преобразователем во всех случаях является пластина из пьезокерамики с двухсторонней металлизацией. В простейшем варианте она приклеивается к тонкой металлической мембране или полимерному металлизированному куполу и в таком виде используется для воспроизведения самых высоких частот (выше 10–12 кГц). Чтобы увеличить отдачу, она может снабжаться коротким рупором. Для воспроизведения средних и умеренно высоких частот (3–10 кГц) используются диффузорные пьезоизлучатели. По конструкции они напоминают малогабаритный динамический громкоговоритель, в котором вместо магнитной системы установлен пьезоэлемент.

Пьезоизлучатели характеризуются высоким коэффициентом полезного действия и прекрасными переходными характеристиками. Однако им свойственны определенные недостатки – низкочастотный (2–4 кГц) механический резонанс подвижной системы (для диффузорных) и высокочастотный механический резонанс преобразователя (20–22 кГц), окрашиваю-



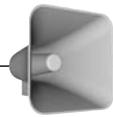
щие звучание. Полное входное сопротивление носит чисто емкостный характер и имеет довольно большую величину (десятки или даже сотни Ом), поэтому для оптимального согласования с усилителем необходимо использовать повышающий трансформатор и схемы стабилизации импеданса. С целью упрощения конструкции обычно используется непосредственное подключение пьезоизлучателей, что не позволяет в полной мере раскрыть все их достоинства. Стоимость их низкая, что обуславливает широкое применение в автомобильных громкоговорителях в качестве дополнительных излучателей.

3.1.6. Ионно-плазменные головки

Для излучателей этого типа существует несколько названий – ионофон, плазмотрон, плазмофон. Основное отличие от рассмотренных ранее преобразователей заключается в том, что в них нет подвижных частей – звук излучают колеблющиеся молекулы ионизированного воздуха. Первый образец этого устройства появился во второй половине 50-х годов, и интерес к ним не утихает и поныне. Выпуском занимаются фирмы Audax (Франция), Plasmatronic (США), Magnat (ФРГ), Transpulsar (Франция) и другие. [12]

Принцип действия подобных устройств одинаков: генератор высокой частоты модулируется звуковым сигналом. Выходной сигнал генератора повышается резонансным трансформатором и возбуждает «звучащий» коронный разряд. Основные различия связаны с конструкцией разрядника. Первоначально разряд проходил в трубке из кварцевого стекла, которая для увеличения звукового давления снабжалась рупором. Впоследствии немецкая фирма Magnat создала конструкцию из акустически прозрачного металлического сетчатого шара и остроконечного электрода внутри него. Коронный разряд возбуждается напряжением частотой 27 МГц и амплитудой 2 кВ. Полоса воспроизводимых частот 2–20 кГц, нелинейные искажения – менее 0,5%. В лучших образцах верхняя граница полосы частот доходит до 70–100 кГц. При работе наблюдается голубоватое свечение плазмы и характерный запах озона.

Достоинство таких излучателей – отсутствие переходных искажений за счет безынерционности излучателя (коронного разряда) и широчайший диапазон частот, недостижимый другими методами. Недостатки: необходимость в специальной высоковольтной схеме возбуждения со схема-



ми защиты (требования техники безопасности), и высокочастотное излучение с ионизацией воздуха, влияние которых на организм человека до сих пор изучено не полностью. Чувствительность этих излучателей определяется характеристиками схемы возбуждения.

3.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОЛОВОК ГРОМКОГОВОРТЕЛЕЙ

Для того, чтобы было легче ориентироваться при выборе акустических излучателей, вспомним их основные параметры и принятые для них английские обозначения и термины, которые использует большинство зарубежных производителей. [12, 82, 119]

Импеданс – полное электрическое сопротивление головки громкоговорителя, обычно 4 Ом, реже – 8 Ом. Встречаются также головки с импедансом 10 Ом или 6 Ом (последняя цифра характерна для продукции японских фирм). Одно время была достаточно распространена автомобильная акустика с импедансом 2 Ом (это позволяло получить значительную мощность при низком напряжении питания), но в настоящее время ее доля невелика. Пьезоизлучатели имеют достаточно высокий импеданс емкостного характера (десятки-сотни Ом). Об этом нужно помнить при выборе усилителя – некоторые из них на емкостной нагрузке работают неустойчиво.

Уровень характеристической чувствительности (Sound Pressure Level, SPL) – это стандартное звуковое давление, которое развивает громкоговоритель. Оно измеряется на расстоянии 1 м при подводимой мощности 1 Вт на фиксированной частоте (обычно 1 кГц, если в документации на динамик не указано особо). Уровень характеристической чувствительности измеряется в децибелах относительно стандартного нулевого уровня звукового давления 2×10^{-5} Па. Типичная чувствительность автомобильных динамиков около 87–90 дБ/Вт^{1/2}м, хотя некоторые сабвуферы и рупорные головки имеют чувствительность свыше 100 дБ/Вт^{1/2}м.

Измерения при постоянной подводимой мощности используются для того, чтобы облегчить сравнение головок с различным импедансом. Подводимое при этом напряжение численно равно \sqrt{R} . Однако необходимо иметь в виду, что не все производители пользуются этой методикой, а используют измерение с постоянным подводимым напряжением (2 В или 4 В), дающее для низкоомных динамиков более впечатляющие цифры. Поскольку пьезоизлучатели



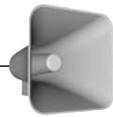
имеют достаточно высокий импеданс, мощность в 1 Вт развивается на них при весьма высоких напряжениях, зачастую превышающих максимально допустимые. Поэтому для них также используется измерение при постоянном подводимом напряжении (обычно от 5 В до 12 В). Расстояние, на котором измеряется звуковое давление, для некоторых излучателей может быть и 0,5 м. Поэтому совет: чтобы не ошибиться в выборе – обращайтесь на сноску, в которой указаны условия измерения этого параметра.

Диапазон воспроизводимых частот (Frequency response, Гц, кГц) указывает частотные границы, в пределах которых отклонение звукового давления не превосходит некоторых пределов. Иногда неравномерность АЧХ указывается явно, в других случаях ее можно оценить по прилагаемому графику. Нередки случаи, когда никаких дополнительных сведений нет вообще.

Диаграмма направленности показывает, как изменяется уровень звукового давления при отклонении от оси излучения. Носит частотно-зависимый характер и поэтому приводится для нескольких частот. Для низких частот диаграмма направленности имеет вид почти правильного круга, с ростом частоты излучение концентрируется вдоль оси излучения, иногда с дополнительными боковыми лепестками. Вид диаграммы направленности на верхних частотах существенно зависит от конструкции динамической головки.

Коэффициент гармонических искажений (нелинейные искажения, Total Distortion, THD, %) указывается крайне редко. Поскольку этот параметр имеет частотно-зависимый характер, значения приводятся для нескольких фиксированных частот или в виде графика. Как правило, искажения динамических головок на средних частотах при номинальной подводимой мощности не превышают одного-двух процентов, но резко увеличиваются вблизи частоты основного механического резонанса подвижной системы и с ростом подводимой мощности.

Номинальная электрическая мощность (Nominal power handling, RMS, Вт). Обозначает ту мощность, при которой искажения не превышают заданной величины. Измерения производят на синусоидальном сигнале. С позиции качества воспроизведения при выборе головки желательно руководствоваться именно этим параметром. Он приводится далеко не всеми производителями, поскольку не так привлекателен, как следующий.



Паспортная мощность (шумовая мощность, музыкальная мощность, Music Power, MPO, Вт). Обозначает ту постоянно подводимую мощность, которую громкоговоритель может выдержать в течение продолжительного периода времени без повреждения подвеса диффузора, перегрева звуковой катушки и других неприятностей. Поскольку при этом виде измерений испытательный сигнал не содержит низкочастотных составляющих и амплитуда перемещения диффузора невелика, этот параметр может превышать номинальную мощность в два и более раз. Искажения при этом не нормируются. Именно этот параметр указывают большинство производителей, а у отечественных динамических головок современной разработки он включен в обозначение.

Пиковая электрическая мощность (Peak power handling, PMPO, Вт) – максимальная подводимая мощность. Обозначает ту мощность, которую громкоговоритель может выдержать в течение короткого времени без риска повреждения. Испытательный сигнал обычно представляет собой короткие импульсы с продолжительными паузами между ними. Искажения при этом не нормируются.

Для СЧ и НЧ динамических головок громкоговорителей имеется еще несколько параметров, которые полностью описывают их электрические и механические характеристики при работе в поршневом режиме, то есть в том случае, когда диффузор движется как одно целое.

Эти параметры впервые ввели А.Н. Thiele и позднее R.H. Small. В честь авторов их называют параметрами Тилля-Смолла. Полный их список достаточно велик, а минимально необходимый для проектирования акустического оформления набор включает следующие параметры:

Частота собственного резонанса F_s (Гц) головки громкоговорителя в открытом пространстве. В этой точке ее импеданс максимален.

Эквивалентный объем V_{as} (м³). Это возбуждаемый головкой закрытый объем воздуха, имеющий гибкость, равную гибкости подвижной системы головки.

Полная добротность Q_{ts} (безразмерная величина) головки громкоговорителя на резонансной частоте учитывает электрические и механические потери.

Остальные параметры либо являются составляющими приведенных, либо характеризуют акустическую систему в целом и будут рассмотрены позднее, при расчете акустического оформления.



3.3. ДИНАМИЧЕСКИЕ ГОЛОВКИ

Основные элементы конструкции любой динамической головки прямого излучения: магнитная система (преобразователь), диффузор (излучатель), подвес диффузора и диффузородержатель (корпус), объединяющий эти элементы в единую конструкцию. Диффузор, звуковая катушка и подвес образуют подвижную систему, эффективная масса которой оказывает непосредственное влияние на частоту основного механического резонанса и чувствительность головки. С ростом массы подвижной системы резонансная частота и отдача головки снижаются.

Диффузородержатель может быть штампованный из листовой стали, отлитый из алюминиевых сплавов (в мощных низкочастотных головках) или пластмассовый. В купольных головках диффузородержатель в явном виде отсутствует. В диффузородержателях низкочастотных и широкополосных головок выполняются отверстия для акустической разгрузки задней стороны диффузора. Диффузородержатели среднечастотных головок могут выполняться без отверстий, что упрощает их размещение в одном корпусе с низкочастотными. Для предотвращения вибраций применяется антирезонансное покрытие диффузородержателя материалами с большим внутренним демпфированием. В особых случаях используется трехслойная конструкция типа «металл-резина-металл».

Варианты конструкций динамических головок будут подробно рассмотрены далее, а сейчас обратим внимание на основные узлы.

3.3.1. Магнитная система

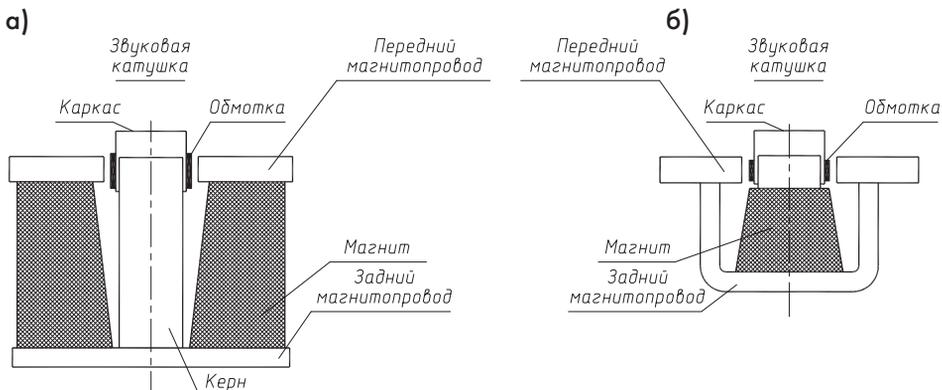
Магнитная система динамических головок предназначена для преобразования электрических сигналов в перемещение звуковой катушки (voice coil) и связанного с ней диффузора. По существу, это линейный электродвигатель. Пропорциональность перемещения звуковой катушки относительно поданного сигнала обеспечивает подвес диффузора.

Основная часть магнитной системы – мощный магнит. Из-за отсутствия подходящих материалов в мощных динамических головках вплоть до конца 50-х годов наряду с магнитами использовали электромагниты. Сейчас их можно встретить только в сверхмощных головках, не предназначенных для бытового применения.

Типы магнитных систем

Первоначально в динамических головках использовались металлические кольцевые магниты из алюминий-никелевых сплавов (рисунок 3.2а). После появления более эффективных магнитных материалов стало возможным уменьшить размеры магнита и появились магнитные системы с центральным расположением магнита (рисунок 3.2а). Керновый магнит в таких системах отливается из специальных магнитных сплавов на основе никеля и кобальта (АЛНИКО, ЮНКО, ЮНДК и другие). Один из концов магнита проточен и образует полюсной наконечник. В ряде конструкций полюсной наконечник оформляется приклеенной шайбой. Размещенный в отверстии переднего магнитопровода (щита), он образует кольцевой магнитный зазор. Магнитные силовые линии замыкаются через задний магнитопровод. Детали магнитной системы соединяются заклепками, запрессовкой или клеем. Материал магнитопровода – отожженная малоуглеродистая сталь. В отечественных головках применяется Ст3, Ст5 с защитным оксидированием. [12, 119]

Рис. 3.2. Магнитные системы с металлическими магнитами: а – с кольцевым магнитом, б – керновая



Для намотки звуковых катушек обычно используется медный (Cu Coil), реже – алюминиевый (Al Coil) эмалированный провод. В конструкции некоторых низкочастотных головок звуковая катушка двойная (намотана в два провода) и имеет отдельные выводы для каждой обмотки. Это позволяет получить различные варианты импеданса или произвести суммирование сигналов двух стереоканалов непосредственно на головке. В головках малой мощности каркас звуковой катушки бумажный. В мощных – изготовлен из алюминиевой фольги с разрезом по образующей, чтобы не обра-



зовывался короткозамкнутый виток. Звуковая катушка соединяется гибкими выводами с контактными клеммами, смонтированными на диффузордержателе.

Возможны два варианта конструкции керновых магнитных систем: открытая и закрытая. В открытых магнитных системах задний магнитопровод выполнен в виде П-образной скобы, в закрытых – в виде металлического стакана. Достоинство открытых магнитных систем одно: великолепное охлаждение звуковой катушки, но недостатков гораздо больше. Такие магнитные системы имеют большое поле рассеяния и значительную асимметрию магнитного поля в зазоре. Кроме того, открытый магнитный зазор может легко засориться, что приведет к повреждению звуковой катушки. Поэтому в настоящее время они практически не применяются.

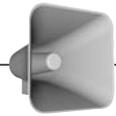
Закрытые магнитные системы с керновым магнитом лишены недостатков открытых. Внешнее поле рассеяния у них практически отсутствует, что в свое время позволило назвать их «экранированными». Развитие их связано с магнитофонами и телевизорами, где наличие полей рассеяния мешает нормальной эксплуатации. Однако после появления ферритовых магнитов их применение значительно сократилось.

Рис. 3.3. Магнитные системы с ферритовыми магнитами: а – обычная, б – обращенная



В настоящее время их можно встретить только в динамических головках устаревших типов и некоторых «пищалках».

Магниты на основе феррита бария были впервые использованы в магнитных системах динамических головок в конце 50-х годов. Высокая твердость и хрупкость феррита (как у керамики) практически исключают возможность механической обработки, поэтому конструкция магнитной системы снова претерпела значительные изменения и «вернулась на круги своя».



В настоящее время основу составляет кольцевой магнит, к которому приклеены два магнитопровода в виде дисков. В центре ее находится kern, образующий с передним магнитопроводом магнитный зазор (рисунок 3.3а). По технологическим соображениям в массовых конструкциях kern представляет собой отдельную деталь, которая крепится в заднем магнитопроводе запрессовкой или развальцовкой (как показано на рисунке). Это снижает стоимость изготовления. Однако при этом возрастает магнитное сопротивление, в результате чего падает магнитная индукция в зазоре. Поэтому в более совершенных конструкциях kern и задний магнитопровод выполнены в виде одной детали.

Необходимость использовать звуковые катушки большого диаметра привела к созданию так называемых «обращенных» магнитных систем (рисунок 3.3б). Впервые они были использованы в продукции фирм Dynaudio и Mogel, сейчас по такой схеме выполняется достаточно большое количество мощных низкочастотных динамических головок. По существу, это усовершенствованный вариант закрытой магнитной системы с центральным магнитом. Основные изменения связаны с использованием кольцевого ферритового магнита. Kern в этом случае не является обязательным элементом конструкции. Он служит для взаимного центрирования магнитопроводов и в некоторых случаях является элементом крепления. Передний магнитопровод может отсутствовать. Это налагает повышенные требования к точности формы и размеров магнита. Недостаток систем с большим диаметром звуковой катушки – малое значение магнитной индукции в зазоре. На что же влияет этот показатель?

Конструктивные особенности магнитных систем

Основной параметр, определяющий характеристики магнитной системы – силовой фактор BL , представляющий собой произведение индукции в зазоре на длину провода звуковой катушки, находящейся в пределах этого зазора. Сила, действующая на звуковую катушку (магнитодвижущая сила) пропорциональна току через нее. [29]

$$F = BLI, \text{ где}$$

F – сила, н

B – магнитная индукция, Тл

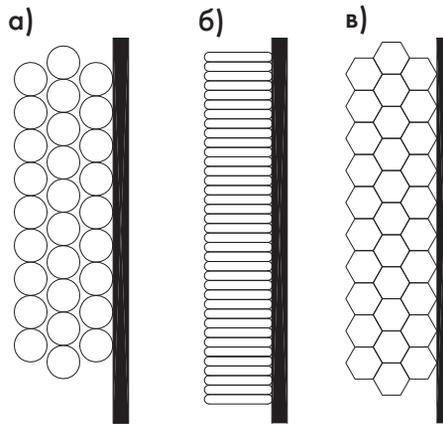
L – длина провода, м

I – сила тока, А



Величина индукции в зазоре, помимо характеристик магнита, обратно пропорциональна объему зазора. Длина же провода пропорциональна диаметру катушки и числу витков. Число витков, в свою очередь, зависит от объема зазора и плотности намотки. Нетрудно догадаться, что выбор оптимального сочетания параметров – задача весьма непростая. Поэтому для увеличения диаметра звуковой катушки нужны очень веские основания.

Рис. 3.4. Варианты намотки звуковой катушки: а – обычная, б – плоским проводом, в – проводом шестигранного сечения



Компенсировать снижение силового фактора можно только увеличением плотности намотки звуковой катушки. Уменьшать для этого диаметр провода нельзя – сопротивление обратно пропорционально квадрату диаметра и потери резко возрастут. В обычных звуковых катушках, как правило, используется двух- или трехслойная намотка проводом круглого сечения. Увеличение числа слоев ухудшает охлаждение обмотки. Для повышения плотности намотки применяется провод плоского сечения, уложенный на ребро. Датская компания Dynaudio и израильская Morel применяют ручную намотку проводом шестигранного сечения, что позволяет получить максимальное заполнение. Однако и стоимость продукции соответствующая.

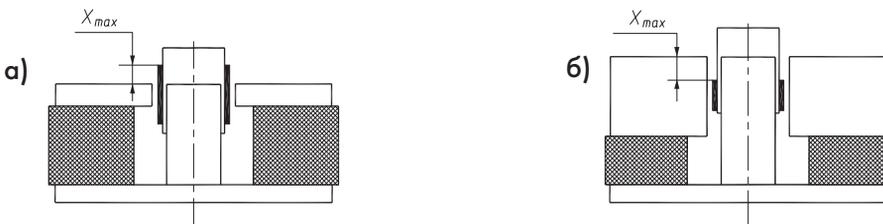
С геометрией магнитного зазора непосредственно связаны и другие характеристики головки, и в первую очередь – максимальный линейный ход диффузора X_{\max} . Существует два типа звуковых катушек – короткая (underhung voice coil) и длинная (overhung voice coil). В английском варианте термина особенности конструкции указаны явным образом, в русском же их придется пояснить.

Длинная звуковая катушка существенно превышает глубину зазора ($h_{\text{з}}$) магнитной системы, и в каждый момент времени работает не вся катушка, а только те витки, которые находятся в рабочем зазоре. Динамик будет работать в линейном диапазоне перемещений до тех пор, пока в зазор не войдет край катушки. (рисунок 3.5а). Короткая же катушка в пределах линейного диапазона находится полностью в пределах рабочего зазора (рисунок 3.5б). У каждого варианта есть свои достоинства и недостатки.

Длинную звуковую катушку применяют в подавляющем большинстве низкочастотных динамиков, поскольку она позволяет получить большую индукцию в неглубоком зазоре и большой ход диффузора. Охлаждение длинной катушки намного лучше, чем короткой.

Силовой фактор магнитных систем с короткой катушкой обычно невелик, поскольку магнитная индукция в глубоком зазоре меньше. При выходе звуковой катушки из зазора искажения нарастают намного быстрее, чем у систем с длинной катушкой. Однако в пределах X_{max} линейность систем с короткой звуковой катушкой существенно выше, что обуславливает гораздо меньший уровень нелинейных искажений. По этим причинам она применяется в основном в среднечастотных и высокочастотных головках, где смещение диффузора мало.

Рис. 3.5. Типы звуковых катушек: а – длинная, б – короткая



С учетом этих особенностей и допустимого уровня искажений можно считать, что для динамиков с короткой катушкой диапазон линейной работы ограничен X_{max} , а для динамиков с длинной катушкой он составляет $1,15X_{\text{max}}$. По лабораторным исследованиям искажения, вызванных изменением силового фактора, не превышают 3%, в основном, на третьей гармонике.

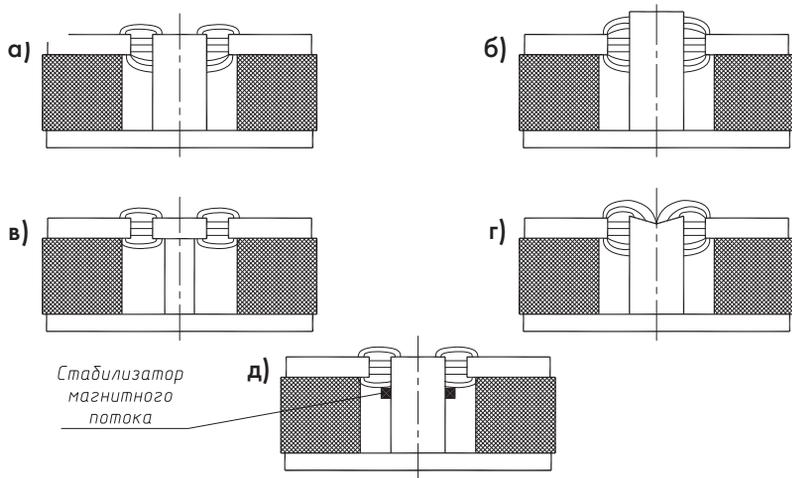
Помимо этого, характер нелинейности вблизи границы линейного перемещения и за ее пределами зависит от отношения максимального линейного рабочего хода к глубине



зазора. Чем оно меньше – тем лучше. Другими словами, у двух динамиков с одинаковой величиной X_{\max} у экземпляра с большей толщиной переднего магнитопровода искажения должны быть меньше.

Другой источник искажений, на этот раз четных – поле рассеяния магнитной системы. В области рабочего зазора магнитное поле симметрично и однородно, но за его пределами картина существенно изменяется. Поскольку снаружи магнитной системы воздух, а внутри стальной kern, магнитные силовые линии замыкаются совершенно по-разному (рисунок 3.6а). Чтобы симметризовать поле рассеяния, можно удлинить kern (рисунок 3.6б). Однако общее поле рассеяния возрастает, а индукция в зазоре падает, поэтому для компенсации потерь приходится ставить более мощные магниты.

Рис. 3.6. Формирование полей рассеяния



Возможно и обратное решение проблемы – уменьшить рассеяние ниже рабочего зазора. Для этого применяется kern уменьшенного сечения с полюсным наконечником (рисунок 3.6в). Однако в этом случае возрастает магнитное сопротивление и падает индукция в зазоре, в результате и здесь требуется более мощный магнит. Еще одно решение проблемы – полюсной наконечник с выемкой. Он применяется достаточно редко, так как в этом случае возрастает влияние разброса характеристик магнита (рисунок 3.6г).

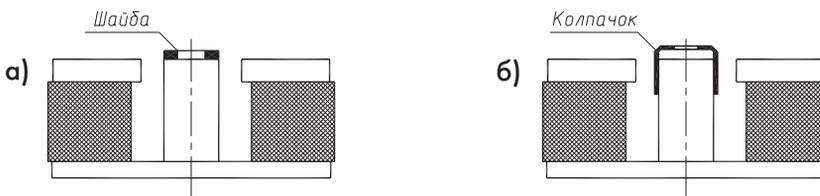
Самое лучшее (но и самое сложное в реализации) решение – стабилизатор магнитного потока (рисунок 3.6д). Это кольцо из диамагнитного материала (меди или алюминия), надетое на kern магнитной системы. Магнитные си-

ловые линии из диамагнетиков «выталкиваются», что позволяет использовать их как фокусирующие элементы. Подбирая положение и размеры кольца, можно добиться симметричной формы полей рассеяния. Но, помимо этого, кольцо представляет собой короткозамкнутый виток, что дает еще полезный побочный эффект.

При движении катушки в магнитном поле в ней наводится противо-ЭДС, которая, замыкаясь через выходное сопротивление усилителя, порождает ток. Этот ток (а точнее – созданное им магнитное поле) модулирует магнитный поток в зазоре, что приводит к появлению дополнительных интермодуляционных искажений. Введение короткозамкнутого витка, индуктивно связанного с обмоткой звуковой катушки, позволяет резко снизить величину противо-ЭДС и порождаемое ей явление.

В простейшем случае короткозамкнутый виток делают в виде покрытия медью торца керна. В более серьезных конструкциях на торце керна устанавливают медную шайбу (рисунок 3.7а) или медный (реже алюминиевый) колпачок (рисунок 3.7б). Аналогичным действием обладает и установленная на керне фазовыравнивающая «пуля», применяемая в некоторых конструкциях диффузорных головок для выравнивания АЧХ на средних частотах.

Рис. 3.7. Исполнение короткозамкнутого витка:
а – шайба, б – колпачок



Еще один положительный эффект от введения короткозамкнутых витков: уменьшение индуктивности звуковой катушки, что ограничивает рост импеданса с частотой. Это положительно сказывается на работе пассивных разделительных фильтров, да и самого усилителя.

3.3.2. Подвес диффузора

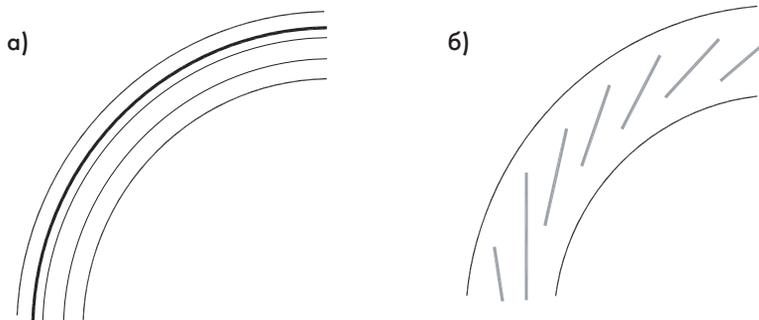
Подвес диффузора должен одновременно обеспечить и жесткость в поперечном направлении (для надежного центрирования звуковой катушки в магнитной системе), и гибкость в осевом (чтобы допускать большую амплитуду линейного перемещения). Кроме того, подвес



должен иметь постоянную упругость: смещение диффузора должно быть пропорционально величине магнитодвижущей силы. В противном случае возрастают нелинейные искажения. Решение этих проблем в одном узле представляет собой достаточно сложную инженерную задачу. Поэтому эти функции обычно разделены между центрирующей шайбой и гофром. Подвес в виде одного элемента применяется только в головках с небольшой высотой диффузора, не склонных к возникновению поперечных колебаний. [119]

Применяются два вида гофра: кольцевой и тангенциальный (ирисовый). Кольцевой гофр (рисунок 3.8а) позволяет получить большую величину линейного перемещения, но имеет малую поперечную жесткость. Он широко применяется во всех типах динамических головок. Тангенциальный гофр (рисунок 3.8б) обладает заметно большей жесткостью в поперечном направлении, но допускает существенно меньшую величину линейного перемещения. Поэтому он находит применение только в мало-мощных широкополосных и среднечастотных головках.

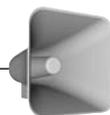
Рис. 3.8. Гофр:
а – кольцевой,
б – тангенциальный



В высокочастотных диффузорных головках гофр может отсутствовать, поскольку необходимая величина линейного перемещения мала и вполне обеспечивается за счет деформации диффузора.

Гофр может быть составной частью диффузора, либо выполнен в виде отдельного элемента. Встроенный гофр используется только в головках с бумажными диффузорами, для изготовления отдельного гофра используются текстильные материалы с пропиткой, каучук, бутиловая резина и различные синтетические материалы. Часть подвеса, приклеенная к диффузору и диффузородержателю, называется воротником. Поскольку далеко не все матери-



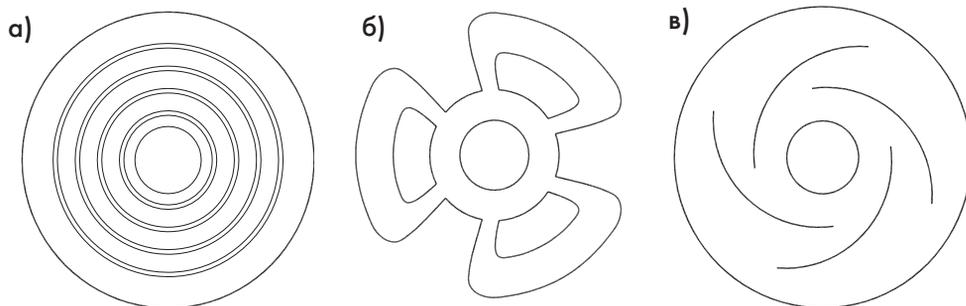


алы хорошо склеиваются, в некоторых конструкциях (Kicker) воротник не приклеен, а пришит к диффузору (нитками, двойным швом – как на джинсах!).

Центрирующая шайба располагается в непосредственной близости к магнитной системе, так легче обеспечить центрирование звуковой катушки в магнитном зазоре. Конструкции их отличаются значительным разнообразием: гофрированные, сетчатые, лепестковые (или иначе «паучковые») (рисунок 3.9). Они могут располагаться как снаружи диффузора (рисунок 3.9а,б), так и внутри (рисунок 3.9в). Внутренняя центрирующая шайба крепится к центральной части магнитной системы и ограничивает величину продольного перемещения диффузора.

По этой причине она используется только в среднечастотных и высокочастотных головках. У некоторых конструкций центрирующая шайба может отсутствовать. В этом случае центрирование звуковой катушки обеспечивается гофром.

Рис. 3.9. Центрирующие шайбы: а – гофрированная, б – паучковая, в – внутренняя



3.3.3. Диффузор

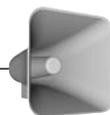
Диффузор предназначен для преобразования движения звуковой катушки в акустические волны. Основная масса динамических головок имеет диффузор круглой в плане формы, но распространены также диффузоры эллиптической формы. За счет большего угла раскрытия диффузора диаграмма направленности в плоскости большей оси уже, чем в плоскости меньшей. Переход диффузора из поршневого режима работы в зонный у эллиптических диффузоров происходит более плавно. Никаких других преимуществ, кроме компоновочных, головки с эллиптическими диффузорами не имеют. [30]



Плоские сотовые диффузоры могут иметь форму квадрата или правильного многоугольника со скругленными углами, однако это встречается редко. Квадратную форму имеет вогнутый диффузор головки Solobaric американской фирмы Kicker. Появление диффузора квадратной формы логично: его площадь на 25% больше, чем у круглого тех же габаритов. Идея была подхвачена, и на волне этой моды появились и «треугольные» модели, однако это лишь способ привлечь покупателей.

Одна из важнейших конструктивных характеристик динамического громкоговорителя – материал диффузора или купола, от которого в наибольшей степени зависит качество звучания. Идеальный громкоговоритель должен был бы иметь абсолютно жесткий и лишенный массы диффузор, закрепленный на абсолютно линейном подвесе. Все существующие на сегодняшний день конструкции бесконечно далеки от этого. По мере повышения частоты сигнала, начиная с некоторой частоты, называемой граничной частотой зоны поршневого действия, диффузор перестает колебаться как единое целое и переходит в режим зонного излучения. Возникающая при этом интерференция звуковых волн от различных участков диффузора приводит к появлению локальных пиков и провалов на АЧХ, окрашивающих звучание. Вызванные недостаточной жесткостью деформации реального диффузора приводят к появлению в материале диффузора собственных колебаний. Они должны быть эффективно подавлены, в противном случае неизбежно появление интермодуляционных искажений (призвук) и «смазывание» атаки импульсного сигнала. Нелинейность подвеса также вызывает интермодуляционные искажения.

Таким образом, материал диффузора должен сочетать малую удельную массу с высокой жесткостью и большим затуханием. Поиск компромисса при таких противоречивых требованиях заставляет конструкторов использовать новые материалы, которые успешно сосуществуют с уже испытанными. При этом решение старых проблем нередко приводит к появлению новых. Как это ни парадоксально, но бумажные диффузоры на сегодняшний день наиболее удачно сочетают в себе все необходимые для «правильного» звучания характеристики.



Бумажные диффузоры

Бумажные диффузоры применяются в динамиках «с рождения». Диффузор в сечении может быть коническим или иметь образующую криволинейной формы. Такая форма способствует подавлению субгармонических колебаний, возникающих на половине возбуждающей частоты. Первоначально диффузоры были клееные, в настоящее время их изготавливают преимущественно методами литья и прессования с пропиткой синтетическими составами. Прессованные диффузоры конической формы дешевы и технологичны, но обладают рядом недостатков (главным образом невысокой жесткостью) и применяются только в недорогих конструкциях. Диффузоры более высокого качества изготавливают методом литья. Бумажная масса наносится на матрицу, и затвердевая, образует заготовку диффузора. При такой технологии за счет применения криволинейной образующей и переменной толщины диффузора, уменьшающейся от центра к краям, удается отчасти решить проблему жесткости и подавления внутренних резонансов. Бумажные диффузоры могут применяться в динамиках практически всех типов.

Достоинства бумажных диффузоров: прекрасное внутреннее демпфирование, практически полное отсутствие местных резонансов, плавный переход от поршневого режима работы к зонному. Гладкая АЧХ позволяет не беспокоиться о поведении динамика за пределами полосы рабочих частот, что дает возможность использовать простейшие разделительные фильтры с малой крутизной спада и минимальными фазовыми искажениями, или вообще отказаться от фильтров и использовать естественные спады АЧХ. Субъективная оценка качества звучания высокая.

Основной недостаток бумажных диффузоров – относительно невысокая жесткость, что может сказаться на проработке мелких деталей звучания. Для повышения жесткости иногда применяется армирование диффузора наполнителями. Механическая прочность невысока, что ограничивает максимальную подводимую мощность. Технологический разброс параметров динамиков массовых серий достаточно велик, что при высоких требованиях к качеству звучания может потребовать их предварительного отбора. Параметры меняются со временем и под воздействием атмосферы, несмотря на пропитку бумажной массы и защитные покрытия. К сожалению, это обстоятельство ограничивает применение высококачественных динамиков с бумажными диффузорами, предназначенных для «домашних» аудиосистем в автомобиле без принятия специальных мер.



Диффузоры из полимеров

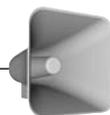
Полипропилен был впервые применен как материал для изготовления диффузоров при разработке мониторов для звуковых студий BBC в 1975 году и в настоящее время широко используется в динамиках самого различного назначения. Благодаря довольно большому внутреннему демпфированию, правильно сконструированный полипропиленовый диффузор может обеспечить ровную и гладкую АЧХ при высоких значениях удельного звукового давления. Для повышения жесткости используют минеральные добавки: кварц, слюду, силикат магния, углеволокно или покрытие поверхности окислами алюминия или титана. В последнее время наряду с полипропиленом используется аналогичный материал нового поколения – гипернеоолефин.

Достоинства полимерных диффузоров: очень гладкая АЧХ, нейтральное звучание, хорошие переходные характеристики, плавный переход к зонному режиму, устойчивость к атмосферным воздействиям. Лучшие образцы по прозрачности звучания не уступают бумажным, но из-за ограниченной жесткости проигрывают в детальности. В диффузорах низкочастотных головок иногда используют отформованные ребра жесткости. Основная область применения – широкополосные и низкочастотные головки, а также купола массовых моделей «пищалок».

Диффузоры из композитных материалов

Для изготовления диффузоров, сочетающих высокую жесткость с небольшой массой, широко используют композитные материалы на тканой основе, пропитанной связующим составом. В качестве основы используют углеродные нити, кевлар, стекловолокно.

Композиты на основе ткани из углеродных волокон обладают уникальным сочетанием малого удельного веса с очень высокой жесткостью. Однако из-за недостаточного внутреннего демпфирования и сложной анизотропной структуры материала переход к зонному режиму сопровождается многочисленными пиками и провалами на АЧХ вблизи верхнего края рабочего диапазона. Для успешного подавления нежелательных призвуков необходимо использовать разделительные фильтры с большой крутизной спада, иногда требуется применение избирательных корректирующих цепочек либо специальных корректоров. Это намного усложняет конструкцию системы и создает проблемы с фазовыми искажениями. Основная область применения – сабвуферы.



Кевлар известен как материал для пуленепробиваемых жилетов, хотя это далеко не главная область его применения. Первыми кевларовые головки выпустили в середине 80-х французская фирма Focal и немецкая Eton. Жесткость кевларовых диффузоров необычайно высока, поэтому со всей силой проявляются характерные для диффузоров высокой жесткости проблемы. На частотах 3–4 кГц и выше проявляется характерный «кевларовый» звук: изрезанная частотная характеристика, следствие резкого перехода сверхжесткого диффузора в зонный режим. На слух это воспринимается как жесткий, агрессивный звук, явно диссонирующий со звучанием этого же динамика в нижней части среднечастотного диапазона. Конструкторы таких систем вынуждены ставить довольно сложные разделительные фильтры четвертого порядка (24 дБ/окт), дополненные корректирующей цепочкой, настроенной на частоту «кевларового» резонанса – обычно в диапазоне 5–7 кГц. [30]

Эффект «кевларового» звука – это следствие сочетания высокой жесткости с малыми внутренними потерями. Чтобы улучшить демпфирование, фирма Eton разработала трехслойный материал Nomex, состоящий из сотового слоя-заполнителя, вклеенного между двумя слоями кевларового композита. Сходное решение использует Focal под названием Aerogel. Другие производители применяют для подавления нежелательных резонансов демпфирующее резиновое покрытие с нижней стороны диффузора или широкий воротник подвеса. Основная область применения – низкочастотные динамики и сабвуферы.

В конструкции массовых моделей широко используются композитные материалы на основе стекловолокна, иногда окрашенные «под уголь» или «под кевлар». Рассмотренные выше недостатки присущи им в не меньшей степени, но стоимость заметно ниже.

Металлические диффузоры

Попытки использования цельнометаллических диффузоров в широкополосных головках нельзя считать удачными, поскольку их значительная масса снижает чувствительность динамиков до 84–87 дБ и ниже. Отсутствие внутреннего демпфирования приводит к появлению ярко выраженных пиков на частотах 5–10 кГц. Пронзительное хриплое звучание «колоколов» в парках культуры и отдыха – кошмар меломана.





Применяются металлические диффузоры только в отдельных моделях сабвуферов (их частотный диапазон ограничен условиями работы) и купольных ВЧ головках, где массу диффузора можно сделать малой при сохранении достаточной жесткости.

Диффузоры из объемных композитов

Жесткие трехмерные конструкции с плоской излучающей поверхностью и внутренним наполнителем в виде сот или вспененного полимера известны с начала 70-х годов. Им часто придавали прямоугольную или многогранную форму со скругленными углами. Высокая масса диффузора и в этом случае сильно снижает чувствительность динамика, а изгибные колебания обычных диффузоров в зонном диапазоне излучения уступают место объемным колебаниям и поперечной раскочке тяжелого диффузора. Демпфирование последних весьма затруднено.

Низкочастотные динамические головки с плоскими излучателями использовались в одном из вариантов акустической системы S-90.

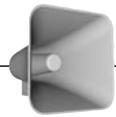
В последние годы технологические процессы получения сотовых диффузоров были доработаны, что позволило значительно снизить массу подвижной системы. В результате расширен диапазон воспроизводимых частот и существенно снижена неравномерность АЧХ. Поскольку излучающая поверхность плоская, головки этого типа характеризуются широкой диаграммой направленности.

В настоящее время фирмой «Звук» (Санкт-Петербург) разработана линейка сотовых динамических головок громкоговорителей различной мощности. Среди автомобилей получила известность головка 25ГДШ-2Н с сотовым диффузором и выпускаемый на ее основе комплект для автомобилей. [45]

ВЧ-головки с мягким куполом

Высокочастотные головки с мягкими куполами из шелка или синтетических материалов в настоящее время практически вытеснили диффузорные ВЧ излучатели. Конструктивная особенность купольных головок в том, что вся излучающая поверхность находится внутри звуковой катушки, а не снаружи, как у диффузорных головок.

Достоинства мягких куполов: прекрасное внутреннее демпфирование создает предпосылки для получения хорошей переходной характеристики и гладкой АЧХ с плавным спадом на верхнем краю рабочего диапазона.



Недостатки мягких куполов: ограниченная перегрузочная способность накладывает повышенные требования на частоту и крутизну спада кроссовера. Высокий профиль купола (выбранный по соображениям жесткости) ухудшает диаграмму направленности по сравнению с более плоскими металлическими куполами. Он часто требует от конструкторов применения рассеивающих акустических линз, а это потенциальный источник дифракционных искажений АЧХ.

ВЧ-головки с жестким куполом

С появлением купольных «пищалок» были предприняты попытки реализовать концепцию жесткого купола. После экспериментов с полимерами конструкторы остановили свой выбор на металле. Сверхтонкие купола из титана и алюминия появились в середине 80-х годов. Для их изготовления использовались методы прецизионного электролиза и вакуумного напыления.

Как и положено головкам с жесткими диффузорами, «пищалки» с металлическими куполами имеют характерный пик АЧХ на частотах 25–30 кГц величиной от 3 дБ до 12 дБ. При определенных условиях может возникнуть интермодуляция этих составляющих с другими, находящимися в звуковом диапазоне. На слух это будет восприниматься как «металлический» тембр. Звучание лучших куполов из металла – прозрачное, чистое, приближающееся к звуку электростатических излучателей.

Достоинства жесткого купола: деформации отсутствуют во всем рабочем диапазоне частот, обеспечивая звучание высокой детальности и прозрачности. Характеристика направленности вследствие низкого профиля намного лучше, чем у мягких куполов. Однако свойственный им ультразвуковой пик АЧХ может привести к неприятному на слух окрашиванию звучания. Недостаток заключается в относительно высокой стоимости.

Диффузоры из керамики

Гамма ВЧ излучателей с керамическими диффузорами на сегодня довольно узка. Первой компактные автомобильные керамические «пищалки» выпустила фирма Infinity. Фактически они сделаны из металлокерамики: на тонкую металлическую основу нанесен еще более тонкий (5–10 микрон) слой окислов, обладающей исключительной твердостью. Жесткость купола из-за малой толщины покрытия увеличивается незначительно, но твердая излучающая поверхность создает условия для наиболее точного и когерентного излучения на верхних частотах. Недавно появилась конструкция, где слой керамики нанесен на шелковую основу.



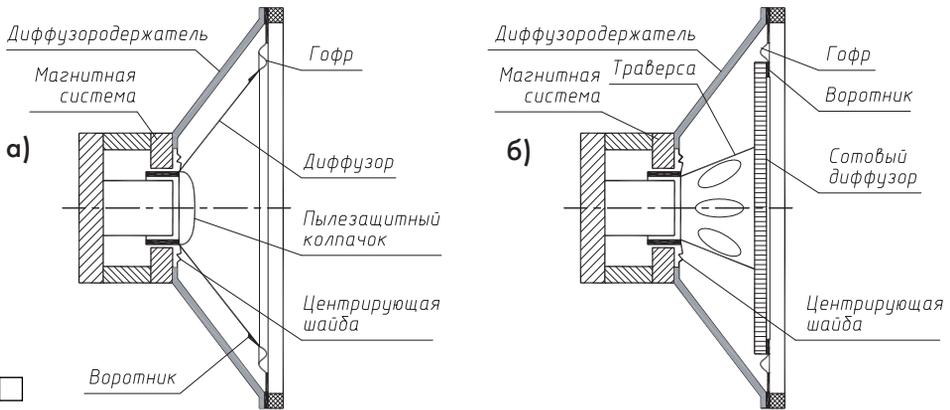
3.4. КОНСТРУКЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ГОЛОВОК

Как уже говорилось, основная масса акустических систем построена на основе диффузорных и купольных динамических головок прямого излучения. В этом разделе рассматриваются решения, наиболее характерные для современных конструкций. [8, 12, 14, 29, 30, 119]

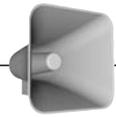
3.4.1. Диффузорные головки

Классический вариант конструкции представлен на рисунке 3.10а. Диффузор в этом случае представляет собой коническую или криволинейную поверхность, подвешенную на диффузородержателе. Для улучшения охлаждения магнитной системы объем под пылезащитным колпачком в мощных головках связывают с окружающей средой посредством вентиляционного канала в керне.

Рис. 3.10. Конструкция диффузорной головки:
а – с коническим диффузором, б – с плоским сотовым



Сила, приложенная практически в одной точке, вызывает деформации диффузора. В результате возникают частотные и нелинейные искажения воспроизводимого сигнала. У этой проблемы есть два решения. В первом случае увеличивают диаметр звуковой катушки настолько, что передача усилия происходит не в вершине диффузора, а примерно в середине образующей. Во втором случае повышают жесткость диффузора. Для этого можно уменьшить угол его раскрытия. Однако при этом значительно сужается диаграмма направленности головки. Поэтому в настоящее время для головок низкочастотного и среднечастотного диапазона широко используют изгото-



вленные из композитных материалов диффузоры вогнутой полусферической формы или плоские сотовые диффузоры. Последние обеспечивают наиболее ровную АЧХ, поскольку при этом исключена интерференция звуковых волн, излученных разными участками диффузора. Конструкция такого динамика схематически показана на рисунке 3.10б. Металлическая траверса обеспечивает эффективный отвод тепла от звуковой катушки, что позволяет значительно повысить подводимую мощность.

Традиционные конструкции динамических головок имеют один недостаток: большую монтажную глубину, возрастающую пропорционально увеличению размера диффузора. Для самых компактных образцов автомобильных громкоговорителей она составляет 60–100 мм. Это ограничивает расположение динамических головок в салоне автомобиля. Поэтому появились конструкции сверхплоских динамических головок с обращенным диффузором, внутри которого располагается магнитная система. Хотя конструкция известна более 30 лет, созданию удачного варианта мешали технологические ограничения.

Первые автомобильные головки такого типа выпустила в 1998 году американская фирма Infinity. На рисунке 3.11а схематически показана конструкция динамической головки из серии Карра Uniplane. Монтажная глубина Н головки с диффузором диаметром 190 мм составляет всего 33 мм.

В конструкции присутствуют и другие новшества. Для лучшего охлаждения магнитной системы и звуковой катушки вместо пылезащитного колпачка установлена сетка. Однако это вызывало резкий спад АЧХ на частотах выше 2,5 кГц. Впрочем, динамики не претендуют на роль широкополосных, их область применения – двухполосные акустические системы. Диффузор в форме обратного конуса обеспечил значительно более широкую диаграмму направленности, сравнимую с диаграммой направленности купольных головок. Материал этого диффузора – полиакриловый гель APG.

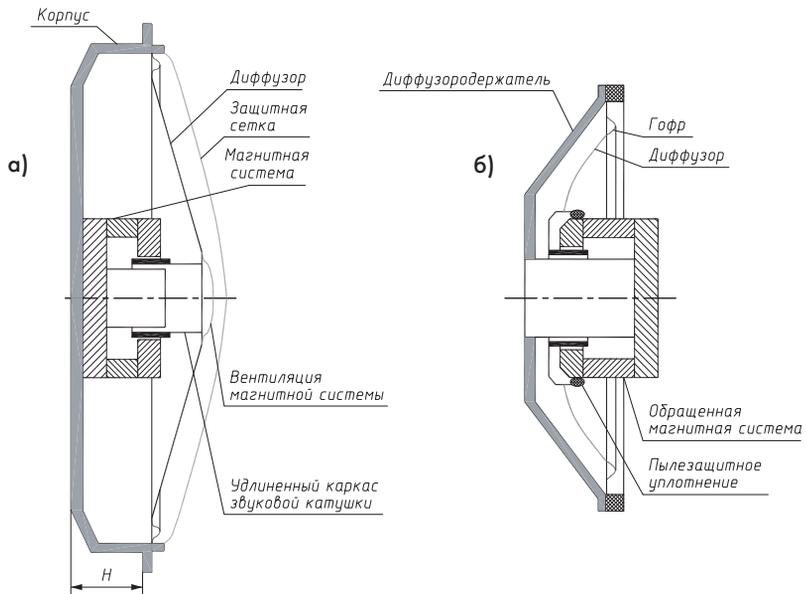
Поскольку ход диффузора ограничен, в конструкции применен подвес с переменной упругостью. Благодаря малой высоте диффузора удалось обойтись без центрирующей шайбы. Конечно, это несколько повышает нелинейные искажения при большой громкости. Но улучшить сразу все параметры невозможно.

Низкочастотные головки большой мощности обычно устанавливают в закрытый корпус. Магнитная система и



звуковая катушка в этом случае работают в очень тяжелом температурном режиме. Для улучшения охлаждения разработаны динамические головки, в которых обращенная магнитная система с большим диаметром звуковой катушки вынесена наружу и находится внутри диффузора традиционной или полусферической формы (рисунок 3.11б). Наличие в центре излучения препятствия в виде магнитной системы приводит к резкому спаду АЧХ уже на частотах в несколько сотен герц, поэтому такое конструктивное решение применимо только для низкочастотных головок. Вместо традиционного пылезащитного колпачка используется кольцевое уплотнение, выполняющее «по совместительству» роль центрирующей шайбы.

Рис. 3.11. а – головка с обращенным диффузором, б – головка с обращенной магнитной системой



3.4.2. Купольные головки

Диаграмма направленности вогнутых диффузоров с ростом частоты сужается, поскольку для сигналов высоких частот он начинает играть роль своеобразного рупора. Для уменьшения эффекта применяются фазовыравнивающие вставки. Однако они не устраняют первопричину этого явления. Кроме того, из-за недостаточной жесткости диффузора в нем возникают собственные колебания, что увеличивает неравномерность АЧХ и уровень интермодуляционных искажений.

Для устранения этих недостатков используют диффузоры в форме выпуклого купола. Первоначально они применялись только для высокочастотных головок. Затем, по мере отработки технологии, появились и среднечастотные купольные головки. Для них характерно использование единого узла подвеса и относительно небольшой ход диффузора. Отсутствует в конструкции и диффузородержатель. (рисунок 3.12а).

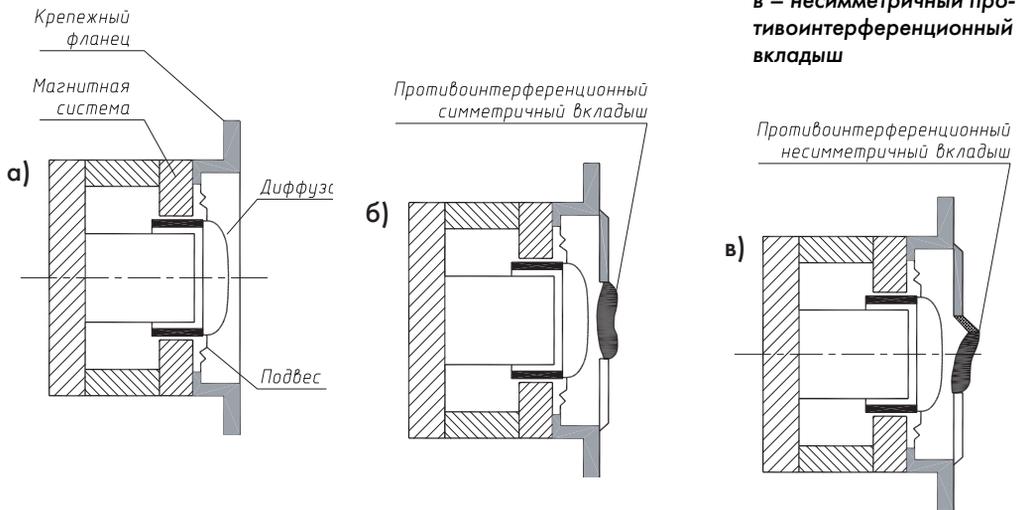


Рис. 3.12. а – конструкция купольной высокочастотной головки, б – симметричный противоинтерференционный вкладыш, в – несимметричный противоинтерференционный вкладыш

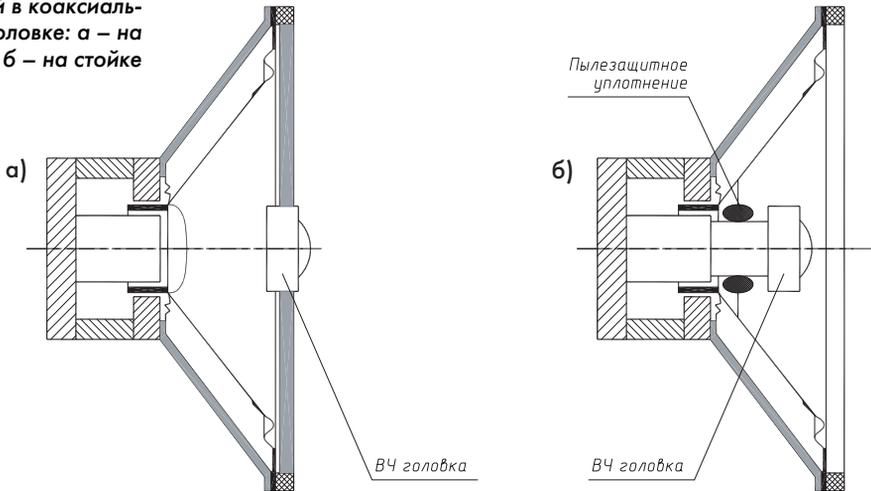
Вследствие интерференции сигналов, поступающих с различных участков диффузора, на высоких частотах излучение становится неравномерным, а диаграмма направленности начинает напоминать «розу ветров». Для предотвращения этого явления в конструкцию качественных высокочастотных головок вводят противоинтерференционный или фазовыравнивающий вкладыш. Он уравнивает путь звуковых волн, излученных разными участками диффузора (рисунок 3.12б). В некоторых конструкциях это устройство установлено несимметрично, что позволяет сфокусировать максимум излучения не на оси головки, а на боковом лепестке диаграммы направленности (рисунок 3.12в). При таком решении установка излучателя в автомобиле упрощается. Передний фланец некоторых конструкций выполняется в виде короткого рупора.



3.4.3. Коаксиальные головки

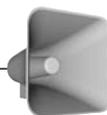
Создание широкополосных головок – непростая задача. Для расширения полосы воспроизводимых частот в конструкцию громкоговорителей вводят дополнительные СЧ-ВЧ-излучатели. Они размещаются внутри диффузора основной головки, вблизи его оси или соосно с ним. Динамики этого типа получили название коаксиальных (axis означает ось). В некоторых случаях дополнительный излучатель установлен под углом к основному, головки этого типа называют кроссаксиальными. Если используется больше одного дополнительного излучателя, динамики называют триаксиальными. В ряде конструкций предусматривается возможность изменения ориентации дополнительного излучателя.

Рис. 3.13. Установка дополнительных излучателей в коаксиальной головке: а – на мостике, б – на стойке



В качестве дополнительных СЧ-излучателей используют малогабаритные диффузорные или купольные динамические головки и диффузорные пьезоизлучатели. ВЧ-излучатели обычно выполнены на базе малогабаритных купольных динамических головок или пьезокерамических пластин (в недорогих моделях). Для работы дополнительных головок необходим разделительный фильтр, обычно он встроен в конструкцию громкоговорителя.

Обычно дополнительные излучатели монтируются на «мостике», закрепленном на диффузородержателе (рисунок 3.13а). Возможно их расположение на стойке, прикрепленной к керну магнитной системы клеем или винтом через сквозное отверстие (рисунок 3.13б). Каждому варианту присущи свои достоинства и недостатки.



Мостовая установка позволяет на основе одной и той же широкополосной динамической головки выпускать несколько вариантов коаксиальных и триаксиальных громкоговорителей с различным набором дополнительных излучателей. Изменяется только конструкция мостика. Однако мостик и его кронштейны, перекрывая значительную часть диффузора основной головки, ограничивают полосу воспроизводимых ей частот. За счет дифракции и интерференции увеличивается неравномерность суммарной АЧХ и ухудшается диаграмма направленности.

Для устранения этого недостатка в некоторых конструкциях дополнительные головки размещают таким образом, чтобы центральная часть диффузора основной головки оставалась открытой. Обычно для установки применяют один или два кронштейна, прикрепленных к диффузородержателю.

Установка дополнительных излучателей на стойке требует более серьезного изменения конструкции базовой головки. Пылезащитный колпачок заменяется в этом случае подвижным кольцевым уплотнением. Плотно прилегающий уплотнитель повышает степень защиты магнитной системы, но увеличивает механические потери. Неравномерность силы трения может стать причиной появления нелинейных искажений. Износ уплотнения со временем вызывает изменение характеристик головки. Поэтому конструкторам приходится уделять много внимания выбору материала уплотнителя и его исполнению.

В то же время коаксиальные громкоговорители стоечной конструкции имеют существенно меньшую неравномерность суммарной АЧХ и лучшую диаграмму направленности, чем мостиковые. Это объясняется тем, что затеняется существенно меньшая площадь диффузора основной головки, и расстояние между центрами излучения головок можно сделать меньше.

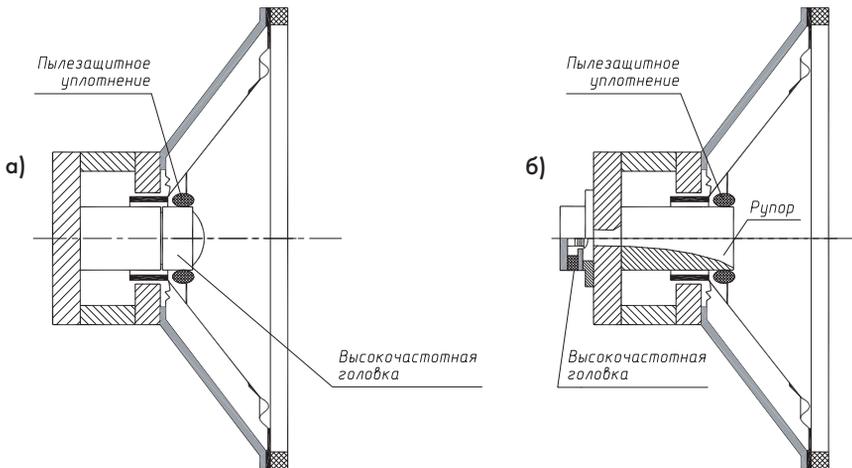
Все рассмотренные варианты конструкции коаксиальных громкоговорителей имеют один общий недостаток. За счет интерференции звуковых волн, излучаемых одновременно несколькими головками, в зоне их совместного действия суммарная АЧХ приобретает ряд локальных пиков и провалов на средних и высоких частотах. В некоторых случаях это вызывает заметную на слух окраску звучания. Для устранения этого явления необходимо или повысить крутизну разделительных фильтров (что значительно усложняет их конструкцию), или сблизить центры излучения го-



ловок. В простейшем случае для этого можно отказаться от стойки и закрепить «пищалку» непосредственно на керне магнитной системы основной динамической головки (рисунок 3.14а). Ее диаметр выбирается близким к диаметру керна. Диффузор основной головки играет роль рупора, благодаря чему отдача «пищалки» несколько увеличивается. Устраняются и дифракционные искажения. [36]

Еще более высокими качественными показателями обладают коаксиальные громкоговорители со встроенными рупорными ВЧ-головками. Рупор при этом выполняется внутри керна магнитной системы основной головки (рисунок 3.14б).

Рис. 3.14. Установка высокочастотной головки: а – на керне магнитной системы, б – встроенная рупорная головка



Помимо рассмотренных вариантов двухполосного коаксиального громкоговорителя, известны аналогичные конструкции трехполосных громкоговорителей. В этом случае среднечастотная купольная головка устанавливается на переднем фланце обращенной магнитной системы, имеющей большой диаметр, или выполняется рупорной (аналогично рисунок 3.14б). Высокочастотная головка может быть прямой излучения или рупорной и монтируется на мостике.

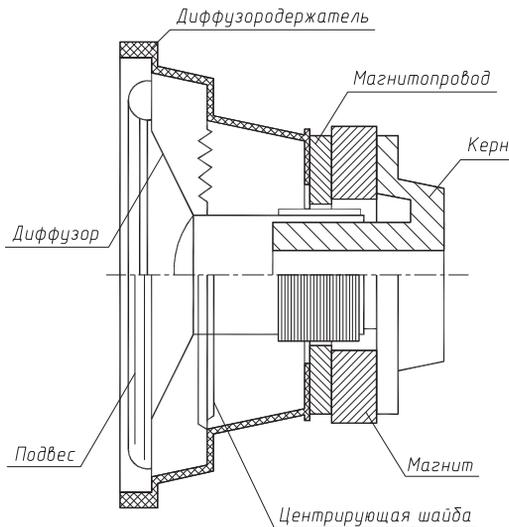
Сигнал к дополнительным головкам подводится гибкими проводниками от выводов звуковой катушки основного громкоговорителя, или неподвижными проводниками, уложенными на мостике или внутри стойки и керна. Элементы встроенного разделительного фильтра монтируются рядом с дополнительными головками или на диффузородержателе основной головки. В коаксиаль-

ных головках высокого качества предусматривается использование внешних разделительных фильтров, в этом случае каждая из них имеет отдельные выводы. В некоторых коаксиальных головках есть возможность снять пьшалку и установить ее отдельно (т.н. динамики-трансформеры).

3.4.4. Специальные низкочастотные головки

Для увеличения звукового давления, развиваемого динамической головкой на низких частотах, нужно увеличивать либо площадь диффузора, либо его смещение. Однако увеличение диаметра диффузора снижает его жесткость и увеличивает массу подвижной системы, что ограничивает чувствительность. Кроме того, использование динамических головок большого диаметра в автомобиле затруднено, поэтому основной интерес вызывают длинноходные динамические головки.

Рис. 3.15. НЧ-головка с большим ходом диффузора



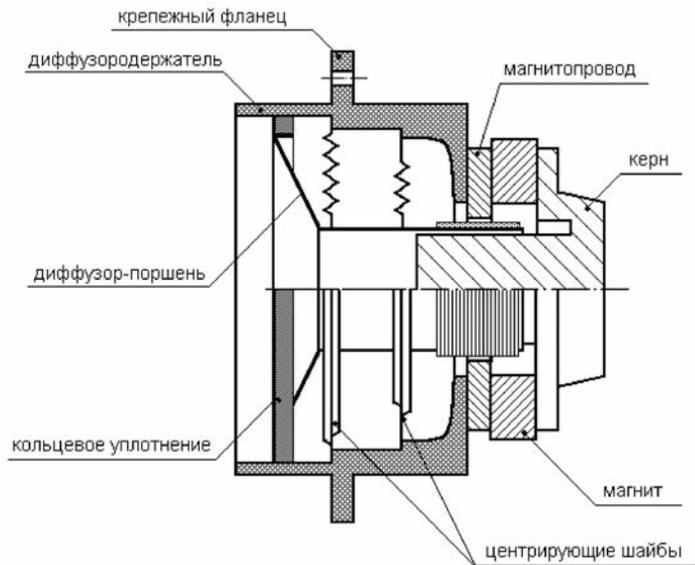
Самое простое решение, позволяющее увеличить ход диффузора – центрирующая шайба большого диаметра. В этом случае она устанавливается на некотором расстоянии от магнитной системы (рисунок 3.15), длина каркаса звуковой катушки при этом увеличивается. Для увеличения поперечной жесткости подвеса иногда используют две центрирующие шайбы, установленные на некотором расстоянии друг от друга.



В магнитной системе таких головок используется задний щит с кольцевой проточкой, в которой при максимальном смещении помещается край звуковой катушки.

При больших амплитудах смещения диффузора трудно обеспечить линейность подвеса. Кроме того, подвес сам становится нелинейным излучающим элементом, площадь которого сопоставима с площадью диффузора малого диаметра. Совокупность этих факторов приводит к значительному росту искажений. Фирма Pioneer применила в сабвуферах серии Linear Power оригинальные решения этой проблемы.

Рис. 3.16. Поршневая
НЧ-головка

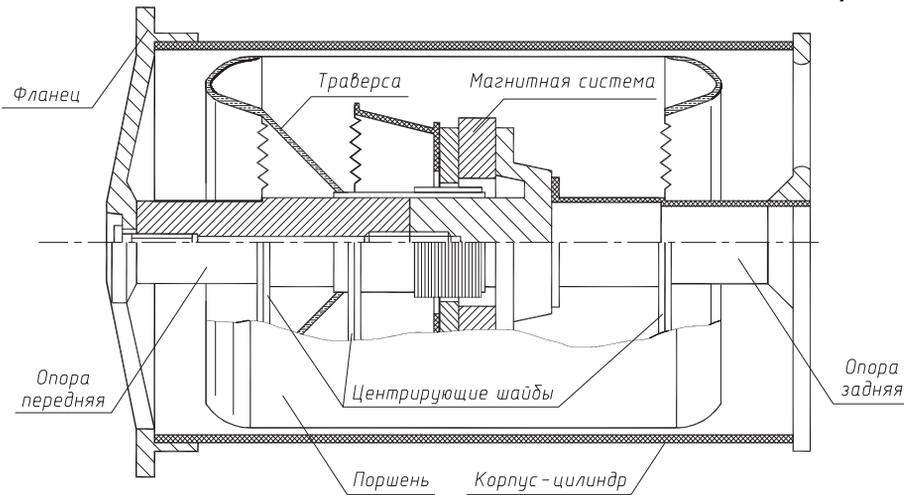


В сабвуфере TS-WX10LPA подвес диффузора отсутствует. Вместо него использовано кольцевое уплотнение, а жесткий полипропиленовый диффузор диаметром 10 см движется подобно поршню в цилиндре насоса (рисунок 3.16). Чувствительность этой головки – 101 дБ/Вт^{1/2}м, диапазон воспроизводимых частот 35–200 Гц.

Однако потери на трение и ограниченный (хотя и большой) срок службы уплотнения сдерживают распространение таких головок, поэтому в сабвуферах TS-WX10LP(A) использовано более изящное решение – аэродинамическое уплотнение. Диффузор превратился в полый поршень диаметром 20 см, подвешенный на трех центрирующих шайбах (рисунок 3.17). Магнитная систе-

ма расположена внутри поршня. Зазор между стенками цилиндра и поршнем имеет малое сечение и большую протяженность, что практически исключает перетекание воздуха в области рабочих частот (25–200 Гц). Благодаря большому ходу диффузора и малой жесткости подвеса сабвуфер имеет рекордную чувствительность – 106 дБ/Вт^{1/2}м.

Рис. 3.17. Поршневая НЧ-головка с аэродинамическим уплотнением



3.5. ОСОБЕННОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГРОМКОГОВОРТЕЛЕЙ

Автомобильные динамики имеют несколько стандартных размеров, основанных на дюймовой системе: 7,5 см (3"), 8,7 см (3,5"), 10 см (4"), 13 см (5"), 16 см (6"), 20 см (8"), 25 см (10"), 30 см (12"). Помимо «круглых» динамиков широко распространены эллиптические 4x6, 5x7 и особенно 6x9 дюймов (жаргонное название последних – «лопухи», «блины», «овалы»).

Большинство зарубежных производителей включают характерный размер головки в дюймах или сантиметрах в обозначение модели, что несколько облегчает «заочный» выбор. Комплект поставки автомобильного громкоговорителя включает в себя защитные сетки и элементы крепежа. Появившиеся в последнее время эллиптические модели 7x10 дюймов [95] снабжены переходными кольцами для установки в стандартные посадочные места 6x9 дюймов. Динамики, предназначенные для замены заводских моделей громкоговорителей в штатных местах автомобиля, по-



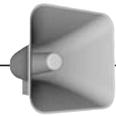
ставляются без сеток (custom fit). В случае компонентных (раздельных по полосам) акустических систем в комплект обычно входит разделительный фильтр (кроссовер).

Практически все виды автомобильных динамиков предназначены для установки в традиционных местах (задняя полка, приборная панель, двери) и для нормальной работы требуют довольно значительного объема. При нарушении этого условия резко увеличивается неравномерность АЧХ в области низких частот. Исключением из правила являются некоторые низкочастотные и большинство сабвуферных головок, специально спроектированные для работы в корпусе относительно небольшого объема.

Массовые модели автомобильных динамических головок наиболее широко представлены в продаже продукцией фирм Kenwood, Pioneer, Sony, Clarion, Panasonic, Philips, Prology, Pyramid. Разработки высокого уровня выпускают Focal, Infinity, Kicker, Precision Power, Rockford Fosgate, MTX, Phoenix Gold, Jensen, Morel и другие. Высокая для многих любителей стоимость этой продукции вынуждает их обратить внимание на отечественные динамики.

Динамические головки отечественного производства, специально предназначенные для использования в автомобиле, появились относительно недавно и выбор их еще не велик. [45] Поэтому при невозможности использовать специализированные головки можно ориентироваться на динамики общего применения. [12, 82] Как показывает практика, их долговечность оказывается вполне достаточной, если не допускать прямого попадания воды на диффузор и магнитную систему. Качество звучания отечественных головок зачастую выше, чем аналогичных импортных, а низкая стоимость объясняется упрощенной отделкой и практически полным отсутствием расходов на рекламу.

В **приложении 6** приведен список динамических головок российского и советского производства, наиболее пригодных для применения в автомобиле. Поскольку в распоряжении любителей могут оказаться приборы устаревших типов, они тоже включены в таблицу. Данные собирались из множества источников и не всегда были исчерпывающими, поэтому в таблице есть «белые пятна». К сожалению, для отечественных динамических головок параметры Тилля-Смолла являются «военной тайной». Единственный обязательный с января 1986 года параметр – это полная добротность, но и он приводится в сопроводительной документации крайне редко. Поэтому приведенные в таблице значения добротности и эквивалентного объема в боль-



шинстве случаев были получены опытным путем и подлежат уточнению для конкретного экземпляра головки.

Динамические головки и громкоговорители, применяемые для создания акустических систем в автомобилях, по выполняемым функциям и конструктивным признакам можно условно разделить на следующие группы: [82]

- широкополосные с одним диффузором (full range);
- широкополосные с дополнительным диффузором (dual cone);
- широкополосные с дополнительными излучателями или коаксиальные (coaxial);
- высокочастотные (tweeter);
- среднечастотные (midrange);
- низкочастотные (woofer);
- НЧ-СЧ для двухполосных систем (midwoofer);
- сверхнизкочастотные (сабвуферы);
- готовые акустические системы.

3.5.1. Широкополосные и коаксиальные головки

Наибольшее распространение в автомобильных акустических системах получили широкополосные динамические головки. Они дешевы, технологичны и при умеренных требованиях к качеству звуковоспроизведения вполне справляются с поставленной задачей. Однако из-за перехода диффузора из поршневого режима работы в зонный диаграмма направленности обычных широкополосных громкоговорителей с ростом частоты сужается, а отдача падает. Это явление наиболее заметно для головок с большим диаметром диффузора, жесткость которого меньше.

Для компенсации этого явления в конструкции некоторых головок используют секционированный диффузор, разделенный кольцевыми гофрами на несколько участков. Благодаря этому при повышении частоты внешние участки диффузора как бы «отключаются», что снижает эффективную массу подвижной системы и улучшает отдачу. [119] Однако это решение используется достаточно редко.

В конструкцию головки обычно вводят дополнительный конический диффузор с меньшим углом раскрытия. Эффект его введения наиболее заметен у динамиков с большим диффузором. Материал, из которого сделан дополнительный диффузор – бумага или алюминиевая фольга. Диффузор из фольги обычно выполняется как одно целое с пылезащитным колпачком. Основ-





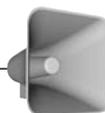
ной диффузор широкополосных динамиков сделан, как правило, из бумаги или полипропилена.

Большинство автомобильных широкополосных динамиков представлены моделями диаметром 7,5–13 см и эллиптическими вариантами. Полоса воспроизводимых частот реально ограничена сверху значениями 8–12 кГц, если есть дополнительный диффузор 12–16 кГц. Нижняя граница воспроизводимых частот в зависимости от размеров громкоговорителя изменяется от 100–150 Гц у малогабаритных до 40–60 Гц у больших эллиптических моделей.

Для расширения вверх полосы воспроизводимых частот в автомобильных широкополосных динамиках переходят к коаксиальной конструкции и устанавливают дополнительные СЧ-ВЧ излучатели (от 1 до 4). Производители и продавцы совершенно неправильно называют такие динамики многополосными. В действительности полоса частот основного излучателя в большинстве случаев ограничена только естественным спадом. Дополнительные излучатели подключены через простейшие фильтры первого порядка (оксидные конденсаторы). Использование более совершенных разделительных фильтров (встроенных или внешних) предусмотрено только в редких (и дорогих) действительно многополосных моделях «коаксиалов». Вследствие этого частоты раздела обычно достаточно высоки (6–10 кГц), чтобы избежать перегрузки дополнительных излучателей мощным сигналом.

Основная масса автомобильных динамиков с дополнительными излучателями представлена «круглыми» моделями 10–16 см и эллиптическими 6x9 и 7x10 дюймов. Полоса частот, воспроизводимых громкоговорителями этого типа, расширена до 18–26 кГц. Нижняя граница полосы воспроизводимых частот такая же, как у рассмотренных выше. Поскольку слушатель в автомобиле обычно смещен относительно оси громкоговорителя, в некоторых моделях коаксиальных головок ось дополнительных излучателей развернута на некоторый угол. Иногда этот угол можно регулировать.

В последнее время появились универсальные конструкции автомобильных громкоговорителей, «трансформеры», которые можно использовать как обычные двухполосные коаксиальные динамики, либо как разнесенные их варианты. Взамен снятой «пищалки» в этом случае устанавливается фазовыравнивающая вставка.



3.5.2. Специализированные громкоговорители

Перечисленные типы громкоговорителей используются как основные только в автомобильных аудиосистемах начального уровня. В высококачественных разработках широкополосные динамики применяют исключительно в качестве тыловых с ограничением полосы подаваемых на них частот до 400–2500 Гц. Простые широкополосные динамики можно использовать в роли среднечастотных излучателей в трехполосных системах. Специальные СЧ-динамики широкого распространения в автомобильной акустике пока не получили.

Для систем высокого уровня применяются раздельные головки, предназначенные для передачи низких, средних и высоких частот. Это позволяет разместить их в наиболее подходящих местах, чтобы лучше передать звуковую картину. Использование вынесенных разделительных фильтров позволяет оптимально выбрать частоты раздела в многополосных системах. Головки для раздельных систем можно приобрести как отдельно, так и в виде готового набора, включающего в себя помимо динамиков и разделительные фильтры (кроссоверы). В последнем случае громкоговоритель называют компонентным.

Применение готовых наборов оправдано для аудиосистем среднего уровня, поскольку в этом случае не требуется самостоятельно изготавливать кроссоверы. Впрочем, качество их исполнения может быть самым разным. Оксидные конденсаторы и катушки с ферромагнитным сердечником не редкость даже в достаточно дорогих комплектах. Кроме того, характеристики кроссоверов оптимизированы для некоего «усредненного» автомобиля, поэтому в установках самого высокого уровня используют исключительно разделительные фильтры индивидуального изготовления или переходят к многополосному усилению.

Низкочастотные и СЧ-НЧ динамики обычно имеют диаметр от 13 до 20 см и, подобно широкополосным, в большинстве случаев рассчитаны на работу в довольно значительном объеме. Провести между ними четкую границу затруднительно, все зависит от того, в двух- или трехполосной акустической системе должен работать динамик. Некоторые громкоговорители неплохо функционируют в закрытых корпусах и фазоинверторах. Головки с эллиптическим диффузором в этой группе встречаются крайне редко. Материал диффузора может быть самым разным, от бумаги до кевлара, поэтому верхняя граница полосы воспроизводимых частот весьма индивидуальна для каждой модели – от 2–3 до 5–8 кГц. Ни-



жная граница у лучших образцов реально опускается до 30–40 Гц, что позволяет при известной доле изобретательности создать автомобильную аудиосистему высокой верности без использования отдельного сабвуфера.

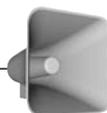
Сверхнизкочастотные динамики (сабвуферы) имеют диаметр от 16 до 40 см и выше. Они требуют для своей работы специального акустического оформления (бесконечный экран, закрытый корпус, фазоинвертор, полосовой громкоговоритель). Обычно в автомобильной установке сабвуферу поручается полоса частот ниже 80–90 Гц, хотя известны и другие варианты распределения частот. Готовые корпусные сабвуферы различного исполнения выпускаются многими фирмами, но универсальных сабвуферов, пригодных для любого автомобиля, не существует в принципе. Сабвуфер, рассчитанный для работы в салоне малого объема, не сможет удовлетворительно работать в большом (и наоборот). [40, 42]

Поэтому при самостоятельном изготовлении акустического оформления необходимо либо довериться рекомендациям производителя относительно типа и характеристик акустического оформления, либо произвести расчеты самостоятельно. Необходимые для этого параметры Тилля-Смолла обычно имеются в сопроводительной документации к динамике. Подробно расчет и конструкции акустического оформления будут рассмотрены далее.

В качестве ВЧ-излучателей в автомобильных аудиосистемах используются в основном головки с мягкими текстильными или с жесткими металлическими куполами. Субъективная оценка звучания этих излучателей существенно отличается, причем и один, и другой тип имеют убежденных приверженцев. Как говорится: «на вкус и цвет товарищей нет». Диаметр «пищалок» от 13 до 30 мм. Конструкция высокочастотных излучателей, применяемых в автомобильных аудиосистемах, имеет обусловленные этим особенности. Большинство производителей предусматривает возможность ориентации излучателей при помощи специальных установочных деталей, входящих в комплект. Диффузорные излучатели ввиду относительно больших размеров и существенно худших характеристик практически не применяются.

– Текстильный купол обеспечивает прекрасную проработку верхней середины и детальность звучания, но на верхнем краю диапазона звучание обычно приглушено (завал АЧХ).

– Металлический купол обеспечивает великолепное воспроизведение высокочастотного участка диапазона. Однако



низкочастотный участок диапазона не всегда воспроизводится адекватно, а звучание нередко окрашено резонансами самого купола на гармониках сигнала (эффект камертона) и интермодуляцией.

– Полимерный или металлизированный купол обеспечивает достаточно широкий диапазон частот, но, как правило, со значительной неравномерностью АЧХ и диаграммы направленности. Вследствие этого звучание может принимать различную окраску.

Благодаря малым размерам современные автомобильные «пищалки» можно установить практически где угодно, что автоматически превращает их в весьма удобный инструмент для настройки звуковой сцены. Для увеличения эффективности этого метода частоту среза фильтра ВЧ нередко опускают до 1,5–2 кГц, при этом подводимая к излучателям мощность значительно возрастает: до 30–40% от общей мощности системы. Для предохранения от перегрева применяют заполнение магнитных зазоров специальной жидкостью. Помимо повышения порядка разделительного фильтра в его конструкцию вводят ограничитель тока на основе термистора, варистора или барретера.

Барретер представляет собой лампу накаливания, заполненную водородом. Водород ускоряет восстановление сопротивления нити накаливания после окончания перегрузки. В любительских условиях вместо барретера можно использовать обычную лампу накаливания, включив ее последовательно с динамической головкой. [44] Характеристики некоторых ламп накаливания в этой роли приведены в **приложении 2**.

Рупорные СЧ и ВЧ-излучатели в автомобильных аудиосистемах – экзотика, но интерес к ним постепенно увеличивается. За счет акустического усиления чувствительность рупорных головок может достигать 97–105 дБ/Вт^{1/2}м, что позволяет снизить необходимую мощность усилителя. В принципе, рупор является особым видом акустического оформления и вполне может быть изготовлен самостоятельно. [8] В последнее время увеличивается интерес к изодинамическим и электростатическим излучателям.

Общее знакомство с назначением и конструкцией динамиков закончено. Теперь осталось выяснить, как их использовать.



АКУСТИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ

Самое распространенное заблуждение, которое можно услышать в магазинах и от покупателей, и от продавцов: в автомобиле достаточно установить «хорошие» (обязательно дорогие) динамики, и все само заиграет «как надо». Не верьте, не заиграет. Получить обратительное звучание от самых дорогих динамических головок совсем не так сложно, как это кажется. Чтобы не испытать сильное разочарование, нужно помнить, что любая динамическая головка требует определенного акустического оформления. Можно либо подбирать головки под имеющийся тип оформления, либо наоборот, рассчитать определенный вариант акустического оформления под выбранные динамики.

Помните, что с возрастанием сложности (порядка) акустического оформления увеличивается его «чувствительность» к ошибкам и просчетам. Поэтому при проектировании любого вида акустического оформления не стоит слепо верить приводимым в паспорте усредненным характеристикам динамической головки. Помимо технологического разброса параметров их значения могут изменяться от серии к серии, для отечественной продукции отклонения достигают иногда 50–80% даже по техническим условиям. Резонансная частота и полная добротность нового динамика в течение первых нескольких часов работы («разминки») снижаются на 3–10%.

Поэтому любые справочные данные следует рассматривать только как ориентировочные для предварительного выбора головки или акустического оформления. При построении высококачественной акустической системы желательно измерить резонансную частоту, полную добротность и эквивалентный объем конкретного экземпляра динамика.



4.1. ПАРАМЕТРЫ ТИЛЯ-СМОЛЛА

Как отмечалось ранее, они полностью описывают поведение головки в области поршневого действия. Математическая модель, использующая эти параметры, положена в основу современных методов расчета акустического оформления. [18] В данном разделе приведен полный список параметров Тилля-Смолла, относящихся как непосредственно к головке, так и к ее акустическому оформлению. Методика измерения необходимых на практике параметров будет приведена далее. Помните, что они относятся к работе головки в режиме малого сигнала.

F_s (Гц) – частота собственного резонанса головки в открытом пространстве.

F_c (Гц) – частота собственного резонанса головки в закрытом корпусе.

F_b (Гц) – частота настройки фазоинвертора.

F_3 (Гц) – частота среза, на которой отдача головки в акустическом оформлении снижается на 3 дБ.

V_{as} (м³) – эквивалентный объем. Это возбуждаемый головкой закрытый объем воздуха, имеющий гибкость, равную гибкости C_{ms} подвижной системы головки.

D (м) – эффективный диаметр диффузора, примерно 75–80% конструктивного диаметра.

S_d (м²) – эффективная площадь диффузора, примерно 50–60% конструктивной площади.

X_{max} (м) – максимальное смещение диффузора.

V_d (м³) – возбуждаемый объем (произведение S_d на X_{max}).

R_e (Ом) – сопротивление обмотки головки постоянному току.

R_g (Ом) – выходное сопротивление источника сигнала с учетом влияния соединительных проводов и фильтров.

Q_{ms} (безразмерная величина) – механическая добротность головки громкоговорителя на резонансной частоте (F_s), учитывает механические потери.

Q_{es} (безразмерная величина) – электрическая добротность головки громкоговорителя на резонансной частоте (F_s), учитывает электрические потери.

Q_{ts} (безразмерная величина) – полная добротность головки громкоговорителя на резонансной частоте (F_s), учитывает все потери.

Q_{mc} (безразмерная величина) – механическая добротность акустической системы на резонансной частоте (F_s), учитывает механические потери.

Q_{ec} (безразмерная величина) – электрическая добротность головки в выбранном акустическом оформлении на ре-



зонансной частоте (F_s), учитывает электрические потери.

Q_{tc} (безразмерная величина) – полная (результатирующая) добротность головки в выбранном акустическом оформлении на резонансной частоте (F_s), учитывает все потери.

Q_l (безразмерная величина) – добротность головки в выбранном акустическом оформлении на частоте настройки фазоинвертора (F_b), учитывающая потери перетекания.

Q_a (безразмерная величина) – добротность головки в выбранном акустическом оформлении на частоте настройки фазоинвертора (F_b), учитывающая потери поглощения.

Q_p (безразмерная величина) – добротность головки в выбранном акустическом оформлении на частоте настройки фазоинвертора (F_b), учитывающая прочие потери.

η_0 (безразмерная величина, иногда %) – относительная эффективность (К.П.Д.) системы.

C_{ms} (м/Н) – гибкость подвижной системы головки громкоговорителя (смещение под воздействием механической нагрузки).

M_{ms} (кг) – эффективная масса подвижной системы (включает массу диффузора и колеблющегося вместе с ним воздуха).

R_{ms} (кг/с) – активное механическое сопротивление головки.

C_{as} – акустический эквивалент C_{ms} .

M_{as} – акустический эквивалент M_{ms} .

R_{as} – акустический эквивалент R_{ms} .

C_{mes} (Ф) – эквивалентная емкость M_{ms} .

L_{ces} (Г) – эквивалентная индуктивность C_{ms} .

R_{es} (Ом) – эквивалентное сопротивление.

B (Тл) – индукция в зазоре.

L (м) – длина проводника звуковой катушки.

B_l (м/Н) – коэффициент магнитной индукции.

P_a – акустическая мощность.

P_e – электрическая мощность.

4.2. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ГОЛОВОК

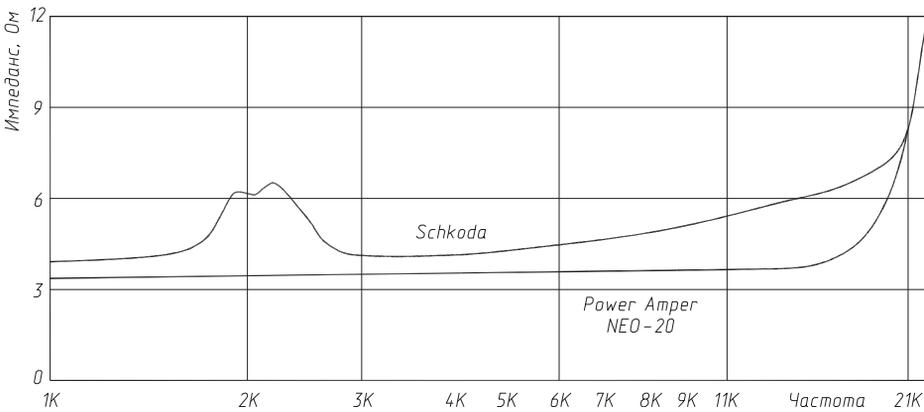
Все экспериментальные методики определения характеристик динамической головки в области поршневого действия основаны на анализе резонансного участка кривой ее импеданса. Эквивалентный объем динамической головки можно найти различными способами, но в домашних условиях проще использовать метод «добавочной массы» и метод «добавочного объема», основан-



ные на том же принципе измерений. [12, 18]

Кривая зависимости импеданса динамической головки от частоты (Z-характеристика) имеет одинаковый характер для всех без исключения динамических головок, и отличается только в деталях. Импеданс громкоговорителей имеет максимумы и минимумы. Максимум (пик) кривой совпадает с частотой основного механического резонанса подвижной системы и превышает в несколько раз сопротивление звуковой катушки по постоянному току. В тех случаях, когда рабочий зазор заполнен ферромагнитной жид-

Рис. 4.1. Z-характеристики «пищалки» с демпфированием и без него

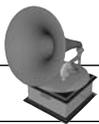


костью, резонансный пик может быть подавлен.

В качестве примера можно привести полученные опытным путем Z-характеристики штатной «пищалки» автомобиля «Шкода-Октавия» и более современной Power Amper NEO-20 с жидкостным демпфированием. Обратите внимание на правую часть графиков: импеданс на высоких частотах возрастает более чем в два раза (сказывается индуктивность обмотки звуковой катушки). Для низкочастотных головок с большой индуктивностью звуковой катушки импеданс может возрасти еще больше.

Поскольку импеданс головки зависит от частоты, величину индуктивности обмотки необходимо учитывать при расчете пассивных разделительных фильтров (кроссоверов). Если она не приводится в документации, ее можно вычислить, измерив импеданс приводимыми ниже способами. Поскольку активная составляющая импеданса отстоит от реактивной на угол 90° , можно воспользоваться теоремой Пифагора. Окончательно формула выглядит так:

$$L = \frac{1}{2\pi F} \sqrt{Z^2 - R_e^2},$$



где L – индуктивность (Гн);
 Z – импеданс (Ом);
 R_e – сопротивление постоянному току (Ом);
 F – частота (Гц).

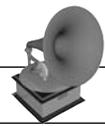
Можно произвести прямые измерения индуктивности, воспользовавшись соответствующим прибором (мультиметром или измерителем RCL). Строго говоря, индуктивность обмотки с учетом влияния магнитной системы незначительно зависит от частоты, и замерять ее нужно вблизи выбранной частоты раздела. Хотя далеко не все приборы позволяют выбирать частоту измерений, тем не менее их точность вполне достаточна для практических целей.

4.2.1. Оборудование для измерений

Для снятия Z -характеристики используется питание головки от источника тока. [12, 18] Проще всего это сделать при помощи резистора, включенного последовательно с головкой. Его сопротивление обычно выбирается из соотношения $R/R_e > 100$, что применительно к распространенным головкам составляет величину 400–500 Ом. Однако практика показала, что в любительских условиях это сопротивление может быть снижено в несколько раз без существенного влияния на конечный результат. Приведенная ниже методика действенна только для измерения параметров динамиков с резонансными частотами ниже 100 Гц, на более высоких частотах погрешность возрастает из-за влияния индуктивности звуковой катушки. Для измерения параметров среднечастотных и высокочастотных головок сопротивление токозадающего резистора необходимо увеличить до 0,5–1 кОм.

Вам понадобится следующее оборудование:

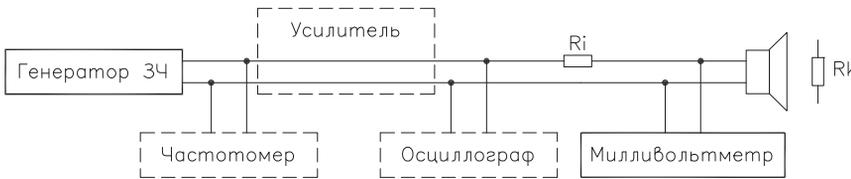
- милливольтметр переменного тока. Он должен иметь погрешность не хуже 5%. Поскольку в бытовых цифровых мультиметрах обновление показаний происходит недостаточно часто, прибор со стрелочным измерителем может оказаться намного удобнее;
- генератор сигналов звуковой частоты. Величина неискаженного выходного напряжения должна быть не менее 1,5 В;
- частотомер (0–200 Гц);
- мощный (не менее 1 Вт) непроволочный токозадающий резистор R_1 . Реально на нем рассеивается



намного меньшая мощность, но изменение сопротивления при нагреве может повлиять на точность измерений. Сопротивление этого резистора может быть всего несколько десятков Ом, это снижает требования к максимальному выходному напряжению генератора;

- калибровочный резистор R_k . Его сопротивление должно быть близким к R_e и может лежать в диапазоне от 3 до 15 Ом. Сопротивление необходимо измерить возможно точнее или использовать резистор с минимальным допуском, от него зависит точ-

Рис. 4.2. Схема измерений для получения Z-характеристики



ность измерений.

Список оборудования можно изменять. Большинство генераторов имеют собственную шкалу частоты и частотомер в этом случае не обязателен, хотя калибровку шкалы не мешает проверить. Вместо генератора можно использовать звуковую плату компьютера и соответствующее программное обеспечение, способное генерировать синусоидальные сигналы. Для увеличения напряжения сигнала со звуковой платы или генератора используется внешний усилитель, а для контроля формы сигнала – осциллограф. Если в качестве генератора используется звуковая плата, сопротивление токозадающего резистора желательно уменьшить до 10–20 Ом. Это позволит снизить необходимое выходное напряжение и избежать вероятного ограничения сигнала.

Если измерения будут проводиться всего один раз, этим можно и ограничиться. В противном случае есть смысл снабдить схему необходимыми элементами коммутации, раземами и придать ей законченный вид (рисунок 4.3). Переключатель SA1 позволяет выбрать сопротивление калибровочного резистора, SA2 выбирает режим работы устройства (проверка, калибровка, измерение). Переключатель SA3 и делитель напряжения R4, R5 согласовывают уровень выходного сигнала с чувствительностью принимаемого измерительного прибора.

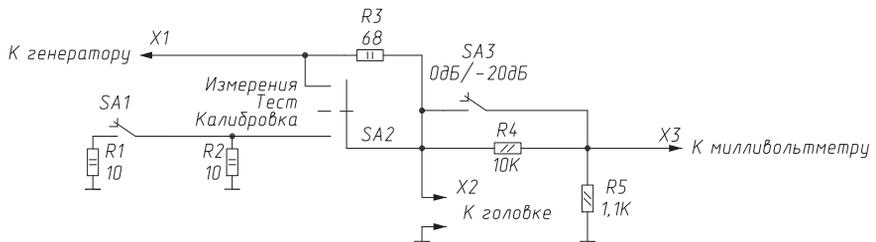
Для измерений схему необходимо настроить. Для этого



вместо динамика подключается калибровочный резистор. Регулируя выходное напряжение генератора, надо установить на калибровочном резисторе некоторое напряжение U_k . Удобно выбрать его таким, чтобы в милливольтгах (или десятках милливольт) оно было численно равно сопротивлению R_k . Это повысит наглядность измерений и снизит вероятность ошибки. При увеличении напряжения возрастает точность, но следует убедиться, что форма измерительного сигнала не искажена.

Рис. 4.3. Схема измерительного стенда

Запомните: после калибровки регулировать выходное напряжение генератора нельзя до окончания всех измерений.



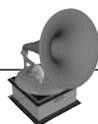
4.2.2. Измерение активного сопротивления

Присоединив вместо калибровочного сопротивления динамик и выставив на генераторе частоту, заведомо меньшую резонансной, измеряем напряжение U_e . Если калибровка была «удобной», это напряжение будет численно равно активному сопротивлению звуковой катушки R_e (или $10R_e$). В противном случае сопротивление звуковой катушки постоянному току можно найти по формуле:

$$R_e = R_k \frac{U_e}{U_k},$$

- где R_e – активное сопротивление звуковой катушки (Ом);
 R_k – сопротивление калибровочного резистора (Ом);
 U_e – напряжение на звуковой катушке (мВ);
 U_k – напряжение на калибровочном резисторе (мВ).

Впрочем, R_e можно измерить и непосредственно омметром, но данный способ хорош тем, что позволяет автоматически компенсировать погрешность калибровки «измерительного стенда». В дальнейших расчетах используются уже не сами импедансы, а их отношение.



4.2.3. Измерение частоты основного механического резонанса

Динамик при этом и всех последующих измерениях должен находиться в свободном пространстве и по возможности дальше от отражающих поверхностей. Желательно, чтобы звуковая катушка заняла такое же положение, как и в будущем громкоговорителе.

Частота основного механического резонанса подвижной системы F_s находится по пику импеданса. Плавно меняя частоту генератора, находим ту, на которой показания вольтметра максимальны. Для повышения точности расчетов измерения можно провести пять раз и в качестве результата принять среднее арифметическое значение величин.

Запишите не только частоту, но и показания вольтметра U_{\max} . По ним находится импеданс громкоговорителя на резонансной частоте R_{\max} , необходимый для расчета других параметров. Формула для расчета R_{\max} имеет тот же вид, что и для R_e :

$$R_{\max} = R_k \frac{U_{\max}}{U_k},$$

- где R_{\max} – импеданс на частоте резонанса (Ом);
 R_k – сопротивление калибровочного резистора (Ом);
 U_e – напряжение на звуковой катушке (мВ);
 U_k – напряжение на калибровочном резисторе (мВ).

4.2.4. Определение добротности

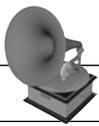
Прежде всего, нужно найти R_x – среднее геометрическое от значений R_{\max} и R_e :

$$R_x = \sqrt{R_{\max} R_e},$$

- где R_x – среднее геометрическое сопротивление (Ом);
 R_e – активное сопротивление звуковой катушки (Ом);
 R_{\max} – импеданс на частоте резонанса (Ом).

После этого, перестраивая генератор, найдите частоты F_1 и F_2 , на которых импеданс динамической головки будет равен R_x (рисунок 4.4). Правильность измерений можно проверить, вычислив среднее геометрическое этих частот:

$$F'_s = \sqrt{F_1 F_2}.$$



Если расчетный результат F_s' отличается от найденного ранее F_s' больше, чем на 1 Гц, то нужно повторить все измерения более аккуратно. После этого найти вспомогательный коэффициент R_0 , характеризующий относительную амплитуду резонансного пика:

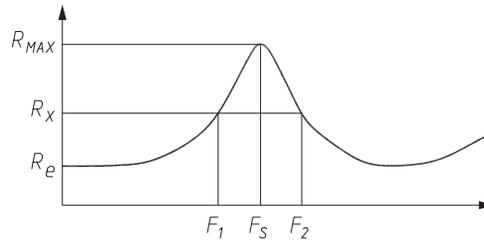
$$R_0 = \frac{R_{\max}}{R_e},$$

где R_0 – коэффициент;

R_e – активное сопротивление звуковой катушки (Ом);

R_{\max} – импеданс на частоте резонанса (Ом).

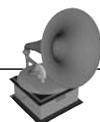
Рис. 4.4 Резонансный участок Z-характеристики



Значения добротности вычисляются по следующим формулам:

$$Q_{ms} = \frac{F_s \sqrt{R_0}}{F_2 - F_1}, \quad Q_{es} = \frac{Q_{ms}}{R_0 - 1}, \quad Q_{ts} = \frac{Q_{ms}}{R_0}.$$

Если у вас хватило терпения дочитать до этого места (или даже произвести измерения), вам будет приятно узнать, что существует и менее трудоемкий способ. [41] Для этого необходим компьютер, оснащенный дуплексной звуковой платой, способной одновременно работать на ввод и вывод сигнала. Еще понадобится программа SpeakerWorkShop и тот самый прибор, схема которого приведена на рисунке 4.3. В нем нужно уменьшить сопротивление резистора R3 до 5–10 Ом и добавить второй выход, на который будет подан сигнал со входа прибора. Для согласования уровней сигнала пригодится встроенный делитель напряжения. Необходимы соответствующие кабели для подключения к выходу и линейному входу звуковой платы. Один выход прибора подключается ко входу левого канала звуковой карты, второй – ко входу правого, что позволяет сравнивать поданный сигнал и отклик.



Принцип измерения ничем не отличается от рассмотренного, за исключением того, что импеданс измеряется не на синусоидальном, а на шумовом сигнале и для измерений используются не абсолютные значения напряжений, а их отношения. Звуковая плата под управлением программы SpeakerWorkShop работает одновременно как генератор тестового сигнала и как анализатор спектра. Обработка результатов измерений происходит автоматически. Весь процесс занимает не больше минуты, что делает эту программу очень удобным инструментом для проектирования и настройки акустического оформления. Последовательность калибровки прибора и работы подробно описана в документации на сайте фирмы Audua: www.audua.com.

4.2.5. Определение эквивалентного объема методом добавочной массы

Для начала нужно равномерно нагрузить диффузор известной массой и вновь измерить его резонансную частоту, записав ее как F'_s . Она должна быть ниже, чем F_s , на 30–50%. Масса грузиков выбирается из расчета примерно 10 граммов на каждый дюйм диаметра диффузора. Таким образом, для головки диаметром 25–30 см нужен груз массой порядка 100–120 г. Можно использовать набор грузиков от аптечных весов или старые медные монетки достоинством 1, 2, 3 и 5 копеек, поскольку их вес в граммах соответствует номиналу. Для монет образца 1998 года соотношение номинала и веса следующее:

- 1 коп. – 1,5 г.
- 10 коп. – 2 г.
- 5 коп. – 2,5 г.
- 50 коп. – 3 г.
- 1 руб. – 3,2 г.
- 2 руб. – 5 г.
- 5 руб. – 6,5 г.

Затем необходимо рассчитать относительную жесткость подвижной системы C_{ms} на основе полученных результатов по формуле:

$$C_{ms} = \frac{1}{M} \times \frac{(F_s + F'_s)(F_s - F'_s)}{(2\pi)^2 (F_s F'_s)^2},$$

где M – добавочная масса, кг;

C_{ms} – относительная жесткость, м/Н.



Более простой, но менее точный метод заключается в непосредственном измерении смещения диффузора под заданной нагрузкой и вычислении C_{ms} по следующей формуле:

$$C_{ms} = \frac{X_m}{9,81M}$$

Исходя из полученных результатов эквивалентный объем V_{as} (m^3) рассчитывается так:

$$V_{as} = \rho c^2 S_d^2 C_{ms} \approx 1,5 \times 10^5 S_d^2 C_{ms},$$

где $C \approx 340$ м/с – скорость звука в воздухе;

$\rho \approx 1,293$ кг/ m^3 – плотность воздуха;

S_d , m^2 – эффективная площадь диффузора, совпадающая на низких частотах с конструктивной.

Для круглых диффузоров можно использовать упрощенную практическую формулу, дающую результат в более удобных единицах – литрах:

$$V_{as} \approx 0,875 \times 10^{-3} D^4 C_{ms}$$

Диаметр диффузора D (в сантиметрах!) можно измерить линейкой по среднему диаметру гофра. C_{ms} должна быть выражена в мм/Н.

4.2.6. Определение эквивалентного объема методом добавочного объема

Для этого необходим закрытый измерительный ящик известного объема. В нем необходимо в соответствующем отверстии герметично закрепить динамик. Удобнее всего установить его магнитом наружу, поскольку динамику все равно, с какой стороны у него рабочий объем, а вам будет проще подключать провода. Да и лишних отверстий при этом меньше. Объем корпуса обозначен как V_b .

Затем произвести измерения F_c (резонансной частоты динамика в закрытом корпусе) и соответственно, вычислить результирующие добротности в акустическом оформлении Q_{mc} , Q_{ec} и Q_{tc} . Методика измерения полностью аналогична описанной выше. Возникающие в некоторых случаях дополнительные максимумы и минимумы импеданса свидетельствуют о наличии щелей или воздушных пазух.



Эквивалентный объем находится по формуле:

$$V_{as} = V_b \left(\frac{F_c Q_{ec}}{F_s Q_{es}} - 1 \right),$$

- где V_{as} – эквивалентный объем (л);
 V_b – объем корпуса (л);
 F_c – частота резонанса в закрытом оформлении (Гц);
 F_s – частота резонанса в свободном пространстве (Гц);
 Q_{ec} – полная добротность в закрытом оформлении;
 Q_{es} – полная добротность в свободном пространстве.

Практически с теми же результатами можно использовать и более простую формулу:

$$V_{as} = V_b \left[\left(\frac{F_c}{F_s} \right)^2 - 1 \right],$$

- где V_{as} – эквивалентный объем (л);
 V_b – объем корпуса (л);
 F_c – частота резонанса в закрытом оформлении (Гц);
 F_s – частота резонанса в свободном пространстве (Гц).

Поскольку в последнюю формулу входит только один измеряемый параметр (частота), для измерения эквивалентного объема можно использовать еще один способ. Он основан на прямом измерении частоты основного резонанса в акустическом оформлении и без него. Для работы используется несложный прибор. [17]

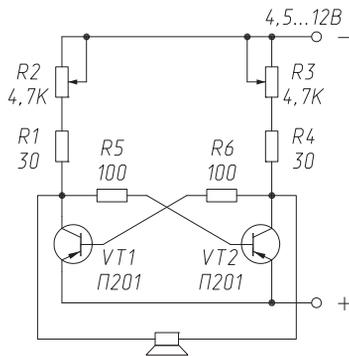
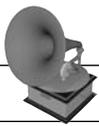


Рис. 4.5. Генератор для измерения частоты механического резонанса подвижной системы динамической головки

Схема представляет собой симметричный мультивибратор, частота генерации которого определяется частотой механического резонанса головки. При подключенной головке достаточно легкого толчка по диффузору, чтобы схема начала генерировать. С помощью резисторов R2 и R3 уравнивают схему и устанавливают мощность колеба-



ний. При использовании близких по параметрам транзисторов можно взять сдвоенный переменный резистор. Устаревшие транзисторы П201 заменяют на П214, ГТ403, КТ814, КТ816, КТ818, а при смене полярности напряжения питания на КТ815, КТ817, КТ819 с любым буквенным индексом. Однако в этом случае схема может работать неустойчиво из-за большего напряжения открывания кремниевых транзисторов, поэтому надежнее использовать германиевые. Недавно в продаже появилась такая конструкция в виде набора для самостоятельной сборки.

Прибор пригоден для измерения резонансной частоты головок в любом акустическом оформлении, но следует учитывать, что для АС с фазоинвертором возможно возникновение колебаний на частоте его настройки. Поэтому при измерениях трубу ФИ следует заглушить. Для определения частоты пригоден любой частотомер или мультиметр. Его можно подключить непосредственно к головке или к коллектору одного из транзисторов. При регулярных измерениях прибор можно выполнить в виде приставки к мультиметру или объединить с несложным частотомером, схемы которых неоднократно публиковались в популярной литературе.

Данных, полученных в результате всех измерений, достаточно для расчета акустического оформления низкочастотного звена самого высокого класса. А как оно рассчитывается, это уже совсем другая история... (раздел 4.4)

4.3. ВИДЫ АКУСТИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ

Основные проблемы при конструировании АС вызывает выбор низкочастотного акустического оформления. С высокочастотным все обстоит намного проще – оно обычно входит в конструкцию динамической головки. Существует много вариантов низкочастотного оформления. При его расчете необходимо учитывать не только характеристики головки, но и акустические свойства помещения на низких частотах (передаточную характеристику). Для бытовых помещений ее влияние обычно невелико, но салон автомобиля в силу малых размеров уже становится одним из элементов акустического оформления. Поэтому самые радикальные любители начинают создание аудиосистемы с выбора соответствующего автомобиля. Подробно передаточная характеристика салона будет рассмотрена позднее, пока достаточно знать, что салон легкового автомобиля средних размеров обеспечивает акустическое усиление (подъем) частот ниже 100 Гц примерно на 10–15 дБ. [31]



4.3.1. Классификация низкочастотного акустического оформления

В конструктивном исполнении акустических систем существует два класса – корпусные (независимые) и встроенные. По связи излучателя со средой АС можно разделить на системы прямого излучения, рупорные, системы с переизлучением и их комбинации. Однако попытки классифицировать акустическое оформление на основе его конструктивного исполнения получаются громоздкими и бессистемными. Намного удобнее построить классификацию на основе акустической нагрузки диффузора и использования его излучения.

Акустически разгруженное оформление (Free Air) – это такое оформление, в котором перемещение диффузора ограничивается только жесткостью подвеса, а сопротивление излучения мало. На русский язык этот термин обычно переводят как «открытое оформление» и нередко ошибочно связывают с конструктивным исполнением АС в корпусе без задней стенки.

Отличительный признак всех видов открытого акустического оформления – они не повышают резонансную частоту и полную добротность АС. Поэтому под определение Free Air попадает и закрытый корпус очень большого объема (намного большего, чем эквивалентный объем головки), что приводит к путанице при «конструктивной» классификации.

Акустически нагруженное оформление – это оформление, в котором смещение диффузора ограничено главным образом упругостью воздуха и сопротивлением излучения. Результирующая добротность и частота резонанса всегда оказываются выше, чем у исходной головки. Акустическая нагрузка может создаваться как с одной стороны диффузора, так и с обеих. В последнем случае АС уже не будет являться системой прямого излучения.

Система одинарного действия использует излучение только одной стороны диффузора. Излучение обратной стороны нейтрализуется акустическим оформлением. Данные системы обеспечивают наименьшие фазовые искажения сигнала.

Система двойного действия для увеличения отдачи на низких частотах использует излучение обеих сторон диффузора. Так как возбуждаемые передней и задней поверхностью диффузора звуковые волны находятся в противофазе, для обеспечения их синфазного излучения необходимо ввести задержку одной из волн.



Рис. 4.6. Классификация акустического оформления

		Одинарного действия	Двойного действия		
Нагруженные с одной стороны	Акустически разгруженные	Рупор		Прямого излучения	
		Экран			
		Открытый ящик			
Нагруженные с двух сторон	Акустически разгруженные	Панель акустического сопротивления	Лабиринт	С переизлучением	
		Закрытый ящик	Фазоинвертор		
			Пассивный излучатель		
		Закрытый ящик с нагрузкой	Фазоинвертор с нагрузкой		
		Закрытый ящик-резонатор	Двойной фазоинвертор		
		Фазоинвертор последовательного действия	Двойной фазоинвертор последовательного действия		
	Фазоинвертор-резонатор последовательного действия				

На рисунке 4.6 приведена классификация распространенных видов акустического оформления. Методика их расчета будет приведена после рассмотрения основных вариантов. Комбинируя их, можно создать новые конструкции, вполне укладывающиеся в рамки классификации. Но получившиеся монстры, скорее всего, будут напоминать трансуранные элементы: в теории существуют, а с практическим применением проблемы.



4.3.2. Открытое оформление

Из всех существующих видов открытого акустического оформления наибольшее распространение на сегодняшний день получил акустический экран (рисунок 4.7а). В англоязычной терминологии для обозначения экрана используется термин Infinity Baffle (бесконечная поверхность). В данном случае это означает, что размеры экрана намного больше максимальной длины волны диапазона воспроизводимых частот. Акустический экран в чистом виде для оформления низкочастотных головок не применяется ввиду больших линейных размеров, на практике используются его «укороченные» версии. Значительно большее распространение получила конструктивная разновидность акустического экрана – открытый корпус (рисунок 4.7б). [12, 119]

Однако этим видам акустического оформления свойственен общий недостаток. Излучаемые задней поверхностью диффузора волны, огибая экран, складываются с прямыми. Разность пути этих волн невелика, поэтому на низких частотах они оказываются практически в противофазе и ослабляются. В результате частота среза оформления F_3 оказывается заметно выше частоты резонанса головки F_s . Благодаря этому АЧХ динамической головки в малогабаритном экране или открытом корпусе на этом участке спадает с крутизной 6 дБ/окт, что позволяет считать его акустическим ФВЧ первого порядка. Ниже частоты резонанса крутизна возрастает до 18 дБ/окт. Теоретически с учетом передаточной характеристики салона суммарная АЧХ на нижних частотах должна иметь подъем, но при использовании реальных головок этого не происходит. Максимум, на что можно рассчитывать в этом случае – небольшой «горб» в области 50–70 Гц. [24]

Основные достоинства этих вариантов открытого оформления: низкие нелинейные искажения, гладкая фазовая характеристика и отсутствие выброса на переходной, что положительно сказывается на музыкальности воспроизведения. Недостаток малогабаритных конструкций – ослабленное воспроизведение низших частот, вызванное сложением прямой и обратной волны.

Вариантом открытого акустического оформления можно также считать панель акустического сопротивления (ПАС, Aperiodic Membrane). В этом случае одна из стенок корпуса громкоговорителя имеет значительное количество отверстий небольшого диаметра (3–10 мм),

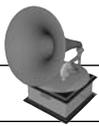
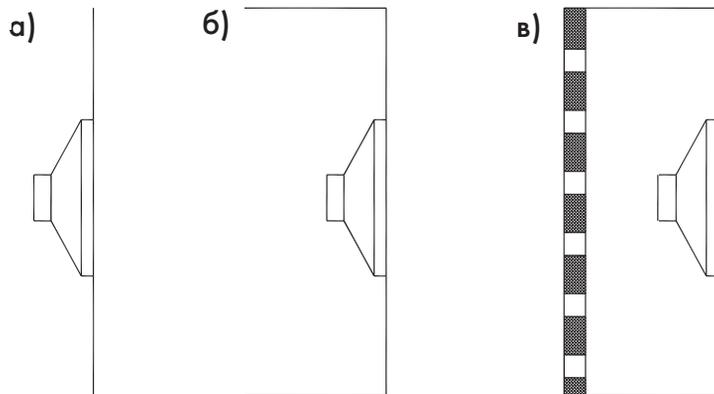


Рис. 4.7. Открытое акустическое оформление: а – акустический экран, б – открытый корпус, в – панель акустического сопротивления



иногда перекрытых неплотной тканью (рисунок 4.7в). Назначение ПАС – поглотить или хотя бы ослабить излучение задней стороны диффузора. При такой конструкции его колебания частично демпфируются, что может привести к некоторому повышению добротности и резонансной частоты. Иногда этот вид оформления называют «полузакрытым». Однако с тем же успехом можно рассматривать его и как закрытый корпус с большими утечками или совокупность массы маленьких фазоинверторов. Применяется этот вид оформления редко, а удачные конструкции встречаются еще реже. Основная причина – отсутствие надежной методики расчета и сложность «штучного» изготовления. В зависимости от конструктивного исполнения и настройки этот вид акустического оформления принимает порядок от первого до второго.

4.3.3. Лабиринт

Вместо того, чтобы бороться с излучением тыльной стороны диффузора, его можно использовать. Так появились единственные в своем роде открытые АС двойного действия – лабиринтные, в англоязычной терминологии Transmission line (линия передачи). За рубежом они были особенно популярны в начале 70-х годов, чуть позже выпускалась и отечественная акустическая система БАСЛ1. В настоящее время такие АС выпускает фирма TDL.

В этой конструкции тыльная сторона диффузора соприкасается с окружающей средой через трубу-волновод. Когда средняя длина трубы равна половине длины волны излучаемой частоты, наступает резонанс и открытый конец трубы излучает синфазно с передней стороной



диффузора. При длинах волн, которые кратны $0,75$ резонансной длины волны, наступает антирезонанс трубы и происходит снижение развиваемого ей звукового давления. В большинстве конструкций волновод имеет сложенную или свернутую форму, что и послужило поводом для названия.

Обычно волновод имеет прямоугольное сечение, приблизительно равное площади диффузора. Оно может быть постоянным (рисунок 4.8а) или увеличиваться по ходу лабиринта (рисунок 4.8б). В этом случае лабиринт превращается в свернутый рупор.

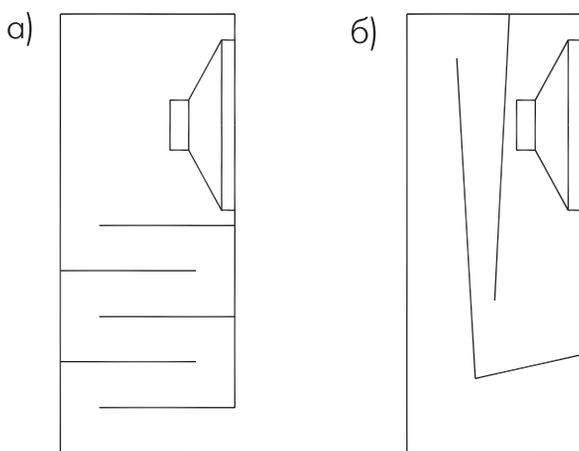


Рис. 4.8. Лабиринт:
а – постоянного сечения,
б – свернутый рупор

Достоинства лабиринта: высокий К.П.Д., улучшенное воспроизведение низших частот. Основной недостаток – большие размеры. Последнее обстоятельство не имело значения, пока лабиринтные АС использовались в домашних аудиосистемах небольшой мощности с ограниченным диапазоном нижних частот (50–100 Гц). Но с появлением источников программ и усилителей с расширенным низкочастотным диапазоном они быстро сошли со сцены. Не последнюю роль сыграл в этом тот факт, что при расширении диапазона частот вниз длина лабиринта растет с устрашающей быстротой. Однако субъективное качество звучания лабиринтных АС существенно выше, чем фазоинверторных. Объясняется это тем, что лабиринт имеет лучшие переходные характеристики, чем фазоинвертор, а практически симметричная нагрузка на диффузор способствует уменьшению искажений, вносимых головкой.



4.3.4. Закрытый корпус

Закрытый корпус (закрытый ящик, ЗЯ, Closed Box, Sealed Box) – это оформление второго порядка (рисунок 4.9а). По сравнению с другими видами нагруженно оформленного оформления менее чувствителен к отклонениям характеристик, что наряду с другими достоинствами снижало ему определенную популярность среди любителей car audio. Основные его достоинства – прекрасная переходная характеристика и отличное сопряжение с передаточной характеристикой салона автомобиля (представляющего собой ФНЧ второго порядка). Это теоретически позволяет получить плоскую АЧХ. Недостаток – низкий К.П.Д., что требует повышенной мощности усилителя, и повышенный уровень четных гармоник из-за несимметричной нагрузки диффузора. [12]

4.3.5. Фазоинвертор и пассивный излучатель

Из всех возможных конструкций систем двойного действия наибольшее распространение получил фазоинвертор (ФИ, Vented Box, Ported Box, Bass Reflex). Конструктивно он представляет собой отверстие или трубу определенного сечения и длины (рисунок 4.9б). Это резонансная система. Заключенная в ФИ масса воздуха на частоте его настройки ведет себя подобно диффузору, являясь источником звуковых колебаний. [12, 119]

Пассивный излучатель (ПИ) – это разновидность ФИ, в котором масса воздуха в тоннеле заменена массой подвижной системы пассивного излучателя (рисунок 4.9в).

Наряду со специальными конструкциями в качестве пассивного излучателя нередко используют обычную динамическую головку (в том числе с удаленной магнитной системой).

ФИ и ПИ – оформление теоретически четвертого порядка (реально – от третьего до четвертого, в зависимости от исполнения и настройки). Поэтому даже с учетом передаточной характеристики салона плоская суммарная АЧХ недостижима. Достоинство – высокий К.П.Д. Переходная характеристика несколько хуже, чем у ЗЯ. Основной недостаток – ниже частоты настройки фазоинвертора амплитуда колебаний диффузора ограничивается только жесткостью подвеса, поэтому



возможно повреждение головки. Для предотвращения этого в тракте сигнала необходимо применять фильтр, срезающий инфранизкие частоты (subsonic filter).

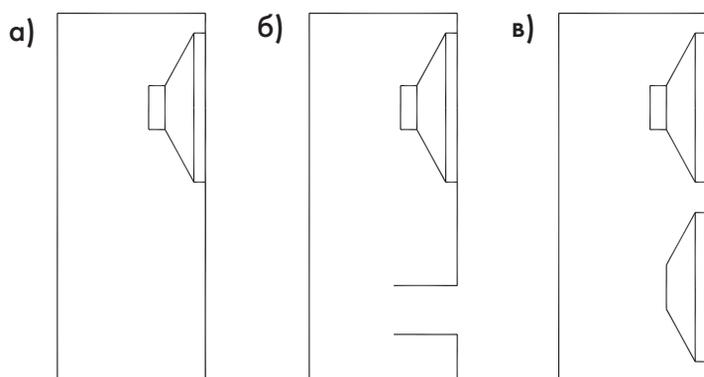
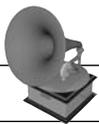


Рис. 4.9. Акустическое оформление: а – закрытый корпус, б – фазоинвертор, в – пассивный излучатель

4.3.6. Акустическая нагрузка

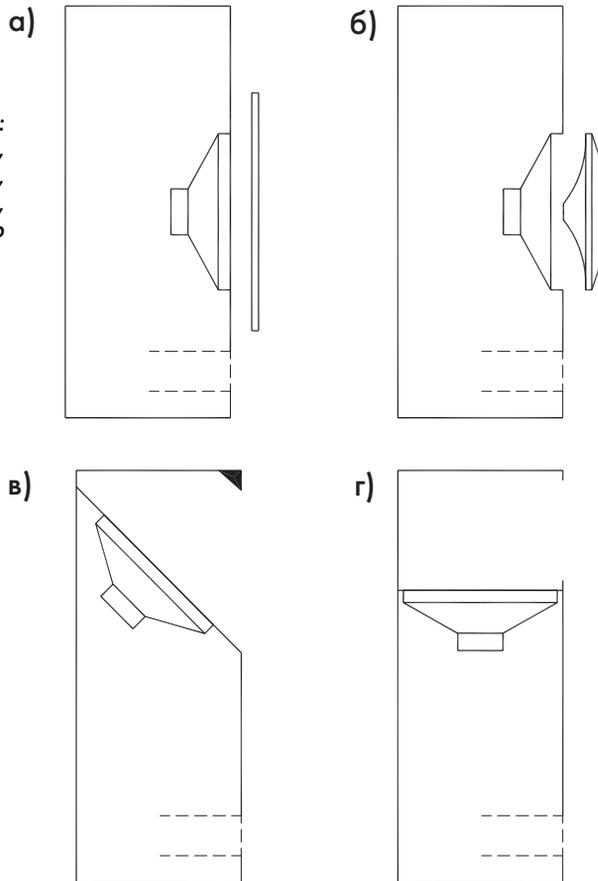
Диффузор динамической головки в закрытом оформлении испытывает существенно разное сопротивление при движении вперед и назад. Асимметричность нагрузки является потенциальным источником нелинейных искажений. Поэтому еще в середине 70-х годов появились акустические системы, в конструкции которых этот недостаток устранялся введением дополнительной акустической нагрузки для передней поверхности диффузора. Аналогичные решения можно использовать и при ограничении амплитуды колебаний диффузора в системах двойного действия. [85]

Акустическую нагрузку можно реализовать различными способами. В простейшем случае (рисунок 4.10а) перед диффузором размещается отражающая поверхность (Reflex Body). Однако такое решение ухудшает чувствительность АС и ее АЧХ на средних частотах. В некоторых современных конструкциях для улучшения АЧХ и диаграммы направленности используется тело вращения чечевицеобразной формы (рисунок 4.10б). С этой же целью можно использовать отражающую поверхность, расположенную под углом (рисунок. 4.10в). Клиновидная нагрузка отчасти играет роль короткого рупора, что способствует акустическому усилению определенного диапазона частот. Как дальнейшее развитие



этой идеи появились акустические системы с резонатором (рисунок 4.10г). После этого оставалось сделать только один шаг к конструкции полосовых громкоговорителей.

Рис. 4.10. Акустическая нагрузка:
а – отражательная панель,
б – «сурдинка»,
в – клиновидная нагрузка,
г – резонатор



4.3.7. Полосовые громкоговорители

Общая черта всех конструкций полосовых громкоговорителей (bandpass) – наличие одной или нескольких резонансных камер и установка динамической головки внутри корпуса. Поскольку эти системы уже не являются системами прямого излучения, их расчет и изготовление весьма сложны. Поэтому распространение получили в основном конструкции четвертого порядка (рисунок 4.11а). Полосовые громкоговорители шестого (рисунок 4.11б,в) и восьмого (рисунок 4.11г,д) порядка встречаются реже.



Полосовое акустическое оформление используется исключительно для сабвуфферов. Достоинство полосового громкоговорителя – высокий К.П.Д., переходные же и фазовые характеристики весьма посредственны и ухудшаются с ростом порядка. Для всех конструкций, кроме закрытого корпуса-резонатора, желательно применение фильтра инфранизких частот (как и для классического фазоинвертора).

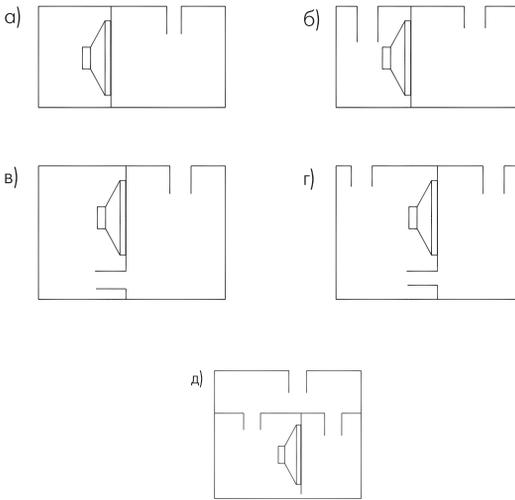
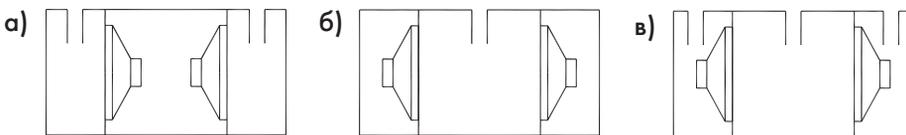


Рис. 4.11.

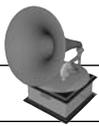
Полосовые громкоговорители:
а – закрытый корпус-резонатор,
б – фазоинвертор двойного действия,
в – фазоинвертор последовательного действия,
г – фазоинвертор последовательного двойного действия,
д – фазоинвертор-резонатор последовательного двойного действия

Рис. 4.12. а, б – варианты трехкамерного резонатора, в – трехкамерный фазоинвертор двойного действия



Помимо рассмотренных конструкций полосовых громкоговорителей с одной динамической головкой, известны также АС, имеющие две головки (рисунок 4.12). Конструкция получена объединением двух одинаковых полосовых систем. Одна из камер становится общей, ее объем при этом удваивается. На рисунке 4.12а,б показаны два варианта оформления четвертого порядка, на рисунке 4.12в – шестого.

Одно из достоинств подобных конструкций состоит в том, что они не требуют специального монофонического канала усиления: каждую головку можно подключить к своему каналу стереофонического УМЗЧ.

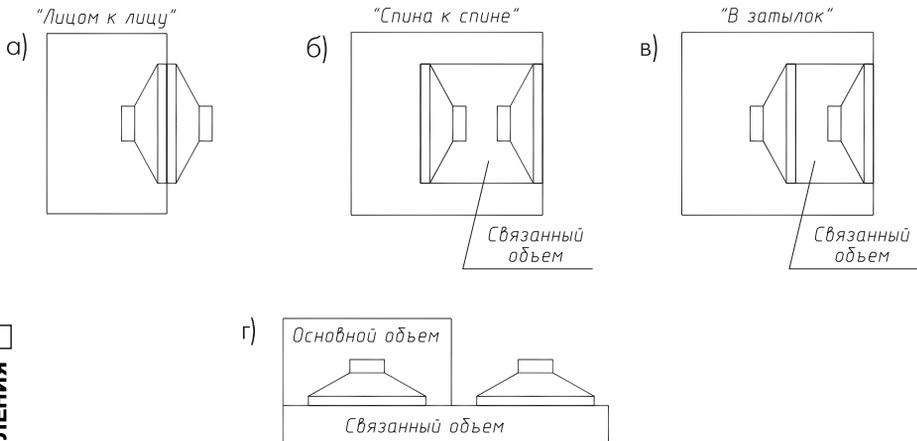


4.3.8. Сдвоенные головки

Практически во всех рассмотренных конструкциях можно использовать сдвоенные динамические головки. Для этого однотипные головки устанавливаются одним из показанных на рисунке 4.13 способов. Получившуюся конструкцию можно рассматривать как новую низкочастотную динамическую головку с совершенно другими свойствами.

Теоретические значения полной добротности и частоты основного механического резонанса получившейся системы рассчитываются как среднее геометрическое от соответствующих величин исходных головок. Поскольку при сдаивании обычно используются однотипные головки с достаточно близкими параметрами, можно считать, что они практически не изменятся. Однако заключенный между диффузорами головок связанный объем воздуха увеличивает эффективную массу подвижной системы, понижая частоту основного механического резонанса головок больших размеров до 80% от исходной.

Рис. 4.13. Установка сдвоенных головок: а – «лицом к лицу», б – «спина к спине», в – «в затылок», г – со связанным объемом



Эквивалентный объем получившейся системы рассчитывается по следующей формуле:

$$V'_{as} = \frac{V_{as}^1 \times V_{as}^2}{V_{as}^1 + V_{as}^2}.$$

Для однотипных головок он составляет, таким образом, приблизительно половину от исходного эквивалентного



объема. Вследствие этого результирующая добротность АС со сдвоенной головкой ниже, чем с одиночной головкой в том же оформлении.

Чувствительность снижается приблизительно на 1,5 дБ. Поскольку при параллельном включении обмоток развиваемая усилителем мощность удваивается, снижение чувствительности не является серьезным недостатком, но требует применения усилителя, рассчитанного на нагрузку с низким импедансом. При последовательном соединении головок потребуется усилитель большей мощности.

4.3.9. Рупор и акустическая линза

Рупор является акустическим трансформатором, согласующим высокое механическое сопротивление подвижной системы головки с низким сопротивлением излучения. Эта мера значительно повышает К.П.Д. громкоговорителя. Поперечное сечение рупора возрастает от начала рупора (горла) к его устью. Основное достоинство рупора состоит в том, что уровень звукового давления убывает пропорционально первой степени расстояния, а не его квадрату. [5, 8]

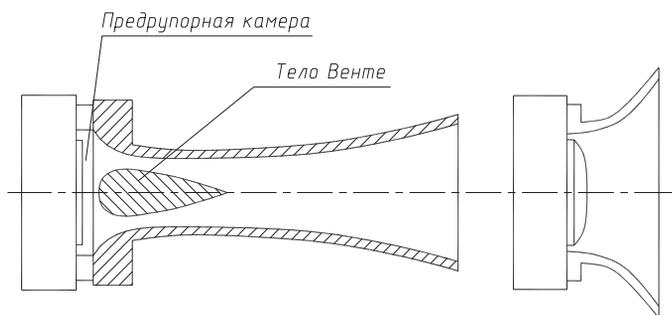


Рис. 4.14. Рупор:
а – узкогорлый,
б – широкогорлый

Существует два варианта исполнения рупора – узкогорлый, площадь входного сечения которого значительно меньше площади диффузора, и широкогорлый, площадь сечения которого сопоставима с площадью диффузора. Узкогорлый рупор применяется для высокочастотных излучателей, а широкогорлый – для низкочастотных и среднечастотных. В конструкции узкогорлого рупора обычно присутствует фазовыравнивающий вкладыш (тело Венге).



Рупор подобен фильтру высоких частот, и теоретическая нижняя воспроизводимая частота F_c определяется периметром устья P :

$$F_c = V_c / P = 340 / P,$$

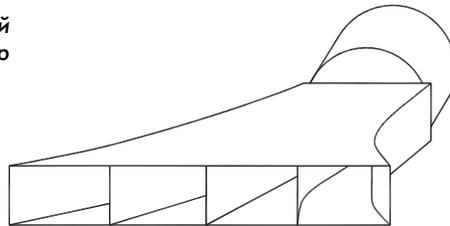
где F_c – нижняя воспроизводимая частота (Гц);
 V_c – скорость звука (м/с);
 P – периметр устья (м).

С этим связан основной недостаток рупора – значительные размеры, что ограничивает его применение в качестве низкочастотного акустического оформления. Поэтому для низкочастотных головок обычно используется укороченный широкогорлый рупор, называемый также направляющим. Реальный рупор, в отличие от идеального, обладает дополнительными искажениями АЧХ вблизи нижней граничной частоты F_c , поэтому рекомендуется использовать его на несколько более высоких частотах.

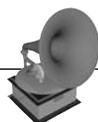
Поскольку направленность излучения на высших частотах увеличивается, для расширения диаграммы направленности используется два способа: секционирование рупора и акустическая линза.

Секционированный рупор можно рассматривать как совокупность нескольких рупоров, акустические оси которых развернуты в пространстве. За счет этого можно добиться расширения диаграммы направленности в нужной плоскости. Расширение рупора может быть обеспечено за счет кривизны как одной, так и нескольких поверхностей, при этом конструкция рупора может быть и несимметричной.

Рис. 4.15. Секционированный рупор



Акустическая рассеивающая линза применяется в оформлении рупорных, а иногда и обычных головок прямого излучения для расширения диаграммы направ-



вленности. В некоторых автомобильных широкополосных головках она встроена в защитную сетку.

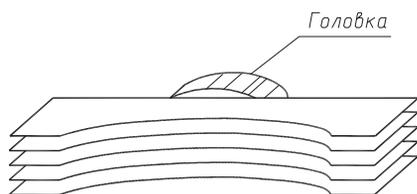
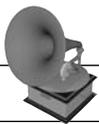


Рис. 4.16. Акустическая линза

4.4. ВЫБОР ГОЛОВКИ И РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ

Тип необходимого акустического оформления напрямую связан с характеристиками динамической головки, и прежде всего – с ее полной добротностью Q_{ts} . Низкой считается полная добротность головки меньше 0,3–0,35; высокой – больше 0,5–0,6. Зная полную добротность динамика, можно сделать вывод о необходимом для него акустическом оформлении. Для работы в закрытом корпусе пригодны головки с добротностью не более 0,8, для работы в фазоинверторе – головки с добротностью менее 0,5. Головки с полной добротностью более 1 предназначены для работы исключительно в открытом оформлении, включая лабиринт.

Оценить пригодность головки для работы в качестве автомобильного сабвуфера (с учетом передаточной характеристики салона) можно по эмпирическим значениям энергетической полосы F_s/Q_{ts} . Естественно, резонансная частота должна быть намного ниже 50 Гц, иначе это уже не сабвуфер. Если это отношение составляет 50 или меньше, излучатель предназначен для работы в закрытом корпусе, если 100 и больше – в фазоинверторе. Если же значение находится в промежутке между 50 и 100, то тут нужно внимательно смотреть на другие параметры – к какому типу акустического оформления динамик тяготеет. Лучше всего для решения этого вопроса использовать специальные компьютерные программы, способные смоделировать в графическом виде акустическую отдачу такого динамика в разном акустическом оформлении с учетом передаточной характеристики салона. С этих же позиций для работы в акустически разгруженном (открытом) оформлении надо выбирать головку с высокой полной добротностью (не меньше 0,6) и резонансной частотой 40–50 Гц. Правда, в этом случае приходится учитывать и другие факторы.



Кроме того, необходимо знать эквивалентный объем головки V_{as} и ее собственную резонансную частоту в открытом пространстве F_s . Она определяет нижнюю границу полосы воспроизводимых частот. Все виды акустического оформления, кроме открытого, повышают частоту резонанса и полную добротность головки. Зная эквивалентный объем, можно оценить необходимый объем корпуса, исходя из допустимой степени повышения этих параметров.

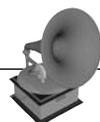
В подавляющем большинстве автомобильных систем для установки среднечастотных и широкополосных головок используются различные варианты открытого акустического оформления, обычно встроеного исполнения.

Второе место в «рейтинге популярности» сегодня разделили закрытый корпус и фазоинвертор, применяемые как для мидбасового звена, так и в сабвуферах. Кроме того, ЗЯ сравнительно небольшого объема применяется и при оформлении среднечастотных и широкополосных головок, установленных совместно с низкочастотными. Изоляция тыльной стороны диффузоров от излучения мощной НЧ-головки устраняет перегрузку их подвижной системы и интермодуляционные искажения.

Такие «экзотические» виды акустического оформления, как пассивный излучатель и полосовой громкоговоритель 4–8 порядков, применяются исключительно в сабвуферах.

С распространением ПО для расчета акустического оформления сложность проектирования уже не является сдерживающим фактором, но, поскольку число «степеней свободы» оформления растет, для оформления высокого порядка необходимы обязательный контроль параметров динамических головок и настройка готового изделия. Поэтому наибольшее распространение в любительских конструкциях получили ЗЯ и ФИ, «снисходительные» к точности исходных величин и качеству исполнения и легко поддающиеся настройке. По той же причине полосовые излучатели в любительских установках встречаются, как правило, в виде готовых изделий с порядком не выше четвертого. Более высокий порядок – редкость даже среди промышленных и профессиональных конструкций.

Перечисленными видами оформления практически и ограничиваются в установке автомобильных акустических систем. Акустический рупор и лабиринт ввиду значительных размеров – большая редкость даже в «домашней» акустике, а применить их в автомобиле практически невоз-



можно. Исключение (пока крайне редкое) составляют только рупорные «пищалки».

При расчете акустического оформления рекомендуется ориентироваться на результирующую добротность $Q_{тс}$ в диапазоне 0,5–1,0.

Этот параметр влияет не только на АЧХ, но и на переходные характеристики АС и в значительной степени определяет характер звучания. При добротности 0,5 достигается наилучшая переходная характеристика, при добротности 0,707 – наиболее гладкая АЧХ. Аудиофильский бас получается при добротности 0,5–0,6. Нейтральной и «всеядной» считается добротность 0,7–0,75. При добротности 0,85–0,9 бас становится рельефным и упругим. При добротности 1,0 на частоте среза появляется «горбик» амплитудой 1,5 дБ, на слух воспринимаемый как «хлесткий» звук. При дальнейшем росте добротности на АЧХ появляется ярко выраженный резонансный «горб», дающий характерный «гудящий» призыв. Впрочем, в некоторых случаях с учетом характера музыкального материала и передаточной характеристики салона это может оказаться полезным. Вот почему в установочных студиях всегда интересуются музыкальными предпочтениями клиентов: исходя из этого выбирается добротность готовой системы.

Изготовление акустического оформления описано в главе 9.

4.4.1. Передаточная характеристика салона

Салон автомобиля ввиду малых размеров оказывает существенное влияние на воспроизведение звука, особенно в области низших частот. Для этой области можно выделить две особенности: локальные дефекты АЧХ, вызванные резонансными явлениями, и подъем АЧХ на низших частотах. Воздействие указанных факторов в совокупности называется передаточной характеристикой салона. [31] Поэтому автомобильный сабвуфер вне машины нормально звучать не будет, так же как и «домашний» – в машине.

На рисунке приведена обобщенная передаточная характеристика салона легкового автомобиля средних размеров. Индивидуальные передаточные характеристики для распространенных типов автомобилей приведены в **приложении 1**. Они были получены при установке эталонной АС в районе передней двери. Для частот выше 150–200 Гц поведение АЧХ определяется свойствами конкретного салона и особенностями установки. Общие тенденции сохраняются, но характеристики будут весьма индивидуальными,

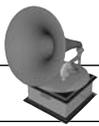
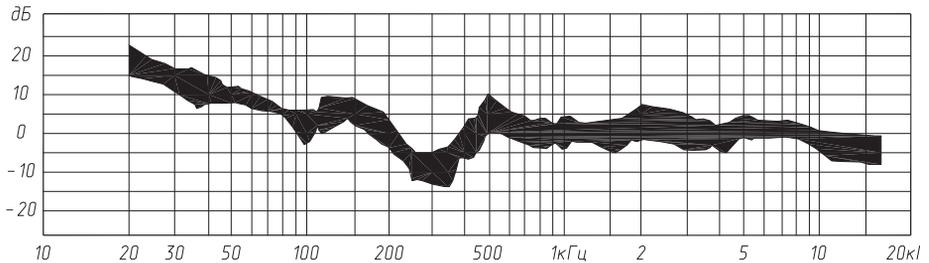


Рис. 4.17. Передаточная характеристика салона легкового автомобиля средних размеров



В пределах компрессионной зоны звуковое давление определяется амплитудой колебаний диффузора и теоретически растет обратно пропорционально частоте с крутизной 12 дБ/окт. В первом приближении (без учета потерь) можно считать, что частота, на которой подъем АЧХ составляет 3 дБ, равна

$$F_3 = V_s / 2L_{\max} = 170 / L_{\max}$$

где F_3 – граничная частота (Гц);
 $V_s = 340$ м/с – скорость звука;
 L_{\max} – максимальный размер салона (м).

Таким образом, для «Оки» эта частота равна примерно 80 Гц, для «классики» и «зубил» 65–70 Гц, для крупных кузовов «универсал» 55–60 Гц. Однако на практике подъем АЧХ с такой крутизной происходит в диапазоне примерно одной октавы, после чего подъем замедляется. Поведение АЧХ на самых низких частотах определяется герметичностью конкретного кузова и конечной жесткостью кузовных панелей, поэтому реально подъем составляет 12–15 дБ и весьма индивидуален. Для участка от 50 до 80 Гц кривые



для большинства легковых автомобилей практически совпадают и в расчетах можно принимать среднее значение $F_3=63...65$ Гц.

На частотах, где работает волновой механизм излучения, благодаря наличию в салоне относительно параллельных поверхностей (боковые стенки, пол и потолок) создаются условия для возникновения стоячих волн. Практическое значение имеют только колебания на основной частоте и субгармониках (частотах, которые составляют целую часть частоты основного колебания), интенсивность остальных составляющих весьма мала. Реально из-за наличия препятствий в виде сидений и пассажиров и интерференции большинство резонансов подавляется, а явно выражен только поперечный или вертикальный резонанс салона. Он проявляется на тех частотах, где ширина (высота) салона соответствует половине длины волны (для большинства легковых автомобилей это 120–150 Гц). На частоте примерно вдвое большей наблюдается антирезонанс салона, вызванный сложением прямой и отраженной волны. Наибольшей неравномерностью АЧХ в этой области обладает кузов, ширина и высота которого близки по величине.

На слух резонанс салона проявляется в виде неприятного гула и «бубнения». В первом приближении можно считать, что частота резонанса салона равна

$$F_r = V_s / 2W = 170 / W,$$

где F_r – частота резонанса (Гц);

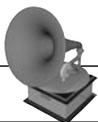
$V_s = 340$ м/с – скорость звука;

W – ширина (высота) салона (м).

Вредное влияние резонанса может быть снижено за счет применения мягкой облицовки дверей и потолка, но полностью подавить его возможно только путем коррекции АЧХ тракта. Например, замена штатных гладких дверных облицовок ВАЗ-2107 на мягкие велюровые уменьшила «горб» на АЧХ с 8 дБ до 6 дБ, а частота резонанса за счет снижения добротности колебательной системы снизилась со 140 Гц до 130 Гц. Кроме того, характер резонансного «горба» и антирезонансной «ямы» зависит от направления излучения НЧ динамика.

4.4.2. Расчет открытого оформления

Расчет обычно не производят, уповая на универсальность динамических головок и установку в штатные места. Однако при выборе головок под конкретный вариант от-



крытого оформления тем не менее стоит учесть их характеристики и произвести несложную проверку.

Открытое оформление автомобильных АС создается, как правило, панелями салона. Характеристики их далеки от необходимых, изменить их практически невозможно. Поэтому приходится заранее мириться с ухудшением АЧХ системы в области низких частот. Площадь идеального акустического экрана (то есть такого, который не влияет на воспроизведение частот выше резонансной) составляет [12]:

$$S=0,125(V_s/F_s Q_{ts})^2, \text{ (м}^2\text{)},$$

где $V_s=340$ м/с – скорость звука в воздухе;

F_s – частота основного резонанса головки (Гц);

Q_{ts} – полная добротность головки.

Поскольку площадь реального акустического экрана значительно меньше идеальной, при установке динамических головок в такое оформление на нижней частоте воспроизводимого диапазона появится спад АЧХ [12]:

$N=10\lg(S'/S)$, (дБ), где S' – фактическая площадь экрана.

Если взять $F_s=60$ Гц, $Q_{ts}=0,8$ (типичные значения для «блинов»), площадь идеального экрана составит $6,2$ м². Площадь задней полки даже в «четверке» раз в шесть меньше, поэтому спад АЧХ на частоте 60 Гц составит порядка 8 дБ. Даже с учетом передаточной характеристики салона воспроизведение частот ниже 100 Гц будет заметно ослаблено. [9, 85]

Акустическое оформление «открытый корпус» эквивалентно плоскому экрану, если суммарная площадь всех поверхностей корпуса (кроме задней стенки) равна площади экрана, а глубина корпуса не превышает 1/8 наибольшей волны. Корпус без задней стенки представляет собой резонатор Гельмгольца, частота настройки которого составляет [119]:

$$F_o = 5460(\sqrt[4]{S_o}/\sqrt{V_o}),$$

где S_o – площадь отверстия (см²);

V_o – объем корпуса (см³).

Частота настройки открытого корпуса должна в 1,5–2 раза превышать резонансную частоту головки, в противном случае возрастает неравномерность АЧХ.



Эта же формула пригодна для расчета открытых резонаторных камер акустически нагруженного оформления (рисунок 4.10).

4.4.3. Расчет лабиринта

Частота настройки лабиринта, при которой его средняя длина равна половине длины волны излучаемой частоты, определяется по формуле:

$$F=170/L,$$

где F – частота настройки (Гц);
 L – длина лабиринта (м).

При этом наступает резонанс трубы и ее открытый конец излучает синфазно с передней стороной диффузора. При длинах волн, которые кратны $0,75$ резонансной длины волны, наступает антирезонанс трубы и происходит снижение развиваемого ей звукового давления. Обычно частоту антирезонанса совмещают с частотой основного резонанса головки F_s , что приводит к подавлению резонансного пика и позволяет расширить вниз полосу воспроизводимых частот (до $0,75F_s$). С учетом этого формула для определения длины лабиринта приобретает следующий вид:

$$L=225/F_s,$$

где L – длина лабиринта (м);
 F_s – частота резонанса головки (Гц).

Площадь сечения лабиринта должна быть близка к площади диффузора головки.

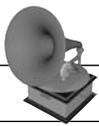
4.4.4. Расчет закрытого корпуса

Частота резонанса и полная добротность головки при установке в закрытый корпус объемом V_c , соизмеримым с эквивалентным V_{as} , увеличиваются:

$$F_c=kF_s,$$

$$Q_{tc}=kQ_{ts},$$

где $k = \sqrt{(1 + V_{as} / V_c)}$.



Таким образом, при установке головки в ЗЯ с объемом, равным эквивалентному, ее резонансная частота и полная добротность увеличиваются в 1,41 раза, в корпусе объемом $0,5V_{ас}$ – в 1,73 раза и так далее. Именно это обстоятельство ограничивает применение головок от «домашних» АС в автомобиле, поскольку они в большинстве случаев требуют значительного объема корпуса. Однако характеристики корпуса можно скорректировать, если заполнить его звукопоглотителем.

В некоторых случаях головки, предназначенные для работы в открытом оформлении, по конструктивным соображениям приходится устанавливать в закрытый корпус. Объем его должен быть таким, чтобы частота резонанса и полная добротность изменились незначительно. Если неизвестен эквивалентный объем головки (случай на практике обычный), необходимый объем корпуса можно приближенно оценить по следующей эмпирической формуле [119]:

$$V_c = 0,125D^2,$$

где D – диаметр диффузора (см);

V_c – объем корпуса (л).

4.4.5. Расчет фазоинвертора и пассивного излучателя

Фазоинвертор представляет собой резонатор Гельмгольца, поэтому для расчета фазоинвертора в виде отверстия в панели (без туннеля) можно воспользоваться уже приводившейся приближенной формулой [119]:

$$F_b = 5460(\sqrt[4]{S_b}/\sqrt{V_c}),$$

где S_b – площадь отверстия (см²);

V_c – объем корпуса, (см³).

Из этой формулы видно, что частота настройки фазоинвертора зависит от объема корпуса гораздо сильнее, чем от площади отверстия. Некоторое влияние на частоту настройки фазоинвертора оказывает соотношение размеров отверстия и его форма. При переходе от отверстия круглой или квадратной формы к прямоугольному (при сохранении площади) частота настройки фазоинвертора возрастает на 6–12%.



Недостаток фазоинвертора без туннеля заключается в том, что для повышения эффективности площадь отверстия ФИ должна быть сопоставима с площадью диффузора головки. Объем корпуса при этом получается достаточно большим, что не всегда удобно. Сохранить частоту настройки фазоинвертора и уменьшить необходимый объем корпуса можно, уменьшая сечение и увеличивая длину туннеля фазоинвертора. В этом случае частота настройки приблизительно описывается следующей формулой [119]:

$$F_b = (5460 \sqrt{(S_b k^{0,12})}) / \sqrt{(V_c (L + S_b^{0,5}))},$$

где S_b – площадь отверстия (см^2);

V_c – объем корпуса (см^3);

L – толщина панели или длина туннеля (см);

K – соотношение сторон отверстия.

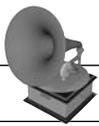
Длина прохода не должна превышать 0,1 длины волны, соответствующей частоте настройки фазоинвертора:

$$L < 34 / F_b,$$

где L – длина туннеля (м);

F_b – частота настройки фазоинвертора.

Экспериментальным путем установлено, что отверстие обеспечивает большую отдачу в области НЧ, щель – лучшее демпфирование резонанса подвижной системы, а туннель – более низкую граничную частоту АС. При настройке фазоинвертора на частоту основного резонанса головки F_s снижаются нелинейные искажения. При настройке на более низкую частоту (вплоть до $0,7F_s$) расширяется диапазон воспроизводимых частот. Увеличение массы воздуха в туннеле приводит к повышению добротности фазоинвертора и увеличению отдачи. Однако следует иметь в виду, что переходные характеристики фазоинверторов с ростом добротности ухудшаются. Собственные колебания большой массы воздуха в туннеле могут затухать в течение 30–40 мс, что порождает нежелательные призвуки. Колебательная скорость воздуха в туннеле при малом его сечении возрастает, что приводит к заметному на слух «шипению». В некоторых случаях по соображениям компоновки бывает удобно увеличить число портов фазоинвертора. Суммарная площадь их должна равняться площади сечения, вычисленной для единственного порта. Длина же будет несколько больше расчетной, поскольку с увеличением числа туннелей растут и потери в них.



Точный расчет фазоинвертора с учетом добротности примененной динамической головки, числа и формы портов лучше произвести при помощи специальных программ расчета. Практика показывает, что эти программы несколько завышают объем корпуса, поэтому система получается недодемпфированной и звучание приобретает «затянутый» характер.

Для получения «четкого» баса объем корпуса следует выбрать таким, чтобы результирующая добротность АС в ЗЯ этого объема составляла 0,63–0,65 (см. 4.4.4). После этого можно использовать программу. Если такой возможности нет, расчет фазоинвертора можно произвести вручную. Однако следует иметь в виду, что передаточную характеристику салона в этом случае придется учитывать отдельно.

Для расчета можно использовать приведенную ранее формулу, учитывающую соотношение сторон отверстия. Для отверстий круглого сечения, наиболее распространенных на практике, ее можно упростить. Если привести размерность к системе СИ, формула примет следующий вид:

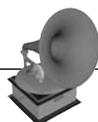
$$\frac{L_v}{S_v} = \frac{3097}{V_b F_b^2} - \frac{1}{\sqrt{S_v}},$$

где L_v – длина тоннеля, м;
 S_v – площадь сечения тоннеля, м²;
 V_b – объем корпуса, м³;
 F_b – частота настройки ФИ, Гц.

Для прикидочных расчетов (поместится ли туннель в габаритах АС) последним членом выражения можно пренебречь, длина тоннеля в этом случае будет завышена на 20–30%. Формула примет следующий вид (размерность та же):

$$L_v = \frac{3097 S_v}{V_b F_b^2}.$$

Если полученная величина является неприемлемой, можно выбрать другие начальные условия и повторить расчет. Необходимо учитывать, что внутреннее отверстие тоннеля должно быть удалено от внутренней стенки корпуса на расстояние, не меньшее его диаметра. Если труба фазоинвертора не помещается в корпусе, ее можно частично вывести наружу или использовать трубу изогнутого сечения. В этом случае в расчете будет фигурировать ее сред-



няя длина. Кроме того, объем трубы при расчете не входит в объем корпуса, и его нужно учитывать отдельно.

Окончательно настройка фазоинвертора производится изменением длины тоннеля или площади сечения отверстия. Контролировать частоту настройки фазоинвертора лучше всего путем измерения кривой импеданса головки (рисунок 4.18). Для фазоинвертора Z -кривая имеет характерный двугорбый вид, ее минимум соответствует частоте настройки фазоинвертора F_b . При добротности фазоинвертора более 10 пики на частотах F_1 и F_2 имеют приблизительно одинаковую величину. [12]

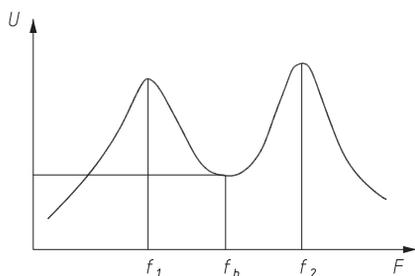


Рис. 4.18. Z -характеристика фазоинвертора

Другой, более удобный на практике, способ контроля частоты настройки – визуальный. На частоте настройки фазоинвертора амплитуда колебаний диффузора минимальна, а практически все излучение создается фазоинвертором. Медленно изменяя частоту сигнала, поданного на АС, определяют момент кажущейся «остановки» диффузора и определяют значение частоты по шкале генератора (частотомера).

Большие перспективы в любительских установках у пассивного излучателя. В ряде случаев он может оказаться предпочтительней фазоинвертора. При использовании динамической головки с большим ходом диффузора для устранения шума воздуха в тоннеле фазоинвертора его сечение приходится значительно увеличивать. При этом длина тоннеля может превысить размеры корпуса. В этом случае удобнее перейти к использованию пассивного излучателя.

В отличие от фазоинвертора, частота настройки ПИ обычно выбирается в 2–3 раза ниже частоты резонанса основной головки. В роли пассивного излучателя можно использовать динамическую головку. При использовании обычной головки в качестве ПИ снижение резонансной частоты обеспечивается увеличением массы подвижной системы при помощи дополнительных грузиков. [12]



Возбуждаемый объем ПИ (произведение площади диффузора на его ход) должна быть равен или больше возбуждаемого объема основной головки. Для повышения эффективности ПИ удобно увеличивать его площадь. Для этого можно использовать как одну головку большего размера, так и несколько головок. В сабвуфере Infinity применены три головки диаметром 10 дюймов: одна активная и две пассивных.

Рис. 4.19. Промышленная конструкция ПИ



Обычно головку ПИ используют без магнитной системы, но лучше использовать полноценную головку. Настраивать ПИ в таком случае можно уже не только механически (меняя массу подвижной системы пассивного излучателя), но и электрическим способом – изменяя сопротивление резистора, подключенного параллельно звуковой катушке пассивного излучателя. Этот нетрадиционный метод позволяет изменять характеристики системы от ФИ до ЗЯ. На рисунке 4.20 приведена экспериментально полученная зависимость модуля полного электрического сопротивления динамической головки 25ГДНЗ–4 в ЗЯ объемом 7 л с пассивным излучателем 25ГДН4–4. На графике указано сопротивление шунта. Хорошо видно изменение характера Z-характеристики: от типичной «фазоинверторной» (при отсутствии шунта), до характеристики закрытого корпуса (при замкнутой звуковой катушке).



Частота настройки ПИ определяется по формуле:

$$F_b = F_r \sqrt{C_c / C_r},$$

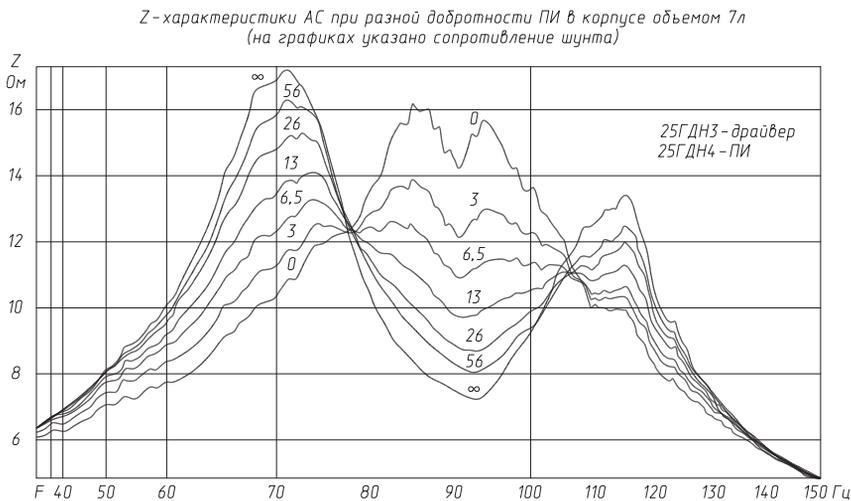
где F_b – частота настройки ПИ (Гц);

F_r – собственная частота резонанса ПИ (Гц);

C_c – гибкость воздуха в корпусе;

C_r – гибкость подвижной системы ПИ.

Рис. 4.20. Влияние шунтирования ПИ на Z-характеристику АС



Предлагаемые в ряде справочных изданий [12] графические методы расчета ПИ и ФИ не очень точны. Удобнее воспользоваться современными компьютерными программами расчета, многие из которых позволяют учесть передаточную характеристику салона. Это позволяет быстро оценить действие всех параметров на АЧХ системы. Программное обеспечение для расчета акустического оформления можно найти в Internet.

4.4.6. Расчет рупора

Необходимость расчета рупора в любительской практике может возникнуть при создании акустического оформления среднечастотных и высокочастотных излучателей. Наибольшее распространение получили рупоры, площадь поперечного сечения которых изменяется по экспоненциальному закону [5, 119]:



$$S_x = S_0 e^{\beta x},$$

где S_0 – площадь входного отверстия (горла) рупора;
 S_x – площадь сечения рупора на расстоянии X от
горла;

X – осевая координата (м);

β – коэффициент расширения рупора, который
определяется из выражения:

$$\beta = 4\pi F_c / V_c = F_3 / 27,$$

где F_3 – нижняя воспроизводимая частота, (Гц);

$V_c = 340$ м/с – скорость звука.

На практике в качестве единицы измерения удобнее
использовать не метры, а сантиметры. В этом случае коэф-
фициент расширения определяется из выражения:

$$\beta = F_c / 2700.$$

Порядок расчета такой: задав нижнюю граничную ча-
стоту рупора, определяем коэффициент расширения. За-
тем, задавая небольшие приращения X , рассчитываем пло-
щади сечений рупора. Необходимо также проверить соот-
ветствие периметра устья P заданной граничной частоте:

$$P \geq V_s / F_c = 340 / F_c.$$

Если периметр устья меньше, то рупор является укороченным. В этом случае отражения в устье вызывают нежелательные пики и провалы амплитудно-частотной характеристики в районе нижней граничной частоты. Таким образом, если размеры устья ограничены, следует увеличить нижнюю граничную частоту до значения, соответствующего размеру устья.



УСИЛИТЕЛИ

Появление автомобильных усилителей в конце 70-х годов теперь уже прошлого века связано с распространением автомобильных многополосных акустических систем в закрытом корпусе, чувствительность которых была заметно ниже традиционных широкополосных. Максимальная выходная мощность радиоприемников и автомагнитол в ту пору не превышала 4–5 Вт на канал и возможности новых АС не использовались полностью. [68, 101]

Первые автомобильные усилители (бустеры) представляли собой мостовые варианты обычных схем. При напряжении питания 12 В максимальная выходная мощность на нагрузке 4 Ом составляла 15–20 Вт на канал. В некоторых конструкциях, подобно «домашним» усилителям, имелись собственные регуляторы громкости и тембра, эквалайзеры, а также линейные входы. Первоначально дополнительные усилители выполнялись на дискретных элементах, затем – на ИС. Описания любительских конструкций таких усилителей неоднократно публиковались на страницах журнала «Радио» и других радиолюбительских изданий.

Возросшие требования к качеству звуковоспроизведения заставили конструкторов автомагнитол повысить выходную мощность встроенных усилителей. Практически во всех моделях они стали мостовыми с выходной мощностью 15–20 Вт на канал. Эра бустеров закончилась, но в бюджетной группе подобные изделия еще встречаются. Благодаря рациональному монтажу и правильно выбранной элементной базе качество звучания таких усилителей может оказаться выше, чем встроенных в головное устройство. [109]

Дальнейшее повышение качественных показателей автомобильных усилителей (и в первую очередь – выходной



мощности) потребовало применения повышенного напряжения питания. Емкостное удвоение питающего напряжения при повышении выходного сигнала (ИС TDA1562, TDA1564) в теории обеспечивает до 50 Вт на канал, но на реальной комплексной нагрузке не способно обеспечить качественное воспроизведение басового диапазона. Поэтому для наращивания запаса мощности системы и повышения качества звучания неизбежно использование УМЗЧ на дискретных компонентах с питанием от импульсного преобразователя напряжения (ПН).

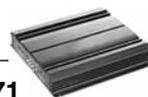
Так в конструкции автомобильных усилителей появились преобразователи напряжения. Забегая вперед, можно отметить, что противоборство магнитол и внешних усилителей не закончилось. В 2001–2002 году появились головные устройства, встроенный усилитель которых снабжен преобразователем напряжения и обеспечивает номинальную выходную мощность до 30 Вт на канал (60 «автомобильных» Вт).

5.1. ПАРАМЕТРЫ УСИЛИТЕЛЯ И КАЧЕСТВО ЗВУЧЕНИЯ

Несмотря на большое количество измеряемых параметров, субъективно воспринимаемое качество звучания определяется не цифрами. Одна и та же акустическая система, подключенная к разным усилителям с одинаковыми характеристиками, «звучит» совершенно по-разному. Производители аппаратуры старательно (и, видимо, сознательно) игнорируют тот факт, что акустическая система и усилитель – звенья одной цепи и их нельзя рассматривать (и проектировать) в отрыве друг от друга. Даже методики измерения одних и тех же параметров по разным стандартам отличаются! Поэтому взыскательным слушателям приходится перебирать различные сочетания усилителей и АС в поисках «своего» звучания. Очевидно, что принятый на сегодня список обязательных параметров ограничен (или вообще неверен), но другие методы сравнения усилителей пока не созданы.

Для современного усилителя «джентльменский набор» выглядит так:

- номинальная выходная мощность, при которой коэффициент гармоник не превосходит заданной стандартом величины (например, 0,1%). Измеряется на синусоидальном сигнале при номинальном сопротивлении нагрузки.



- максимальная выходная мощность, при которой коэффициент гармоник не превосходит заданной величины (чаще всего 10%). Измеряется на синусоидальном сигнале при номинальном сопротивлении нагрузки и обычно превышает номинальную мощность на 20–40%. Характеризует качество источника питания.
- музыкальная (пиковая) мощность указывается не всегда. Она имеет мало общего с предыдущими параметрами и характеризует, в основном, способность выходного каскада усилителя кратковременно отдавать в нагрузку значительный ток. Превосходит номинальную мощность в несколько раз. Методики измерения постоянно совершенствуются, а результаты растут...
- минимальное сопротивление нагрузки. Для автомобильных усилителей обычно в два раза меньше номинального, что вытекает из условия возможности работы пары каналов в мостовом включении на номинальную нагрузку.
- коэффициент гармоник при малой мощности (чаще всего при мощности 0,1 от номинальной). Обычно зависит от частоты.
- коэффициент интермодуляционных искажений. Существует несколько методик измерения, отличающихся результатами.
- диапазон воспроизводимых частот. Определяет граничные частоты, на которых коэффициент усиления снижается на заданную величину (в зависимости от выбранной методики измерения на 1–3 дБ). Этот параметр в некоторых случаях зависит от уровня сигнала, на котором проводились измерения и не может быть уже 20 Гц–20 кГц. Во многих современных усилителях простирается практически от постоянного тока до сотен килогерц.
- скорость нарастания выходного напряжения.
- коэффициент демпфирования (демпинг-фактор).

5.1.1. Выходная мощность

Необходимую мощность усилителя можно определить только с учетом акустических свойств помещения и характеристик АС, нередко при этом совершенно справедливо руководствуются принципом «запас карман не тянет». Если исходить из того, что пик-фактор музыкального сиг-



нала (отношение максимальных уровней к среднему) может быть больше 30, а суммарная выходная мощность автомобильной аудиосистемы (без учета сабвуфера) при средней громкости составляет примерно 10 Вт, то для неискаженной передачи сигналов максимального уровня требуется усилитель мощностью около киловатта! К счастью, эта мощность требуется на весьма короткие промежутки времени, поэтому в данном случае можно с оглядкой опираться на «музыкальную» мощность. Не последнюю роль играет и тот факт, что пик-фактор для музыки разных жанров может существенно отличаться.

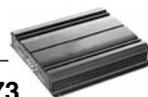
5.1.2. Гармонические и интермодуляционные искажения

Гармонические искажения характеризуют общую нелинейность усилителя, а интермодуляционные – характер (порядок) этой нелинейности. Более информативен не уровень искажений, а их спектр и частотная зависимость, но эти данные приводятся крайне редко. Субъективно интермодуляция более заметна, чем гармонические искажения. Поэтому для усилителей на биполярных транзисторах можно считать допустимым коэффициент гармоник не более 0,05–0,1%, а для усилителей с выходным каскадом на полевых транзисторах (более линейных, чем биполярные) – до 0,3–0,5%.

В том случае, если усилители используются в системе с многополосным усилением, происходит разделение спектра продуктов искажений по частотным каналам. В этом случае наиболее высокие требования предъявляются к каналу средних частот, перекрывающему область наибольшей чувствительности уха. Кроме того, не надо забывать тот факт, что искажения сигнала в динамической головке на средних частотах достигают нескольких процентов, а в области резонанса – десятков процентов.

5.1.3. Скорость нарастания выходного напряжения

После того, как покупатели научились скептически относиться к фантастически высоким цифрам выходной мощности и исчезающе малым процентам искажений, на сцену вышел новый показатель – скорость нарастания выходного напряжения. Какой же должна быть эта характеристика?



Прежде всего, надо разграничить скорость нарастания выходного напряжения усилителя (технический параметр усилителя) и скорость нарастания напряжения сигнала (характеристика самого сигнала). Понятие «скорость нарастания выходного напряжения» применительно к усилителю имеет смысл только в совокупности с выходной мощностью и частотой сигнала. Для усилителей большой мощности этот параметр должен быть несколько больше, чем у маломощных, в противном случае полоса воспроизводимых частот будет сужаться с ростом мощности или частоты сигнала – наступит ограничение по скорости нарастания в усилителе.

Установлено, что для воспроизведения музыки вполне достаточна скорость нарастания 0,22–0,55 В/мкс на вольт амплитуды выходного сигнала. Например, при выходной мощности 25 Вт на нагрузке 4 Ом амплитуда выходного напряжения составит 14 В, а необходимая скорость нарастания – 3–8 В/мкс. Для усилителей мощностью до 50 Вт увеличение этого параметра сверх 15 В/мкс лишено смысла. Скорость нарастания реальных сигналов заведомо меньше, если не считать специальных тестовых сигналов.

5.1.4. Коэффициент демпфирования

Демпинг-фактор (в отечественной литературе коэффициент демпфирования) – характеристика усилителя, определяющая его взаимодействие с нагрузкой (акустической системой). В описании многих усилителей этот параметр приобретает почти мистический смысл. Какой же коэффициент демпфирования необходим и стоит ли гнаться за рекордными цифрами? [83]

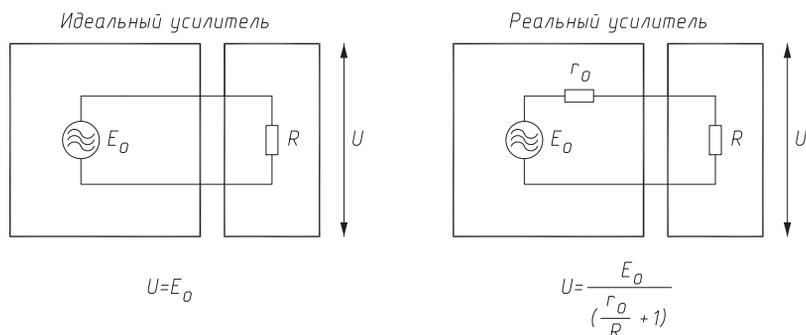
Усилители мощности звуковой частоты (УМЗЧ) по отношению к нагрузке делятся на два класса – источники напряжения и источники тока. [13] Последние находят пока очень ограниченное применение, а практически все серийные модели являются усилителями – источниками напряжения.

Идеальный усилитель напряжения при любом сопротивлении нагрузки создает на выходе одинаковое напряжение. Другими словами, выходное сопротивление идеального источника напряжения равно нулю. Однако идеальных вещей в природе не существует, поэтому реальный усилитель обладает определенным внутренним сопротивлением. Это означает, что напряжение на нагрузке будет зависеть от ее сопротивления (рисунок 5.1).



Однако потеря выходного напряжения – не самое главное следствие того, что усилитель обладает выходным сопротивлением. При любом перемещении звуковой катушки в зазоре магнитной системы в ней наводится электродвижущая сила (ЭДС). Эта ЭДС, замыкаясь через выходное сопротивление усилителя, создает ток, противодействующий перемещению катушки. Величина этого тока и сила торможения обратно пропорциональны выходному сопротивлению усилителя. Это явление называется электрическим демпфированием громкоговорителя и в значительной степени определяет характер воспроизведения импульсных сигналов.

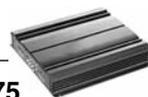
Рис. 5.1. Выходное сопротивление усилителя



Динамическая головка – сложная колебательная система, имеющая несколько частот резонанса (механический резонанс подвижной системы, внутренние резонансы подвеса и диффузора и т.д.). При воспроизведении импульсного сигнала возникают колебания на резонансных частотах системы. Неприятность заключается в том, что при слабом демпфировании эти затухающие колебания могут продолжаться и после того, как закончился вызвавший их импульс. В результате воспроизведение будет сопровождаться призвуками, окрашивающими звучание.

Задача конструктора аудиосистемы – демпфировать громкоговоритель так, чтобы собственные колебания затухали как можно быстрее. Однако для этого не так уж много средств. Возможны три способа демпфирования головки:

- механическое демпфирование, определяемое потерями на внутреннее трение в подвесе
- акустическое демпфирование, определяемое особенностями акустического оформления
- электрическое демпфирование, определяемое выходным сопротивлением усилителя



Механическое демпфирование определяется конструктивными особенностями динамической головки и закладывается на этапе ее проектирования. Изменить его величину в готовой АС редко представляется возможным. Как самостоятельное решение акустическое демпфирование применяется в виде заполнения корпуса акустической системы звукопоглощающим материалом. Кроме того, акустическое демпфирование входит в конструктивное оформление закрытых СЧ и ВЧ головок. Некоторое влияние на акустическое демпфирование оказывает и сопротивление излучения динамической головки. Однако вклад всех этих составляющих в общую степень демпфирования головки невелик. Таким образом, электрическое демпфирование становится основным инструментом воздействия на переходные характеристики системы «усилитель – динамическая головка».

Взаимосвязь характера звучания с выходным сопротивлением усилителя заметили еще в пору ламповых усилителей, в 50-е годы. Особенно заметна была разница в звучании усилителей с выходным каскадом на триодах и пентодах. Пентодные усилители обладали значительным выходным сопротивлением, вследствие чего динамические головки были недодемпфированы и звучание приобретало гулкий призывок. Введение отрицательной обратной связи позволило снизить выходное сопротивление усилителя, но полностью проблему не решало. Удивительно, что спор о том, какой усилитель лучше, продолжается и полвека спустя. А ведь дело не только в усилителе, но и в акустической системе.

Для оценки демпфирующих свойств усилителя был предложен новый параметр – коэффициент демпфирования (*damping factor*), представляющий собой отношение сопротивления нагрузки к выходному сопротивлению усилителя.

Проведенные тогда же эксперименты позволили установить минимальную величину этого параметра – 5–8. Дальнейшее снижение выходного сопротивления усилителя практически не влияло на переходные характеристики системы. Кстати, идеология Hi-Fi (сокращение от High Fidelity – высокая верность) и сам термин оформились к концу 50-х годов. К этому моменту были определены минимальные требования к аудиосистеме – полоса воспроизводимых частот, коэффициент гармоник (тогда его называли *clear factor* – «степень чистоты») и выходная мощность.

Впоследствии, после появления транзисторных усилителей и специализированных низкочастотных динамиче-



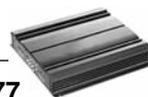
ских головок с «легким» подвесом, нижний предел демпинг-фактора был повышен. Это позволило однозначно определить степень демпфирования головки параметрами усилителя вне зависимости от особенностей акустического оформления. При этом в некоторых пределах обеспечивалась «одинаковость» звучания конкретной АС с различными усилителями.

Знаменитый стандарт DIN45500 определял коэффициент демпфирования для Hi-Fi усилителей однозначно – не менее 20. Это означает, что выходное сопротивление усилителя при работе на нагрузку 4 Ом должно быть не более 0,2 Ом. Однако выходное сопротивление современных усилителей намного меньше – сотые и тысячные доли ома, а демпинг-фактор, соответственно, – сотни и тысячи.

Каков смысл столь значительного увеличения этого показателя? Коэффициент демпфирования в данном случае, как ни странно, ни при чем. Важна только одна его составляющая – выходное сопротивление усилителя. В данном случае имеет место «магия цифр», поскольку к сотням ватт выходной мощности современных усилителей все привыкли и нужно привлечь покупателя чем-то новым. Согласитесь, что «демпинг-фактор 4000» выглядит намного симпатичнее, чем «выходное сопротивление 0,001 Ом». А означает это в любом варианте только одно – усилитель имеет очень низкое выходное сопротивление и способен отдавать в нагрузку значительный ток (пусть даже и кратковременно). А связь между выходной мощностью и демпинг-фактором хоть и прямая, но не однозначная. Так что термину, интересовавшему раньше только специалистов, нашлось новое применение – рекламное.

Однако в повести о демпинг-факторе есть еще одно действующее лицо – акустический кабель. А он в состоянии сильно испортить не только цифры, но и качество звучания. Ведь сопротивление кабеля суммируется с выходным сопротивлением усилителя и становится составляющей демпинг-фактора.

Для кабеля длиной 2 м сопротивление 0,05 Ом – вполне пристойный показатель. Но для усилителя с выходным сопротивлением 0,01 Ом демпинг-фактор на нагрузке 4 Ом с таким кабелем снизится с 400 до 65. Поводов для беспокойства пока нет. Но если использовать тоненький «шнурок» из комплекта динамиков и сомнительные скрутки общим сопротивлением 0,3–0,4 Ом (ситуация, к сожалению, еще нередкая), то демпинг-фактор упадет до 10, независимо от показателей усилителя. Поэтому на проводах экономить не стоит.



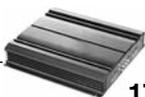
Пассивный кроссовер создает аналогичные проблемы. Поэтому катушки с ферромагнитным сердечником в кроссоверах применяются чаще, чем «воздушные» – это позволяет значительно снизить сопротивление катушки. Конечно, при перемагничивании сердечника возникают дополнительные нелинейные искажения сигнала, но в большинстве случаев это меньшее зло, чем недодемпфированные динамики. Кстати, разница в звучании систем с кроссоверами разной конструкции зачастую определяется не столько характером вносимых искажений, сколько различным демпфированием динамика. В тех случаях, когда «совесть не позволяет» ставить катушки с сердечником, недостаток демпфирования можно восполнить акустическими методами. Но акустическое демпфирование не обладает всеми возможностями электрического и может в конечном счете обойтись дороже.

Определить выходное сопротивление усилителя в любительских условиях можно, если при одинаковом входном сигнале измерить его выходное напряжение на холостом ходу (E_0) и под нагрузкой (U) определенного сопротивления (R). Однако точность этого простого метода заметно снижается при выходном сопротивлении усилителя меньше 0,05 Ом.

$$r_o = R \left(\frac{E_0}{U} - 1 \right).$$

Выводы:

- высокий демпинг-фактор (более 50) требуется для динамических головок с легким подвесом и большой массой подвижной системы, работающих с заходом в область основного механического резонанса (без применения пассивных фильтров);
- для динамических головок, резонансная частота которых находится за пределами рабочей полосы частот (СЧ, ВЧ) демпинг-фактор при многополосном усилении значения не имеет, поскольку электрическое демпфирование наиболее эффективно для подавления основного механического резонанса подвижной системы;
- при работе с пассивным кроссовером демпинг-фактор системы определяется главным образом его выходным сопротивлением в полосе пропускания, поэтому требования к демпинг-фактору усилителя можно снизить (20–30). Дальнейшее увеличение выходного сопротивления усилителя может вызвать изменение характеристик кроссовера;



- демпфирование структурных резонансов в материале диффузора и подвеса не входит в функцию усилителя и может осуществляться только механически. Это проблема динамической головки.
- для усилителей с высоким выходным сопротивлением (источников тока) понятие демпинг-фактора лишено смысла. В этом случае для подавления основного механического резонанса подвижной системы можно использовать только акустическое демпфирование.

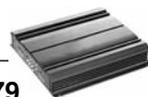
5.2. СТРУКТУРА АВТОМОБИЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Современный подход к конструированию автомобильных усилителей предполагает создание линейки аппаратов, использующих сходные схмотехнические решения, единые узлы и стилевое оформление. Это позволяет, с одной стороны, сократить расходы на проектирование и изготовление, с другой – расширяет выбор аппаратуры при создании аудиосистемы, поскольку можно компоновать устройства с необходимыми характеристиками.

По своей схмотехнике автомобильные усилители практически не отличаются от «домашних». Однако область применения придает их структуре специфические особенности, что и выделяет их в совершенно самостоятельный класс устройств. [68]

Во-первых, это наличие преобразователя напряжения питания. Напряжение питания усилителя должно быть двухполярным (чтобы исключить разделительный конденсатор на выходе) и иметь величину $2 \times (25-50)$ вольт. В усилителях высокого класса блок питания для каждого канала или группы каналов отдельный – это снижает переходные затухания. [54–56] Помимо пользы это отличный рекламный козырь.

Во-вторых, автомобильные усилители, хотя и являются «чистыми» усилителями мощности, обладают развитой системой регулировок. [52, 78, 79, 98, 106, 112] В большинстве конструкций имеются встроенные фильтры. Они отсутствуют или в простейших моделях, или в профессиональных, предназначенных для работы с внешними активными кроссоверами. Назначение фильтров – разделение частотного диапазона при создании многополосных систем. Как правило, встроенные фильтры усилителей имеют крутизну спадов АЧХ 12 дБ/октава, реже – 18 дБ/октава и



выше. В простых моделях фильтры нерегулируемые, в более сложных можно изменять частоты среза (плавно или ступенчато) и менять характер работы фильтра (НЧ/ВЧ). Если фильтры не нужны, их можно отключить.

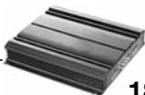
В-третьих, во многих моделях усилителей, помимо обычных линейных входов (входное сопротивление 10–20 кОм, чувствительность 0,5–1,5 В), имеются также входы высокого уровня (High Input). Эти входы предназначены для использования усилителей с головными аппаратами, не имеющими отдельного линейного выхода. В таком случае сигнал приходится снимать с выхода на динамики, поэтому чувствительность входа высокого уровня составляет 2,5–10 В, входное сопротивление небольшое: 50–200 Ом. В некоторых моделях усилителей входы высокого уровня одновременно являются и управляющими. При включении головного аппарата с мостовым усилителем на его выходах появляется постоянное напряжение, которое и используется для включения внешнего усилителя.

Помимо этого, возможно наличие балансных входов, у которых значительно снижена чувствительность к наводкам и помехам. Естественно, что для полного использования их преимуществ головной аппарат должен иметь балансные линейные выходы. Поскольку в последнее время появилась устойчивая тенденция к повышению напряжения на линейном выходе головного аппарата до 4–8 В, линейные входы большинства современных усилителей также рассчитаны на такое напряжение.

Структура автомобильных усилителей достаточно разнообразна – одноканальные, двухканальные, четырех-, пяти- и шестиканальные. [68] Одноканальные усилители с развитой системой регулировок используются для работы с сабвуфером, двухканальные – для фронтальной акустики с пассивными фильтрами. Усилители с большим числом каналов обычно допускают работу в различных вариантах включения усилительных каналов и нагрузки и чаще всего используются в системах с многополосным усилением.

Одноканальные усилители с развитой системой регулировок используются для работы с сабвуфером, двухканальные – для фронтальной акустики с пассивными фильтрами либо в мостовом включении – с сабвуфером. В некоторых установках высокого уровня для левого и правого каналов используют отдельные двухканальные усилители в мостовом включении.

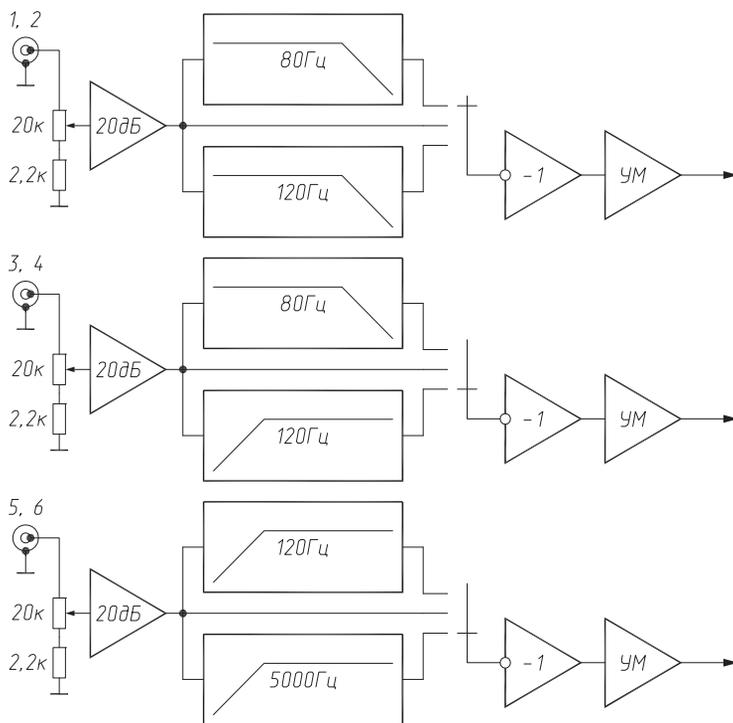
Четырехканальные усилители, пожалуй, можно считать самыми распространенными. В аудиосистемах начинаю-

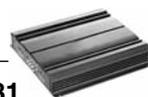


ших их чаще всего используют в конфигурации «2+1», когда два канала, включенные мостом, работают на сабвуфер, а два оставшихся – на фронтальную АС с пассивными разделительными фильтрами. Иногда, правда, встречается распределение каналов «фронт-тыл» (как в магнитоле). Используют их и в установках с многополосным усилением. В этом случае одна пара каналов используется для усиления сигналов полосы НЧ, вторая – для полосы СЧ/ВЧ. Частота раздела обычно выбирается в диапазоне 250–600 Гц.

Пяти- и шестиканальные усилители обладают самыми широкими возможностями и предназначены для создания развернутых аудиосистем среднего и высокого класса при минимальных затратах на установку и дополнительное оборудование. Многоканальный усилитель занимает меньше места, уменьшается количество межблочных соединений, поэтому помехозащищенность и надежность такой системы выше. Недостаток многоканальных усилителей по сравнению с независимыми устройствами – невысокое переходное затухание между каналами, вызванное связью через общий блок питания. Поэтому в современных многоканальных усилителях все чаще встречаются отдельные блоки питания для каждого канала.

Рис. 5.2. Структурная схема шестиканального усилителя





Пятый канал пятиканальных усилителей специально рассчитан на работу с сабвуфером и обычно имеет в 2–3 раза большую мощность. В современных изделиях УМЗЧ этого канала часто работает в импульсном классе D. Чтобы исключить влияние пятого канала на работу остальных, для него предусматривается самостоятельный блок питания. Такой усилитель фактически представляет собой два независимых устройства в общем корпусе. Остальные каналы, как правило, используются для двухполосного усиления, реже – в конфигурации «фронт-тыл». Шестиканальные усилители могут работать в различных вариантах включения с обычным и мостовым подключением нагрузки. Подробно различные варианты использования усилителей рассмотрены в главе 8.

Для облегчения токового режима блока питания в многоканальных усилителях один из каналов пары всегда выполнен инвертирующим, другой – неинвертирующим. На низких частотах, где сигнал входных стереоканалов практически синфазный, суммарный ток потребления пары каналов симметричен. Как следствие, легко реализуется мостовой режим работы, а для стабилизации и положительного, и отрицательного напряжения питания на выходе преобразователя достаточно одноканальной обратной связи – либо по сумме двух выходных напряжений, либо по одному из них. [43]

В качестве примера на рисунке 5.2 приведена структура «левой» группы каналов простого шестиканального усилителя **Quipix QA-8900**. Он снабжен встроенными фильтрами, позволяющими использовать его в различных конфигурациях, в том числе и с линейной АЧХ.

Усилители левого канала выполнены инвертирующими, что позволяет использовать мостовое включение нагрузки. В усилителях правого канала отсутствуют инвертирующие повторители, в остальном схемы идентичны. Для каждой пары каналов можно независимо задать режим работы. Каналы 1 и 2 предназначены для работы с одним или двумя сабвуферами с частотой среза ФНЧ 80 или 120 Гц. Каналы 3 и 4 также могут работать с сабвуфером с частотой среза ФНЧ 80 Гц или с мидбасом с частотой среза ФВЧ 120 Гц. Каналы 5 и 6 могут работать с частотой среза ФВЧ 120 Гц (мидбас) или 5 кГц (пищалки).



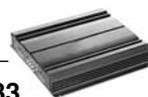
5.3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ И ФИЛЬТРЫ

Предварительные усилители и встроенные кроссоверы практически всех современных усилителей выполнены на микросхемах. Использовать в их конструкции дискретные транзисторы сложнее и дороже, а прибавка в качестве звучания не стоит этих проблем. Обычно применяют фильтры на повторителях по схеме Саллена-Ки. Она обеспечивает прекрасную повторяемость при серийном производстве и абсолютно не склонна к самовозбуждению, в отличие от инвертирующих фильтров, критичных к стабильности элементов.

Для остальных узлов используются типовые схемы «из учебника», хотя встречаются и оригинальные решения. Впрочем, эти решения защищены не только патентами. Используются заказные микросхемы, маркировка типовых элементов уничтожается, принципиальные схемы отсутствуют. Поэтому даже тщательное изучение монтажа не всегда помогает понять принцип работы тех или иных каскадов. Распространенные схемотехнические решения предварительных усилителей и фильтров описаны в главе 6, поэтому в данном разделе будут рассмотрены только основные тенденции.

Чаще всего в каскадах предварительного усиления и кроссоверах усилителей нижней и средней ценовой категории применяют сдвоенные операционные усилители 4558 различных модификаций. Это малозумящие усилители с низкими собственными искажениями, разработанные с учетом «звукового» применения. В аппаратах верхней ценовой категории используются ОУ более высокого качества. Кстати, замена дешевых ОУ и некоторых деталей в аппаратах бюджетных серий позволяет заметно повысить качество звучания. [108]

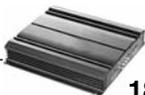
Основные регулировки активных кроссоверов практически всегда оперативные, хотя и пользуются ими, как правило, один раз – при настройке системы. В большинстве усилителей они выведены ручками на боковую, иногда на верхнюю панель. Под шлиц регуляторы выводят крайне редко, но и в этом случае отвертка вряд ли потребуется – оси слегка выступают. Обычно можно обойтись ногтем или монеткой. В некоторых конструкциях панель регулировок прикрывается легкоъемной прозрачной накладкой (не столько для защиты, сколько для эстетики). Регулировки, недоступные в рабочем положении усилителя, в обзорах и тестах всегда становятся объектом для критики.



Как уже упоминалось в начале главы, обязательный набор фильтров для простого усилителя – ФВЧ и ФНЧ. В самых простых усилителях, предназначенных для работы в режиме «2+1», ФВЧ может отсутствовать. Чаще всего используются фильтры Баттерворта второго порядка. Причем наряду с дискретным изменением частоты среза в последнее время все шире используется плавная перестройка. В усилителях высокого класса используются также дополнительные корректирующие звенья, расширены и возможности коммутации.

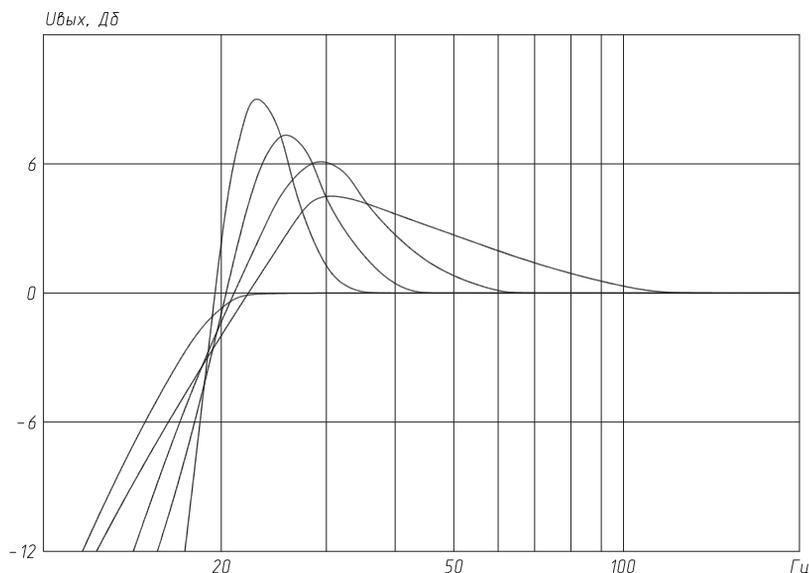
Так, в двухканальном усилителе **Lanzar 5.200** применена развитая система регулировок. Помимо регулировки чувствительности глубиной более 32 дБ, есть и плавная регулировка фазы сигнала. Кроме того, имеется пара линейных выходов для наращивания системы и два независимых кроссовера 4 порядка (24 дБ/окт, ФВЧ – 40–230 Гц, ФНЧ – 65–240 Гц). Это позволяет применить дополнительный усилитель без кроссовера. Сигнал на линейном выходе можно получить как с плоской АЧХ, так и после прохождения фильтров. Причем если в основном тракте включен ФВЧ, то на линейный выход сигнал идет через ФНЧ (и наоборот). За счет независимой регулировки частот среза можно исправить некоторые дефекты АЧХ в области стыка полос, не прибегая к эквалайзеру. Для точной коррекции АЧХ в диапазоне «наиболее вероятных проблем» предусмотрено одно звено параметрического эквалайзера с регулируемой добротностью, центральная частота которого перестраивается в диапазоне от 28 до 320 Гц. В зависимости от выбранного распределения диапазона частот между усилительными каналами корректор можно использовать как бас-бустер, для подавления резонанса салона (120–160 Гц) или для компенсации провала АЧХ на частотах 250–350 Гц.

В усилителе **INFINITY Каппа 102a** частота среза встроенного кроссовера плавно перестраивается в пределах декады (32–320 Гц). Для сигнала, поступающего далее на усилитель и для сигнала, поступающего на линейный выход, можно независимо установить режимы ФНЧ, ФВЧ и полной полосы. Фактически это два кроссовера в одном усилителе, однако регулировка частоты среза у них синхронная. Анализ схемы показал, что ФВЧ 1-го порядка реализован как фильтр дополнительной функции. Такое построение при создании многополосных усилительных систем обеспечивает автоматическое сопряжение частот раздела, но не позволяет корректировать АЧХ за счет их взаимного смещения. Впрочем, эквалайзер в системах такого уровня – компонент почти обязательный.



При использовании усилителя с сабвуфером вместо эквалайзера можно воспользоваться фирменной разработкой – динамическим оптимизатором баса. [50] Принцип действия схож с параметрическим эквалайзером: имеется звено ФВЧ, частота среза и добротность которого регулируются. Изменение добротности фильтра позволяет, как известно, регулировать вид частотной характеристики на частоте среза – увеличение добротности приводит к появлению характерного пика. Однако в отличие от обычного эквалайзера величина коррекции для динамического оптимизатора не постоянна, а зависит от уровня сигнала. При больших сигналах подъем низких частот ограничивается, что исключает перегрузку усилителя и сабвуфера. Диапазон перестройки частоты среза – от 20 до 80 Гц. Величина коррекции превышает +6 дБ, причем с увеличением степени коррекции растет и подавление внеполосных сигналов (рисунок 5.3).

Рис. 5.3. АЧХ динамического оптимизатора баса



Однако подобные решения характерны лишь для отдельных дорогих моделей усилителей. Основная масса усилителей средней и нижней ценовой категории снабжена несложными кроссоверами, набор функций и характеристики которых оптимизированы с учетом многих факторов, в том числе и «покупаемости». Обязательный набор фильтров для простого усилителя – ФВЧ и ФНЧ, иногда ФВЧ может отсутствовать. В простых моделях фильтры нерегулируемые, в более слож-

ных можно изменять частоты среза (плавно или ступенчато). Пределы перестройки обычно невелики. Если фильтры не нужны, их можно отключить. Вот и весь «джентльменский набор».

Причина подобного аскетизма очевидна. С одной стороны, возможности встроенного кроссовера двух- или четырехканального усилителя должны позволять без дополнительных компонентов строить стандартные варианты аудиосистемы (фронт плюс сабвуфер). С другой стороны, вводить полный набор функций во встроенный кроссовер нет смысла: это заметно увеличит стоимость, но чаще всего останется невостребованным. Поэтому выполнение сложных задач удобнее возложить на внешние кроссоверы и эквалайзеры, а встроенные – отключить.

В качестве примера рассмотрим структурную схему кроссовера усилителей Lanzar серии RK (рисунок 5.4). [79] Подробная схема не приводится, поскольку принципиальных новинок в ней нет, и не этот узел определяет основные характеристики усилителя. Такая же или аналогичная структура используется в большинстве современных автомобильных усилителей средней ценовой категории.

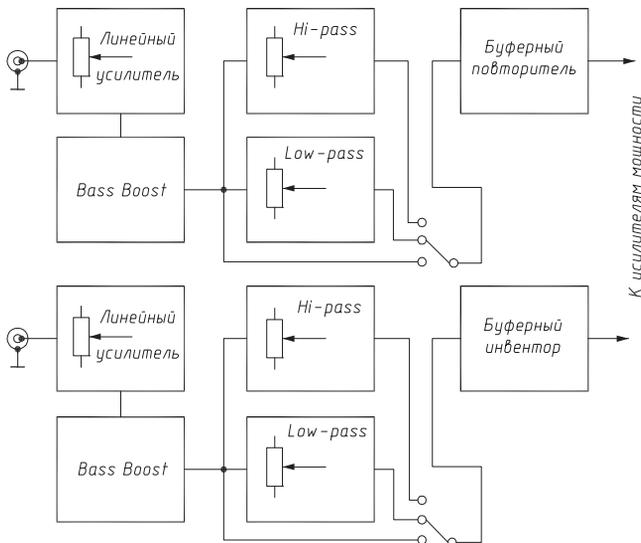


Рис. 5.4. Структурная схема кроссовера усилителей Lanzar серии RK

Первый каскад – линейный усилитель с изменяемым коэффициентом усиления. Он согласует выходное напряжение источника сигнала с чувствительностью усилителя мощности, поскольку коэффициент передачи всех остальных каскадов равен единице.



Следующий каскад – регулятор басового усиления (bass boost). В усилителях данной серии он позволяет увеличивать уровень сигнала на частоте 50 Гц на 18 дБ. В продукции других фирм подъем обычно меньше (6–12 дБ), а частота настройки может быть в области 35–60 Гц. Кстати, такой регулятор требует хорошего запаса мощности усилителя: увеличение усиления на 3 дБ соответствует удвоению мощности, на 6 дБ – учетверению, и так далее. Сигнал можно подать на усилитель мощности непосредственно или выделить фильтрами необходимую полосу частот.

Кроссоверная часть состоит из двух независимых фильтров. ФНЧ (low pass) перестраивается в диапазоне 40–120 Гц и предназначен для работы исключительно с сабвуфером. Диапазон перестройки ФВЧ (high pass) заметно шире: от 150 Гц до 1,5 кГц. В таком виде его можно использовать для работы с широкополосным фронтом или для полосы СЧ-ВЧ в системе с поканальным усилением. Пределы перестройки, кстати, выбраны неслучайно: в диапазоне от 120 до 150 Гц получается «яма», в которой можно спрятать акустический резонанс салона. Примечательно и то, что бас-бустер не отключается ни в одном из режимов. Использование этого каскада одновременно с ФВЧ позволяет корректировать АЧХ в области резонанса салона не хуже, чем эквалайзером. Последний каскад инвертирует сигнал в одном из каналов. Это позволяет без дополнительных устройств использовать усилитель в мостовом включении.

5.4. СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

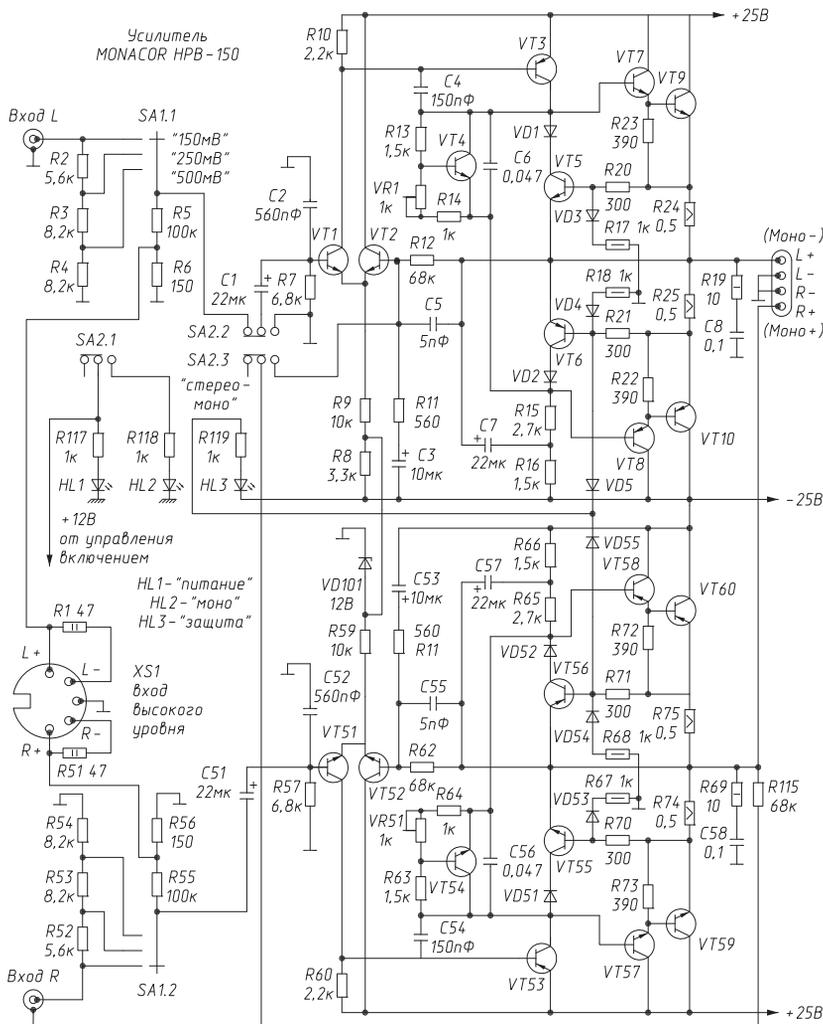
По уже упоминавшимся причинам большинство схем, приведенных в этом и следующем разделах, воссозданы с монтажа, поэтому в них возможны некоторые неточности и умолчания, не влияющие на понимание принципа работы.

В промышленных и любительских конструкциях автомобильных усилителей наиболее распространена следующая структура УМЗЧ: двойной дифференциальный каскад, каскад усиления напряжения и эмиттерный повторитель (двухкаскадный или на составном транзисторе). В последнее время в выходном каскаде все чаще используются мощные полевые транзисторы. Известны также гибридные усилители, в которых каскад усиления напряжения выполнен на лампах, а выходной каскад – на полевых транзисторах, и даже полностью ламповые конструкции, но широкого распространения они не получили (прежде всего, из-за значительной стоимости). [46, 47, 96]

5.4.1. Усилители на дискретных элементах

С исторической точки зрения весьма интересен один из первых автомобильных усилителей с преобразователем напряжения питания – **Monacor HPB 150** (рисунок 5.5.). Он был выпущен в Германии во второй половине 80-х годов, но, несмотря на это, владельцу удалось связаться с изготовителем и получить схему по факсу. [68] Максимальная выходная мощность усилителя на нагрузке 4 Ом порядка 40 Вт на канал в обычном включении. В мостовом включении выходная мощность на той же нагрузке составляет около 150 Вт.

Рис. 5.5. Схема усилителя Monacor HPB 150



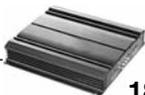


Схема усилителя – пример остроумных и простых технических решений. На входе установлен коммутируемый переключателем SA1 делитель напряжения R2R3R4R5R6 (в правом канале – R52R53R54R55R56, на схеме сохранена заводская нумерация элементов). Коммутация обеспечивает три варианта чувствительности усилителя – 150 мВ, 250 мВ, 500 мВ при входном сопротивлении около 20 кОм. Помимо линейного входа имеется также вход высокого уровня XS1, рассчитанный на подключение магнитолы как с обычным, так и с мостовым усилителем мощности. Чувствительность усилителя с этого входа около 2,5 В, входное сопротивление порядка 150 Ом. При использовании магнитолы с обычным усилителем сигнал подается на контакты 1,3 разъема XS1. При использовании магнитолы с мостовым усилителем сигнал для дальнейшего усиления снимается только с инвертирующего плеча усилителя магнитолы. В этом случае резистор R1(R51) сопротивлением 47 Ом является эквивалентом нагрузки для мостового усилителя магнитолы. Далее сигнал через ФНЧ C2R7 (C52R57) поступает на вход УМЗЧ, выполненного по традиционной схеме.

Первый каскад УМЗЧ дифференциальный, напряжение в цепи эмиттеров стабилизировано на уровне -12 В общим для обоих каналов параметрическим стабилизатором R8VD101. Второй каскад – усилитель напряжения с ПОС по питанию («вольтодобавкой») и двухтактный выходной каскад на комплементарных составных транзисторах. В выходном каскаде применена защита по току за счет нелинейной ООС. Ток выходного каскада контролируется по падению напряжения на резисторах R24, R25 в цепи эмиттеров транзисторов VT9, VT10.

Характерная особенность усилителя в мостовом включении, не встречающаяся в современных схемах – переключение левого усилительного канала в инвертирующий режим с единичным коэффициентом передачи. Секция переключателя SA2.2 замыкает на общий провод вход левого канала, а секция SA2.3 через резистор R115 подает на вход ООС сигнал с выхода правого канала усилителя. Вход левого канала в мостовом режиме отключается, суммирование сигналов левого и правого каналов в этом режиме не предусмотрено. Нет в усилителе и активных фильтров.

При повторении конструкции в выходном каскаде можно использовать комплементарные пары транзисторов КТ818/КТ819, в предоконечном – КТ816/КТ817. Цепи защиты можно исключить – при разумной эксплуатации это никак не скажется на надежности.



В качестве примера современного решения можно привести фрагмент схемы одного из двух каналов усилителя **Power Amper 250**. Номинальная выходная мощность составляет 50 Вт на нагрузке 4 Ом.

На входе каждого канала усилителя мощности установлен линейный усилитель (драйвер), выполненный на ОУ DA1 (рисунок 5.6, нумерация элементов условная). Коэффициент усиления переменным резистором R5 изменяется от 0 до 20 дБ. Это позволяет регулировать чувствительность усилителя в диапазоне 0,15–1,5 В. Питание ОУ осуществляется от простейшего параметрического стабилизатора напряжения на стабилитронах VD1,VD2.

Рис. 5.6. Схема драйвера усилителя Power Amper 250

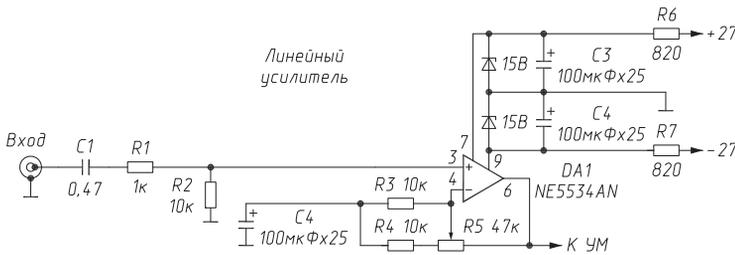


Схема усилителя мощности (рисунок 5.7) полностью симметрична от входа до выхода, что способствует уменьшению искажений сигнала. В выходном каскаде использованы параллельно включенные транзисторы. Для линеаризации характеристик выходного каскада при малом уровне сигнала введена глубокая местная ООС за счет резисторов сопротивлением 10 Ом в эмиттерах выходных транзисторов. При увеличении падения напряжения на этих резисторах до 0,7 В они шунтируются диодами и на работу усилителя при большом сигнале влияния не оказывают.

Такое построение выходного каскада обеспечивает глубокую местную ООС при малых уровнях сигнала, что положительно сказывается на качестве звучания. Обычно в усилителях класса В и АВ с малым током покоя наблюдается резкий рост искажений сигналов низкого уровня, что приводит к потере «прозрачности» звучания и детализации звуковых образов (в слуховых тестах усилителей подобные искажения описываются как «смазанный звук»). Для уменьшения искажений приходится увеличивать ток покоя выходного каскада. Примененное решение позволяет сохранить экономичность усилителя и повысить качество «первого ватта».

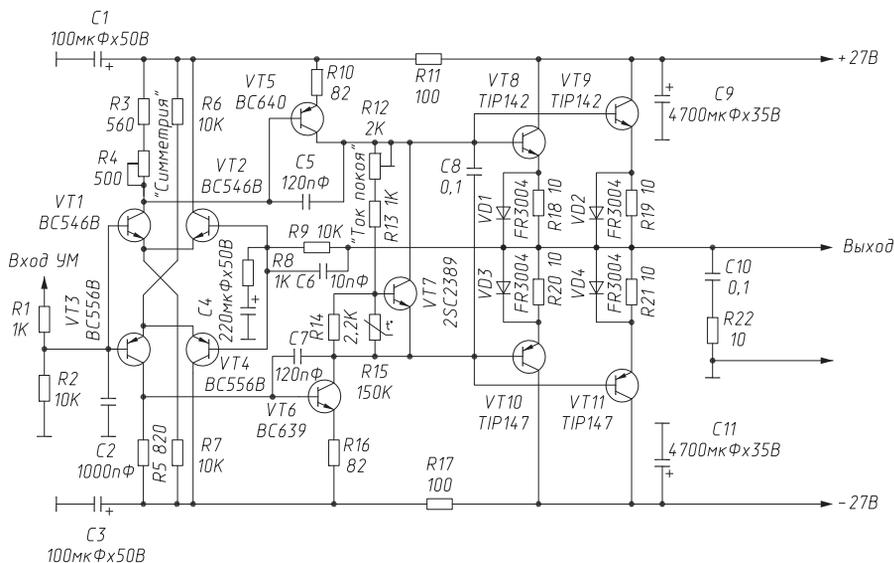


190

УСИЛИТЕЛИ

Фильтр R1R2C2 (нумерация элементов условная) на входе УМ с частотой среза порядка 100 кГц предотвращает попадание в тракт радиопомех и наводок от встроенного преобразователя напряжения питания. Корректирующие конденсаторы C5–C7 обеспечивают устойчивость усилителя. С этой же целью на выходе усилителя установлена традиционная цепь R22C10. Конденсатор C8 симметрирует выходной каскад, снижая искажения сигнала на верхних частотах диапазона.

Рис. 5.7. Схема усилителя мощности Power Ampex 250

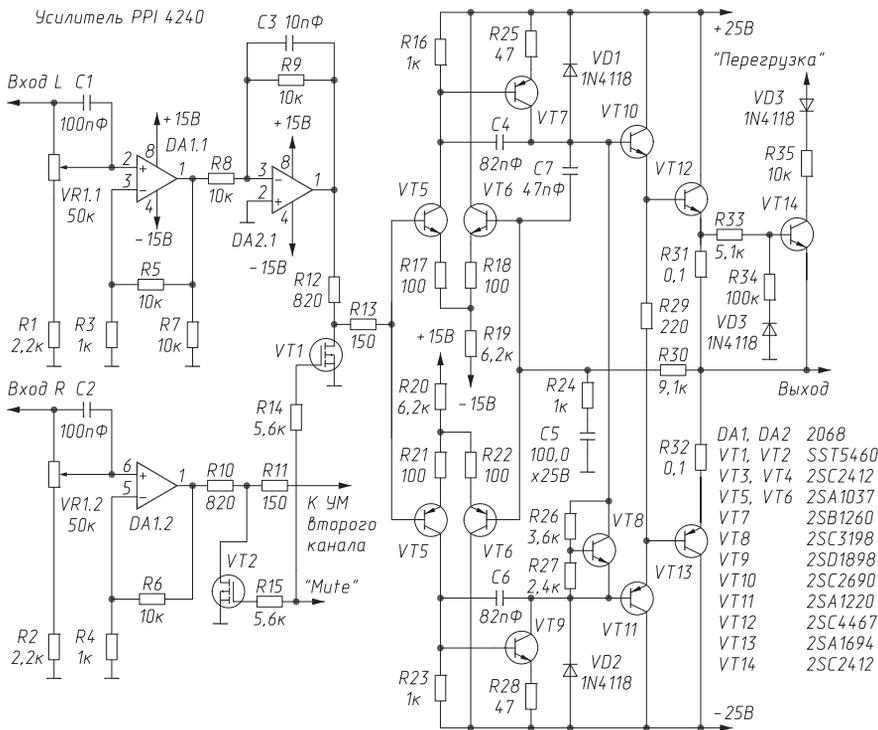


Усилитель смонтирован в массивном алюминиевом корпусе с ребрами охлаждения, выполняющем функцию радиатора. Транзистор VT7 и терморезистор R15 имеют тепловой контакт с корпусом. Защита от перегрузки реализована в источнике питания.

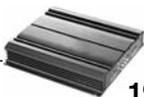
Указанные на схеме транзисторы BC546 и BC556 можно заменить соответственно на KT3102 и KT3107, BC639 и BC640 – на KT645 и KT644, 2SC2389 – на KT315. Составные транзисторы выходного каскада TIP142 и TIP147 прямых аналогов не имеют, их можно заменить соответственно на KT827 и KT825, установив дополнительные защитные диоды КД213 между коллектором и эмиттером в непроводящем направлении. При повторении конструкции имеет смысл отказаться от предварительного усилителя на ОУ и регулировать коэффициент усиления уменьшением глубины ООС УМЗЧ.

Четырехканальный усилитель **PPI 4240** (4x60 Вт) имеет аналогичную структуру (рисунок 5.8). На входе каждого канала установлен предварительный усилитель на ОУ DA1 с общим для каждой пары каналов регулятором уровня входной чувствительности VR1 (сохранена заводская нумерация элементов). Коэффициент передачи предварительного усилителя изменяется от -6 до +20 дБ. Это обеспечивает широкий диапазон регулировки чувствительности – от 150 мВ до 3 В. В одном из каналов каждой пары предусмотрен инвертирующий повторитель на ОУ DA2, что позволяет использовать усилитель и с мостовым подключением нагрузки.

Рис. 5.8. Схема усилителя PPI 4240



Ключи на полевых транзисторах VT1, VT2 блокируют вход УМЗЧ на время переходных процессов при включении и выключении источника сигнала, обеспечивая «бесшумную» коммутацию. Это необходимо, поскольку усилитель мощности имеет открытый по постоянному току вход. Сигнал для управления ключами и блоком питания формируется отдельным каскадом.



Усилитель мощности имеет симметричную структуру. На входе установлен двойной дифференциальный каскад. Для расширения динамического диапазона дифференциального каскада в эмиттеры транзисторов VT3–VT6 включены резисторы R17, R18, R21, R22. Цепи эмиттеров дифференциальных каскадов питаются от дополнительного источника напряжения (на схеме не показан). Второй каскад – усилитель напряжения с местной ООС. Третий каскад – двухтактный эмиттерный повторитель на составных транзисторах. Корректирующие конденсаторы C4, C6, C7 обеспечивают устойчивость усилителя. Ток выходного каскада контролируется на резисторе R31. При увеличении его до 5 А транзистор VT14 открывается и включает триггерную защиту блока питания. Работа преобразователя напряжения блокируется. Для снятия блокировки после устранения перегрузки нужно выключить и вновь включить усилитель.

Для усилителей американских фирм характерны большие мощности. Так, выходная мощность двухканального усилителя **Lanzar RK1200–2C** на нагрузке 4 Ом составляет 2х300 Вт, в мостовом включении она возрастает до 1200 Вт. На рисунке 5.9 приведена схема правого канала усилителя с заводской нумерацией элементов. Схема левого канала точно такая же, только номера деталей начинаются на «единичку» вместо «двойки». [79]

На входе усилителя установлен фильтр R242–R243–C241, устраняющий радиочастотные наводки от блока питания. Конденсатор C240 не пропускает на вход усилителя мощности постоянную составляющую сигнала. На АЧХ усилителя в звуковом диапазоне частот эти цепи не влияют.

Чтобы избежать щелчков в моменты включения и выключения, вход усилителя замыкается на общий провод транзисторным ключом (этот узел рассмотрен далее, вместе с блоком питания). Резистор R11A исключает возможность самовозбуждения усилителя при замкнутом входе.

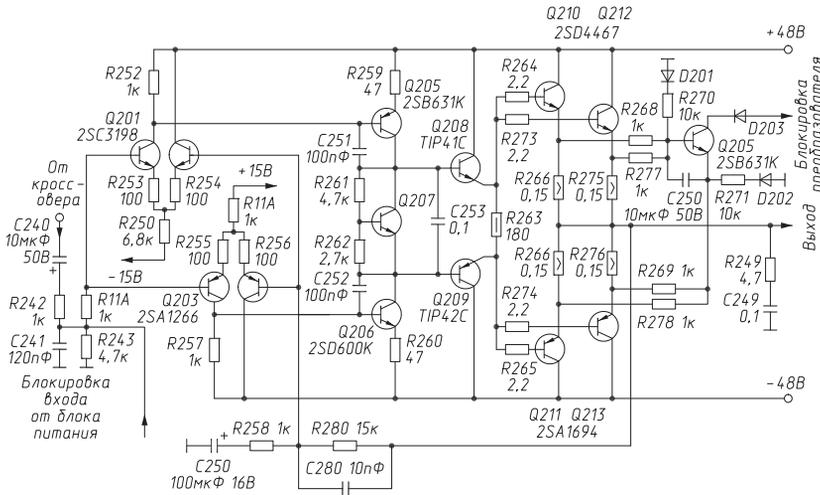
Схема усилителя полностью симметрична от входа до выхода. Двойной дифференциальный каскад (Q201–Q204) на входе и второй каскад на транзисторах Q205, Q206 обеспечивают усиление по напряжению, остальные каскады – усиление по току. Каскад на транзисторе Q207 стабилизирует ток покоя усилителя. Чтобы устранить его «несимметричность» на высоких частотах, он зашунтирован майларовым конденсатором C253.

Каскад драйвера на транзисторах Q208, Q209, как и положено предварительному каскаду, работает в классе А. К его

выходу подключена «плавающая» нагрузка – резистор R263, с которого снимается сигнал для возбуждения транзисторов выходного каскада.

В выходном каскаде использовано две пары транзисторов, что позволило снимать с него 300 Вт номинальной мощности и до 600 Вт пиковой (на нагрузке 4 Ом). В других усилителях этого семейства используется от одной до трех пар выходных транзисторов. Резисторы в цепях базы и эмиттера устраняют последствия технологического разброса характеристик транзисторов. Кроме того, резисторы в цепи эмиттера служат датчиками тока для системы защиты от перегрузок. Она выполнена на транзисторе Q230 и контролирует ток каждого из четырех транзисторов выходного каскада. При увеличении тока через отдельный транзистор до 6 А или тока всего выходного каскада до 20 А транзистор открывается, выдавая команду на схему блокировки преобразователя напряжения питания.

Рис. 5.9. Схема усилителя Lanza RK-1200



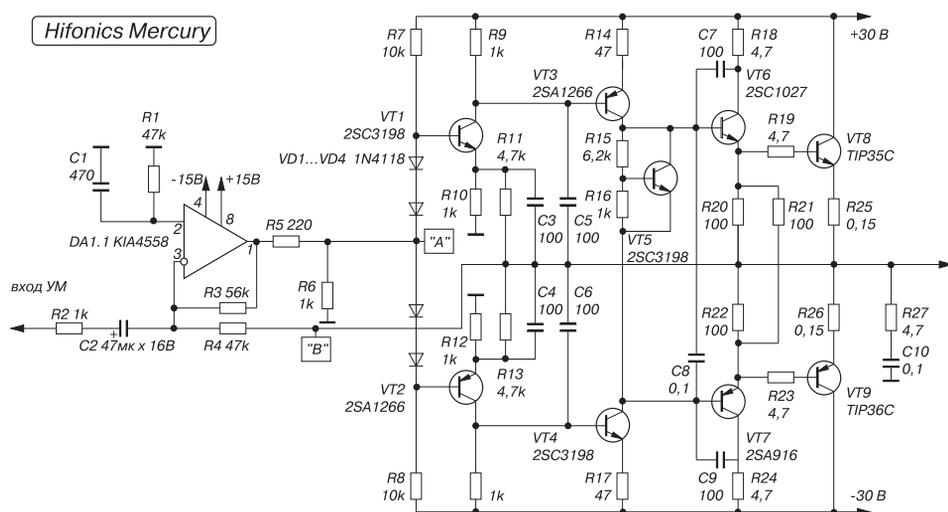
Коэффициент усиления задается цепью отрицательной обратной связи R280–R258–C250 и равен 15. Корректирующие конденсаторы C251, C252, C280 обеспечивают устойчивость усилителя, охваченного ООС. Включенная на выходе цепь R249, C249 компенсирует рост импеданса нагрузки на ультразвуковых частотах и также препятствует самовозбуждению. В звуковых цепях усилителя использованы всего два электролитических неполярных конденсатора: C240 на входе и C250 в цепи ООС. Ввиду большой емкости заменить их конденсаторами других типов крайне сложно.



5.4.2. Усилители с применением интегральных схем

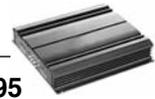
Рассмотренные УМЗЧ выполнены на дискретных компонентах. Во многих усилителях ОУ используют не только в каскадах предварительного усиления, но и для «раскачки» транзисторов выходного каскада. Пример такого схемотехнического решения – усилитель мощности **Hifonics Mercury** (рисунок 5.10). [108]

Рис. 5.10. Схема усилителя **Hifonics Mercury**



Особенность этого усилителя – применение многопетлевой ООС. Первый каскад усилителя выполнен на ОУ DA1 и через цепь R2R3 охвачен петлей ООС, снижающей его усиление до 35 дБ. Второй и третий каскады усиления выполнены двухтактными на комплементарных парах транзисторов VT1VT2 и VT3VT4, включенных с ОЭ. Для обеспечения работы транзисторов VT1VT2 на линейном участке характеристики их базовые цепи подключены к цепочке сдвига уровня из последовательно включенных диодов VD1–VD4. Выходной каскад построен по традиционной схеме на составных эмиттерных повторителях. Его особенность – наличие «выравнивающего» резистора R21 в цепи смещения выходных транзисторов.

Эти каскады УМЗЧ также охвачены петлей ООС, снижающей их усиление до 15 дБ. Напряжение обратной связи подается с выхода усилителя на эмиттеры транзисторов VT1 и VT2 через независимые цепи R10R11C3 и R12R13C4.



Помимо этого весь усилитель охвачен общей ООС через резистор R4. Для обеспечения устойчивости усилителя при многпетлевой ООС в выходных каскадах использова-

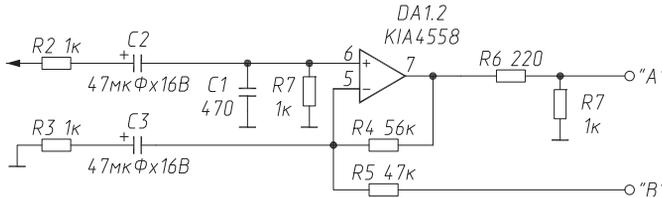


Рис. 5.11. Входной каскад второго канала усилителя Hifonics Mercury

на коррекция (конденсаторы C3–C9). Примененные решения позволяют получить очень низкий коэффициент гармоник усилителя – менее 0,05% при выходной мощности 2x50 Вт на нагрузке 4 Ом.

Рассмотренный канал усиления – инвертирующий. Для возможности работы усилителя с мостовым включением нагрузки второй канал выполнен неинвертирующим. С этой целью там использовано неинвертирующее включение ОУ первого каскада (рисунок 5.11).

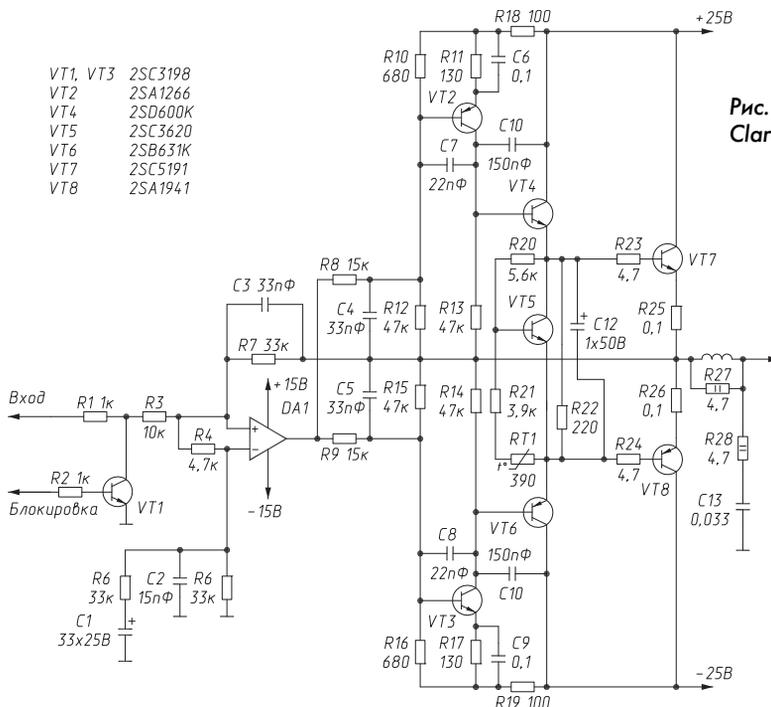


Рис. 5.12. Схема усилителя Clarion APA 4202

VT1, VT3 2SC3198
VT2 2SA1266
VT4 2SD600K
VT5 2SC3620
VT6 2SB631K
VT7 2SC5191
VT8 2SA1941



196

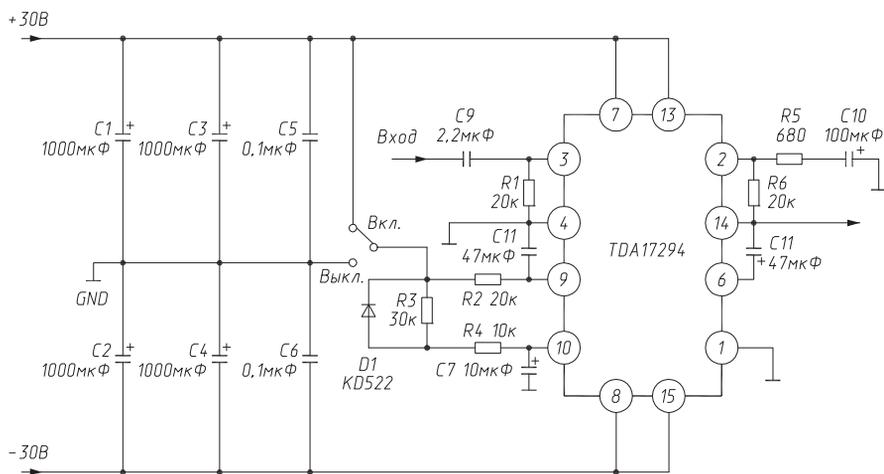
УСИЛИТЕЛИ

Остальная часть схемы отличий не имеет.

Аналогичную структуру имеет и УМЗЧ усилителя Clagion APA 4202 (рисунок 5.12). Основное отличие в том, что использован только один каскад усиления напряжения, а связь ОУ с выходным каскадом выполнена на резисторах. Поскольку выходной каскад инвертирующий, сигнал обшей ООС подается на неинвертирующий вход ОУ.

Усилители относительно небольшой мощности можно выполнить интегральными, что заметно упрощает конструкцию. В любительских и промышленных конструкциях широкое распространение получила ИМС TDA7294, выходной каскад которой выполнен на полевых транзисторах. Усилители на основе этой микросхемы в типовом включении развивают максимальную выходную мощность до 100 Вт при весьма высоком качестве звучания. На рисунке 5.13 приведен один из вариантов включения TDA7294. Схема предельно проста и не требует пояснений. Цепи, подключенные к выводам 9 и 10, обеспечивают «мягкое» включение и выключение усилителя. Коэффициент усиления задается делителем R6, R5.

Рис. 5.13. Усилитель на ИМС TDA7294

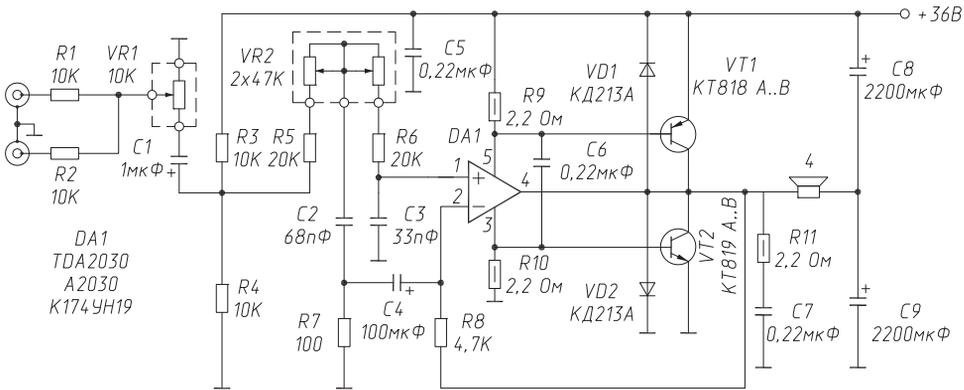


В аудиосистемах начального уровня, где вся акустика, кроме сабвуфера, питается от магнитолы, можно использовать несложный самодельный усилитель, схема которого приведена на рисунке 5.14.

Усилитель построен на основе микросхемы TDA2030A (отечественный аналог К174УН19). Дополнительные транзисторы обеспечивают косвенную разгрузку выходного каскада микросхемы на пиках мощности. Сигнал на вы-

ходные транзисторы снимается с датчиков потребляемого микросхемой тока – резисторов R9, R10. Усилитель охвачен комбинированными обратными связями, превращающими его в мощный ФНЧ второго порядка с характеристикой Баттерворта. Подобное решение под названием Power filter (фильтрующий усилитель) было предложено фирмой SGS Thomson.

Рис. 5.14. Простой усилитель для сабвуфера



Номинальная мощность усилителя 35 Вт, нижняя граница полосы воспроизводимых частот – 25 Гц. Верхняя граница изменяется от 60 Гц до 150 Гц. Встроенный сумматор, регулятор чувствительности и перестраиваемый ФНЧ позволяют подключаться к любой магнитоле. Если у нее нет линейных выходов, сопротивление резисторов R1, R2 нужно увеличить до 32–47 кОм и снимать сигнал с «колоночных» выходов магнитолы.

Для питания усилителя можно использовать любой преобразователь напряжения (например, один из рассмотренных далее), исключив в нем выпрямитель напряжения отрицательной полярности и оставив только одну пару выходных транзисторов. Хотя в схеме использовано однополярное питание, нагрузка подключена к «виртуальной земле», образованной последовательным соединением конденсаторов C8 и C9. Поэтому «щелчок» от зарядки конденсаторов при включении усилителя почти не прослушивается.

При изготовлении усилителя выходные транзисторы можно разместить на общем радиаторе площадью порядка 300 см², изолировав его от корпуса. Микросхема в этом случае размещается на аналогичном радиаторе, также изолированном от корпуса. Транзисторы и микросхему можно



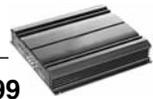
установить на общем корпусе-радиаторе через изолирующие прокладки. В случае самовозбуждения усилителя на инфранизких частотах необходимо увеличить сопротивление резистора R7 до 150–200 Ом.

Рассмотренные усилители, за исключением одного, обладают выходной мощностью от 30 до 50 Вт на канал. Для большинства автомобильных аудиосистем этого более чем достаточно. С учетом уровня шумов в салоне, чувствительности АС и динамического диапазона сигнала средняя выходная мощность обычно не превышает 3–5 Вт на канал. Запас мощности требуется только для неискаженной передачи кратковременных пиков сигнала. Поэтому многие бюджетные модели усилителей спроектированы с учетом этого фактора и долговременная мощность блока питания не соответствует максимальной мощности усилителя. Поведение таких усилителей при большой выходной мощности зависит не от схемотехники УМЗЧ, а от энергетических возможностей блока питания.

5.5. БЛОКИ ПИТАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Создать усилитель большой мощности не так уж сложно. Намного труднее обеспечить ему надежное питание. Без преувеличения можно сказать, что качественные показатели автомобильного усилителя в режиме большой мощности определяются исключительно блоком питания. [43, 78, 79] Нехватка мощности преобразователя приводит к дополнительным искажениям пиков сигнала, ухудшению разделения каналов, повышению выходного сопротивления усилителя и снижению демпфирования. В случае работы усилителя на сабвуфер последнее обстоятельство имеет решающее значение. Словом, блок питания – это намного больше, чем «пол-усилителя». Кстати, приблизительно такую площадь на плате усилителя и должен занимать «нормальный» источник питания в аналоговом усилителе.

Преобразователи напряжения питания делятся на две группы – стабилизированные и нестабилизированные. Нестабилизированные заметно проще и дешевле, но им свойственны серьезные недостатки. На пиках выходной мощности напряжение преобразователя снижается, что приводит к увеличению искажений сигнала. Если увеличить мощность преобразователя, это снизит экономичность при малой выходной мощности. Поэтому нестабилизированные



преобразователи применяются, как правило, в усилителях суммарной мощностью не более 100–120 Вт. При более высокой выходной мощности усилителя предпочтение отдается стабилизированным преобразователям.

Как правило, блок питания смонтирован в одном корпусе с усилителем, но в некоторых конструкциях он может быть выполнен в виде отдельного модуля. Для включения/выключения усилителя используется управляющее напряжение от головного аппарата (вывод Remote). Потребляемый по этому выводу ток, как правило, минимален – несколько миллиампер, и связан не с мощностью усилителя, а с реализацией цепей управления (подробно об этом далее).

Преобразователь напряжения, как и любой источник питания, обладает определенным выходным сопротивлением. При питании от общего источника между каналами усилителя возникает взаимосвязь, величина которой тем больше, чем больше выходное сопротивление источника питания. Оно, в свою очередь, для нестабилизированного преобразователя обратно пропорционально его мощности.

Одной из составляющих выходного сопротивления блока питания становится и сопротивление питающих проводов. В моделях высокого класса для питания выходных каскадов усилителя используются объемные медные шины сечением 3–5 мм². Это кардинальное решение энергетических проблем усилителя, улучшающее динамику и точность передачи сигнала.

Конечно, повысив мощность источника питания, взаимное влияние каналов можно уменьшить, но полностью исключить его нельзя. Если же использовать для каждого канала отдельный преобразователь, проблема снимается. Требования к отдельным источникам питания при этом можно заметно снизить. Обычно уровень переходного затухания усилителей с общим блоком питания составляет для бюджетных моделей 40–55 дБ, для более дорогих – порядка 50–65 дБ. Для усилителей с отдельными блоками питания этот показатель превышает 70 дБ.

Автомобильные усилители имеют еще одну особенность. Обычно компоненты системы удалены на значительное расстояние друг от друга и для их соединения используются сигнальные кабели довольно большой длины. Чтобы исключить образование чувствительного к наводкам паразитного контура (длина «земляных» проводников в автомобиле может достигать 10 м и более), приходится принимать специальные меры. Прежде всего, нужно стремиться к тому, чтобы в системе была единственная точка за-



200

УСИЛИТЕЛИ

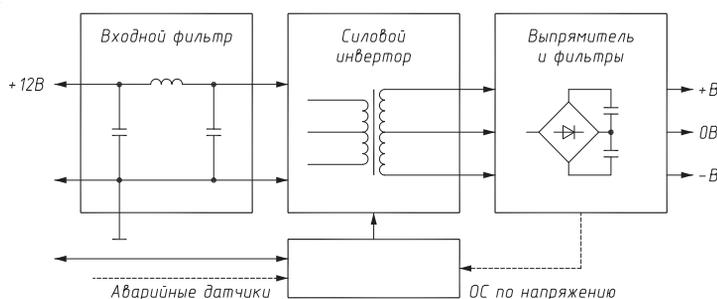
земления, но это условие не всегда можно выполнить. Для уменьшения уровня помех общий провод блока питания и усилителя имеют полную гальваническую развязку или связаны через резистор сопротивлением порядка 1 кОм. В зависимости от места и способа монтажа усилителя, линий питания и связи для достижения минимального уровня наводок может понадобиться и непосредственное соединение первичных и вторичных цепей. Поэтому в некоторых усилителях режим связи «земли» можно переключать.

5.5.1. Структура блоков питания

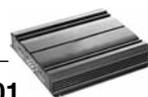
Преобразователи напряжения [43] (далее – ПН) выполняют по следующей структурной схеме, изображенной на рисунке 5.15.

Входной фильтр развязывает бортовую сеть от импульсов тока, потребляемого ПН. Емкости на выходе фильтра непосредственно питают силовой каскад инвертора (обмотки и ключи). Так как токи в этой цепи измеряются десятками ампер, крайне важно расположить силовые ключи, трансформатор и емкости как можно ближе друг к другу. Топология этого узла в большей степени, чем схемотехника, оказывает влияние на характеристики преобразователя напряжения.

Рис. 5.15. Структурная схема преобразователя напряжения



Силовой инвертор строится по двухтактной схеме. В маломощных ПН возможно применение инвертора на симметричном автотрансформаторе, но такое решение исключает возможность развязки «чистой» и «грязной» земли, поэтому на выходе такого усилителя неизбежен фон частоты преобразования. В подавляющем большинстве конструкций используется трансформаторная схема, свободная от этого недостатка. Рабочая частота ПН по соображениям себестоимости ограничена 40–100 кГц, реже – до 200 кГц.



Силовой инвертор первых автомобильных усилителей выполнялся на биполярных транзисторах. Их недостаток – высокое напряжение насыщения при больших токах. При токе 10–15 А падение напряжения на силовом транзисторе может превышать 1 В, что значительно снижает К.П.Д. преобразователя и его надежность. Частоту преобразования не удается сделать выше 25–30 кГц, в результате растут габариты силового трансформатора и потери в нем. В современных преобразователях используются N–МДП-ключевые транзисторы с малым сопротивлением открытого канала ($R_{си} < 0,02 \text{ Ом}$).

При использовании в инверторе двух-трех транзисторов на плечо (мощность ПН до 400–600 Вт) транзисторы каждого плеча включаются параллельно, работая на одну обмотку. В преобразователях большой мощности для равномерного распределения нагрузки и уменьшения влияния разброса параметров транзисторов и нагрузки в трансформаторе используются несколько параллельно включенных первичных обмоток. Например, в преобразователе усилителя **Lanzar 5.200** использовано 20(!) мощных полевых транзисторов, по 10 в каждом плече. Повышающий трансформатор содержит 5 первичных обмоток. Каждую из них «обслуживают» 4 транзистора (по два в плече параллельно). Для лучшей фильтрации высокочастотных помех возле транзисторов установлены индивидуальные фильтрующие конденсаторы суммарной емкостью 22 000 мкФ. Обмотки трансформатора подключены непосредственно к выводам транзисторов, без использования печатных проводников. [78]

Выходные транзисторы усилителя и ключевые транзисторы преобразователя чаще всего используют в пластиковых корпусах, аналогичных ТО-220. К радиатору их крепят либо винтами, либо пружинными клипсами. Способность металлических корпусов ТО-3 отводить тепло выше, но монтаж их намного сложнее, поэтому используют их редко, только в самых дорогих моделях.

Силовые трансформаторы в промышленных конструкциях выполняются почти исключительно на тороидальных сердечниках, обеспечивающих минимальные габариты и хорошее естественное охлаждение. Количество витков в обмотках невелико: порядка 3–6 витков в каждой первичной, 5–20 во вторичных. Обычно используется одножильный провод, реже встречаются «косы», как правило, из семи изолированных жил. Применение такого «литцендрата» уменьшает потери на скин-эффект, но увеличивает сложность изготовления и монтажа трансформатора,



поэтому оправдано только для усилителей большой мощности. Для подавления ВЧ-дребезга как первичные, так и вторичные обмотки шунтируют последовательными РС-цепями (снабберами).

Число витков первичной обмотки можно рассчитать по следующей формуле:

$$W = \frac{2500 \times U}{F \times B \times S},$$

где U – напряжение питания за вычетом падения напряжения на транзисторе;

F – частота преобразования, Гц;

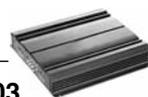
B – индукция насыщения, Тл (для М2000НН 0,25 Тл);

S – сечение магнитопровода, см².

Выпрямление осуществляется быстрыми импульсными диодами с малым временем обратного восстановления (отечественные аналоги КД2994, КД2997, в крайнем случае – КД213). Диоды устанавливают на радиаторах. Выходной фильтр строится по С-Л-С-схеме, на качественных импульсных оксидных конденсаторах. Выходная емкость фильтра обычно невелика, не более 2×1000 мкФ на канал усиления 50 Вт. Большая емкость не требуется. В отличие от сетевого УМЗЧ, где емкость должна поддерживать питающее напряжение во время пауз работы выпрямителя (до 10 мс), в ПН вся фильтрация осуществляется ФНЧ на дросселе (частота среза 200–2000 Гц). Емкость нужна для того, чтобы быстро откликнуться на импульс тока нагрузки. Далее напряжение и ток поддерживаются уже всей цепью питания от АКБ до трансформатора (в стабилизированных ПН – еще и работой петли ОС).

В первых конструкциях автомобильных усилителей использовались преобразователи с самовозбуждением, затем перешли к преобразователям с внешним возбуждением. Появление специализированных микросхем, содержащих на одном кристалле задающий генератор и цепи управления, значительно упростило конструкцию блоков питания. Чтобы исключить сквозной ток в выходном каскаде, управляющие ИС формируют мертвое время между управляющими импульсами. Широко используются два типа управляющих ИС:

ИС семейства TL494 (TL594, 1114EУ4) работают на тактовых частотах до 300 кГц. Два дифференциальных усилителя сигнала ошибки позволяют объединить в одной ИС функции линейного стабилизатора (ОС по напряжению) и



аварийного компаратора (на перегрев или на КЗ в нагрузке). Имеется вход плавного запуска, защита от включения при пониженном питании, синхронное ШИМ-управление в пределах одного такта.

Существенный недостаток большинства микросхем (кроме малораспространенной ИС TL598) – выходные каскад на одиночных NPN-транзисторах. При включении их эмиттерными повторителями ИС способна достаточно быстро зарядить емкость затвора МДП-ключа, но не способна столь же быстро ее разрядить. Поэтому необходим внешний усилитель тока (драйвер затвора).

В минимальном варианте заряд производится встроенным транзистором ИС, а для ускорения разряда вводится цепь на PNP-транзисторе. В мощных (свыше 300 Вт) ПН распространен вариант комплементарного эмиттерного повторителя. Драйвер затвора, как правило, размещается непосредственно рядом с ключевыми транзисторами, а ИС контроллера – в любом подходящем месте.

ИС семейства UC3825 (1156EУ2, также SG3525) рассчитаны на тактовые частоты до 1 МГц. Помимо традиционной ОС по напряжению, они используют синхронное токовое управление выходными ключами. Главное их преимущество в автомобильных ПН не столько в этом, сколько в мощном двухтактном выходном каскаде, не требующем внешнего усилителя тока (до 1,5 А в импульсе при соблюдении пределов безопасного режима). Питание драйвера изолировано от питания собственно схемы управления. Логика управляющих входов не столь удобная, как в TL494 – есть единственный дифференциальный усилитель (ОС по напряжению) и аварийный пороговый детектор (блокировка высоким уровнем). Поэтому применяются они реже.

5.5.2. Цепи управления и защиты

Цепи управления обеспечивают включение преобразователя по сигналу remote от головного устройства. Напряжение питания на силовые транзисторы подано постоянно и управление производится по цепи задающего генератора. Используется три варианта управления [43]:

- сигнал remote непосредственно питает ИС контроллера. Магнитолы не всегда обладают необходимой нагрузочной способностью по управляющему выходу. Необходимо также принимать меры к стабилизации этого напряжения.



- сигнал remote подается на управляющий вывод контроллера, напряжение питания подано на него постоянно. Вариант более надежен, но усилитель в выключенном состоянии потребляет ток 20–30 мА.
- входной сигнал REM управляет ключом с проходным PNP-транзистором, коммутирующим внутреннюю шину питания контроллера и схем автоматики. Этот вариант наиболее рационален как с позиций надежности, так и экономичности.

В автомобильных усилителях обязательно используется защита от короткого замыкания нагрузки и от перегрева. Иногда имеется также защита нагрузки от постоянного напряжения в случае выхода из строя выходного каскада усилителя. Первичная цепь защищается плавким предохранителем, автоматическая защита по току первичной цепи в автомобильных ПН не используется. Эта часть схемы для современных автомобильных усилителей стала практически типовой и выполняется с незначительными изменениями.

Защита по выходному току и от постоянного напряжения на выходе УМЗЧ реализуется теми же средствами, что и в домашней аппаратуре, за одним исключением: в автомобильных УМЗЧ не применяются реле защиты АС. Зарядка емкостей питания происходит быстро и симметрично, поэтому хлопок в АС при включении не происходит – достаточно заблокировать вход УМЗЧ. Если же на выходе появляется постоянное напряжение – емкость фильтра достаточно мала, чтобы ее разряд привел к повреждению АС.

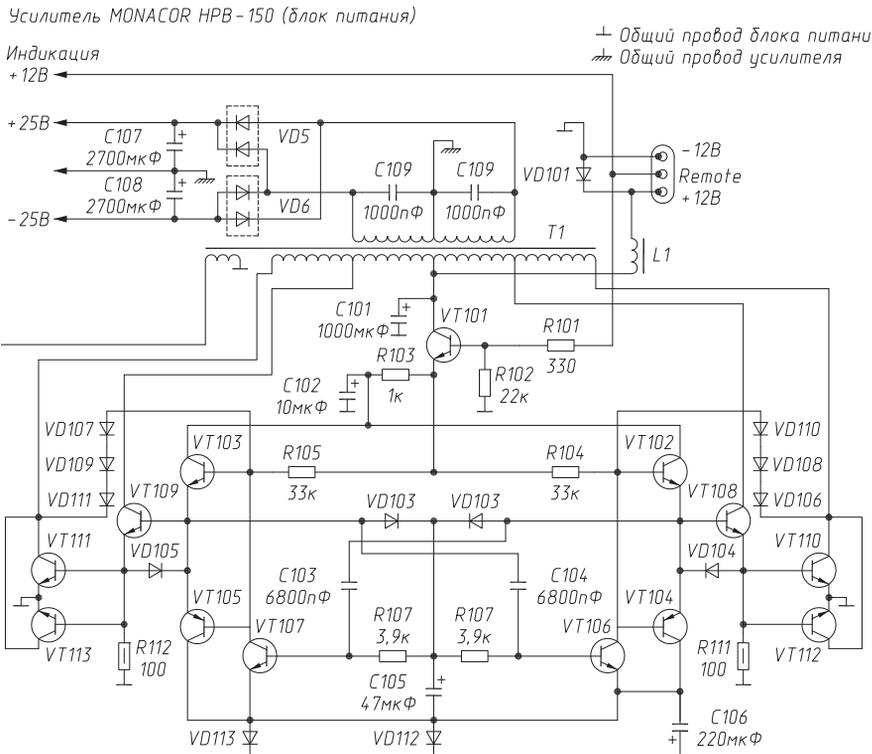
Поскольку автомобильным усилителям приходится работать в очень тяжелом температурном режиме, для обеспечения надежной работы в некоторых конструкциях используются встроенные вентиляторы, продувающие воздух через каналы корпуса-радиатора. Управление вентиляторами осуществляется от термодатчика. Используется как дискретное управление («включен-выключен»), так и плавная регулировка скорости вращения вентилятора.

5.5.3. Практические схемы узлов ПН

В первых автомобильных усилителях использовались преобразователи напряжения, выполненные полностью на дискретных элементах. [68] Пример такой конструкции – стабилизированный блок питания рассмотренного выше усилителя **Monacor НРВ 150** (рисунок 5.15). На схеме сохранена заводская нумерация элементов.

Задающий генератор выполнен на транзисторах VT106 и VT107 по схеме симметричного мультивибратора. Работой задающего генератора управляет ключ на транзисторе VT101. На транзисторах VT103, VT105 и VT102, VT104 выполнен двухтактный буферный каскад, исключаяющий влияние выходного каскада на работу задающего генератора. Выходной каскад выполнен на параллельно включенных транзисторах VT111, VT113 и VT110, VT112. Согласно эмиттерные повторители VT108 и VT109 питаются пониженным напряжением, снимаемым с части первичной обмотки трансформатора. Благодаря этому открытые выходные транзисторы не доводятся до глубокого насыщения. Для ускорения процесса закрывания выходных транзисторов введены диоды VD104, VD105. Диоды VD102, VD103 обеспечивают плавный запуск преобразователя. Для стабилизации напряжения преобразователя использован детектор на диоде VD113, напряжение на который подается от отдельной обмотки выходного трансформатора. Конструктивные данные трансформатора неизвестны.

Рис. 5.16. Источник питания усилителя Монакор НРВ 150





Применение полевых транзисторов в блоке питания (MOS Powered) повышает надежность и экономичность. Частота преобразования во многих конструкциях превышает 100 кГц. Упрощенная схема нестабилизированного преобразователя напряжения питания четырехканального усилителя приведена на рисунке 5.17. Нумерация элементов условная.

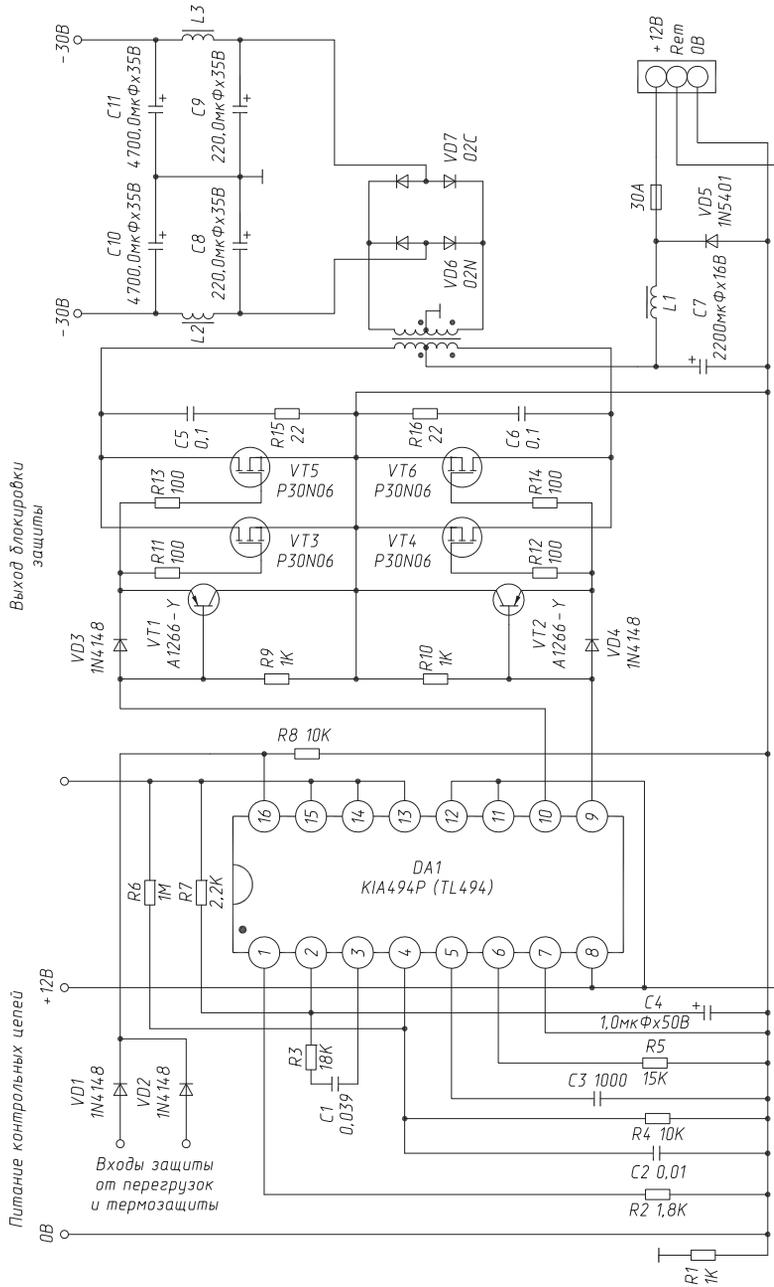
Задающий генератор собран на микросхеме TL494 (аналог КР1114ЕУ4). Цепи защиты на схеме не показаны. В выходном каскаде помимо указанных на схеме можно использовать мощные полевые транзисторы КП812В, КП850, IRF150, IRFP044 и IRFP054. Диоды 1N4118 можно заменить на КД522Б. Диоды выпрямителя – КД2994, КД213 необходимо снабдить теплоотводом. В оригинале конструкции использованы отдельные диодные сборки с общим анодом и с общим катодом, смонтированные через изолирующие прокладки на корпусе-радиаторе вместе с выходными транзисторами усилителя.

Трансформатор можно намотать на ферритовом кольце К42х28х10 или К42х25х11 с магнитной проницаемостью 2000. Первичная обмотка намотана «косой» из 8 проводов диаметром 1,2 мм, вторичная – «косой» из 4 проводов диаметром 1 мм. После намотки каждая «коса» разделена на две части, и начало одной половины обмотки соединено с концом другой. Первичная обмотка содержит 2х6,5 витков, вторичная – 2х15 витков, равномерно распределенных по кольцу (рисунок 5.18).

Данные дросселей не критичны. Дроссель L1 намотан на ферритовом стержне диаметром 16 мм и содержит 10 витков эмалированного провода диаметром 2 мм. Дроссели L2, L3 намотаны на ферритовых стержнях диаметром 10 мм и содержат по 10 витков эмалированного провода диаметром 1 мм. Длина каждого стержня 20 мм.

Рассмотренные схемы с незначительными изменениями используются в усилителях с суммарной выходной мощностью до 100–120 Вт. Варьируется число пар выходных транзисторов, данные трансформатора и реализация цепей защиты. В преобразователях напряжения более мощных усилителей вводится обратная связь по выходному напряжению, а число ключевых транзисторов инвертора увеличивается. Для гальванической развязки первичных и вторичных цепей в цепи ОС по выходному напряжению используются оптроны.

Рис. 5.17. Источник питания усилителя Jensen



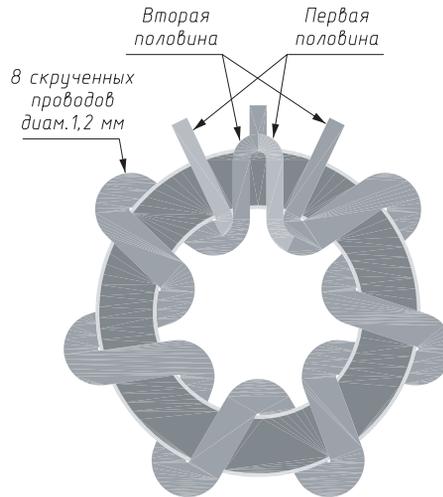
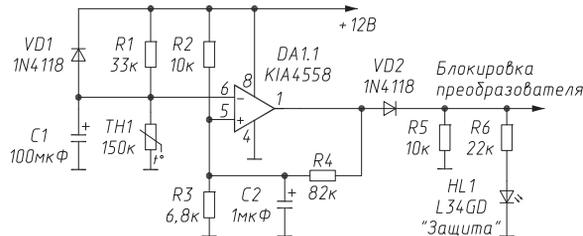


Рис. 5.18. Схема намотки трансформатора

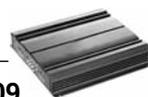
Узел термозащиты обычно реализуется на основе термистора и компаратора. Иногда применяют специализированные компараторы в интегральном исполнении, но чаще в этой роли используют стандартные ОУ. Пример реализации данного узла в том же усилителе **Jensen** приведен на рисунке 5.19. Нумерация деталей условная.

Рис. 5.19. Узел термозащиты усилителя Jensen



Термистор TH1 имеет тепловой контакт с корпусом усилителя вблизи выходных транзисторов. Напряжение с термистора подано на инвертирующий вход ОУ. Резистор R1 задает начальный ток через термистор, конденсатор C1 предотвращает ложные срабатывания защиты. Дело в том, что длина проводов, которыми подключен термистор, составляет около 20 см, поэтому уровень наводок от блока питания достаточно велик.

Делитель напряжения R2R3 задает пороговое напряжения на неинвертирующем выходе DA1.1. Через резистор R4 осуществляется положительная обратная связь с выхода ОУ, превращающая ОУ в пороговый эл-



мент с гистерезисом. При нагреве корпуса до 100 градусов сопротивление термистора снижается до 25 кОм, компаратор срабатывает и высоким уровнем напряжения на выходе блокирует работу преобразователя.

Мощные блоки питания выполняют с отдельными выходными каскадами преобразователя для питания усилителей мощности левого и правого каналов (или групп каналов). Такая структура позволяет уменьшить переходные помехи между каналами. В качестве примера на рисунке 5.20 приведена схема блока питания рассмотренного ранее двухканального усилителя **Lanzar RK 1200–2C**. [79]

Для каждого преобразователя предусмотрен отдельный LC-фильтр в цепи питания. Диоды D501, D501A защищают усилитель от ошибочного включения в неправильной полярности. В каждом преобразователе использовано три пары полевых транзисторов и трансформатор, намотанный на ферритовом кольце. Выходное напряжение преобразователей выпрямляется диодными сборками D511, D512, D514, D515 и сглаживается фильтрующими конденсаторами емкостью 3300 мкФ. Выходное напряжение не стабилизировано, поэтому мощность усилителя зависит от напряжения бортовой сети. Из отрицательного напряжения правого и положительного напряжения левого канала параметрические стабилизаторы формируют напряжения +15 и -15 вольт для питания кроссовера и дифференциальных каскадов усилителей мощности.

В задающем генераторе использована микросхема KIA494 (TL494). Транзисторы Q503, Q504 упрочняют выход микросхемы и ускоряют закрывание ключевых транзисторов выходного каскада. Напряжение питания подано на задающий генератор постоянно, управление включением производится непосредственно от цепи Remote источника сигнала. Такое решение упрощает конструкцию, но в выключенном состоянии усилитель потребляет незначительный ток покоя.

Устройство защиты выполнено на микросхеме KIA358S, содержащей два компаратора. Напряжение питания подается на нее непосредственно от цепи Remote головного устройства. Резисторы R518-R519-R520 и термодатчик образуют мост, сигнал с которого подан на один из компараторов. На другой компаратор через формирователь на транзисторе Q501 подается сигнал от датчика перегрузки.

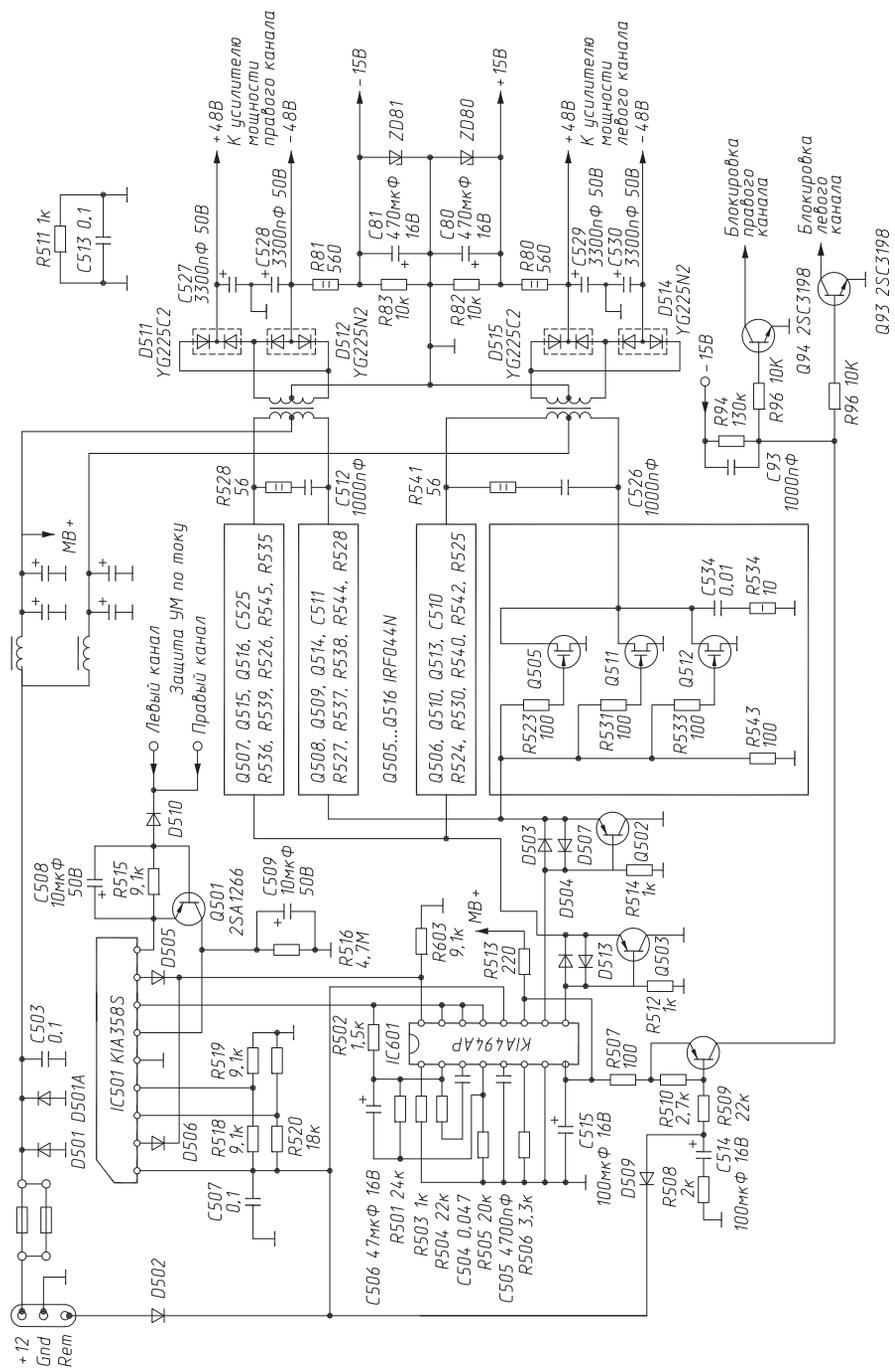


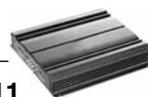
210

УСИЛИТЕЛИ

Рис. 5.20. Схема блока питания усилителя Lanza RK 1200-2C

БЛОКИ ПИТАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ





При перегреве усилителя на выводе 2 микросхемы появляется высокий уровень напряжения, такой же уровень возникает на выводе 8 при перегрузке усилителя. В любом из аварийных случаев сигналы с выхода компараторов через диодную схему ИЛИ (D505, D506, R603) блокируют работу задающего генератора по выводу 15. Восстановление работы происходит после устранения причин перегрузки или охлаждения усилителя ниже порога срабатывания термодатчика.

На транзисторах Q504, Q93, Q94 выполнено устройство блокировки входа усилителя мощности на время переходных процессов при включении и выключении. При включении усилителя конденсатор C514 медленно заряжается, транзистор Q504 в это время находится в открытом состоянии. Сигнал с коллектора этого транзистора открывает ключи Q94, Q95. После зарядки конденсатора транзистор Q504 закрывается, а напряжение -15 В с выхода блока питания надежно блокирует ключи. При выключении усилителя транзистор Q504 мгновенно открывается через диод D509, конденсатор быстро разряжается и процесс повторяется в обратном порядке.

5.5. ИМПУЛЬСНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Борьба за экономичность усилителей и качество звучания до недавнего времени шла по двум расходящимся направлениям. Экономичным усилителям класса В свойственны значительные искажения сигнала малого уровня («первый ватт»), аудиофильские усилители класса А невероятно прожорливы. Компромиссные решения класса АВ не решают полностью ни одну из проблем. [65]

Класс усилителя	Теоретический КПД	Реальный КПД	Минимум искажений наступает:
А	50%	15-30%	при малой мощности
АВ	зависит от режима	40-50%	при средней мощности
В	78%	50-60%	при средней мощности

В лучшем случае только половина мощности, потребляемой усилителем, поступает в нагрузку. Оставшаяся часть нагревает транзисторы выходного каскада. Для повышения экономичности аналоговых усилителей было предложено немало технических решений, которые можно свести в четыре группы:



- управление режимом выходного каскада, исключая отсечку сигнала (класс A+)
- маломощный каскад класса А, напряжение питания которого управляется мощным усилителем класса В (класс Super A);
- параллельная работа на общую нагрузку каскадов с различным напряжением питания (класс G);
- управление напряжением питания выходного каскада (класс H).

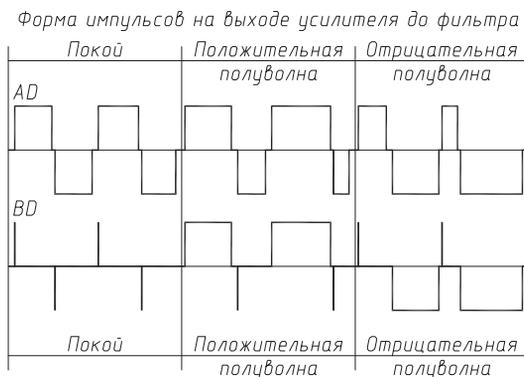
Однако сложность конструкции не оправдывала экономии и усилители этих типов не получили распространения даже в домашней технике. В автомобильной же политике еще усугубляется:

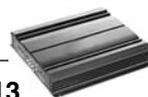
- низкое напряжение питания увеличивает потери в выходном каскаде встроенных усилителей головных аппаратов;
- блоки питания внешних усилителей влияют практически на все его характеристики, особенно при невысокой частоте преобразования (характерно для бюджетных моделей).

5.5.1. Усилители класса D

Усилители класса D – достижение конструкторской мысли «цифровой» эпохи. [28, 65] Их главная особенность: использование вместо усиления широтно-импульсной модуляции (ШИМ, она же PWM – pulse width modulation). В отличие от аналоговых усилителей, где выходной сигнал представляет собой «увеличенную» копию входного, выходной сигнал усилителей класса D представляет собой импульсы прямоугольной формы.

Рис. 5.21. Выходной сигнал усилителя класса D





Их амплитуда постоянна, а длительность («ширина») изменяется в зависимости от амплитуды аналогового сигнала, поступающего на вход усилителя. Частота импульсов (частота дискретизации) постоянна и в зависимости от требований, предъявляемых к усилителю, составляет от нескольких десятков до сотен килогерц. После формирования импульсы усиливаются оконечными транзисторами, работающими в ключевом режиме. Преобразование импульсного сигнала в аналоговый происходит в фильтре низких частот на выходе усилителя или непосредственно в нагрузке.

Основное достоинство усилителей этого класса – высокий КПД (в лучших образцах до 95%). Это объясняется тем, что амплитуда импульсов практически равна напряжению питания и потери мощности на выходных транзисторах минимальны. Искажения возрастают при увеличении частоты сигнала и снижении частоты дискретизации. Косвенным образом от частоты дискретизации зависит и выходная мощность: с ростом частоты уменьшаются необходимая индуктивность катушек и снижаются потери в выходном фильтре.

Подобно аналоговым усилителям, импульсные усилители разделяются на подклассы AD и BD, причем их достоинства и недостатки тоже подобны. В усилителях класса AD в отсутствие входного сигнала выходной каскад продолжает работу, выдавая в нагрузку разнополярные импульсы одинаковой длительности. Это позволяет улучшить качество передачи слабых сигналов, но значительно снижает экономичность и порождает ряд технических проблем. В частности, приходится бороться с так называемым сквозным током, который возникает при одновременном переключении выходных транзисторов. Для устранения сквозного тока в выходном каскаде вводится мертвое время между закрыванием одного транзистора и открыванием другого.

Практическое применение находят более простые по конструкции усилители класса BD, выходной каскад которых в отсутствие сигнала генерирует импульсы очень малой длительности или находится в состоянии покоя. Однако в усилителях этого типа наиболее сильно проявляется основной недостаток метода – зависимость уровня нелинейных искажений от частоты дискретизации и частоты сигнала. Кроме того, искажения возрастают при передаче сигналов малого уровня. Создание высококачественного широкополосного усилителя класса D требует значительного усложнения конструкции. Поэтому в автомобильных аудиосистемах такие усилители пока применяют только в сабвуферах: в этом случае вполне допустим уровень нелинейных искажений до нескольких процентов. [34, 111, 113]





5.5.2. Усилители класса Т

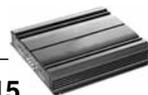
Одновременно решить проблемы экономичности и качества звучания можно при совместном использовании аналоговых и цифровых методов обработки сигнала, и многолетние разработки увенчались успехом. Судя по материалам компании Tripath Technology, в созданных ей усилителях класса Т высокая экономичность сочетается с аудиофильским качеством звучания. [28, 97]

В усилителях класса Т качество звучания повышено на порядок при сохранении высокой экономичности. Это особенно актуально при создании усилителей мощности головных аппаратов. Tripath Technology выпускает интегральные усилители мощностью 10 и 20 Вт для портативной аудиотехники и головных аппаратов, а также микросхемы для создания усилителей более высокой мощности (до 300 Вт).

Уровень искажений минимален, а в спектре выходного сигнала практически отсутствуют высшие гармоники. Главное отличие новых усилителей и от аналоговых, и от традиционных цифровых – низкий уровень интермодуляционных искажений, меньший, чем коэффициент гармоник. Интегральные усилители по этому показателю несколько уступают своим «большим» собратьям класса Т, но традиционные микросхемы вообще не выдерживают конкуренции. Для усилителей класса АВ, например, коэффициент интермодуляционных искажений значительно (иногда в несколько десятков раз) превосходит коэффициент гармоник; для усилителей класса А эти величины одного порядка.

В чем же секрет метода? В использовании патентованной технологии **Digital Power Processing**[™]. В материалах фирмы этой технологии посвящено немало текста, но полезной информации там, по понятным причинам, совсем немного. В тайне содержатся не только детали, но и сам принцип обработки сигнала. Если отбросить риторiku, то все сводится к двум взаимосвязанным процессам – «предсказанию» (Predictive processing) и «адаптивному преобразованию» (Adaptive Signal Conditioning Processing)

Предсказаниями с незапамятных времен занимаются жрецы и гадалки, причем с переменным успехом. В нашем случае узнать уровень звукового сигнала можно двумя способами:



- Вычисление. Отслеживается скорость изменения сигнала (производная) и на основании этого рассчитывается предполагаемое значение сигнала в следующий момент времени. Реализовать можно как в аналоговом варианте, так и в цифровом. В звуковом процессоре можно использовать математические модели, построенные на статистических данных.
- Измерение. Сигнал поступает на обработку через цифровую линию задержки, что позволяет заранее измерить его амплитуду. Требуется высокоточный и высокоскоростной АЦП.

Судя по тому, что динамический диапазон даже интегральных усилителей превышает 100 дБ, а какие-либо тактовые генераторы отсутствуют, амплитуда сигнала именно вычисляется, а не измеряется. Для чего же нужно ее знать? В усилителях класса Т нет фиксированной частоты дискретизации – она непрерывно изменяется в полосе до 1,5 мГц в соответствии с алгоритмом «адаптивного преобразования». Исходными данными служит как раз амплитуда сигнала и скорость ее изменения. Повышение частоты дискретизации при увеличении скорости нарастания сигнала повышает качество звучания и позволяет упростить конструкцию выходного фильтра.

О сущности алгоритма обработки остается пока только гадать. Кроме перечисленного, адаптивное преобразование может включать в себя и внутреннюю отрицательную обратную связь – цифровую или аналоговую. Исходя из этого, можно предположить, что в основу **Digital Power Processing**™ положена одна из разновидностей дельта-модуляции. От традиционной широтно-импульсной она отличается тем, что передается не абсолютная величина сигнала, а ее изменение относительно предыдущего состояния (отсюда и «дельта» в названии). Отрицательная обратная связь входит в него генетически, да и «предсказание» тоже имеет место быть...

Выпуском микросхем занимается непосредственно Tripath Technology. Производится значительное количество разнообразных компонентов, включая готовые усилительные модули. Все функции обработки сигнала сосредоточены в одной микросхеме с минимумом внешних компонентов. Усилители малой и средней мощности изготавливаются в интегральном исполнении. В усилителях большой мощности выходной каскад выполняется на дискретных компонентах. Выходной LC-фильтр во всех случаях монтируется отдельно.





В течение 2001–2002 года за рубежом появилось множество автомобильных устройств с усилителями класса Т. Значительная часть их предназначена для заводского оснащения автомобилей, но некоторые модели предназначены и для самостоятельного использования.

Интегральные усилители	ТА2020-020	ТА2022
Максимальная мощность на нагрузке 4 Ом при заданном Кг, %	23 Вт (10%)	100 Вт (1%)
Номинальная мощность на нагрузке 4 Ом при Кг=0,1%	12 Вт	90 Вт
Коэффициент гармоник	0,03% (10 Вт)	0,015% (70 Вт)
Интермодуляционные искажения	0,18% (1 Вт)	0,1% (25 Вт)

Интегральные усилители	ТА2020-020	ТА2022
К.П.Д.	81–88%	87–92%
Напряжение питания	+12–14,4 В	+/-31 В

5.5.3. Полностью цифровые тракты

При наличии цифрового источника сигнала и цифрового усилителя нет никакого смысла преобразовывать сигнал в аналоговую форму для передачи по линиям связи. Отказ от промежуточной аналоговой обработки повышает качество звучания, и многие компании форсируют разработку полностью цифровых трактов. Признанным лидером в этой области является компания Apogee Technology. В течение 2000 и 2001 года она выпустила на рынок усилители и активные АС для компьютеров и домашних кинотеатров, использующие технологию DDX (Direct Digital Amplification). [116]

В марте 2002 года Apogee Technology объявила о том, что в содружестве с ST Microelectronics начала разработку новой технологии для подготовки к выпуску линейки современных, полностью цифровых усилителей, идущих на замену цифро-аналоговым преобразователям (DAC) в трактах аудиосистем.

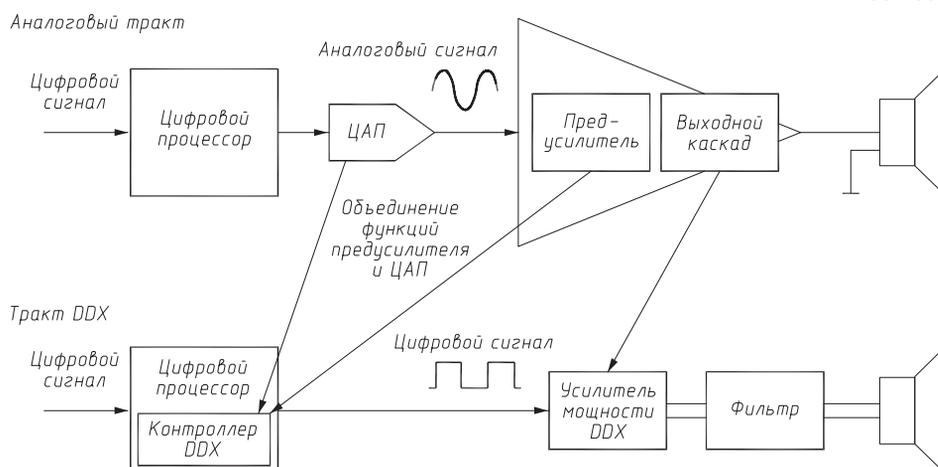
Предварительно в феврале 2002 года ST Microelectronics лицензировала у Apogee Technology технологию DDX. Согласно этому лицензионному соглашению, компании уже выпустили 4.1-канальный DDX-контроллер и два усилительных DDX-чипа, обеспечивающих до 100 Вт выходной мощности. По словам компаний, подобные микросхемы в ближайшее время придут на замену аналоговым интегральным УМЗЧ в боль-

шинстве бытовых электронных устройств, в том числе и в автомобильной аудиотехнике.

Основные преимущества DDX следующие:

- Высокий КПД
- Отсутствует ЦАП
- Высокая помехоустойчивость
- Низкий уровень шумов
- Низкая стоимость
- Отсутствует обратная связь
- Хорошее демпфирование динамика

Рис. 5.22. Структура DDX



Такой букет достоинств обусловлен особенностями технологии обработки сигнала и построением выходного каскада. В отличие от традиционных усилителей класса D перевод выходного каскада в мостовой режим класса BD позволил организовать импульсное демпфирование подвижной системы динамической головки (damped ternary modulation).

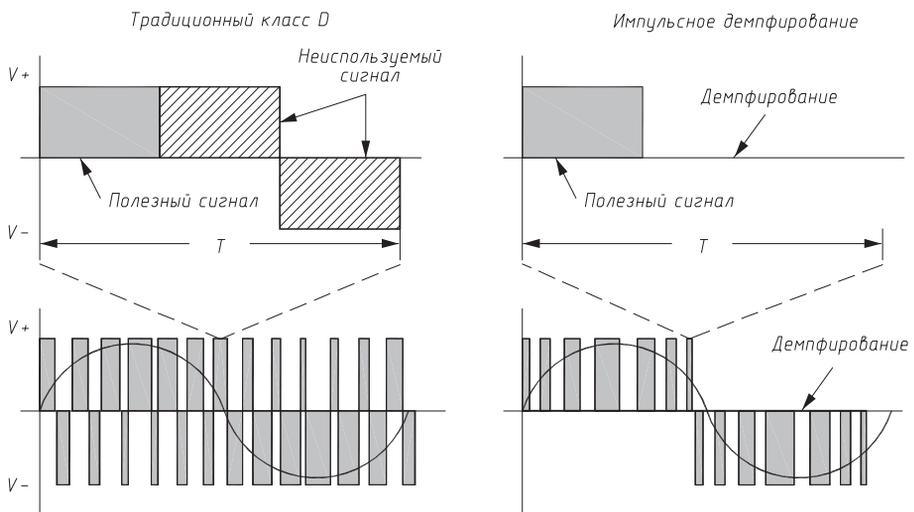
В промежутках между информационными импульсами выходной каскад замыкает выводы звуковой катушки (рисунок 5.23). Электрическое демпфирование основного резонанса подвижной системы осуществляется не виртуальным выходным сопротивлением усилителя, а вполне реальным и достаточно низким сопротивлением силовых ключей. Поэтому понятие дем-



пинг-фактора к данной технологии можно применить только с некоторыми оговорками.

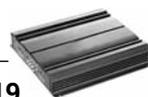
При измерении традиционными методами значение получается небольшим – порядка 16, но степень демпфирования подвижной системы не хуже, чем у аналогового усилителя с демпинг-фактором более 100. Благодаря отключению нагрузки в паузах сигнала новая технология повышает также отношение сигнал-шум.

Рис. 5.23. Импульсное демпфирование в усилителях DDX



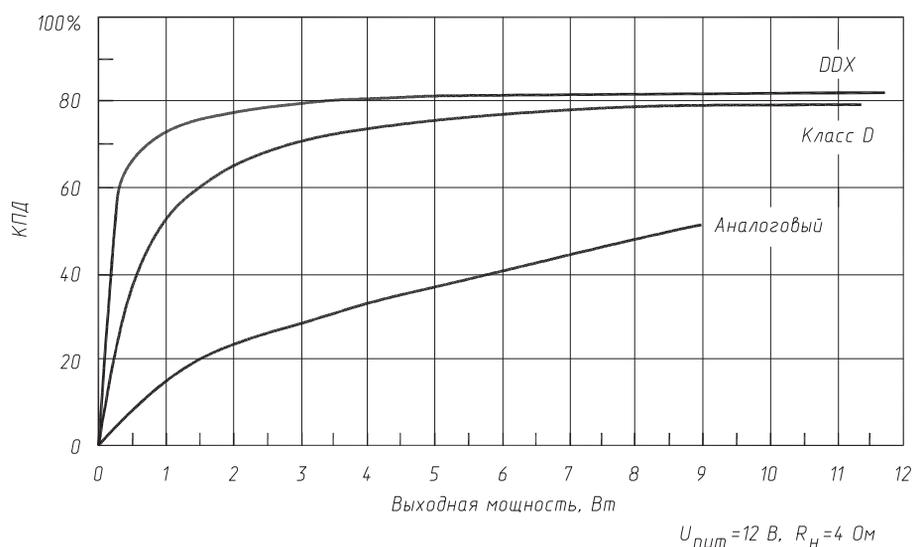
Помимо улучшения демпфирования увеличивается экономичность усилителя при усилении слабых сигналов. По сравнению с аналоговыми усилителями класса АВ эффективность DDX приблизительно в два-три раза выше, традиционные усилители класса D уступают им в области малых сигналов приблизительно 20% (рисунок 5.24).

Еще одно немаловажное преимущество – отсутствие общей обратной связи в усилителе. Вкупе с мостовой организацией выходного каскада это значительно снижает влияние изменений напряжения источника питания на параметры сигнала. Без обратной связи возрастает и устойчивость усилителя: микросхемы, разработанные для автомобильных усилителей, развивают мощность до 100 Вт на нагрузке 0,7 Ом. И это при напряжении питания 12 вольт, без преобразователей и массивных радиаторов! Создатели с оптимизмом считают, что широкое распространение новой технологии не за горами.



А как быть с аналоговыми носителями? Кончина компакт-кассеты откладывается на неопределенное время, да и цифровое радиовещание не скоро станет общедоступным (по причинам скорее экономическим, нежели геополитическим). Хотя стандарт DAB и рекомендован к применению в России и СНГ, дальше разговоров и опытов вещания дело не пошло. Да и в других странах аналоговое радиовещание пока не сдается.

Рис. 5.24. Сравнение экономичности усилителей разных типов



Впрочем, серьезных препятствий нет. Для аналоговых источников придется использовать аналого-цифровые преобразователи, при этом открываются новые возможности. Например, становится возможным применение уже существующих цифровых систем шумопонижения и других устройств обработки сигнала. Такое решение в домашних цифровых системах Hi-End стало типовым, никто не мешает применить его и в автомобильных устройствах.



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

В этой главе рассматриваются дополнительные устройства, без которых трудно реализовать высококачественный звуковой тракт – разделительные фильтры, кроссоверы и эквалайзеры. Кроме того, рассмотрен ряд устройств, которые не имеют непосредственного отношения к процессу воспроизведения и качеству звучания, но вносят свой вклад в удобство и безопасность эксплуатации системы, или имеют эстетическое значение. Необходимость их применения решается в каждом конкретном случае.

6.1. РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ АС

В этом разделе речь пойдет о том, без чего пока не может обойтись аудиосистема высокого качества – о разделительных фильтрах. Существует два противоположных подхода к конструированию многополосных АС:

- Широкополосный усилитель с разделением спектра на выходе
- Многополосное усиление с разделением спектра на входе

Каждый вариант имеет свои достоинства и недостатки. Элементы фильтра, включенные между выходом усилителя и динамической головкой, ухудшают демпфирование подвижной системы. В системах с многополосным усилением эта проблема отсутствует. Благодаря тому, что уровень сигнала по каналам и частоты раздела полос регулируются плавно и независимо, настройка заметно облегчена. Однако сложность и стоимость систем с многополосным усилением существенно выше. Основным источником фазовых искажений являются именно разделительные фильтры, поэтому сдвиг фазы оказыва-



ет влияние на формирование звукового образа. [90] Этот вопрос рассмотрен в следующих главах.

Разделительные фильтры (кроссоверы) предназначены для того, чтобы пропустить к каждой головке многополосной акустической системы напряжение только своей частотной полосы. Фильтры различают по крутизне спада за пределами полосы пропускания и подразделяют на пассивные и активные. По математической функции, описывающей работу фильтра, различают такие виды: Бесселя, Баттерворта, Чебышева, Линквитца-Райли.

Пассивные фильтры не используют усилительных элементов и поэтому могут включаться в любой участок тракта – между широкополосным усилителем и головками в системе с одноканальным усилением или между источником сигнала и полосовым усилителем в системе с многополосным усилением. Поэтому по своему конструктивному исполнению пассивные фильтры могут быть малосигнальными и мощными. Малосигнальные пассивные фильтры рассматриваются в главе 8.

Активные фильтры выполнены на основе усилительных каскадов, охваченных частотно-зависимыми обратными связями и включаются в тракт между источником сигнала и полосовым усилителем. Активные фильтры предназначены исключительно для многополосных усилительных систем. Различные варианты активных фильтров рассмотрены далее.

В некоторых случаях в роли активного фильтра может выступать сам усилитель мощности, охваченный частотно-зависимыми обратными связями для формирования требуемой АЧХ. Однако в промышленных конструкциях такое решение не применяется, поскольку ограничивает область применения усилителя (да и спрос на специализированный товар невелик). В любительских условиях, когда усилитель изготавливается или дорабатывается под конкретные задачи, такой подход вполне оправдан: это позволяет не только упростить конструкцию, но и повысить качество звучания.

В автомобильной аудиотехнике чаще всего используют пассивные фильтры первого и второго порядка. Фильтры более высоких порядков в пассивном исполнении встречаются достаточно редко, в основном для формирования полосы ВЧ при достаточно низкой частоте раздела. Кроме того, во многих конструкциях встречаются «несимметричные» фильтры, ФНЧ и ФВЧ которых имеют разный порядок. Например, в двухполосной компонентной акустике ча-



сто используется фильтр 2-го порядка для пищалки, и фильтр 1-го порядка для мидбаса. В этом случае частота раздела выбирается вблизи естественного спада АЧХ мидбасовой головки, в результате чего крутизна спада ее АЧХ по звуковому давлению увеличивается.

6.1.1. Методика расчета пассивных фильтров

При самостоятельном проектировании фильтров по упрощенным методикам результаты часто далеки от задуманного. За разочарованием следует либо неверие в свои силы, либо начинается подбор элементов методом «научного тыка» с применением шаманских заклинаний, «волшебных» проводов и прочих атрибутов Hi-End-а. В случае успеха это немедленно возводит создателя в ранг гуру...

При выборе динамических головок для акустической системы с пассивными фильтрами, прежде всего, нужно учитывать их чувствительность при одинаковом подводимом напряжении. Если величины близкие (+-1 дБ) – можно использовать простой пассивный кроссовер, но для подгонки АЧХ может понадобиться эквалайзер. Если отдача СЧ- или ВЧ-головки заметно выше, чем НЧ – понадобится согласующее устройство (аттенюатор). Использовать для снижения отдачи НЧ-головки какие-либо пассивные цепи не рекомендуется. Помимо потерь мощности заметно ухудшается демпфирование подвижной системы, что на слух воспринимается как «бубнящий» призыв. В этом случае придется перейти к поканальному усилению.

Поясним сказанное примером. Имеются головки со следующими параметрами:

- НЧ – 4 Ом, 89 дБ/Вт/м (мощность 1 Вт развивается при напряжении 2 В);
- СЧ – 8 Ом, 91 дБ/Вт/м (мощность 1 Вт развивается при напряжении 2,83 В).

При подводимом напряжении 2 В на СЧ-динамике разовьется мощность 0,5 Вт (на 3 дБ меньше, чем НЧ), звуковое давление уменьшится на эту же величину и составит: $91-3=88$ дБ. Таким образом, при одинаковом подводимом напряжении отдача СЧ-динамика на 1 дБ меньше, чем НЧ и такая пара вполне может работать с пассивным кроссовером.

Во-вторых, импеданс головок непостоянен и зависит от частоты. Причем индуктивность эта у «среднестатистического» мидбаса составляет 0,4–0,5 мГн, и уже на частотах



2–3 кГц импеданс возрастает практически вдвое. Для мощных низкочастотных головок показатели еще выше.

Поэтому в расчетах фильтров нужно использовать именно импеданс Z , а не активное сопротивление Re (как это принято в упрощенных методиках).

При проектировании пассивных разделительных фильтров можно использовать следующие методы:

- использовать в расчетах реальное значение импеданса на выбранной частоте раздела. Для этого можно воспользоваться справочными данными или самостоятельно снять Z -характеристику;
- использовать цепь, стабилизирующую импеданс нагрузки (компенсатор). В этом случае при расчете фильтров можно использовать номинальный импеданс головки;
- моделировать фильтр, учитывая его взаимодействие с комплексной нагрузкой.

Рис. 6.1. Фильтры первого порядка: а - ФНЧ, б - ФВЧ



Недостаток первого метода в том, что сопротивление нагрузки фильтра принимается постоянным (хотя и отличным от Re). В действительности это не так. Компенсаторы же по экономическим соображениям обычно используют только с НЧ головками. Далее показано, что влиянием индуктивности СЧ- и ВЧ-головок пренебрегать также не стоит. Поэтому наиболее удобен третий подход, позволяющий оптимизировать фильтр под конкретные задачи с учетом характеристик реальных головок. Для анализа и проектирования можно использовать любую среду моделирования (Micro-Cap 6.0, Electronic WorkBench, и т.д.) Однако не нужно забывать, что АЧХ по электрическому напряжению и АЧХ по звуковому давлению – две большие разницы, как говорят в Одессе.

**Фильтры первого порядка**

Номиналы элементов определяются по следующим формулам и корректируются до ближайших стандартных:

$$C = 1/2 \pi F_{\text{ФВЧ}} Z,$$

$$L = Z/2 \pi F_{\text{ФНЧ}}.$$

Фильтры второго порядка

Для фильтра второго порядка необходимо прежде всего выбрать тип фильтра: Бесселя, Баттерворта или Линквитца-Райли. Емкости и индуктивности вычисляются по тем же формулам, что и для фильтра первого порядка и затем корректируются:

Для фильтра Баттерворта:

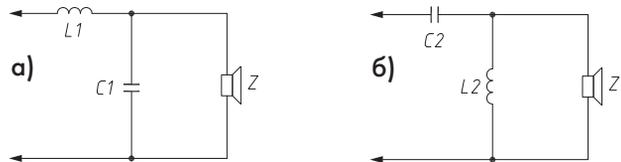
$$L_1 = L/\sqrt{2} = 0.707L,$$

$$L_2 = L\sqrt{2} = 1.414L,$$

$$C_1 = C\sqrt{2} = 1.414C,$$

$$C_2 = C/\sqrt{2} = 0.707C.$$

Рис. 6.2. Фильтры второго порядка: а - ФНЧ, б - ФВЧ



Для фильтра Бесселя:

$$L_1 = L/\sqrt{3} = 0.577L,$$

$$L_2 = L\sqrt{3} = 1.732L,$$

$$C_1 = C\sqrt{3} = 1.732C,$$

$$C_2 = C/\sqrt{3} = 0.577C.$$

Для фильтра Линквитца-Райли:

$$L_1 = L/2,$$

$$L_2 = 2L,$$

$$C_1 = 2C,$$

$$C_2 = C/2.$$

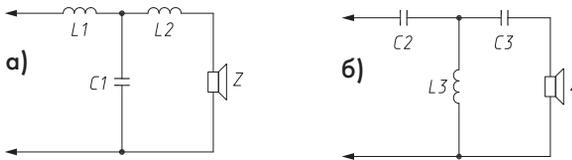


Фильтры третьего порядка

Расчет производится по тем же формулам, что и для фильтра первого порядка, и полученные величины затем корректируются:

$$\begin{aligned}L_1 &= 1,5L, \\L_2 &= L/2, \\L_3 &= 0,75L, \\C_1 &= 4C/3, \\C_2 &= 2C, \\C_3 &= 2C/3.\end{aligned}$$

Рис. 6.3. Фильтры третьего порядка:
а – ФНЧ, б – ФВЧ



Полосовые фильтры

Полосовые фильтры нужного порядка для трехполосных акустических систем можно получить последовательным соединением ФВЧ и ФНЧ соответствующих порядков. Расчет их производится по уже рассмотренной методике. В качестве примера приведена схема полосового фильтра первого порядка.

Если среднечастотная головка используется с согласующим резистором (диссипатором), в конструкции фильтра можно обойтись без индуктивности.

Элементы рассчитываются так же, как и для обычного фильтра, но с учетом сопротивления резистора:

$$\begin{aligned}C_1 &= 1/2 \pi F_H (Z+R), \\C_2 &= 1/2 \pi F_B Z.\end{aligned}$$

Рис. 6.4. Полосовой фильтр первого порядка

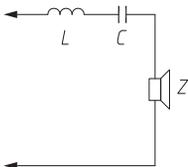
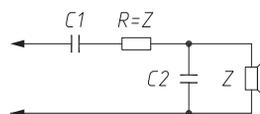
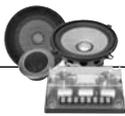


Рис. 6.5. Полосовой фильтр первого порядка без индуктивности





Последовательные фильтры

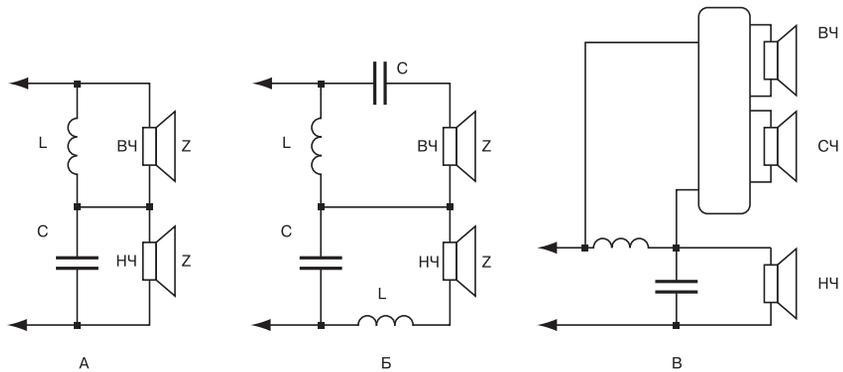
В том случае, если используемые динамические головки имеют одинаковый импеданс и близкую чувствительность, можно использовать последовательный фильтр. Расчет их производится по той же методике.

На практике трехполосные АС часто изготавливают на базе двухполосного комплекта, добавив к малогабаритному мидбасу «солидный» НЧ-динамик. В этом случае удобно использовать каскадное (последовательное) включение фильтров. Тогда изготовить придется только звено для раздела полос НЧ и СЧ, а для раздела полос СЧ и ВЧ используется штатный кроссовер из двухполосного комплекта.

У последовательных фильтров первого порядка есть интересная особенность – варьируя номиналы элементов, можно существенно повысить крутизну спада АЧХ. Получается фильтр квазивторого порядка. Однако входное сопротивление фильтра на частоте раздела снижается. [120]

L	C	$R_{вх}$	крутизна
$0,707 L_0$	$1,41 C_0$	$0,707 R_H$	9 дБ/окт
$0,5 L_0$	$2 C_0$	$0,5 R_H$	12 дБ/окт

Рис. 6.6. Последовательный фильтр: а – первого порядка, б – второго порядка, в – каскадное включение фильтров



6.1.2. Корректирующие и согласующие цепи

Компенсатор Цобеля-Буше применяется для компенсации индуктивной составляющей импеданса и представляет собой последовательную RC-цепь, подключенную параллельно динамику. В результате импеданс нагрузки становится практически активным и не зависящим от частоты.



Компенсатор является принадлежностью не усилителя, а динамической головки, и номиналы определяются только ее параметрами (индуктивностью звуковой катушки). Его наличие не отменяет «антивозбудительные» RC-цепи между выходом усилителя и общим проводом, если они предусмотрены его схемой. Для широкополосных головок компенсатор импеданса не нужен, поскольку изменение импеданса не оказывает влияния на работу современного усилителя.

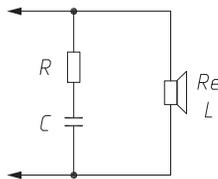


Рис. 6.7.
Компенсатор Цобеля-Буше

Номиналы элементов вычисляются по следующим формулам:

$$R=Z \approx 1.25R_e,$$

$$C=L_e/Z^2,$$

- где Z – номинальный импеданс (Ом);
 L_e – индуктивность звуковой катушки (Г);
 R_e – активное сопротивление звуковой катушки (Ом);
 C – емкость компенсирующей цепи (Ф);
 R – сопротивление компенсирующей цепи (Ом).

Вычисленные значения округляются до ближайших стандартных номиналов. Если индуктивность измерять в микрогенри, сопротивление – в омах, то емкость получится в микрофарадах. Приводимая в документации на динамик индуктивность звуковой катушки L_e указывается обычно в миллигенри, поэтому ее величину нужно умножить на 1000. Мощность рассеяния резистора должна соответствовать номинальной мощности головки. Для большинства типов низкочастотных динамических головок емкость конденсатора составляет 50–150 мкФ.

Потери в компенсаторе можно не учитывать, там протекают только реактивные токи, идет обмен энергией между конденсатором и обмоткой звуковой катушки. Однако для лучшей компенсации и уменьшения реактивных токов в «колоночных» проводах компенсатор



следует размещать в непосредственной близости от динамика, лучше всего – непосредственно подсоединять к его клеммам. Особенно это относится к мощным низкочастотным головкам независимо от схемы подключения нагрузки (обычная или мостовая). Там компенсатор желателен даже при работе головки непосредственно от усилителя (без использования пассивных фильтров), поскольку создает благоприятные условия для работы усилителя именно с этой головкой.

Для сабвуфера компенсатор полезен еще по одной причине – он будет дополнительно фильтровать высшие гармоники сигнала, позволяющие уверенно локализовать сабвуфер. При отсутствии запаса мощности усилителя его перегрузка вполне реальна даже при относительно небольшой громкости звучания. В этом случае продуктов искажений будет с избытком. Они образуются в оконечном усилителе и никак не зависят от полосы пропускания активного кроссовера.

Для среднечастотных и высокочастотных головок можно использовать другие способы стабилизации импеданса, основанные на включении резистора последовательно или параллельно с головкой. Во всех случаях при расчете фильтра необходимо использовать результирующее сопротивление. Кроме того, этот резистор можно использовать для согласования отдачи среднечастотной головки с низкочастотной и коррекции АЧХ. Подробно об этом далее.

Для высокочастотных головок обычно используют параллельное включение резистора с сопротивлением равным или несколько большим, чем номинальный импеданс головки. Для среднечастотных головок удобнее оказывается включение последовательного резистора (диссипатора). При таком подключении головка питается уже не от источника напряжения, а от источника тока. В результате происходит не только стабилизация импеданса в широком диапазоне частот, но и значительное снижение интермодуляционных искажений, особенно заметное при использовании недорогих широкополосных и среднечастотных головок. [13] Практика показывает, что в этом случае достаточно установить резистор с сопротивлением, приблизительно равным 0,5–1 номинального импеданса головки. Для частоты раздела выше 300 Гц мощность рассеяния резистора должна равняться 15–20% номинальной мощности головки. Следует также учитывать снижение отдачи.



Для исправления локальных дефектов АЧХ-головок в рабочей полосе частот профессиональные студии иногда используют кроссоверы сложной конструкции с корректирующими LCR-звеньями, но их настройка должна сопровождаться обязательными измерениями АЧХ по звуковому давлению и поэтому не может быть рекомендована любителям. [14]

Несколько легче обстоит дело с демпфированием резонанса ВЧ-головки, расположенного вне рабочей полосы частот, но достаточно близко к ее нижней границе. В этом случае знать точную величину коррекции не обязательно – достаточно частоты резонанса головки. Для коррекции применяется последовательный LC-контур, подключенный параллельно головке и настроенный на частоту ее основного механического резонанса (рисунок 6.8).

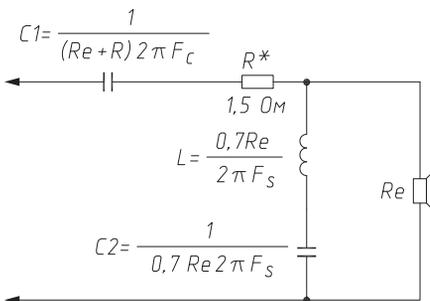


Рис. 6.8.
Режекторный фильтр

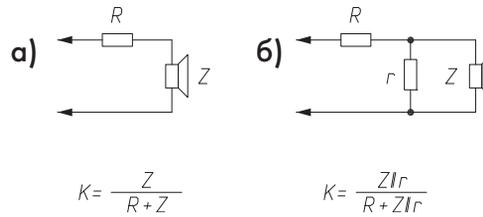
Резистор R^* выполняет сразу несколько функций. Прежде всего, он стабилизирует импеданс нагрузки, одновременно улучшая условия работы и усилителя, и фильтра. При установке резистора увеличивается также глубина режекции. Можно использовать этот резистор и для подстройки уровня ВЧ составляющих, но следует помнить, что его сопротивление входит в нагрузку ФНЧ и влияет на частоту среза.

Для СЧ-головок этот метод малоприменим, поскольку частота основного механического резонанса для них составляет обычно 110–150 Гц. Индуктивность и емкость корректирующего контура получаются значительными. Исключение составляют только купольные СЧ-головки, для которых F_s значительно выше (350–450 Гц).



Для согласования отдачи головок или интегральной коррекции АЧХ многополосной акустической системы в конструкцию пассивного фильтра вводят добавочные резисторы (рисунок 6.9а) или аттенюаторы (6.9б). Для изменения затухания сигнала аттенюатор делается переключаемым.

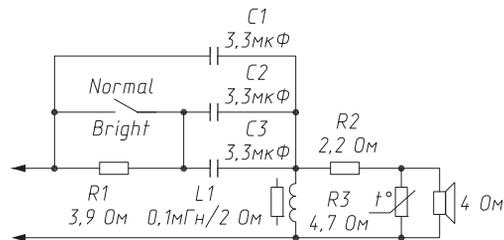
Рис. 6.9. Согласование чувствительности головок:
а – добавочный резистор,
б – аттенюатор



Перегрузка транзисторного усилителя сопровождается мощными импульсными помехами в выходном сигнале, амплитуда которых может дополнительно возрасть за счет ЭДС самоиндукции катушек кроссовера. Для предотвращения выхода из строя высокочастотных головок в конструкцию кроссовера вводятся ограничители тока на основе полупроводникового термистора, варистора или барретера. В любительских условиях для этой цели можно применить лампы накаливания, включенные последовательно с головкой. Характеристики некоторых типов автомобильных ламп в этом режиме приведены в **Приложении 2**. Для защиты также можно подключить параллельно пищалкам симметричные стабилитроны, напряжение пробоя которых заведомо больше номинального выходного напряжения усилителя.

Для интегральной коррекции АЧХ в конструкции разделительных фильтров можно предусмотреть переключаемые корректирующие и согласующие цепи, работающие в достаточно широкой полосе частот. На рисунке 6.10 показана схема разделительного фильтра для «пищалки», на рисунке 6.11 – его АЧХ по напряжению. [84]

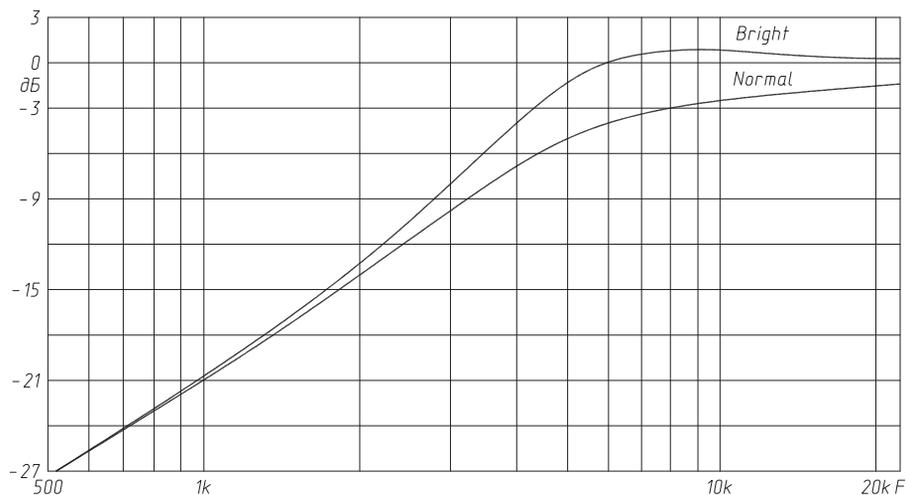
Рис. 6.10. Фильтр с цепью коррекции ВЧ





Особенность конструкции – намотка катушки индуктивности достаточно тонким проводом. Ее распределенное сопротивление нормирует добротность фильтра. В качестве каркаса использована пластмассовая шпулька от швейной машины, обмотка намотана внавал до заполнения и содержит 200–220 витков провода ПЭЛ-1 диаметром 0,3 мм. Сопротивление обмотки по постоянному току около 2 Ом. Звуковая катушка защищена термистором.

Рис. 6.11. АЧХ фильтра с корректирующей цепью



6.1.3. Разделительно-корректирующие фильтры

Как правило, стабилизирующие цепи у СЧ- и ВЧ-головок отсутствуют. При этом исходят из того, что рабочая полоса частот «в октавах» невелика, а индуктивность по сравнению с низкочастотными головками незначительна (обычно менее 0,25 мГн). Вследствие этого рост импеданса невелик. Однако все не так просто, как кажется на первый взгляд, и даже такая скромная индуктивность приводит к любопытным последствиям.

Проблема заключена в том, что и пищалки, и СЧ-головки работают совместно с фильтром ВЧ (ФНЧ среднечастотных головок не рассматриваем). Независимо от порядка в нем имеется емкость, включенная последовательно с головкой, и она образует с индуктивностью звуковой катушки колебательный контур. Резонансная частота этого контура оказывается в полосе рабочих частот, и на АЧХ возникает «горб», величина которого зависит от добротности этого контура. Результатом этого может быть окраска



звучания и другие артефакты. Учитывая то, что в ряде случаев эти явления можно обратить на пользу (например, корректировать АЧХ), вопрос согласования излучателей с фильтром приобретает особую остроту.

Этот вопрос подробно исследован в [99]. В расчетах использована упрощенная модель динамической головки в виде последовательной RL-цепи. Данное упрощение вполне допустимо, поскольку резонансный пик импеданса большинства современных СЧ и ВЧ головок невелик, а частота механического резонанса подвижной системы находится за пределами рабочей полосы частот. После отработки данная методика была успешно использована при разработке пассивных кроссоверов для нескольких серийно выпускаемых моделей автомобильных АС.

Особый интерес представляет взаимодействие фильтра с нагрузкой в области частоты раздела. Взаимодействие пищалки с кроссовером особенно хорошо заметно у фильтров первого порядка, столь любимых конструкторами за простоту и минимальные фазовые искажения. Даже при индуктивности пищалки 0,1 мГн имеется выраженный пик в области частот 7–10 кГц, придающий звучанию характерную «хрустальную» окраску. Дальнейшее увеличение индуктивности смещает резонансный пик в область более низких частот и увеличивает его добротность, что приводит к заметному «цыканью». Введение шунтирующего резистора позволяет «приручить» горб на АЧХ, так что на кроссовер можно возложить и некоторые функции эквалайзера.

Опуская примеры, остановимся на выводах:

- Стабилизирующие цепи не обязательны только для головок малой индуктивности (менее 0,05 мГн).
- Для головок с индуктивностью звуковой катушки 0,05–0,1 мГн наиболее выгодны параллельные стабилизирующие цепи (шунты).
- Для головок с индуктивностью звуковой катушки более 0,1 мГн можно использовать как параллельные, так и последовательные стабилизирующие цепи.
- Изменение сопротивления стабилизирующей цепи позволяет воздействовать на АЧХ.
- Для фильтров 1-го порядка изменение параметров стабилизирующей цепи оказывает заметное влияние на частоту среза и параметры «горба». У фильтров 2-го порядка частота среза определяется параметрами его элементов, поэтому зависит от индуктивности головки и параметров стабилизирующей цепи в меньшей степени.



- Величина резонансного «горба» в области частоты среза находится в прямой зависимости от добротности фильтра (сопротивления шунта), и в обратной зависимости от сопротивления последовательного резистора.
- Добротность фильтра пропорциональна результирующему сопротивлению нагрузки с учетом сопротивления стабилизирующей цепи.
- Фильтр повышенной добротности можно рассчитывать по стандартной методике, но на сниженное в 2–3 раза относительно номинального сопротивление нагрузки.

Предложенные способы регулирования АЧХ применимы и к фильтрам более высоких порядков, но, поскольку число «степеней свободы» там возрастает, дать конкретные рекомендации в этом случае затруднительно.

Индуктивность динамических головок можно использовать не только в составе корректирующих цепей, но и в составе самого кроссовера, что придает ему новые свойства.

Во многих современных автомобильных инсталляциях применяют двойной комплект пищалок. Причина – возросшие требования к качеству звучания. Расширение диаграммы направленности двойного излучателя позволяет упростить настройку звуковой сцены, снижена вероятность перегрузки пищалок при больших уровнях громкости. Внешняя привлекательность тоже играет не последнюю роль, особенно в выставочных работах.

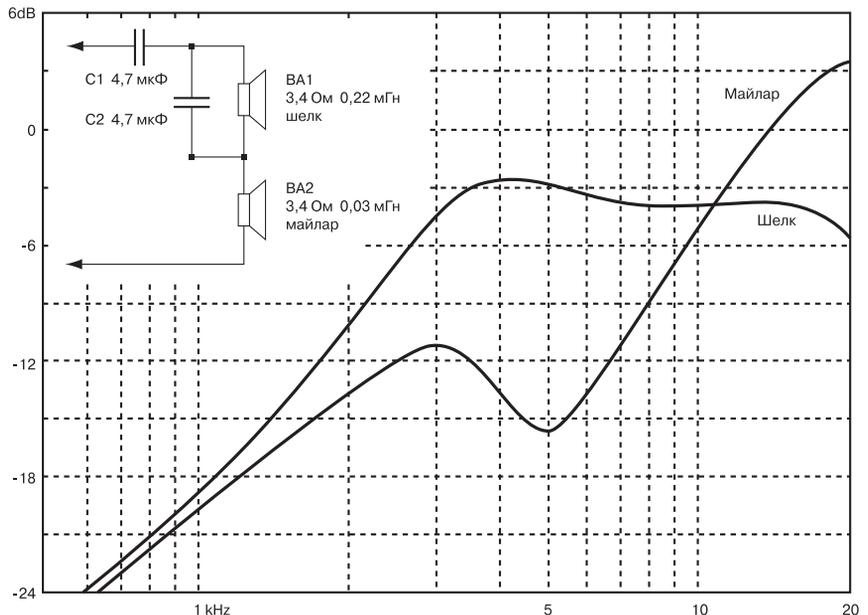
Еще один аргумент в пользу такого решения возникает при многополосном усилении. Известное противоречие между неравномерным распределением энергии музыкального сигнала по спектру и равной мощностью каналов (что типично для автомобильного усилителя) элегантно разрешается при последовательном включении пищалок. В этом случае максимальная выходная мощность «пищалочных» каналов усилителя уменьшается вдвое по сравнению с обычной нагрузкой, что позволяет полнее использовать его динамический диапазон и снизить искажения. Однако все сказанное выше подразумевает использование совершенно одинаковых пищалок. Возможен и другой вариант – с разными пищалками, воспроизводящими отдельные диапазоны частот.



Проблема воспроизведения всего высокочастотного диапазона одной пищалкой решена давно, но хорошая широкополосная пищалка – нежное и недешевое изделие. По крайней мере, в нижнем и среднем диапазоне цен ни одна конструкция и материал купола пока что не могут одновременно удовлетворить всем требованиям, по большей части противоречивым. Необходима высокая жесткость, малая масса, хорошее внутреннее демпфирование. Для большинства массовых изделий итоги неутешительны, поэтому достоинства разных материалов надо объединять, а недостатки – компенсировать.

Рис. 6.12. Несимметричный последовательный фильтр для пищалок

При составлении такого комплекта оказалось, что шелковой пищалке при всей детальности звучания недостает



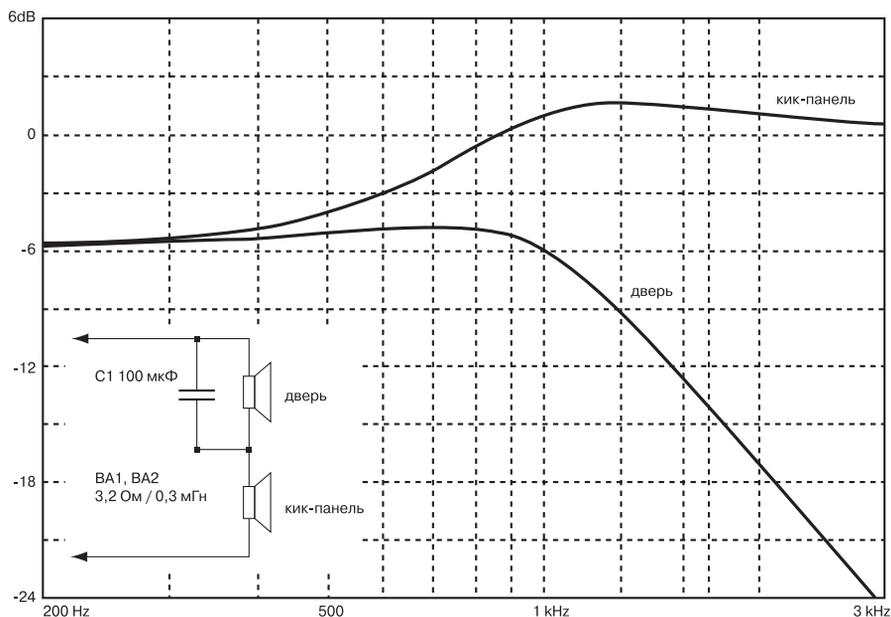
«воздуха», а майларовая пищалка прекрасно «цыкает», но при работе с фильтром первого порядка обладает пронзительным «голосом». Очевидно, что при соответствующем выборе частоты раздела они составили бы прекрасную пару. Чувствительность пищалок оказалось практически одинаковой, а индуктивность отличалась почти на порядок. Был создан несимметричный последовательный фильтр квазивторого порядка, использующий индуктивность звуковой катушки одной из головок. [105]

Конденсатор C1 определяет нижнюю границу диапазона воспроизводимых частот всей системы. Индуктивность звуковой катушки BA1 участвует в формировании АЧХ. В



области частоты раздела крутизна АЧХ близка к фильтрам 2 порядка, хотя на большом удалении возвращается к исходному для 1 порядка значению (6 дБ/октава). Верхняя граница диапазона для ВА1 формируется акустически. Поскольку отдача шелковой пищалки на частотах выше 11 кГц заметно снижается, вводить дополнительное затухание сигнала нет смысла. В то же время индуктивность звуковой катушки и конденсатор С2 образуют режекторный контур (фильтр-пробку) на частоту порядка 5 кГц. Подавление этой области частот устранило «пронзительное» звучание майларовой пищалки, сохранив за ней воспроизведение только высокочастотного участка диапазона. Качество звучания оказалось не в пример выше исходного (для отдель-

Рис. 6.13. Несимметричный последовательный фильтр для мидбасовых головок



но взятых пищалок), а кроссовер в силу своей предельной простоты не представлял проблем для усилителя.

Аналогичное решение было использовано и для двух одинаковых низкочастотных головок, работающих в разном акустическом оформлении. Одна из головок была установлена в передней двери легкового автомобиля, вторая – рядом с ней в кик-панели. Дабы сфокусировать звуковую сцену, полосу частот «дверной» головки нужно было ограничить сверху, а на головке в кик-панели – наоборот, выделить средние частоты. Решение простое и оригинальное: включить головки последовательно, «дверную» зашунтировать конденсатором емкостью 100 мкФ.



Получившийся фильтр также относится к классу последовательных фильтров. Их характерная черта – геометрическая сумма напряжений, подводимых к головкам, остается постоянной. Входной импеданс системы при этом может изменяться, что в данном случае и происходит. На низких частотах он близок к 8 Ом (работают обе головки), на средних – к 4 Ом (работает головка в кик-панели). Система продемонстрировала высокое качество звучания.

Однако область применения предлагаемой методики расчета на основе простой модели динамической головки не ограничивается данными примерами. Еще один случай – улучшение звучания коаксиальных динамиков. Несмотря на повсеместное распространение АС с отдельными динамическими головками, нередко удобнее использовать коаксиальные динамики. Причин может быть много, зачастую заменить штатные коаксиалы другими динамиками вообще невозможно без кардинальной переделки посадочных мест из-за специфических размеров или особенностей конструкции. Что же делать в этом случае? Постараться выжать максимум из имеющегося «сырья».

Чаще всего коаксиальные динамики установлены в торпедо и работают в акустическом оформлении «открытый корпус». Вследствие акустического короткого замыкания воспроизведение частот ниже 200–300 Гц значительно ослаблено независимо от размера диффузора и частотной характеристики самого излучателя. Все попытки воспроизвести хоть какое-то подобие баса без доработки штатного места лишены смысла. Поэтому будем рассматривать коаксиал в торпедо исключительно как СЧ-ВЧ-излучатель, и исследуем, как можно улучшить его характеристики в этой роли. [110]

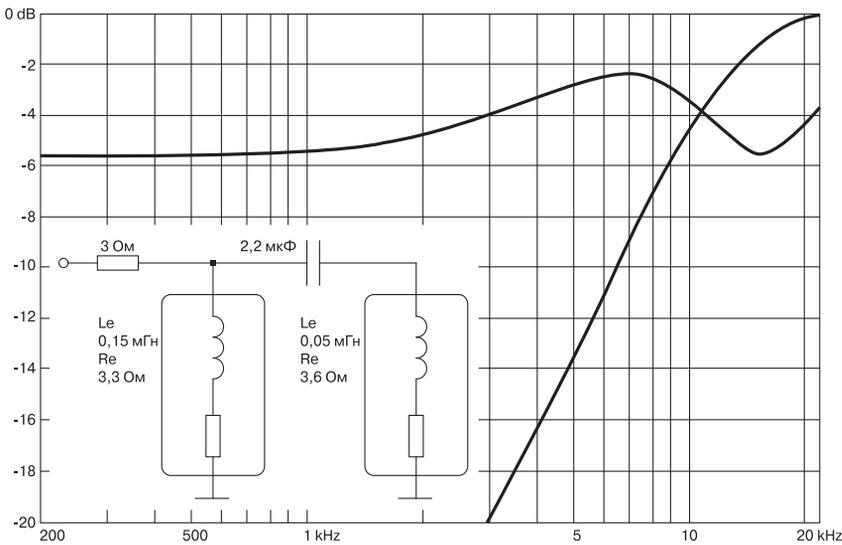
Поскольку в коаксиалах не используют склонные к внутренним резонансам «жесткие» диффузоры, то переход из поршневого режима работы в зонный происходит плавно. Поэтому специально формировать верхнюю границу рабочего диапазона не требуется. Большинство коаксиалов «торпедного» калибра (10–13 см) снабжены одним дополнительным излучателем. Чаще всего это пищалка с текстильным или пластиковым куполом диаметром 13–18 мм, иногда металлизированным. Собственная частота резонанса таких излучателей 1,5–3 кГц. Кроссовер большинства коаксиалов работает только с пищалкой, и образован единственным конденсатором емкостью 3,3–4,7 мкФ. Таким образом, это простейший фильтр первого порядка с частотой среза 6–9 кГц, поэтому подавление



ние внеполосных сигналов недостаточное, возможна перегрузка пищалки. Следствие – «поросячий визг» и заметные резонансные призвуки.

Емкость конденсатора можно снизить вплоть до 2 мкФ, это сдвинет максимальную отдачу в область частот выше 10 кГц. Как отмечалось выше, электрический резонанс емкости фильтра с индуктивностью звуковой катушки пищалки формирует небольшой горб на АЧХ, вот его мы и «задвинем» наверх, чтобы улучшить отдачу в этом

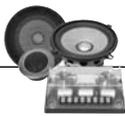
**Рис. 6.14. Доработка
коаксиальной головки**



диапазоне частот. Повышение частоты раздела повысит и перегрузочную способность пищалки, это позволит без риска подводить к динамикам более высокую мощность.

Для компенсации влияния индуктивности и снижения интермодуляционных искажений последовательно с головкой включим последовательный резистор (диссипатор), и посмотрим, к чему это приведет.

На частотной характеристике основного излучателя появился плавный подъем в области 3–10 кГц величиной около 3 дБ. Величина подъема определяется индуктивностью звуковой катушки и сопротивлением добавочного резистора. В зависимости от характеристик динамика это или компенсирует естественный спад АЧХ, или прибавит детальности звучания. Завал АЧХ выше 10 кГц – влияние режекторного контура, образованного емкостью фильтра и индуктивностью пищалки. На артефакты в области выше 15 кГц можно не обращать внимания, на этом участке еще наложится естественный спад АЧХ динамика. Таким образом,



почти без усилий у нас появилось некоторое подобие кроссовера для основной головки. Благодаря индуктивности основного излучателя характеристики кроссовера пищалки тоже изменились. Несмотря на очевидный первый порядок, крутизна спада АЧХ достигает 9 дБ/октава.

Это плюсы. Теперь минусы. Следует учитывать сниженные отдачи и ухудшение электрического демпфирования основного резонанса, но мы договорились не рассматривать низкочастотную область. Ухудшенное демпфирование может привести к некоторому «бубнению» в области частоты резонанса основного динамика (100–150 Гц). Но, поскольку чувствительность снизилась примерно на 6 дБ, о подключении доработанного коаксиала к встроенному усилителю головного устройства, скорее всего, придется забыть. А раз так – во внешнем усилителе найдется активный кроссовер, чтобы ограничить снизу рабочую полосу частот. В конце концов, НЧ можно ограничить простейшим фильтром 1-го порядка.

Доработке были подвергнуты несколько коаксиальных динамиков разных марок: AUDAX (штатные Renault), Prology PX-1022, JBL P-452. Во всех случаях было отмечено «просветленное» звучание среднечастотного диапазона, исчезла «сиплость» пищалки при большой подводимой мощности, улучшился общий тональный баланс. Даже грубые AUDAX с тяжелыми картонными диффузорами и отвратительными пищалками – и те обрели второе дыхание.

6.1.4. Конструкция фильтров

Для уменьшения потерь катушки индуктивности, особенно последовательные, должны иметь низкое активное сопротивление – не более 0,1–0,2 Ом, что создает немало трудностей конструктору. С одной стороны, использовать в конструкции катушки ферромагнитные сердечники нежелательно. Нелинейные искажения, вызванные неизбежным намагничиванием сердечника, ухудшают качество звучания, особенно на средних частотах. С другой стороны, использование сердечника позволяет резко снизить активное сопротивление катушки и потери в ней, что особенно актуально при использовании встроенных усилителей магнитолы. Не менее важно и то, что снижение сопротивления катушки улучшает демпфирование подвижной системы динамика. В большинстве случаев небольшой рост искажений – меньшее зло, чем недодемпфированные динамики. Так что выбор зависит от каждого конкретного случая.



В промышленных конструкциях индуктивности без сердечников обычно выполняют только для частот раздела выше 1–2 кГц, при более низких частотах раздела «воздушные» индуктивности используют только в самых бескомпромиссных конструкциях.

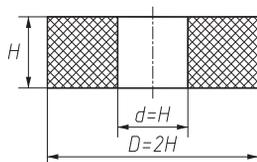


Рис. 6.15. Катушка индуктивности без сердечника

Оптимальная конструкция катушки без сердечника получится, если внутренний диаметр обмотки вдвое больше высоты катушки, а наружный диаметр вдвое больше внутреннего. [12] При расчете задаемся индуктивностью катушки L (мкГн) и активным сопротивлением R (Ом).

$$H = \sqrt{\frac{L}{8,66R}}, \quad N = 19,88\sqrt{\frac{L}{H}}, \quad d = 0,84\frac{H}{\sqrt{N}}, \quad l = 0,1873\sqrt{LH}.$$

где H – высота катушки (мм);
 N – число витков;
 d – диаметр провода без изоляции (мм);
 l – длина провода (м).

Диаметр провода округляется до ближайшего стандартного. Намотку нужно выполнить с небольшим запасом, окончательно индуктивность следует подогнать путем отматывания витков. Чтобы иметь возможность изменять частоты раздела, катушку можно выполнить с несколькими отводами.

Для намотки можно использовать пластмассовый каркас или применить бескаркасную намотку. В этом случае витки фиксируют клеем или компаундом. Нужно учитывать, что при работе фильтра с усилителем большой мощности катушки фильтра могут ощутимо нагреваться. Обычно в кроссоверах рассеивается 2–5% выходной мощности усилителя.

Конденсаторы фильтра должны быть неполярными с рабочим напряжением не ниже, чем пиковое напряжение сигнала при максимальной выходной мощности. К примеру, пиковое напряжение усилителя мощностью 100 Вт на



нагрузке 4 Ом составляет 20 В. С учетом запаса можно использовать конденсаторы с рабочим напряжением 50 В. Неполярный конденсатор можно, в крайнем случае, заменить двумя полярными вдвое большей емкости, соединив их встречно-последовательно («плюс» к «плюсу»), но качество звучания может пострадать. Конденсаторы небольшой емкости лучше использовать бумажные или полипропиленовые.

6.2. АКТИВНЫЕ КРОССОВЕРЫ

Кроссоверы или, по традиционной отечественной терминологии, разделительные фильтры, предназначены для формирования сигналов отдельных частотных полос. Задача фильтров – пропустить на выход частоты определенного диапазона, а внеполосные сигналы подавить. Для систем многополосного усиления применяются активные кроссоверы. Они выполнены на основе усилительных каскадов, охваченных частотно-зависимыми обратными связями, и включаются в тракт между источником сигнала и усилителем мощности соответствующей полосы.

По выполняемым функциям различают фильтры следующих типов:

- Фильтры высоких частот (ФВЧ, High Pass) пропускают сигналы с частотой выше частоты среза.
- Фильтры низких частот (ФНЧ, Low Pass) пропускают сигналы с частотой ниже частоты среза.
- Полосовые или полосно-пропускающие фильтры (ПФ, Band Pass) пропускают сигналы определенной полосы частот.
- Режекторные или полосно-заграждающие фильтры подавляют сигналы в определенной полосе частот.

В соответствии с математической функцией, описывающей работу фильтра, различают фильтры Бесселя, Баттерворта, Чебышева. Основное отличие между ними состоит в поведении амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) вблизи частоты среза. За пределами полосы пропускания крутизну спада АЧХ однозначно определяет порядок (степень) этой функции. Каждый следующий порядок увеличивает крутизну на 6 дБ. Таким образом, фильтры второго порядка имеют крутизну АЧХ 12дБ/октава, третьего – 18дБ/октава и так далее.

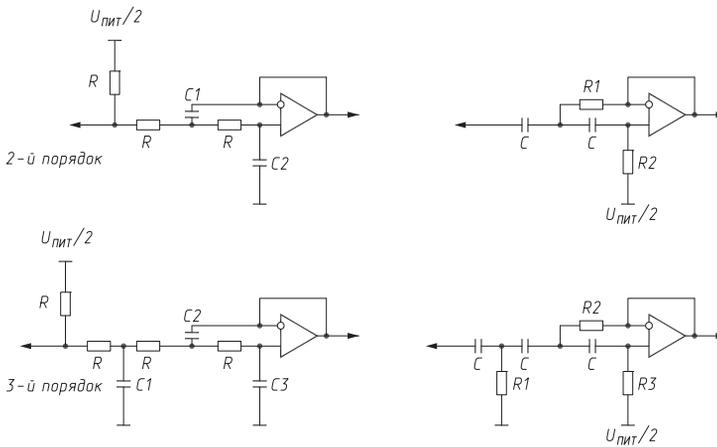
Каждый из перечисленных типов имеет свои достоинства и недостатки. Фильтры Баттерворта, получившие наибольшее распространение, обеспечивают минимальную



неравномерность АЧХ, фильтры Бесселя – линейную фазочастотную характеристику (ФЧХ). Поскольку коэффициенты Бесселя для фильтра второго порядка весьма близки, в промышленных и любительских конструкциях нередко используют равнокомпонентные фильтры. Они удобны в серийном производстве, поскольку для них требуются частото задающие элементы одинаковых номиналов с допусками средней точности. Этого нельзя сказать о фильтрах Баттерворта и Бесселя, более критичных к номиналам элементов. Однако фазовая и частотная характеристики равнокомпонентных фильтров самые худшие, поэтому их используют только в бюджетных моделях усилителей и кроссоверов. [70]

Схемотехника фильтров большинства конструкций разнообразием не отличается: чаще всего используются неинвертирующие фильтры (структура Саллена-Ки), в основе которых лежит повторитель или неинвертирующий усилитель с небольшим коэффициентом усиления (1,2–1,7) (рисунок 6.16).

Рис. 6.16. Структура фильтров на повторителях



ФНЧ			Порядок	ФВЧ		
$C = \frac{1}{2\pi FR}$				$R = \frac{1}{2\pi FC}$		
Фильтр Бесселя	Фильтр Баттерворта	Равнокомпонентный фильтр		Фильтр Бесселя	Фильтр Баттерворта	Равнокомпонентный фильтр
$C1=0,067 * C$ $C2=0,5 * C$	$C1=1,414 * C$ $C2=0,707 * C$	$C1=0,8 * C$ $C2=0,8 * C$	2	$R1=1,5 * R$ $R2=2 * R$	$R1=0,707 * R$ $R2=1,414 * R$	$R1=1,2 * R$ $R2=1,2 * R$
$C1=0,565 * C$ $C2=0,145 * C$ $C3=0,813 * C$	$C1=1,393 * C$ $C2=3,549 * C$ $C3=0,202 * C$		3	$R1=1,77 * R$ $R2=6,897 * R$ $R3=1,23 * R$	$R1=0,717 * R$ $R2=0,282 * R$ $R3=4,950 * R$	

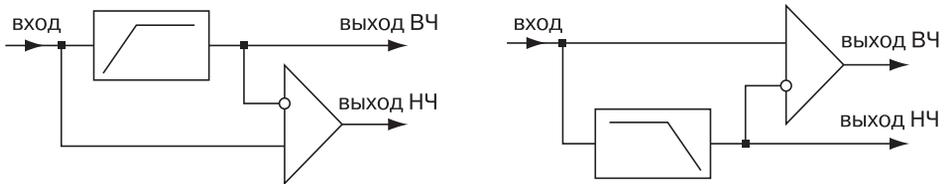


В качестве усилительных элементов можно использовать операционные усилители, включенные повторителями напряжения и скорректированные для единичного усиления. При однополярном питании необходимо обеспечить режим по постоянному току. Возможно использование эмиттерных или истоковых повторителей, что более удобно, так как не требует применения преобразователей напряжения. [71, 72]

Любой фильтр (и активный, и пассивный) использует реактивные элементы – емкости и индуктивности, поэтому вносит в сигнал фазовые и временные искажения. Фильтры НЧ вносят запаздывание и отставание по фазе, которое можно в определенной мере скорректировать фазовращателем. При использовании фильтра Бесселя второго порядка в сочетании с фазовым корректором того же порядка можно получить фильтр с абсолютно линейной фазовой характеристикой. Что же касается ФВЧ, то они формируют фазовое опережение, которое принципиально невозможно состыковать с имеющимся ФНЧ.

Однако в этом случае можно использовать для формирования сигнала фильтр дополнительной функции (ФДФ). Выходной сигнал такого фильтра получается путем вычитания из входного сигнала той его части, которая прошла через ФНЧ (рисунок 6.17). Очевидно, что в этом случае происходит компенсация фазовых искажений.

Рис. 6.17. Фильтр дополнительной функции



Однако у фильтров дополнительной функции есть существенный недостаток: независимо от порядка фильтра основной полосы, крутизна спада АЧХ в дополнительной полосе составляет только 6 дБ/октава, что может иногда оказаться недостаточным. Кстати говоря, по такой схеме нередко выполняют кроссоверы с синхронной регулировкой частоты раздела смежных полос. Регулируется частота среза только одной полосы, а другая изменяется за счет использования фильтра дополнительной функции.



6.2.1. Конструкция и органы управления

Активные кроссоверы автомобильных аудиосистем существуют в двух вариантах – встроенные в усилитель и внешние. [70] Некоторые внешние кроссоверы выпускаются для установки в панель приборов, в этом случае их габариты соответствуют размерам магнитолы, но с уменьшенной высотой (2/3 DIN или 1/2DIN). Внешние кроссоверы выполняются практически по тем же схемам, что и встроенные в усилитель, но отличаются развитой системой коммутации.

Наиболее распространены двух- и трехполосные активные кроссоверы. Двухполосные кроссоверы используются для структуры «сабвуфер + фронт», «мидбас + пищалки» или для популярного сейчас тракта «2,5 полосы». В этом случае активный кроссовер на входе усилителя разделяет полосы НЧ и общую СЧ-ВЧ, дальнейшее разделение которой производится пассивным кроссовером на выходе усилителя. Встроенные фильтры усилителя редко перестраиваются выше 120–150 Гц, поэтому внешний кроссовер обеспечивает большую гибкость настройки. Еще большие возможности предоставляют трехполосные кроссоверы. Это и классический вариант «фронт + тыл + сабвуфер», и «двухполосное усиление + сабвуфер», и «полномасштабное» трехполосное усиление.

Питание большинства кроссоверов двухполярное. Встроенные кроссоверы получают напряжение питания от усилителя, в конструкцию внешних входит преобразователь напряжения бортовой сети. Однополярное питание используется только в самых дешевых конструкциях, рассчитанных на источники сигнала с выходным напряжением не более 0,5 В.

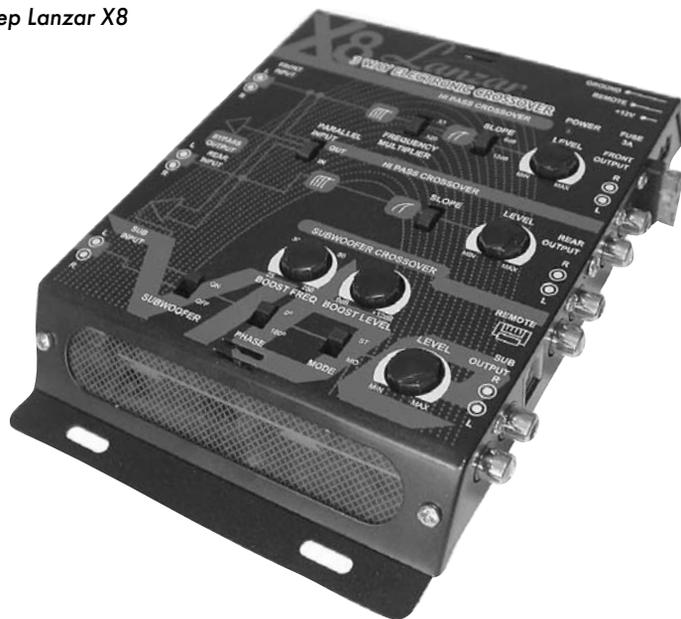
В кроссоверах широкого применения наиболее распространены фильтры второго порядка. Для перестройки частоты среза фильтров в широком диапазоне необходимо синхронно изменять величины частотоподающих звеньев. Для этого обычно используются многосекционные переменные резисторы с хорошим согласованием характеристик. Так, для двухканального фильтра второго порядка требуются четырехсекционные резисторы. Кроме того, сопротивления секций в ряде случаев должны отличаться (например, для ФВЧ Баттерворта – в два раза). Поскольку изменение частоты среза обычно требуется только один раз при настройке системы, во многих конструкциях используются резисторные матрицы. В случае фильтров высокого



порядка это не только удешевляет конструкцию, но и повышает ее надежность и точность настройки. Набор резисторов для нужной частоты среза можно приобрести вместе с усилителем (кроссовером), либо смонтировать их самостоятельно.

Пределы плавной перестройки частоты некоторых кроссоверов ограничены двумя-тремя октавами в наиболее употребительных диапазонах частот 50–800 Гц и 2–10 кГц, разбитых на отдельные поддиапазоны. Смена множителя частоты в «многодиапазонных» конструкциях производится переключением частотоподающих конденсаторов. Если ограничить ширину поддиапазона одной-двумя октавами, то в фильтрах второго порядка можно перестраивать только одно звено. При этом добротность и форма АЧХ фильтра практически не изменяются, но в конструкции можно использовать недорогие двухсекционные переменные резисторы.

Рис. 6.18. Кроссовер Lanza X8

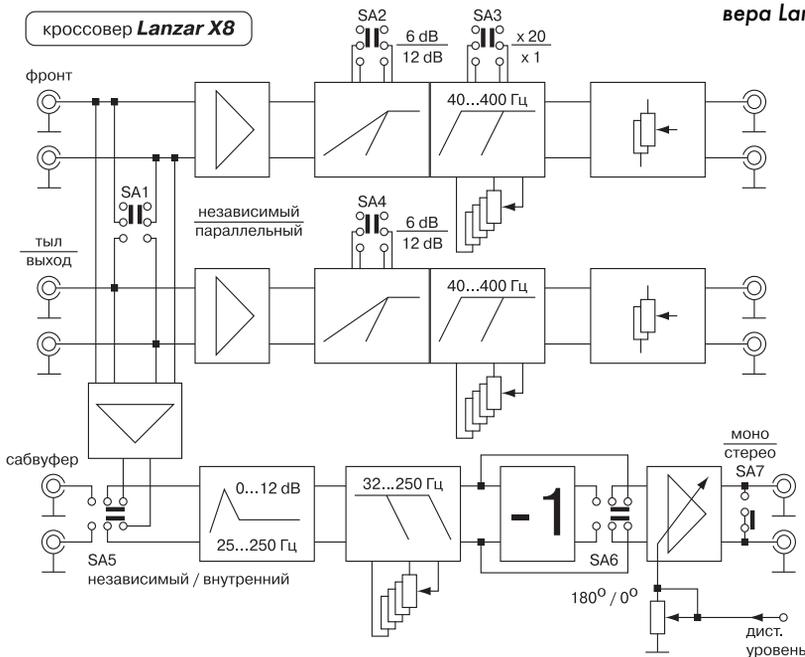


С целью снижения стоимости в последнее время в автомобильных усилителях все чаще используют фильтры переменной крутизны, состоящие из звена второго порядка с фиксированной граничной частотой среза и плавно перестраиваемого звена первого порядка. Такие фильтры нельзя отнести к какому-либо конкретному типу, потому что в процессе регулирования добротность и крутизна АЧХ изменяются, и «идеологически выдержанный» фильтр получается только в одном из положений регулятора.

Благодаря такой структуре обеспечиваются неплохие фазовые характеристики в полосе пропускания (соответствуют фильтрам первого порядка) и хорошее подавление внеполосных сигналов (как у фильтров второго-третьего порядка). Изменение крутизны фильтра в полосе пропускания можно оценивать с разных позиций, но более гладкая фазовая характеристика по сравнению с традиционными вариантами делает фильтры переменной крутизны особенно привлекательными в том случае, когда частота раздела полос НЧ и СЧ-ВЧ лежит в области 400–900 Гц. В этом диапазоне локализация звуковых образов основана на разности фаз сигналов, поэтому для сохранения четкой звуковой картины фазовые искажения желательно минимизировать.

В трехполосных кроссоверах используются те же схемотехнические решения, что и в двухполосных. Основные отличия связаны с организацией канала средних частот. Он может быть организован как ФВЧ или как полосовой фильтр. Для расширения области применения во многих конструкциях можно отключить входящие в полосовой фильтр средних частот ФВЧ или ФНЧ. Для возможности оперативной фазировки каналов при настройке системы часто применяются дополнительные инвертирующие каскады и переключатели полярности сигнала. Встречаются и плавные регуляторы фазы.

Рис. 6.19. Структура кроссовера Lanza X8





В большинстве встроенных кроссоверов предусмотрен корректор для подъема самых низких частот диапазона – бас-бустер. С этой же целью иногда используется ФВЧ с регулировкой добротности, что позволяет получить подъем АЧХ в районе частоты среза до 10 дБ. Подробное описание этих узлов приводится далее.

Многие модели кроссоверов могут быть использованы как в двухполосном, так и в трехполосном включении. В двухполосном варианте по структуре «фронт + тыл + сабвуфер» используются индивидуальные входы «фронт» и «тыл». Сигнал для сабвуфера формируется как сумма этих сигналов и не зависит от положения фейдера на головном устройстве. В трехполосном варианте для формирования сигнала сабвуфера используется отдельный вход. На выходе каналов установлены буферные усилители с регуляторами усиления. Наличие линейных выходов позволяет при необходимости организовать каскадное включение нескольких кроссоверов.

В качестве примера рассмотрим активный кроссовер Lanzar X8. [70] При относительной простоте обладает большими возможностями и обеспечивает выполнение широкого круга задач. Пределы перестройки частоты одного из ФВЧ можно изменить в 20 раз при помощи масштабного переключателя. Для перестройки частоты использованы четырехсекционные переменные резисторы, поэтому активные фильтры второго порядка сохраняют характеристику Баттерворта во всем диапазоне перестройки. Главная особенность этой модели – возможность выбора порядка фильтра (первый или второй). Это в ряде случаев помогает оптимизировать звучание, не прибегая к эквалайзеру.

- в канале НЧ/сабвуфер нижняя граница полосы пропускания определяется переходными емкостями и составляет несколько герц, верхняя граница перестраивается от 30 Гц до 250 Гц. Для возможности оперативной фазировки каналов при настройке предусмотрен переключатель полярности сигнала. Если этот канал используется для формирования сигнала сабвуфера, сигналы левого и правого стереоканалов можно объединить.
- Возможна дистанционная регулировка уровня сабвуфера. Для этого использован специальный каскад-усилитель, управляемый напряжением (Voltage Controlled Amplifier, VCA). Разделение сигнальных и управляющих цепей позволяет вынести орган управления на расстояние нескольких метров.



- в канале НЧ/сабвуфер предусмотрен бас-бустер, частота настройки которого изменяется в диапазоне от 25 до 250 Гц. Максимальная степень коррекции – 12 дБ.
- в канале СЧ нижняя граница полосы пропускания перестраивается от 40 Гц до 400 Гц, ФНЧ не предусмотрен. При переключении одного из каналов в режим ВЧ пределы перестройки полосы пропускания составляют от 800 Гц до 8 кГц.

Из последнего обстоятельства следует, что при необходимости организации полосового режима в канале СЧ верхнюю границу придется формировать пассивными цепями на выходе усилителя.

Прежде чем перейти к рассмотрению практических схем, сделаем небольшое отступление. Регуляторы активных кроссоверов (особенно встроенных в усилитель) нередко не имеют рукояток, а оси снабжены накаткой или выведены «под шлиц». Тем не менее, на всех последующих схемах они показаны переменными резисторами. С точки зрения автора (не во всем совпадающей с ГОСТом), доступные извне регуляторы, независимо от частоты их употребления и способа регулировки нужно отображать переменными. А подстроечными только те, которые конструктивно не приспособлены для многократной или быстрой регулировки (открытые «подковки», многооборотные резисторы) или для доступа к ним необходима разборка конструкции.

6.2.2. Схемы активных кроссоверов промышленного изготовления

Пример схемной реализации фильтров переменной крутизны – предварительный усилитель и кроссовер усилителя **Hifonics Mercury**. На рисунке 6.20 приведена упрощенная схема одного канала. Нумерация элементов условная, цепи питания не показаны. [68]

На входе установлен сдвоенный регулятор уровня R2.1 и буферный усилитель с коэффициентом усиления 6 дБ, выполненный на ОУ DA1.1 в неинвертирующем включении. Другой ОУ этой микросхемы используется во втором канале усилителя. Далее сигнал поступает на фильтры. Переключатель SA1.1 позволяет подать на УМЗЧ сигнал с выхода одного из фильтров, либо непосредственно с выхода предусилителя.



Фильтр ВЧ переменной крутизны состоит из перестраиваемого звена первого порядка R8.1R9C2 и звена второго порядка с фиксированной частотой среза (80 Гц). Звено выполнено на ОУ DA2.2, включенном повторителем. Частота среза фильтра в целом изменяется от 80 Гц до 1 кГц.

Рис. 6.20. Предварительный усилитель и кроссовер усилителя Hifonics Mercury

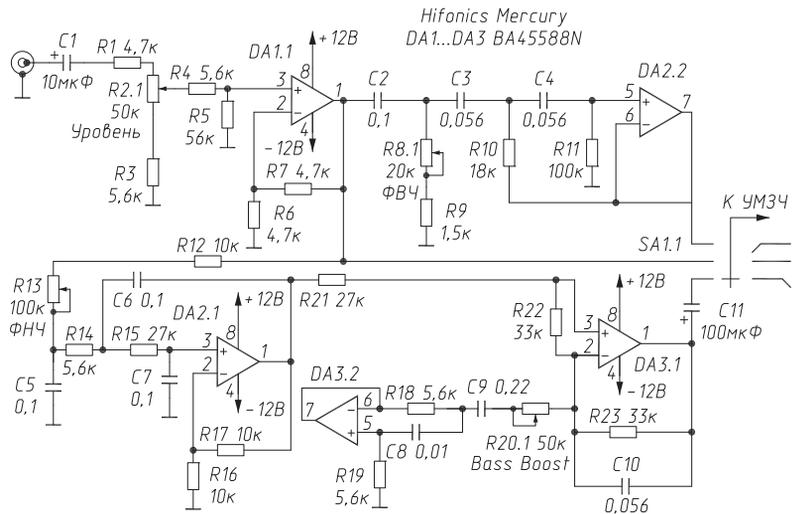
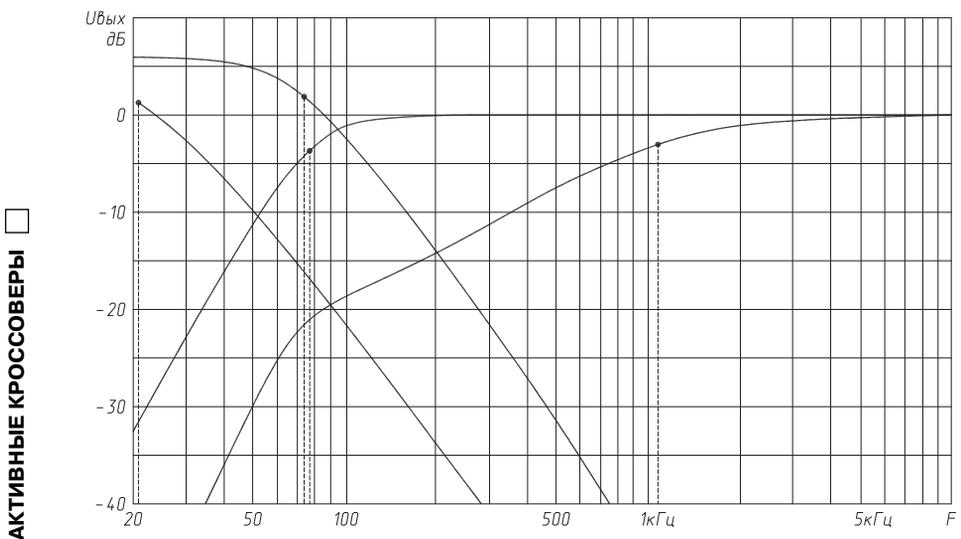


Рис. 6.21. АЧХ встроенного кроссовера усилителя Hifonics Mercury





Аналогичную структуру имеет и ФНЧ, частота среза которого перестраивается в диапазоне от 20 до 80 Гц. Для получения необходимой добротности фильтра коэффициент усиления ОУ DA2.1 при помощи делителя R16R17 установлен равным 6 дБ.

Кроссовер данного усилителя предназначен для работы с сабвуфером или малогабаритными мидбасовыми динамическими головками. Это обуславливает выбор диапазона перестройки фильтров. АЧХ фильтров в крайних положениях регуляторов приведена на рисунке 6.21. Если частоту среза ФВЧ выбрать в пределах 150–250 Гц, за счет спада АЧХ можно в некоторой степени скомпенсировать резонанс салона (подробнее об этом рассказано далее).

Для коррекции АЧХ сабвуфера предусмотрен бас-бустер. На ОУ DA3.1 выполнен повторитель, а на ОУ DA3.2 – эквивалент резонансного контура с частотой настройки 45 Гц. Переменный резистор R20.1 регулирует степень включения контура в цепь ООС DA3.1, изменяя коэффициент усиления каскада на частоте настройки. Глубина регулировки – от 0 до + 12 дБ.

В некоторых усилителях применяется бас-бустер с фиксированным подъемом АЧХ. Упрощенная схема такого узла представлена на рисунке 6.22 (усилитель **Magnat 360**). Корректор представляет собой каскад на ОУ, охваченный частотнозависимой ООС через двойной Т-мост. Режим ОУ по постоянному току обеспечивается благодаря связи с предыдущим каскадом.

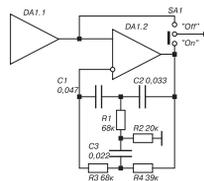
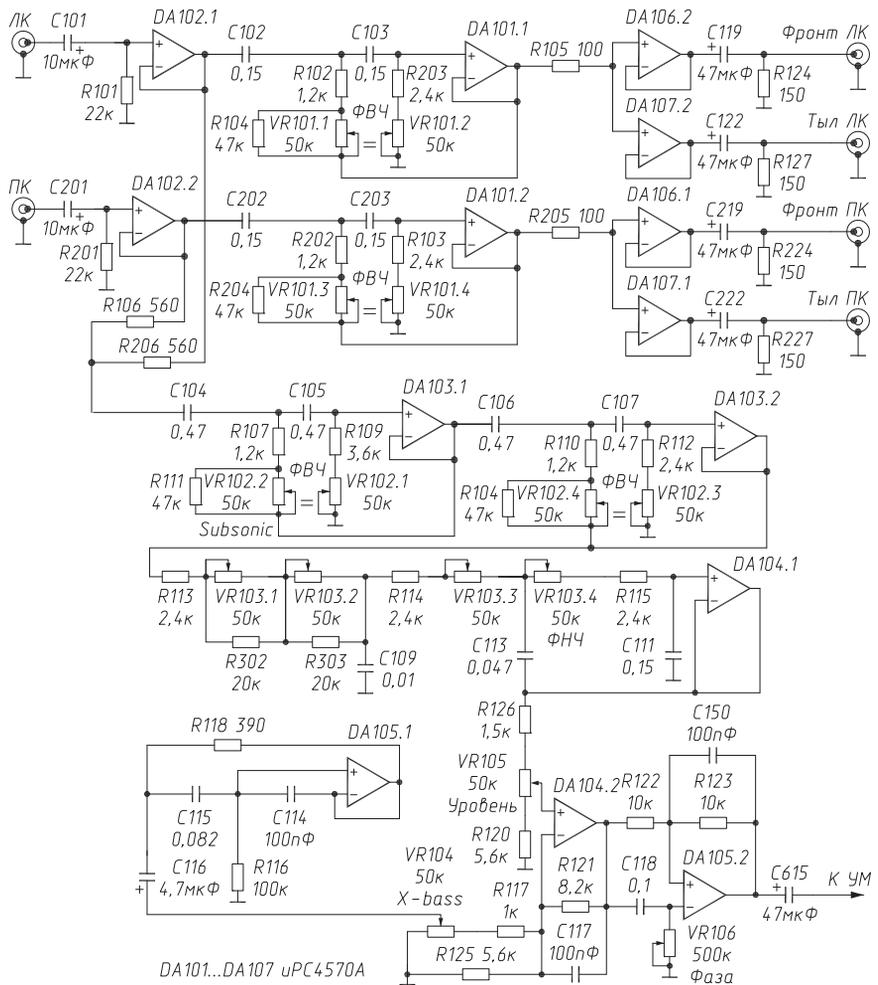


Рис. 6.22. Бас-бустер
усилителя *Magnat 360*



Рассмотренные узлы в различных комбинациях характерны для двух- и четырехканальных усилителей начального и среднего уровня. Но такие усилители могут работать с сабвуфером только в закрытом акустическом оформлении. Для таких вариантов, как фазоинвертор, пассивный излучатель и полосовой громкоговоритель высокого порядка, смещение диффузора головки ниже частоты настройки порта ограничивается только жесткостью подвижной системы. Чтобы ограничить амплитуду колебаний, необходимо исключить из сигнала составляющие с частотами ниже 25–30 Гц.

Рис. 6.23. Кроссовер усилителя для сабвуфера





Традиционные RC-цепочки для этой цели непригодны, поскольку не обеспечивают нужной степени подавления инфранизких частот. В конструкции специализированных сабвуферных усилителей для этой цели используют активные фильтры обрезки инфранизких частот 4–6 порядков (subsonic). Они могут быть отключаемыми и не отключаемыми, с фиксированной частотой среза или с плавной ее перестройкой.

На рисунке 6.23 приведена схема кроссовера одного из специализированных сабвуферных усилителей. [68] Сохранена нумерация элементов производителя, цепи питания не показаны.

Первый каскад – буферный на сдвоенном ОУ DA102. Далее сигнал поступает на ФВЧ второго порядка, выполненный на ОУ DA101. Применение фильтров позволяет исключить перегрузку малогабаритных АС нижними частотами диапазона. Частота среза ФВЧ перестраивается в диапазоне 30–600 Гц четырехсекционным переменным резистором VR101. Поскольку для ФВЧ Баттерворта сопротивление резисторов первого и второго звена должны отличаться в два раза, параллельно одной из секций подключены резисторы R104(R204). У такого решения есть особенность: характеристика Баттерворта сохраняется в достаточно узкой полосе перестройки (примерно до 100 Гц). Далее пропорциональность сопротивлений нарушается и к верхней границе диапазона фильтр превращается в равнокомпонентный. В отличие от фильтров Баттерворта равнокомпонентные фильтры имеют не такой резкий перегиб АЧХ, а спад начинается достаточно далеко от частоты среза. С выхода фильтров сигнал через буферные повторители на сдвоенных ОУ DA106, DA107 поступает на линейные выходы фронтальных и тыловых каналов на внешний усилитель.

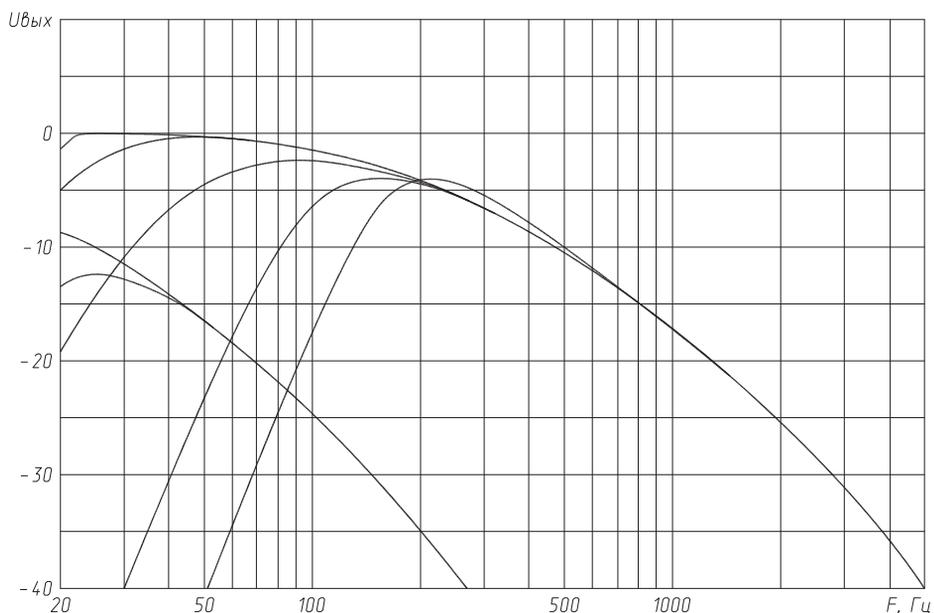
Оставшаяся часть схемы формирует сигнал для сабвуфера. С выхода буферных каскадов на DA102 сигнал через сумматор на резисторах R106R201 поступает на ФВЧ четвертого порядка (subsonic), выполненный на сдвоенном ОУ DA103. Частота среза изменяется от 10 до 130 Гц четырехсекционным переменным резистором VR102. Затем сигнал поступает на ФНЧ третьего порядка на ОУ DA104.1, частота среза которого изменяется от 20 до 200 Гц четырехсекционным резистором VR103. Выбранное сочетание частот среза позволяет получить практически любую результирующую АЧХ –



вплоть до колоколообразной. Некоторые варианты АЧХ фильтров приведены на рисунке 6.24.

После фильтрации сигнал через регулятор уровня VR105 поступает на корректирующий усилитель (DA104.2). В цепи ООС этого каскада включен эквивалент резонансного контура – гиратор на DA105.1. Переменный резистор VR104 регулирует степень включения контура в цепь ООС, изменяя коэффициент усиления каскада на частоте 45 Гц. Глубина регулировки – от 0 до +18 дБ.

Рис. 6.24. Варианты АЧХ
усилителя



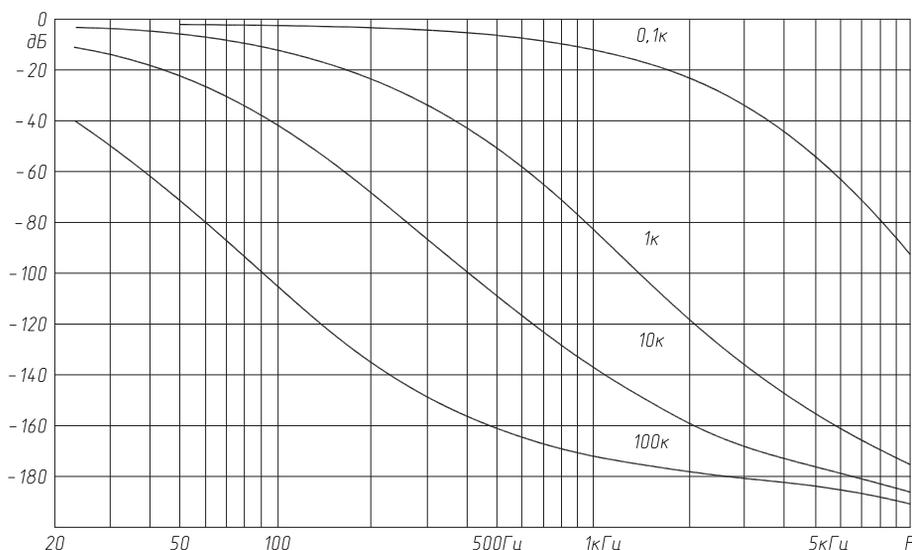
Последний каскад на ОУ DA105.2 – фазовый корректор. Необходимость его применения вызвана тем, что в фильтрах высокого порядка возникает значительный сдвиг фазы сигнала. Кроме того, поскольку в подавляющем большинстве автомобилей сабвуфер устанавливается в багажнике или задней части салона, излученный им сигнал задержан относительно сигнала фронтальной АС. Совокупное воздействие этих факторов вызывает заметное на слух «отставание» баса. Особенно заметен этот эффект, если сабвуфер воспроизводит частоты выше 70–80 Гц. В ряде случаев «состыковать» звучание удастся простой сменой полярности подключения динамической головки сабвуфера, но для более точной настройки необходим фазовый корректор.



На рисунке 6.25 приведены фазочастотные характеристики этого каскада для различных значений сопротивления резистора VR106. Частота, на которой вносимый данным корректором сдвиг фазы составляет 90 градусов, определяется постоянной времени цепи C118VR106. Линейный участок ФЧХ простирается примерно на одну октаву вверх и вниз от частоты настройки.

Применение фазового корректора оправдано не только для сабвуфера – введение сдвига фазы на средних частотах позволяет корректировать фокусировку звукового образа. Поэтому аналогичный узел входит в состав некоторых усилителей и внешних кроссоверов, предназначенных для многополосного усиления. [52]

Рис. 6.25. ФЧХ корректора фазы



Схемотехнические решения трехполосных активных кроссоверов аналогичны рассмотренным выше, но для расширения возможностей в канале средних частот есть коммутация рода работ. На рисунке 6.26 приведена схема несложного трехполосного активного кроссовера производства одной из ведущих фирм. Сохранена нумерация элементов и оригинальные обозначения каскадов и органов управления. Подробный «разбор полетов» проводить не будем, ограничимся только новыми узлами.

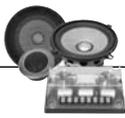
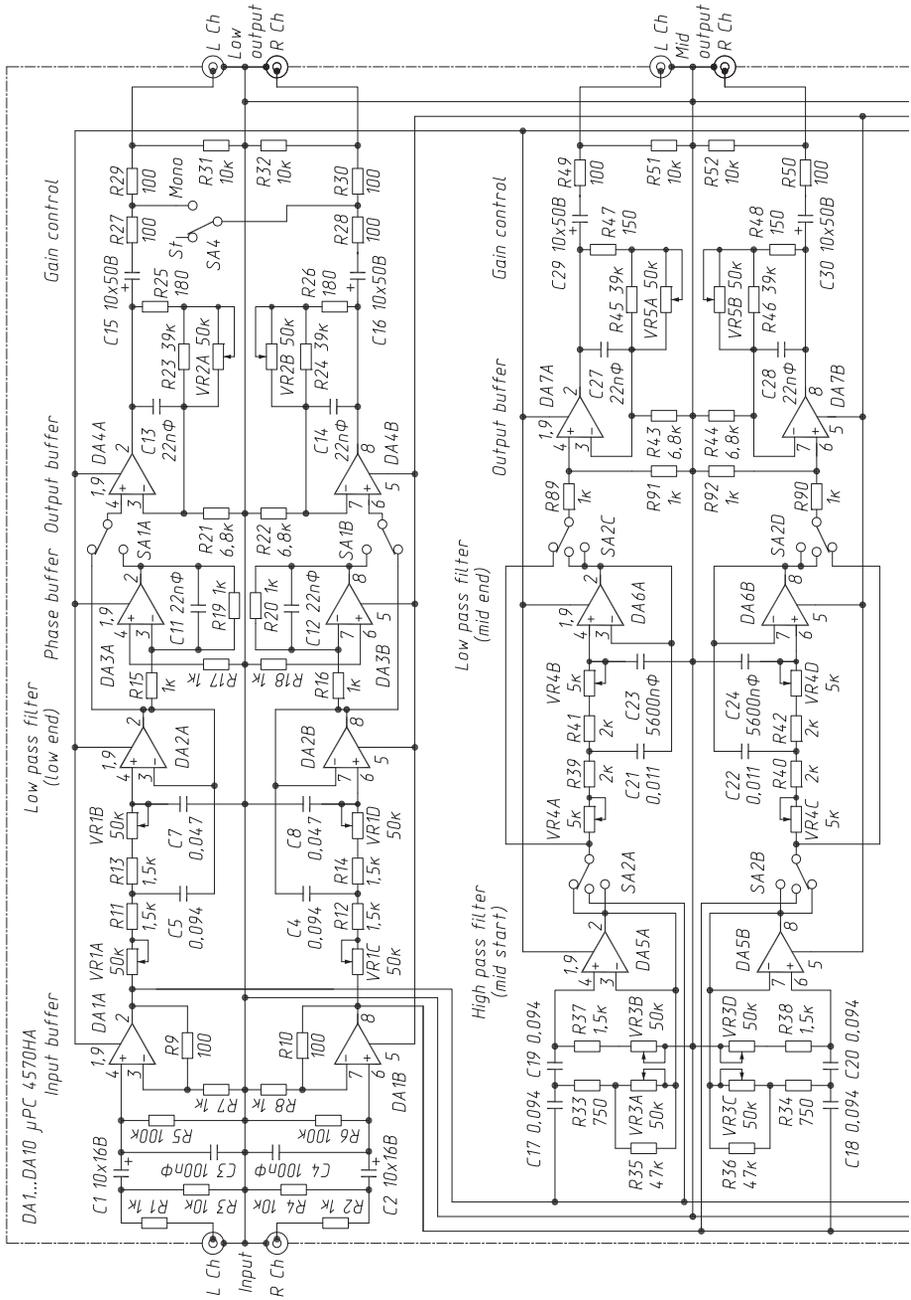


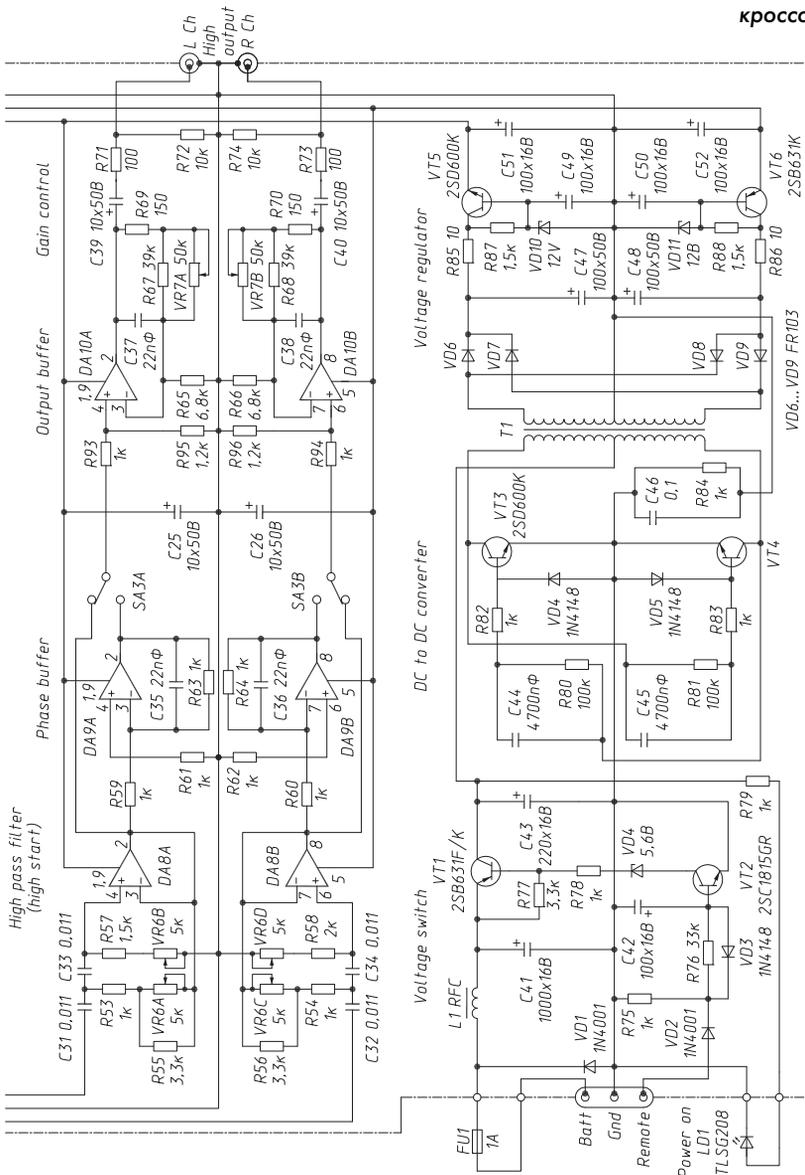
Рис. 6.26 а. Трехполосный кроссовер

АКТИВНЫЕ КРОССОВЕРЫ



Конденсаторы C3 и C4 на входе кроссовера фильтруют радиочастотные помехи, не оказывая влияния на передачу сигналов рабочей полосы частот. Далее сигнал через буферный усилитель DA1 распределяется по канальным фильтрам. Активные фильтры второго порядка сохраняют характеристику Баттерворта практически во всем диапазоне перестройки. Полоса частот изменяется в широких пределах:

Рис. 6.26 б. Трехполосный кроссовер





- в канале НЧ нижняя граница полосы пропускания определяется переходными емкостями и составляет несколько герц, верхняя граница перестраивается от 35 Гц до 1,6 кГц. Для возможности оперативной фазировки каналов при настройке предусмотрен переключатель полярности сигнала (DA3, SA1). Если этот канал используется для формирования сигнала сабвуфера, сигналы левого и правого стереоканалов можно объединить переключателем SA4.
- в канале СЧ нижняя граница полосы пропускания перестраивается от 35 Гц до 1,6 кГц, верхняя – от 3 до 10 кГц. Для расширения области применения переключателем SA2 можно отключить ФВЧ или ФНЧ или все фильтры и использовать канал как линейный усилитель.
- в канале ВЧ нижняя граница полосы пропускания перестраивается от 3 до 10 кГц. Для возможности оперативной фазировки каналов при настройке предусмотрен переключатель полярности сигнала (DA9, SA3).

На выходе каналов установлены буферные усилители с регуляторами усиления. Максимальный коэффициент передачи канала НЧ приблизительно на 6 дБ выше, чем в каналах СЧ и ВЧ, что компенсирует низкую чувствительность НЧ-головок. Возможно, это реакция конструкторов на необъяснимое желание некоторых пользователей устанавливать регуляторы усиления в одно положение.

Оставшаяся часть схемы – узел управления включением и блок питания. Напряжение питания подано постоянно, сигнал включения преобразователя формирует узел на транзисторах VT1, VT2 по сигналу remote от головного устройства. Цепь C42R76 обеспечивает задержку включения, а диод VD3 – быструю разрядку конденсатора C42 при выключении. Диоды VD1, VD2 защищают цепи питания при ошибочном включении в обратной полярности. Нестабилизированный преобразователь напряжения выполнен на транзисторах VT3, VT4 по трансформаторной схеме с самовозбуждением. После выпрямителя включен простейший двухполярный стабилизатор напряжения на транзисторах VT5, VT6 и стабилитронах VD10, VD11. Цепь R84C46 обеспечивает гальваническую связь общего провода первичных и вторичных цепей, разрывая при этом «токовую петлю» и снижая уровень помех. Подробнее роль этой цепи была рассмотрена в главе 5.

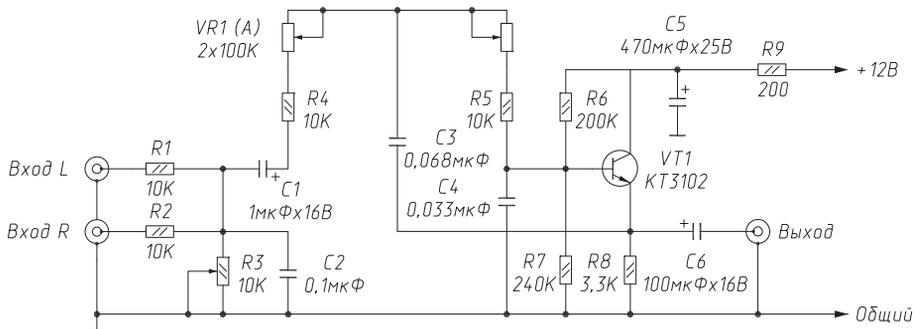


6.2.3. Любительские схемы активных фильтров

На рисунке 6.27 приведена схема простейшего фильтра-сумматора для сабвуфера. [71] Его можно использовать совместно с любым монофоническим усилителем.

Схема предельно проста. На входе установлен пассивный сумматор. Верхняя граница полосы пропускания перестраивается вдвоенным переменным резистором VR1 в диапазоне 30–250 Гц. Нижняя граница составляет примерно 15 Гц. Соотношение громкости звучания сабвуфера и остальных акустических систем настраивают фейдером или регулятором усиления сабвуфера. Входное напряжение не должно превышать 1 В, иначе возможны искажения сигнала. Если у магнитолы нет линейного выхода, подавать сигнал можно непосредственно с «колоночных» выходов магнитолы. В этом случае сопротивление резисторов R1, R2 нужно увеличить до 47–100 кОм. Собранная из исправных деталей схема налаживания не требует, коэффициент передачи близок к единице.

Рис. 6.27. Сумматор и активный фильтр для сабвуфера



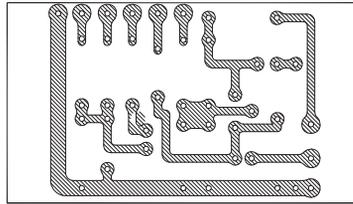
В составе приводимых далее схем формирователей сигнала для сабвуфера имеется фазовый корректор (фазовращатель). При относительно высокой (выше 90–100 Гц) граничной частоте расположенного в багажнике сабвуфера он позволяет в какой-то мере компенсировать задержку распространения и фазовый сдвиг сигнала. При переднем расположении сабвуфера или низкой частоте среза (50–70 Гц) фазовращатель обычно не нужен. Согласования фазы можно добиться простой сменой полярности подключения динамической головки.



Если нужен отдельный фазовращатель, можно использовать следующую схему (рисунок 6.29). Если входной сигнал превышает 1,5–2 В, сопротивление резистора R1 следует увеличить до 3–10 кОм, иначе возможно появление искажений. Эту схему можно объединить с предыдущей, конденсатор С1 в этом случае нужно исключить. При встраивании каскада в усилитель лучше использовать фрагмент схемы 6.30, подав сигнал в точку соединения конденсаторов С5, С6. Предварительные каскады при этом исключаются.

Рис. 6.28. Печатная плата сумматора для сабвуфера

Печатная плата со стороны проводников
(М 1:1)



Размещение деталей на плате

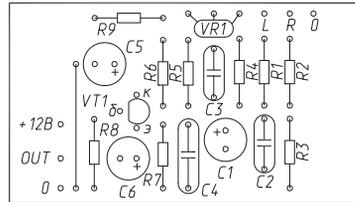
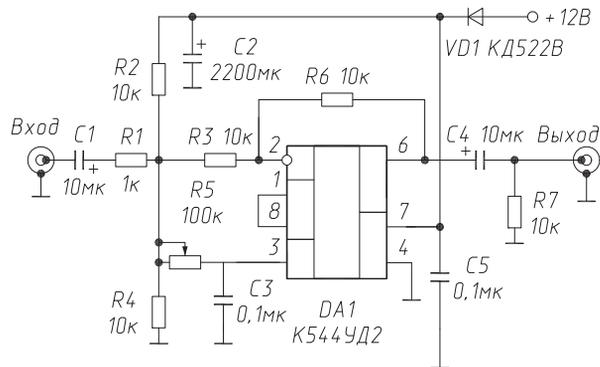


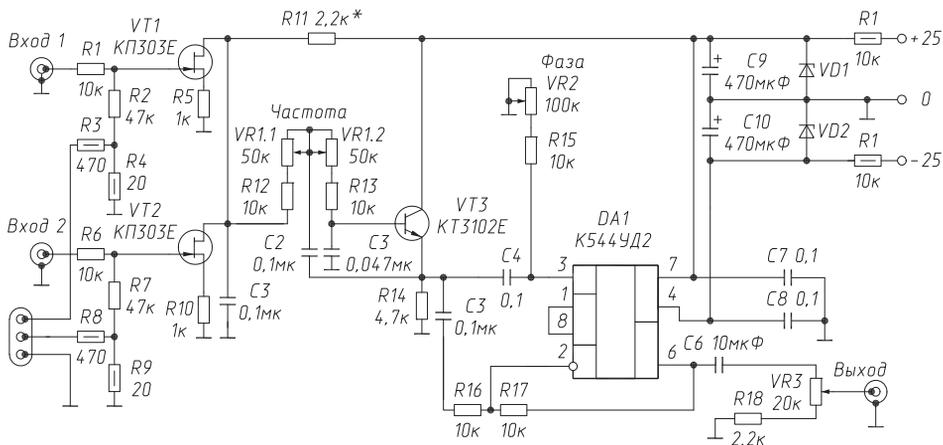
Рис. 6.29. Фазовращатель для сабвуфера



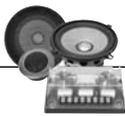


Более широкими возможностями и существенно лучшими характеристиками обладают схемы, выполненные на полевых транзисторах. [72] Их применение позволяет получить минимальные искажения сигнала при предельной простоте схемы. Однако полевые транзисторы обладают довольно значительным разбросом характеристик. Поэтому для правильной работы приводимых ниже схем может потребоваться или предварительный отбор транзисторов, или наладка готового устройства, что делает эти схемы непригодными для серийного производства. Коэффициент передачи истокового повторителя составляет 0,9–0,95 в отличие от эмиттерного, для которого этот показатель практически равен 1. Поэтому номиналы резисторов частотоподающих цепей несколько отличаются от расчетных. Используя элементы предложенных схем, радиолюбитель может создать активный фильтр нужной конфигурации. На рисунке 6.30. приведена «базовая» схема такого фильтра.

Рис. 6.30. Сумматор и активный фильтр для сабвуфера на полевых транзисторах



Делители напряжения на входе предотвращают перегрузку первого каскада. В случае использования линейных выходов с напряжением 2–4 В сопротивление резисторов R1, R2 нужно увеличить до 33–47 кОм. Для обеспечения работы с магнитолами без линейного выхода введен вход высокого уровня (High input). На выходе установлен регулятор усиления с пределами регулировки порядка 20 дБ. Максимальное напряжение на выходе составляет 2,0 В.

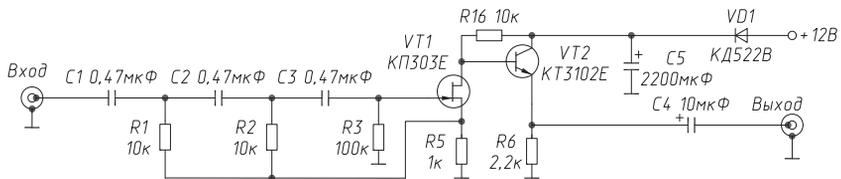


Сумматор на полевых транзисторах VT1, VT2 совмещен с однозвенным ФНЧ R11C1 с частотой среза около 150 Гц. Следующий каскад – перестраиваемый ФНЧ второго порядка с характеристикой Баттерворта. Частота среза изменяется двоянным переменным резистором VR1 от 40 Гц до 200 Гц. Последний каскад – фазовращатель на операционном усилителе DA1. Он перестраивается переменным резистором VR2. Конденсатор С6 образует фильтр инфранизких частот.

Для питания ОУ используется двуполярное напряжение 15 В, снимаемое с параметрического стабилизатора напряжения. Предварительные каскады питаются однополярным напряжением 15 В. Если фазовращатель не требуется, ОУ DA1 и связанные с ним элементы можно исключить, а напряжение питания снизить до 12 В. Левый по схеме вывод конденсатора С6 в этом случае соединяют с эмиттером транзистора VT3. Настройка сводится к подбору резистора R11 до получения на эмиттере VT3 напряжения 7–8 В при напряжении питания 15 В и 6–6,5 В – при питании 12 В.

Для большинства конструкций сабвуферов, кроме закрытого корпуса, амплитуда колебаний диффузора на частотах ниже частоты настройки фазоинвертора ограничена только жесткостью подвеса. Чтобы исключить риск повреждения головки, необходимо ограничить уровень инфранизких частот. Для этой цели можно использовать несложный фильтр (рисунок 6.31).

Рис. 6.31. Фильтр обрезки инфранизких частот



Фильтр построен на основе комбинированной структуры «общий источник – общий коллектор». Это позволяет повысить коэффициент передачи по сравнению с истоковым повторителем (до 3–4 дБ) и получить низкое выходное сопротивление и хорошую нагрузочную способность. Для повышения добротности фильтра цепь положительной ОС выполнена двухзвенной. Частота среза 25 Гц, АЧХ фильтра приведена на рисунке 6.16. Настройка сводится к подбору резистора R4 так, чтобы напряжение на эмиттере VT2 равнялось примерно половине напряжения питания.

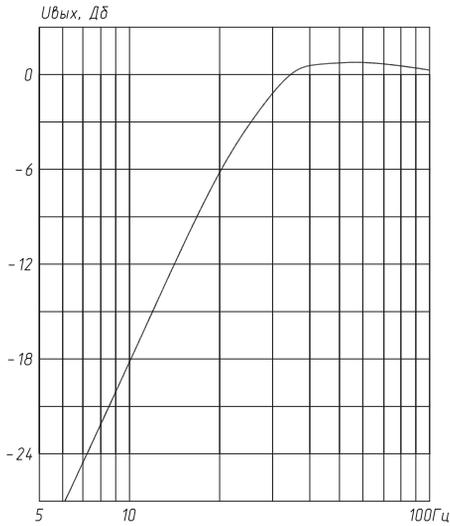


Рис. 6.32. АЧХ фильтра обрезки инфранизких частот

В тех случаях, когда фронтальная АС построена на базе малогабаритных головок, для снижения вносимых ими искажений необходимо ограничить уровень сигнала низких частот при помощи фильтра. Удобно объединить эту схему с формирователем сигнала для сабвуфера (рисунок 6.33).

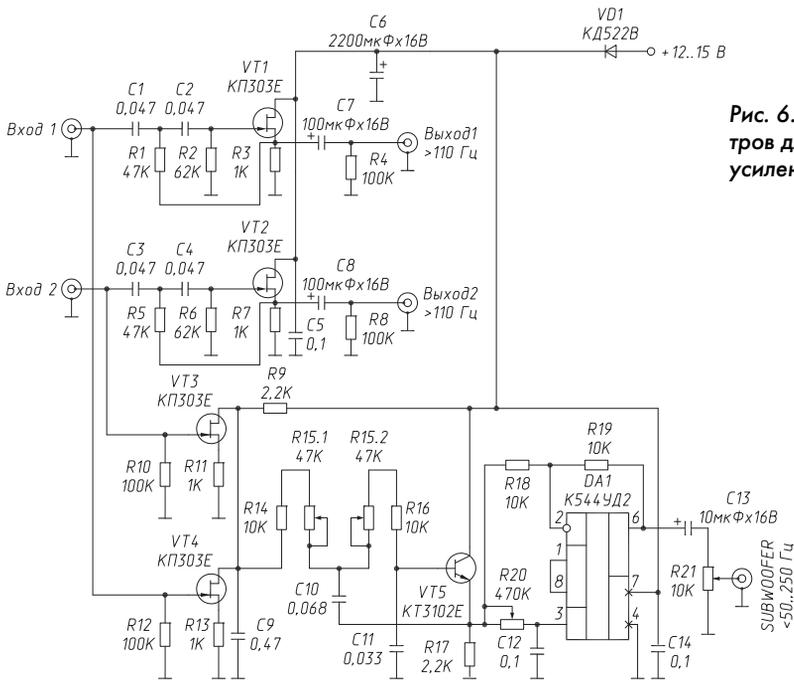
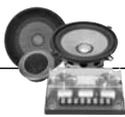


Рис. 6.33. Блок фильтров для трехканального усиления



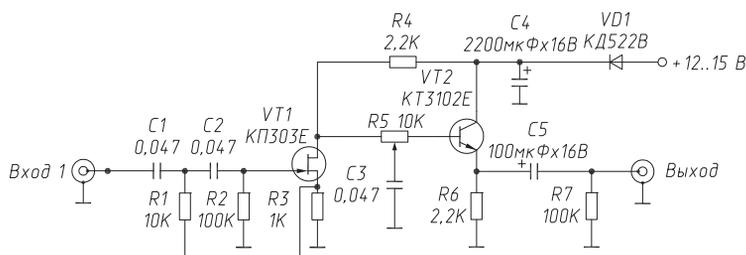
На входе основного канала установлены активные ФВЧ второго порядка с характеристикой Бесселя, выполненные на полевых транзисторах VT1, VT2. Выбранная структура обеспечивает минимальные фазовые искажения сигнала в основном канале. Частота среза фильтров около 110 Гц, крутизна спада АЧХ ниже частоты среза: 10 дБ/октава. Для изменения значения частоты среза необходимо пропорционально изменить емкости конденсаторов С1–С4. Формирователь сигнала для сабвуфера аналогичен рассмотренному ранее.

Налаживание сводится к подбору резистора R9 до получения на выводе 6 DA1 постоянного напряжения 6 В. Каскады на транзисторах VT1, VT2 обычно регулировки не требуют, необходимо только проверить постоянное напряжение на их истоках. Оно должно составлять 1,3–2,5 В. Если это не так, необходимо подобрать резисторы R3, R7.

Во избежание искажений сигнала входное напряжение не должно превышать 1,0 В. Если имеющийся источник сигнала развивает на линейном выходе существенно большее напряжение, на входе формирователя нужно установить делитель напряжения аналогично предыдущим схемам. Сопротивление резистора в нижнем плече делителя не должно превышать 10 кОм, чтобы не повлиять на АЧХ фильтров основного канала. Если фазовращатель не нужен, его можно исключить, сигнал в этом случае снимается с эмиттера транзистора VT5.

Для трехполосной системы с частотой раздела порядка 300–400 Гц можно использовать эту же схему, уменьшив номиналы конденсаторов С1–С4 до 0,01–0,015 мкФ. В этом случае на выходе будет сигнал полосы ВЧ и понадобится формирователь сигнала полосы НЧ. Схема полосового фильтра для одного канала приведена на рисунке 6.34.

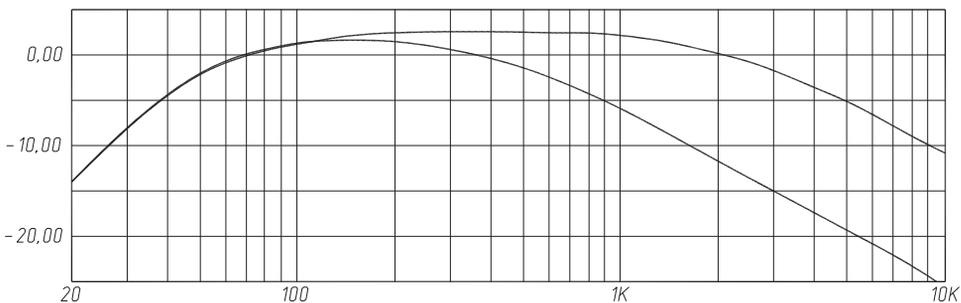
Рис. 6.34. Полосовой фильтр





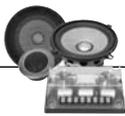
Фильтр построен на основе несколько модифицированной структуры «ОИ-ОК», рассмотренной ранее (рисунок 6.31). Первый каскад на полевом транзисторе – ФВЧ Баттерворта второго порядка с частотой среза около 55 Гц. Каскад инвертирующий, сигнал со стока поступает на пассивный ФНЧ первого порядка, частота среза которого перестраивается переменным резистором R5 от 200 Гц до 2 кГц, а с него на выходной эмиттерный повторитель. Коэффициент передачи фильтра по напряжению в рабочей полосе частот 1,5–2. На выходе устройства можно установить регулятор напряжения аналогично предыдущей схеме. АЧХ фильтра в крайних положениях регулятора приведена на рисунке 6.35.

Рис. 6.35. АЧХ полосового фильтра



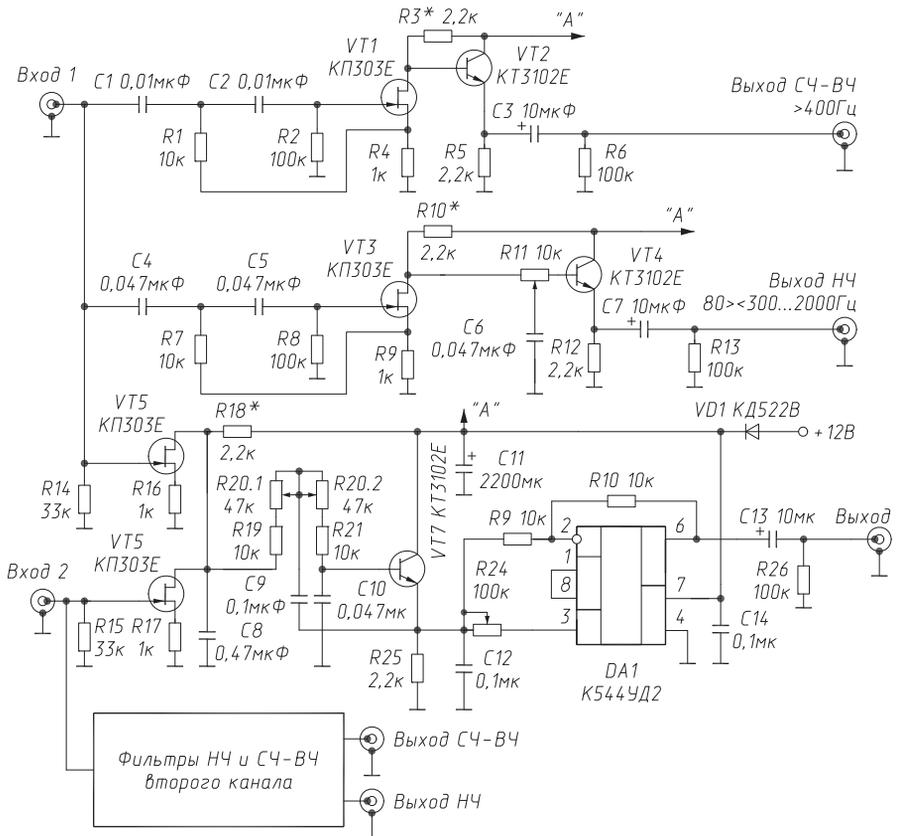
Если объединить описанные чудеса схемотехники, получится блок фильтров, схема которого приведена на рисунке 6.36. В комментариях она не нуждается, поскольку составлена из уже рассмотренных узлов. На выходе фильтров можно установить регуляторы уровня (как на рисунке 6.30).

Блок фильтров можно превратить в трехполосный с отдельным формирователем сигнала сабвуфера, для чего нужно ввести еще один полосовой фильтр и изменить граничные частоты. Такой вариант комбинированного фильтра на основе рассмотренных схемотехнических решений предложил Максим Щербак из Петрозаводска (рисунок 6.37). В этой схеме использованы полосовые фильтры второго порядка с фиксированными частотами среза. На выходе фильтров можно установить регуляторы уровня.



Немного о примененных деталях. Керамические конденсаторы в звуковом тракте использовать нельзя из-за микрофонного эффекта, их можно ставить только в цепи питания. Из недорогих и доступных лучше всего использовать К73-17 (емкость от 0,01 до 6,8 мкФ, напряжение от 50 до 630 В, цена зависит от размера и допуска). Конденсаторы нужно подобрать в пары с минимальным разбросом (важно не точное значение емкости, а рассогласование по каналам). Многие современные мультиметры позволяют измерить емкость непосредственно. Если такой возможности нет, лучше использовать конденсаторы с допуском 5%.

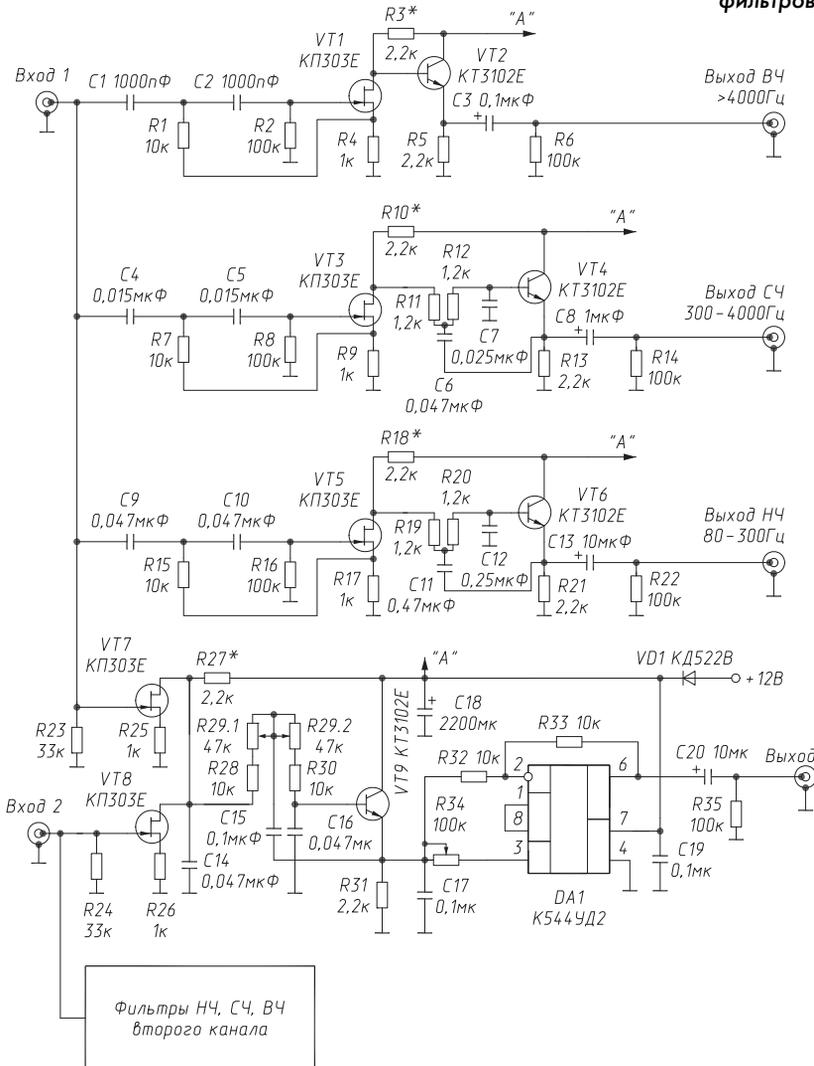
Рис. 6.36. Блок фильтров





Полевые транзисторы по каналам нужно подбирать в пары по начальному току стока и напряжению отсечки. Если такой возможности нет, лучше использовать транзисторы из одной партии – в пределах упаковки разброс параметров обычно невелик. Вместо КП303 можно использовать сборки серии КПС, там идентичность пар обеспечивается технологически. Вместо КТ3102Е можно использовать любые другие n-p-n транзисторы с коэффициентом передачи тока более 50. Словом, возможности для творчества открываются широкие...

Рис. 6.37. Семиканальный блок фильтров





6.3. КОРРЕКТОРЫ АЧХ

Одно из важнейших требований к аппаратуре высококачественного воспроизведения – линейность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). На ее неравномерность в рабочем диапазоне частот влияют многие факторы – источник сигнала, усилительный тракт, акустические системы. И, хотя современные компоненты обладают хорошей АЧХ, на результат влияют акустические дефекты салона – локальные резонансы и области поглощения. Для их устранения можно в определенных пределах перестраивать частоту раздела полос и менять относительную полярность динамических головок. Однако возможности этого метода коррекции ограничены и в установке высокого уровня практически всегда присутствует эквалайзер.

Решение это не такое простое, как кажется на первый взгляд. Профессиональный высококачественный прибор и стоит соответственно, и настройка его – дело непростое, требующее опыта и измерительной аппаратуры. Если же использовать бюджетную модель, качество звучания вряд ли улучшится. Два-три десятка операционных усилителей общего назначения способны оставить от звука одни воспоминания. Поэтому стремление обойтись без эквалайзера понятно всем, кто работает над установкой творчески.

Для получения ровной и гладкой результирующей АЧХ можно использовать различные приемы, поэтому начнем изложение задач и методов коррекции от общих проблем к частным. Головная боль car audio – резонанс салона, проявляющийся в характерном «гудении» на некоторых басовых нотах. Замеры АЧХ показывают на частотах 120–160 Гц «горб» величиной от 3 до 8 дБ. Помимо этого обычно присутствует «провал» на частотах 250–400 Гц и ряд мелких дефектов на других частотах. [81]

Для коррекции большого количества локальных дефектов АЧХ необходим 15-полосный (2/3 октавный) или 30-полосный (третьоктавный) графический эквалайзер. Поскольку взаимное влияние регулировок слишком велико, для получения гарантированного результата процесс настройки требует постоянного контроля АЧХ. Поэтому на сегодняшний день в любительских установках многополосные графические эквалайзеры широкого распространения не получили, это прерогатива профессионалов.

Если ограничиться устранением только наиболее заметных специфических погрешностей АЧХ, возникающих в салоне автомобиля, количество полос регулирования в области средних и высоких частот можно сократить. Основная масса



автомобильных эквалайзеров (включая встроенные в магнитола) спроектирована с учетом этих особенностей. Эти модели имеют 5–7 полос регулирования и отличаются уплотненной сеткой частот в области НЧ (3–4 полосы) и редкой (2–3 полосы) на ВЧ. В этом случае вполне возможно установить коррекцию с приемлемой точностью, не прибегая к постоянному контролю АЧХ, что делает этот вариант более пригодным для любителей. В первом приближении можно установить на эквалайзере «зеркальную» АЧХ по отношению к среднестатистической АЧХ салона, однако все же лучше произвести контрольные измерения.

Некоторые магнитолы и CD-ресиверы высокого класса имеют в своем составе электронный эквалайзер с анализатором спектра, и в состоянии автоматически скорректировать большинство погрешностей АЧХ по входящему в комплект измерительному микрофону. Это идеальное решение для меломана, не имеющего измерительной аппаратуры. Однако широкого распространения оно пока не получило, да и стоимость еще высока для большинства любителей.

В тех счастливых случаях, когда коррекция требуется только в трех-четырех полосах, удобен параметрический эквалайзер, который позволит выбрать центральную частоту и ширину полосы регулирования (добротность) для каждого регулятора. Это позволит произвести регулировку только в необходимых частотных полосах, не затрагивая «безгрешные» участки, что снизит искажения сигнала.

С точки зрения минимального вмешательства в сигнал параметрические эквалайзеры вне конкуренции. Однако широкого распространения они пока не получили, поскольку также требуют объективного контроля результатов настройки. Параметрические эквалайзеры, особенно с регулируемой добротностью, достаточно сложны по конструкции. Эквалайзеры с фиксированной добротностью заметно проще.

6.3.1. Параметрическая коррекция АЧХ

Допустим невероятное – что все дефекты АЧХ побеждены выбранными компонентами и тщательной установкой и остался только неистребимый резонанс. Даже при использовании самых высококачественных компонентов устранить его непросто. [81]

Первый и самый очевидный способ – разнести частоты раздела полос сабвуфера и остальной акустики. В этом случае сабвуфер воспроизводит частоты ниже 120 Гц, а остальная акустика – выше 180 Гц. Эти цифры приблизительные



и зависят от размеров салона и особенностей конкретной установки. Поскольку в серьезных установках используются кроссоверы высокого порядка, спады частотной характеристики получаются достаточно крутыми, а разнос полос относительно небольшим. В результате сабвуферу приходится воспроизводить широкую полосу частот и во всей красе встает проблема «заднего» баса. Хвост выгнали, грива увязла...

Выход нашелся там, где его не искали. Чтобы усилители бюджетных серий не отставали по оснащению от «старших братьев», конструкторы перешли от фиксированной частоты среза встроенного кроссовера к плавной ее перестройке. Отличие только в одном – на переменных резисторах здесь экономят. Для перестройки фильтра второго порядка в стереофоническом варианте нужен четырехсекционный переменный резистор с хорошим согласованием сопротивлений, а в некоторых случаях – еще и с различным сопротивлением секций. Вещь если не заказная, то, как минимум, не ширпотребовская. Поэтому стали применять обычные двухсекционные, соответственно переработав схему фильтров. Так на арену вышли фильтры переменной крутизны, в которых перестраивается только одно его звено. Вслед за бюджетными усилителями такие фильтры появились и в моделях среднего класса.

В отличие от классического варианта фильтра здесь при изменении частоты среза меняется и форма АЧХ. На первый взгляд – недостаток, отступление от канонов. Но если подойти диалектически – достоинства есть продолжение недостатков. Если выбрать частоту среза фронтальных каналов порядка 200 Гц, то за счет плавного спада АЧХ ФВЧ на результирующей АЧХ появится провал нужной величины в интересующей нас области около 150 Гц (рисунок 6.38). Полоса частот сабвуфера при этом остается в разумных границах (80–90 Гц) и о «заднем» басы беспокоиться не нужно.

Если посмотреть в результаты тестов различных изданий, подобные АЧХ можно обнаружить у большинства современных кроссоверов и усилителей нижней и средней ценовой категории. Вывод однозначен даже без вскрытия: в их конструкции использованы фильтры переменной крутизны. Вот пример того, как упрощение конструкции повысило ее качественные показатели и расширило область применения. Однако возможности данного метода коррекции ограничены, поэтому говорить о вымирании эквалайзеров пока рано.

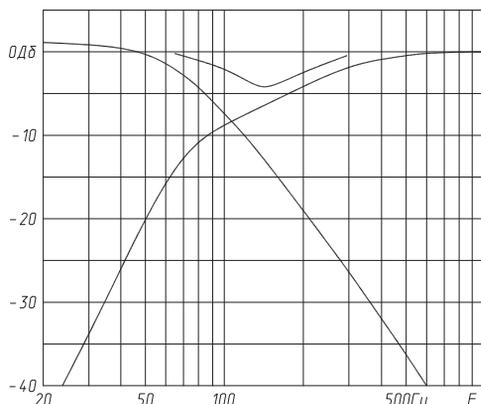


Рис. 6.38. Параметрическая коррекция резонанса салона

6.3.2. Коррекция при помощи режекторного фильтра

Но ставить целый эквалайзер ради одного «горба» – все равно, что стрелять из пушки по воробьям. Вместо эквалайзера в таком случае лучше использовать режекторный фильтр, настроенный на частоту резонанса салона (140–160 Гц). Схема простейшего пассивного фильтра на основе обращенного моста Вина приведена на рисунке 6.39. [81] Добротность фильтра небольшая, поэтому точная настройка частоты не требуется.

Фильтр включается между линейным выходом источника и входом усилителя. Емкость конденсаторов удобно выбрать равной 0,1 мкФ, сопротивление резисторов – 10–12 кОм. При использовании малогабаритных деталей его можно разместить в корпусе RCA-«папы».

У данной конструкции только одно достоинство: простота. Недостатков гораздо больше – степень коррекции в большинстве случаев недостаточна, а частотная характеристика зависит от выходного сопротивления источника и входного сопротивления усилителя. Для устранения недостатков фильтр нужно сделать активным.

Подобные корректоры встречаются в некоторых усилителях верхней ценовой категории (Lanzar, McIntosh). Каскад представляет собой плавно или дискретно регулируемый режекторный фильтр, настроенный на частоту резонанса салона 150 Гц. Иногда частоту настройки можно изменять. Для обозначения таких корректоров используют термин эквалайзер окружения (ambience equalizer), подчеркивая тем самым его назначение – коррекцию АЧХ автомобильного салона. [72, 81]



Схема активного фильтра для одного канала приведена на рисунке 6.40. Первый каскад – усилитель с разделенной нагрузкой. Его задача – создать противофазные напряжения для питания фильтрующего звена C2C3R4R5. В правом по схеме положении переключателя это уже рассмотренный ранее фильтр с затуханием около 3 дБ. В левом положении переключателя на фильтр поступают противофазные напряжения, и затухание на частоте настройки увеличивается до 5–6 дБ. Точное значение затухания зависит от характеристик транзистора и соотношения сопротивлений резисторов R2 и R3. Если сделать их равными, затухание будет максимальным (8 дБ), но сигнал на выходе будет ослаблен относительно входного на 3–4 дБ. На схеме показан оптимальный вариант номиналов. АЧХ фильтра приведена на рисунке 6.41.

Рис. 6.39. Пассивный режекторный фильтр резонанса салона

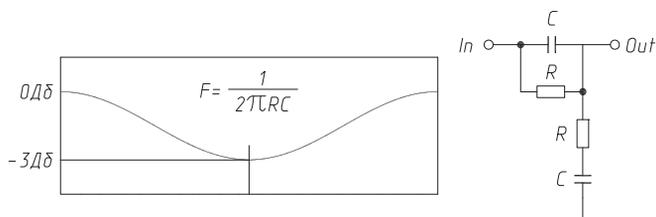
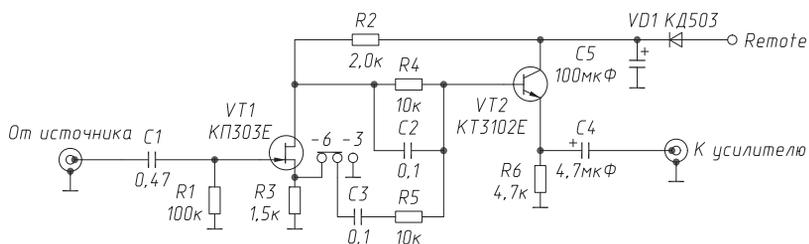


Рис. 6.40. Активный режекторный фильтр резонанса салона

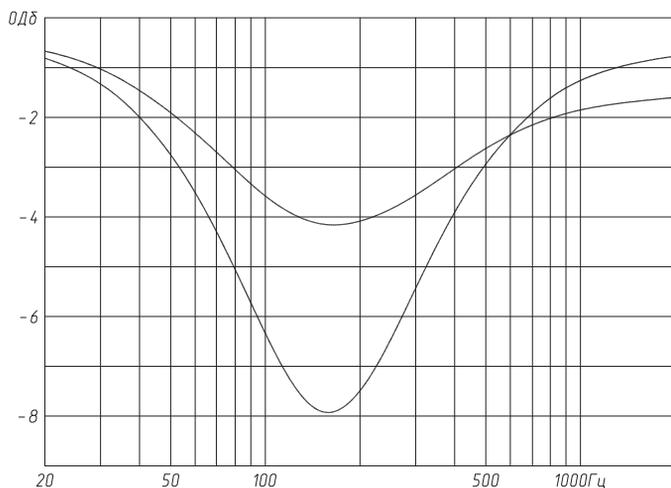


Выходной каскад – обычный эмиттерный повторитель. Его задача – исключить влияние нагрузки на характеристики фильтра. Конденсатор C5 и диод VD1 – фильтр питания, общий для двух каналов. Питается фильтр непосредственно от выхода remote головного устройства, поскольку ток, потребляемый по двум каналам, не превышает 10 мА.



Помимо указанных на схеме, можно применить транзисторы КП303В (VT1), КТ3102 с любой буквой (VT2). Диод VD1 можно использовать любой маломощный кремниевый. Электролитические конденсаторы должны быть на рабочее напряжение не ниже 16 В. Тип остальных деталей не критичен. Корпус должен быть металлическим, в противном случае придется снабдить его внутри экраном из медной фольги и соединить его с общим проводом. Можно также вмонтировать устройство непосредственно в магнитоу, воспользовавшись приведенными далее рекомендациями.

Рис. 6.41. АЧХ активного режекторного фильтра



Налаживание схемы несложно. После проверки монтажа нужно подать питание и замерить постоянное напряжение на эмиттере транзистора VT2 относительно общего провода. Оно должно составлять от 50 до 70% напряжения питания и по возможности быть близким в обоих каналах. Если это не так – нужно подобрать сопротивление резистора R3 в пределах 1,2–1,8 кОм. Сопротивление этих резисторов в обоих каналах должно быть одинаковым, это более важное условие, чем равенство постоянных напряжений на выходе.

Входное сопротивление фильтра около 100 кОм, входное напряжение не должно превышать 1,5 В, иначе возможно появление искажений. Если напряжение на линейном выходе источника больше, на входе фильтра придется добавить делитель напряжения (резистор сопротивлением 100 кОм последовательно с конденсатором С1). Потери сигнала в этом случае придется компенсировать регули-



ровкой чувствительности усилителя. Поскольку входное сопротивление весьма высокое, устанавливать фильтр лучше вблизи источника сигнала, чтобы избежать наводок на вход. Выходное сопротивление фильтра около 50 Ом, что намного меньше аналогичного параметра большинства головных устройств. Это позволит заметно снизить влияние емкости соединительного кабеля на качество звучания, так что фильтр попутно выполняет и функции согласующего устройства.

6.3.3. Кроссовер-эквалайзер

Основной недостаток традиционного эквалайзера при включении в широкополосный тракт состоит в том, что процесс регулировки затрагивает и те полосы частот, где регулировка не требуется. Например, при частоте раздела полос 400 Гц подъем усиления на частоте 300 Гц затрагивает и полосу СЧ, фактически меняя ее частоту среза. Для устранения этого недостатка можно установить отдельные эквалайзеры после активного кроссовера, что иногда практикуется в дорогих установках. Однако часть полос регулирования при этом остается «не у дел». Гораздо рациональнее было бы разделить эквалайзер на две части, что и сделано в некоторых профессиональных моделях. Так, пятиполосный параметрический эквалайзер фирмы XTANT содержит независимые двухполосную и трехполосную секции. При работе в составе широкополосного тракта они включаются параллельно.

Если пойти по этому пути дальше, можно конструктивно объединить эквалайзер с активным кроссовером, оставив только необходимые полосы регулирования. Кроме того, для предотвращения перегрузки мидбасовых головок самыми низкими частотами желательно их ограничить. Некоторые каскады вполне могут быть комбинированными и выполнять несколько функций одновременно. Так, увеличение добротности фильтра позволяет получить вблизи частоты среза узкополосный «горб» величиной до 10–12 дБ.

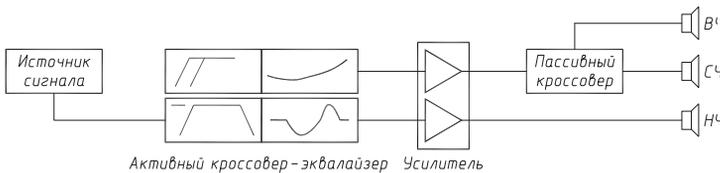
С учетом сказанного структура трехполосной системы на основе универсального кроссовера-эквалайзера приобретает вид, показанный на рисунке 6.42. [92]

- звено для мидбаса с перестраиваемой полосой. Нижняя граница формируется фильтром третьего порядка с переключаемой частотой среза – 45/80 Гц. Первое значение используется для работы с «пол-



- норазмерными» НЧ-головками, второе – для малогабаритных головок. Это исключит перегрузку мидбаса низкими частотами. Верхняя граница частоты среза формируется фильтром первого порядка в диапазоне 150 Гц–1 кГц. Для регулировок в «проблемной» области необходимы два звена эквалайзера со средними частотами 150 Гц и 300 Гц;
- звено СЧ/ВЧ с нижней границей, перестраиваемой в диапазоне 300 Гц–1,5 кГц. По сочетанию переходных характеристик и подавлению нерабочей полосы частот оптимален фильтр второго порядка. Плавная перестройка в этом диапазоне не обязательна, можно использовать набор фиксированных частот среза, выбираемых переключателем или резисторными матрицами. Для регулировки АЧХ в этой зоне достаточно использовать один-два относительно широкополосных звена;
 - сабвуферное звено (на схеме не показано) с сумматором и регулятором верхней частоты среза 50–180 Гц. Для обеспечения возможности работы с другими видами акустического оформления, кроме закрытого, необходим фильтр обрезки инфранизких частот (subsonic filter) на частоту 25 Гц, его можно сделать неотключаемым.

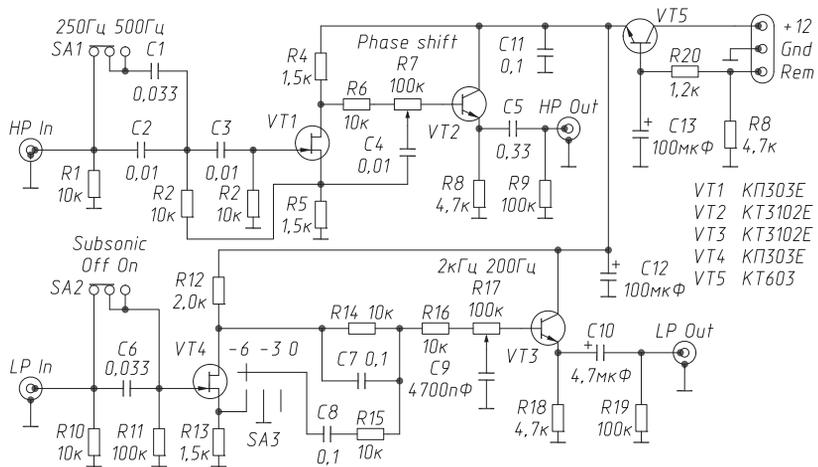
Рис. 6.42. Структурная схема кроссовера-эквалайзера



При формировании полос удобно использовать фильтры переменной крутизны, имеющие первый порядок для формирования рабочей полосы частот, и более высокий – за ее пределами. Подобные фильтры более музыкальны, чем традиционные. Это объясняется тем, что в зоне перегиба АЧХ не возникает значительных фазовых искажений, переходная характеристика намного лучше. Получить такую структуру можно последовательным включением двух фильтров. Применительно к диффузорным СЧ-головкам это может быть ФВЧ второго порядка на 200 Гц для надежного подавления механического резонанса головки (~110 Гц), а в рабочей полосе частот (выше 300 Гц) перестраиваемый фильтр первого порядка.



Рис. 6.43. Принципиальная схема кроссовера-эквалайзера



В канале СЧ-ВЧ использован ФВЧ с фазовым корректором, в канале НЧ – режекторный фильтр резонанса салона, ФНЧ первого порядка и фильтр обрезки инфранизких частот. Комбинированные фильтры выполнены на основе структур «ОИ–ОК», рассмотренных в этой главе.

На полевом транзисторе VT1 выполнен ФВЧ второго порядка для канала СЧ-ВЧ. Частота среза (250 или 500 Гц) выбирается переключателем SA1. Этот же каскад используется для получения двух противофазных напряжений, необходимых для работы простейшего фазового корректора (цепь R6R7C4). Выходной сигнал снимается с эмиттера транзистора VT2.

На полевом транзисторе VT3 выполнен ФВЧ первого порядка для канала НЧ с частотой среза 50 Гц. При работе с «полноразмерными» НЧ-головками фильтр можно отключить переключателем SA2. Этот же каскад используется для получения двух противофазных напряжений, необходимых для работы режекторного фильтра (цепь



R14R15C7C8). Схема этого узла аналогична рисунку 6.40. Глубина режекции изменяется переключателем SA3. Далее сигнал через перестраиваемый ФНЧ первого порядка поступает на эмиттерный повторитель VT4.

Общий для двух каналов каскад на транзисторе VT5 – электронный ключ и фильтр питания «в одном лице». Формирователь сигнала сабвуфера можно выполнить по одной из схем, рассмотренных ранее. Для коррекции сигнала в полосе СЧ можно использовать элементы схемы 6.47.

6.3.4. Коррекция при помощи эквалайзера

С точки зрения схемотехники эквалайзеры можно разделить на два класса: [12, 117]

- фильтровые эквалайзеры (с разделением спектра)
- эквалайзеры с частотно-зависимыми обратными связями

В фильтровых эквалайзерах спектр сигнала разделяется на несколько частотных полос фильтрами Z1-Zn (рисунок 6.44). Уровень каждой полосы регулируется отдельно, после чего сигналы через смеситель поступают на выход устройства. Фильтры могут быть любыми – активными или пассивными. Если разделить полосы на группы с отдельными смесителями для каждой группы, то такой эквалайзер может выполнять функции кроссовера.

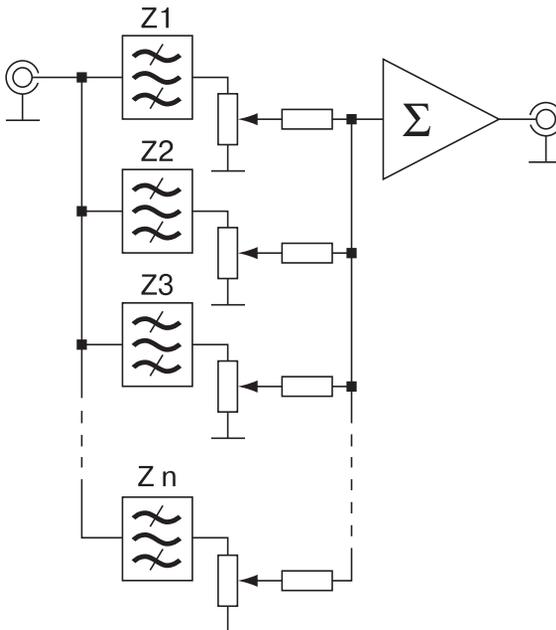


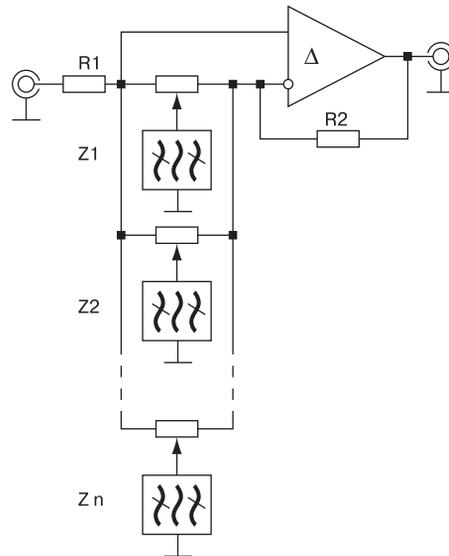
Рис. 6.44. Фильтровый эквалайзер



Основной недостаток устройств такого типа состоит в том, что при установке регуляторов в положение, соответствующее линейной АЧХ, результирующая АЧХ имеет небольшую неравномерность (волнистость). С другой стороны, достоинство этих эквалайзеров – хорошая фазо-частотная характеристика (ФЧХ). В силу простоты эта структура широко применялась в прошлом, но в настоящее время так выполнены только ламповые студийные эквалайзеры и некоторые любительские конструкции.

В остальных современных эквалайзерах использованы частотно-зависимые делители и частотно-зависимые обратные связи (рисунк 6.45). И параметрические, и многополосные (графические) эквалайзеры используют одну и ту же структуру на основе операционного усилителя (ОУ), отличие только в схемотехнике фильтров.

Рис. 6.45. Эквалайзер с частотно-зависимыми обратными связями



В левом по схеме положении движков соответствующие фильтры образуют с резистором R1 частотно-зависимый делитель, поэтому сигнал в полосе пропускания фильтра «стекает на землю» и подавляется. В правом по схеме положении движков образуется аналогичный делитель, но с резистором R2. Сигнал отрицательной обратной связи ослабляется, поэтому в соответствующей полосе усиление возрастает. В промежуточных положениях усиление или ослабление зависит от соотношения прямого сигнала и сигнала ООС. В среднем положении движков фильтры не оказывают никакого влияния на сигнал, поэтому получается линейная АЧХ.



Конструктивное исполнение фильтров может быть различным. Первоначально в эквалайзерах применялись катушки индуктивности, однако LC-фильтрам свойственны определенные недостатки. Катушки подвержены наводкам и взаимной индукции, обладают заметным разбросом характеристики, имеют большие габариты и нетехнологичны. Поэтому к серийному производству такие системы практически непригодны. Это удел бескомпромиссного хайэнда и особо продвинутых любителей.

В современных конструкциях вместо катушек применяются гираторы – аналоги индуктивности, выполненные на основе ОУ (рисунок 6.46). Гираторы применяются также в бас-бустерах, рассмотренных ранее.

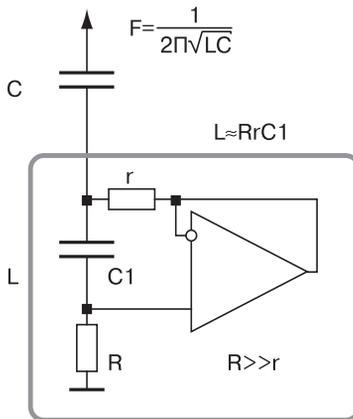


Рис. 6.46. Гиратор

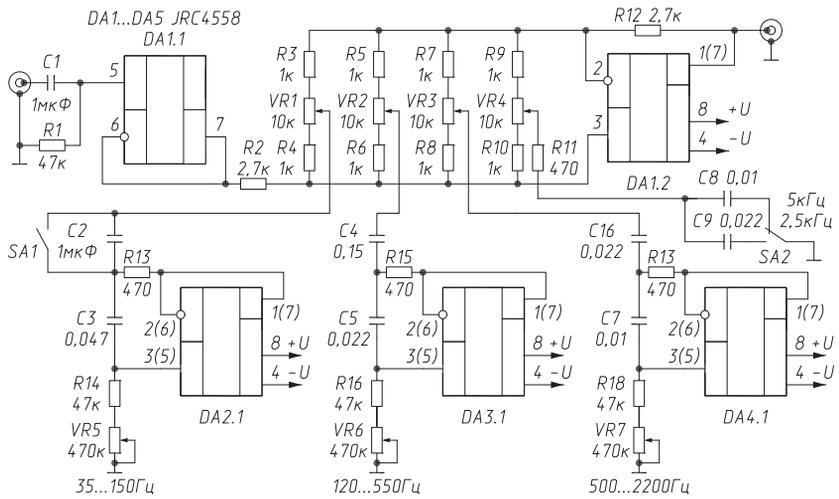
Основное достоинство гиратора – возможность настройки эквивалентной индуктивности, а, следовательно, и частоты получившегося контура. К сожалению, в данной схеме добротность и частота настройки эквивалентного контура взаимосвязаны. Поэтому гиратор такой конструкции применяется в эквалайзерах с фиксированными полосами или в «полупараметрических» с нерегулируемой добротностью. Тем, что добротность в процессе регулирования частоты настройки немного изменяется, обычно пренебрегают. В некоторых случаях вместо плавной перестройки частоты используется ступенчатая. Это позволяет за счет коммутации дополнительных элементов поддерживать выбранную добротность. [117] Так, пятиполосный параметрический эквалайзер Lanzar E540p выполнен на специализированных микросхемах M5227P, центральная частота каждой полосы выбирается переключателем из четырех возможных значений. Диапазон перестройки в каждой полосе – одна октава:



- 35–50–65–80 Гц,
- 150–200–260–320 Гц,
- 600–800–1000–1200 Гц,
- 2,1–2,8–3,5–4,2 кГц,
- 7–9,5–12–15 кГц.

Параметрические эквалайзеры с регулируемой добротностью («полные параметрики») достаточно сложны по конструкции. Чтобы обеспечить независимую регулировку частоты настройки и добротности, каждый фильтр содержит 4 ОУ и большое количество резисторов и конденсаторов. [12] Эквалайзеры с нерегулируемой добротностью заметно проще, схема несложной любительской конструкции приведена на рисунке 6.47.

Рис. 6.47. Простой параметрический эквалайзер



Основа устройства – ОУ DA1.2, охваченный частотно-зависимыми обратными связями. АЧХ цепей обратной связи формируется эквивалентами последовательных LC-контуров. Недосток упрощенной схемы – уменьшение добротности фильтров при увеличении частоты настройки. Добротность звеньев изначально невысокая, что в данном случае даже к лучшему – переходные характеристики остаются хорошими. Переключатель SA1 изменяет тип фильтра нижней полосы. В разомкнутом состоянии – это полосовой регулятор, в замкнутом – обычный интегральный регулятор с изменяемой частотой перегиба. Переключатель SA2 изменяет частоту перегиба регулятора ВЧ, эта часть схемы подобна классическому регулятору



тембра.

Такова предельно упрощенная любительская конструкция, со всеми свойственными минимализму недостатками. Что же предлагает нам промышленность? Эквалайзеры различных типов выпускают практически все крупные фирмы, специализирующиеся в области car audio. От рассмотренного они отличаются, главным образом, дополнительными функциями, а иногда и встроенным усилителем небольшой мощности (как в магнитоле). Впрочем, эквалайзеры с усилителем (бустеры) в последние годы исчез-

Рис. 6.48. Эквалайзер



ли из проспектов крупных фирм.

В конструкции многополосных эквалайзеров чаще всего используют потенциометры с линейным перемещением. Положение регуляторов в этом случае наглядно отображает установленную АЧХ. Такие эквалайзеры обычно называют графическими, хотя это скорее вопрос оформления, а не схемотехники. В то же время в эквалайзерах с небольшим числом полос обычно применяют поворотные регуляторы. В этом случае переднюю панель можно выполнить высотой 1/2 DIN, что удобно при установке эквалайзера рядом с головным устройством в панель приборов (in-dash).

Помимо регулировки частотной характеристики промышленные эквалайзеры предоставляют ряд дополнительных возможностей. В моделях для монтажа в панель обычно предусмотрены два переключаемых линейных входа с подстройкой чувствительности, две пары линейных выходов (front/rear) и фейдер, а также формирователь сигнала сабвуфера. Уровень сигнала на выходе сабвуфера не зависит от положения фейдера. В некоторых моделях есть кнопка Defeat, отключающая все регулировки. Эта функция может оказаться полезной при работе с различными источниками сигнала. Предусмотрен и общий регулятор громкости, что расширяет область применения. Вполне возможно, например, построить систему на основе чейнджера с контроллером, не используя головное устройство.



6.4. УСТРОЙСТВА ИНДИКАЦИИ

О роли устройств индикации в аудиосистеме единого мнения нет, да и быть не может. Начавшаяся еще в семидесятые годы среди «домашних» любителей музыки битва мнений распространилась и на car audio. С точки зрения довольно значительной группы «технарей» индикаторы совершенно необходимы для объективного контроля эксплуатационных параметров системы. С точки зрения убежденных пуристов (таковых – меньшинство) любые индикаторы вообще не нужны, ибо отвлекают от главного – восприятия музыки. По-своему они правы, но машина – не то место, где можно отрешиться от всего земного...

Рис. 6.49. Комбинированные индикаторы FUNKY



Наконец, для большинства слушателей (порой даже не догадывающихся о реальном назначении индикаторов) – это элемент оформления, свидетельствующий об определенном техническом уровне аудиосистемы. Особые впечатления (а порой и ностальгию) вызывают индикаторы, неторопливо покачивающие стрелками в такт музыке. Традиции невероятно сильны, и производители аппаратуры вынуждены были учесть этот фактор – светодиодные и люминисцентные индикаторы после многолетнего триумфа отступили на второй план, наступил «ренессанс стрелки».

Индикатор выходной мощности – вещь красивая и полезная одновременно. Даже приблизительная оценка выходной мощности помогает как в процессе настройки, так и в повседневной эксплуатации системы. Это поможет избе-



жать перегрузки, и, в конечном итоге – выхода из строя усилителей или акустики. А если предусмотреть еще индикацию дополнительных параметров (напряжения бортовой сети, потребляемого тока, температуры), то для автомобильной аудиосистемы это просто находка. Самое интересное, что все перечисленные индикаторы используются в car audio давно, но по отдельности и в ничтожно малых количествах. Комбинированных же устройств до недавнего времени просто не было.

В современных автомобильных усилителях индикаторы используют все чаще, даже в бюджетных моделях. [106] Вот только посмотреть на эту красу удастся не всегда – стоит усилитель обычно в багажнике, поэтому польза индикатора, мягко говоря, сомнительная. Совсем другое дело, если он стоит на панели приборов. Широко известный в узких кругах блок индикации выходной мощности McIntosh погоды не делает, ибо его своеобразный дизайн автоматически предполагает остальные компоненты той же марки. Поэтому энтузиастам car audio до недавнего времени приходилось идти на различные ухищрения – ампутировать и переносить на панель приборов встроенные в усилители блоки индикации, или изготавливать свои собственные конструкции. [102]

Но сегодня особой необходимости в этом нет. Появившиеся недавно многофункциональные индикаторные блоки FUNKY LM-402 и LM-405 решают сразу несколько задач (рисунок 6.49). [93] Помимо основной работы – измерения уровня сигнала в двух каналах – они «по совместительству» показывают напряжение бортовой сети и температуру. Шкала стрелочного прибора оцифрована в децибелах и обеспечивает наглядную индикацию уровня сигнала.

Блок индикации уровня сигнала оснащен автокалибратором чувствительности на базе микроконтроллера (см. рисунок 6.50). При появлении на выводах 17, 18 сигнала перегрузки микроконтроллер U1 уменьшает коэффициент усиления масштабного усилителя U6 (он определяется коммутируемыми резисторами R1–R8 в цепи ООС). Это позволяет без какой-либо настройки подключаться к линейным выходам с номинальным напряжением от 0,1 до 4,0 В.

Входной сигнал без изменений передается на линейный выход (принципиальной разницы между входом и выходом нет – гнезда соединены между собой напрямую). Если же источник сигнала не оснащен линейным выходом – не беда, в блоке индикации есть входы высокого уровня. Благодаря автокалибратору это позволяет подключать ин-

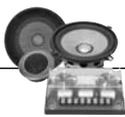
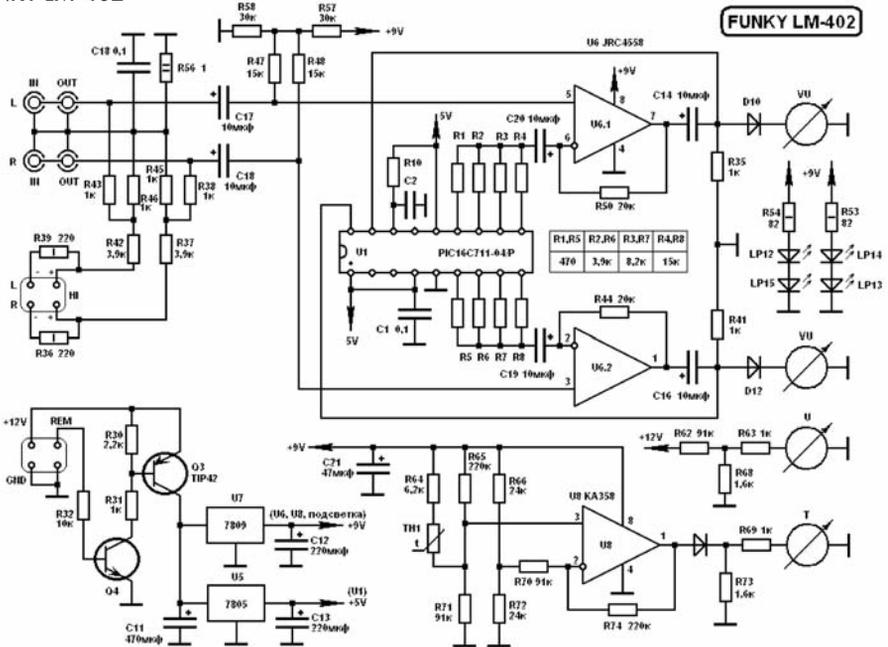


Рис. 6.50. Принципиальная
схема индикатора
FUNKY LM-402



Благодаря особенностям построения входного делителя прибор можно использовать и как устройство сопряжения: подать сигнал на вход высокого уровня, а снять с линейных гнезд RCA (2 пары). Это позволит без затрат состыковать головное устройство без линейных выходов и усилитель, не оснащенный входами высокого уровня. При этом нужно учитывать, что в случае мостового усилителя «голова» в выходном сигнале будет присутствовать небольшая постоянная составляющая (примерно 0,8–1 В), и вход усилителя должен быть оснащен разделительным конденсатором. В подавляющем большинстве усилителей он есть, но лучше проверить.

Если сигнал на входы высокого уровня подается не с мостового усилителя, а с обычного – достаточно использовать только входные клеммы «+». Клеммы «-» можно подключить к общему проводу или оставить свободными. Если сигнал на входы высокого уровня подается с дополнительного усилителя, нужно использовать выходные клеммы, помеченные знаком BRIDGED.



Следующая полезная функция – измерение температуры. Использована классическая мостовая схема с терморезистором. Шкала прибора нелинейная. Тест показал, что точность измерения температуры в наиболее значимом диапазоне 40–70 градусов вполне достаточная. При температуре ниже 30 градусов показания прибора несколько занижены. Особых претензий к этому нет, все соответствует классу точности стрелочного прибора: цена деления – 10 градусов.

Термодатчик размещен на задней стенке блока. При установке совместно с головным устройством это позволит непосредственно измерять температуру его корпуса. Для измерения температуры удаленного усилителя термодатчик можно вынести за пределы блока. При длине провода более 30 см желательно использовать экранированную витую пару, экран которой соединить с корпусом индикатора. Для предотвращения наводок вход термодатчика на плате индикатора полезно зашунтировать керамическим или майларовым конденсатором емкостью 0,047–0,1 мкФ.

Для поддержания заданной точности измерений все узлы прибора питаются стабилизированным напряжением. В блоке питания использовано два стабилизатора: пятивольтовый для питания микроконтроллера и девятивольтовый – для всех остальных цепей, включая светодиоды подсветки. Для управления включением используется сигнал Remote. Ток потребления во включенном состоянии – не более 0,1 А, львиная доля его идет на подсветку.

Наконец – вольтметр. В отличие от остальных индикаторов, он включен постоянно и независимо от положения ключа зажигания и состояния аудиосистемы. Никаких вредных воздействий это не оказывает, поскольку потребляемый им ток ничтожен – намного меньше миллиампера. Зато в любой момент можно оценить состояние аккумулятора, что весьма полезно. При проверке показания вольтметра оказались несколько занижены, но точность вполне укладывается в пятипроцентный допуск.

Однако габариты или дизайн промышленных изделий могут не устраивать конструктора. В этом случае можно изготовить блок индикации своими руками и на свой вкус, поскольку для этого не требуется ни высокая квалификация, ни сложное оборудование. Помимо узлов рассмотренного прибора можно использовать приводимые далее схемы. [102] Они предельно упрощены, что идет на пользу надежности. Обратная сторона этой простоты – необходимость подбора некоторых элемен-



тов при настройке. Это вполне оправдано при штучном изготовлении, но к серийному производству эти схемы малопригодны.

Все предлагаемые индикаторы мощности подключаются к выходу усилителя. Можно использовать как отдельные индикаторы для каждого канала, так и общий индикатор суммарной мощности двух и более каналов. Такая индикация нагляднее и удобнее, чем раздельная по каналам. А если каналов пять или шесть, то сколько же глаз нужно? Во всяком случае, больше двух-трех индикаторов устанавливать не стоит. В шестиканальном усилителе McIntosh их всего два: один показывает суммарную мощность каналов с первого по четвертый, второй – пятого и шестого, более мощных.

6.4.1. Стрелочные индикаторы выходной мощности

Стрелочные индикаторы наиболее просты. Для их изготовления требуется минимум деталей и квалификации, особенно если использовать «фирменный» измерительный прибор с красивой шкалой. Впрочем, в наше время изготовление самодельной шкалы трудности не представляет – ее можно напечатать на принтере и наклеить поверх старой. В качестве основы проще всего использовать стрелочные индикаторы от магнитофонов старых типов или малогабаритные щитовые измерительные приборы магнитоэлектрической системы с током полного отклонения 0,25–1 мА. Приборы электромагнитной системы (например, автомобильные вольтметры) и миллиамперметры с током полного отклонения более 5 мА для наших целей непригодны.

На рисунке 6.51 приведена схема простейшего индикатора. При необходимости число каналов можно увеличить, добавив резисторы и диоды, показанные пунктиром. При использовании индикатора совместно с усилителем магнитолы последовательно с резисторами R1, R2 нужно включить электролитические конденсаторы емкостью 47–100 мкФ («плюсом» к магнитоле). Можно также использовать «mixed mono» для пары каналов, при этом конденсаторы не потребуются, а цепочку R2VD2 можно исключить.

Сопротивление резистора, включенного последовательно с прибором, зависит от тока полного отклонения. Примерное значение сопротивления можно найти по приведенной на рисунке формуле. Точное значение следует скорректировать при настройке по необходимому отклонению стрелки при заданной мощности. Остальные детали



можно использовать любых типов. Сглаживающий электролитический конденсатор должен быть рассчитан на рабочее напряжение не ниже 25 В при измерении мощности до 15 Вт и не ниже 50 В при большей мощности. Запас по напряжению нужен потому, что конденсатор используется в цепи переменного тока. Подбирая его емкость в пределах 1–100 мкФ, можно регулировать время обратного хода стрелки на любой вкус.

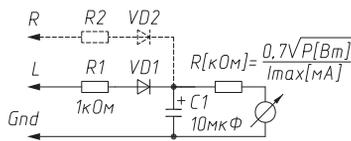


Рис. 6.51. Простейший индикатор выходной мощности

Недостаток схемы – малый динамический диапазон, не превышающий 10 дБ. Для магнитолы этого хватит, но при работе с усилителем большой мощности стрелка будет заметно отклоняться лишь на пиках сигнала. В этом случае лучше применить схему, показанную на рисунке 6.52.

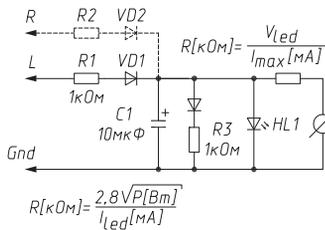


Рис. 6.52. Индикатор с расширенным динамическим диапазоном

Ее основное отличие от рассмотренного – расширитель динамического диапазона на диоде VD1 и светодиоде HL1. Как только выпрямленное напряжение на конденсаторе C1 достигает значения 0,7 В, диод открывается и дальнейший рост напряжения замедляется резистором R3. Подбирая его сопротивление в пределах 100 Ом–10 кОм, можно регулировать «ход» шкалы в средней части. Следующее ограничение наступает в момент зажигания светодиода, и дальнейший рост напряжения практически прекращается. Светодиод при этом можно использовать как индикатор перегрузки. Сопротивление резисторов на входе определяется максимальной мощностью усилителя и током примененного светодиода. Расчетная формула приведена на рисунке, точное значение сопротивления следует скорректировать по моменту зажигания светодиода при максимальной мощности.



Сопротивление резистора, включенного последовательно с прибором, можно найти по второй формуле. Точное значение следует скорректировать при настройке по необходимому отклонению стрелки в момент зажигания светодиода. Напряжение на красном светодиоде составляет примерно 1,6 В, на более ярком желто-оранжевом – примерно 2,5 В. Остальные детали можно использовать любых типов. Сглаживающий электролитический конденсатор может быть рассчитан на рабочее напряжение 6,3–10 В, поскольку напряжение на нем ограничено светодиодом. Подключается индикатор так же, как и предыдущий.

Динамический диапазон такого индикатора можно легко довести до 20 дБ, для дальнейшего расширения динамического диапазона уже требуется специальная схема управления с логарифмическим усилителем, а это решение уже выходит за рамки простейших.

6.4.2. Светодиодные индикаторы выходной мощности

Конструкция светодиодных индикаторов несколько сложнее и требует для повторения некоторых навыков. Конечно, при использовании специальной микросхемы управления конструкцию можно упростить до предела, но тут притаилась маленькая неприятность. Большинство таких микросхем развивают на выходе ток не более 10 мА, и яркость светодиодов в условиях автомобиля может оказаться недостаточной. Кроме того, наиболее распространены микросхемы с выходами на 5 светодиодов, а это только «программа-минимум». Поэтому для наших условий схема на дискретных элементах предпочтительней, ее можно расширять без особых усилий.

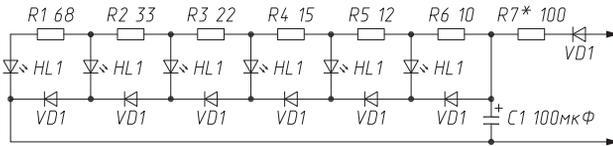
Предлагаемым индикаторам уровня свойственен один недостаток. Поскольку в конструкции использованы пороговые элементы с гладкой амплитудной характеристикой, момент зажигания светодиодов четко не определен. Однако заметно это только на синусоидальном сигнале, при воспроизведении музыки работа индикаторов достаточно четкая.

Простейший индикатор на светодиодах (рисунок 6.53) не содержит активных элементов и в питании поэтому не нуждается. Подключение – к магнитоле по схеме «mixed mono» или с разделительным конденсатором, к усилителю – «mixed mono» или напрямую.



Схема предельно проста и не требует налаживания. Единственная процедура – подбор резистора R7. На схеме указан номинал для работы со встроенными усилителями головного устройства. При работе с усилителем мощностью 40–50 Вт сопротивление этого резистора должно быть 270–470 Ом. Диоды VD1–VD7 любые кремние-

**Рис. 6.53. Простейший индикатор
выходной мощности на светодиодах**

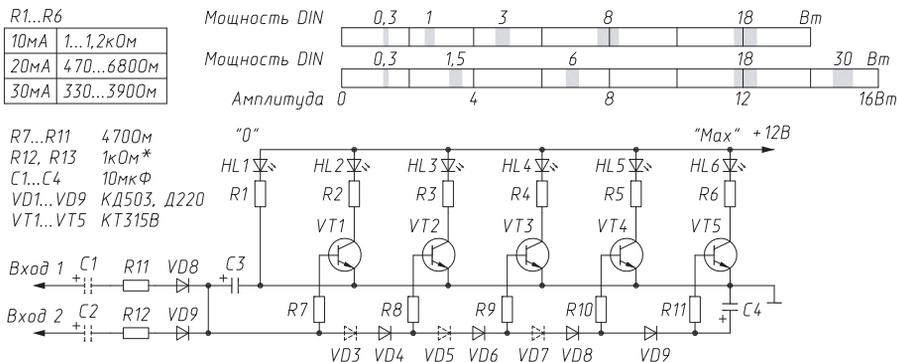


вые с прямым падением напряжения 0,7–1 В и допустимым током не менее 300 мА.

Светодиоды любые, но одного типа и цвета свечения с рабочим током 10–15 мА. Поскольку светодиоды питаются от выходного каскада усилителя, их количество и рабочий ток увеличить в этой схеме нельзя. Поэтому придется выбрать «яркие» светодиоды или найти для индикатора такое место, где он будет защищен от прямого освещения. Еще один недостаток простейшей конструкции – малый динамический диапазон.

Для улучшения работы необходим индикатор со схемой управления. Помимо большей свободы в выборе светодиодов можно простыми средствами сформировать шкалу любого типа: от линейной до логарифмической, или «растянуть» только один участок. Схема индикатора с логарифмической шкалой приведена на рисунке 6.54. Пунктиром показаны необязательные элементы.

**Рис. 6.54. Индикатор вы-
ходной мощности с логарифмической шкалой**





Светодиоды в этой схеме управляются ключами на транзисторах VT1–VT5. Пороги срабатывания ключей задают диоды VD3–VD9. Подбирая их количество, можно изменять динамический диапазон и тип шкалы. Общую чувствительность индикатора определяют резисторы на входе устройства. На рисунке приведены примерные пороги срабатывания для двух вариантов схемы – с одиночными и «сдвоенными» диодами. В основном варианте диапазон измерения до 30 Вт на нагрузке 4 Ом, с одиночными диодами – до 18 Вт.

Светодиод HL1 светится постоянно, он обозначает начало шкалы, HL6 – индикатор перегрузки. Конденсатор C4 задерживает на 0,3–0,5 сек погасание этого светодиода, что позволяет заметить даже кратковременную перегрузку. Накопительный конденсатор C3 определяет время обратного хода. Оно, кстати, зависит от количества светящихся светодиодов – «столбик» от максимума начинает спадать быстро, а потом «притормаживает». Конденсаторы C1, C2 на входе устройства нужны только при работе со встроенным усилителем магнитолы. При работе с «нормальным» усилителем их исключают. Количество сигналов на входе можно увеличить, добавив цепочки из резистора и диода. Количество ячеек индикации можно увеличить простым «клонированием», главное ограничение – «пороговых» диодов должно быть не больше 10 и между базами соседних транзисторов должен быть хотя бы один диод.

Светодиоды можно использовать любые в зависимости от требований – от одиночных светодиодов до светодиодных сборок и панелей повышенной яркости. Поэтому на схеме приведены номиналы токоограничивающих резисторов для разных рабочих токов. К остальным деталям никаких специальных требований не предъявляется, транзисторы можно использовать практически любые кремниевые, структуры p-p-n с мощностью рассеяния на коллекторе не менее 150 мВт и двукратным запасом по току коллектора. Коэффициент передачи тока базы этих транзисторов должен быть не менее 50, лучше – выше 100.

Эту схему можно несколько упростить, при этом в качестве побочного эффекта появляются новые свойства, весьма полезные для наших целей (рисунок 6.55).

В отличие от предыдущей схемы, где транзисторные ячейки были включены параллельно, здесь использовано последовательное включение «столбиком». Пороговыми элементами являются сами транзисторы, и открываются они по очереди – «снизу вверх». Но в данном случае порог

срабатывания зависит от напряжения питания. На рисунке показаны примерные пороги срабатывания индикатора при напряжении питания 11 В (левая граница прямоугольников) и 15 В (правая граница). Видно, что с ростом напряжения питания больше всего смещается граница индикации максимальной мощности. В случае использования усилителя, мощность которого зависит от напряжения аккумулятора (а таких немало), подобная «автокалибровка» может принести пользу.

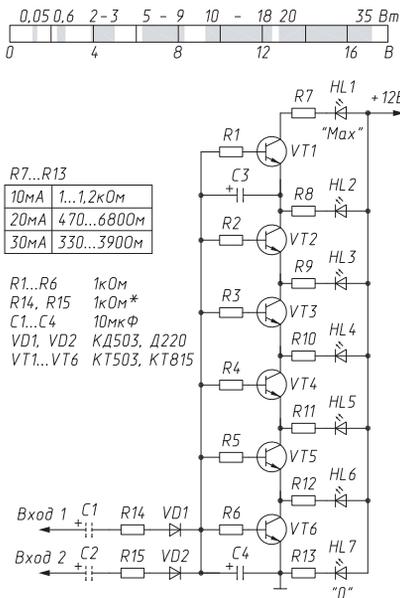


Рис. 6.55. Индикатор выходной мощности с плавающей шкалой

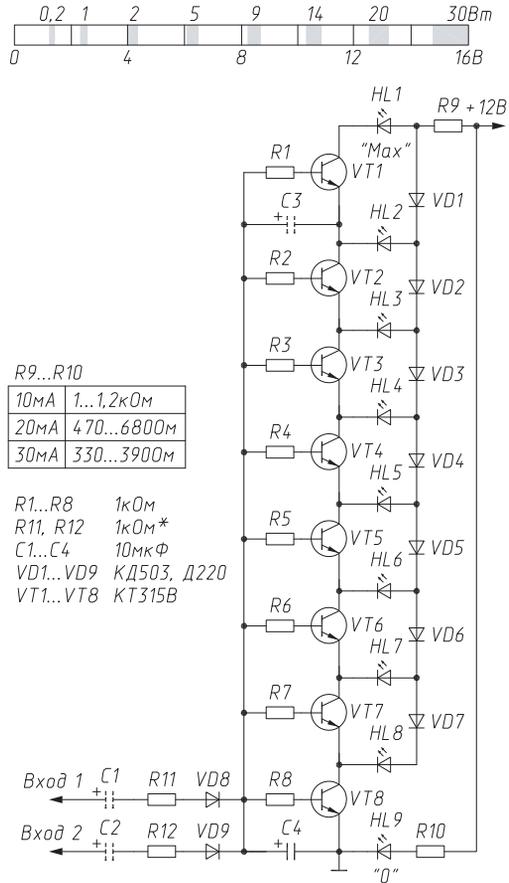
Однако плата за это – возросшая нагрузка на транзисторы. Через нижний по схеме транзистор протекает ток всех светодиодов, поэтому при использовании индикаторов с током более 10 мА транзисторы тоже потребуются соответствующей мощности. Клонирование ячеек еще более увеличивает неравномерность шкалы. Поэтому 6–7 ячеек – это предел. Назначение остальных элементов и требования к ним те же, что и в предыдущей схеме.

Слегка модернизировав эту схему, получим другие свойства (рисунок 6.56). В отличие от ранее рассмотренных схем здесь нет светящейся «линейки». В каждый момент времени светится только один светодиод, имитируя движение стрелки по шкале. Поэтому потребление энергии минимально, и в этой схеме можно применить маломощные транзисторы. В остальном схема не отличается от рассмотренных ранее.

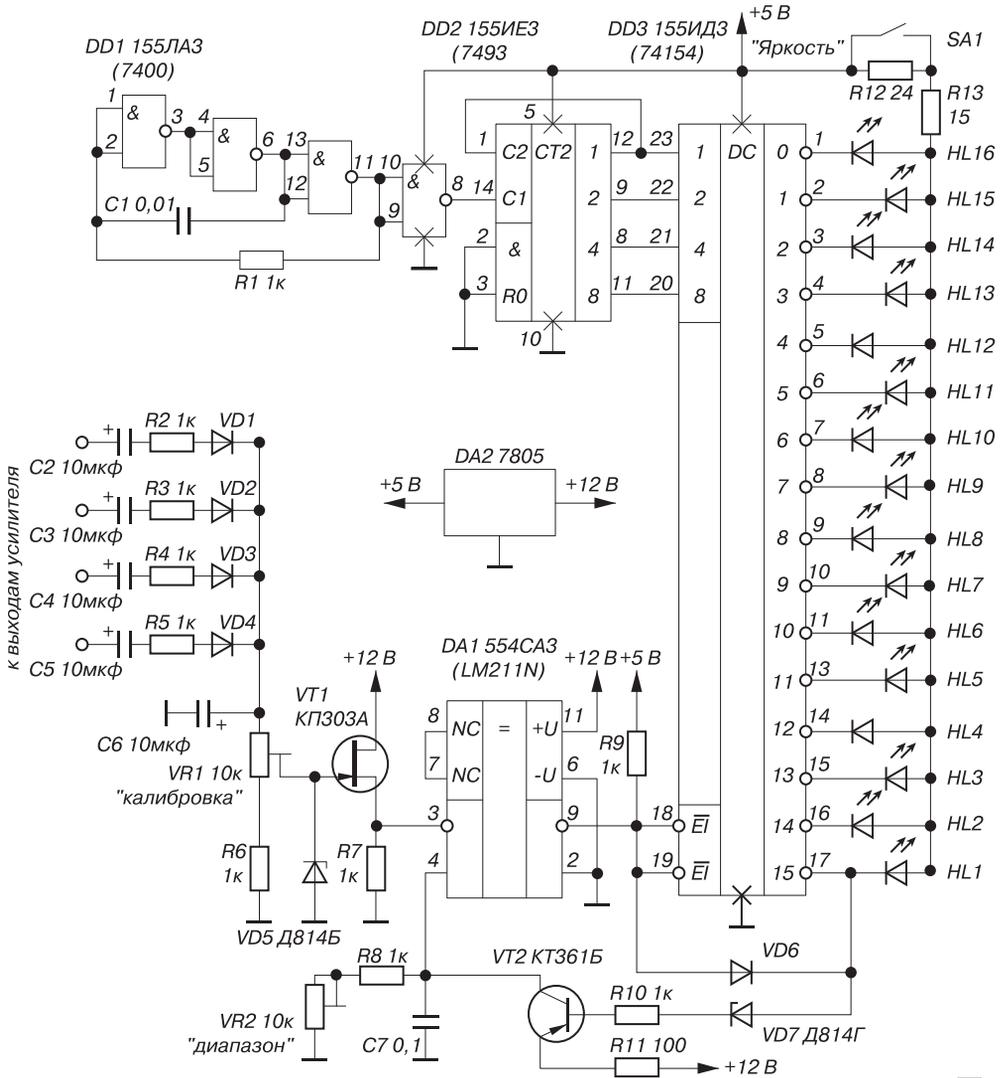


Пороговые диоды VD1–VD6 предназначены для надежного отключения неработающих светодиодов, поэтому если будет наблюдаться слабая засветка лишних сегментов, необходимо использовать диоды с большим прямым напряжением или включить последовательно по два диода. Клонирование ячеек уменьшает яркость свечения верхних по схеме сегментов, для устранения этого недостатка вместо резистора R9 нужно вводить генератор тока. А мы договорились – не усложнять. Поэтому в данном случае 8 ячеек – это максимум.

Рис. 6.56. Индикатор выходной мощности с имитацией стрелки



Индикатор суммарной мощности с 16-сегментным табло можно выполнить на цифровых микросхемах (рисунок 6.57). Используется оригинальный принцип цифроаналогового преобразования с логарифмической шкалой, динамический диапазон в зависимости от регулировки может достигать 30 дБ.

Рис. 6.57. Индикатор выходной мощности
на цифровых микросхемах

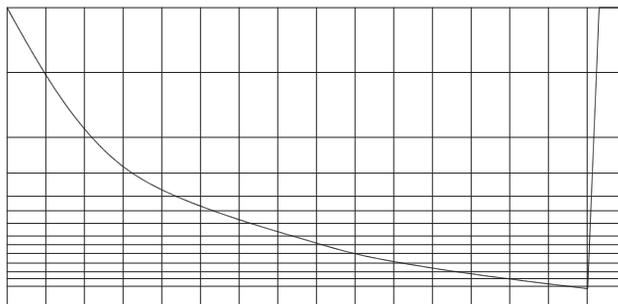
Компаратор DA1 сравнивает напряжение на выходе истокового повторителя с экспоненциально спадающим опорным напряжением на конденсаторе C7 (рисунок 6.58). Одновременно цифровая часть (тактовый генератор DD1, счетчик DD2 и дешифратор DD3) осуществляет «перебор» выходов дешифратора. Результат сравнения через равные промежутки времени поступает на вход разрешения индикации дешифратора.



Сигнал низкого уровня с последнего выхода дешифратора открывает транзистор VT2, который формирует очередной импульс опорного напряжения. Диод VD6 фиксирует сигнал разрешения индикации (и открытое состояние VT2) на время одного периода тактовой последовательности, поскольку с началом зарядки C7 компаратор возвращается в исходное состояние. Цифровая часть устройства питается от стабилизатора напряжения 5 В (DA2).

При налаживании необходимо подобрать резистором VR2 такую скорость разрядки конденсатора, чтобы в отсутствие сигнала горел только один светодиод HL1. Это самый ответственный этап, от него зависит динамический диапазон индикации и четкость срабатывания на малых уровнях. После этого устанавливают чувствительность индикатора резистором VR2.

Рис. 6.58. Форма напряжения на конденсаторе C7



6.4.3. Питание

Индикаторы, потребляющие ток менее 150–200 мА, вполне можно питать от выхода Remote головного устройства. Напряжение там на 0,5–1 В меньше, чем в бортовой сети, но это на работе устройств никак не скажется. Если же потребляемый индикатором ток больше, придется использовать маломощное реле типа РЭС-55, РЭС-10 (рисунок 6.59 А) или собрать электронное реле (рисунок 6.59 Б).

И, коль речь зашла о питании, неплохо бы снабдить аудиосистему собственным вольтметром. Даже если он есть в штатном оборудовании автомобиля, при выключенном зажигании он не работает. К тому же напряжение он измеряет в какой-то неведомой точке. В отечественных автомобилях на его показаниях сказывается решительно все: от включенных «поворотников» до мигающей лампочки ручного тормоза. Для наших же целей лучше измерять напряжение на клеммах аккумулятора или на буферном конденсаторе – где будет удобнее.

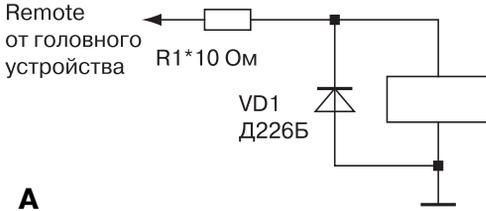
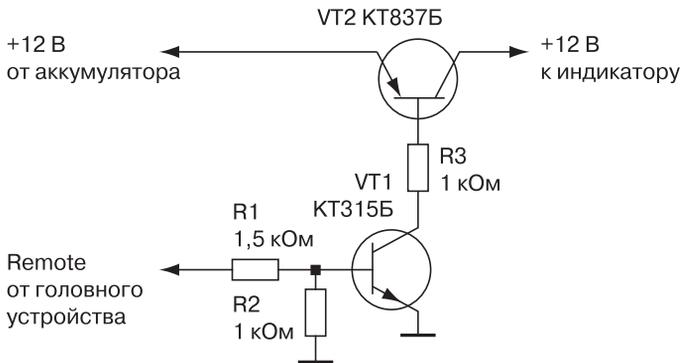
**А**

Рис. 6.59. Подключение
электромагнитного реле (а)
и электронного реле (б)

**Б**

Простой стрелочный вольтметр не подходит – у него линейная шкала, а все, что ниже 10–11 В нам неинтересно. Порядочное головное устройство блокируется или «зависает», если напряжение в бортовой сети опускается до этих пределов. Поэтому шкалу надо растянуть, чтобы она напоминала шкалу обычного автомобильного вольтметра на щитке приборов. Кстати, «обычный автомобильный» для этой цели использовать можно, но не стоит. Он потребляет от бортовой сети достаточно приличный ток (несколько десятков миллиампер), почему и включен через замок зажигания. А нам нужен вольтметр, работающий постоянно или хотя бы независимо от зажигания. Схема такого прибора приведена на рисунке 6.60.

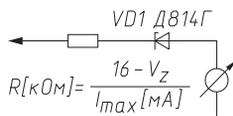


Рис. 6.60. Вольтметр
с растянутой шкалой

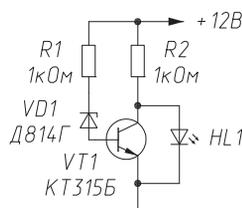


Стабилитрон с напряжением стабилизации около 10,5–11 В обеспечивает «растяжку» шкалы, резистором вольтметр калибруется по необходимому отклонению стрелки при максимальном напряжении в бортовой сети (14,5–16 В). Шкалу придется строить по точкам, используя регулируемый источник питания и эталонный вольтметр. Если точные значения не требуются, можно ограничиться только определением границ «зеленого» и «красного» сектора. Потребляемый ток определяется током отклонения индикатора (меньше миллиампера), поэтому вольтметр вполне можно сделать неотключаемым – электромеханические часы или сигнализация потребляют намного больше.

Для светодиодного индикатора мощности больше подойдет следующая схема (рисунок 6.61).

Принцип действия тот же, что и у предыдущей схемы. Пока напряжение в бортовой сети в норме, транзистор открыт и шунтирует светодиод. Как только напря-

Рис. 6.61. Светодиодный индикатор напряжения



жение снизится до напряжения стабилизации стабилитрона, транзистор закроется и светодиод вспыхнет, сигнализируя о проблеме. Для лучшей заметности можно использовать «мигающий» светодиод со встроенной схемой управления. Порог срабатывания определяется стабилитроном, поэтому для точной настройки его придется подбирать. В отличие от предыдущей эта схема потребляет больший ток, определяемый резистором R2. Хотя он и невелик (порядка 10 мА), лучше питать ее от выхода Remote, учитывая потери напряжения на нем.

Если пойти этим путем дальше, можно поставить еще и термометр, измеряющий температуру усилителя (или водителя). Так что пока остановимся на этом.



6.4.4. Конструкция

При отладке конструкций можно использовать подстроечные резисторы, но в готовую схему их переносить не стоит – надежность может пострадать, особенно при использовании малогабаритных потенциометров открытого типа. Лучше измерить установленное сопротивление цифровым прибором и впаять постоянный резистор нужного номинала.

Стрелочные индикаторы содержат минимум деталей, поэтому их можно собрать навесным монтажом, приклеив детали прямо к корпусу измерительного прибора. Шкалу можно отпечатать на цветном принтере (в доисторические времена приходилось чертить ее тушью и раскрашивать).

Готовые светодиодные шкалы и табло удобны в работе, но позволяют получить только «линейку» или «столбик». Если же нужна шкала ломаной или криволинейной формы, ее придется выполнить из одиночных светодиодов. Их нужно вклеить в переднюю (несущую) панель индикатора, закрыть сверху шкалой с отверстиями (трафаретом), а сверху – тонким оргстеклом или прозрачной пленкой. Неплохие стекла и даже целые корпуса получаются из коробок от компакт-дисков или кассет. Для фиксации светодиодов можно использовать плотную посадку или клей.

Для светодиодных индикаторов лучше использовать монтаж на плате – деталей немало. Делать полноценную печатную плату ради единственной конструкции имеет смысл только при наличии опыта, поэтому можно воспользоваться для монтажа деталей макетной платой промышленного изготовления. На ней размещают детали, а соединения делают тонким монтажным проводом. В крайнем случае, можно разместить детали на листе тонкого текстолита или картона, пропустить выводы на обратную сторону и соединить их по схеме, используя как сами выводы, так и монтажный провод. Монтажную плату можно объединить в одно целое с панелью светодиодов. Готовую схему после настройки следует промыть от остатков флюса спиртобензиновой смесью (берегите пластиковые детали индикатора!) и покрыть лаком для защиты от окисления. При желании можно даже залить все в «кубик» из эпоксидной смолы...

Ну и напоследок. Индикатор – не измеритель мощности, а только указатель. Поэтому к его показаниям нужно относиться с осторожностью, хотя шкалу можно откалибровать.



МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СИСТЕМЫ

Технический прогресс не стоит на месте, и то, что еще недавно казалось фантастикой, активно входит в нашу жизнь. Как только появляется новое устройство для бытового применения, можно быть уверенным – в скором времени появится его автомобильная версия. Так было с приемниками и магнитофонами, кондиционерами и холодильниками, CD-проигрывателями и компьютерами. Теперь наступила эра мобильного мультимедиа.

За последние два-три года сложилось несколько вариантов автомобильной мультимедийной системы, но единой для всех оптимальной структуры нет и быть не может. В зависимости от постановки задачи возможно множество вариантов компоновки. Во главе угла может оказаться и просмотр видеопрограмм с различных носителей, и эфирное телевидение, и навигация, и обзор «мертвых» зон, и видеоигры для детей – каждый волен расширить список по своему усмотрению. [38, 40, 63, 114]

Однако, несмотря на обилие вариантов компоновки, все системы используют в своем составе:

- источники сигналов
- коммутатор сигналов
- видеомонитор (телевизор)
- аудиосистему

Перечисленные устройства могут быть как полностью независимыми, так и сочетаться в различных вариантах в составе комбинированных аппаратов. Не исключаются и традиционные источники сигнала.

Полноценный телевизор в автомобиле нужен не всегда. Качество традиционного телевизионного сигнала зависит от такого количества факторов, что стабильный прием воз-



можен только на небольшом удалении от телецентра. Вне зоны уверенного приема придется использовать другие источники видеосигнала: видеомэгнитофон или DVD-проигрыватель. А в этом случае логичнее выбрать вместо телевизора видеомонитор, к тому же его проще интегрировать в интерьер салона. В конце концов, если возникнет необходимость смотреть эфирные программы, к монитору можно подключить ТВ-тюнер.

Рис. 7.1. Структура мультимедийной системы



В сложных системах для соединения компонентов в единую сеть используется специальный коммутатор сигналов (AV-мастер), позволяющий подать сигнал с любого источника на любой монитор, что позволяет организовать несколько независимых зон обслуживания. Помимо основной аудиосистемы, для передачи звукового сопровождения могут использоваться беспроводные ИК-наушники или индивидуальные радиоканалы ближнего действия. Многоканальные системы объемного звучания рассмотрены в конце этой главы.

Мониторы для установки в приборную панель по своей сути уже являются AV-мастерами, поскольку, кроме собственно монитора, содержат в себе только АМ/FM-тюнер (иногда и ТВ-тюнер). Остальные источники сигналов подключаются к такому головному устройству извне. Входов желательно иметь три-четыре, причем у каждого из них могут быть свои особенности. Так, вход, предназначенный



для камеры заднего вида, включается при подаче сигнала от соответствующего датчика (того же, который включает фонари заднего хода). Выходы ТВ-тюнера и DVD-чейнджера активизируются при затынутом «ручнике». Привилегированное положение только у навигационной системы – с нее видеoinформация может отображаться на экране всегда, независимо от того, движется машина или стоит. В некоторых системах выходные сигналы коммутируются независимо от монитора самого головного устройства. Например, фильм, воспроизводимый с проигрывателя DVD, отображается на втором мониторе для задних пассажиров. Звуковое сопровождение они прослушивают через встроенные в «их» монитор динамики или через наушники. Те, кто находится в передней части машины, в это же время, скажем, слушают радио.

Поскольку видеoinформация в мультимедийных системах передается в формате телевизионного сигнала, логичнее всего будет сначала рассмотреть особенности существующих сегодня стандартов. Это позволит в дальнейшем не отвлекаться на вопросы взаимной совместимости оборудования.

7.1. ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТОВ ТЕЛЕВЕЩАНИЯ

Различия телевизионных систем были заложены еще на этапе черно-белого телевидения. [80] Во всех системах уже с самого начала использовалась черезстрочная развертка, но частота смены полей (полукадров) была привязана к частоте питающей сети. Поэтому в Старом свете она равна 50 Гц, что составляет 25 кадров в секунду, в Новом свете – 60 Гц (30 кадров в секунду). Но это только цветочки. Число строк разложения в разных телевизионных стандартах также различалось. Разброс был приличный – от 343 строк в раннем американском стандарте до 819 строк во французском. К началу 70-х годов осталось только два варианта развертки – на 525 и 625 строк. Дольше всех держались консервативные британцы: стандарт разложения на 405 строк свалило только цветное телевидение, к созданию которого основательно приложили руку их извечные соперники – германцы и французы. Кстати, наряду с новым стандартом телевидения Франция и Англия более 20 лет (до 1987 г.) поддерживали старый.

Для передачи видеосигнала используется амплитудная модуляция. Применительно к видеосигналу существуют



два способа амплитудной модуляции – позитивная и негативная. При позитивной модуляции уровень сигнала прямо пропорционален яркости элемента изображения. При негативной – наоборот (чем «чернее», тем больше уровень сигнала). Сигналы синхронизации развертки в любом случае передаются уровнем «чернее черного» вместе с видеосигналом. Поэтому вид модуляции определяет и чувствительность к помехам. Синхросигналы в системах с негативной модуляцией передаются с максимальным уровнем, поэтому помехоустойчивость таких систем выше. Да и сами помехи при негативной модуляции имеют вид черных точек, менее заметных, чем светлые пятна при позитивной модуляции. Сейчас позитивная модуляция сохранилась только во французском стандарте вещания (SECAM-L).

Помимо различий в способе получения и передачи «картинки» не меньше проблем связано с передачей звука. Сигнал звука передается на собственной несущей частоте отдельно от сигнала изображения, и тут открылся такой простор для творчества! Французы и тут отличились (вместе с англичанами, но те быстро одумались). Во французском стандарте для передачи звука с 1948 года используется амплитудная модуляция. Весь остальной мир (кроме Монако и Люксембурга) давно перешел на частотную модуляцию. Она не только повышает качество вещания, но и позволяет упростить конструкцию радиоприемного тракта телевизора.

Остается еще разнос несущих частот звука и изображения. Он определяется полосой частот, занимаемой видеосигналом, плюс некоторый защитный промежуток. Уменьшение этого промежутка позволяет при одной и той же сетке частот уменьшить влияние соседних каналов, но требует усложнения конструкции телевизора (чтобы избежать взаимных помех каналов звука и изображения). Критерии целесообразности выдвигались разные, в результате разнос несущих частот звука и изображения даже в родственных стандартах составлял 4,5, 5,5, 6,0, 6,5 МГц. (**Приложение 5**).

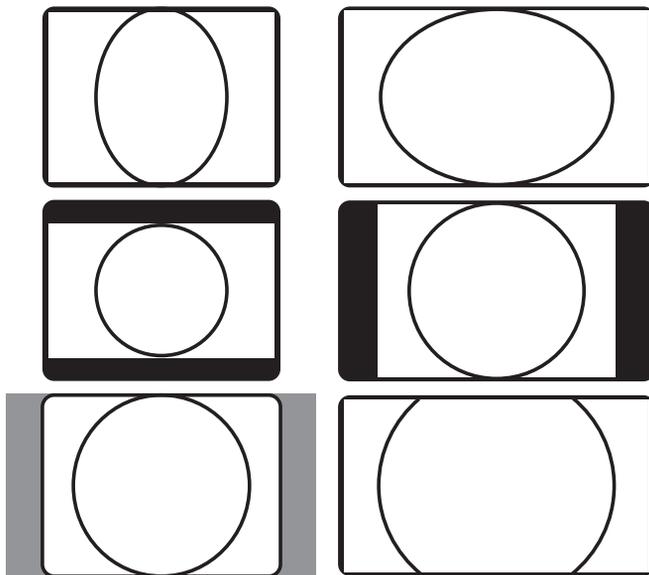
Наконец, последнее звено – цвет. Для передачи цвета используется всего три основных системы – NTSC, PAL, SECAM и две разновидности имеющихся (PAL-M и MESSCAM). С точки зрения качества «картинки» все они примерно равноценны (если хотите, одинаково ущербны). Достоинством системы PAL является большая стабильность информации об оттенке цвета, но это преимущество становится явным только при воспроизведении видеозаписей либо высоком уровне эфирных помех. NTSC характе-



ризует невысокая помехозащищенность (больше подходит для кабельного вещания), но он обеспечивает наилучшее качество передачи цвета.

Все существующие сейчас системы цветного ТВ используют психофизиологическое свойство человеческого зрения: пониженную чувствительность к цветовой четкости по сравнению с четкостью черно-белого изображения. Это позволяет передавать с максимальным разрешением сигнал яркости (черно-белый сигнал), а сигналы цветности – с потерей деталей. Для передачи достаточно «красного» и «синего» сигналов, «зеленый» можно получить при декодировании. Для этого в телевизоре из сигнала яркости в

Рис. 7.2. Преобразование форматов изображения



определенной пропорции вычитаются «синий» и «красный» цветоразностные сигналы. Передача сигналов цветности идет совместно с сигналом яркости на поднесущей частоте, значение которой составляет 4,43 МГц или 3,58 МГц (в «оригинальном» SECAM-L используются две отдельные поднесущие 4,25 и 4,4 МГц). Технические различия определяются способом модуляции поднесущей частоты и сигналами опознавания цвета. (Приложение 5).

Кстати, о четкости изображения. Наше зрение устроено таким образом, что разрешающая способность по горизонтали значительно выше, чем по вертикали. Проверить это легко – просто положите телевизор на бок, и «полосатость»



будет бросаться в глаза. Поэтому во всех телевизионных стандартах используется чересстрочная горизонтальная развертка, а вертикальную четкость можно снизить в два-три раза без потери качества изображения. Полоса частот видеосигнала при этом сужается, да и стоимость видеотракта заметно снижается. Таково экономическое следствие биологического факта.

Компромиссы на этом не заканчиваются. Во всех аналоговых телевизионных системах сигнал цветности передается совместно с сигналом яркости в виде т.н. композитного сигнала. Чтобы не увеличивать полосу частот, занимаемую каналом, сигнал цветности приходится размещать «внутри» сигнала яркости, в результате чего страдают оба. Передача композитного видеосигнала по длинному кабелю еще более снижает качество изображения. Выделение сигнала цветности в отдельный канал (S-video) снижает влияние кабеля, но имеет смысл только для DVD, где качество сигнала изначально высокое. Однако соответствующий вход есть далеко не у всех видеомониторов.

Да простят меня специалисты за столь примитивное изложение принципов цветного ТВ, но для определения совместимости на уровне видеосигнала этой информации более чем достаточно. Дальнейшие подробности можно опустить. Все остальные различия появляются в тот момент, когда мы хотим воспользоваться антенным входом – тут и начинаются описанные выше прелести модуляции и разноса частот.

Разработки телевидения высокой четкости (так и не вышедшие «в люди») и появление DVD позволили отойти от традиционного соотношения сторон кадра 4:3, принятого в телевидении. Для широкого экрана приятно соотношение сторон 16:9, опробованное в свое время в кинематографе. Это не каприз – широкий экран больше соответствует физиологии зрения, чем традиционный формат 4:3. В связи с этим возникла проблема совместимости при просмотре изображений одного формата на экране другого формата. Преобразование выполняет специальный видеопроцессор. При этом возможны различные варианты – модификация («растяжка») кадра на весь экран с искажением геометрических пропорций, отображение на экране кадра целиком (с темными полями сверху или по краям), отображение центральной части кадра, а также комбинация этих режимов.

Теперь рассмотрим конструкцию видеомониторов и телевизоров.



7.2 ВИДЕОМОНИТОРЫ

Основой большинства современных устройств отображения видеoinформации, будь то ноутбук или телевизор, является жидкокристаллический экран (LCD). [10, 40] Качество изображения жидкокристаллических мониторов за последние годы заметно выросло и практически не уступает другим способам отображения видеoinформации. Благодаря малым габаритам, экономичности и невысокой стоимости ЖК-дисплеи безраздельно господствуют в портативных и автомобильных телевизорах. Наибольшее распространение получили цветные TFT-дисплеи. Технология их изготовления продолжает стремительно развиваться, что приводит как к улучшению всех параметров, так и к снижению цен.

Принцип действия таких дисплеев достаточно прост. Жидкий кристалл – это жидкость, которая под влиянием приложенного к ней напряжения приобретает способность пропускать лучи света с определенным направлением поляризации. Если расположить друг над другом две ячейки с ЖК, плоскости поляризации которых перпендикулярны, такая структура не пропустит падающий свет, поверхность останется непрозрачной. Когда плоскости поляризации совпадают, падающий свет пройдет насквозь. Жидкокристаллическая ячейка ток почти не потребляет, поэтому дисплеи очень экономичны.

Чтобы получить светящийся дисплей, надо заставить его работать в проходящем свете, расположив с обратной стороны источник. Открытые ячейки пропустят свет находящегося за ними источника. Для тыловой подсветки обычно используют люминесцентные лампы, они дают подходящий спектр и потребляют мало энергии. Чтобы получить цветной дисплей, нужно взять утроенное количество ячеек и в каждой из них расположить светофильтр одного из базовых цветов: красного (R), зеленого (G) или синего (B). Каждой ячейкой управляет отдельный транзистор, выполненный по так называемой тонкопленочной технологии (Thin Film Transistor, сокращенно TFT).

Несмотря на простой принцип работы, создание ЖК-дисплеев требует решения целого ряда конструктивных и технологических вопросов. Поэтому ЖК-дисплеи представляют собой сплав самых последних достижений микроэлектроники.

Правда, у LCD есть принципиальные недостатки, полностью избавиться от которых невозможно. Самый глав-



ный – направленность. Связан он с тем, что каждая ячейка представляет собой «трубу», через которую проходит свет от лампы. Если сделать ячейки совсем тонкими, они не смогут полностью перекрывать световой поток, в результате чего вместо черного цвета получится серый. Кроме того, жидкие кристаллы чувствительны к перепадам температуры: при низких работают чересчур инерционно, при высокой же ухудшается способность становиться «непрозрачными». Поэтому, хоть рабочий температурный диапазон современных дисплеев составляет от -10 до $+60$ градусов, лучшее изображение будет при комнатной температуре. Подвижность жидких кристаллов в сильный мороз снижается, изображение «замерзает» в буквальном смысле. Поэтому климат-контроль в машине с видеосистемой очень желателен.

Главная характеристика любого монитора – качество изображения, «картинка». Именно эта оценка вызывает больше всего разногласий, поскольку всегда субъективна, притом зависит от ряда внешних факторов – освещенности, например. Тем не менее, некоторые параметры можно свести к цифрам.

Прогресс заметен, если сравнить современные образцы матриц с их предшественниками. Так, яркость экрана за три последних года возросла почти вдвое и составляет для большинства моделей не менее 300 кд/м². Увеличились и углы обзора: по горизонтали с 90 до 140 градусов и более, по вертикали – с 45 до 90 градусов. Помимо матриц формата 4:3, появились и матрицы формата 16:9, рассчитанные на современные источники видеосигнала. Например, разрешение современных матриц с диагональю 7 дюймов в стандартном формате составляет 960×234 точек, в широкоэкранный – 1440×234 точек.

Ассортимент видеомониторов и телевизоров, пригодных или изначально предназначенных для эксплуатации в автомобиле, расширяется с каждым днем. Широко распространены матрицы с диагональю экрана 13 – 17 см (5 – 7 дюймов) – они дешевы, доступны, и без проблем интегрируются в панель приборов, подголовник или просто устанавливаются на торпеду. В последнее время заметно подешевели матрицы с диагональю 20 – 23 см (8 – $8,5$ дюймов), более удобные в машине. С одной стороны, экран достаточно велик, чтобы программу могли смотреть несколько человек даже с расстояния в два метра. С другой стороны, небольшой размер телевизора не препятствует его размещению в салоне автомобиля. Размер экрана потолочных мониторов достигает 17 дюймов.



Потребляемая телевизорами и мониторами мощность составляет 5–30 Вт в зависимости от размера, значительная ее часть расходуется на подсветку экрана. При питании от сети через выносной адаптер это несущественно, а при работе от аккумулятора потребляемый ток может достигать 3 А, что потребует грамотного выполнения силовой проводки. Тем не менее при правильном монтаже, не нарушающем вентиляции корпуса, нагрев мало заметен даже при максимальной яркости.

7.2.1. Типы автомобильных мониторов

За исключением радиоприемного тракта, принципиальных отличий между монитором и телевизором нет. Поэтому все изложенное далее в равной степени справедливо и для тех, и для других. Классифицировать автомобильные мониторы удобнее всего по конструктивному исполнению:

- мониторы, монтируемые на кронштейне (в том числе и портативные телевизоры в этой роли);
- мониторы, монтируемые в подголовник;
- потолочные мониторы;
- мониторы в составе комбинированных ГУ;
- мониторы в салонном зеркале заднего вида (противосолнечном козырьке)

Деление это весьма условно, поскольку в последнее время появились комбинированные устройства (DVD-проигрыватель с монитором), предназначенные как для монтажа на потолке салона, так и индивидуальные – в подголовник. Мониторы обзора в противосолнечных козырьках и зеркалах заднего вида утилитарны, поэтому ни размером, ни качеством изображения обычно не отличаются. Но в данную классификацию они попали, поскольку помимо камер обзора «мертвых» зон никто не мешает подключать к ним и другие источники сигнала.

Для установки телевизоров и мониторов на торпеду или другие поверхности в комплект обычно входит шарнирный кронштейн, позволяющий ориентировать экран под удобным для просмотра углом, а также обеспечивающий быстрое крепление и снятие аппарата. Учитывая наши реалии – мера не лишняя. Для установки в подголовник мониторы комплектуются специальной монтажной рамкой.

Потолочные мониторы (flip down – откидные) смонтированы на несъемном откидном кронштейне. В нерабочем состоянии кронштейн складывается таким образом, что монитор «прячется» в защитный кожух. В откинутом со-



Рис. 7.3. Потолочный монитор

стоянии монитор можно разворачивать в удобное для просмотра положение. Известны также моторизованные варианты. В кожане нередко монтируют дополнительные плафоны освещения салона.

Во многих мониторах предусмотрена блокировка изображения. Провод датчика нужно подключить к концевому выключателю ручного тормоза, тогда работа монитора во время движения будет запрещена. Представить себе водителя, косящего глазом в экран во время движения, совсем несложно. Хотя замкнуть этот провод на «массу» еще проще...

Мониторы, предназначенные для установки на потолок салона, свободны от каких-либо блокировок, связанных с движением автомобиля, поскольку предназначены только для пассажиров, как правило, задних.

7.2.2. Радиоканал

Поставляемые в Россию портативные и автомобильные телевизоры рассчитаны на прием сигналов изображения в метровом (1–12 каналы) и дециметровом (21–60 каналы) диапазоне волн. При этом, как минимум, поддерживаются основные варианты канала звукового сопровождения (В/Г, D/К) в стандартах PAL и SECAM. Поддержка экзотических систем цветности и звукового сопровожде-



ния нужна только в том случае, если планируется поездка во Францию или Бразилию, но есть и мультисистемные модели, причем их стоимость отличается от «одноклассников» незначительно.

На вторичном рынке еще встречаются устаревшие телевизоры с аналоговой настройкой, но их приобретение вряд ли оправдано даже в качестве монитора: мал экран, узкий угол обзора. Тюнер всех современных телевизоров выполнен на основе синтезатора частоты, что обеспечивает устойчивый прием. Наличие синтезатора частоты автоматически предоставляет ряд сервисных функций и автоматическую настройку. Число ячеек памяти в разных моделях колеблется от 100 до 256 – вовек не заполнить.

Данные о чувствительности тюнера если и доступны, то представляют небольшую ценность. Поскольку качество телевизионной «картинки» в автомобиле заметно уступает другим источникам сигнала, встроенный радиоканал телевизора нужен главным образом для автономной эксплуатации. Прием программ на стационарную антенну обычно очень уверенный, однако на встроенную телескопическую антенну любой телевизор «ловит» только в пределах прямой видимости от ретранслятора. Это минус, присущий такому классу антенн, а не телевизору или тюнеру. Если же интерес представляет именно эфирное вещание, нужно использовать специализированную автомобильную ТВ-антенну, а лучше – отдельный тюнер и систему разнесенных антенн.

7.2.3. Канал звука

Встроенная акустическая система есть во всех телевизорах и большинстве мониторов, однако качество звучания малогабаритных динамиков обычно оставляет желать лучшего. Несмотря на это, в некоторых моделях тракт звукового сопровождения стереофонический. Выходная мощность встроенного усилителя чаще всего не превышает 0,5 Вт. Во всех моделях предусмотрено подключение наушников (в некоторые мониторы встроен передатчик для беспроводных головных телефонов). Помимо регулировки громкости, в телевизорах верхних линеек часто предусмотрен эквалайзер с фиксированными предустановками тембра. Однако в большинстве мультимедийных систем встроенный канал звука используется лишь при просмотре эфирных программ.

Аудиовходы обычно коммутируются вместе с видеовходами, но в некоторых мониторах в наличии есть только один некоммутируемый вход, поэтому будет слышно зву-



ковое сопровождение только одного источника. [67] Какого – зависит от назначения монитора. Если монитор эксплуатируется независимо от аудиосистемы, естественно будет подать туда звуковое сопровождение от основного источника видеосигнала. Если же монитор дополнительный в многозонной системе, этот вход – для альтернативного источника. Можно открывать на заднем сиденье клуб по интересам...

7.2.4. Видеотракт

Если телевизор будет эксплуатироваться не только в машине, но и автономно, он должен быть мультисистемным. Во многих видеомониторах отсутствует SECAM, а в недорогих моделях есть только PAL. Аналогичная картина и с мониторами штатной комплектации в некоторых автомобилях: «японцы» поддерживают, естественно, только NTSC, а «европейцы» – только PAL. Несмотря на то, что большинство DVD-проигрывателей выполняет транскодирование из NTSC в PAL и обратно, качество сигнала при этом ухудшается. Поэтому поддержка PAL и NTSC желательна в любом случае, особенно для экранов с диагональю выше 7 дюймов, где любые огрехи становятся заметными.

Конечно, отсутствие режима SECAM может показаться кому-то недостатком. Но, положив руку на сердце, кому в наши дни нужна «полная» мультисистемность? Если очень нужно, выпуск новостей можно посмотреть и в черно-белом варианте, а все остальное – лучше в записи, с этого мы начали. А записи – это PAL/NTSC. Видеокассеты в SECAMe – плод самостоятельной записи эфирных программ и качеством не блещут изначально. Мало того, что формат VHS (задуманный под NTSC) и SECAM скрещивали поистине мичуринскими методами, так еще и сигнал искажен и зашумлен транскодером. После этого о выпуске DVD в SECAMe и думать-то неудобно...

Канал изображения современных телевизоров и мониторов имеет развитую систему регулировок. В пользовательском режиме доступны регулировки яркости, контрастности, четкости и цветовой насыщенности изображения. Для сигналов, передаваемых в системе NTSC, возможна регулировка баланса цвета. Кроме того, встречаются предустановки параметров изображения: «Динамичный», «Стандартный», «Мягкий», «Видеоигра».

В некоторых телевизорах и мониторах предусмотрена автоматическая регулировка яркости изображения в соот-



ветствии с интенсивностью освещения (Auto-Dimmer). Ее преподносят как новейшее достижение, но, как известно, все новое – это хорошо забытое старое. Первый телевизор с автоматической регулировкой параметров изображения в зависимости от освещенности был продемонстрирован на Брюссельской выставке еще в 1958 году (!), однако в домашних аппаратах эта функция широкого распространения не получила. А с появлением пультов дистанционного управления о ней и вовсе забыли: зачем городить огород, если все можно настроить, не вставая с любимого кресла. Да и условия просмотра в доме изменяются мало. Другое дело – автомобиль, резкая смена освещенности там неизбежна, поэтому данная функция – несомненное достоинство.

В условиях яркого внешнего освещения контрастность изображения снижается. Детали при этом теряются, но разборчивость «общего плана» до определенных пределов сохраняется. Об этом нужно помнить при выборе места для монтажа и стараться избегать попадания прямого света на экран. С этой позиции установка мониторов у потолка или в панели ниже уровня стекол может оказаться выгодной. Впрочем, если стекла глубоко тонированы, то этот совет не понадобится.

Следует отметить широкие возможности коммутации видеосигнала – не менее одного AV-входа в телевизорах, и не менее двух – в видеомониторах. Иногда предусмотрен и вход RGB для подключения персонального компьютера или навигационной системы. Помимо обычных входов для композитного видеосигнала во многих моделях предусматривается дополнительный вход S-video (с выделенным сигналом цветности) или вход SCART (раздельные сигналы яркости, цветности и синхронизации). Качество компонентного видеосигнала существенно выше, чем композитного, поэтому такой телевизор или монитор станет достойным компонентом мультимедийной системы. Естественно, источник сигнала должен иметь соответствующий выход.

Коммутатор мониторов иногда выполняют в виде отдельного блока, что позволяет уменьшить количество кабелей, идущих к монитору, и сделать его компактным. Кроме того, покидая машину, монитор можно снять. Согласитесь, что в наших условиях это все еще актуально...

Из чисто автомобильных функций телевизоров и мониторов следует выделить возможность зеркального поворота изображения. Этот режим нужен при использовании телевизора в качестве зеркала заднего вида, для чего к одному из видеовходов может подключаться ви-



деокамера. В некоторых конструкциях режим зеркального переворота изображения включается автоматически при выборе специального входа для камеры заднего обзора. Второй вид поворота изображения – «вверх ногами» – потребуется при установке на потолок в салоне машины. В некоторых телевизорах есть функция «Автопереворот». Если она задействована, при переворачивании телевизора изображение автоматически занимает правильное положение. Обычно предусмотрена функция засветки экрана синим фоном при отсутствии видеосигнала, режим автоотключения при отсутствии сигнала, или отключения по таймеру. В некоторых телевизорах даже имеется видеоигра. [40]

7.2.5. Особенности приема телевизионных сигналов в автомобиле

Качество изображения современных автомобильных телевизоров и видеомониторов достаточно высоко, однако недостатки отыскать всегда можно, и в первую очередь это связано с самим форматом телевизионного сигнала. Борьба за качество изображения идет с переменным успехом. Основная проблема при приеме изображения в движущемся автомобиле – непостоянство уровня сигнала. Телевизионное вещание ведется в диапазоне УКВ на метровых и дециметровых волнах. Радиоволны этого диапазона распространяются только в пределах прямой видимости, отражаются и поглощаются предметами. Поэтому на условия приема оказывает влияние буквально все – прежде всего, рельеф местности и состояние атмосферы. [37, 74, 80]

Каждый «ухудшающий» фактор проявляется по-своему. Отраженные сигналы вызывают «повторы» и «тянучки» на изображении, изменения уровня проявляются как резкое изменение яркости и контрастности изображения. При слабом сигнале происходит срыв синхронизации развертки, изображение «мелькает». Это общие особенности телевизионного приема в автомобиле, частности зависят от используемого телевизионного стандарта. Искажения «картинки», вызванные приемом отраженных или задержанных сигналов, подавить очень сложно. В какой-то степени проблему решают разнесенные антенные системы, но положение усугубляется еще и тем, что для передачи изображения во всех телевизионных стандартах используется амплитудная модуляция, подверженная помехам и критичная к уровню сигнала.



Для поддержания постоянного уровня принятого сигнала используется быстродействующая автоматическая регулировка усиления (АРУ). Однако это путь компромиссов. Увеличение быстродействия АРУ позволяет справиться с непостоянством уровня сигнала, но в то же время «усредняет» яркость изображения. Аналог такой «деятельности» – работа автоматической регулировки уровня записи (ALC) в диктофоне и музыкальном центре. Диктофон рассчитан на запись речи и регулировка там быстродействующая, поскольку уровень сигнала меняется достаточно быстро. Поэтому запись музыки, сделанная на диктофоне, по сравнению с записью, сделанной на музыкальном центре, звучит плоско и безжизненно – тихие места «вытянуты», громкие приглушены. К счастью, зрение не такое острое, как слух, поэтому работа АРУ в телевизоре обычно заметна мало. В некоторых древних моделях автомобильных телевизоров имелся переключатель «движение-покой», функции которого сейчас возложены на автоматику.

7.3 АНТЕННЫ

Чтобы закрыть тему телевизионного и радиоприема, уделим немного внимания антеннам. Для начала вспомним действующее сегодня распределение частот в диапазонах аналогового радио и телевизионного вещания:

- длинные волны (ДВ, LW) – частоты в диапазоне 148–285 кГц (лет 20 назад границы диапазона были шире – 140–450 кГц). Сетка частот не стандартизована. Используется только в Европе и России. В ближайшие 15 лет планируется полностью освободить этот диапазон от радиовещания;
- средние волны (СВ, AM). Границы диапазона несколько отличаются: 520–1620 кГц с шагом 10 кГц в США и Тихоокеанском регионе, 522–1611 кГц с шагом 9 кГц в остальных странах. Дальность распространения в дневное время до 500 км над сушей и до 1000 км над морем, в ночное время – до 4000 км;
- короткие волны (КВ, SW) Частоты в диапазоне примерно 2,5–30 МГц. Четких границ нет – в каждом регионе свои стандарты. Шаг сетки частот – 5 кГц. Радиовещание ведется в основном на отдельных узких участках диапазона, остальные отведены для служебной связи. Особые участки отведены радиолюбителям – в признание заслуг в освоении этого диапазона. В дневное время дальнейшее прохож-



дение волн наблюдается на частотах 15–30 МГц, в ночное – на частотах 3–10 МГц;

- ультракороткие (УКВ, FM, телевещание). Прием возможен только в зоне прямой видимости. Для вещания выделены следующие поддиапазоны частот:
 - 65–74 МГц с шагом 30 кГц – Россия и страны Восточной Европы;
 - 87,5–108 МГц – Западная Европа (с шагом 50 кГц), Россия (с шагом 100 кГц);
 - 88–104 МГц с шагом 200 кГц – США;
 - 76–90 МГц с шагом 50 кГц – Япония и некоторые страны Тихоокеанского региона. Этот диапазон также выводится из употребления;
 - метровый 48,5–100 МГц (1–5 каналы телевизионного вещания);
 - метровый 174–230 МГц (6–12 каналы телевизионного вещания);
 - дециметровый 470–862 МГц (21–69 каналы телевизионного вещания).

Расстояние прямой видимости рассчитывается по следующей формуле:

$$R, \text{ км} = 4,1 \times (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}),$$

где H_1, H_2 – высота передающей и приемной антенн, м.

Для цифрового наземного вещания DVB-T (телевидение) и T-DAV (радио) рекомендован диапазон 790–862 МГц. Совместимое цифровое радиовещание в формате HD Radio (по стандарту IBOC) ведется в США в диапазоне 88–104 МГц.

7.3.1. Основные определения

Длина волны – ее основная характеристика наряду с частотой. На практике удобнее всего применять формулу:

$$\lambda, \text{ м} = 300 / F, \text{ МГц}.$$

Поляризация – характеристика электромагнитной волны, показывающая направление вектора электрического поля. Различают волны с линейной (вертикальной, горизонтальной и наклонной) и эллиптической (круговой) поляризацией. В последнем случае вектор электрического поля совершает вращение по ходу распространения волны. При отражении радиоволн от предметов и рассеянии на атмосферных аномалиях вектор поляризации может измениться.



Приемная антенна – устройство, предназначенное для приема радиоволн. Ее назначение – преобразовывать энергию электромагнитного поля в электрический ток. Усиление и детектирование сигнала выполняет радиоприемник.

Диаграмма направленности – зависимость уровня сигнала, наведенного в антенне, от направления прихода волны. Различают диаграмму направленности в вертикальной и горизонтальной плоскости. Направленные антенны позволяют улучшить качество приема, но использовать их можно только в стационарных условиях (пример – телевизионная антенна). На подвижных объектах (автомобилях, катерах, самолетах) обычно применяют слабонаправленные или ненаправленные антенны.

Магнитная антенна воспринимает магнитную составляющую электромагнитного поля. Конструкция представляет собой катушку с ферритовым стержнем или рамку с обмоткой. Антенны этого типа обладают ярко выраженной направленностью (вспомните фильмы про разведчиков и машину-пеленгатор). Эффективность магнитных антенн невелика и падает с ростом частоты сигнала и уменьшением периметра рамки. В силу этих причин в автомобиле магнитные антенны не применяются. Однако антенны этого типа обладают очень важным достоинством: качество их работы практически не зависит от окружающих предметов.

Электрическая антенна воспринимает электрическую составляющую электромагнитного поля. Конструкция представляет собой одиночный проводник или систему проводников. Для максимальной эффективности направление проводников должно соответствовать поляризации волны. Простейшая электрическая антенна – штырь или провод. Антенны этого типа просты по конструкции, дешевы и удобны в эксплуатации, но уровень сигнала на выходе и характеристика направленности сильно зависят от близко расположенных предметов.

Пассивная антенна работает непосредственно с приемником и не нуждается в электрическом питании.

Активная антенна работает совместно с усилителем, входящим в ее конструкцию. Для усилителя требуется питание.

Условие согласования антенны – выходное сопротивление антенны и входное сопротивление приемника (усилителя) должны быть одинаковыми.

Любая антенна представляет собой резонансную систему с распределенной емкостью и индуктивностью и характеризуется определенной частотой настройки. Выходное сопротивление антенны на частоте настройки носит актив-



ный характер. Для широкополосных антенн выходное сопротивление изменяется в широких пределах, и условие согласования выполняется только в определенном диапазоне частот. Нарушение согласования снижает эффективность антенны, но для приемных антенн это условие в большинстве случаев не критично, поскольку снижение отдачи можно компенсировать усилением в приемнике. Для телевизионных антенн согласование необходимо, особенно при использовании длинного кабеля.

Характерный размер антенны (электрическая длина) определяется длиной принимаемой волны. Для максимальной эффективности длина антенны должна быть кратна $1/4$ длины волны. Под характерным размером следует понимать именно линейный размер антенны, а не длину проводников, из которых она изготовлена. Если длина антенны меньше $1/4$ длины волны, антенна является укороченной. Ее выходное сопротивление в этом случае носит емкостный характер. Катушки индуктивности («удлиняющие» катушки), используемые для согласования укороченных антенн с входом приемника, не увеличивают ее электрическую длину и не улучшают остальные показатели.

7.3.2. Типы автомобильных антенн

Из всего многообразия антенн в автомобиле чаще всего применяются следующие конструкции:

- симметричный полуволновой вибратор
- укороченный симметричный вибратор
- свернутый симметричный вибратор
- несимметричный вибратор (четвертьволновый штырь)
- укороченный несимметричный вибратор
- спиральная антенна

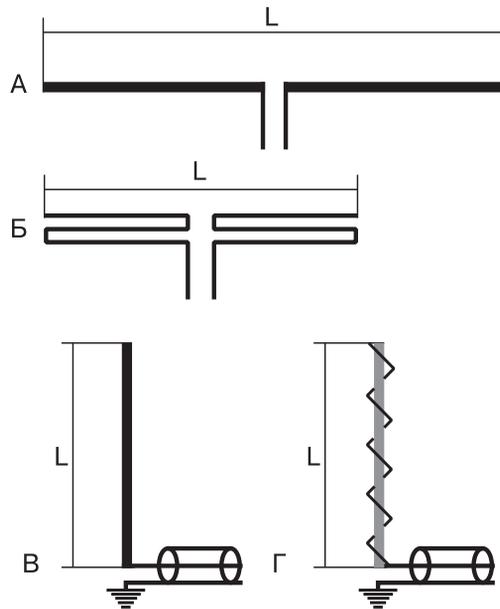
Электрическая длина симметричного вибратора для максимальной его эффективности должна составлять половину длины волны (отсюда и название – полуволновой). Это антенна с симметричным выходом, и для ее подключения к несимметричному входу приемника необходимо согласующее устройство. Поскольку длина волны даже в «верхнем» диапазоне УКВ составляет около 3 м, полноразмерный полуволновой вибратор используется исключительно в роли телевизионной антенны – в этом случае его достоинства перевешивают неудобства в эксплуатации.

Для радиоприема обычно используют укороченный симметричный вибратор с «удлиняющими» катушками



или свернутый симметричный вибратор. В последнем варианте сосредоточенная индуктивность этих катушек заменяется распределенной индуктивностью антенны. Наиболее распространенные в настоящее время внутрисалонные активные радиоантенны – «таблетки» и антенны «под центральное зеркало» относятся как раз к этим типам. В некоторых автомобилях в качестве вибраторов радиоантенны используются проводники обогревателя заднего стекла.

Рис. 7.4. Типы автомобильных антенн



Несимметричный вибратор получается из симметричного, если одну из его половин заменить заземлением или противовесом. В автомобиле роль противовеса играет корпус. Электрическая длина несимметричного вибратора для его наибольшей эффективности должна составлять приблизительно четверть волны: 75–80 см для диапазона 88–108 МГц и 100–110 см для диапазона 66–74 МГц. Поэтому четвертьволновые вибраторы использовать не очень удобно, особенно в «неубираемом» варианте. Впрочем, по эффективности им нет равных, и такая антенна всегда составляет предмет законной гордости ее владельца. Антенны такого типа (штыревые и телескопические) чаще всего используются в заводской комплектации автомобиля.

Для многих автовладельцев компактность антенны важнее ее приемных качеств, поэтому определенное распространение получил укороченный несимметричный вибратор. Вариантов конструктивного исполнения немало, но суть у всех одна – штырь длиной 30–50 см, иногда снаб-



женный катушкой для лучшего согласования с приемником. Остальные отличия носят декоративный характер. Разновидность укороченного несимметричного вибратора – спиральная антенна. Она представляет собой гибкий стержень из диэлектрического материала, на который с достаточно большим шагом намотано несколько десятков витков провода. Сверху конструкция покрыта слоем диэлектрика. В этом варианте сосредоточенная индуктивность согласующей катушки заменена распределенной индуктивностью антенны.

Поскольку уровень сигнала укороченных и внутрисалонных антенн значительно ниже «полноразмерных», для повышения эффективности используется дополнительный антенный усилитель. В этом случае антенна становится активной.

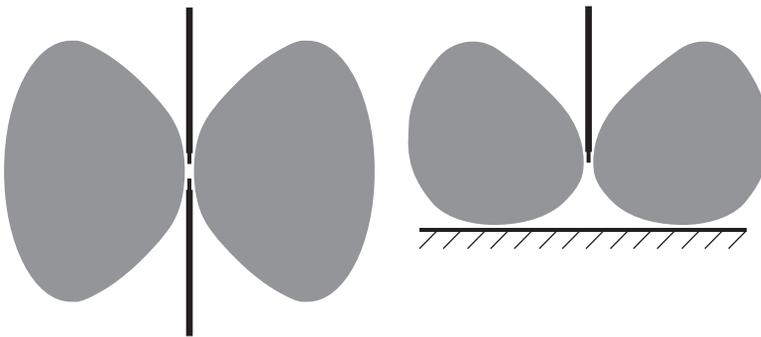


Рис. 7.5. Диаграмма направленности симметричного и несимметричного вибратора в вертикальной плоскости

7.3.3. Активные антенны

По месту установки антенны подразделяются на внутрисалонные и наружные. Низкая эффективность малогабаритных антенн при установке внутри салона дополнительно снижается из-за экранирующего действия кузова. Поэтому все внутрисалонные антенны и некоторые наружные выполняются активными, со встроенным или выносным усилителем. Однако на этом пути есть серьезные проблемы. Автомобильные антенны не отличаются избирательными свойствами и одинаково хорошо воспринимают как полезный сигнал, так и различные помехи. При последующем усилении вместе с сигналом будут усилены и они, более того – любой усилитель вносит в усиливаемый сигнал свои собственные шумы и продукты искажений. При сильном сигнале доля шумов невелика и не влияет на качество приема, но слабый сигнал может «утонуть» в шумах усилителя. Уровень шумов определяет нижнюю границу динамического диапазона усилителя.



Прием сильных сигналов сопровождается искажениями, вызванными перегрузкой входных каскадов усилителя или приемника (забитие) и действием во входных цепях нескольких сигналов одновременно (перекрестные искажения). Эти факторы определяют верхнюю границу динамического диапазона. Роль приемника в этом случае может оказаться решающей (подробно об этом далее).

Способов расширения динамического диапазона принимаемых сигналов не так много:

- применение полосового усилителя взамен широкополосного
- повышение линейности усилителя
- ручное переключение чувствительности («город/трасса»)
- применение системы автоматической регулировки усиления (АРУ)

Сужение полосы пропускания антенного усилителя уменьшает влияние внеполосных шумов и помех. Конструктивно это могут быть независимые усилители для каждого диапазона частот с последующей коммутацией или смешиванием сигналов, либо один усилитель с полосовыми фильтрами для каждого диапазона. Каждый вариант имеет свои достоинства и недостатки. Применение отдельных полосовых усилителей позволяет использовать оптимальные для данного диапазона схемотехнические решения, но увеличивает число деталей. Общий усилитель с отдельными полосовыми фильтрами, как и все универсальные решения, не оптимален, но дешевле в производстве.

Наиболее действенный способ повышения линейности антенного усилителя – использование во входных каскадах полевых транзисторов. Первые конструкции такого типа были созданы радиолюбителями, но сейчас они применяются во многих промышленных изделиях. Кстати, большинство интересных технических решений в области радио нашли энтузиасты, а лавры пожинает промышленность. Нет на свете справедливости...

Системы ручной или автоматической регулировки усиления уменьшают вероятность перегрузки усилителя и первых каскадов приемника сильным входным сигналом. Автоматическая регулировка усиления удобна при поездках в черте города, но используется не так широко, как хотелось бы. Конструкторы антенн полагаются на уже имеющуюся в приемнике АРУ, хотя ее эффективность в условиях сильных помех может оказаться недостаточной. В этом случае прямой смысл оценивать характеристики вы-



бранной активной антенны именно «в связке» с конкретным приемником, но такая возможность предоставляется редко. Если приемник не обладает высокой перегрузочной способностью (что характерно для большинства современных магнитол, приемник которых выполнен на одной микросхеме), лучшим выбором может оказаться активная антенна с ручным переключением чувствительности. Это позволит ограничить усиление сигналов большого уровня и избежать перегрузки первых каскадов приемника.

7.3.4. Разнесенные антенные системы

На особенностях телевизионного приема в автомобиле стоит остановиться подробнее. Основная проблема при приеме изображения в движущемся автомобиле – непостоянство уровня сигнала, отраженные сигналы и помехи. Интерференция прямых и отраженных волн приводит к снижению уровня сигнала в локальной точке, при совсем слабом сигнале происходит срыв синхронизации развертки, изображение «мелькает». В результате возникает парадоксальная ситуация, когда на МКАД телеприем устойчивее, чем возле телецентра Останкино.

Для поддержания постоянного уровня принятого сигнала используется быстродействующая автоматическая регулировка усиления (АРУ), но бороться с интерференцией ей не по силам. Поэтому искажения «картинки», вызванные приемом отраженных или задержанных сигналов, подавить крайне сложно. Чтобы исключить прием отраженных сигналов в стационарных условиях, применяют узконаправленные антенны, а что делать в движущемся автомобиле, где антенна по определению должна быть ненаправленной?

Все модели переносных телевизоров, обычно используемые в автомобилях, снабжены встроенной штыревой антенной. Однако она хороша лишь для пикников. Попытки добиться не то чтобы качественного телевизионного приема, а хотя бы устойчивой «картинки» обречены на провал даже в неподвижной машине. В движении – и подавно. Причина проста – экранирующее действие металлического кузова автомобиля плюс многократные переотражения сигнала, пробившегося внутрь через стекла (нередко тонированные). Можно, конечно, ничтоже сумняшеся, использовать штатную автомобильную штыревую радиоантенну (не смейтесь, попытки и результаты сам видел), но качество приема возрастет незначительно, и только в черте города – пока сигнал достаточно сильный. Причина кроется



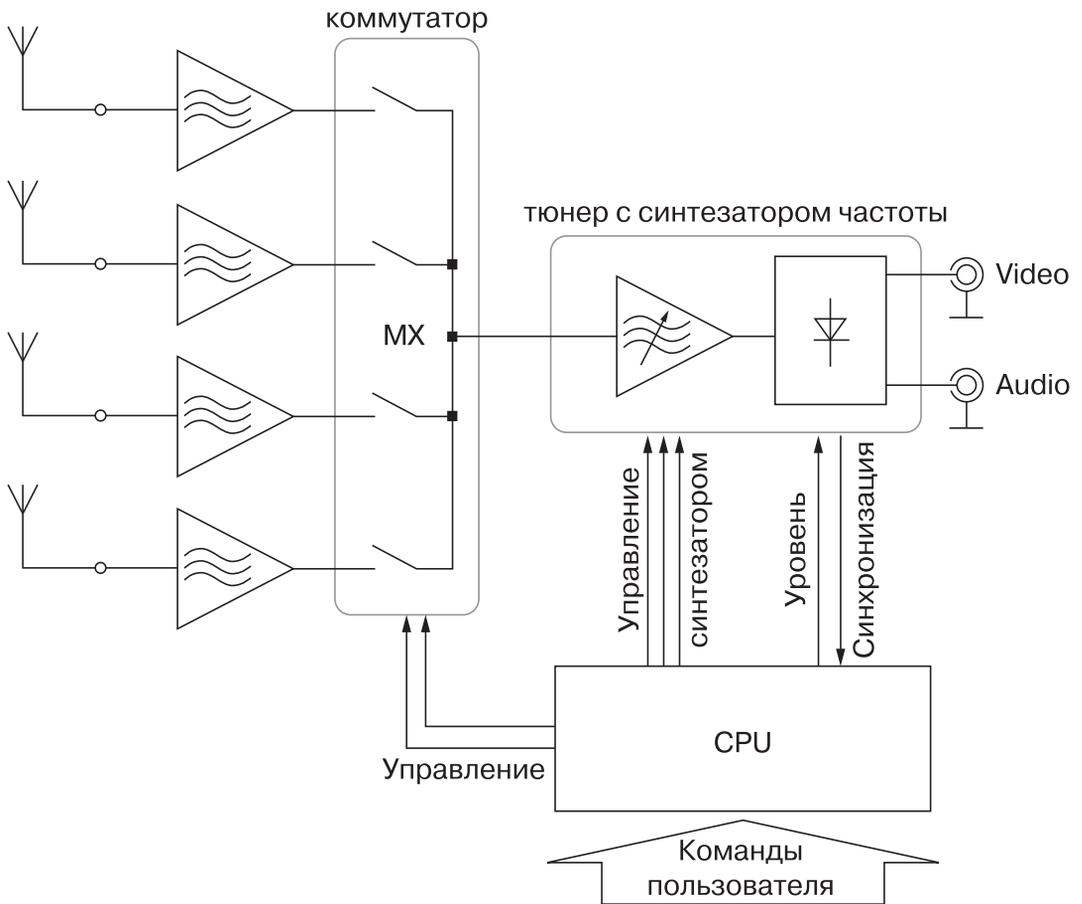
в низкой эффективности традиционного штыря в несвойственной ему роли. В большинстве стран мира (кроме Англии) в телевидении принята горизонтальная поляризация волны, а штырь, как правило, расположен почти вертикально. Да и размеры его редко соответствуют длине волны. Поэтому специализированная внешняя антенна телевизору совершенно необходима.

При отсутствии отраженных сигналов (стоянка, движение по трассе) неплохие результаты обеспечивают традиционные симметричные вибраторы, однако наилучшее качество приема в городских условиях (отраженные сигналы, помехи) может обеспечить только разнесенная антенная система. Причем просто суммировать сигнал с разнесенных антенн бессмысленно – на метровых диапазонах расстояние между ними сопоставимо с длиной волны, а на дециметровых на этом промежутке и вовсе укладывается несколько волн. В результате получим ту же интерференцию сигналов, но уже с заранее известным результатом...

Поэтому система разнесенных антенн вынуждена обладать определенным интеллектом. В ее составе должно быть как минимум две (лучше четыре) антенны, коммутатор и логический блок, выбирающий из всех сигналов самый сильный. Кроме того, в составе «умной» антенны необходим тюнер, выделяющий сигнал интересующего нас канала. Ведь оценивать нужно именно его, а не все сигналы, принятые антенной (сигналы других каналов в этом случае только помеха). Наконец, коней на переправе не меняют, поэтому переключение антенн не должно происходить в середине кадра. Для этой процедуры больше подходит межкадровый интервал, а для определения этого момента телевизионный сигнал необходимо выделить и усилить. Само собой, для управления этим хозяйством примитивной логикой не обойтись, необходим микроконтроллер. Упрощенная блок-схема разнесенной антенной системы изображена на рисунке 7.6. [37]

Практический пример такой конструкции – интеллектуальный тюнер Prology TVT200S, разработанный компанией Saturn High-Tech, Inc. Помимо указанных на блок-схеме узлов, в состав тюнера входит также AV-коммутатор для оперативного выбора источников сигнала и ряд сервисных схем. Сердцем прибора является усовершенствованный модуль тюнера **TAPC-G702P**, разработанный **LG Electronics**. Он обеспечивает прием телевизионных передач цветного изображения в системах ПАЛ В/Г или СЕКАМ D/К на любом из 12 каналов (1...12) диапазо-

Рис. 7.6. Интеллектуальный TV-тюнер



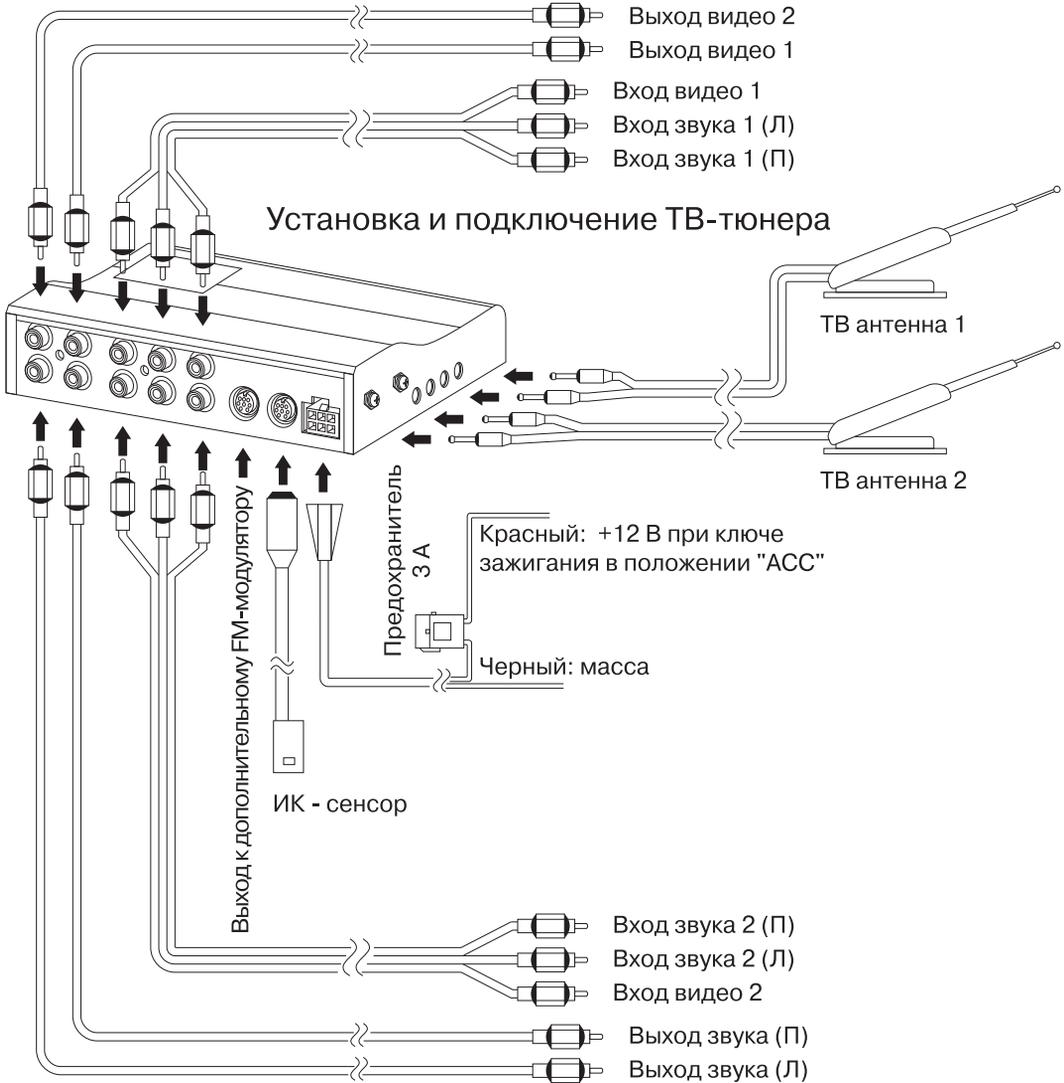
на метровых волн (МВ) и 40 каналов (21...60) дециметровых волн (ДМВ). К тюнеру подключаются две симметричные антенны, но для каждого «уса» предусмотрен свой коммутируемый широкополосный усилитель. Интеллектуальное управление антеннами и тюнером осуществляет микропроцессор. Предусмотрено два независимых банка памяти настроек. Это весьма удобно для тех, кто постоянно перемещается между двумя регионами с разным распределением программ по телевизионным каналам.



320

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СИСТЕМЫ

Рис. 7.7. Схема подключения ТВ-тюнера



АНТЕННЫ



7.3.5. Выбор антенны

Сравнивать между собой антенны различных типов «напрямую» непросто – прежде всего нужно знать, каковы условия приема в данной местности (уровень сигнала, отражения, помехи), и на каком диапазоне предполагается преимущественная работа.

Уровень сигнала УКВ-передатчиков невелик, а прием сигнала возможен только в зоне прямой видимости: с учетом высоты передающих антенн это расстояние редко превышает 50–60 км от передатчика. Зона уверенного приема сигналов телевещания заметно уже – 15–20 км. Прием в городе обычно сопровождается значительным изменением уровня и поляризации сигнала из-за отражений и экранирующего действия зданий («мертвые зоны»). Правда, действие помех в звуковом тракте ослаблено благодаря особенностям модуляции – частотный детектор не реагирует на изменение амплитуды сигнала. Зато страдает изображение.

Коротковолновые диапазоны обеспечивают большую дальность связи (вплоть до кругосветной), но прохождение радиоволн на этом диапазоне прогнозируется с трудом, поскольку зависит от состояния ионосферы, а оно определяется солнечной активностью и временем суток («Есть забава на Руси – слушать ночью Би-Би-Си...»). Качество сигнала при дальнем прохождении неудовлетворительное даже при использовании хороших стационарных антенн. Поэтому эти диапазоны в Европе используют в основном для местного вещания. Магнитолы и приемники с коротковолновыми диапазонами в России распространения не получили, и по имеющимся данным их поставки полностью прекращены.

Передатчики длинно – и средневолнового диапазона обладают большой мощностью, а зона уверенного приема составляет сотни и даже тысячи километров. Местный прием всегда стабилен, дальнейшее прохождение средних волн наблюдается вскоре после захода Солнца. Поэтому эти диапазоны становятся единственно доступными для радиовещания на большие расстояния. Однако качество звучания в силу технических особенностей амплитудной модуляции заметно хуже, чем на диапазоне УКВ. Сказывается также влияние помех. В США ведется дальнейшее стереофоническое радиовещание на средних волнах с использованием однополосной модуляции, но нам это не грозит. К тому моменту, когда появятся отечественные разработки, аналоговое радиовещание уступит место цифровому...



Какую же антенну выбрать? Из изложенного выше ясно, что лучшим решением было бы использовать отдельную антенну для каждого диапазона, но это слишком хорошо для всеобщего применения. Раздельные штатные антенны встречаются на некоторых автомобилях (главным образом, японского производства), но и штатная магнитола имеет при этом два антенных входа... Универсальную же всеволновую антенну можно оптимизировать только для какого-то одного диапазона. Выбор при разработке обычно делается в пользу диапазона УКВ – качество вещания на остальных диапазонах настолько хуже, что их обычно игнорируют или используют от безысходности, на большом удалении от УКВ-передатчика. Неспроста в последнее время появляется все больше «городских» магнитол, в которых диапазоны АМ отсутствуют «как класс».

Для поездок только в черте города или на небольшом удалении от него можно использовать любой тип антенны – при достаточно сильном сигнале их характеристики в диапазоне УКВ примерно одинаковы. Это вопрос личных пристрастий. Для дальних поездок «полноразмерные» пассивные антенны предпочтительнее – в этом случае качество приема слабых сигналов выше за счет исключения шумов усилителя, а уровень помех за городом минимален. Качество приема сигналов в диапазонах длинных и средних волн на пассивную антенну в этом случае также будет выше.

Среди телевизионных антенн заслуженной популярностью пользуются антенны для внешнего монтажа на боковое стекло. Их главное достоинство – возможность быстрого снятия. Основание антенны снабжено обрезиненной П-образной скобой, которая надевается на приоткрытое боковое стекло таким образом, чтобы изогнутые «рога» простирались над крышей машины. В концы «рогов» ввинчиваются телескопические штыри-удлинители. Полуметровое рогатое чудовище не только обеспечивает уверенный прием телесигналов, но и придает автомобилю определенный антураж.

При выборе антенны следует обращать внимание также на качество кабеля. Многие недорогие активные антенны вместо экранированного кабеля в целях экономии снабжены обычным ленточным, по которому подается и сигнал, и питающее напряжение. Это неудачное решение: неэкранированный участок провода сам становится антенной, принятые антенной и наведенные в проводе токи могут частично компенсировать друг друга. Предсказать поведение приемника вообще невоз-



можно – случается, что такая «антенна» лучше работает с отключенным питанием!

Длина собственного кабеля антенны обычно невелика и достаточна только для антенн, устанавливаемых на лобовое стекло. Для всех остальных вариантов установки приходится использовать удлиняющие кабели и переходники. При их выборе основное внимание следует уделить надежности контакта в разъемах и качеству кабеля, чтобы исключить радиоприем «мимо антенны».

Рис. 7.8. Автомобильный Hi-Fi видеомagnитофон Prology VCR 300-T



7.4. ИСТОЧНИКИ ВИДЕОСИГНАЛА

Список источников видеосигнала не закрыт и по сей день. Помимо традиционных видеомagnитофонов, DVD-ресиверов и мультимедийных центров в него можно включить видеоигры, персональные компьютеры, системы навигации, фото- и видеокамеры. Сюда же можно отнести и камеры обзора «мертвых зон», популярные среди водителей джипов, автобусов и фургонов. Установленная по левому борту камера переднего обзора облегчает жизнь водителей «праворульных» машин. [38]

Кстати, видеомagnитофон вполне можно использовать в роли своеобразного «черного ящика» для записи дорожной обстановки. Это может помочь в спорных ситуациях. Для этой цели подойдут стандартные автомобильные камеры обзора, многие из которых снабжены встроенной инфракрасной подсветкой. Для одновременной обработки сигналов нескольких камер понадобится квадратор, используемый в системах видеонаблюдения.

7.4.1. Видеомagnитофоны

Историческую и социальную роль формата VHS отрицать нельзя, несмотря на все его недостатки. Благодаря видеомagnитофону мы впервые получили возможность смотреть то, что хочется, и когда хочется, без оглядки на про-



грамму телепередач. И, хотя разговоры о войне форматов DVD и VHS не прекращаются, сами форматы тем временем благополучно существуют. Несмотря на наступление DVD, видеокассета еще долго останется самым массовым носителем видеозаписи. Способствуют этому и видеотеки, накопленные за прошедшие десятилетия почти в каждой семье, и система видеопроката.

Автомобильные видеомагнитофоны известны более пятнадцати лет, но распространение получили относительно недавно – с появлением доступных и недорогих видеомониторов. Существуют как видеоплееры, так и полноценные автомобильные видеомагнитофоны. Их конструкция и характеристики практически не отличаются от домашних. Единственное отличие – напряжение питания 12 В. В некоторых моделях предусмотрены встроенные AV-коммутаторы.

Характерный представитель этого семейства – мультимедийный видеомагнитофон Prology VCR 300-T. Помимо встроенного тюнера в нем предусмотрен канал стереофонического звукового сопровождения (Hi-Fi Stereo).

7.4.2. Мультимедийные центры

Универсальные DVD-ресиверы размером 1 DIN, равно как и головные устройства со встроенным выдвигаемым монитором, пользуются заслуженной популярностью у «продвинутых» автомобилистов. Однако разместить два аппарата в одной консоли можно далеко не во всех автомобилях. Подавляющее большинство машин в европейской части России оснащено только одним посадочным местом размера 1 DIN. Удачный выход из этой ситуации – многофункциональное головное устройство, совмещающее в одном корпусе все возможности. Типичный представитель этой группы – мультимедийный центр Prology DVM-3000. [59]

В состав мультимедийного центра входят семидюймовый моторизованный ЖК-монитор (видимая область 154x86 мм), проигрыватель компакт-дисков (одно- и двухслойные DVD-видео, CD, MP3), пятиканальный усилитель и высокочувствительный AM/FM-приемник. Само собой, разместить все это хозяйство в одном корпусе стандартного формата можно, но очень сложно. Цена такого устройства окажется непомерной. Поэтому конструкторы применили простое, но эффективное решение. В «голове» разместили DVD-привод, монитор с его сервосистемой и панель управления, а всю остальную электронику вынесли в отдельный блок, который можно лег-



ко разместить в удобном месте, благо длина соединительного кабеля позволяет.

Мультизонный DVD-проигрыватель с виброустойчивым транспортом воспроизводит видео в системах цветности NTSC/PAL с автоматическим или ручным выбором. Для поддержания постоянной температуры и влажности в корпус головного устройства встроен вентилятор, поэтому перегрев или запотевание оптики проигрывателю не грозят. DVD предоставляет возможность выбора геометрического формата изображения, показа его части, покадрового/ускоренного/замедленного воспроизведения, выбора языка субтитров, показа «картинки» с разных углов, воспроизведение с «точки останова» и т.д.

Рис. 7.9. Мультимедийный центр Prology DVM-3000



Звук может выводиться как в обычном стереоформате, так и в формате 5.1 через встроенные декодеры Dolby Digital/Dolby Pro Logic/DTS/MPEG. Для наращивания системы для всех каналов предусмотрены четырехвольтовые линейные выходы, но большинство слушателей удовлетворится встроенными усилителями. Внешний усилитель понадобится только для сабвуфера. Помимо стандартных аудиорегулировок можно использовать эквалайзер с семью «пресетами» и одной пользовательской установкой. Встроенный DSP-процессор позволяет регулировать время задержки и реверберации и, таким образом, моделировать условия прослушивания в различных помещениях.



При всем богатстве источников сигнала система не остается «вещью в себе» – к ней можно подключить два внешних источника аудио/видеосигнала. То же самое можно сказать и о выходах – помимо встроенного к системе можно подключить дополнительно два внешних видеомонитора. Для подключения навигационной системы или компьютера предусмотрен вход RGB.

DVD

- Диапазон частот 20 Гц–20 кГц.
- Отношение сигнал-шум 95 дБА.
- Коэффициент нелинейных искажений 0,01%.

5-канальный усилитель мощности

- Максимальная выходная мощность 5 x 50 Вт.
- Диапазон частот 20 Гц–20 кГц.
- Отношение сигнал-шум 75 дБА.
- Коэффициент нелинейных искажений 0,05%.

Линейные входы AUX1 и AUX2

- Максимальное значение входного сигнала 4 В.
- Максимальное значение выходного сигнала $4 \text{ В} \pm 0,2 \text{ В}$.
- Отношение сигнал-шум 85 дБА.
- Диапазон частот 20 Гц–20 кГц.
- Коэффициент нелинейных искажений 0,1%.

Видеовход RGB

- Входное сопротивление 75 Ом.
- Максимальное значение входных сигналов RGB 0,7 В.
- Уровень сигналов синхронизации TTL.

7.4.3. Мультимедийные проигрыватели

Сравнительно недавно мультимедийные проигрыватели лазерных дисков можно было встретить только в дорогих автомобилях. Но за последний год проигрыватели заметно расширили «среду обитания» и прочно обосновались в машинах среднего класса. [40] Этому способствует не только расширение ассортимента, но и появление вполне доступных по цене устройств. А устройства отображения видеосигнала – малогабаритные телевизоры и видеомониторы – стали доступны широким слоям населения еще раньше. Поэтому распространение мультимедийных проигрывателей «вширь и вглубь» вполне закономерно. Их стоимость заметно ниже стоимости DVD-ресиверов (а тем более мультимедийных центров), поэтому они заняли на рынке свою нишу. Стоимость снижена за счет того, что в проигрывателе отсутствует ра-



диоприемный тракт, нет и аудиотракта в привычном для car audio виде, поэтому обычно их используют как дополнение к имеющейся аудиосистеме. Кстати, некоторые из моделей этой группы выполнены в стандартных габаритах 1DIN и снабжены управляющим выходом remote. Это позволяет использовать их в качестве головного устройства. Разумная альтернатива для тех, кто не слишком привязан к радиоприемнику. Аппаратура этой группы приобретается в первую очередь для мультимедийного применения, и второстепенные функции вполне можно принести в жертву. [76, 77]

Чаще всего аппараты этого класса называют «DVD-проигрывателями» по названию самого современного формата, который они способны воспроизводить. Однако это только вершина айсберга. Проигрывателям «по зубам» воспроизведение аудиозаписей в сжатом формате MP3 и обычных CD-audio. В ряде моделей также возможно воспроизведение Video CD и неподвижных изображений в формате JPEG.

В моделях первого поколения использовался лотковый механизм загрузки диска, но скоро от него отказались. Проигрыватели со щелевой загрузкой можно устанавливать там, где для аппаратов с лотковой загрузкой недостаточно места. Обратная сторона этого решения – невозможность воспроизводить диски диаметром 8 см. Впрочем, невелика потеря: широкого распространения такие диски не получили из-за небольшой емкости.

Характерная особенность многих моделей проигрывателей – отсутствие информационного табло, вся служебная информация выводится в этом случае на экран видеомонитора. Поскольку для большинства дисков возможно использование функции OSD (системы экранных меню, отдельных для дисков разных форматов), возможности визуального контроля вполне достаточны. Управление функциями воспроизведения осуществляется как с лицевой панели, так и с полнофункционального комплектного пульта ДУ с выносным ИК-приемником. Более того, ряд функций (например, прямой выбор дорожки) обычно доступен только с пульта. Дублирование функций управления в автомобиле весьма удобно – проигрывателем может управлять не только водитель, но и любой пассажир.

DVD-проигрыватель предоставляет возможность изменения формата и пропорций экрана, выбора масштаба и показа части изображения, воспроизведения с «точки останова», покадрового/ускоренного/замедленного воспроиз-



ведения, причем ускорение и замедление может регулироваться на несколько «ступеней». В некоторых моделях порядок воспроизведения можно программировать. Помимо традиционных «дисковых» функций предусмотрены и специфические для DVD возможности: показ «картинки» с разных углов, выбор языка звукового сопровождения и субтитров, однако доступность этих функций определяется конкретным диском, точнее – заложенным в него уровнем сервиса. Обычно предусмотрена и функция запрета воспроизведения некоторых дисков или их частей – так называемый Parental Lock – «родительский запрет». Можно установить «уровень безопасности» и пароль. Но это уже явно дань американским законам. Разве у нас можно что-то запретить?

Рис. 7.10. Мультимедийный проигрыватель Prology DVD-100



Тракта видеосигнала работает в телевизионных системах цветности NTSC/PAL, причем в большинстве современных проигрывателей возможно транскодирование сигнала из одной системы в другую (естественно, из-за отличающегося числа строк с некоторой потерей качества). Применительно к нашим условиям это означает, что для просмотра дисков в формате NTSC достаточно иметь телевизор или монитор системы PAL/SECAM. Однако предпочтительнее использовать мультисистемный монитор – цветовой баланс перекодированного в стандарт PAL изображения явно хуже, с преобладанием красных тонов.

Для выводимой на монитор «картинки» стандартно можно выбрать два обычных формата 4:3 (PanScan и Letter box) и широкоэкранный 16:9 (Wide). Кроме того, во многих моделях проигрывателей предусмотрено увеличение размеров изображения (ZOOM) с возможностью скроллинга. Благодаря 10-битному видео-ЦАП горизонтальное разрешение не хуже 500 линий. Для неподвижных изображений JPEG в режиме ZOOM четкость определяется раз-



решением исходной картинки. По умолчанию изображение масштабируется до размеров экрана.

Все проигрыватели дают на выходе стандартный композитный видеосигнал, но в некоторых моделях предусмотрен и формат S-Video. Поскольку сигналы цветности в этом случае передаются отдельно, качество изображения заметно выше. Как правило, предусмотрены два композитных видеовыхода (для каждого используется отдельный буферный видеоусилитель). Это позволяет организовать две зоны просмотра, не применяя дополнительные разветвители видеосигнала. Напряжение видеосигнала стандартное – 1 В на нагрузке 75 Ом.

Аудиотракт мультимедийных проигрывателей базируется на специальных мультистандартных ЦАП, что, кстати, обеспечивает весьма высокое качество звучания. При сравнении нескольких моделей DVD-проигрывателей с традиционными CD-ресиверами средней ценовой категории звучание в низко- и среднечастотной области звучание практически не отличалось, но проработка высокочастотного участка диапазона у DVD-проигрывателей не в пример лучше. Это заслуга 24-разрядного ЦАП. Кроме того, традиционных аналоговых регулировок в тракте сигнала нет – громкость регулируется в «цифре». Это можно только приветствовать – укорочение аудиотракта положительно сказывается на качестве звучания. Другими словами, нет ничего, что мешало бы процессу воспроизведения звука, а есть только то, что нужно. На аналоговом линейном выходе обеспечивается диапазон воспроизводимых частот от 20 Гц до 20 кГц при отношении сигнал/шум не хуже 90 дБ, выходное напряжение обычно составляет 2,0 В.

Выходы аналогового сигнала могут быть организованы по-разному. Если модель оснащена встроенным декодером многоканального звука, то присутствуют все выходы формата 5.1. Если встроенного декодера нет, звуковой сигнал с DVD-дисков на линейные выходы выводится в режиме DOWNMIX (сигналы многоканального звукового сопровождения распределяются в два обычных стереоканала). Для полной реализации возможностей звукового сопровождения DVD-носителей в этом случае необходим внешний декодер Dolby Digital/Dolby Pro Logic/DTS. Решение, кстати, вполне разумное – мультиформатный декодер повлияет на окончательную стоимость, а многоканальный звук нужен не всегда и не всем. Если же использовать проигрыватель в роли транспорта с отдельным декодером или



цифровым усилителем – качество работы всей аудиосистемы только возрастет.

Для подключения внешнего декодера многоканального звука во всех современных проигрывателях присутствует выход цифрового сигнала. На этот же выход поступает и цифровой сигнал с обычного аудио-CD, что позволяет использовать внешний ЦАП для получения более высокого качества звучания. В этом случае проигрыватель выступает в роли транспорта – решение, характерное для топовых моделей обычных ресиверов. Как правило, используется коаксиальный выход, но в некоторых моделях есть и оптический.

В составе многих моделей проигрывателей есть AV-коммутатор, к которому можно подключить внешние источники сигнала. Нередко один из входов при этом размещается на передней панели, что позволяет оперативно подключить к системе видеокамеру или цифровой фотоаппарат.

Эксплуатационные характеристики рассмотрим на примере проигрывателя Prology DVD-100. [76] Инициализация аудио-CD после загрузки занимает примерно 5 секунд, для дисков файловой организации – чуть дольше, пока считывается и анализируется список каталогов. Для дисков файловой организации воспроизведение начинается с корневого каталога, затем переходит в папки. Если в корневом каталоге пусто или он не содержит файлы поддерживаемых форматов, то для начала воспроизведения потребуется через меню выбрать нужную папку и файл. После того, как файлы одной папки закончились, происходит автоматический переход к следующей. При выключении питания позиция воспроизведения запоминается, и при следующем включении оно будет продолжено с той же отметки.

В ходе исследования была обнаружена интересная недокументированная функция. Если в корневом каталоге диска MP3 разместить графическую информацию (например, фотографию) и отключить в установках меню навигации (SMART NAV – MENU OFF), то после вывода на экран последней (или единственной) картинки из корневого каталога начнется воспроизведение файлов MP3. Теперь такой диск будет радовать не только слух, но и глаз. Развивая идею дальше, можно делать слайд-шоу презентации, разместив в нужном порядке файлы JPEG и MP3. К обычной жизни это мало применимо, но для демо-машин и соревнований – отличный выход.



7.5 СИСТЕМЫ ОБЪЕМНОГО ЗВУЧАНИЯ

В настоящее время двухканальная стереофония стала уже классическим способом передачи и воспроизведения звука. Целью стереофонического звуковоспроизведения является максимально точная передача звукового образа. Локализация звука при этом является не целью, а средством, позволяющим получить более богатое и естественное звучание. Однако передача пространственной информации существующими двухканальными системами не лишена недостатков. Это побуждает конструкторов к созданию различных систем объемного звучания. За сорок с лишним лет были испробованы разнообразные (порой весьма сложные) методы обработки сигнала на стадии воспроизведения. Ситуация упростилась только с появлением цифровых носителей, допускающих использовать многоканальную запись. В современном формате 5.1. используется шестиканальная запись: пять широкополосных каналов (два фронтальных, два тыловых, центральный) и один канал звуковых эффектов (канал сабвуфера), и это еще не предел.

7.5.1. Особенности пространственного слухового восприятия

Слушатель, находящийся в концертном зале, воспринимает не только прямой звук, исходящий от отдельных инструментов оркестра, но и отраженный от стен и потолка помещения диффузный (рассеянный) звук, который создает эффект пространства и дорисовывает общее впечатление. Основная энергия диффузного сигнала сосредоточена в области частот 300–3000 Гц. Запаздывание, с которым диффузный звук достигает ушей слушателя, зависит от размера помещения. При двухканальной передаче эта информация в значительной степени теряется, а в случае студийной записи может отсутствовать изначально.

Необходимо отметить, что лучшие записи электронных инструментов в студиях 60-х годов проводились именно с использованием микрофонной техники, что объясняет «живой» характер звучания. Исходный сигнал имел естественное соотношение между прямым и диффузными сигналами. Внедрение многоканальной пультовой (без использования микрофонов) записи инструментов с последующим сведением, облегчив работу звукорежиссера, одновременно уничтожило атмосферу зала. В последующем этот факт стал учитываться при проведении студийных записей, хотя полного возврата к микрофонной технике не произошло.



При использовании двухканальной схемы воспроизведения основная зона эффективного расположения кажущихся источников звука (КИЗ) находится спереди от слушателя. В зависимости от взаимного расположения слушателя и АС эта зона покрывает пространство порядка 120–180 градусов в горизонтальной плоскости. Два фронтальных канала не в состоянии адекватно воспроизвести звуки, источники которых в реальности расположены сзади или в вертикальной плоскости, если нет поддержки в виде дополнительных сигналов. Поэтому в системах объемного воспроизведения присутствуют дополнительные тыловые каналы.

Человеческое ухо лучше всего локализует источники звука в горизонтальной плоскости. Звуки, приходящие сзади или сверху, при отсутствии дополнительной информации локализуются хуже. Зрение, в том числе и периферийное, является основным чувством определения местоположения объектов, поэтому без зрительной информации возможность оценки положения источника звука позади и в вертикальной плоскости слаба и достаточно индивидуальна. Отчасти это можно объяснить индивидуальными анатомическими особенностями ушных раковин. Из-за их экраняющего действия спектр звуковых сигналов, приходящих спереди и сзади, отличается, что и позволяет различать направление «вперед-назад».

В системах домашнего театра «зрительная поддержка» значительно усиливает эффект локализации источников звука (попробуйте закрыть глаза во время просмотра перестрелки, и звуковая картина станет более «плоской»). При воспроизведении обычной аудиозаписи зрительная информация отсутствует, поэтому любая звуковая технология для массового рынка, претендующая на «объемное звучание», вынуждена создавать нечто усредненное и заведомо компромиссное.

В «войне стандартов» квадрофонических систем 70-х годов победителей не было, идея благополучно скончалась, принципы позабылись, а термин остался. Поэтому сейчас мало кого смущает тот факт, что «нечто», имеющее четыре канала усиления и четыре колонки, гордо именуется «квадрофонической системой». Однако это в корне неправильно. Источник сигнала остается двухканальным, сигналы фронтальных и тыловых каналов при таком построении системы отличаются друг от друга только уровнем, то есть используется принцип панорамирования.



Панорамирование при производстве стереозаписей широко применялось уже с середины 50-х годов для расположения монофонических звуковых сигналов «слева – справа – в середине» звукового поля. При панорамировании не оказывается никакого воздействия на частоту и фазу, изменяется только уровень монофонического сигнала, подводимого к каждому из стереоканалов. Панорамирование на несколько каналов (в случае многоканальных записей) осуществляется аналогично. Однако при определении направления на источник звука наш слуховой аппарат использует не только разность интенсивности звуковых сигналов, но и фазовый сдвиг между ними. Влияние фазового сдвига на точность локализации источника звука наиболее ярко выражено в области частот приблизительно от 500 Гц до 3000 Гц. (Опять диапазон частот диффузного звука). Поэтому простое панорамирование не обеспечивает нужной достоверности звучания. Стереозаписи первых записей: «бегающий звук», привязка звука «слева-справа» и другие достаточно быстро приелись, поскольку их искусственный характер был слишком заметен.

Применение тыловых акустических систем в сочетании с панорамированием звука хорошо справляется с расположением источников спереди и сзади от слушателя и слабее с боковым расположением. Но само по себе панорамирование звука без введения частотной и фазовой обработки сигнала никогда не сможет обеспечить приемлемое позиционирование кажущихся источников в вертикальной плоскости. В тот момент, когда создавались первые системы объемного звучания, эти факты еще не были известны, что и привело к провалу всех квандрофонических систем.

7.5.2. Амбифонические системы

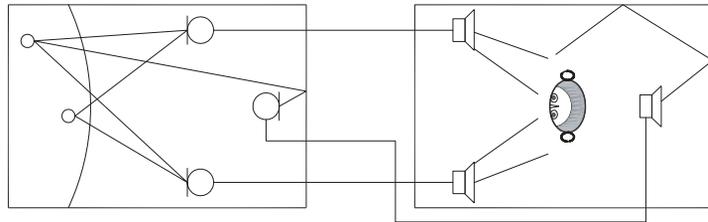
Для воссоздания «эффекта зала» можно использовать несколько способов. Еще в середине 50-х годов фирмами Philips, Grundig, Telefunken были опробованы системы трехмерного воспроизведения 3D и Raumton. Передача звука была монофонической. Впечатление большого пространства, за счет отраженного от стен и потолка звука, создавали дополнительные громкоговорители (обычно встроенные, реже – выносные), излучающие сигнал вбок или вверх. Поскольку задержка эхо-сигнала в бытовых помещениях достаточно мала, для ее увеличения позднее использовались пружинные ревербераторы в канале усиления дополнительных сигналов. Эти системы ввиду значительной для того време-



ни технической сложности и дороговизны продержались на рынке недолго и быстро сошли со сцены. [22]

В дальнейшем для передачи диффузного звука были разработаны амбиофонические системы, нашедшие применение, главным образом, в кино. Дополнительный канал (или каналы) в таких системах имеют меньшую мощность, чем основные, а их частотный диапазон соответствует полосе частот диффузного сигнала. Излучение дополнительных динамиков должно быть рассеянным, для чего они направлены на стены или потолок помещения прослушивания.

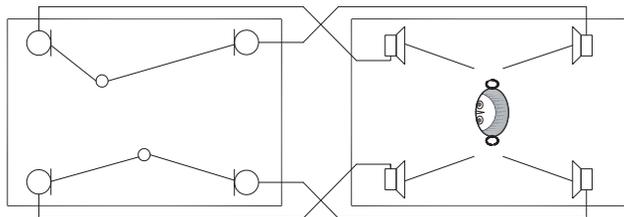
Рис. 7.11. Амбиофоническая система воспроизведения



7.5.3. Квадрофонические системы

Сложность стандартизации и технические проблемы с записью и передачей сигналов трех, четырех и более каналов привели к тому, что основной системой записи и передачи звука на долгие годы стала двухканальная стереофония. Но попытки создания систем объемного звучания не прекращались. [15, 16]

Рис. 7.12. Дискретная квадрофоническая система воспроизведения



Развитием амбиофонии стала квадрофония (четырёхканальное звуковоспроизведение), пик популярности которой пришелся на первую половину 70-х годов. В отличие от амбиофонической системы здесь все каналы воспроизведения звука оборудованы равноценно, и слушатель расположен на одинаковом удалении от акустических систем.



Дискретная (полная) квадрофония, обеспечивавшая максимальный эффект присутствия, требует четырех каналов передачи звука. В силу этого она оказалась абсолютно несовместимой с существовавшими в тот момент двухканальными средствами звукозаписи и радиовещания. Разработанная применительно к грамзаписи система CD-4 (с кодированием сигнала тыловых каналов) требовала расширения полосы частот до 45 кГц и соответствующей воспроизводящей аппаратуры. Износ грампластинки резко увеличивал уровень шума тыловых каналов уже после нескольких проигрываний.

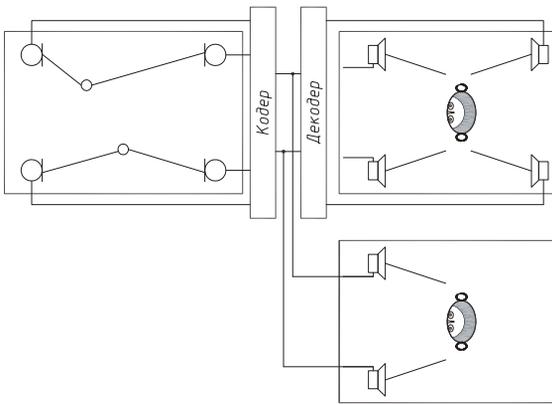
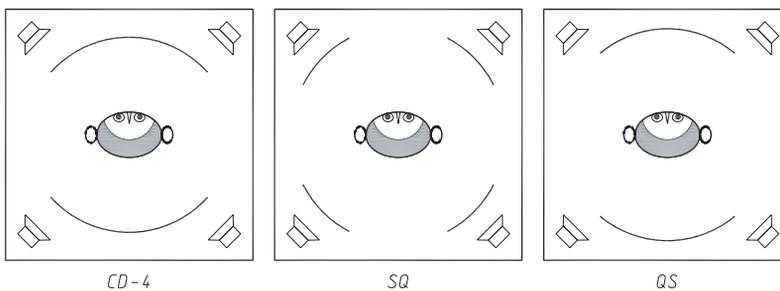


Рис. 7.13.
Матричная квадрофоническая система воспроизведения

Рис. 7.14. Зона пространственного звучания для разных квадрофонических систем

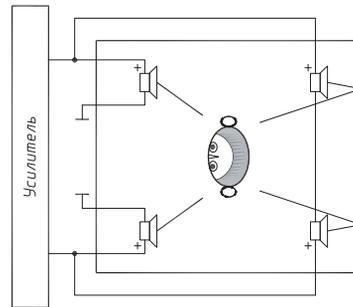


Для преодоления недостатков и улучшения совместимости с существующими стереофоническими системами были созданы системы матричной квадрофонии SQ и QS (по терминологии того времени – квазиквадрофонии). В них исходные сигналы четырех каналов матрицировались для передачи по двум, а при воспроизведения исходные сигналы восстанавливались путем суммарно-разностных преобразований. Без декодера можно было воспроизводить обычный стереосигнал.



Поскольку эти системы не были полноценно квадрофоническими и полностью совместимыми с двухканальной стереофонией из-за малых переходных затуханий, они достаточно быстро сошли со сцены. Пик популярности квадрофонических систем пришелся на первую половину 70-х годов, и популярность их была скорее данью моде. Основным недостатком всех систем того времени было то, что локализация КИЗ обеспечивалась только в пределах ограниченных участков стереобазы (рисунок 7.14).

Рис. 7.15. Схема Хаффлера



7.5.4. Псевдоквадрофонические системы

Причиной провала квадрофонических систем было то, что при их разработке не учитывались особенности пространственного слухового восприятия. Однако в ходе работы с матричными системами было выяснено, что значительная часть пространственной информации содержится в разностном сигнале (сигнале стереоинформации). Его можно подать на громкоговорители тыловых каналов или в чистом виде, или с некоторой долей фронтальных сигналов. [16]

В простейшем случае для этого даже не нужны дополнительные каналы усиления, а матрицирование сигналов можно провести на выходе усилителя (схема Хаффлера). Дополнительные динамические головки в этом случае подключаются противофазно между выходами основных усилительных каналов непосредственно, или через простейший фильтр, ограничивающий полосу воспроизводимых ими частот (для синтеза звуковой картины спектр сигнала, воспроизводимого тыловыми громкоговорителями, должен соответствовать спектру диффузного сигнала).



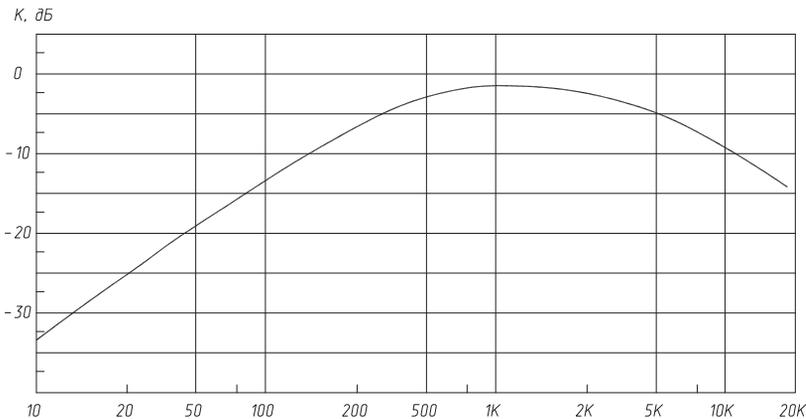
В простейшем случае для формирования АЧХ используется пассивный полосовой фильтр первого порядка (LC-цепочка последовательно с головками). Простота этой схемы делает ее особенно привлекательной для начинающих, поскольку в этом случае не требуется применение отдельного усилителя. [26]

Так появились на свет несколько псевдоквадрофонических систем, полностью вытеснивших «истинных арийцев» с рынка к середине 70-х. Подобные системы не являются квадрофоническими, но не уступают им в качестве звучания, поскольку при их разработке были учтены прежние ошибки. Одним из вариантов была отечественная система АВС, обеспечивавшая достаточно широкую зону стереопанорамы. [15] Помимо основной зоны стереоэффекта есть еще две дополнительные между левыми и правыми громкоговорителями. Обратите внимание на рисунок – именно такие зоны стереоэффекта нужны в автомобиле. Сигналы левого и правого стереоканалов подавались непосредственно во фронтальные, а тыловые каналы получали сигнал только после разностного преобразования.

$$R_R = R - 0.7L, L_R = L - 0.7R.$$

Триумф этих систем был недолгим, что объяснялось недостатками носителя сигнала – винилового диска и магнитной ленты. Некоррелированные шумы левого и правого каналов не вычитались. В сочетании с относительно невысоким уровнем разностного сигнала это сильно ухудшало отношение сигнал/шум в тыловых каналах.

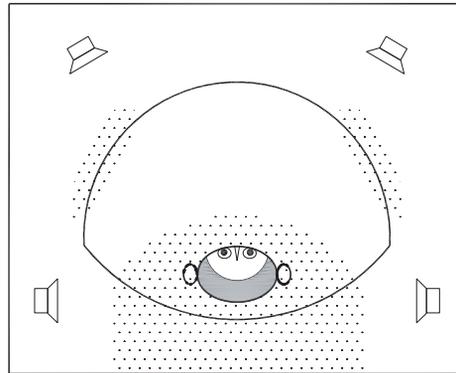
Рис. 7.16. АЧХ тыловых каналов





Другой, не менее существенный недостаток подобных систем, – отсутствие зависимости уровня тылового сигнала от характера фонограммы. При малом уровне тылового сигнала пространственный эффект мало заметен. При увеличении уровня появляется разрыв звуковой сцены и перемещение ее фрагментов назад (эффект «окружения оркестром», не соответствующий действительности). При воспроизведении «живых» записей, имеющих естественное распределение суммарных, разностных и фазовых составляющих, этот недостаток проявлялся незначительно. Однако на большинстве студийных фонограмм тыловые каналы вносили значительные ошибки в положение КИЗ. Для устранения этого явления требовалось выполнение определенных правил сведения сигналов при студийной записи, что препятствовало широкому распространению подобных систем.

Рис. 7.17. Зона пространственного звучания для системы АВС. Штриховкой обозначены зоны максимального стереоэффекта



Для возможности использования обычных фонограмм в ранних системах объемного звучания пытались применить автоматическое панорамирование. Управляющие сигналы получали из уровня пространственной информации. Возрастание разностных сигналов приводило к увеличению усиления в тыловых каналах. Однако принятая модель панорамирования была очень грубой, ошибки регулирования экспандера приводили к хаотическому изменению уровня тыловых сигналов (эффект «тяжелого дыхания»). Введение систем логического управления при уровне развития электроники тех лет приводило к значительному усложнению аппаратуры. Поэтому системы объемного звучания были забыты почти на двадцать лет.



Интерес к матричным псевдоквадрофоническим системам вновь возник с появлением цифровых носителей информации. Уровень их собственных шумов пренебрежимо мал и даже аналоговая обработка сигнала практически не ухудшит динамический диапазон. В основе современных систем пространственного звучания (Dolby Surround, Dolby Pro-Logic, Q-Sound, Circle Surround и других) лежит все та же идея суммарно-разностного преобразования, дополненная «фирменными» методами обработки сигналов (как аналоговыми, так и цифровыми). Часто их объединяют общим названием «3D-системы» (второе рождение термина сорокалетней давности).

Как уже отмечалось, с переходом на цифровые источники звукового сигнала проблема шумов отпала, но схема Хаффлера (так же, как и первые версии Dolby Surround) имеет очень существенный недостаток: она чувствительна к уровню разностного сигнала. При его малом уровне эффект присутствия незаметен, при большом – доминирует. Первое потрясение быстро проходит и становится заметным неестественное расположение инструментов. Тем же недостатком обладают и более сложные системы, использующие отдельные усилительные каналы с формирователями разностного сигнала. В радиолобительской литературе было опубликовано немало подобных конструкций для домашних аудиоккомплексов. Единственное их преимущество: возможность оперативно регулировать уровень сигнала тылового канала – в автомобиле несущественно. Для этой цели можно воспользоваться фейдером магнитолы.

Для устранения «окружения оркестром» уровнем тылового сигнала необходимо управлять в зависимости не только от уровня (Dolby Pro-Logic), но и от спектра разностного сигнала (Circle Surround). Последний принцип использован фирмой Roctron в аналоговом автомобильном процессоре объемного звучания CSA12. Система оценивает уровень сигнала в разных частотных полосах и управляет уровнем сигнала тылового канала. В тыловом канале имеется регулятор степени обработки сигнала, регуляторы тембра по высшим и средним частотам и разработанный фирмой динамический шумоподаватель HASH, используемый при работе с аналоговыми источниками сигнала (тюнер, магнитофон). Кроме сигнала тыловых каналов процессор формирует сигналы центрального канала и сабвуфера. Однако дальнейшего развития аналоговые методы обработки не получили ввиду малой гибкости и сложности, да и стоимость таких процессоров значительна. [69]



7.5.5. Звуковые процессоры

Разработанные первоначально для систем «домашнего театра» цифровые процессоры объемного звучания в последнее время начали активно использоваться в автомобильных аудиосистемах. Их применение позволяет значительно улучшить звучание технически совершенных комплексов не только в бытовом помещении, но и в салоне автомобиля. Развитие цифровых методов обработки сигнала привело к созданию цифровых звуковых процессоров (Digital Sound Processor, DSP). Они выпускаются как в виде отдельных DSP-устройств, так и входят в состав относительно недорогих магнитол. Настройки процессоров позволяют выбрать наиболее оптимальные параметры для выбранного места прослушивания. [104]

Прежде чем рассматривать принципы, используемые при обработке звуковых сигналов в системах объемного звучания, необходимо вкратце напомнить типичный процесс создания современной цифровой студийной записи. Сначала производится запись, имеющая много индивидуальных каналов: инструменты, голоса, звуковые эффекты и т.д. Во время микширования для каждой звуковой дорожки контролируется уровень громкости и расположение источника звука. В случае стереозаписи результатом микширования являются два канала, для surround-систем число каналов больше (например, 6 каналов для цифрового формата 5.1 Dolby Digital/AC-3). В любом случае, каждый канал состоит из сигналов, которые предназначены для направления при прослушивании в отдельные акустические системы. Каждый сигнал представляет собой результат сложного микширования сигналов исходных источников.

Далее происходит процесс кодирования каналов, полученных после микширования. В результате получается один цифровой поток (Bitstream). При проигрывании декодер обрабатывает его, разделяя на индивидуальные каналы и передавая их для воспроизведения на акустические системы. Для многоканальных (дискретных) систем объемного звучания при этом возможен режим имитации реально отсутствующих акустических систем (Phantom mode). Если у вас всего две колонки, тогда канал сабвуфера (низкочастотный) и центральный (диалогов) добавляются одновременно к обоим выходным каналам. Задний левый канал добавляется к левому выходному каналу, задний правый к правому выходному каналу.



Вспомните, что простое панорамирование воздействует только на амплитуду звукового сигнала. Преобразование звука в цифровых 3D-системах включает в звуковой поток дополнительную информацию об амплитуде и разности фаз или задержке между выходными каналами. Обычно степень обработки зависит от частоты сигнала, хотя некоторые эффекты создаются с использованием задержек во времени.

Какие методы используются для обработки звукового сигнала? В первую очередь это расширение стереобазы (Stereo Expansion), которое производится путем воздействия на разностный стереосигнал фронтальных каналов. Этот метод можно считать классическим. Он применяется прежде всего к обычным стереозаписям. Обработка сигнала может быть как аналоговой, так и цифровой. Во-вторых, Positional 3D Audio (локализуемый 3D звук). Этот метод оперирует множеством отдельных звуковых каналов и пытается индивидуально определить местоположение каждого КИЗ в пространстве путем воздействия на амплитуду и фазу сигнала. В-третьих, Virtual Surround (виртуальный окружающий звук) – метод воспроизведения многоканальной записи с использованием ограниченного числа источников звука. Например: воспроизведение пятиканального звука на двух акустических системах. Очевидно, что два последних метода применимы только к многоканальным звуковым носителям (записи в формате DVD, AC-3).

Замыкают список различные методы искусственной реверберации. Когда звук распространяется в пространстве, он может отражаться или поглощаться различными объектами. Отраженные звуки в большом пространстве могут создавать ясно различимое эхо, но в ограниченном пространстве происходит совмещение множества звуков. Мы слышим их как единую последовательность, которая идет за исходным звуком и затухает, причем степень затухания различна для разных частот и напрямую зависит от свойств окружающего пространства. В цифровых звуковых процессорах используется обобщенная модель реверберации, что сводит управление процессом к заданию ключевых параметров подпрограммы обработки (время задержки, количество отражений, скорость затухания, изменение спектрального состава отраженных сигналов). Таким образом реализуются режимы Hall, Live, Stadium и другие. Имитация получается достаточно реалистичной. Конечно, изложить особенности строения всех существующих систем объемного звучания трудно, но их работа основана на рассмотренных принципах. Различие состоит только в деталях алгоритмов и наборе режимов (предустановок).



КОМПОНОВКА АУДИОСИСТЕМЫ

После того, как изучены «три источника и три составные части» автозвука, настало время переходить к компоновке и монтажу аудиосистемы. При создании высококачественной установки возможны два творческих подхода. [115]

Первый вариант концептуальный: определяются требования к системе, выбираются или изготавливаются необходимые компоненты. Затем монтаж и настройка. Система сразу демонстрирует максимум своих возможностей. Это идеальный, но дорогой вариант, особенно в плане отделки. При таком подходе результат достигается обычно с первой попытки, но требуется единовременное вложение значительных средств, а также немалый опыт и интуиция. Поскольку универсальных готовых решений не существует, такой подход характерен для профессиональных установочных студий. Достижение идеального звучания требует немалых трудов, но можно успокоиться тем, что на хорошей аппаратуре получить «плохой звук» достаточно сложно...

Второй вариант любительский, недорогой, но от этого не самый худший. Система создается в минимальной конфигурации из доступных компонентов, а результат достигается путем разумной компоновки и проверенных решений. Начальная ступень здесь зависит только от финансовых возможностей, а необходимый опыт появится в процессе творчества. Потом, по мере возрастания требований и опыта, система наращивается до нужного уровня. Процесс растянут во времени и поэтому не наносит серьезного ущерба семейному бюджету, но результат появится не сразу. Для получения приличного звучания надо потрудиться: помните – «плохой звук» получится вообще без усилий.

Большинство создателей автомобильных аудиосистем убеждены, что без мощного усилителя и дорогих динамиков хороший результат недостижим. Они по-своему правы, но при грамотном подходе к выбору, размещению и подключению динамических головок прекрасных результатов можно добиться даже со встроенными усилителями магнитолы и относительно недорогими головками. При желании вполне можно добиться такой громкости, чтобы «сносило крышу». Так, при работе правильно рассчитанного сабвуфера от встроенного усилителя современной магнитолы можно достичь звукового давления в салоне на уровне 120–124 дБ.

Предлагаемые в этом разделе решения представляют наибольший интерес для начинающих любителей автозвука, поскольку не требуют серьезных затрат времени и средств. Все варианты неоднократно проверены на практике и показали высокую надежность. Справедливости ради следует отметить, что некоторые из приводимых рекомендаций имеют смысл только при использовании бюджетных моделей магнитол и CD-ресиверов. Многие современные головные аппараты имеют в своем составе перестраиваемые фильтры, эквалайзеры и другие полезные устройства.

8.1. СЛАГАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТА

В дальнейшем изложении будут использованы следующие термины:

Звуковая сцена (Soundstage) – кажущееся расположение инструментов по ширине, высоте и глубине при воспроизведении записи.

Стереопанорама – ширина и определенность звуковой сцены. Воспринимаемое расположение инструментов должно быть постоянным, легко определяемым и соответствовать реальному.

При любом подходе к созданию аудиосистемы прежде всего нужно выбрать тип источника сигнала и структуру тракта, и только после этого приступать к рассмотрению «кандидатов». Почему это так? Если принять качество автомобильной аудиосистемы за 100%, то на источник сигнала из них приходится примерно 15%, на усилитель – 20%, на акустическую систему – 30%, на установку – 30%, на кабели и дополнительные устройства – 5%. В случае использования источника сигнала со встроенным усилителем их совместный вклад возрастает до 20–25%, а акустической системы – уже до 40–45%. Однако эти цифры относятся



исключительно к качеству звучания, но не к цене. Там картина может быть совершенно иной: не секрет, что цены на многие товары определяются только степенью «раскрутки» фирмы и модели, а отнюдь не реальными достоинствами. В любом случае к выбору нужно подходить с максимальной ответственностью: мы не настолько богаты, чтобы покупать дешевые вещи.

При выборе аппаратуры следует обратить внимание на электрические характеристики. Однако субъективное восприятие качества (естественность) звучания невозможно измерить при помощи физических величин. Только прослушивание в состоянии дать представление, насколько точно передается объем и пространственное расположение инструментов. Желательно, чтобы прослушивание было сравнительным и проходило утром, пока слуховые ощущения еще не притупились. Лучше всего сравнивать звучание инструментов, записанных на диск, со звучанием тех же инструментов, «записанных» в слуховой памяти. В крайнем случае звучание придется сравнивать с другими системами. О влиянии соединительных кабелей на качество звучания в последнее время написано столько, что этой темы можно не касаться.

Неискаженная выходная мощность современных магнитол не превышает 10–12 Вт на канал, что бы ни утверждала реклама. Приводимая же обычно в инструкции максимальная мощность характеризует скорее динамические свойства усилителя и его способность воспроизводить импульсные сигналы, нежели реальную громкость. Однако разницы в звучании между магнитолами с усилителем указанной мощности 4x30 Вт и 4x40 Вт практически нет. Поэтому при выборе динамических головок для работы в комплекте с магнитолой основной параметр, на который необходимо обращать внимание – уровень характеристической чувствительности (или просто чувствительность). Чем больше этот показатель, тем меньшая мощность требуется для получения нужной громкости. Для головок зарубежного производства необходимо уточнить, при каких условиях производились измерения.

Учтите тот факт, что абсолютно нейтральных компонентов в природе не существует. Все они окрашивают сигнал, каждый по-своему. Взаимное согласование аппаратуры относится пока к недостаточно изученной области, и даже при выполнении всех требований стандартов (достаточно, кстати, расплывчатых) – лучше прослушать выбранные компоненты «в связке». Следует

учесть, что звучание аппаратуры на стенде магазина и в салоне автомобиля может отличаться «с точностью до наоборот». Почему это происходит?

8.1.1. Акустические свойства салона автомобиля

Салон автомобиля – главный компонент нашей аудиосистемы, именно он оказывает максимальное влияние на конечный результат. С точки зрения акустики пространство автомобильного салона абсолютно не приспособлено для качественного звуковоспроизведения – объем салона чрезвычайно мал (автобусы и грузовики из рассмотрения исключаем). Из этого обстоятельства следует несколько выводов:

1. Соблюсти основное условие для обеспечения качественного стереофонического звучания: взаимное расположение слушателей и системы громкоговорителей по вершинам равностороннего треугольника – практически невозможно. Помимо разницы в интенсивности возникает также временной сдвиг между сигналами левого и правого каналов, что приводит к смещению кажущихся источников звука (КИЗ) относительно истинного положения. Особенно заметен этот эффект для сигналов средних частот.
2. Трудно обеспечить достаточное удаление уха слушателя от громкоговорителей. А при работе в ближней зоне излучения громкоговоритель уже нельзя рассматривать как точечный источник, что приводит к специфическим интерференционным искажениям на средних частотах (на ВЧ этот эффект ослаблен из-за малого размера излучателей).
3. Из-за малого объема салона на низких частотах возникает достаточно однородное звуковое поле (это справедливо с небольшой оговоркой, суть которой разъясняется ниже). Однако наличие в салоне неравномерно расположенных поглощающих и отражающих поверхностей (стекла, обивка, пассажиры) не позволяет уверенно прогнозировать его акустические свойства на средних и высоких частотах. К тому же эти поверхности обеспечивают различную степень отражения и поглощения в пределах частотного диапазона – заполнители сидений и обив-



ка дверей эффективно поглощают средние частоты, а высокие частоты прекрасно отражаются от стекла. Вследствие указанного АЧХ салона на средних и высших частотах имеет неравномерность, порой значительную, а характер неравномерности зависит от выбора точки замера.

Есть еще два аспекта, не столь очевидных, но вытекающих из малого объема салона и его геометрии – локальные дефекты АЧХ, вызванные резонансными явлениями, и подъем АЧХ на низших частотах. Совокупность этих факторов называется передаточной характеристикой салона, и была рассмотрена ранее. Вид АЧХ на средних и высоких частотах индивидуален, однако для частот ниже 100 Гц его можно прогнозировать достаточно точно. АЧХ салонов некоторых автомобилей приведены в **приложении 1**.

8.1.2. Особенности слухового восприятия

Если ставится задача получения правильной звуковой сцены, при размещении динамиков необходимо учитывать общие особенности человеческого слуха. Весь слышимый диапазон подразделяется на несколько участков, в каждом из которых органы слуха используют разные способы локализации источника звука:

- на частотах ниже 300–350 Гц органы слуха оценивают только громкость звука, направление распространения звуковой волны оценивается всем телом;
- в диапазоне от 350 Гц до 1700 Гц работает фазовое восприятие направления. Локализация источника звука происходит на основании разности фаз сигналов, пришедших к левому и правому уху;
- в диапазоне от 1700 Гц до 3500 Гц работает амплитудное восприятие направления. В этом диапазоне сказывается экранирующее действие головы. Локализация источника звука происходит на основании разности амплитуд сигналов, пришедших к левому и правому уху;
- на частотах выше 3500 Гц работает частотно-интерференционное восприятие.

Помимо этого, есть еще и возрастные особенности слуха. Известно, что до 25–30 лет не менее 90% рядовых слушателей слышит звуки в полосе частот от 20–25 Гц до 18–20 кГц. С возрастом чувствительность к высоким частотам падает. Уже в группе от 40 до 50 лет примерно 70% слу-

шателей не воспринимает частоты выше 10–12 кГц, дальше планка снижается до 6–8 кГц. Так что с возрастом в первую очередь пропадает чувство «воздуха» и, соответственно, снижаются требования к тональному балансу. Чувствительность к низким частотам, к счастью, снижается в более позднем возрасте, но резко и с большими потерями для музыки – после 60 лет около половины слушателей не воспринимает звуки ниже 70–80 Гц. Не буду настаивать на абсолютной точности цифр, это статистика, но тенденция именно такая. Для профессионалов (музыкантов, звукорежиссеров) эта картина не столь удручающая (сказывается постоянная тренировка), но тенденции те же. Интересно, как повлияет на статистику «поколение громкой музыки»?

Как вы понимаете, выбор места для установки громкоговорителей приобретает первоочередное значение. Более того, выбор количества полос и частот раздела зависит от места установки и ориентации. К сожалению, в большинстве случаев акустику в машине ставят по принципу «куда влезет», а не «куда надо». Правда, однозначного ответа на вопрос: «куда надо?» не существует. Ни одно из известных решений не дает гарантированного результата. Гораздо легче ответить на вопрос «куда не надо?» Самая распространенная ошибка: установка высококачественных динамиков на задней полке, а впереди – что придется, или вообще ничего. Видимо, владелец на концерте предпочитает сидеть спиной к сцене...

8.1.3. Ориентация излучателей

Однако помимо размещения не меньшее значение имеет ориентация излучателей в салоне. Влияние этого фактора снижено только для НЧ-головок. Все варианты ориентации можно условно разделить на две группы – работа с «прямым» сигналом и «на отражение». Поскольку в условиях автомобиля всегда имеются оба сигнала, речь идет только о явном преобладании одного из них. Отражаются с рассеянием (в первую очередь – от лобового стекла) средние и высокие частоты, у которых длина волны достаточно мала по сравнению с размером салона. Эффект «привязки» звучания к ближайшему динамику в этом случае снижается.

Длинные волны, сопоставимые с размером салона, отражаются без рассеяния. Когда длина волны становится больше размера салона, об отражении говорить не приходится, возникает равномерное звуковое поле. Поэтому в «привязке» звука к НЧ-головке виноват главным образом



фронт сигнала, богатый высокочастотными составляющими. Ограничение спектра подаваемого сигнала в этом случае будет только на пользу.

При любом выбранном варианте размещения излучателей их ориентация влияет на звук следующим образом:

Звуковая Сцена + Тональный Баланс = Константа

Другими словами, отраженный (рассеянный) сигнал устраняет привязку КИЗ к излучателю и улучшает звуковую сцену, но одновременно ухудшает тональный баланс. Прямой сигнал – строго наоборот. Искусство установщика состоит в том, чтобы найти «золотую середину» расположения и ориентации. При этом нужно иметь в виду, что эмоциональное воздействие «правильной» сцены обычно намного сильнее, чем тонального баланса, особенно для поклонников акустических жанров. Требования к звучанию – это та область, где каждый сам выбирает предпочтения. В целом с возрастом приоритет обычно смещается от тонального баланса к звуковой сцене, что можно объяснить уже упоминавшимися возрастными изменениями слуха.

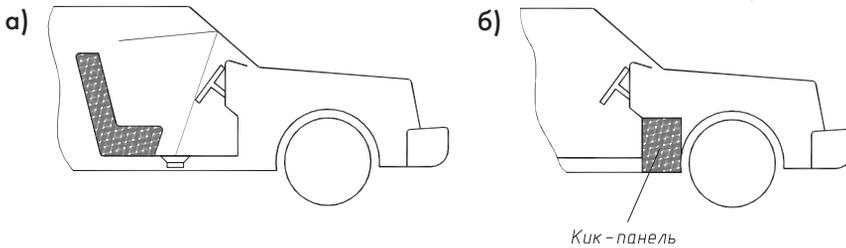
8.2. ВЫБОР СТРУКТУРЫ АС

Главная проблема при создании автомобильной аудиосистемы состоит не в достижении высокой мощности, малых искажений и даже не в получении хорошей АЧХ. Основная проблема: получение высокой и широкой звуковой сцены для передних слушателей. Ее решение напрямую связано с местом установки и составом фронтальной акустики. Не стоит думать, что задние пассажиры забыты: при грамотно поставленной фронтальной акустике звучание сбалансировано в пределах всего салона.

Однако решение этой задачи связано с рядом проблем. Прежде всего, при любом разумном варианте размещения акустических систем в передней части автомобиля разность пути сигнала от левого и правого излучателей достигает недопустимо больших значений. Для увеличения эффективного расстояния от слушателя до АС (и сокращения, соответственно, разности хода) можно использовать отражение всего сигнала или его части от лобового стекла. Так появились установки с напольной фронтальной акустикой (рисунок 8.1а). [27] Решение сложное и трудоемкое, но результат впечатляет. Однако резать пол для установки динамиков решится не всякий энтузиаст car audio, к тому же проблемы при техосмотре гарантированы. Поэто-

му для установки фронтальных излучателей в легковой машине остается не так много мест: приборная доска, стойки лобового стекла, двери, пространство под передними сиденьями, кик-панели (рисунок 8.1б). Ни один из вариантов не решает проблему полностью, к тому же достоинства и недостатки каждого из них взаимосвязаны.

Рис. 8.1. Установка громкоговорителей в полу салона



Главная проблема, которая возникает при создании высококачественной автомобильной аудиосистемы – выбор количества полос и частот раздела. Сосредоточенная (коаксиальная) фронтальная акустическая система лишена перспектив для высококачественной установки. Исключением является использование двухполосных коаксиальных головок в качестве комбинированных СЧ-ВЧ излучателей. Двухполосная компонентная фронтальная АС, как и всякая компромиссная конструкция, имеет ряд недостатков. Прежде всего, она связана компоновочными ограничениями, и получить в этом случае одновременно правильную звуковую сцену и тональный баланс затруднительно. Наилучшего результата можно достичь, применяя многополосную рассредоточенную фронтальную АС. В нашем случае «много» означает «три», широкого наступления четырехполосных систем пока не предвидится. Полосовые излучатели в этом случае можно разместить в тех местах, где они будут работать с максимальной эффективностью. [91, 115]

Для получения высокой и однородной звуковой сцены проще всего поднять излучатели как можно выше. Приборная доска позволяет установить их на достаточной высоте. Размер штатных посадочных мест обычно ограничен 10–13 см, акустическое оформление практически отсутствует, поэтому низшие частоты воспроизводятся недостаточно эффективно. Следовательно, в этом месте можно монтировать только среднечастотные головки. Однако, как показала практика, такой вариант имеет ряд серьезных недостатков. Основной из них – «привязка» звучания к одной стороне



салона из-за недопустимо большой разности хода звуковой волны от левого и правого излучателей. Среди автомобилей отечественного производства реальные перспективы к использованию штатных посадочных мест по назначению имеет только «Москвич 2141», но это решение нельзя признать самым удачным. Поэтому энтузиасты вынуждены искать другие места для установки динамиков.

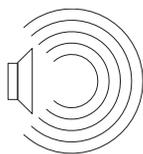
Традиционно низкочастотные, широкополосные или коаксиальные громкоговорители размещают в передних дверях. Обычно это аргументируется увеличением эффективности воспроизведения низких частот готовым акустическим оформлением. К тому же большинство автомобильных головок предназначено для работы с большим задним объемом. Однако этот объем должен быть оптимальным. При его уменьшении относительно оптимума воспроизведение низких частот будет ослаблено. От увеличения объема пользы еще меньше – колебания диффузора не будут демпфированы в нужной степени. В результате воспроизведение низших частот будет сопровождаться гулким призвуком, а при некоторой настойчивости можно оборвать подвес диффузора или выводы звуковой катушки даже при скромной подводимой мощности. Кроме того, необходимо провести тщательное вибродемпфирование и шумоизоляцию панелей и механизмов двери, иначе она будет «подпевать» уже на средней громкости. [6] На практике приходится ограничивать полосу частот, воспроизводимую динамическими головками в дверях, на уровне 80–100 Гц. Да и динамики нужны влагостойкие...

Но список недостатков не исчерпан. При установке головок «на плоскость» облицовки двери проявляется эффект компенсации басовой атаки. При сведении фонограмм большинство современных звукорежиссеров располагают инструменты басового регистра в центре звуковой сцены. Звуковые сигналы левого и правого каналов в этом диапазоне частот синфазны и имеют практически одинаковую интенсивность. Поэтому при установке излучателей в дверях фронт волны на частотах 100–150 Гц, критичной для субъективного восприятия басовой атаки, достигает противоположной головки в противофазе (что определяется шириной салона) и компенсируется. Чтобы это явление проявлялось в меньшей степени, при установке громкоговорителей в двери их необходимо разворачивать вверх и в сторону слушателя. Обычно удовлетворительные результаты получаются при «нацеливании» головок в середину потолка над передними сиденьями. Наиболее рационален

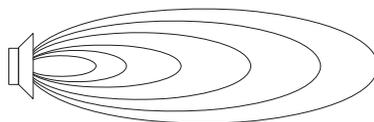
такой вариант при использовании двухполосной фронтальной акустики с относительно высокой частотой раздела (5–7 кГц). Практически отсутствует этот эффект при установке АС под сиденьями с излучением вперед-вверх.

Эффект компенсации басовой атаки в значительной степени зависит от места установки низкочастотных излучателей в дверях и конструктивных особенностей салона. Высокий тоннель и протяженная консоль приборной панели («борода») являются достаточно хорошим акустическим экраном. В том случае, когда этот экран исключает непосредственное взаимодействие головок, эффект компенсации басовой атаки снижен. В такой ситуации вполне оправдана установка головок «на плоскость». Наиболее рационален этот вариант при относительно невысокой частоте раздела с полосой ВЧ в двух- или трехполосной системе (1,5–3 кГц). Вплоть до этих частот диаграмма направленности излучения большинства НЧ-СЧ головок достаточно широкая, что позволяет не уделять особого внимания их ориентации. С другой стороны, можно частично ослабить эффект «привязки» звучания за счет выравнивания интенсивности на средних и высших частотах, используя особенности диаграммы направленности применяемых динамиков (рисунок 8.2). Однако сдвиг фазы, вызванный разностью пути сигнала, скорректировать таким способом не удастся.

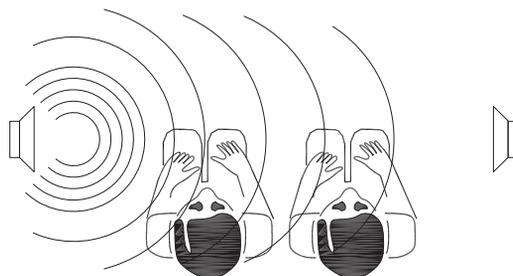
Рис. 8.2. Влияние диаграммы направленности динамических головок на формирование звуковой сцены при установке в двери



Широкая диаграмма направленности



Узкая диаграмма направленности



Установка в двери - широкая диаграмма направленности



Основная проблема двухполосных акустических систем с низкой частотой раздела – необходимость использовать ВЧ-головки повышенной мощности с достаточно низкой частотой собственного резонанса. Приобретение их может быть сопряжено с некоторыми трудностями. Кроме того, для эффективного подавления механического резонанса подвижной системы, расположенного близко к частоте раздела полос, в этом случае необходимо использовать ФВЧ высоких порядков либо специальные корректирующие цепи.

При установке НЧ-головок в корпусах под передними сиденьями с излучением вперед-вверх эффект гашения басовой атаки отсутствует, а разность пути звуковой волны уменьшена. Это уменьшает эффект «привязки» звучания к одной стороне салона. Вариант близок к установке излучателей в полу салона, но лишен его недостатков. За счет возбуждения объема, ограниченного панелью приборов и полом, увеличивается звуковое давление в области 200–400 Гц. Однако полоса излучаемых частот в этом случае естественным образом ограничена сверху значением 2–3 кГц. Такой вариант размещения динамиков требует или применения достаточно низкой частоты раздела полос (и связан со всеми уже упомянутыми проблемами), или перехода к трехполосной акустической системе.

В качестве примера на рисунке 8.3 приведена АЧХ по звуковому давлению, полученная для динамической головки 25ГДНЗ-4 в корпусе с ФИ под передним сиденьем («Москвич-2141»). Данные любезно предоставил О. Леонов, измерения проведены с использованием комплекса РС RTA в студии «Блюзмоби́ль». Хорошо заметен резонанс салона в районе 125 Гц, провал АЧХ в районе 800 Гц и спад выше 1,5 кГц, хотя по паспортным данным спад АЧХ у данной головки начинается выше 3 кГц. Такое отклонение АЧХ от паспортной можно объяснить наличием в ближней зоне излучения препятствия (подушки сиденья). Для аналогичной АС под передним сиденьем ВАЗ-2107, но с близким к горизонтальному направлением излучения, провал АЧХ смещен в область 500–600 Гц и имеет меньшую величину. Этим частотам соответствует длина волны порядка 0,5–0,6 м, что хорошо согласуется с размерами полости, ограниченной приборной панелью и консолью.

Установка головок в кик-панелях с ориентацией вверх и к центру салона сводит к минимуму разность хода сигнала от левого и правого излучателей, что практически исключает эффект привязки (рисунок 8.4). Вопреки ожидае-

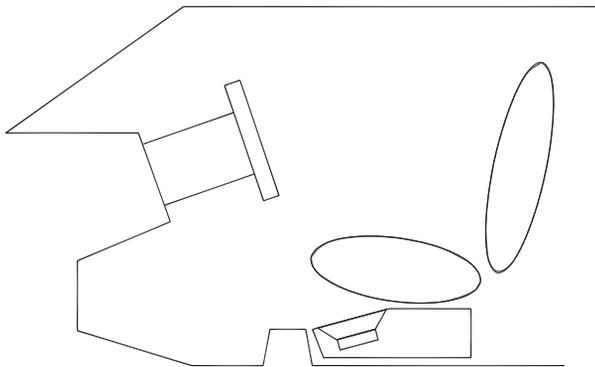
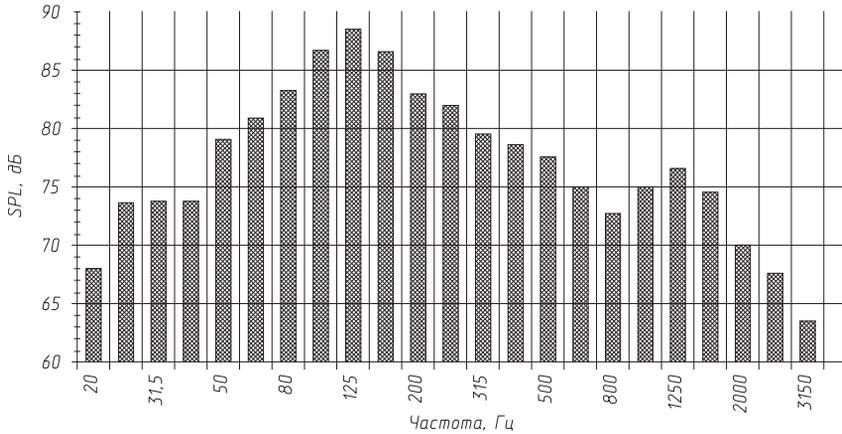
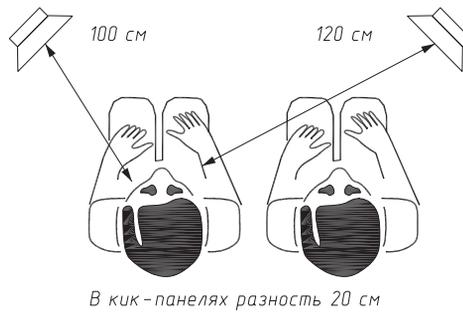
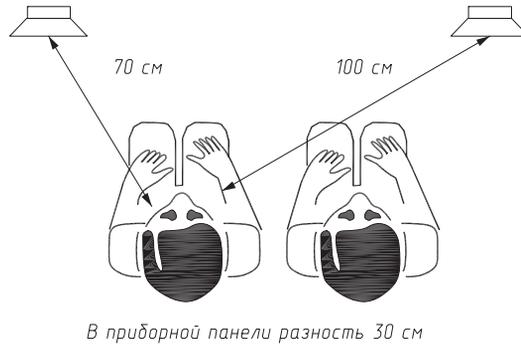
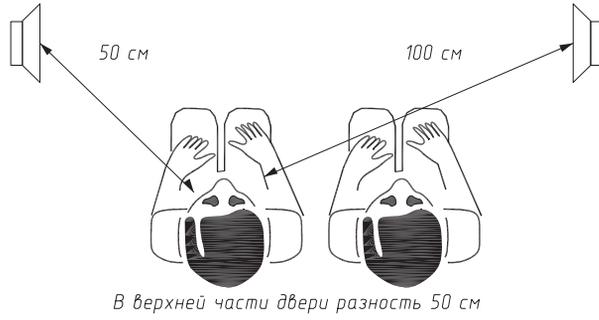


Рис. 8.3. АЧХ НЧ-громкоговорителя в напольном исполнении

тому, звуковая сцена не опускается, а наоборот, поднимается на уровень ветрового стекла. Благодаря наличию акустического экрана в виде консоли передней панели («бороды»), эффект «гашения» басовой атаки не проявляется. К сожалению, в большинстве случаев организовать достойное акустическое оформление непросто. Максимально возможный объем корпусов не превышает, как правило, 2 л, поэтому данный вариант применим, главным образом, к среднечастотным головкам трехполосных акустических систем. Поскольку на частотах выше 1 кГц диаграмма направленности излучателей достаточно индивидуальна, однозначных рекомендаций по ориентации головок на кик-панелях нет – все зависит от конкретных условий, необходим эксперимент.



Рис. 8.4. Разность пути сигнала от левого и правого излучателей при различных вариантах установки



Другой, не менее интересный вариант размещения СЧ-излучателей, использовал в своей установке москвич С. Клевцов. Купольные головки Maston 58.08 установлены на поперечной балке под передними сиденьями «Святогора», максимально близко к середине салона, и ориентированы в сторону лобового стекла. Такое решение уменьшает относительную разность хода звуковой волны от левого и правого излучателей, что позволяет практически исключить эффект «привязки» звучания к одной стороне салона.

При изготовлении корпусов для СЧ-излучателей ориентацию полезно уточнить применительно к конкретным головкам с учетом особенностей их звучания и диаграммы направленности. Это самое критичное звено, поскольку звуковая сцена и общая тембровая окраска звучания формируются главным образом в полосе 300–1500 Гц. Основной принцип размещения – как можно дальше от ушей, чтобы уменьшить разность пути звуковой волны от левого и правого излучателей. Поэтому штатные места в торпедо, как правило, наихудший вариант. Желательно так расположить динамики, чтобы воспроизводимый ими монофонический сигнал позволял слушателю однозначно локализовать КИЗ по центру панели приборов. В диапазоне амплитудного восприятия (выше 1700 Гц) необходимо обеспечить равенство громкостей каждого динамика, воспроизводящего монофонический сигнал.

Для предварительной оценки выбранного места установки и ориентации СЧ-излучателей удобно использовать широкополосные головки мощностью 3–5 Вт, смонтированные на небольших отражательных панелях. Их подключают к магнитоле через простейший ФНЧ (неполярный оксидный конденсатор емкостью 100 мкФ или два полярных по 220 мкФ встречно-последовательно) и подбирают расположение и ориентацию, добиваясь получения необходимой ширины и высоты сцены.

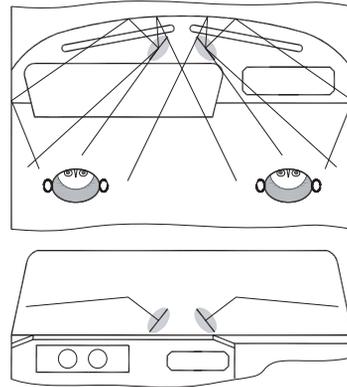
Для высокочастотных головок при любом варианте построения фронтальной акустики чаще всего применяется установка на передние стойки, верхний передний угол двери или панель приборов. Известны также достаточно редкие варианты установки ВЧ-излучателей на потолке в районе зеркала заднего вида или на полу (используется отраженный от лобового стекла сигнал), а также на кик-панелях (работа на прямом сигнале). Для «пищалок» с широкой диаграммой направленности можно использовать или прямой сигнал, или его смесь с отраженным и рассеянным от стекла



излучением. Полностью исключить прямой сигнал в этом случае практически невозможно из-за наличия боковых лепестков диаграммы направленности. Для работы только «на отражение» без прямого сигнала необходимо применять «пищалки» с узкой диаграммой направленности.

При выборе места для ВЧ-головок необходимо иметь в виду, что при низкой частоте раздела их излучение оказывает непосредственное воздействие на формирование сцены, и ориентация требует тщательной настройки. При частоте раздела выше 5–6 кГц влияние ориентации снижено. В любом случае при установке необходимо предусмотреть возможность подстройки ориентации при окончательной регулировке системы. В комплекте большинства автомобильных «пищалок» есть необходимые для этого установочные детали. Иногда даже незначительное изменение ориентации заметно влияет на формирование сцены для передних сидений. В некоторых конструкциях для этой цели используются сервоприводы. Можно настроить сцену на водителя или переднего пассажира, возможен и компро-

Рис. 8.5. Фантомный
центральный канал



мисный вариант с симметричной ориентацией пищалок.

Для формирования широкой звуковой сцены и четкой фокусировки звуковых образов используется главным образом прямой сигнал. Но тут возникает одна проблема – практически во всех установках, выполненных по такой схеме, есть проблемы с центральным образом. В тех случаях, когда одна из пищалок находится слишком близко к слушателю, локализация «центра» принципиально невозможна – слишком велика разница в уровне сигнала от правой и левой пищалки. В других вариантах чаще всего наблюдается «провал» или «размывание» центрального образа. При удачной ориентации пищалок остроту проблемы

можно снизить, но полностью устранить ее практически невозможно. Поскольку этот дефект заметен главным образом на рафинированных «судейских» записях, на него обычно закрывают глаза. В противном случае остается только установить громкоговоритель центрального канала.

Однако есть вариант установки с «фантомным» центральным каналом. Центральный образ в этом случае формируется простым акустическим смещением сигналов левой и правой «пищалок», установленных в центральной части торпедо, а ширина сцены определяется рассеянным и отраженным «боковым» сигналом (рисунок 8.5). [103]

При несимметричной конструкции приборной панели такое решение позволяет сблизить условия распространения сигнала левого и правого каналов. Центральный образ превосходит, хотя сцена несколько узковата. Впрочем, это черта всех систем с центральным каналом – будь он реальный или фантомный.

Формирование звукового образа без тыловой АС будет неполным, пренебрегать этим не стоит. Основное ее назначение – создание «эффекта зала» за счет имитации отраженного и рассеянного (диффузного) звука. Спектр сигнала тыловых каналов для этого должен быть ограничен полосой частот примерно 500–2500 Гц, в соответствии со спектром диффузного звука, уровень сигнала должен быть невелик. Использование тылового канала позволяет замаскировать некоторые недостатки в звучании фронтальной акустики.

Наиболее впечатляющие результаты получаются при использовании в тыловом канале разностного сигнала. Для реализации этого метода в простейшем случае можно использовать встречно-последовательное включение тыловых динамиков между выходами усилителей левого и правого каналов через полосовой LC-фильтр (схема Хаффлера). Однако лучшие результаты достигаются при использовании дополнительной обработки сигнала тылового канала. [69] Подробно эти вопросы рассмотрены в предыдущей главе.

8.3. ВЫБОР ЧАСТОТ РАЗДЕЛА И ПОРЯДКА ФИЛЬТРОВ

Следующий этап, порождающий максимум проблем – выбор частот раздела. Вопрос этот неразрывно связан с выбранной структурой аудиосистемы. В свое время развитие «домашнего» Hi-Fi породило деление полос в основном на частотах 300 Гц и 3–4 кГц. Для воспроизведения частот вы-



ше 14–15 кГц часто использовался «супертвиттер» (ленточный, пленочный или пьезоизлучатель). Развитие технологии и улучшение качества СЧ-излучателей и пищалок позволило сдвинуть частоту их раздела до 5–7 кГц и обойтись одной полосой ВЧ. Расширение вверх полосы НЧ до 800–900 Гц по сравнению с АС прошлого поколения объясняется тем же. Эти частоты раздела оптимальны для компактного или коаксиального расположения излучателей в «домашней» акустике, но мало пригодны для автомобильной разнесенной акустической системы. Тем не менее, высокая частота раздела НЧ и СЧ встречается довольно часто при близкой установке НЧ- и СЧ-головок.

Для улучшения качества воспроизведения следует избегать деления полос в области максимальной чувствительности уха. То есть наилучшее решение: полоса СЧ от 200–250 Гц до 5–6 кГц «одним куском». Деление частот в формантной области (500–1200 Гц) вообще противопоказано для всех случаев, кроме коаксиальных излучателей. При пространственно разнесенных излучателях фокусировка КИЗ будет неопределенной, вплоть до его неожиданных перемещений в пространстве.

Кроме того, при выборе нижней границы полосы СЧ необходимо учитывать частоту основного механического резонанса, которая должна отстоять от рабочей полосы частот минимум на октаву. В этом случае неизбежно применение фильтра второго порядка. Если интервал между частотой резонанса и нижней границей полосы СЧ превышает две октавы, можно использовать фильтр первого порядка. Для полосы НЧ с учетом естественного спада АЧХ обычно достаточно фильтра первого порядка.

Полосу низких частот следует воспроизводить целиком или делить на две части в области порядка 50 Гц. Это позволит использовать оптимальное акустическое оформление для каждой НЧ полосы. Полосу частот ниже 50 Гц при этом можно воспроизводить в монофоническом варианте с произвольным размещением излучателя, поскольку для этих частот способность человеческого уха к локализации источника сигнала заметно снижена. Это задача для сабвуфера.

Сабвуферы с широкой полосой частот (до 150–180 Гц) появились в связи с невозможностью получить нормальный бас от малогабаритной фронтальной акустики. Однако добиться малой неравномерности АЧХ сабвуфера при столь широкой полосе можно только путем снижения его полной добротности. Понижение добротности требует по-

вышения мощности усилителя для сохранения необходимого звукового давления. Кроме того, сабвуфер уверенно воспроизводит при этом частоты «голосового» диапазона. Поскольку установлен он в багажнике, звучание четко локализуется сзади, нарушая звуковую сцену. Для устранения этого эффекта приходится повышать крутизну среза фильтра в сабвуферном канале до 4–6-го порядка. Это влечет за собой значительный фазовый сдвиг сигнала, и для «стыковки» звучания с фронтом приходится использовать фазовращатель (фазовый корректор). Это усложняет конструкцию кроссовера или усилителя.

При трехполосной фронтальной АС нужен (и то не всегда) только относительно узкополосный сабвуфер для поддержки на частотах ниже 40–60 Гц. В этом случае он практически не локализуется даже при использовании фильтра второго порядка, не требуется и фазовращатель – для «стыковки» достаточно простой смены полярности подключения.

Перечисленные критерии выбора частот раздела вполне достаточны при проектировании домашней аудиосистемы, но в автомобиле приходится учитывать и специфические особенности акустики салона. В области 300–700 Гц всегда есть риск появления неравномерности АЧХ. Ее характер зависит от конкретного места установки динамических головок. Для коррекции суммарной АЧХ в салоне автомобиля желательно иметь возможность перестраивать частоту среза хотя бы одной из полос в пределах октавы вверх и вниз от номинального значения.

Помимо приведенных «акустических» рекомендаций, частота раздела полос зависит от характеристик примененных головок, а порядок фильтров – от частот раздела. Можно руководствоваться следующим графиком распределения мощности (рисунок 8.6), построенным для равной чувствительности головок. Верхняя кривая соответствует белому шуму, нижняя – усредненному музыкальному сигналу.

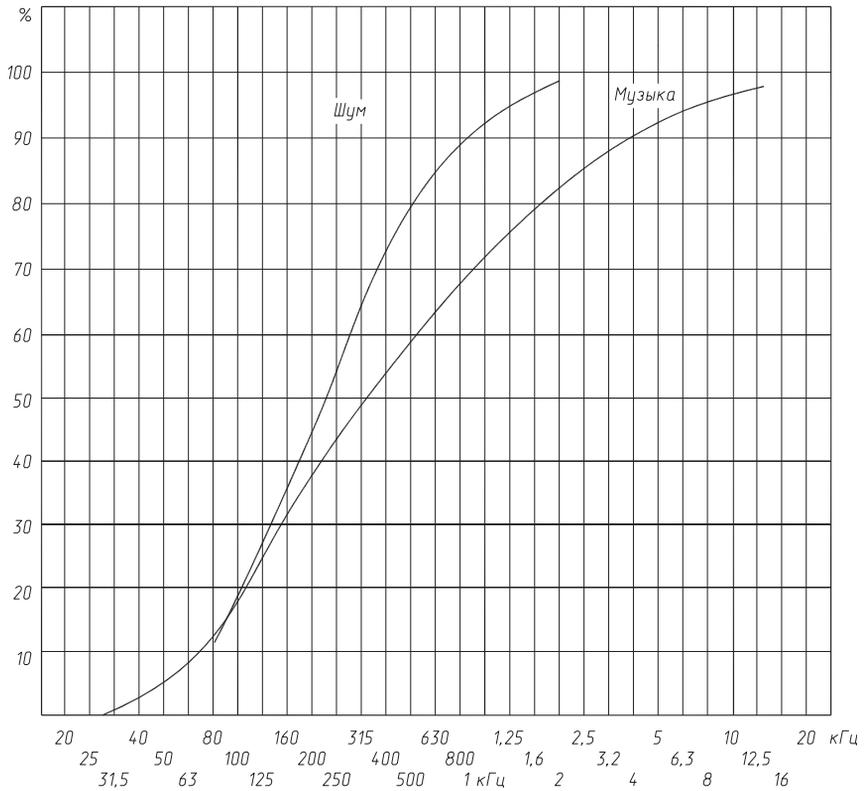
Так, при равной или близкой чувствительности НЧ- и СЧ-головок рекомендуется частота раздела порядка 250–400 Гц. Чувствительность специализированных СЧ-головок обычно выше чувствительности НЧ-головок на 3–5 дБ. В этом случае (при близком расположении головок) частоту раздела можно сместить в область 500–700 Гц. Окончательное распределение уровней сигнала настраивается аттенюаторами пассивных фильтров, а при многополосном усилении – регулировкой усиле-



ния отдельных каналов.

Замечено, что незначительное изменение частот раздела полос в области средних частот может оказывать заметное влияние на звучание. Это связано с тем, что в данном диапазоне преобладает фазовый механизм локализации кажущегося источника излучения (КИЗ), основанный на разности расстояний между источником звука и ушами. Границы этого диапазона (от 350 Гц до 1700 Гц) определяются размерами головы человека (точнее – расстоянием между ушными раковинами). Впрочем, важно то, что в этот критический диапазон попадают как частоты раздела полос НЧ и СЧ в трехполосной системе, так и их «окрестности». Это обстоятельство следует учитывать при выборе

Рис. 8.6. Распределение мощности по звуковому спектру



типа фильтра.

От типа фильтра зависит плавность изгиба частотной характеристики в области частоты среза и суммарная АЧХ системы, а также фазовые характеристики. В зависимости от выбранного порядка фильтра и места размещения динамических головок полярность их включения оказывает за-

метное влияние на результирующую АЧХ и восприятие звуковой картины. Полярность подключения головок в многополосных АС (абсолютную и относительную фазировку) нужно выбирать в процессе настройки. Никаких строгих рекомендаций здесь нет, нужно ориентироваться на максимальную выразительность звучания. Методика настройки рассматривается в **главе 9**.

Фазовый сдвиг и крутизна спада АЧХ за пределами полосы пропускания фильтра определяются его порядком и составляют 90 градусов и 6 дБ/октава на каждый порядок. То есть фильтр первого порядка обеспечивает затухание 6 дБ/октава при полном фазовом сдвиге 90 градусов, фильтр второго порядка – 180 градусов и 12 дБ/октава и так далее. На частоте среза затухание фильтра составляет 3 дБ, а фазовый сдвиг – половину от полного (т.е. 45 градусов для фильтра 1-го порядка и 90 – для второго).

Поскольку ни один кроссовер не в состоянии обеспечить идеальное разделение полос, существует зона совместного действия, в которой одновременно звучат оба динамика. Обычно она простирается примерно на две октавы выше и ниже частоты раздела. Фазовые сдвиги, которые фильтры вносят в сигнал, оказывают существенное влияние на формирование звукового образа. Возникающая в этом диапазоне сумма сигналов может улучшать фокусировку стереообраза, а может и размывать звуковую сцену. Поэтому фазовые искажения высококачественной системы должны быть минимальными, но это только одна сторона проблемы, дающая пищу для рассуждений о музыкальности фильтров различных типов. Важен не только вносимый фильтром абсолютный фазовый сдвиг. Гораздо важнее относительный сдвиг фазы между полосами частот на выходе фильтров.

Для фильтров второго порядка он близок к 180 градусам во всей полосе частот, но сохраняется постоянным только для фильтра Баттерворта. Для фильтров других типов разность фаз в области частоты раздела изменяется достаточно резко. Соответственно может меняться и локализация кажущегося источника звука. [90] Такая же картина будет наблюдаться при изменении частоты среза одного из фильтров, что иногда применяется при настройке суммарной АЧХ системы. Конечно, фаза излученного динамической головкой сигнала имеет мало общего с фазой поданного на нее напряжения (отклик индивидуален для каждого типа головки), но искажения такого рода в кроссовере желательно минимизировать.

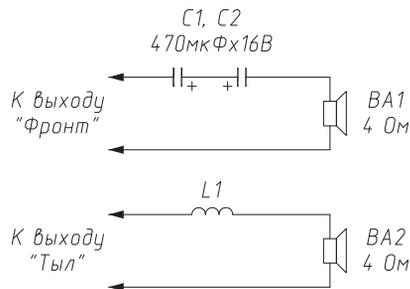


8.4. БИ-АМПИНГ

Многие автолюбители устанавливают АС в двери и заднюю полку с подключением к магнитоле по штатной схеме «фронт-тыл». Аналогичные аудиосистемы имеются в машинах, прошедших предпродажную подготовку, и в подержанных автомобилях. Акустические недостатки этого варианта компоновки описаны ранее. Однако, поскольку он все еще распространен, рассмотрим метод его улучшения, практически не требующий затрат.

При установке громкоговорителей в заднюю полку СЧ и ВЧ составляющие сигнала вызывают чрезмерное смещение звуковой сцены назад. Исправить положение можно, ограничив полосу воспроизведения задних громкоговорителей нижними частотами. Поскольку в этой роли выступают обычно коаксиальные головки, самый простой способ – отключить «пищалки» (их можно на первых порах использовать при модернизации фронтальной АС). Можно использовать в качестве тыловых низкочастотные головки. Однако остаточный уровень СЧ и ВЧ составляющих будет достаточно велик. Для его снижения необходимо применить ФНЧ с частотой среза порядка 0,8–1 кГц.

Рис. 8.7. Схема фильтров для магнитолы



У большинства распространенных малогабаритных коаксиальных или широкополосных громкоговорителей, используемых в таких установках для фронтальной АС, НЧ составляющие сигнала вызывают перегрузку и искажения уже при среднем уровне громкости. Очевидно, что для устранения этого дефекта необходимо применить ФВЧ. Хорошие результаты обычно достигаются при использовании фильтров первого порядка с частотой среза 90–180 Гц (в зависимости от характеристик головки и ее акустического оформления).

Схема одного канала комбинированного фильтра, реализующего обе эти функции, показана на рисунке 8.7. Конденсаторы С1, С2 – любые оксидные, например, К50–24. При возможности вместо них лучше использовать неполярный оксидный конденсатор емкостью 220 мкФ. Катушка L1 наматывается на оправке диаметром 25 мм (длина намотки 24 мм) и содержит 160–170 витков провода ПЭВ-2 1,0 мм. Индуктивность катушки порядка 0,6 мГ.

Другое решение: переход к разнесенной (компонентной) акустике, в этом случае мидбасовые головки можно установить в подходящее акустическое оформление. В этом случае лучше применить раздельное усиление (Bi-amping), тогда появится возможность регулировать тональный баланс не только регуляторами тембра, но и соответствующим распределением мощности усилителей, что отчасти может компенсировать отсутствие эквалайзера. При использовании готового комплекта двухполосной АС проще всего использовать штатный кроссовер, разделив входы ФВЧ и ФНЧ для подключения к фронтальным и тыловым каналам. Кстати, такой вариант подключения предусмотрен в некоторых двухполосных коаксиальных громкоговорителях и компонентных АС. При самостоятельном изготовлении расчет фильтров производится по любой известной методике. Предпочтение следует отдать фильтрам первого порядка: они вносят минимальные фазовые искажения и потери, просты в изготовлении и настройке и мало чувствительны к отклонению номиналов элементов от расчетных.

При частоте раздела 5–7 кГц, характерной при использовании недорогих ВЧ-головок, наилучшим образом проявят себя в таком включении магнитолы с неравным распределением мощности между фронтальными и тыловыми каналами (обычно 2x7 Вт фронт и 2x25 Вт тыл). Для упрощения фильтр в канале НЧ можно не использовать, поскольку естественный спад АЧХ большинства головок начинается в этой области частот. Правда, у головок с диффузором диаметром более 13 см возможно увеличение неравномерности АЧХ на высших частотах из-за перехода диффузора из поршневого режима работы в зонный. В этом случае необходимость применения фильтра в канале НЧ лучше выяснить опытным путем.

У магнитол с каналами равной мощности каналы, работающие на «пищалки», будут использовать не более трети своих возможностей. В этом случае есть смысл подумать о снижении частоты раздела до 1,5–3 кГц. Для этого требу-



ются ВЧ-излучатели специальной конструкции с низкой частотой основного резонанса и ФВЧ высоких порядков. Стоимость их немалая, поэтому трехполосная фронтальная АС в этом случае может оказаться даже дешевле, а возможности по настройке сцены у нее заметно больше.

В качестве низкочастотного звена трехполосной АС при монтаже в двери желательно использовать автомобильные широкополосные или низкочастотные головки диаметром 16 см, или эллиптические «6х9». Автомобильные головки меньшего размера редко способны на полноценное воспроизведение частот ниже 100–120 Гц. Для корпусных АС «под сиденья» можно рекомендовать отечественные головки 25ГДНЗ-4 (фазоинвертор), 25ГДН4-4 (закрытый корпус). В качестве СЧ-ВЧ звена на первом этапе пригодны коаксиальные головки диаметром 7,5–13 см.

В таком варианте частоту раздела между полосами НЧ и СЧ/ВЧ удобно выбрать в районе 350 Гц. В этом случае катушка L1 также наматывается на оправке диаметром 25 мм (длина намотки 24 мм), но содержит уже 230–240 витков провода ПЭВ-2 1,0 мм. Индуктивность катушки порядка 1,8 мГ. Емкость конденсаторов С1, С2 нужно уменьшить до 220 мкФ или заменить одним неполярным конденсатором емкостью 100 мкФ.

Более совершенная распределенная трехполосная АС имеет отдельные излучатели СЧ и ВЧ. Как упоминалось, применение разнесенных АС снимает ряд компоновочных ограничений и позволяет наилучшим образом использовать каждую головку. ВЧ-головки в трехполосных системах обычно работают при относительно высокой частоте раздела (5–7 кГц) и поэтому не требуют применения сложных фильтров. Для первых экспериментов вполне подойдут «пищалки», изъятые ранее из тыловых «коаксиалов», но лучше использовать специальные малогабаритные ВЧ-головки.

Доступные СЧ-головки (или широкополосные в роли СЧ) с «мягким» диффузором диаметром до 10 см вполне можно использовать только с ФВЧ, не ограничивая полосу частот сверху. Их АЧХ в рабочем диапазоне частот достаточно равномерна и плавно спадает на высоких частотах. Головки большего диаметра обычно обладают значительной неравномерностью АЧХ, в этом случае для СЧ-излучателей необходимы полосовые фильтры.

НЧ-головки трехполосных систем при частотах раздела порядка 500–800 Гц в ряде случаев можно включать без ФНЧ, учитывая естественный спад АЧХ и особенности

акустического оформления. Это позволит снизить потери на активном сопротивлении катушки фильтра. Однако головки с диффузорами высокой жесткости часто имеют несколько резонансов в области СЧ, создающих призвуки. В этом случае ФНЧ необходим.

8.5. КОМБИНИРОВАННОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ НАГРУЗКИ

Традиционно многополосные АС подключаются каждая к своему каналу усилителя, в этом случае пассивные фильтры выполняются по схемам, рассмотренным ранее. Помимо этого существуют различные варианты комбинированного подключения нагрузки. Они учитывают особенности построения усилителей, в частности – возможность работы в мостовом включении. Нередко это позволяет простыми средствами добиться качественного звучания. Однако конструкция фильтров и порядок расчета в этом случае имеют некоторые особенности. [75, 89]

Если усилитель не может работать в мостовом включении, это еще не означает, что его можно использовать только традиционным способом (как двухканальный). Суммируя сигналы на выходе, можно заставить два канала усилителя работать на общую нагрузку. Чаще всего такое включение используется при работе на сабвуфер, имеющий сдвоенную звуковую катушку. В этом случае каждая из обмоток соединяется с выходом отдельного канала (обязательно с соблюдением фазировки!).

Кстати говоря, наличие или отсутствие возможности мостового включения нельзя рассматривать как достоинство или как недостаток. Усилители с возможностью работы в мостовом включении (таких среди автомобильных – подавляющее большинство) обладают большей гибкостью применения, чем облегчают жизнь установщику (или владельцу). Однако обратная сторона этой гибкости вызывает гнев аудиофилов. Дело в том, что инвертирующий и неинвертирующий каналы мостового усилителя выполнены по одной схеме, но на пути сигнала в одном канале имеется дополнительный каскад, инвертирующий сигнал. Поэтому при использовании такого усилителя не в мостовом включении путь сигнала левого и правого каналов будет разным. Разным будет и время прохождения сигнала через усилительный тракт. Впрочем, ни измерить, ни услышать эту разницу практически невозможно, хотя любители эксперимента могут попробовать поменять местами каналы усили-



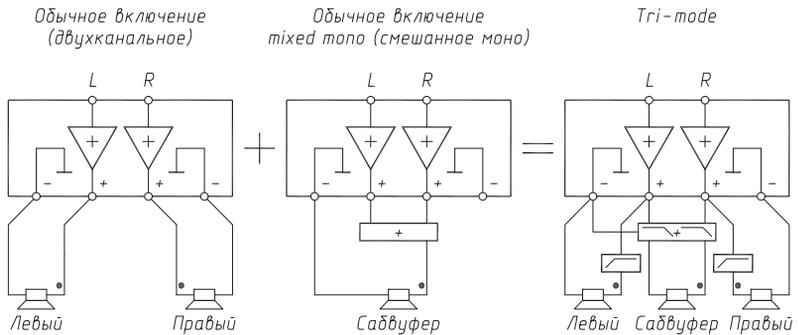
теля – вдруг вожделенная сцена станет туда, куда нужно, без лишних затрат...

Усилители с возможностью работы «мостом» при включении в двухканальный режим имеют особенность. Инверсия сигнала в одном из каналов учитывается обратной фазировкой динамиков одного канала. Это отмечено на выходных клеммах усилителя, поэтому нет нужды заглядывать в схему, но при включении усилителя в мостовой режим для подключения нагрузки нужно использовать именно указанные для этого клеммы – на другой («земляной») паре звука не будет совсем...

Мостовое включение нагрузки между левым и правым каналами в англоязычной литературе получило наименование *mixed mono* (смешанное моно). Низкочастотная головка включается по мостовой схеме между выходами усилителей левого и правого каналов, при этом сигналы суммируются и головка воспроизводит монофонический сигнал. При работе в мостовом режиме мощность суммарного канала теоретически равна учетверенной мощности одного исходного канала. Для ограничения частотного спектра сигнала можно использовать как активные, так и пассивные фильтры.

Рис. 8.8. *Tri-mode* для
обычного включения

Варианты включения усилителя без возможности мостового включения

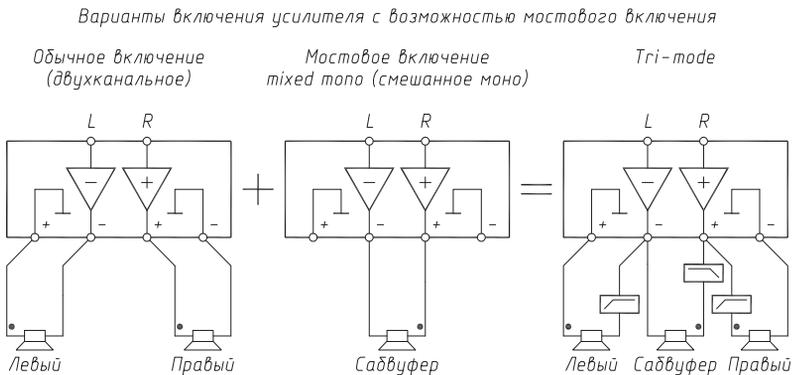


Но самый интересный вариант включения двухканального усилителя – *tri-mode*. Два канала усилителя работают при этом каждый на свою акустическую систему («левый-правый»), и оба вместе – на суммарный канал. [75]

Для того чтобы не перегрузить выходные каскады усилителей, диапазоны рабочих частот левого-правого и суммарного каналов не должны пересекаться. Каналы усилителя используются как широкополосные, активны-

ми кроссоверами пользоваться нельзя и применение пассивных фильтров на выходе неизбежно. Это один недостаток этого способа включения, не столь уж существенный. Поскольку многополосная акустика при работе с двухканальным усилителем уже использует пассивный кроссовер, добавление еще одного звена мало что изменит, кроме порядка расчета. Другой, более серьезный недостаток – невозможность регулировать соотношение мощностей каналов. Поэтому при выборе динамиков для работы в tri-mode необходимо учитывать их чувствительность и потери в пассивных фильтрах.

Рис. 8.9. Tri-mode для мостового включения



Обычно tri-mode и mixed mono используются только с двухканальными усилителями, но область применения метода можно расширить. Таким же образом можно организовать суммарный мидбасовый канал в «сверхбюджетной» установке или центральный канал. Дальнейшее изложение ведется применительно к усилителям магнитол, но большинство предложенных решений можно использовать и с внешними усилителями.

Для комбинированного подключения пригодны магнитолы с мостовыми усилителями большой мощности (выше 20 Вт на канал). Модели с двух- или четырехканальным усилителем малой мощности рассматриваться не будут – здесь «медицина бессильна».

На приводимых далее схемах указаны частоты среза, обеспечиваемые при наиболее распространенных стандартных номиналах конденсаторов. Пунктиром показаны необязательные элементы. Поскольку используются инвертирующие и неинвертирующие выходы встроенного



усилителя магнитолы, обратите внимание на полярность подключения головок. В тех случаях, когда по схеме требуется соединение одного из выводов нагрузки с «массой», это необходимо делать на корпусе магнитолы или на «минусовом» проводе питания как можно ближе к ее корпусу.

Внимание! Соединение АС с «массой» автомобиля недопустимо!

В зависимости от структуры усилителей магнитолы схемы подключения изменяются. Рассмотрим их «по старшинству». [89]

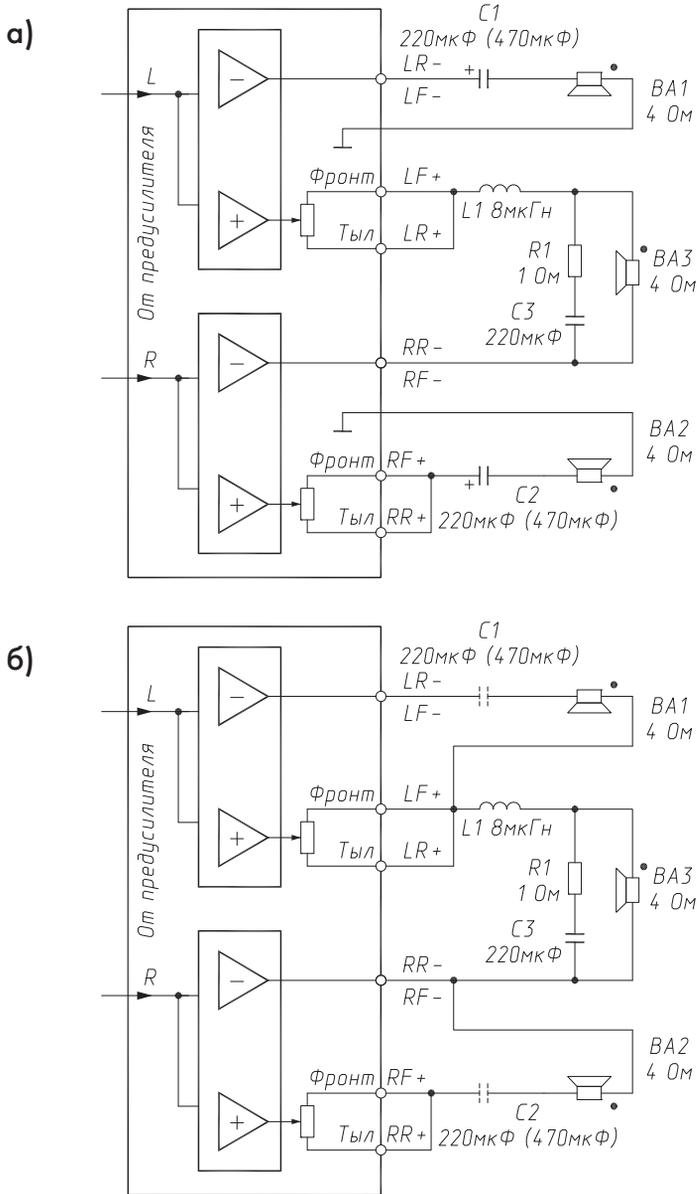
8.5.1. Магнитолы с двухканальным усилителем и фейдером на выходе

В эксплуатации находится еще немало таких «динозавров» выпуска середины 90-х годов. Характерная черта встроенных усилителей таких аппаратов: они рассчитаны на нагрузку 2 Ома и обладают солидным запасом выходного тока. Это связано с тем, что в среднем положении фейдера фронтальные и тыловые АС соединяются параллельно. Однако использовать совместно с ними современную компонентную акустику с пассивными кроссоверами невозможно. Причина проста – при введении фейдера увеличивается выходное сопротивление усилителя, что приводит к изменению частоты среза фильтров. Поэтому единственный возможный вариант включения усилителей таких аппаратов с современной акустикой – двухканальная конфигурация, при которой фейдер исключен из работы.

В таком варианте можно добавить сабвуфер по схеме «смешанное моно». Поскольку регулировать соотношение уровней фронтальной АС и сабвуфера невозможно, в зависимости от чувствительности примененных головок выбирается один из вариантов подключения (рисунок 8.10).

Вариант «А» используется в том случае, когда чувствительность фронтальных динамиков на 3–5 дБ выше, чем у сабвуфера. В этом варианте они подключены к усилителям не по мостовой, а по обычной схеме, и подводимая к ним мощность не превышает 7 Вт/4 Ом. Для получения достаточной громкости фронтальной акустики желательно использовать высокоэффективные головки чувствительностью порядка 91–93 дБ. Обратите внимание на их фазировку – один из «полуусилителей» инвертирующий, второй – неинвертирующий. Частота среза ФВЧ, образованного конденсаторами С1 и С2, может выбираться произвольно. Однако наличие конденсаторов принципиально важно: они

Рис. 8.10. Подключение сабвуфера к магнитоле с двухканальным усилителем





не пропускают на динамики постоянную составляющую с выхода усилителей. Фронтальные головки условно показаны широкополосными, но они могут быть коаксиальными или компонентными.

Вариант «Б» используется при близкой чувствительности всех головок. Наличие конденсаторов С1, С2 для нормального функционирования уже не обязательно, поскольку используется мостовое подключение. При отсутствии конденсаторов головки в полосе пропускания фильтра сабвуфера работают параллельно. Это приводит к снижению импеданса нагрузки до 2 Ом, но усилитель на это рассчитан изначально. Для сабвуфера в обоих случаях используется фильтр второго порядка (СЗL1R1) с частотой среза около 130 Гц. Параметры выбраны из условия компромисса между воспроизведением частот «голосового» диапазона и сложностью конструкции фильтра. Кроме того, при частоте среза ФВЧ фронтальной АС порядка 180 Гц можно подавить резонанс салона параметрически, без использования эквалайзера, только за счет разнесения полос.

Катушка L1 наматывается на оправке диаметром 25 мм (длина намотки 25 мм) и содержит 440 витков провода ПЭВ-2 1,5 мм. Индуктивность катушки порядка 8 мГ, активное сопротивление 0,8 Ом. Резистор R1 сопротивлением 1 Ом исключает вероятность перегрузки усилителя магнитолы.

8.5.2. Магнитолы с комбинированным усилителем

Усилитель этих магнитол можно использовать в двух вариантах – как двухканальный мостовой с максимальной мощностью 2x25 Вт или как четырехканальный с обычным подключением нагрузки и «виртуальной землей». Мощность при этом составляет 4x7 Вт. Самый известный представитель этого семейства Sony 1253/1853.

Для работы с сабвуфером необходима двухканальная конфигурация (рисунок 8.11). Выбор схемы включения, как и в предыдущем варианте, производится с учетом чувствительности головок. Для «варианта А» конденсаторы С1, С2 играют роль ФВЧ. От них можно отказаться, если примененные головки обеспечивают неискаженное воспроизведение низших частот. Отделение постоянной составляющей производится в этом случае внутренними конденсаторами магнитолы. Однако для «варианта Б» обязательно наличие двух ФВЧ для стереоканалов и ФНЧ для суммарного кана-

ла. Их задача – исключить параллельную работу головок на низких частотах. Поскольку на низких частотах импеданс головок практически равен их сопротивлению по постоянному току, отсутствие фильтров может привести к перегрузке усилителя, рассчитанного на нагрузку 4 Ом. Для стереоканалов используются фильтры первого порядка ($C1$, $C2$),

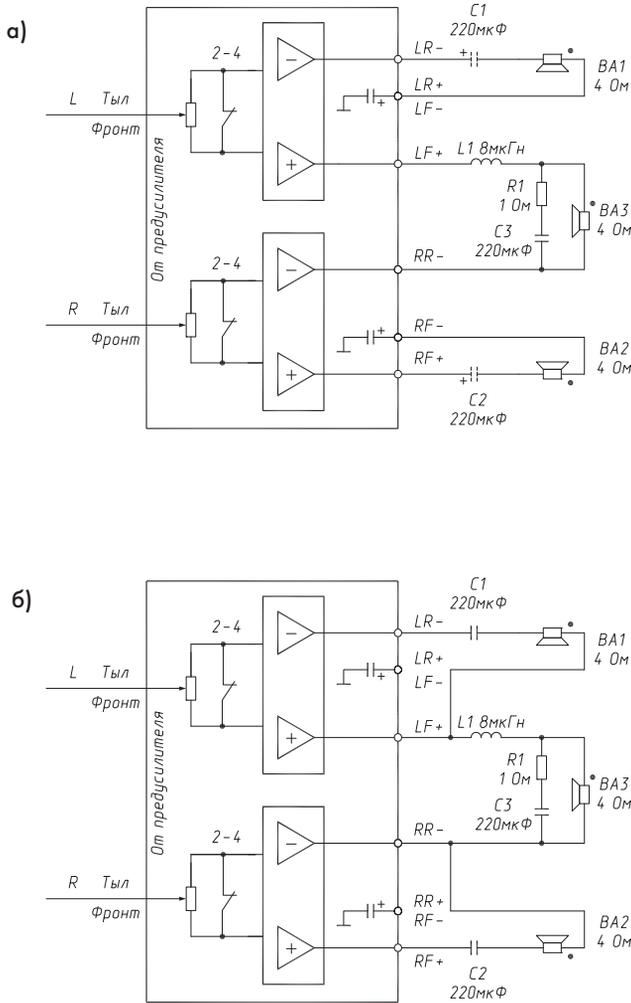


Рис. 8.11. Подключение нагрузки к магнитоле с комбинированным услителем

для суммарного – второго порядка ($C3L1R1$).

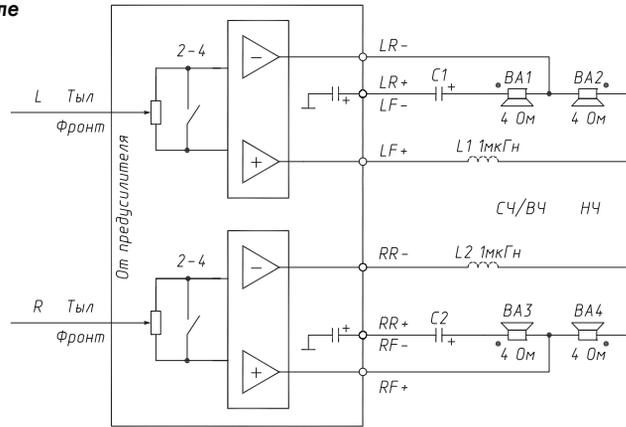
Возможен и другой вариант смешанного подключения нагрузки, но уже в рамках одного усилительного канала (рисунок 8.12). Он удобен для двух- или трехполосной акустической системы. Для НЧ-головки используется мостовое включение, а для СЧ/ВЧ или ВЧ – обычное. Переключатель режимов устанавливается в положение для четы-



рехканальной конфигурации.

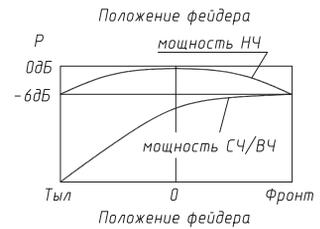
Необходимые в этом случае разделительные конденсаторы С1, С2 одновременно выполняют роль ФНЧ первого порядка. Поляризирующие напряжения обеспечиваются усилителем, поэтому можно применить доступные полярные оксидные конденсаторы. Фейдер при таком включении выполняет роль регулятора тонального баланса. С учетом выбранной частоты раздела (400 Гц) и разной чувствительности головок (у НЧ-головок это показатель обычно на 2–4 дБ хуже, чем у СЧ и ВЧ), правильный тональный баланс обеспечива-

Рис. 8.12. Смешанное подключение нагрузки в одном канале



*Зависит от реального импеданса

BA1, BA3	C1, C2 мкФ
>400 Гц	100
>3 кГц*	10



ется приблизительно в среднем положении регулятора.

Зависимость подводимой к головкам мощности от положения фейдера показана на рисунке 5.18б. В процессе регулирования мощность на мостовой нагрузке снижается максимально на 6 дБ (в 4 раза), поскольку в крайних положениях фейдера схема сводится к обычной (оставшееся без сигнала плечо усилителя выполняет роль «виртуальной земли»). Следует учитывать, что в зоне совместного действия головок они оказываются соединенными параллельно. Но поскольку на этих частотах уже сказывается рост импеданса нагрузки из-за индуктивности звуковой катуш-

ки, реально перегрузка усилителя не возникает.

8.5.3. Магнитолы с усилителями разной мощности

По такой схеме до сих пор выпускается ряд недорогих аппаратов. Мощные усилители этих моделей выполнены по мостовой схеме, а менее мощные – по обычной. Помимо упоминавшегося варианта би-ампинга можно использовать традиционное или смешанное подключение фронтальных головок к более мощным тыловым каналам. Тыловую АС («подзвучку»), не требующую большой мощности, подключить к фронтальным каналам по обычной схеме или схеме Хафлера (с разностным сигналом). Функции фейдера «фронт-тыл» поменяются местами, но к этому легко привыкнуть. Все сказанное выше относительно комбинированного подключения остается в силе, только исчезнет возможность регулировать соотношение мощностей по полосам во фронтальном канале.

Аналогично по комбинированной схеме можно включить фронтальную акустику и сабвуфер. Фейдер при этом регулирует уровень сигнала пищалок. Рабочие диапазоны

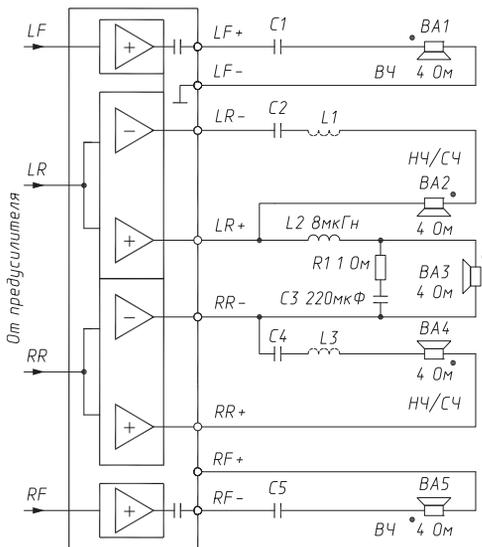


Рис. 8.13. Подключение нагрузки к магнитоле с неравной мощностью каналов

*Зависит от реального импеданса

BA1, BA5	C1, C5 мкФ
>400 Гц*	10
>5 кГц*	6,8
>7 кГц*	4,7

BA2, BA4	C2, C4 мкФ	L1, L3 мкГн
>180 Гц	220 (2x470)	—
>3000 Гц*	—	0,2

*Зависит от реального импеданса

Номиналы в скобках - для полярных конденсаторов

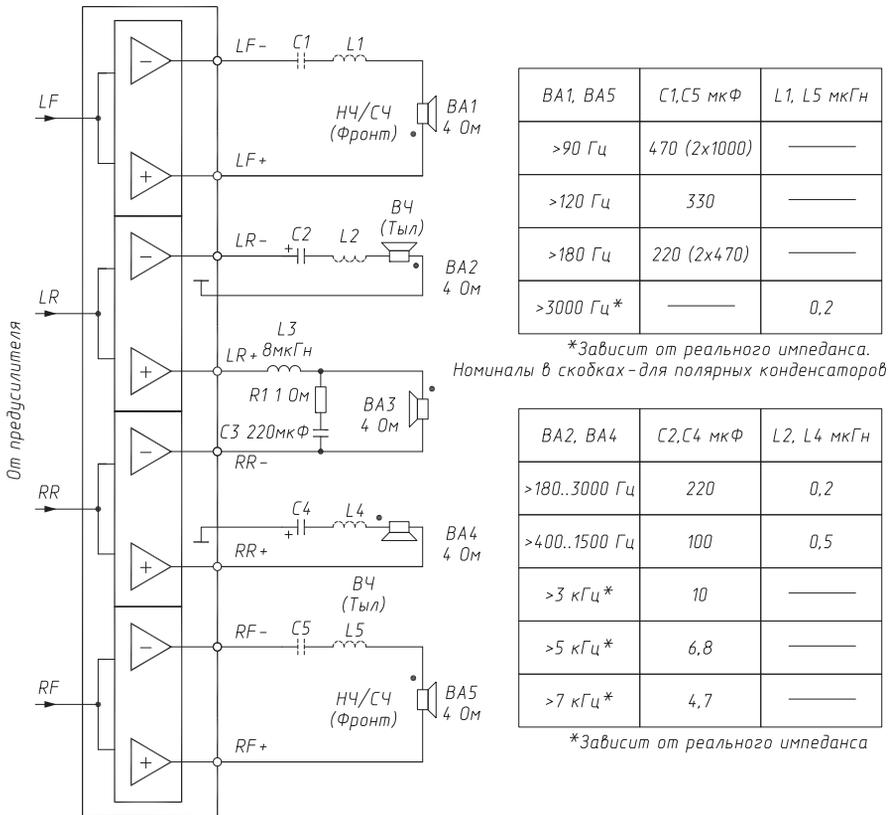


частот фронтальных головок и сабвуфера не должны пере-
крываться, чтобы не вызвать перегрузку усилителя.

8.5.4. Магнитолы с четырехканальными мостовыми усилителями

Для четырехканальных мостовых усилителей, которые
снабжены практически все современные магнитолы,
приведенные варианты включения АС комбинируются
различным образом. Например, используя одновременно
«смешанное моно» и обычную схему подключения, можно

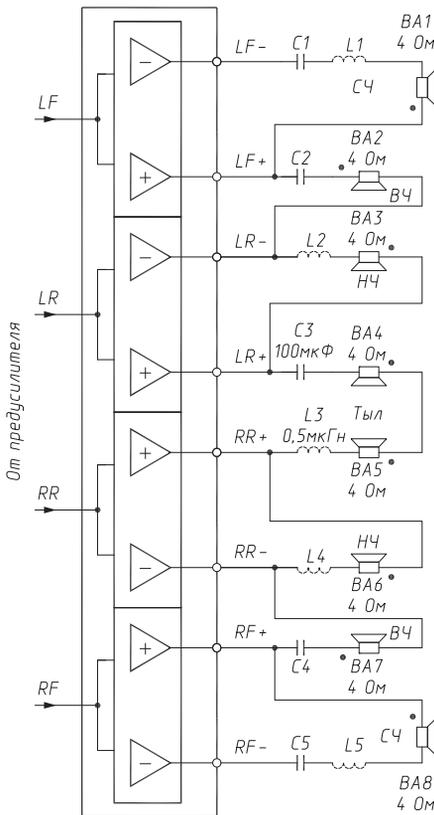
Рис. 8.14. Подключение сабвуфера к магнитоле с
четыреканальным усилителем



подключить сабвуфер, «пищалки» или тыловые АС (с ограничением полосы частот), а оставшиеся каналы использовать для мидбаса или фронтальной АС.

Другой вариант – трехполосная фронтальная АС с комбинированным подключением и подзвучка по схеме Хаффлера. Фейдер позволяет регулировать соотношение СЧ и НЧ, уровень ВЧ в процессе регулирования изменяется в пределах 6 дБ. Порядок подключения нагрузки выбран таким, что перегрузка усилителя не возникает даже при использовании НЧ-головок в полной полосе частот. СЧ-головки используют-

Рис. 8.15. Смешанное подключение трехполосной АС к магнитоле с четырехканальным усилителем



BA3, BA6	L2, L4 мкГн
>350 Гц	1,8 мкГн
>500 Гц	1,3 мкГн
>800 Гц	0,8 мкГн

BA1, BA8	C1, C5 мкФ	L1, L5 мкГн
>180 Гц	220 (2x470)	—
>400 Гц	100 (2x220)	—
>700 Гц*	47	—
>3000 Гц*	—	0,2

BA2, BA7	C2, C4 мкФ
>3 кГц*	10
>5 кГц*	6,8
>7 кГц*	4,7

*Зависит от реального импеданса.
Номиналы в скобках – для полярных конденсаторов



ся только с ФВЧ, что делает эту схему особенно привлекательной для начинающих (не нужно мотать катушки индуктивности). Словом, вариантов много, была бы фантазия.

8.6. МАЛОСИГНАЛЬНЫЕ ПАССИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Все приведенные ранее решения объединяет один недостаток – пассивные разделительные фильтры на выходе усилителя. Из-за достаточно большой емкости в них приходится применять оксидные конденсаторы, негативное влияние которых на качество звучания общеизвестно. Можно набрать соответствующие «батареи» из бумажных или полипропиленовых конденсаторов, но габариты и стоимость этих узлов превзойдут все разумные пределы.

Изготовление катушек индуктивности для низкочастотных звеньев кроссовера является серьезным испытанием для любителя. При использовании распространенных обмоточных проводов диаметром 1–1,5 мм трудно получить активное сопротивление меньше 0,5 Ом, что означает ощутимую потерю и без того небольшой мощности встроенных усилителей. Применение ферромагнитных сердечников одновременно со снижением потерь ухудшает качество звучания.

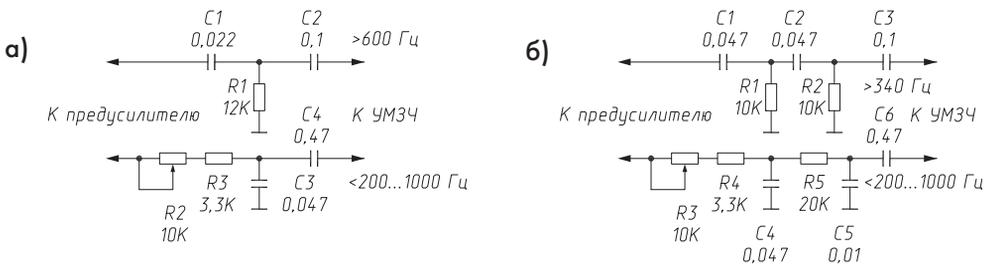
Кроме того, в процессе настройки нередко возникает необходимость изменить частоты раздела полос или уровень сигнала, подводимый к отдельным головкам. Можно предусмотреть аттенюаторы, переключаемые емкости и индуктивности, но это сильно усложняет конструкцию, и увеличивает ее стоимость, особенно для фильтров высоких порядков. Ведущие производители автомобильных АС выпускают несколько моделей «универсальных» кроссоверов с переключаемыми частотами раздела. Как правило, в них использованы фильтры первого порядка. С целью повышения надежности и уменьшения стоимости переключатели применяются редко, а настройка производится подключением к соответствующим клеммам.

Большинства этих проблем можно избежать, если перенести разделительные фильтры с выхода усилителей на их вход и перейти к многополосному усилению. Как показала практика, для этого вовсе не обязательно использовать активные фильтры высоких порядков. Даже при использовании пассивных фильтров первого порядка на входе УМЗЧ качество звучания заметно выше, чем при тех же частотах раздела, но с фильтрами на выходе. Целесообразно приме-

нять RC-фильтры, так как для LC-фильтров требуется хорошее согласование выходных и входных сопротивлений.

Этот вариант наиболее удобен при использовании современной магнитолы с четырехканальными мостовыми усилителями равной мощности и трехполосной фронтальной АС. В этом случае одна пара каналов используется для усиления сигналов в полосе НЧ, а вторая – в полосе СЧ/ВЧ. Для разделения сигналов СЧ и ВЧ применяется

Рис. 8.16. Фильтры на входе усилителей



пассивный фильтр на выходе усилителя, конструкция которого для этих частот достаточно проста. Можно использовать варианты смешанного подключения, однако для сабвуфера лучше использовать отдельный усилитель. [48, 115]

Приобретение малогабаритных четырехсекционных переменных резисторов, необходимых для перестройки фильтра второго порядка, обычно представляет проблему. Можно ограничиться фильтром первого порядка или перестраивать в фильтре второго порядка только одно звено. Кроме того, при расчете фильтров нужно учитывать входное сопротивление микросхем УМЗЧ. Как правило, оно составляет 25–35 кОм. Удобнее перестраивать частоту среза канала НЧ.

В качестве примера приведены схемы фильтров первого (рисунок 8.16а) и второго (рисунок 8.16б) порядка, спроектированные по этим принципам. [115] В схему магнитолы их удобнее всего включить вместо разделительных конденсаторов на входе УМЗЧ (для этого они перенесены на выход фильтров). Большинство производителей магнитол указывают на плате функциональное назначение выводов микросхемы, так что найти входы нужных каналов и соответствующие им конденсаторы не составит труда. При отсутствии маркировки и документации на микросхему назначение выводов можно



определить, поочередно подавая на них сигнал частотой 1 кГц и амплитудой 30–50 мВ от генератора ЗЧ через конденсатор емкостью 0,01 мкФ, и прослушивая его на подключенные к выходам динамические головки.

Детали в конструкции фильтра можно использовать любые, желательно малогабаритные, поскольку свободного места внутри магнитолы немного. Рекомендуемые постоянные резисторы МЛТ-0,125, конденсаторы серии К73, двоянные переменные резисторы СП2-6в, СПЗ-4дМ, СПЗ-33-23, четверные СПЗ-33-33. Монтаж может быть как навесной, так и печатный – все зависит от возможностей любителя. Общий провод фильтров необходимо соединить с общим проводом магнитолы, лучше всего на отрицательном выводе конденсатора фильтра питания (в магнитоле это оксидный конденсатор самой большой емкости, обычно 4700 мкФ и больше).

Регулятор частоты среза нужно разместить так, чтобы иметь к нему доступ. В «цельносъемных» моделях магнитол его можно вывести «под шлиц» или с утопленной рукояткой на заднюю, верхнюю или боковую панель. В магнитолах со съемной или откидной панелью управления удобнее вывести регулятор на переднюю панель, чтобы доступ к нему был оперативным. Как правило, слева от ЛПМ есть место, достаточное для монтажа регулятора. В CD-ресиверах привод занимает почти всю ширину корпуса, но малогабаритный переменный резистор вполне можно разместить и там.

8.7. ВЫБОР СТРУКТУРЫ УСИЛИТЕЛЬНОГО ТРАКТА

Наращивание автомобильной аудиосистемы обычно начинается с приобретения усилителя. Поскольку качество звучания встроенных усилителей головных аппаратов за последние годы заметно улучшилось, часто ограничиваются только добавлением сабвуфера. В этой ситуации выбор идет между активным сабвуфером, одноканальным или двухканальным усилителем. [40, 115]

Активный сабвуфер – вещь удобная, все «в одном флаконе», установка и подключение не требуют профессионального подхода. Еще одно достоинство – малое потребление энергии. Уже несколько лет в активных сабвуферах используют экономичные импульсные усилители класса D. Однако такие сабвуферы рассчитаны на

некий «средний» салон, поэтому при высоких требованиях к «количеству и качеству» баса лучше использовать индивидуально спроектированный сабвуфер с отдельным усилителем [42]. Поскольку сигнал для сабвуфера нужен монофонический, сигналы левого и правого каналов перед подачей на усилитель необходимо суммировать. Обычно и сложение сигналов, и фильтрация полученного сигнала выполняются одним устройством, входящим в состав специализированного усилителя для сабвуфера. Однако «узкая специализация» усилителя не может не отразиться на его цене, да и ассортимент невелик. Поэтому выбор обычно делается в пользу двухканального усилителя в мостовом режиме. [68]

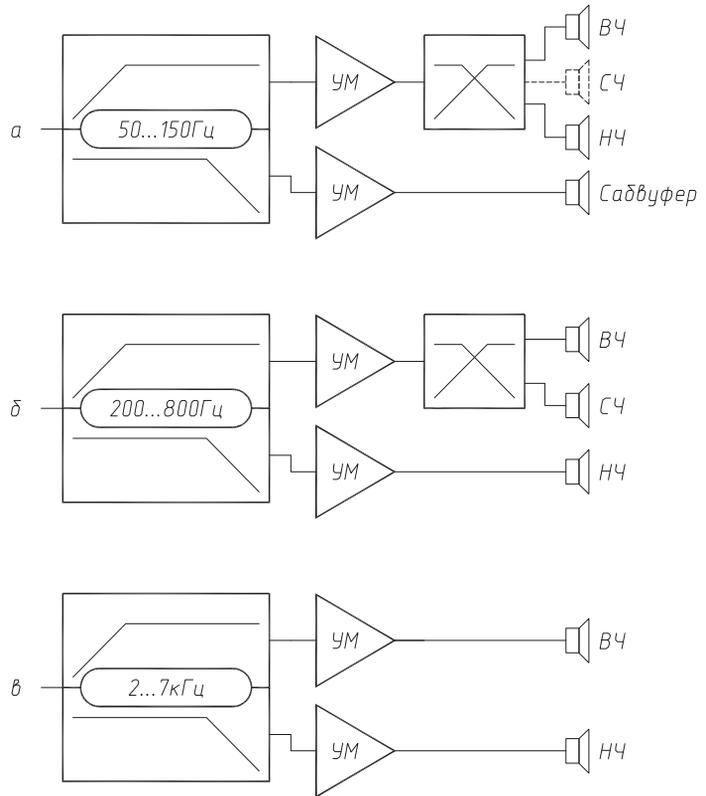
В тех случаях, когда возможности головного аппарата исчерпаны, нужен усилитель с числом каналов большим, чем два. Самые «продаваемые» усилители в модельном ряду любой фирмы – четырехканальные. Благодаря наличию четырех каналов можно использовать их как порознь, так и совместно в мостовой или обычной схеме включения (или их комбинациях). Давать какие-либо конкретные рекомендации здесь трудно – все зависит от модели. Описанные выше комбинированные варианты подключения нагрузки вполне применимы и к четырехканальным усилителям, но особой популярностью пользуется режим «2+1». Два канала включаются мостом на сабвуфер, а два оставшихся – как обычно, на левую и правую акустические системы. Поскольку каналы усилителя при таком включении полностью независимы, можно использовать встроенные кроссоверы усилителя. Кроссоверы многих недорогих усилителей учитывают эту особенность: в одной паре каналов использован только ФНЧ, в другой – только ФВЧ [60]. При желании можно организовать tri-mode и в этом случае, причем суммарных каналов может быть даже два!

Усилительный тракт можно выполнить по нескольким структурным схемам, используя различные варианты разделения частот и разные типы фильтров. Наибольшей гибкостью обладают системы с многополосным усилением, выполненные по принципу «каждому динамику – свой усилитель». Однако стоимость многополосных систем пока выше, чем с широкополосным усилителем. Исключением из этого правила являются некоторые пятиканальные усилители, позволяющие построить полноценную систему без дополнительных компонентов.

На рисунке 8.17 показаны основные варианты постро-



Рис.8.17. Тракты с двухполосным усилением



ения тракта сигнала с двухполосным усилением, на рисунке 8.18 – с трехполосным. Частота раздела полос между сабвуфером и фронтальной АС во всех случаях выбирается в диапазоне 50–150 Гц.

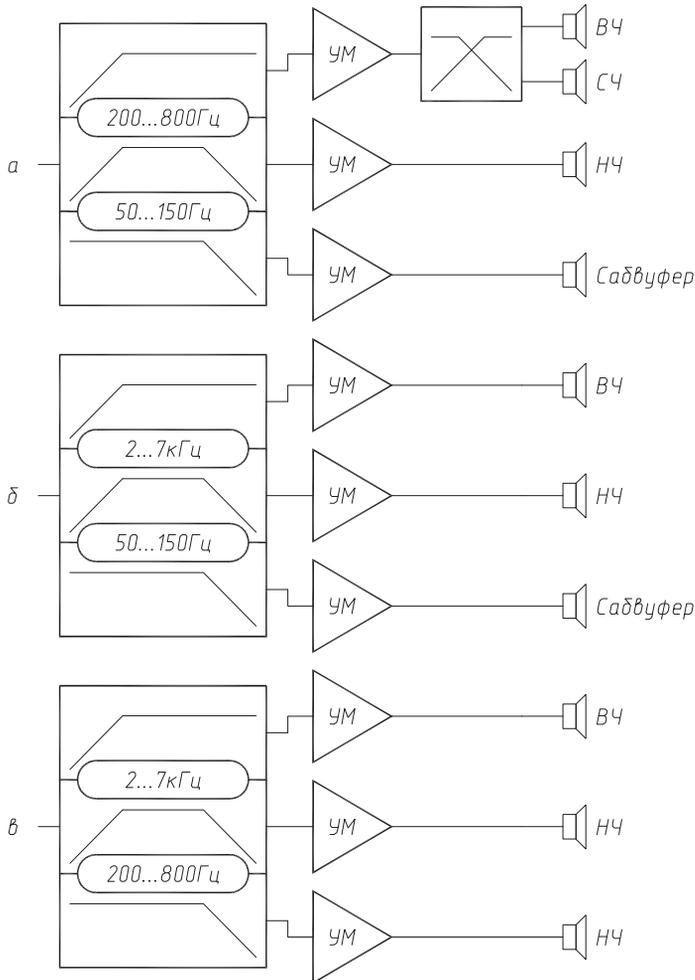
Частота раздела полос НЧ и СЧ выбирается в диапазоне 200–800 Гц, СЧ и ВЧ – 2–7 кГц. В некоторых вариантах наряду с активным кроссовером используются пассивные разделительные фильтры, но в последнее время доля таких установок уменьшается. Поскольку для «пищалок» нужна существенно меньшая мощность, в некоторых случаях вполне можно использовать встроенный усилитель головного устройства и обойтись четырехканальным внешним

усилителем. Другой возможный вариант – последовательное включение двух пищалок в каждом канале. В этом случае подводимая к каждой из них мощность не превысит 25% от мощности усилительного канала.

Наиболее рациональна на сегодняшний день структура «2,5 полосы» с отдельным усилением полос НЧ и СЧ/ВЧ. Эти полосы разделяются активным кроссовером, а СЧ и ВЧ – пассивным. Такая структура обладает достаточной гибкостью и в то же время не требует серьезных затрат.

Для простых мультимедийных систем используется структура с широкополосными усилителями для каждого

Рис. 8.18. Тракты с трехполосным усилением



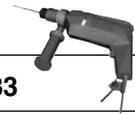


МОНТАЖ АУДИОСИСТЕМЫ

Для получения от автомобильной аудиосистемы высококачественного звучания ее необходимо не только правильно спроектировать, но и тщательно изготовить. Чтобы ее эксплуатация не вызывала проблем, помимо акустических и схемотехнических требований необходимо соблюсти правила техники безопасности и эргономики. В этой главе даны краткие рекомендации, которые позволят избежать наиболее типичных ошибок, способных свести на нет все конструкторские ухищрения и смелые замыслы. [2, 115]

Прежде чем приступать к монтажу аудиосистемы в автомобиле, нужно позаботиться о хорошей организации работ. Нет ничего хуже, чем лихорадочно разыскивать нужный инструмент или прикидывать размеры «на глаз». Со временем у каждого мастера появляются свои приемы работы и свои излюбленные материалы, но для начала за основу можно взять следующий список:

- провода соответствующего сечения и длины;
- держатель предохранителя и запасные предохранители;
- крепеж (саморезы, винты, гайки, шайбы, разъемы и т.д.);
- изоляционная лента – и немало. Убедитесь, что она выдерживает полный диапазон температур в автомобиле;
- термоусадочная или гофрированная трубка. Прекрасно защищает провода, особенно в моторном отсеке;
- крепежные хомутики, изоляционные втулки, пистоны, трубочки. Запаситесь достаточным количеством «безразмерных» затягивающихся хомутиков для крепления жгутов проводки;



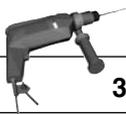
- набор плоских и крестовых отверток различного размера. Большую помощь при работе в труднодоступных местах окажет магнитная отвертка и угловая отвертка с «карданчиком»;
- различные гаечные ключи, плоскогубцы, головки – в зависимости от типа автомобиля;
- дрель с набором сверл и пила по металлу;
- сапожный нож и термопистолет с клеем для доработки панелей и установки их на место;
- тепловой пистолет (строительный фен). Незаменим при обтяжке криволинейных поверхностей и просушке клеевых соединений;
- паяльник;
- мультиметр или тестер;
- проволочная петля для протягивания проводов в труднодоступных местах;
- маленький фонарик или переносная лампа;
- рулетка, угольник, линейка или складной метр.

9.1. СТЕКЛОПЛАСТИК

Стекловолокно как конструкционный материал обладает целым рядом преимуществ. Но основное свойство – очень высокая прочность и жесткость при малом весе. Конструкции из стеклопластика и композитных материалов широко используются не только в процессе установки аудиосистемы, но и для изготовления индивидуальных деталей (бамперов, торпедо, накладок).

Для создания детали из стеклопластика необходимы три компонента: стеклоткань, полиэфирная смола и отвердитель. Применяются два вида стеклоткани. Один из них представляет собой рогожку (Woven mat) – довольно толстые волокна переплетены так, что получилась плотная ткань. Другой вид, насечка (Chopped mat) – потоньше, попроще и подешевле. Ее более тонкие волокна не переплетены, а просто спрессованы вместе (иногда с помощью фиксирующих растворов).

Для работы со стеклотканью используют полиэфирную смолу (Polyester resin). Одна из главных составляющих полиэфирной смолы – мономер стирена, выделяющий характерный запах и служащий для разжижения самой смолы. В качестве отвердителя используется перекись метилэтилкетона. Это прозрачная жидкость, очень летучая, легко воспламеняющаяся и относящаяся к классу опасных



384

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

химических веществ. При соединении смолы и отвердителя (он действует как катализатор) происходит реакция с выделением тепла, благодаря которой смола твердеет.

Подготовка смолы к работе заключается в смешивании ее с отвердителем (1–1,5% отвердителя от объема смолы). Как правило, на емкостях уже есть маркировка, которая облегчит дозировку компонентов. Следует помнить, что время застывания зависит от температуры компонентов и температуры в помещении. Если температура в помещении ниже 20 градусов, то время застывания смолы может составлять более 12 часов. Для ускорения этого процесса рекомендуется перед добавлением отвердителя нагреть смолу до 25–30 градусов. Кроме того, со временем смола теряет свои свойства, время застывания соответственно увеличивается. Срок хранения смолы обычно не превышает трех месяцев.

Необходимо помнить про соблюдение основных требований техники безопасности. Компоненты смолы легко воспламеняются и ядовиты, поэтому нужно быть осторожным при хранении. Для работы с ними неплохо оборудовать рабочее место вытяжкой. А при обработке готовой детали обязательно пользоваться респираторами, так как попадание стекловолоконной пыли в легкие чревато серьезными последствиями.

Крупные промышленные производители полиэфирных и эпоксидных смол в России, к сожалению, не обеспечивают стабильного качества смолы. Ее свойства сильно отличаются от партии к партии, что значительно усложняет работу. Некоторые сорта эпоксидной смолы предназначены для горячей сушки, но на упаковке может не оказаться никаких указаний на этот счет. Те, кто пробовал работать с дешевыми смолами, не раз попадали в ситуацию, когда приготовленная смесь отказывалась застывать даже спустя сутки и более. Поэтому рекомендуется при работе с новой партией предварительно провести тест на «схватываемость» или попробовать сушку при температуре 70–80 градусов. Хорошие результаты дает применение теплового пистолета. Прогрев детали в течение нескольких минут активизирует процесс полимеризации.

9.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ

Следуя по пути наименьшего сопротивления, проще всего поставить динамические головки в предусмотренные для этой цели штатные места. Так обычно и поступают начинающие автомеломаны. Однако конструкторы автомобилей совершенно не разбираются в акустике, поэтому



представления об акустическом оформлении у них могут очень сильно отличаться от общепринятых. Как правило, штатные места в передней части салона рассчитаны на установку малогабаритных головок 7,5–10 см (в массе своей не способных на качественное звуковоспроизведение), а направление излучения можно объяснить только странной прихотью дизайнера. Лишь в последнее время получили распространение посадочные места размером 13 см.

Условия работы правого и левого громкоговорителей обычно не имеют ничего общего. Особенно грешат этим отечественные автомобили, в большинстве которых установка фронтальных громкоговорителей вообще не предусмотрена (а если предусмотрена, то противопоказана). Поэтому автомобилисту-патриоту волей-неволей приходится проявлять немалую изобретательность при проектировании и изготовлении акустической системы для автомобиля.

9.2.1. Особенности автомобильных АС

По конструктивному исполнению автомобильные АС можно разделить на встроенные и корпусные. Для встроенных АС акустическое оформление в значительной мере (а нередко и полностью) создается элементами конструкции кузова и салона автомобиля. Это прежде всего штатные или созданные самостоятельно посадочные места в дверях, задней полке, приборной панели. Как правило, акустическое оформление в этом случае открытое. Корпусные АС используются для создания различных вариантов закрытого и фазоинверсного оформления.

При любом варианте установки динамической головки в дверь, получившееся акустическое оформление обладает достаточно большим объемом (20–30 и более литров в зависимости от типа автомобиля). С другой стороны, герметичность весьма условна. Даже при герметизации внутренней облицовки по периметру остаются уплотнения стекла, отверстия для стока воды, ручки замков. Вследствие этого акустическое оформление головки при установке в дверь обычно ближе к акустическому экрану, нежели к закрытому корпусу. Если в двери необходимо организовать оформление типа ЗЯ или ФИ, зачастую проще специально изолировать там нужный объем, чем герметизировать всю дверь.

При установке излучателей в заднюю полку нужно учитывать, изолирован ли объем багажника от салона. Для отечественных «классических» автомобилей «ВАЗ»



386

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

багажник отделен от салона только картонной перегородкой. Его герметичность определяется исключительно плотностью прилегания и конструкцией спинки заднего сиденья (она может быть оборудована откидным подлокотником). На многих иномарках наоборот, багажник отделен от салона сплошной металлической перегородкой. У машин с кузовами «универсал» и «хетчбек» багажное отделение вообще не изолировано от салона, поэтому акустическое оформление тыловых АС в этом случае – типичный акустический экран.

Альтернативный вариант, лишенный этих недостатков – корпусные акустические системы. Их достоинства особенно ярко проявляются при установке под передними сиденьями. Идея не новая, двух-, трех- и даже четырехполосные автомобильные акустические системы «почти как дома» были очень популярны в первой половине 80-х. В пору расцвета это были добротные изделия? с жесткими корпусами, хорошими разделительными фильтрами и продуманным креплением. Готовые корпусные колонки неплохо вписывались в интерьер автомобиля и устанавливались без проблем. Довольно быстро они «ушли» с задней полки и заняли место под передними сиденьями, где они уже не так бросались в глаза недоброжелателям. Между делом обнаружилось, что звучание от «переезда» только выиграло. Но как только производители автомобилей уделили внимание штатным местам, позиции корпусной акустики пошатнулись, а с появлением сабвуфферов такие АС и вовсе сошли со сцены, уступив место коаксиальной и компонентной акустике.

Диалектика учит нас, что развитие идет по спирали. Поэтому возобновление интереса к акустическим системам под передними сиденьями закономерно – это позволяет относительно простыми средствами решить проблему «переднего баса». В продаже недавно появились достаточно интересные корпусные АС отечественного и зарубежного производства («Корвет», Prology).

9.2.2. Установка головок

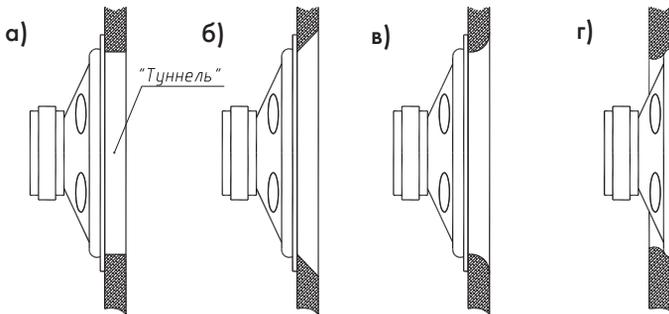
При установке головки с внутренней стороны панели диаметр отверстия для нее должен быть равен диаметру диффузора с учетом гофра, чтобы исключить возможность касания панели во время работы. При использовании панелей толщиной более 5–10 мм образующийся перед головкой «туннель» (рисунок 9.1а) может увеличить неравно-



мерность АЧХ в области частот выше 1 кГц за счет интерференционных явлений и резонансов. Для уменьшения влияния на АЧХ в отверстиях нужно снять фаску (рисунок 9.1б) или скруглить кромку (рисунок 9.1в). Интересен тот факт, что штатные посадочные места во многих автомобилях вопреки здравому смыслу отличает именно глубокая установка головок (15–50 мм), а конструкция защитных решеток не отвечает акустическим требованиям.

При установке с наружной стороны диаметр отверстия выбирается по габаритам диффузордержателя. Для широкополосных и СЧ-головок такой вариант установки предпочтителен, особенно при большой толщине панелей (рисунок 9.1в). При установке импортных головок для разметки отверстий можно воспользоваться нанесенными на упаковочной коробке шаблонами.

Рис. 9.1. Варианты установки динамической головки



Диффузор в любом случае необходимо защитить от повреждений тонкой решеткой или сеткой с ячейками 2–10 мм. Увеличение размера ячейки уменьшает акустическое сопротивление решетки и вносимые ей искажения АЧХ, но увеличивает риск случайного повреждения. Не плохо таким же образом защитить порт или тоннель фазоинвертора от попадания посторонних предметов, что особенно актуально при установке сабвуфера в багажнике.

Защитная сетка входит в комплект поставки большинства автомобильных громкоговорителей или может приобретаться отдельно. Для купольных головок она является элементом конструкции. При создании оригинального стилизового оформления нередко используют защитные решетки самостоятельного изготовления. Материалом для элементов конструкции служат алюминиевые и титановые сплавы, нержавеющая сталь, органическое стекло. В качестве конструктивных элементов используют лист, прутки и трубки, которым придается необходимая конфигурация.

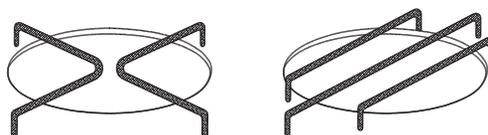


388

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

Динамические головки, если в их конструкции не предусмотрено посадочное уплотнение, следует устанавливать на панель через прокладку из губчатой резины или резиновой трубки. Это требование в равной степени призвано обеспечить как герметичность конструкции, так и механическую развязку головки от корпуса. Крепление головок осуществляется при помощи винтов, шурупов или шпилек. Их не следует затягивать слишком сильно, чтобы не вызвать перекося диффузордержателя и подвижной системы и не увеличить вибрации. Особенно это относится к низкочастотным головкам.

Рис. 9.2. Варианты выполнения защитных решеток для сабвуфера



При установке динамических головок в двери или на панели монтажная глубина (рисунок 9.3) нередко превышает имеющуюся в наличии. В этом случае необходимо изготавливать подиумы (специальные корпуса) или проставки кольцевой или более сложной формы, попутно позволяющие установить динамическую головку под некоторым углом (рисунок 9.4).

Рис. 9.3. Монтажная глубина

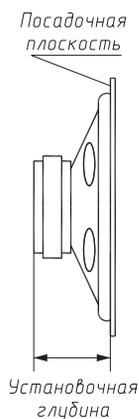
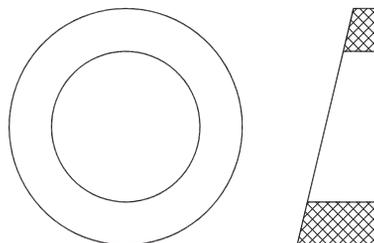


Рис. 9.4. Проставки





9.2.3. Герметичность

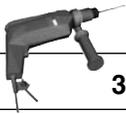
В любом акустическом оформлении следует избегать каких-либо щелей и отверстий, корпус должен быть максимально герметичным. Перетекание воздуха с задней стороны диффузора и связанные с этим потери – основная причина значительного отклонения измеренных на низких частотах АЧХ от расчетных. Отверстия или щели вблизи места установки головки приводят к акустическому короткому замыканию, вследствие чего воспроизведение низших частот резко ухудшается. При установке трубы фазоинвертора также необходимо обеспечить герметичность ее стыка с панелью. С этой же целью в конструкции корпусных АС рекомендуется применять проходные разъемы, установленные на корпусе. Вывод кабеля через резиновые втулки не обеспечивает должной герметичности. Поскольку компоненты аудиосистемы не должны затруднять техническое обслуживание автомобиля, наличие быстро отсоединяемых разъемов улучшает эксплуатационные характеристики.

При оформлении «акустический экран» и «открытый корпус», которое применяются для широкополосных и СЧ-головок, требование герметичности желательно выполнить для всей передней панели. Если это невозможно, следует обеспечить такое условие хотя бы в пределах площади, ограниченной удвоенным размером диффузора головки. Это относится прежде всего к установке динамических головок в двери и в заднюю полку.

9.2.4. Жесткость

Материал корпуса должен обеспечивать жесткость панелей, особенно той, на которой смонтированы головки. Это требование относится в равной степени к открытому и закрытому оформлению. Наиболее подходящие материалы из доступных – фанера, ДВП и ДСП. Для изготовления криволинейных поверхностей применяются композитные материалы (стеклоткань, углеволокно, бумага, картон, эпоксидные смолы, стеклотекстолит, пенопласт и т.д.). Поклонниками саг аудио разработано немало интересных технологий, которые будут рассмотрены далее.

Чем больше размеры корпуса и мощность головки, тем толще должен быть материал корпуса. Для сабвуферов мощностью до 50 Вт толщина панелей под излучатель должна быть не меньше 15 мм, прочих – не менее 10 мм. При использовании головок большей мощности толщину панелей необходимо увеличить. Жесткость панелей большого



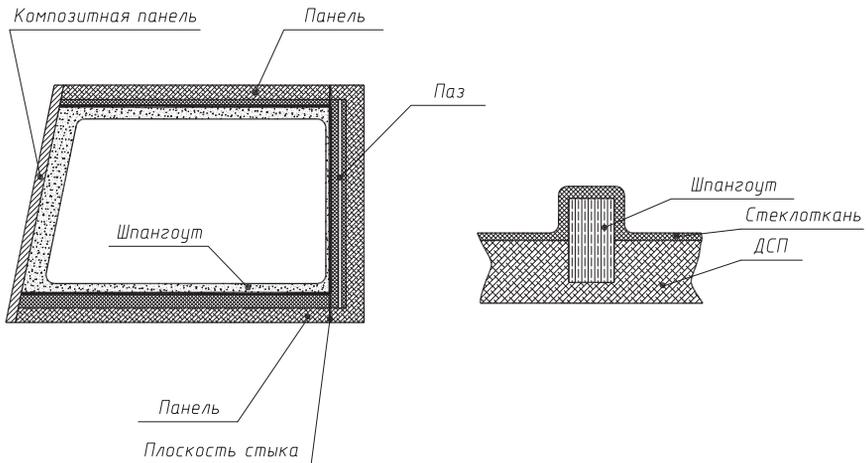
390

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

размера без увеличения их толщины можно обеспечить при помощи дополнительных распорок между противоположными стенками, или ребрами жесткости в виде прикрепленных к панели брусков. Еще большую жесткость обеспечивают шпангоуты в виде рамок замкнутого профиля, вклеенные в пазы панелей. Они же могут быть образующей для панели сложной формы из стеклопластика. Материал для шпангоутов – фанера толщиной 10–12 мм (рисунок 9.5).

С другой стороны, необходимо обеспечить демпфирование упругих колебаний панели. Проще всего сделать это на границе раздела разнородных материалов. Отличные результаты дает применение многослойных панелей – сэндвичей (фанера+ДСП, ДСП+стеклоткань) и демпфирование панелей шумопоглощающими мастиками.

Рис. 9.5. Использование шпангоутов в конструкции корпуса



ИЗГОТОВЛЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ

9.2.5. Наполнитель

Введение поглощающего наполнителя (звукопоглотителя) в конструкцию позволяет превратить адиабатический процесс сжатия-расширения воздуха в корпусе АС в изотермический, что эквивалентно увеличению его объема на 25–30%. Соответственно снижается и резонансная частота громкоговорителя, в пределе это снижение достигает 0,85 от исходной величины для незаполненного корпуса. Кроме того, звукопоглотитель позволяет исключить отражения сигнала и резонансные явления, что благоприятно сказывается на результирующей АЧХ акустической системы. Экспериментально установлено, что наиболее эффективен этот метод для корпусов небольшого объема. Концентрация звукопоглотителя должна составлять 20–24 г на



литр объема. На практике необходимое количество можно установить, измеряя частоту основного механического резонанса головки в данном акустическом оформлении. Добавление звукопоглотителя прекращают после того, как резонансная частота головки перестанет снижаться.

Для закрытого оформления необходимо заполнить приблизительно 60% объема позади головки. Для фазоинвертора и пассивного излучателя достаточно нанести звукопоглотитель на заднюю (обязательно) и боковые (желательно) стенки слоем толщиной не менее 20–30 мм. В резонансных камерах акустических оформлений высоких порядков звукопоглотитель не столь обязателен, но в некоторых случаях может быть полезным нанести его на одну из стенок слоем 10–20 мм для уменьшения отражений.

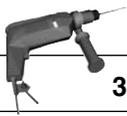
Звукопоглощающий материал для заполнения внутреннего объема корпуса должен быть рыхлым и пористым. Применимы: вата в виде матов (для закрытого оформления можно в матерчатом или марлевом мешке), дакрон (синтепон). Удобно применять крупнопористый листовый поролон (пенополиуретан) в виде коврик и матов толщиной 20–50 мм. Не следует размещать звукопоглотитель вблизи отверстия или трубы фазоинвертора, так как чрезмерное демпфирование может привести к полному прекращению действия фазоинвертора. Маты крепят к внутренним поверхностям корпуса гвоздями, шурупами или клеем.

9.2.6. Изготовление прямоугольных корпусов

Технология изготовления корпусов прямоугольной или трапециевидной формы из фанеры и ДСП неоднократно описывалась на страницах популярных изданий, поэтому здесь будет освещена вкратце. Для изготовления такого корпуса не требуются выдающиеся столярные способности и сложные инструменты, поэтому подобные конструкции рекомендуются начинающим.

Минимально необходимый набор инструментов:

- электролобзик или пила по дереву с мелким зубом (чтобы не крошились кромки фанеры и ДСП);
- электродрель с набором сверл;
- кругорез или тот же электролобзик для вырезания отверстий под головки;
- полукруглый рашпиль или грубый напильник для обработки кромок отверстий и их подгонки;
- шлифовальная машинка или насадка к электродрели для чистовой обработки корпуса.



Электроинструменты незаменимы при корпусных работах и экономят массу времени и сил, поэтому все необходимое приобретайте сразу, не откладывая. Потом в хозяйстве обязательно пригодится.

В отличие от «домашних» АС требования к отделке корпуса в данном случае вторичны (зачастую кроме владельца его никто не увидит). Основные требования – прочность, надежность и герметичность. Проще всего соединять панели при помощи металлических уголков или деревянных брусков. Кроме того, деревянные бруски позволяют довольно просто изготовить скошенные корпуса, более приспособленные к установке под передними сиденьями или за спинкой заднего.

В любом случае панели и связующие элементы устанавливают на клею и крепят шурупами или винтами. Выбор достаточно большой, но наиболее удобны эпоксидная смола и клей ПВА. Столярный клей, хотя и обеспечивает прочное соединение, недостаточно стоек к перепадам температуры и влажности. Для ускорения процесса полимеризации эпоксидной смолы можно использовать строительный фен или электронагреватель (соблюдая правила противопожарной безопасности).

Стыки готового корпуса герметизируют изнутри. Для этой цели можно использовать эпоксидную смолу, различные герметики и мастики. Рекомендуемый обычно для «домашних» конструкций пластилин в условиях больших перепадов температуры и влажности абсолютно непригоден: он затвердевает и трескается. Для заделки наружных щелей на стыке панелей можно использовать смесь древесных опилок с клеем или эпоксидной смолой или соответствующие шпаклевки. Готовый корпус необходимо ошкурить; затем его можно зашпаклевать, загрунтовать и покрасить или отделать ковровым покрытием. Внутренние поверхности корпуса следует хорошо задемпфировать. Наружные поверхности акустического оформления, установленного в салоне, обычно обтягивают винилом (кожзаменителем) или ковром (ковровым покрытием).

Для небольших поверхностей можно использовать окраску «под шагреня». Сначала поролоновым или тканевым тампоном наносится слой полиуретановой грунтовки УР-0219, а поверх нее в несколько слоев черная матовая акриловая краска Авго (аэрозоль). Технология требует проб и ошибок. Главное – не наносить первые слои с большого расстояния – чем ближе, тем лучше фактура.



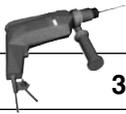
9.2.7. Изготовление корпусов сложной формы

Корпусы прямоугольной или трапециевидной формы просты и технологичны, но неэкономно используют пространство под сиденьями или в багажнике. Этот недостаток устранен в корпусах класса стелс (невидимка). Для максимального использования объема (обычно это ниша в крыле или место для запасного колеса) одна или несколько поверхностей, а иногда и весь корпус, выклеиваются из стеклоткани «по месту». Технология изготовления такова:

Очищенная и подготовленная полость (матрица будущего корпуса) смазывается маслом и выстилается полиэтиленовой пленкой. Затем на пленку укладывается два-три слоя стеклоткани, предварительно пропитанной эпоксидной смолой. Куски лучше использовать небольшие, чтобы избежать образования складок при формовке сложных поверхностей. Стеклоткань тщательно разглаживается для удаления воздушных пузырей и излишков смолы. После полимеризации получившаяся «скорлупа» аккуратно извлекается из «матрицы». Дальнейшее выклеивание производится внутрь, чтобы не нарушить форму и размеры будущего корпуса. Не следует торопиться и укладывать более двух-трех слоев стеклоткани за один раз.

В процессе выклеивания в стенках корпуса заформовывают элементы жесткости: деревянные бруски, фанерные распорки, шпангоуты или полосы углеленты. Если корпус не имеет отдельной передней панели, на этом этапе необходимо заформовать фанерное кольцо для крепления динамической головки. После того, как толщина стенок дойдет до 5–10 мм (в зависимости от размера корпуса), он стыкуется с передней панелью. Остается отделка наружной поверхности и демпфирование внутренней. Для контроля объема и его герметичности внутрь заливают воду. Излишки объема можно устранить, вклеивая внутрь корпуса куски пенопласта.

Другая, не менее интересная технология, тоже использует стеклоткань для изготовления оболочечных корпусов. Наибольшее распространение она получила при изготовлении подиумов для установки головок на двери или в кик-панели. Есть две ее разновидности – выклейка по модели и использование поверхности минимальной кривизны («текстильная технология»).



Если предполагается «серийное» изготовление, то модель можно сделать из дерева, гипса или металла для многократного использования. При этом возникает ряд проблем с установкой закладных элементов крепления и элементов жесткости. В любительских условиях легче использовать одноразовую модель из пенопласта. Предварительно изготавливается каркас, фиксирующий положение опорного кольца для крепления головки относительно установочной поверхности подиума. Каркас может быть картонным, проволочным, спаянным из фольгированного стеклотекстолита. Затем на каркасе фиксируются куски пенопласта, поверхности оформляются монтажной пеной «Макрофлекс». После этого модель доводится до требуемой формы, размеров и оклеивается стеклотканью вместе с установочным кольцом. Если внутренний объем подиума нужен полностью, модель можно разрушить и извлечь по частям или растворить ацетоном. В ряде случаев модель оставляют, чтобы получить дополнительную жесткость и прочность корпуса. Можно обойтись и без пенопласта, выклеив внутренний слой корпуса из ватмана или тонкого картона. Эта работа требует большой аккуратности – все дефекты поверхности модели проявятся на внешнем слое.

«Текстильная технология» несколько проще. В этом случае также изготавливается каркас, соединяющий опорную плоскость и установочное кольцо. Это уже силовой элемент, извлекаться он не будет, поэтому должен обладать достаточной прочностью. Затем каркас обтягивается тканью. Хорошо зарекомендовали себя тонкий х/б трикотаж в один слой или колготки в несколько слоев. Получившаяся конструкция пропитывается эпоксидной смолой, а затем доводится до нужной толщины отрезками стеклоткани. Клеить можно как снаружи (это проще, но потом усложняет отделку), так и изнутри.

Еще один материал для изготовления корпусов – бумага. Корпуса сабвуферов цилиндрического сечения («трубы»), изготовленные из папье-маше, благодаря своей геометрии обладают большой прочностью и жесткостью при незначительной (всего несколько миллиметров) толщине стенок. Внутренний слой корпуса выполняется из ватмана, он послужит жесткой основой для последующих. Для внешних слоев используются упаковочная бумага или гладкие обои. С тем же успехом для изготовления корпуса можно использовать пластиковые сантехнические трубы подходящего сечения. Торцевые стенки изготавливают из ДСП или фанеры.



Еще один великолепный, но очень трудоемкий способ изготовления корпусов сложной формы предложил москвич Г. Бут. Каждое сечение корпуса вырезается из фанеры толщиной 10–12 мм в виде замкнутой рамки. Ширина рамки в зависимости от припуска на обработку составляет от 20 до 50 мм. Для повышения жесткости отдельные сечения выполняются с перемычками. Затем вся конструкция склеивается, наружная поверхность доводится до нужной формы и размеров, шпаклюется и окрашивается. Внутренние поверхности оклеиваются стеклотканью и демпфируются мастикой.

В упрощенном варианте этой технологии используют плиты ДСП толщиной порядка 20 мм, а образующие сложной формы ввиду трудности обработки аппроксимируют отрезками прямых. Толщина стенок корпуса в этом случае увеличивается, а коэффициент использования объема уменьшается. Это плата за снижение трудоемкости.

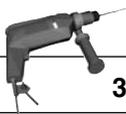
9.2.8. Изготовление рупоров

Для изготовления рупоров среднечастотных головок, отличающихся относительно большими размерами, можно использовать аналогичное решение. В данном случае требуется обработка внутренней поверхности, что значительно усложняет процесс и требует определенных навыков. Предварительную обработку внутреннего контура рамок удобнее выполнять до их склеивания, или склеив их в пакеты по несколько штук.

Если есть возможность воспользоваться токарным станком, рупор круглого сечения можно выточить из алюминиевых сплавов или твердых сортов древесины. Для изготовления рупора небольшого размера можно использовать тонкий листовой полистирол или оргстекло.

Наиболее технологичны в любительских условиях рупоры с двумя плоскими образующими. Для их изготовления используются доступные материалы. Плоские образующие можно вырезать из фольгированного стеклотекстолита, а боковые выполнить из медной фольги или луженой жести, соединив детали пайкой по наружному контуру. С тем же успехом можно изготовить детали рупора из дюралюминиевых пластин, проклеив стыки стеклотканью на эпоксидной смоле.

На поверхность тонкостенного рупора для исключения резонансов необходимо нанести вибропоглощающее покрытие. Из доступных средств можно рекомен-

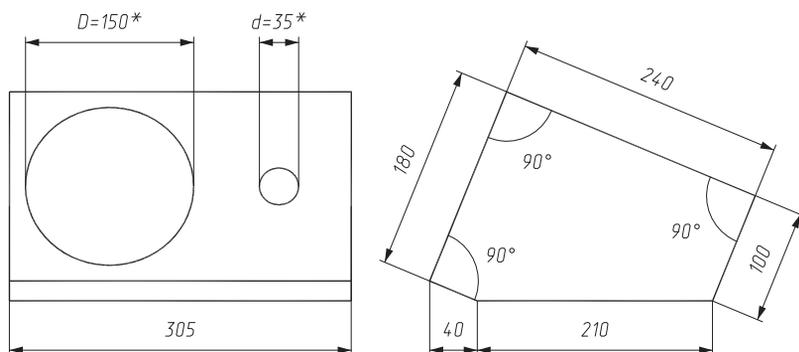


396

МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ

довать мастику «Герлен» (для наружной поверхности) и акриловую краску «Авго» в аэрозольных баллонах. Краску нужно наносить с расстояния 20–30 см тонкими слоями в несколько приемов до тех пор, пока поверхность не приобретет выраженный «пластмассовый» вид.

Рис. 9.6. АС на 25ГДН4-4



* Размер для справки

9.2.9. Практические конструкции АС

Наибольший интерес для любителей представляют акустические системы, предназначенные для установки под передние сиденья. Такое решение полностью снимает проблему «заднего» баса и позволяет получить хорошее качество звучания. Доступный объем корпуса АС составляет обычно не более 8 литров, поэтому необходимы динамические головки с малым эквивалентным объемом. В процессе изготовления рекомендуется использовать макет корпуса и примерять его по месту. Для изготовления макета можно использовать гофрокартон, но не забывайте о том, что картонные стенки могут во время примерки прогибаться. [101]

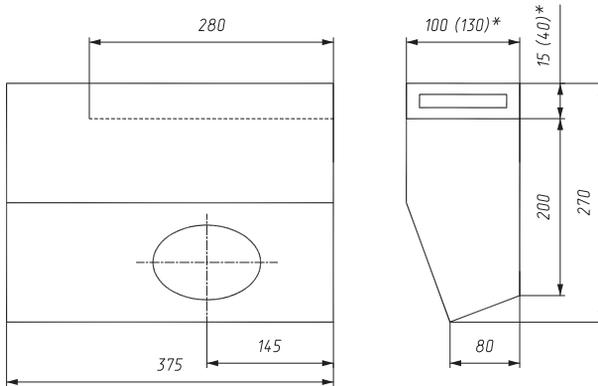
Одна из самых простых любительских конструкций предназначена для «классических» ВАЗов. АС выполнена на основе головок 25ГДН4-4 (15ГД17) в закрытом корпусе (рисунок 9.6). Внутренний объем корпуса заполнен поролоном, но так как он заметно меньше эквивалентного объема динамической головки, полная добротность АС близка к 1. На АЧХ заметен «горб» в области 80–100 Гц, что в сочетании с передаточной характеристикой салона обеспечивает плотный, «хлесткий» бас (80–160 Гц). Ниже 70 Гц отдача резко падает, поэтому для полноценной передачи низких частот необходим сабвуфер.



Для расширения диапазона воспроизводимых частот необходимо использовать динамические головки с эквивалентным объемом 4–10 л. Среди отечественных наилучшим образом удовлетворяет этому условию головка 25ГДНЗ-4 (15ГД15). Как показала практика, она хорошо работает как в закрытом, так и в фазоинверсном оформлении. На рисунке 9.7 приведен эскиз корпуса с фазоинвертором конструкции О. Леонова. Внутренний объем заполнен ватой в марлевом мешке. АЧХ этой акустической системы приведена в предыдущей главе (рисунок 8.3).

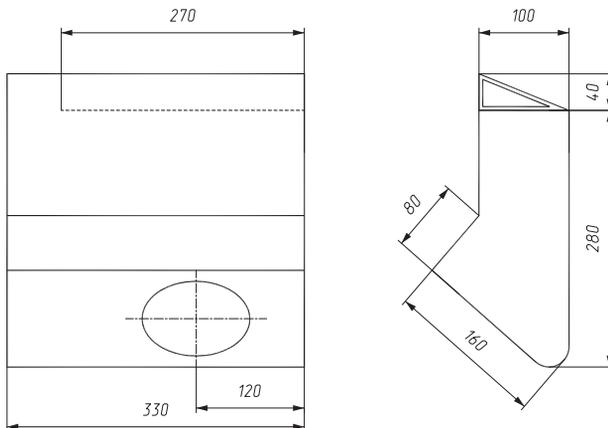
На рисунке 9.8 показан более удачный вариант этой АС, также разработанный О. Леоновым. Она длительное время эксплуатировалась в автомобилях «Москвич-2141», ВАЗ-2107, ИЖ-2126 «Ода» и во всех случаях показала прекрасные результаты. Правда, передние сиденья «Оды» пришлось приподнять на 45 мм, поскольку в нижней части подушки имеется выступ.

Рис. 9.7. АС на 25ГДНЗ-4
(1 вариант)



* Размер без скобок – сечение тоннеля ФИ,
в скобках – внешний

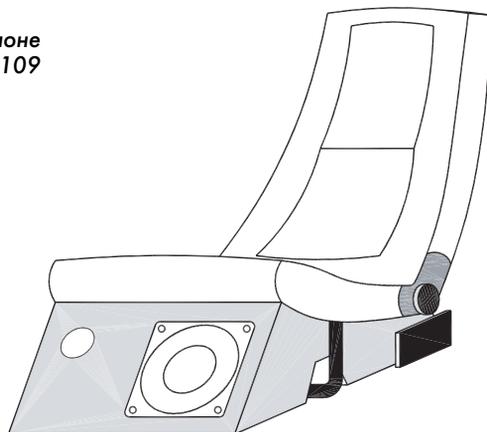
Рис. 9.8. АС на 25ГДНЗ-4
(2 вариант)





Гораздо более серьезные проблемы у владельцев ВАЗ-2109. Сиденье там не только имеет аналогичный выступ, но и закреплено по-другому. Удачную конструкцию на основе 25ГДНЗ-4 создал А. Павлов (рисунок 9.9). Чтобы обеспечить установку АС, крепление сидений к передней опоре сделано разборным.

Рис. 9.9. Установка АС в салоне
ВАЗ-2109



На рисунке 9.10 приведен эскиз АС, на рисунке 9.11 – основные детали корпуса. Нижняя и боковые стенки изготовлены из фанеры, передняя панель – из двух слоев фанеры. Можно также использовать ДСП. Верхняя часть корпуса и задняя стенка выклеена из стеклоткани. Фанерные детали покрыты с внутренней стороны материалом «Визомат», а стеклопластиковые обработаны резинобитумной мастикой.

Рис. 9.10. Эскиз АС

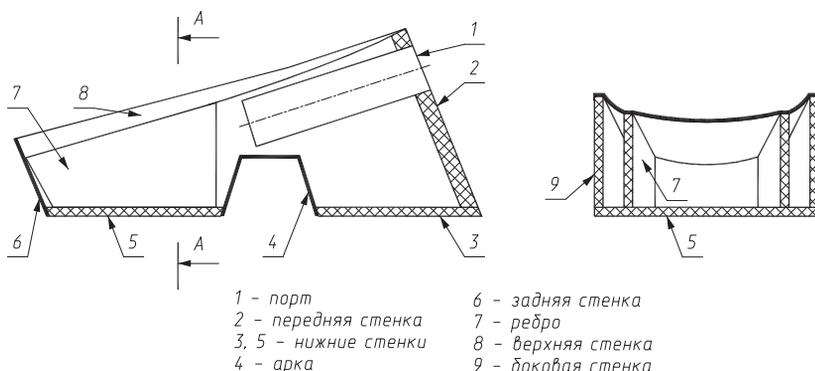
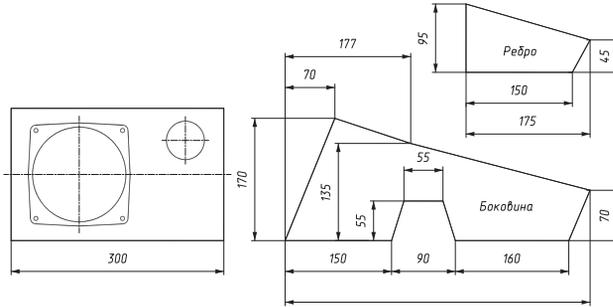




Рис. 9.11. Детали корпуса АС



9.3. ШУМОИЗОЛЯЦИЯ И ВИБРОДЕМПФИРОВАНИЕ

Особенности акустики автомобильного салона уже были рассмотрены. Отдельно стоит проблема шума. Даже в грамотно сконструированном с акустической точки зрения кузове при движении возбуждаются колебания, как под действием вибрации двигателя и трансмиссии, так и под действием вибрации колес на дороге. На самых низких частотах сказывается малая жесткость кузова, что вызывает колебания и вибрации панелей и крыши. Основная мощность шумов при этом сосредоточена в области между самыми низкими частотами и нижней границей средних частот. На более высоких частотах амплитуда составляющих шума снижается.

В целом шум движения хотя и организован, но при постоянной скорости достаточно однороден и благодаря избирательным свойствам слуха от него можно «отстроиться». За исключением толчков и ударов, вызванных плачевным состоянием дорог, составляющие шума можно значительно ослабить при помощи грамотно выполненной шумоизоляции салона (свист ветра и гул покрышек не рассматриваем – на такой ско-



Рис. 9.12. Вариант установки АС под сиденьем



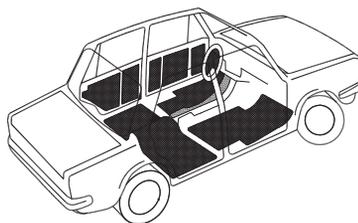
400

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

рости уже не до музыки). Для поглощения дорожного шума следует нанести материал на пол, на огнестойкую переборку, и в зоне колес. Но поскольку привычный для жителей больших городов «городской цикл» движения: «метр едем, два стоим», то проблема шумоизоляции выступает не так уж остро. Кроме того, стремиться к абсолютной звуконепроницаемости опасно – водитель не должен терять слуховой контроль над работой двигателя и дорожной обстановкой.

Помимо шумоизоляции, призванной перекрыть путь в салон внешнему шуму, применяется вибродемпфирование больших панелей кузова (крыша, двери); чтобы исключить возможные призвуки во время работы аудиосистемы. При изготовлении автомобиля часть панелей уже демпфирована, но степень заводской обработки, скорее всего, окажется недостаточной. Впрочем, если мощность установки невелика, то в большинстве

Рис. 9.13. Места нанесения вибродемпфирующих покрытий



случаев дополнительное демпфирование панелей не требуется. Однако следует уделить максимум внимания устранению резонансов и вибраций декоративных деталей салона. Даже при относительно небольшой мощности они порождают дребезжание и призвуки, более неприятные на слух, чем шум движения. Особое внимание следует обратить на панели рядом с головками громкоговорителей, или на панели, которые используются как часть корпуса громкоговорителя. Если нет возможности покрыть крупные панели полностью, покрытие необходимо нанести на их среднюю часть, как наименее жесткую. Резонансы обычно устраняются при покрытии 25% площади и более. Основные места обработки на примере кузова «классического ВАЗа» показаны на рисунке 9.13. Это «программа-минимум». В «программу-максимум» входит еще обработка крыши, капотов багажника и моторного отсека, колесных арок.

Приступая к шумоизоляции и вибродемпфированию салона автомобиля, руководствуйтесь следующими практическими правилами:

- проще не допустить возникновения шума, чем с ним бороться. Начинать борьбу с шумом следует с проверки ходовой части;
- высокочастотный шум подавить проще, чем низкочастотные вибрации;



- для вибродемпфирования панелей важен плотный контакт материала с излучающей поверхностью. Как уже отмечалось, может оказаться достаточным покрытие только части поверхности;
- шумоизоляция (в отличие от вибродемпфирования) для достижения максимального эффекта должна быть по возможности сплошной, без открытых участков. Стекла, к сожалению, придется исключить из процесса;
- для шумоизоляции и вибродемпфирования, строго говоря, нужны разные материалы. Но все стараются обойтись одним.

Для вибродемпфирования панелей кузова применяются различные материалы – как специально предназначенные для этого, так и заменители. Общая черта всех материалов: большая внутренняя вязкость. Используются как листовые материалы различной толщины, так и мастики или аэрозольные упаковки. Листовые материалы на вид и на ощупь напоминают резину или смолу. Наибольшим демпфирующим и одновременно шумоизоляционным эффектом обладает Dynamat, но он недешев, и у него появилось много аналогов.

Однако в любом случае при обработке «по полной программе» затраты могут стать соизмеримыми со стоимостью подержанного отечественного автомобиля. Поэтому автолюбители пытаются найти альтернативные решения. Удовлетворительная замена импортных вибродемпфирующих материалов: «Шумизол», «Липлен», «Визомат», «мастика каучуковая шумоизоляционная»; мастика «Герлен» на алюминиевой фольге или пенополиэтилене. Эти материалы отечественного производства, и цены вполне доступны. Для заливки полостей торпедо и некоторых деталей кузова прекрасно подходит монтажная пена «Макрофлекс». Однако необходимо учесть, что она значительно увеличивается в объеме и поэтому непригодна для заполнения замкнутых полостей, да и незамкнутые нужно заполнять малыми порциями, позволяя пене полностью отвердеть.

Хорошо известный автолюбителям (можно сказать – классический) шумоизоляционный материал – линолеум. Лучше не использовать старый линолеум, поскольку он потерял гибкость, а вместе с ней большинство необходимых нам свойств. Не составляет проблемы купить новый. В магазинах строительных материалов остатки линолеума продаются обычно со значительной скидкой.



402

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

Однако к выбору линолеума следует подходить осмотрительно. Линолеум на тканой основе обладает превосходными шумопоглощающими свойствами, но такая основа гигроскопична, что требует дополнительной антикоррозионной обработки подстилающих поверхностей. Современные виды вспененного линолеума без основы негигроскопичны, но их шумопоглощающие свойства несколько хуже. Впрочем, никто не мешает в ответственных местах положить двойной или тройной слой. Еще один близкий по структуре материал, получивший распространение в последнее время – пенополиэтилен. Это отличный звукоизолятор (степень поглощения звука при толщине 10 мм – около 60%). Кроме того, он абсолютно негигроскопичен, не подвержен гниению и недорого.

Для устранения скрипов и вибраций облицовки дверей необходимо отказаться от ненадежных пластмассовых пистонов и установить облицовку на винтах-саморезах. В местах контакта облицовки с панелями двери при необходимости нужно наклеить тонкие полоски поролона или пенополиэтилена. Неплохо подходят для этой цели полоски самоклеющегося поролона, предназначенного для уплотнения оконных рам. Следует выбирать негигроскопичные сорта, у которых структурные поры не открываются наружу. При установке акустики в двери ее внутренние механизмы требуют обработки – следует исключить контакт тяг и приводов с панелями и силовыми элементами. Для этой цели можно использовать ПВХ-трубки и пластиковые втулки. Кроме этого, может потребоваться устранить люфты механизмов двери, для чего помимо тщательной регулировки можно использовать резиновые жгуты-оттяжки, выбирающие зазоры в сочленениях. Простая бельевая резинка вполне справляется с этой задачей, но раз в сезон требует замены.

Определить необходимый объем работ, а потом и качество обработки салона можно очень простым способом. Через установленную в салоне акустическую систему достаточной мощности (не менее 20 Вт) воспроизводится сигнал от генератора сигналов ЗЧ. Генератор плавно перестраивается в диапазоне частот 50 Гц–2 кГц. Резонансные колебания элементов кузова на низких частотах определяются «возложением руки» на панель. На высоких – на слух по возникновению дребезжащих призвуков.

Процесс шумо-виброизоляции автомобиля удобно совместить с монтажом силовой и сигнальной проводки аудиосистемы. В противном случае многие процедуры будут сопряжены с излишними трудностями, которых можно избежать, проводя монтаж в разобранном салоне. К монтажу силовой и



сигнальной проводки аудиосистемы предъявляется ряд требований. Их выполнение необходимо даже при установке простейшей магнитолы, не говоря уже о системах высокого уровня.

9.4. ЦЕПИ ПИТАНИЯ

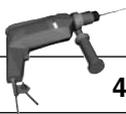
Для некоторых компонентов (источников сигнала и эквалайзеров), в большинстве случаев можно использовать уже имеющуюся силовую проводку. Усилители же потребляют существенно больший ток. Имеющаяся в машинах штатная проводка не рассчитана на это. Кроме того, поскольку вся проводка в автомобиле собрана в монтажные жгуты, возникает опасность взаимного влияния «автомобильной» и «акустической» проводки. Рекомендуется ввести положительный провод питания непосредственно на аккумулятор, даже в том случае, когда магнитола является единственным компонентом системы. Мощность встроенного усилителя магнитолы невелика, и даже небольшие потери питающего напряжения ощутимы. В случае использования внешнего усилителя это требование обязательно.

Отрицательный провод питания системы («массу») обычно соединяют непосредственно с кузовом машины. Он должен быть максимально коротким, и сечение его должно быть не меньше сечения положительного провода. Точка заземления должна представлять собой неокрашенный голый металл. Некоторые автомобили имеют оцинкованный кузов. При этом можно использовать одну из точек заземления, предусмотренных производителем. В том случае, когда кузов автомобиля не новый, суммарные переходные сопротивления сварных швов могут достигать величины 0,5–1 Ом. Поэтому для исключения падения напряжения минусовой провод следует соединить непосредственно с клеммой аккумулятора. Во избежание появления в системе шума генератора рекомендуется соединить отрицательную клемму аккумулятора непосредственно с блоком цилиндров или корпусом генератора.

9.4.1. Требования безопасности

При монтаже силовой проводки на первое место выступают требования безопасности. Необходимо учитывать специфику установки: провод в моторный отсек приходится прокладывать по углам или порогам, через переборки. Такого рода проблемы предъявляют особые требования к выбору провода. Он должен быть гибкий;





404

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

изоляция должна быть толстой, не размягчаться при высоких температурах и не трескаться при низких. Особенно это относится к участкам силовой проводки, проложенной в моторном отсеке. Применение жесткого провода с легко трескающейся изоляцией может быть в буквальном смысле взрывоопасно. Для того, чтобы предотвратить возможность пожара в случае короткого замыкания силового провода на массу, необходимо защитить его плавким предохранителем. Его устанавливают в разрыв силового провода в непосредственной близости от плюсовой клеммы аккумулятора. Держатель предохранителя должен быть надежно закреплен. Ток срабатывания предохранителя выбирается на 20–30% больше максимально потребляемого системой тока. Это не мешает нормальной работе, но гарантированно отключит цепь в случае короткого замыкания.

Силовой провод от предохранителя до потребителя должен быть по возможности «одним куском». Наличие соединений ухудшает надежность системы и может явиться причиной потерь напряжения, особенно при большой потребляемой мощности. Если же по каким-либо причинам приходится соединять провода (например, для разделения нескольких силовых цепей), необходимо использовать соединительные муфты и распределители, имеющие надежный и прочный корпус, изготовленный из изоляционного материала. При отсутствии специальных «автомобильных» изделий вполне можно воспользоваться монтажными коробками и соединительными муфтами для бытовой электропроводки. Хотя такое решение не отличается особой эстетикой, оно вполне надежно. Только не следует применять арматуру из карболита – этот материал хрупкий и гигроскопичный. Внимание! Применение для изоляции соединений силовой проводки изоляционной ленты недопустимо.

Концы проводов для удобства подключения и надежности соединения необходимо снабдить клеммами. Наиболее надежны клеммы «под обжимку», но качественная обжимка без использования специального инструмента затруднительна. Паяных соединений силовой проводки лучше избегать. Если же пайка неизбежна, соединение нужно тщательно промыть от остатков флюса и обязательно покрыть изоляционным лаком для защиты от окисления. Использовать паяные соединения на участках проводки, находящихся в моторном отсеке, недопу-



стимо. В условиях повышенной влажности электрохимическая коррозия таких соединений протекает с большой скоростью, а надежность защитных лаковых покрытий недостаточна. То же самое можно сказать о любом контакте разнородных металлов в токоведущих цепях. Для их защиты от коррозии можно нанести сверху слой смазки (технического вазелина).

При прокладке силового провода в моторный отсек можно просверлить отверстие в моторном щите или использовать уже имеющееся (начните искать в районе рулевой колонки и монтажного блока – там обычно есть несколько отверстий). Также при прокладке провода через места с острыми металлическими углами всегда используйте резиновые уплотнители, во избежание повреждения его изоляции. В моторном отсеке силовую проводку желательно дополнительно защитить гофрированной трубкой. Провод не должен быть натянут, а в местах, где он лежит свободно, необходимо предотвратить его перемещение при помощи монтажных хомутов или обвязки.

Дискуссии о преимуществах того или иного типа проводов ведутся постоянно. Несомненно, это важно при выборе сигнальных проводов, но наиболее важным фактором при выборе силового провода является его сечение. Сечение традиционно измеряется в American Wire Gauge (сокращенно AWG), или просто gauge (калибр). Обвинения в отсутствии патриотизма в данном случае лишены смысла, поскольку в настоящее время провода и аксессуары к ним (распределители, разъемы, держатели предохранителей и прочее) исключительно импортные и выпускаются под такой маркировкой во всем мире. Чтобы определить сечение провода для вашей системы, прежде всего нужно узнать максимальный потребляемый ток и длину кабеля. Затем воспользуйтесь таблицей, взятой из правил оценки качества установки (**приложение 3**).

9.4.2. Буферный конденсатор

Для улучшения энергетических показателей системы бортового электропитания параллельно аккумулятору необходимо присоединить конденсатор. Устанавливать его нужно как можно ближе к основному потребителю энергии в аудиосистеме, чтобы скомпенсировать падение напряжения, возникающее на соединительных проводах



406

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

на пиках мощности. [107] Применение конденсатора оправдано даже при использовании магнитолы без дополнительных компонентов – в этом случае значительно улучшается воспроизведение пиков сигнала, звучание перестает быть «зажатым». Кроме того, это еще один способ борьбы с помехами от генератора в бортовой сети, более действенный, чем применение помехоподавляющих фильтров на основе дросселя.

Эмпирическая формула для определения емкости конденсатора – 1 Ф на киловатт потребляемой мощности. Например, для системы с потреблением энергии 100 Вт подойдет конденсатор 100 000 мкФ. Для магнитолы обычно достаточно конденсатора емкостью 47 000–68 000 мкФ. Конденсаторы большой емкости, специально предназначенные для автомобильных аудиосистем, выпускаются многими производителями аудиотехники (например BRAX, Phoenix Gold), однако их стоимость весьма значительна. Практически с тем же результатом в любительской установке можно использовать обыкновенные электролитические конденсаторы большой емкости или собрать батарею из параллельно включенных конденсаторов меньшего номинала.

При выборе «неавтомобильных» конденсаторов нужно ориентироваться на эксплуатационные температуры: летом в автомобиле, стоящем на солнце, температура может достигать 50–60 градусов даже в средних широтах. Требования по морозостойкости зависят от конкретного региона. Предпочтение следует отдавать тем типам конденсаторов, которые имеют предохранительный клапан. В крайнем случае можно использовать конденсаторы с насечкой на корпусе. С учетом напряжения в бортовой сети автомобиля рабочее напряжение конденсаторов должно быть не ниже 16 вольт, однако нужно иметь в виду следующее обстоятельство. При выходе из строя реле-регулятора напряжение может подняться с 14 В до 18–20 В, поэтому для предотвращения пробоя конденсаторов рабочее напряжение следует выбрать несколько большим: 20–25 В. Как показывает опыт, современные оксидные конденсаторы подвержены пробоям даже при незначительном превышении рабочего напряжения.

Непосредственный заряд конденсатора емкостью свыше 100 000 мкФ от бортовой сети опасен. Незаряженный конденсатор такой емкости равноценен короткому замыканию. Для ограничения зарядного тока первоначальное включение нужно проводить через резистор сопротивлением 10–20 Ом



или через автомобильную лампу накаливания. Погасание лампы укажет на то, что дальнейшую зарядку можно проводить «напрямую». Специальные конденсаторы большой емкости имеют встроенную систему контроля заряда, что также сказывается на их стоимости. [107]

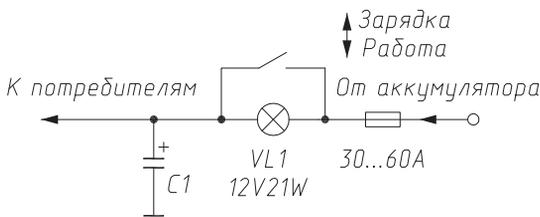
Если владелец отключает аккумулятор на ночь, для упрощения «утренней зарядки» конденсатора можно использовать несложную схему, показанную на рисунке 9.14. [115]

Можно использовать выключатель любого типа, важно только, чтобы он был рассчитан на максимальный потребляемый системой ток. Обычно на выключателях указан ток, который они могут прерывать. Ток, который могут выдерживать контакты без разрыва цепи, может быть в несколько раз больше. Если пользоваться выключателем только для отключения системы, находящейся в ждущем режиме, можно использовать выключатель с меньшим запасом по току без существенного снижения надежности.

9.4.3. Дополнительный аккумулятор

Если потребляемая аудиосистемой мощность значительна, длительное прослушивание музыки при неработающем двигателе может создать проблемы с последующим запуском. Чтобы исключить разрядку аккумулятора, можно использовать схемы контроля напряжения, блокирующие работу системы при чрезмерной разрядке. Однако

Рис. 9.14. Схема зарядки конденсатора



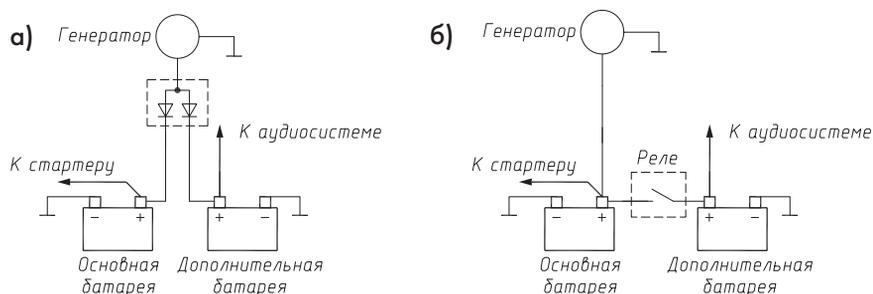
для их успешного применения нужно знать зависимость остаточной емкости аккумулятора от напряжения на его клеммах (кривую разряда). Эта характеристика зависит от типа аккумулятора и ряда других условий (прежде всего от температуры среды), поэтому удобнее и надежнее установить второй аккумулятор, предназначенный именно для питания аудиосистемы. В этом случае его разрядка не повлечет за собой никаких последствий, кроме отключения «музыки».



Для развязки аудиосистемы от основной бортовой сети можно использовать диодный коммутатор (рисунок 9.15а) или мощное реле с нормально разомкнутыми контактами (рисунок 9.15б).

Достоинство диодного коммутатора – простота конструкции и автоматический режим работы. При отсутствии готового коммутатора промышленного изготовления его вполне можно изготовить самостоятельно. В этом случае необходимо использовать мощные диоды с допустимым прямым током в несколько десятков ампер (в зависи-

Рис. 9.15. Схема для подключения второго аккумулятора



мости от максимального тока нагрузки генератора) и минимальным прямым падением напряжения (диоды Шотки). В противном случае изменится режим зарядки аккумуляторов. При использовании обычных силовых диодов с прямым падением напряжения порядка 1 В нормальный режим зарядки можно восстановить настройкой реле-регулятора напряжения бортовой сети, но в его конструкции редко предусмотрена такая возможность.

Схема коммутации с использованием реле свободна от этого ограничения. Контакты должны быть рассчитаны на потребляемый аудиосистемой ток. Для включения реле можно использовать напряжение от замка зажигания, однако при включенном зажигании, но не работающем двигателе контакты реле будут замкнуты. Чтобы этого не произошло, можно использовать для управления реле напряжение на контрольном выходе генератора. В этом случае контакты будут замкнуты только при работающем двигателе, когда генератор обеспечивает нормальное напряжение в бортовой сети. Если у генератора нет контрольного выхода, управляющий сигнал можно получить от контрольной лампы работы генератора на панели приборов или от датчика давления масла. Однако в этом случае для управления коммутатором понадобится транзисторный ключ или промежуточное реле, поскольку в панели приборов использо-



ваны слаботочные цепи. Конкретная схема не приводится, поскольку в данном случае все зависит от типа автомобиля и рабочей логики датчиков. В любом случае, прежде чем вводить дополнительные элементы, тщательно изучите схему электрооборудования и соблюдайте осторожность.

9.4.4. Нестандартное напряжение бортовой сети

Особняком стоит проблема питания автомобильной аппаратуры в машинах, напряжение бортовой сети которых отличается от 12 В. Так, бортовая сеть большинства грузовиков и некоторых джипов имеет напряжение 24 В. Ассортимент радиоаппаратуры с таким напряжением питания крайне ограничен и для использования стандартной техники приходится прибегать к различным ухищрениям.

Поскольку в данной ситуации используются соединенные последовательно стандартные аккумуляторы напряжением 12 В, необходимое напряжение можно получить от одного из них (рисунок 9.16). Это решение пригодно только для магнитолы и других маломощных потребителей. Если в системе используются усилители, нагрузка на левый по схеме аккумулятор значительно возрастет, и для равномерного износа аккумуляторы придется периодически менять местами. Это не только неудобно, но и ставит под угрозу нормальную работу стартера (под такой нагрузкой разница в степени разряда аккумуляторов проявляется особенно сильно).

Для радиолюбителя наиболее естественный выход из создавшейся ситуации – применить самодельный усилитель с напряжением питания 24 В. Выходная мощность обычного усилителя на нагрузке 4 Ом составит 15–18 Вт, а мостового – более 50 Вт.

При использовании промышленного усилителя с преобразователем напряжения питания его можно доработать. Для этого нужно ввести в блок питания маломощный стабилизатор напряжения 12 В (для питания контроллера и

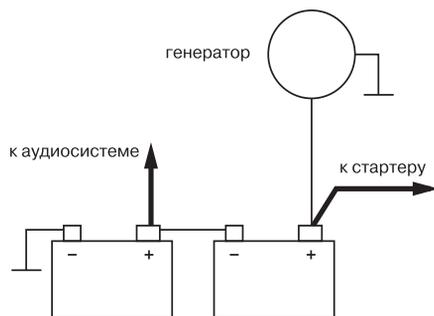


Рис. 9.16. Подключение к бортовой сети 24 В



410

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

схем автоматики) и увеличить в два раза число витков первичной обмотки. Ее сечение, к счастью, можно во столько же раз уменьшить. Может также потребоваться замена силовых транзисторов преобразователя.

Другая крайность – машины-раритеты. Владельцы таких машин обычно ревностно относятся к «родному» оснащению таких машин, поскольку их коллекционная ценность определяется именно степенью оригинальности (в том числе и схемой электропитания). К сожалению, век оригинальной радиоаппаратуры короток, и на ее место приходится устанавливать современные изделия. Проблема усугубляется тем, что многие старые автомобили оснащены маломощными генераторами постоянного тока напряжени-

Рис. 9.17. Защита проводки в двери



ем 6 В, да еще с «плюсом» на корпусе. Естественно, об установке усилителей речь не идет: хоть бы магнитола работала.

В такой ситуации возможны два выхода. Первый – поискать магнитола устаревшего типа, без микропроцессоров и дополнительных удобств, с обычным усилителем мощности на микросхемах TDA2003, TDA2005 и аналогичных. Эти микросхемы рассчитаны на нагрузку 2 Ома и достаточно устойчиво работают при напряжении питания 6 В. Выходная мощность, правда, не превысит 1–2 Вт на канал. Двигатель ЛПМ придется заменить шестивольтовым. Тракт сигнала, за исключением усилителей мощности, обычно питается от внутреннего стабилизатора напряжением 5–6 В, его придется отключить и питать эти узлы от бортовой сети через фильтрующие цепи.

Второй выход из этой ситуации – преобразователь напряжения питания. Его можно выполнить по одной из рас-



смотренных ранее схем, изменив данные трансформатора. Числа витков обмоток при мощности преобразователя до 50–70 Вт приблизительно определяются из соотношения 2–3 витка на вольт.

9.5. ЦЕПИ АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Изложенные выше правила выбора провода и монтажа цепей питания справедливы и для сильноточных сигнальных цепей. При выборе сечения провода для подключения динамических головок можно с успехом воспользоваться той же таблицей (**приложение 3**), уменьшив ток соответственно числу каналов усилителя. Даже беглого взгляда достаточно, чтобы понять, что провода, предлагаемые изготовителем в комплекте динамических головок, в большинстве случаев совершенно не пригодны для этой цели. Сопротивление двойного провода длиной 2 м может иногда достигать 0,5–0,7 Ом, что при использовании усилителя магнитолы приводит к ощутимым потерям мощности. Поэтому на «колоночных» проводах экономить не стоит.

Особая надежность провода требуется при установке акустических систем в двери. Ни в коем случае нельзя пропускать провод «под обивку» – он должен проходить через отверстия в металле двери и стойки, обязательно под защитой направляющей трубки. Эти меры гарантируют отсутствие заземления, перегибов и петель провода.

Размещение проводов к акустическим системам обычно не вызывает проблем. Исключение составляют некоторые типы современных автомобилей зарубежного производства. Они настолько насыщены электроникой, что при неудачном монтаже наводки на провода АС или индуктивности пассивных кроссоверов могут быть заметны на слух даже при выключенной аудиосистеме. Чтобы избежать неудачи, следует предварительно уточнить местонахождение бортового компьютера и расположение кабелей, по которым происходит обмен данными.

9.6. СИГНАЛЬНЫЕ ЦЕПИ И ПОМЕХИ

Качество монтажа межблочной сигнальной проводки влияет на качество звуковоспроизведения намного сильнее. Конечно, при использовании магнитолы «в гордом одиночестве» эта проблема не возникает.

Основная проблема большинства принятых сегодня вариантов компоновки аудиосистемы – большая длина межблочных кабелей. В большинстве случаев CD-чейн-



джер устанавливается в багажнике. Сигнал для регулировки и дальнейшего усиления подается на вход магнитолы, установленной в панели приборов. При наличии дополнительного усилителя его обычно тоже устанавливают в багажнике, поэтому длина кабеля еще как минимум удваивается. Собственная емкость кабеля при такой длине уже может оказывать влияние на полосу пропускания тракта.

Особенно подвержены этому явлению бюджетные модели магнитол, у которых линейный выход не снабжен буферным каскадом. Выходное сопротивление линейного выхода в этом случае около 10 кОм, а погонная емкость межблочного кабеля среднего качества составляет примерно 150–200 пФ/м. Емкость кабеля составит при этом около 700 пФ. Прибавьте к этому входную емкость усилителя (500–700 пФ). Получившийся ФНЧ обладает частотой среза 12–15 кГц, что уже хорошо заметно на слух.

Поэтому входное сопротивление автомобильных усилителей по сравнению с домашними весьма низкое (порядка 10 кОм). Несмотря на это, лучший выход из положения – рациональная компоновка системы и использование межблочного кабеля минимально необходимой длины. Спрятанные «с глаз долой» излишки кабеля могут ухудшить воспроизведение высших частот. С этой точки зрения представляет интерес размещение усилителя в передней части салона: на стенке моторного отсека или под торпедо. На рисунке 9.18 схематически изображен вариант, использованный Н. Онуфриевым в «Ниве».

Для решения проблемы наводок пригодны несколько способов, но наиболее широко используются два – повышение выходного напряжения источников сигнала и применение дифференциальных (балансных) линий связи. Соответственно тому, как выполнены линейные выходы источника сигнала и вход усилителя, выбирается и тип межблочных соединений.

Применение балансных линий характерно для компонентов высокой ценовой категории и гарантирует прекрасную помехозащищенность. Напряжение сигнала поступает на входы дифференциального усилителя в противофазе, а помехи – в фазе и подавляются (рисунок 9.19).

Однако это справедливо только при полной симметрии линии. Использование симметричного входа с несимметричным выходом (и наоборот) сводит на нет все преимущества этой схемы. В этом случае можно применять симметрирующее

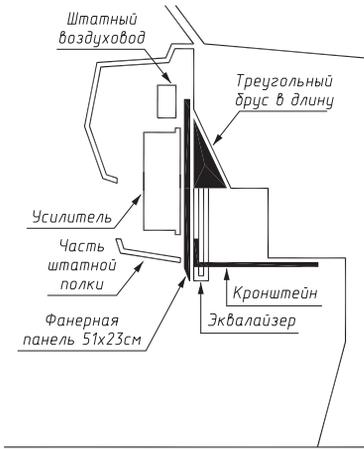
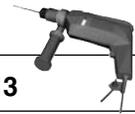


Рис. 9.18. Монтаж усилителя в передней части салона

устройство. Наиболее изящное решение – трансформатор, но его конструкция для обеспечения необходимых качественных показателей может оказаться слишком дорогой.

Основных источников помех в автомобиле два – система зажигания («треск») и генератор («вой»). Помехи от системы зажигания полностью исключить нельзя, но можно значительно уменьшить. В автомобилях с традиционной (контактной) системой зажигания применение распределителя зажигания со встроенным помехоподавляющим резистором, или высоковольтных проводов с распределенным сопротивлением, позволяет значительно снизить мощность помех. Дальнейшее снижение их уровня обеспечивает хороший экранированный межблочный кабель.

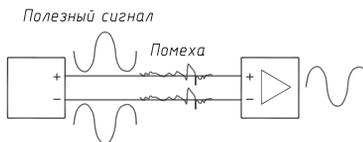


Рис. 9.19. Подавление помех дифференциальным усилителем

Помехи от работы генератора могут быть вызваны плохим состоянием коллектора и реле-регулятора («таблетки»). Но даже при идеальном состоянии генератора при наличии в системе нескольких компонентов помехи могут прослушиваться, если заземление выполнено неправильно. Если в системе существует несколько точек заземления, то при соединении компонентов образуется паразитный контур. Поэтому не должно быть соединения общего провода компонентов через межблочные кабели. По этой же причи-



414

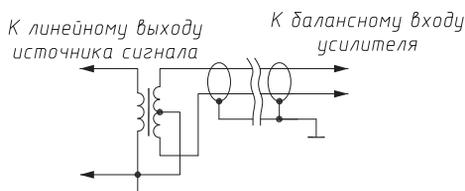
**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

не экран не должен служить сигнальным проводником. Реализовать это условие просто: при самостоятельном монтаже разъемов на кабель экран с одной стороны не припаивается. При использовании готовых кабелей лепестки RCA-штекера можно изолировать от корпуса разъема тонким слоем изоляционной ленты. Этот же способ позволит выяснить, с какой стороны лучше изолировать экран: со стороны источника сигнала или со стороны усилителя. Если и эта мера не поможет – остается использовать для всей системы единственную точку заземления, лучше всего на минусовой клемме аккумулятора.

9.7. СЕРВОПРИВОДЫ

В ряде конструкций для повышения удобства эксплуатации используются сервоприводы. Им можно найти немало применений: подстройка ориентации пищалок, открывание защитных крышек и шторок, дистанционная регулировка сечения порта фазоинвертора и многое другое. Силовые сервоприводы используют для перемещения рам и стоек с усилителями в многоэтажных конструкциях демонстрационных установок.

Рис. 9.20. Симметрирующий трансформатор



Помимо специальных автомобильных изделий любители могут использовать различные подручные средства: шаговые двигатели от факсимильных аппаратов и принтеров, малогабаритные моторчики с редуктором от электрзеркал и самописцев и даже электромагниты. У каждого решения есть свои достоинства и недостатки.

Шаговые двигатели экономичны, обеспечивают хороший контроль за перемещением, но им требуется достаточно сложная схема управления на специализированных микросхемах. Моторчики с редукторами удобны, но их габариты не всегда устраивают. Электромагнит обеспечивает только небольшое перемещение, да и ток потребляет значительный. В тех случаях, когда требуются небольшие угловые перемещения, можно использовать двигатель привода диска от старого винчестера. В большинстве конструкций используется совершенно плоский трехфазный синхронный двига-



тель с магнитным ротором (полная высота около 15 мм, посадочная глубина – всего 6 мм). Три обмотки двигателя соединены «в треугольник» или «в звезду», при подаче напряжения на одну из обмоток ротор поворачивается на небольшой угол и стабилизируется в этом положении. Пока в обмотке протекает ток, требуется немалое усилие, чтобы вывести ротор из занятого положения. Чтобы перевести его в другое положение, нужно подать напряжение на другую обмотку. Дальнейшее, как говорится, дело техники.



Рис. 9.21. Элементы отделки

9.8. АНТЕННЫ

Радисты говорят: «хорошая антенна – лучший усилитель», но реализовать возможности любой антенны можно только при ее правильной установке. Многие автомобилисты убеждены, что лучшее место для наружной антенны – это крыша. Однако это не совсем верно. Эффективность антенны определяется высотой установки относительно проводящей поверхности. Это расстояние должно превышать $1/8$ длины волны, а лучше – половину. Выполнить это условие можно только в диапазоне УКВ, и то с большим трудом. С этой позиции наилучшая антенна та, у которой нижняя несущая часть штыря выполнена из диэлектрического материала, но таких конструкций немного.



Рис. 9.22. Компоновка мультимедийной системы



416

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

Рис. 9.23. Компоновка мультимедийной системы



Наибольшая эффективность электрической антенны достигается в том случае, когда она находится в плоскости поляризации волны. В диапазонах ДВ и СВ используется вертикальная поляризация, на УКВ – горизонтальная, но в условиях города при многократных отражениях сигнала и различных атмосферных условиях плоскость поляризации может повернуться на неопределенный угол. Поэтому для наружных штыревых антенн обычно применяется компромиссное решение – установка антенны под углом к горизонту. При установке антенны – «таблетки» для повышения эффективности при работе с волнами различной поляризации один из ее элементов можно направить горизонтально, а второй – вертикально.

Симметричный вибратор для телевизионного приема обычно монтируют на лобовое стекло (у верхней кромки) или заднее. В микроавтобусах его можно распо-



ложить и вдоль боковой «витрины». Неплохие результаты были получены также при установке антенны внутри пластикового бампера, и даже внутри торпедо в районе нижнего среза лобового стекла. Конечно, варианты это экстремальные, прибегают к ним исключительно из соображений «вандалоустойчивости», чтобы не выдавать наличие в автомобиле телеаппаратуры. Однако качество приема несколько уступает тому, что можно получить при использовании традиционных вариантов установки. Кстати, при установке двух антенн такого типа во взаимно перпендикулярных направлениях их диаграмма направленности станет круговой. Это снизит влияние положения машины на качество приема, но сигналы двух антенн придется объединить.

При установке антенн на стекло нужно выполнить нехитрые правила, тогда крепление будет прочным и долговечным:

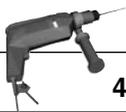
- Категорически не рекомендуется монтировать антенну в сырую или холодную погоду на улице
- Стекло нужно тщательно очистить и обезжирить
- Клеевую пленку для монтажа желательно прогреть
- Перед приклеиванием основания на стекло – «семь раз отмерить», ибо ничего изменить уже нельзя, клей схватывается моментально
- После монтажа не прикладывать сразу механические нагрузки.

9.9. НАСТРОЙКА

После того, как все компоненты системы изготовлены, установлены и смонтированы, остается последний штрих – настройка. [2, 115]

Главный критерий при настройке: получение максимально выразительного звучания. Как это ни парадоксально, но следует стремиться не к максимально плоской, а к максимально гладкой АЧХ. Из практики известно, что звучание автомобильных аудиосистем с безупречно плоской АЧХ в ряде случаев неприятно режет слух на высоких частотах. По-видимому, это объясняется избирательными свойствами человеческого уха, по-разному воспринимающего прямые и отраженные сигналы. Измерительный микрофон не способен их разделить.

Опытным путем установлено, что наиболее естественное и выразительное звучание в неподвижном автомобиле достигается в том случае, когда АЧХ по звуковому давлению имеет небольшой (3–5 дБ) подъем на частотах ниже 150–200 Гц и несколько меньший спад на частотах выше



418

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

7–10 кГц. Точные значения зависят от акустических свойств конкретного салона и находятся экспериментально. Шум движения сосредоточен преимущественно в области низких частот, поэтому для улучшения качества звучания может понадобиться дополнительный подъем частот ниже 100 Гц на величину от 3 до 8 дБ.

9.9.1. Абсолютная и относительная фазировка АС

Распространенная ситуация, с которой сталкиваются в процессе настройки и профессионалы, и любители – неожиданная «нехватка баса». Если динамики смонтированы по всем канонам, причина в неправильной абсолютной фазировке акустических систем. Хотя на выходах магнитол и усилителей, и динамиках указана полярность подключения, заранее неизвестно – инвертируется сигнал в тракте или нет. Далеко не все производители уделяют этому внимание.

Узнавание инструментов происходит на фазе атаки сигнала. Например, при неправильной полярности подключения в момент удара по барабану диффузор динамика вытягивается, а не выталкивается. В результате атака сигнала «вывернута наизнанку», хотя низкочастотное заполнение есть. Возникает впечатление, что баса нет, или он «вялый». Особенно заметно это явление при широкой полосе частот мидбаса (при частоте раздела выше 400–500 Гц). Проверить абсолютную фазировку легко – достаточно одновременно сменить полярность подключения мидбасов. В одном из вариантов звучание будет более «сочным», его и принять за основу.

Фазировку всех остальных головок в системе нужно проводить относительно мидбасов. Смена фазировки ВЧ-головок обычно мало заметна. Если в системе используется фазовая коррекция, для подбора ее оптимальной величины потребуются прослушать разнообразный музыкальный материал. При этом нужно иметь в виду, что фазировка СЧ-головок относительно НЧ оказывает влияние как на фокусировку звуковых образов, так и на результирующую АЧХ в точке прослушивания. Поэтому для полной уверенности необходим контроль АЧХ.

9.9.2. Измерение и коррекция АЧХ

Измерить АЧХ системы можно двумя способами. Первый способ предполагает использование источника белого или розового шума и анализатора спектра звукового диапазона частот. Этот способ требует минимального времени, а результаты измерений наглядны. К сожалению, из-за высо-



кой стоимости оборудования он практически недоступен любителям, но широко применяется в процессе настройки АЧХ в специализированных установочных студиях и в ряде случаев можно прибегнуть к их помощи. Как вариант данного способа можно использовать ПК со звуковой платой и программу-анализатор спектра, но при отсутствии калиброванного измерительного микрофона точность измерений вряд ли будет удовлетворительной. Впрочем, если отказаться от измерения абсолютного уровня звукового давления и ограничиться только оценкой относительной неравномерности АЧХ (что, собственно, нас и интересует), этот метод вполне пригоден. Следует только учитывать, что далеко не все звуковые платы способны одновременно работать на ввод и вывод сигнала. Микрофон (с учетом возможной неравномерности АЧХ) должен нормально функционировать при звуковом давлении хотя бы



Рис. 9.24. Компоновка мультимедийной системы

до 110 дБ. Измерения проводят при стандартном уровне 90 дБ, что на слух соответствует громкости немного выше средней.

Другой, более дешевый, но и несравненно более трудоемкий способ: снятие АЧХ по точкам. Для этого нужен источник тестовых сигналов (компакт-диск с записью третьоктавной сетки частот или генератор сигналов) и измеритель звукового давления. К сожалению, и этот прибор трудно достать, хотя он стоит не намного дороже китайского мультиметра. Его можно заменить микрофоном с известной АЧХ и милливольтметром. Качество измерений практически не пострадает, но придется учитывать АЧХ микрофона и оценивать только неравномерность АЧХ. При этом способе также можно использовать ПК со звуковой платой, что позволяет применить сколь угодно мелкую сетку частот, вплоть до скользящего тона. Программное обеспечение для подобных измерений можно найти в Internet.



420

**МОНТАЖ
АУДИОСИСТЕМЫ**

После анализа полученной АЧХ можно сделать заключение о необходимости частотной коррекции. Провалы и пики в области средних и высоких частот шириной не более 0,5 октавы и величиной до 4–5 дБ мало заметны на слух, большая неравномерность воспринимается как изменение тембровой окраски. В большинстве случаев «детальная» коррекция в этом диапазоне не требуется. Обычно можно обойтись интегральной коррекцией при помощи регулятора тембра ВЧ. Допустимая локальная неравномерность АЧХ в области нижних частот меньше (2–3 дБ), но провалы в этой области менее заметны на слух, чем пики. Неравномерность АЧХ в этом диапазоне частот воспринимается как разная громкость звучания отдельных нот на пассажах.

В зависимости от характера дефектов следует выбрать метод коррекции. При небольших погрешностях вблизи частот раздела полос нужно попытаться слегка разнести, или наоборот, перекрыть их, чтобы скомпенсировать подъемы и провалы АЧХ. Но возможности этого метода ограничены, поэтому для коррекции АЧХ на других участках необходим эквалайзер.

Коррекции при помощи эквалайзера подлежат участки с неравномерностью не более 6–8 дБ. Более глубокая коррекция может быть заметной на слух, и свидетельствует прежде всего о серьезных просчетах в проектировании системы. Обычно подавление пиков менее заметно, чем «подтягивание» провалов, требующее к тому же запаса мощности (каждые 3 дБ соответствуют удвоению мощности сигнала в полосе коррекции). К сожалению, использование внешнего эквалайзера возможно обычно только с внешним усилителем, поскольку практически во всех магнитолах отсутствует вход усилителя мощности. Однако радиолюбитель может ввести соответствующие изменения в конструкцию магнитолы, воспользовавшись приведенными в предыдущей главе рекомендациями по подключению фильтров.

Описанный порядок создания аудиосистемы (выбор концепции – установка – измерения – выбор оптимального метода коррекции – настройка) предназначен для истинных ценителей, не ограниченных фактором времени. При профессиональной установке нередко предварительное снятие АЧХ не применяется вовсе. В системе изначально устанавливается графический эквалайзер, и регулировка при помощи анализатора спектра сводится к получению необходимых параметров. Степень реализации задуманного зависит при этом от профессионального уровня установщика и отведенного ему на работу времени. Во всяком случае, теперь читателю должно быть ясно, что за два часа «правильного» звука в машине никак не добиться...

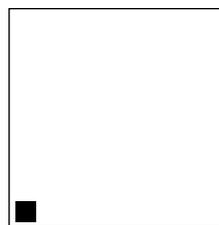
Одна из целей, поставленных при создании этой аудиосистемы — доказать, что высококачественное звучание не обязательно требует вложения огромных средств. Концепция этой установки — трехполосный фронт с полноценным басом, максимально широкая полоса средних частот, поддержка пищалок и сабвуфера только на границах рабочего диапазона частот. Ни один вариант дверной установки не обеспечивает полноценное воспроизведение басовой атаки — для этого излучение акустических систем должно быть направлено вдоль салона, и самое логичное — установить АС под передними сиденьями в жестком корпусе. Низкочастотные головки — отечественные 25ГДНЗ-4, фазоинверторный корпус объемом 7 литров, частота настройки порта — 45 Гц (конструкция О. Леонова). Полоса рабочих частот мидбаса под сиденьем акустически ограничена сверху значением 500-800 Гц, поэтому трехполосная акустика + жесткая необходимость, а не прихоть. Среднечастотные динамики установлены в штатных местах торпедо. В системе использован усилитель бюджетного класса Prology PAS-4100 с незначительными доработками: изменены частоты раздела встроенного кроссовера, увеличен ток покоя, чувствительность намеренно снижена (выход головного устройства — 2 В). Хотя максимальная мощность усилителя составляет 4x100 Вт, мощность каждого канала ограничена на уровне 25-30 Вт. Большой динамический запас мощности обеспечивает неискаженное воспроизведение импульсных сигналов. Хотя фронт уверенно воспроизводит частоты от 45 Гц, для поддержки басового диапазона необходим сабвуфер. Использован активный саб Prology AT-1200, он установлен в багажнике и закреплен винтовыми талрепами. Для подключения питания использована обычная силовая розетка для электроплит (380 В x 40 А). Освободить багажник для груза можно за две минуты. Выбор однодинового DVD-проигрывателя Prology DVD-100В на роль головного устройства не случаен. По сравнению с традиционными CD-ресиверами качество звучания DVD-100 неизмеримо выше (за счет «короткого» тракта), а возможность просмотра видеозаписей — приятное дополнение. Телевизор Premiera RTR-800Z прекрасно вписался на отведенное ему место в середине торпедо. Экран не перекрывает обзор, и в то же время водитель всегда может взглянуть на него, не отрываясь от дороги. Снять и спрятать монитор в «вандалоопасных» местах можно за считанные секунды.



Renault Kangoo ■



Анатолий Шихатов ■



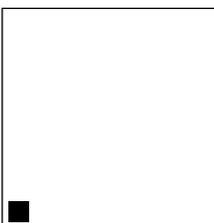
**Размещение
компонентов в
салоне.**

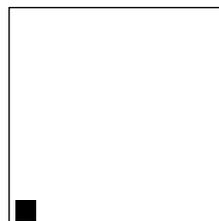


**Низкочастотная
АС под передним
сиденьем**

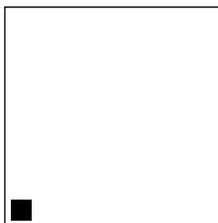
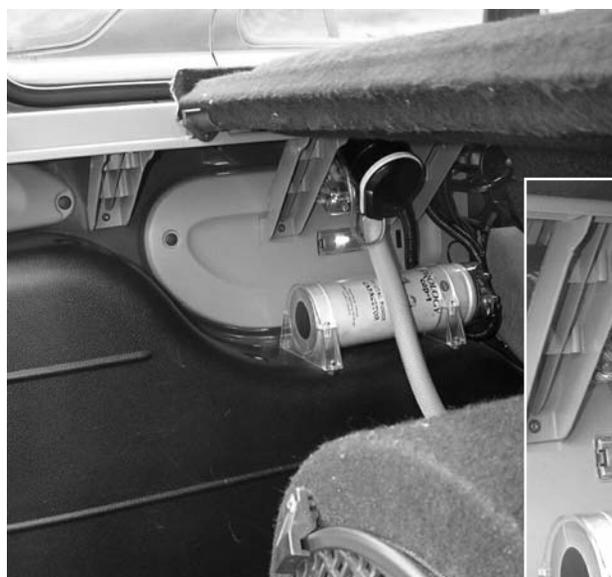


**Монтаж усилителя в боковой
стенке салона**



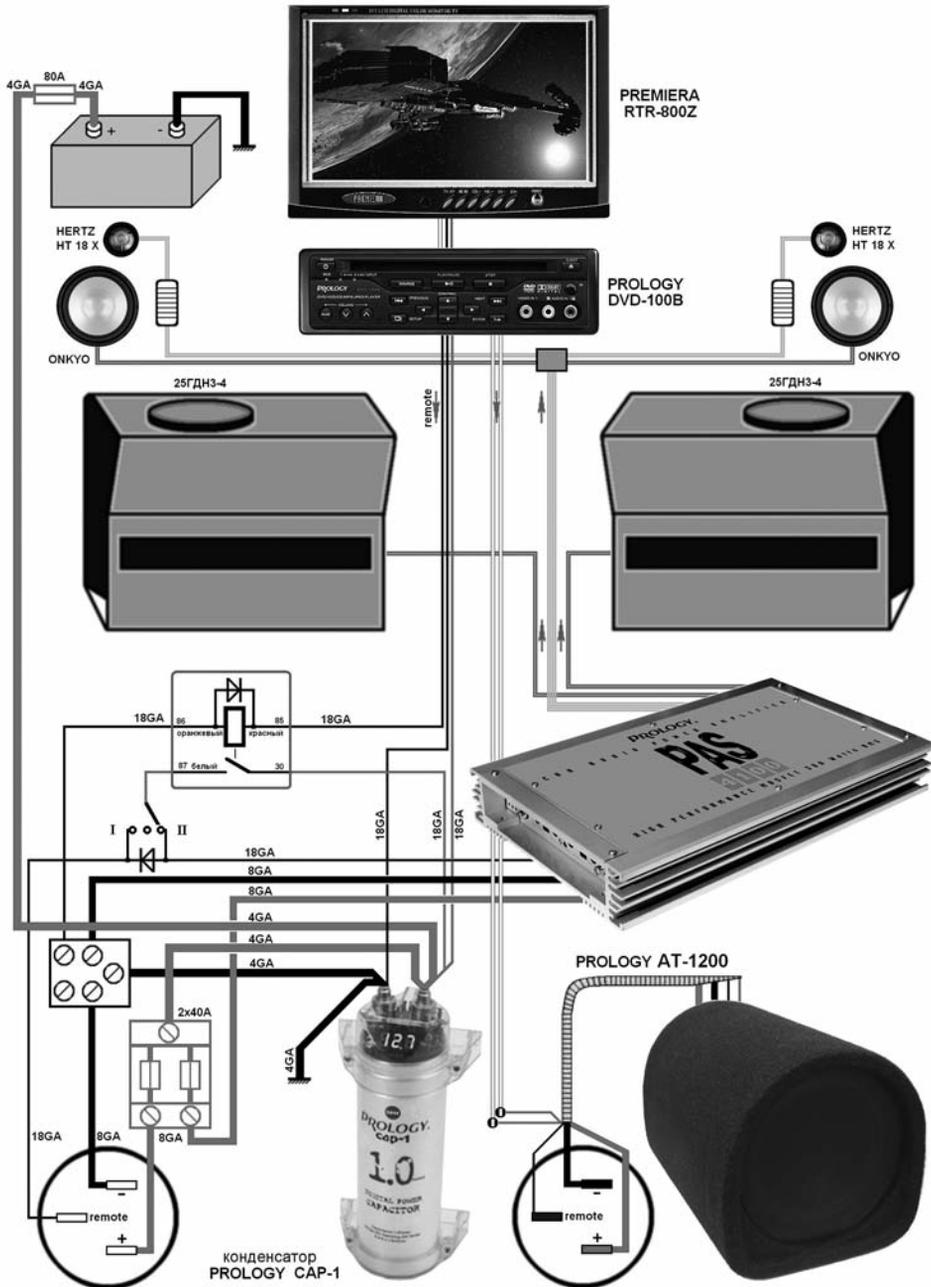
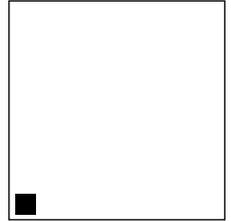


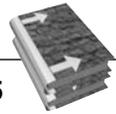
Сабвуфер в багажнике



В роли разъема - розетка электроплиты

Схема соединения компонентов





ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. АЧХ САЛОНОВ РАСПРОСТРАНЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Рис. П1.1. АЧХ салона
автомобиля ВАЗ 2106

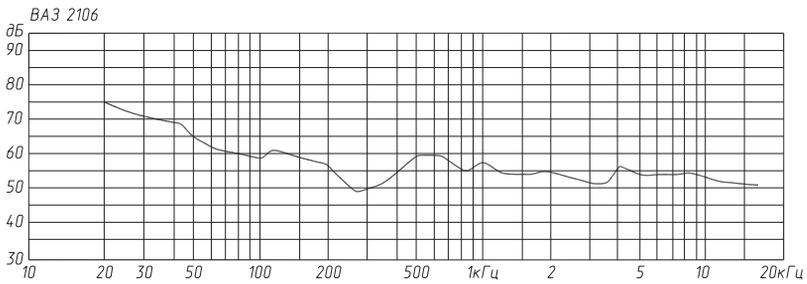
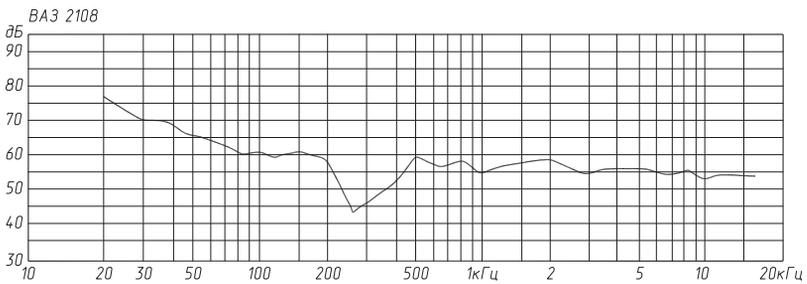
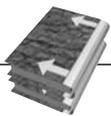


Рис. П1.2. АЧХ салона авто-
мобиля ВАЗ 2108





426

ПРИЛОЖЕНИЯ

Рис. П1.3. АЧХ салона автомобиля ВАЗ 21099

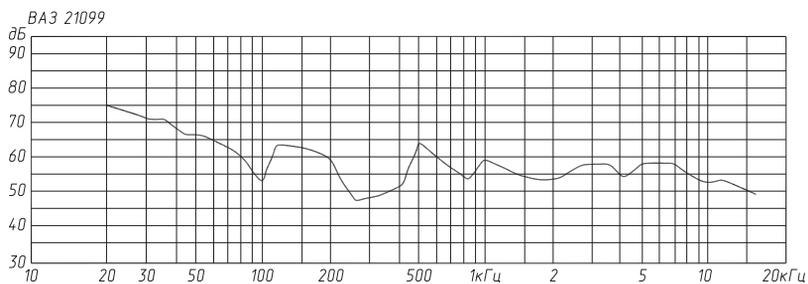


Рис. П1.4. АЧХ салона автомобиля «Шкода-Фелиция»

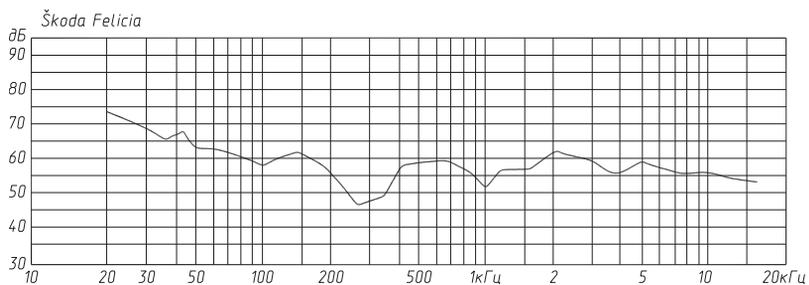
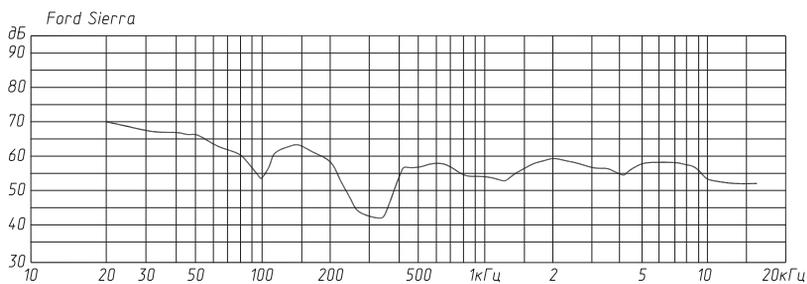


Рис. П1.5. АЧХ салона автомобиля «Форд Сьерра»



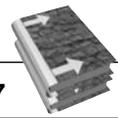
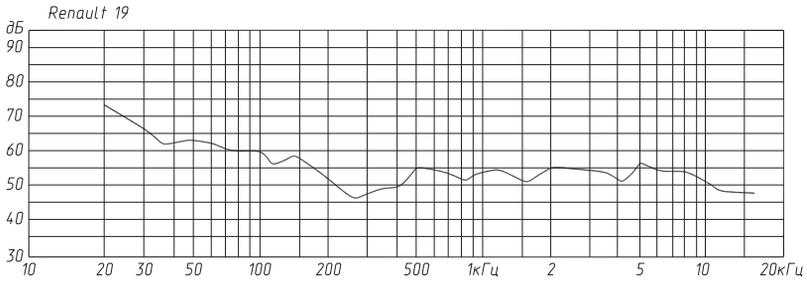
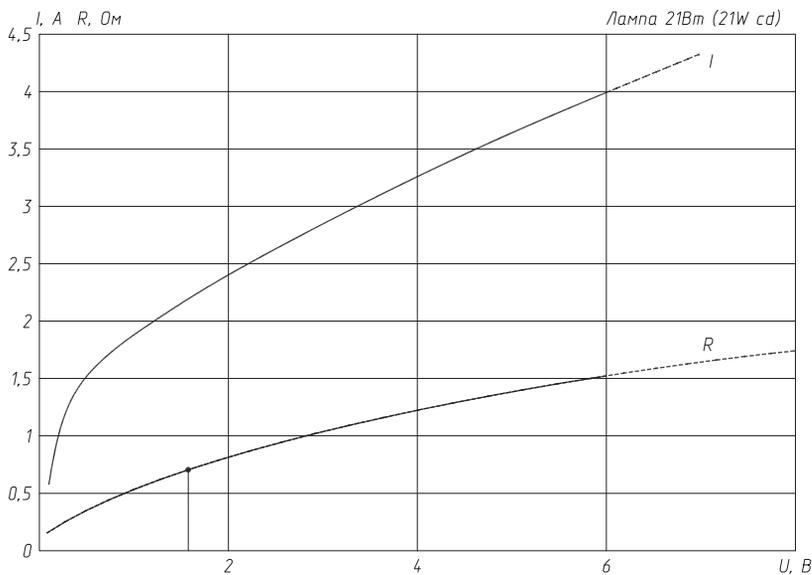


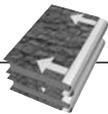
Рис. П1.6. АЧХ салона автомобиля «Рено 19»

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2.****ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ
В РЕЖИМЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ**

На графиках точкой отмечен момент начала свечения
нити накала

Рис. П2.1. Автомобильная лампа 21 Вт





428

ПРИЛОЖЕНИЯ

Рис. П2.2. Автомобильная лампа 10 Вт

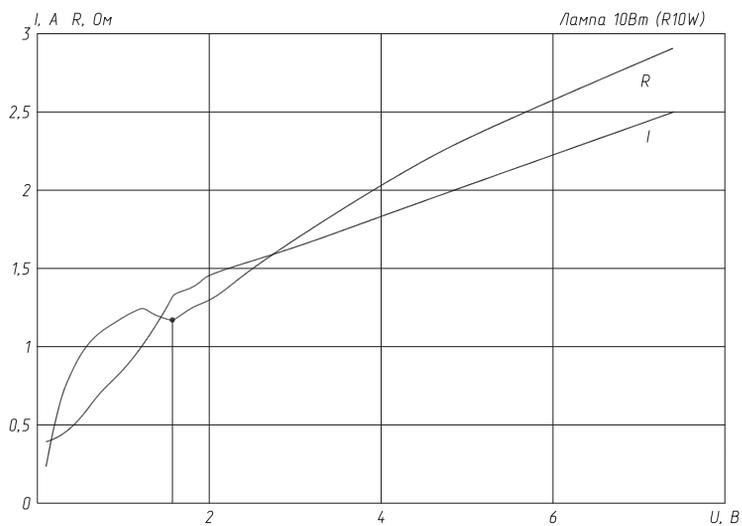
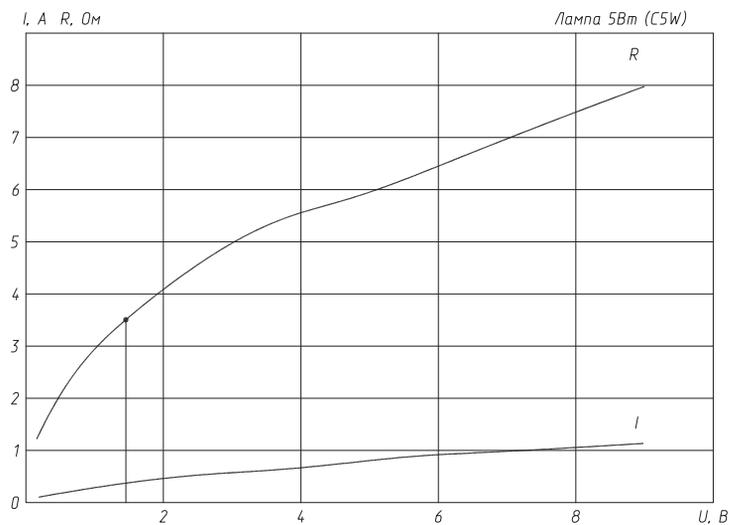
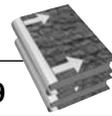


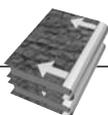
Рис. П2.3. Автомобильная лампа 5 Вт





ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ПРОВОДОВ

I (А)	Минимальный калибр провода по AWG (диаметр, мм)											
	14(2)	10(3)	10(3)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)
0-20	14(2)	10(3)	10(3)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)
20-35	10(3)	10(3)	10(3)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)
35-50	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)
50-65	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)	8(4.25)
65-85	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)
85-105	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)
105-125	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)	4(6.5)
125-150	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)	2(7.5)
150-225	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)	1(9.5)
225-300	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)	1/0(11)
Длина провода (м)	1	1...2	2...3	3...4	4...5	5...6	6...7	7...8				

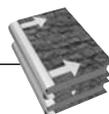


ПРИЛОЖЕНИЕ 4. СООТВЕТСТВИЕ ЗОН DVD СТРАНАМ

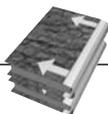
1. США и Канада.
2. Европа, Ближний Восток, Южная Африка и Япония.
3. Юго-Восточная Азия.
4. Австралия, Новая Зеландия, Океания, Мексика, Центральная и Южная Америка, страны Карибского бассейна.
5. Бывш. СССР, Индия, Африка, Северная Корея и Монголия.
6. КНР.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СТАНДАРТОВ

Обозначение стандарта	Число строк/кадров	Сдвиг несущей звука	Полярность модуляции несущей изображения	Модуляция несущей звука
V/G	625/25	5,5	Негативная	ЧМ
D/K	625/25	6,5	Негативная	ЧМ
H	625/25	5,5	Негативная	ЧМ
I	625/25	6,0	Негативная	ЧМ
L	625/25	6,5	Позитивная	АМ
M	525/30	4,5	Негативная	ЧМ
N	625/25	4,5	Негативная	ЧМ



Система	Строк/кадров	Поднесущая частота, МГц	Вещание	Разработка
NTSC (National Television Standards Committee)	525/30	3,58, AM	Северная Америка, Япония	США в черно-белом варианте в 1940 году, в цветном - в 1953 году
PAL (Phase Alternative Line System)	625/25	4,43, AM	Большинство стран Европы, Африки, Южная Америка (кроме Бразилии) и Австралия, Индия, Китай	Германия. Принят в 1967 году
PAL-M	525/30	3,58, AM	Бразилия	Модификация PAL, структура сигнала сохранена
SECAM (Sequentiel couleur a memoire)	625/25	4,25/4,40, ЧМ	Франция, страны Восточной Европы и бывшего СССР	Франция в 1953 г, в 1967 модифицирован с участием советских инженеров. Принят в СССР в 1974 г, вещание начало в 1976
SECAM-M (MESECAM)	525/30	4,43, AM	Ближний и Средний Восток, Африка, Азия	Модификация SECAM, сигнал по структуре приближен к PAL

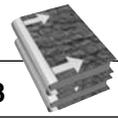


432

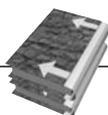
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 5.

№ п/п	Наименование диапазона частот	Наименование канала	Полоса частот радиоканала, МГц	Несущие частоты, МГц		Несущие гетеродинов, МГц		Зеркальные полосы частот радиоканала, МГц	
				изображения	звук	fПЧ=38,0 МГц	fПЧ=38,9 МГц	fПЧ=38,0 МГц	fПЧ=38,9 МГц
1	МВ I	R1	48,5-56,5	49,75	56,25	87,75	88,65	119,0-127,0	120,8-128,8
2		R2	58,0-66,0	59,25	65,75	97,25	98,15	128,5-136,5	130,3-138,3
3		R3	76,0-84,0	77,25	83,75	115,25	116,15	146,5-154,5	148,3-156,3
4	МВ II	R4	84,0-92,0	85,25	91,75	123,25	124,15	154,5-162,5	156,3-164,3
5		R5	92,0-100,0	93,25	99,75	131,25	132,15	162,5-170,5	164,3-172,3
6	КАТВ I	СК-1	110,0-118,0	111,25	117,75	149,25	150,15	180,5-188,5	182,3-190,3
7		СК-2	118,0-126,0	119,25	125,75	157,25	158,15	188,5-196,5	190,3-198,3
8		СК-3	126,0-134,0	127,25	133,75	165,25	166,15	196,5-204,5	198,3-206,3
9		СК-4	134,0-142,0	135,25	141,75	173,25	174,15	204,5-212,5	206,3-214,3
10		СК-5	142,0-150,0	143,25	149,75	181,25	182,15	212,5-220,5	214,3-222,3
11		СК-6	150,0-158,0	151,25	157,75	189,25	190,15	220,5-228,5	222,3-230,3
12		СК-7	158,0-166,0	159,25	165,75	197,25	198,15	228,5-236,5	230,3-238,3
13		СК-8	166,0-174,0	167,25	173,75	205,25	206,15	236,5-244,5	238,3-246,3
14	МВ III	R6	174,0-182,0	175,25	181,75	213,25	214,15	244,5-252,5	246,3-254,3
15		R7	182,0-190,0	183,25	189,75	221,25	222,15	252,5-260,5	254,3-262,3
16		R8	190,0-198,0	191,25	197,75	229,25	230,15	260,5-268,5	262,3-270,3
17		R9	198,0-206,0	199,25	205,75	237,25	238,15	268,5-276,5	270,3-278,3
18		R10	206,0-214,0	207,25	213,75	245,25	246,15	276,5-284,5	278,3-286,3
19		R11	214,0-222,0	215,25	221,75	253,25	254,15	284,5-292,5	286,3-294,3
20		R12	222,0-230,0	223,25	229,75	261,25	262,15	292,5-300,5	294,3-302,3
21	КАТВ II	СК-11	230,0-238,0	231,25	237,75	269,25	270,15	300,5-308,5	302,3-310,3
22		СК-12	238,0-246,0	239,25	245,75	277,25	278,15	308,5-316,5	310,3-318,3
23		СК-13	246,0-254,0	247,25	253,75	285,25	286,15	316,5-324,5	318,3-326,3
24		СК-14	254,0-262,0	255,25	261,75	293,25	294,15	324,5-332,5	326,3-334,3
25		СК-15	262,0-270,0	263,25	269,75	301,25	302,15	332,5-340,5	334,3-342,3
26		СК-16	270,0-278,0	271,25	277,75	309,25	310,15	340,5-348,5	342,3-350,3



№ п/п	Наименование диапазона на частот	Наименование канала	Полоса частот радиоканала, МГц	Несущие частоты, МГц		Несущие гетеродинов, МГц		Зеркальные полосы частот радиоканала, МГц	
				изображения	звук	fПЧ=38,0 МГц	fПЧ=38,9 МГц	fПЧ=38,0 МГц	fПЧ=38,9 МГц
27		СК-17	278,0-286,0	279,25	285,75	317,25	318,15	348,5-356,5	350,3-358,3
28		СК-18	286,0-294,0	287,25	293,75	325,25	326,15	356,5-364,5	358,3-366,3
29		СК-19	294,0-302,0	295,25	301,75	333,25	334,15	364,5-372,5	366,3-374,3
30	Hyperband	S20	302,0-310,0	303,25	309,75	347,25	342,15	372,5-380,5	374,3-382,3
31		S21	310,0-318,0	311,25	317,75	355,25	350,15	380,5-388,5	382,3-390,3
32		S22	318,0-326,0	319,25	325,75	363,25	358,15	388,5-396,5	390,3-398,3
33		S23	326,0-334,0	327,25	333,75	371,25	366,15	396,5-404,5	398,3-406,3
34		S24	334,0-342,0	335,25	341,75	379,25	374,15	404,5-412,5	406,3-414,3
35		S25	342,0-350,0	343,25	349,75	387,25	382,15	412,5-420,5	414,3-422,3
36		S26	350,0-358,0	351,25	357,75	395,25	390,15	420,5-428,5	422,3-430,3
37		S27	358,0-366,0	359,25	365,75	403,25	398,15	428,5-436,5	430,3-438,3
38		S28	366,0-374,0	367,25	373,75	411,25	406,15	436,5-444,5	438,3-446,3
39		S29	374,0-382,0	375,25	381,75	419,25	414,15	444,5-452,5	446,3-454,3
40		S30	382,0-390,0	383,25	389,75	427,25	422,15	452,5-460,5	454,3-462,3
41		S31	390,0-398,0	391,25	397,75	435,25	430,15	460,5-468,5	462,3-470,3
42		S32	398,0-406,0	399,25	405,75	443,25	438,15	468,5-476,5	470,3-478,3
43		S33	406,0-414,0	407,25	413,75	451,25	446,15	476,5-484,5	478,3-486,3
44		S34	414,0-422,0	415,25	421,75	459,25	454,15	484,5-492,5	486,3-494,3
45		S35	422,0-430,0	423,25	429,75	467,25	462,15	492,5-500,5	494,3-502,3
46		S36	430,0-438,0	431,25	437,75	475,25	470,15	500,5-508,5	502,3-510,3
47		S37	438,0-446,0	439,25	445,75	483,25	478,15	508,5-516,5	510,3-518,3
48		S38	446,0-454,0	447,25	453,75	491,25	486,15	516,5-524,5	518,3-526,3
49		S39	454,0-462,0	455,25	461,75	499,25	494,15	524,5-532,5	526,3-534,3
50		S40	462,0-470,0	463,25	469,75	507,25	502,15	532,5-540,5	534,3-542,3
51	DMB	k.21	470,0-478,0	471,25	477,75	509,25	510,15	540,5-548,5	542,3-550,3
52		k.22	478,0-486,0	479,25	485,75	517,25	518,15	548,5-556,5	550,3-558,3
53		k.23	486,0-494,0	487,25	493,75	525,25	526,15	556,5-564,5	558,3-566,3

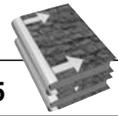


434

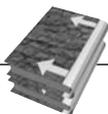
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. □

№ п/п	Наименование диапозона на частот	Наименование канала	Полоса частот радиоканала, МГц	Несущие частоты, МГц		Несущие гетеродинов, МГц		Зеркальные полосы частот радиоканала, МГц	
				изображения	звук	fПЧ=38,0 МГц	fПЧ=38,9 МГц	fПЧ=38,0 МГц	fПЧ=38,9 МГц
54		к,24	496,0-502,0	495,25	501,75	533,25	534,15	564,5-572,5	566,3-574,3
55		к,25	502,0-510,0	503,25	509,75	541,25	542,15	572,5-580,5	574,3-582,3
56		к,26	510,0-518,0	511,25	517,75	549,25	550,15	580,5-588,5	582,3-590,3
57		к,27	518,0-526,0	519,25	525,75	557,25	558,15	588,5-596,5	590,3-598,3
58		к,28	526,0-534,0	527,25	533,75	565,25	566,15	596,5-604,5	598,3-606,3
59		к,29	534,0-542,0	535,25	541,75	573,25	574,15	604,5-612,5	606,3-614,3
60	IV	к,30	542,0-550,0	543,25	549,75	581,25	582,15	612,5-620,5	614,3-622,3
61		к,31	550,0-558,0	551,25	557,75	589,25	590,15	620,5-628,5	622,3-630,3
62		к,32	558,0-566,0	559,25	565,75	597,25	598,15	628,5-636,5	630,3-638,3
63		к,33	566,0-574,0	567,25	573,75	605,25	606,15	636,5-644,5	638,3-646,3
64		к,34	574,0-582,0	575,25	581,75	613,25	614,15	644,5-652,5	646,3-654,3
65		к,35	582,0-590,0	583,25	589,75	621,25	622,15	652,5-660,5	654,3-662,3
66		к,36	590,0-598,0	591,25	597,75	629,25	630,15	660,5-668,5	662,3-670,3
67		к,37	598,0-606,0	599,25	605,75	637,25	638,15	668,5-676,5	670,3-678,3
68		к,38	606,0-614,0	607,25	613,75	645,25	646,15	676,5-684,5	678,3-686,3
69		к,39	614,0-622,0	615,25	621,75	653,25	654,15	684,5-692,5	686,3-694,3
70		к,40	622,0-630,0	623,25	629,75	661,25	662,15	692,5-700,5	694,3-702,3
71		к,41	630,0-638,0	631,25	637,75	669,25	670,15	700,5-708,5	702,3-710,3
72		к,42	638,0-646,0	639,25	645,75	677,25	678,15	708,5-716,5	710,3-718,3
73		к,43	646,0-654,0	647,25	653,75	685,25	686,15	716,5-724,5	718,3-726,3
74		к,44	654,0-662,0	655,25	661,75	693,25	694,15	724,5-732,5	726,3-734,3
75		к,45	662,0-670,0	663,25	669,75	701,25	702,15	732,5-740,5	734,3-742,3
76		к,46	670,0-678,0	671,25	677,75	709,25	710,15	740,5-748,5	742,3-750,3
77		к,47	678,0-686,0	679,25	685,75	717,25	718,15	748,5-756,5	750,3-766,3
78	ДМВ	к,48	686,0-694,0	687,25	693,75	725,25	726,15	756,5-764,5	758,3-766,3
79		к,49	694,0-702,0	695,25	701,75	733,25	734,15	764,5-772,5	766,3-774,3



№ п/п	Наименование диапазона частот	Наименование канала	Полоса частот радиоканала, МГц	Несущие частоты, МГц		Несущие гетеродинов, МГц		Зеркальные полосы частот радиоканала, МГц	
				изображения	звук	fПЧ=38,0 МГц	fПЧ=38,9 МГц	fПЧ=38,0 МГц	fПЧ=38,9 МГц
80		k50	702,0-710,0	703,25	709,75	741,25	742,15	772,5-780,5	774,3-782,3
81		k51	710,0-718,0	711,25	717,75	749,25	750,15	780,5-788,5	782,3-790,3
82		k52	718,0-726,0	719,25	725,75	757,25	758,15	788,5-796,5	790,3-798,3
83		k53	726,0-734,0	727,25	733,75	765,25	766,15	796,5-804,5	798,3-806,3
84		k54	734,0-742,0	735,25	741,75	773,25	774,15	804,5-812,5	806,3-814,3
85		k55	742,0-750,0	743,25	749,75	781,25	782,15	812,5-820,5	814,3-822,3
86		k56	750,0-758,0	751,25	757,75	789,25	790,15	820,5-828,5	822,3-830,3
87	V	k57	758,0-766,0	759,25	765,75	797,25	798,15	828,5-836,5	830,3-838,3
88		k58	766,0-774,0	767,25	773,75	805,25	806,15	836,5-844,5	838,3-846,3
89		k59	774,0-782,0	775,25	781,75	813,25	814,15	844,5-852,5	846,3-854,3
90		k60	782,0-790,0	783,25	789,75	821,25	822,15	852,5-860,5	854,3-862,3
91		k61	790,0-798,0	791,25	797,75	829,25	830,15	860,5-868,5	862,3-870,3
92		k62	798,0-806,0	799,25	805,75	837,25	838,15	868,5-876,5	870,3-878,3
93		k63	806,0-814,0	807,25	813,75	845,25	846,15	876,5-884,5	878,3-886,3
94		k64	814,0-822,0	815,25	821,75	853,25	854,15	884,5-892,5	886,3-894,3
95		k65	822,0-830,0	823,25	829,75	861,25	862,15	892,5-900,5	894,3-902,3
96		k66	830,0-838,0	831,25	837,75	869,25	870,15	900,5-908,5	902,3-910,3
97		k67	838,0-846,0	839,25	845,75	877,25	878,15	908,5-916,5	910,3-918,3
98		k68	846,0-854,0	847,25	853,75	885,25	886,15	916,5-924,5	918,3-926,3
99		k69	854,0-862,0	855,25	861,75	893,25	894,15	924,5-932,5	926,3-934,3



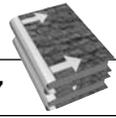
436

ПРИЛОЖЕНИЯ

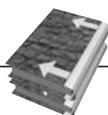
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ДИНАМИЧЕСКИЕ ГОЛОВКИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Старое обозначение	Новое обозначение	Частота основного резонанса, Гц	Полоса воспроизведения, мГц	Неравномерность АЧХ, дБ	Сопротивление, Ом	Уровень характеристики чувствительности, дБ/Вт*м	V _{ас} , л	Q _{ms}	Q _{es}	Полная добротность, Q _{ts}	Габариты в плане, мм	Высота, мм	Масса, кг
Широкополосные и устаревших типов													
2А-9		40	40...1000	16	12						D-341	195	13,5
2А-11		35	35...3000	16	12						D-500	190	15
2А-12		40	40...3500	16	12	95					D-341	190	
4А-28		60	70...14000	16	15	93					D-258	90	1,5
4А-30		60	60...12000	14	5	94					D-258	90	1,5
4А-32		40	40...16000	12	16	95					D-335	215	10
4А-36		80	80...10000	12	15	94					D-258	106	
1ГД-4		100	100...10000	12	8	94					D-150	58	
1ГД-37	2ГДШ-4-8	160	125...10000	14	8	92				3,5	125*80	42	0,19
1ГД-48	2ГДШ-2-8	120	100...10000	12	8	93(94)				1,2	160*100	60	0,33
1ГД-50	1ГДШ-4-8	180	180...8000	12	8	90					100*100	36	0,2
1ГД-54	2ГДШ-3-8	125	125...10000	16	8	93					125*80	47	0,19
1ГД-55	1ГДШ-5-4	180	200...10000	16	4	90					125*80	36,5	0,19
2ГДВЭФ		90	80...7000	15	4,5	91					D-152	75	0,5
2ГД-3		80	70...10000	14	4,5	92					D-152	69	0,4
2ГД-4		80	70...10000	14	5	91					D-152	54	0,3
2ГД-7		80	70...10000	15	4,5	91					D-152	62	0,23
2ГД-19		80	80...10000	15	4,5	90					D-152	54	0,35
2ГД-22		100	100...10000	15	12,5	90					280*82	77	0,45
2ГД-28		80	70...10000	15	4,5	90					D-152	55	0,25
2ГД-35		100	80...12000	15	4,5	90					D-152	52	0,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 6.



Старое обозначение	Новое обозначение	Частота основного резонанса, Гц	Полоса воспроизводимого сигнала, мГц	Неравномерность АЧХ, дБ	Сопротивление, Ом	Уровень характеристики чувствительности, дБ/Вт*м	Vas, л	Qms	Qes	Полная добротность, Qts	Габариты в плане, мм	Высота, мм	Масса, кг
2ГД-38	3ГДШ-1-8	100	100...12500	14(12)	8	90				1,7	160*100	59	0,25
2ГД-40(А)	3ГДШ-2-4(8)	100(140)	100...12500	14(12)	4(8)	92				1,7	160*100	51	0,33
	3ГДШ-4-4(8)	100	100...12500	14	4(8)	92				1,7	160*100	51	0,33
	3ГДШ-7-4(8)	200	180...12500	14	4(8)	90				2,4	100*100	36	0,23
3ГД-1РРЗ		120	120...5000	10	8	94					D-150	54	0,4
3ГД-2		80	80...6000	15	4,5	94					D-202	100	1,2
3ГД-7		90	80...7000	14	4,5	92					204*134	77	0,65
3ГД-9		80	80...7000	14	5	92					204*134	65	0,9
3ГД-16		80	80...8000	18	4,5	92					204*134	67	0,33
3ГД-28		80	80...8000	18	4,5	92					204*134	55	0,41
3ГД-32	6ГДШ-1-4	75	80...12500	12(10)	4	92	10			1	200*125	76,3	0,48
3ГД-38Е	5ГДШ-1-4	80	80...12500	15	4	90					D-160	55	0,3
3ГД-40	5ГДШ-2-4	75	80...12500	14	4	90					D-160	58	0,4
3ГД-42	5ГДШ-3-8	100	100...12500	12	8	92,5				1,3	125*100	52	0,58
3ГД-45	5ГДШ-4-4	80	80...16000	16	4	90				2	D-148	55	0,33
4ГД-1		60	60...12000	14	4,5	92					D-202	100	0,6
4ГД-2		60	60...12000	14	5	92					D-202	80	0,9
4ГД-4		55	60...12000	10	8	93					D-202	100	1,5
4ГД-5		55	60...5000	10	8	94					D-202	100	1,5
4ГД-6		200	200...5000	10	8	90					D-80	38	0,35
4ГД-7		60	60...12000	15	4,5	92					D-202	80	0,43
4ГДР-8Е	4ГДШ-1-4	120	125...7100	16(14)	4	93,5(94)				2,5	125*125	49	0,6
	4ГДШ-5-4	175	200...10000	14	4	90				1,1	100*100	52	0,25
4ГД-9		120	100...8000	18	4,5	92					204*134	54	
4ГД-28		60	120...12000	15	4,5	90					D-202	71	0,535
4ГД-35	8ГДШ-1-4	65	63...12500	16	4	92	30			1,4	200*200	76	0,88

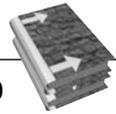


438

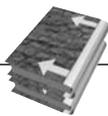
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. □

Старое обозначение	Новое обозначение	Частота основного резонанса, Гц	Полоса воспроизводства, мых частот, Гц	Неравномерность АЧХ, дБ	Сопротивление, Ом	Уровень характеристики чувствительности, дБ/Вт*м	Vas, л	Qms	Qes	Полная добротность, Qts	Габариты в плане, мм	Высота, мм	Масса, кг
4ГД-36		60	63...12500	10	8	90					D-200	85	0,65
4ГД-43		80	63...5000	12	4								
5ГД-53	5ГДШ-5-4	150(130)	100...12500	14(16)	4	92				1,3	125*125	49	0,6
5ГД-1РРЗ		65	80...10000	14	4,5	96					260*180	108	0,75
5ГД-3РРЗ		30	40...5000	12	10	94					D-252	106	1,3
5ГД-10		50	50...12000	15	4,5	94					D-252	126	1,7
5ГД-14		70	70...12000	14	4,5	92					252*170	100	0,7
5ГД-18		70	70...12000	15	4,5	92					254*170	80	0,45
5ГД-19		90	100...10000	18	4,5	92					254*170	91	0,525
5ГД-28		90	100...10000	18	4,5	92					254*170	68	0,54
6ГД-1РРЗ		48	60...6500	15	7	96					327*255	130	1,3
6ГД-2		30	40...5000	10	8	94					D-252	135	1,56
6ГД-3		85	100...10000	12	4	96					240*160	87	1,2
	6ГДШ-3-4	140	160...12500	14	4	92				1,1	125*125	50	0,33
	8ГДШ-2-4(8)	100	100...12500	16	4(8)	91				2	D-160	54	0,4
8ГД-1РРЗ		55	40...7000	14	12	97					D-300	150	5
8ГД-1		30	40...1000	10	8	90					D-252	135	5,8
10ГД-17		50	40...8000	14	4,5	94		8,95	0,85		D-295	140	1,5
10ГД-18		50	50...8000	12	8	94					324*212	128	2
10ГД-28		40	40...6000	12	4,5	94					D-295	112	1,3
10ГД-36	10ГДШ-2-4	40	63...20000	16	4	87,5	45			1	200*200	82	1,2
10ГД-36К	10ГДШ-1-4	40	63...20000	16	4	90	45			0,8	200*200	87	1,2
15ГД-10		60	63...12500	12	15	92					D-270	115	1,4
Широкополосные готовые													
	25ГДШ-2М	50	80...16000		4(8)	87					D-125	65	



Старое обозначение	Новое обозначение	Частота основного резонанса, Гц	Полоса воспроизводства, мГц частот, Гц	Неравномерность АЧХ, дБ	Сопротивление, Ом	Уровень характеристик чувствительности, дБ/Вт*м	Vas, л	Qms	Qes	Полная добротность, Qts	Габариты в плане, мм	Высота, мм	Масса, кг
Низкочастотные и компрессионные													
6ГД-6	10ГДН-1	55	63...5000	15	4	84					D-125	80	1,5
10ГД-30Б	20ГДН-1-8	32	63...5000	14	8	86	20			1	200*200	97	2,1
10ГД-30(Б)	20ГДН-1	28(32)	30...5000	15	8	86					D-240	126	2,5
10ГД-34	25ГДН-1-4	80	63...5000	14(16)	4	83	11			0,55	125*125	75,5	1,3
15ГД-14	25ГДН-3-4	55	50...5000	14	4	84	8			0,5	125*124	76	2
15ГД-14	25ГДН-3-8	40	40...5000	12(16)	8	88	30			0,35	160*160	78	1,4
15ГД-17	25ГДН-4-4	40	40...5000	14	4	88	30			0,65	160*160	78	1,4
15ГД-18	25ГДН-2	63(75)	80...3150	14(12)	4	81					125	75,5	
25ГД-4	50ГДН-3	25	31,5...2000		8	85					250	120	
25ГД-26Б	25ГДН-1-4(8)	30	40...5000	14	4(8)	84	30	4,72	0,375	0,35	200*200	97	2,1
25ГД-26	35ГДН-1-4	30	40...5000	14(12)	4	86	50			1	200*200	126	2,4
	35ГДН-1-8	33	40...5000	14(12)	8	87	45	5,8(6,8)	0,44(0,51)	0,4(0,47)	200*200	126	2,4
30ГД-2(А)	75ГДН-1-4(8)	25(31)	31,5...1000	12	4(8)	86	80(28)	3,25(6,17)	0,225(1)	0,21(0,88)	250*250	124	5,5
30ГД-6	75ГДН-6	33	31,5...1000		4	88					250	124	
35ГД-1	50ГДН-1	25	31,5...4000		8	85					200	100	
35ГД-2	75ГДН-2	30	31,5...5000		8	87,5					250	120	
50ГД-2-25		25	30...1000	12	4	90					D-315	156	4
	75ГДН-01	28	31,5...1000		8	86,5					320	175	
75ГД-1	100ГДН-3	32	31,5...1000		8	90					315	190	
Низкочастотные сотовые													
	25ГДН	50	70...6300		4	87					D-125	65	
	100ГДН	40	63...5000		8	87					D-200	90	

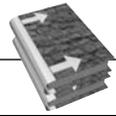


440

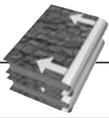
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. □

Старое обозначение	Новое обозначение	Частота основного резонанса, Гц	Полоса воспроизводимых частот, Гц	Неравномерность АЧХ, дБ	Сопротивление, Ом	Уровень характеристики чувствительности, дБ/Вт*м	Vas, л	Qms	Qes	Полная добротность, Qts	Габариты в плане, мм	Высота, мм	Масса, кг
	200ГДН	25	31,5...4000		8	88					D-250	120	
	300ГДН-1	18	20...3150		4(8)	90					D-315	130	
Среднечастотные													
15ГД-11А	20ГДС-1-4(8)	110	200...5000	12(10)	4(8)	90					125*125	77	1,3
15ГД-11	20ГДС-4-8	120	200...5000	12(10)	8	89	3				125*125	73,5	1,3
20ГД-1	20ГДС-2	450	630...8000		8	87,5					140*140	45	
	20ГДС-01	200	315...6300		8	88,5					170*170	140	
25ГД-43	25ГДС-1	250	400...8000		8	92					170	50	
30ГД-11	30ГДС-1	170	250...8300		8	92					125	65	
Среднечастотные сотовые													
	50ГДС	100	250...6300		8	89					D-125	65	
	75ГДС	80	200...6300		4(8)	92					D-160	85	
Высокочастотные													
1ГД-56	1ГДВ-1-8	3000	6300...16000	14(12)	8	88			0,1		40*40	29	
2ГД-36	6ГДВ-2-8(3ГДВ-1-8)	2800-3000	3150...20000	16(12)	8	90			0,16		80*50	35(29)	
3ГД-15(М)		270	1000...18000	15	6,5	92					D-105	64	0,23
3ГД-2	6ГДВ-1-16	4500	5000...18000	14(16)	16	90(92)			0,2		63*63(80)	31	
3ГД-31	5ГДВ-1-8	3000	2800...20000	16(14)	8	90			0,4		100*100	48,3	
3ГД-47	4ГДВ-1-8	3000	2000...20000	14(12)	8	91			0,35		65*65	44	
4ГД-56	6ГДВ-2		3000...20000		8	90					50	80	
6ГД-13	6ГДВ-4-8	3000	3000...25000	14(12)	8	92			0,9		100*100	45	
10ГД-35	10ГДВ-2-16	3000	5000...25000	14(12)	16	92			1		100*100	35	



Старое обозначение	Новое обозначение	Частота основного резонанса, Гц	Полоса воспроизводимых частот, Гц	Неравномерность АЧХ, дБ	Сопротивление, Ом	Уровень характеристической чувствительности, дБ/Вт*м	V_{as} , л	$Q_{пс}$	Q_{es}	Полная добротность, Q_{ts}	Габариты в плане, мм	Высота, мм	Масса, кг
	10ГДВ-4-16		5000...25000		16	94					110*110	40	
	10ГДВ-01		5000...35000		8	92					120*170	40	
10ГД-20	10ГДВ1		5000...30000		8	92					110*110	44	
20ГД-4	20ГДВ-1		5000...35000		8	90					125*125	40	
Высокочастотные сотовые	10ГДВ-5	1100	2000...31500		8	91					110*110	35	



ПРИЛОЖЕНИЕ 7. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ГОЛОВКИ И САБВУФЕРЫ

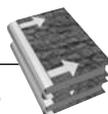
Название	Размер, количество полюс	Диапазон частот	Мощность	Чувствительность	Fs, Qts, Vas
FUNKY «RAMZES»					
FUNKY RZ-6901	6x9" 3-way coaxial speaker system	40 – 22000 Hz.	225 W.	92 dB/W/m.	60,1/0,95/11,9
FUNKY RZ-1001	4" 2-way coaxial speaker system	80 – 22000 Hz	120 W	89 dB/W/m	95,2/1,15/0,66
FUNKY RZ-1301	5" 2-way coaxial speaker system	60 – 20000 Hz	150 W	90 dB/W/m	82,3/0,827/2,46
FUNKY RZ-1601	6.5" 3-way coaxial speaker system	50 – 20000 Hz	180 W	91 dB/W/m	77,6/1,08/5,62
FUNKY RZ-501C	5" 2-way component speaker system	60 – 22000 Hz	180 W	92 dB/W/m	80,6/0,76/2,69
FUNKY RZ-601C	6.5" 2-way component speaker system	40 – 22000 Hz	200 W	92 dB/W/m	82/1,65/5,08
FUNKY «GRAFFITY»					
FUNKY GF-6903	6x9" 2-way coaxial speaker system	40 – 22000 Hz.	200 W.	92 dB/W/m.	55,1/1,74/18,0
FUNKY GF-1003	4" 2-way coaxial speaker system	85 – 22000 Hz	120 W	89 dB/W/m	92,4/1,81/0,975
FUNKY GF-1303	5" 2-way coaxial speaker system	60 – 20000 Hz	150 W	89 dB/W/m	82,4/1,88/1,956
FUNKY GF-1603	6.5" 3-way coaxial speaker system	55 – 20000 Hz	170 W	89 dB/W/m	71,1/1,68/5,38
FUNKY GF-503C	5" 2-way component speaker system	60 – 22000 Hz	170 W	92 dB/W/m	92,2/1,49/1,92
FUNKY GF-603C	6.5" 2-way component speaker system	40 – 22000 Hz	170 W	92 dB/W/m	68,1/1,31/6,92

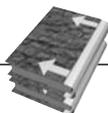
Технические характеристики акустических систем "Урал"

Частотный диапазон, Гц	Чувствительность, дБ	Тип характеристики		Сопротивление, Ом	Максимальная мощность, Вт	Размер, см	Fs	Qts	Vas
		Чувствительность, дБ	Количество полюс						
АС-У 1005	92	92	2	4	80	10	87		
АС-У 1302	91	91	2	4	120	13			
АС-У 1305	91	91	2	4	100	13	84	0,95	3,6
АС-У 1306	93	93	2	4	150	13	66	1,2	3,5
АС-У 1325	92	92	2	4	200	13	49	0,6	7,4
АС-У 1330	92	92	3	4	150	13			
АС-У 1625	92	92	2	4	300	16	48	0,8	12,5
АС-У 6906	94	94	2	4	400	16,3x23,7	52	1,3	24,4
АС-У 6936	93	93	3	4	360	16,3x23,7	52	1,3	24,4
АС-У 6946	93	93	4	4	380	16,3x23,7	52	1,3	24,4

Сабвуферы "Урал"

показатели	URAL AS-D10.3	URAL AS-D12.3
Мощность max	450 Вт	500 Вт
чувствительность	91 Дб	92 Дб
Частотный диапазон	25-250 Гц	22-250 Гц
Qts	0,5	0,43
Vas	59,4	46,15
Fs	32,6	29,5

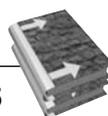




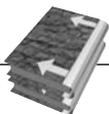
444

ПРИЛОЖЕНИЯ

АКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ PROLOGY	
МОДЕЛЬ	КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
"NEXHT Mk II". Диффузоры НЧ-динамиков выполнены из полипропилена, термостойкая звуковая катушка, ВЧ-динамик с купольным диффузором PEI и неодимовым магнитом	
NX-1022	НЧ-100 мм, PEI ВЧ-13 мм, магнит 5,4 унций, 60 Вт, 75-23000 Гц
NX-1322	НЧ-130 мм, PEI ВЧ-13 мм, магнит 5,4 унций, 90 Вт, 65-23000 Гц
NX-1323	НЧ-130 мм, PEI ВЧ-15 мм, PEI СЧ-20 мм, 90 Вт, 65-24000 Гц
NX-1623	НЧ-165 мм, PEI ВЧ-18 мм, PEI СЧ-25 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 45-24000 Гц
NX-6923	НЧ-152 x 229 мм, PEI ВЧ-13 мм, PEI СЧ-25 мм, магнит 20 унций, 180 Вт, 30-25000 Гц
NX-5.2	НЧ-130 мм, PEI ВЧ-20 мм, магнит 10 унций, кроссовер, 180 Вт, 50-25000 Гц
NX-6.2	НЧ-165 мм, PEI ВЧ-20 мм, магнит 10 унций, кроссовер, 180 Вт, 35-25000 Гц
NX-1497	ВЧ-динамик 13 мм, кроссовер, 60 Вт, 35-25000 Гц
"PLATINUM Mk II ULTRA". Диффузоры НЧ-динамиков повышенной жесткости выполнены из МРР-полипропилена. ВЧ-динамики со сверхтонким неодимовым магнитом и майларовым диффузором	
PX-1022	НЧ-100 мм, ВЧ-25 мм, магнит 7 унций, 80 Вт, 70-24000 Гц
PX-1322	НЧ-130 мм, ВЧ-25 мм, магнит 15 унций, 120 Вт, 55-24000 Гц
PX-1322CF	НЧ-130 мм, ВЧ-25 мм, магнит 15 унций, 120 Вт, 55-24000 Гц, custom fit (без решеток)
PX-1622	НЧ-165 мм, ВЧ-25 мм, магнит 15 унций, 130 Вт, 40-24000 Гц
PX-6922	НЧ-152 x 229 мм, ВЧ-25 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 30-24000 Гц
PX-6932	НЧ-152 x 229 мм, ВЧ-38 мм, СЧ-51 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 30-25000 Гц
PX-7103	НЧ-152 x 229 мм, ВЧ-38 мм, СЧ-51 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 30-25000 Гц
PX-5.2С	НЧ-130 мм, ВЧ-25 мм, магнит 12 унций, кроссовер, 200 Вт, 45-25000 Гц
PX-6.2С	НЧ-165 мм, ВЧ-25 мм, магнит 15 унций, кроссовер, 220 Вт, 33-25000 Гц
PX-25М	Майларовый ВЧ-динамик 25 мм, магнит, встроенный кроссовер, 120 Вт, 35-25000 Гц
"COMPETITION". Диффузоры НЧ-динамиков выполнены из полипропилена инжекционного литья с силикон-кадмиевым покрытием, ВЧ-динамики с неодимовым магнитом и купольным диффузором	
CX-1022	НЧ-100 мм, PEI ВЧ-13 мм, магнит 8 унций, 80 Вт, 70-23000 Гц
CX-1322	НЧ-130 мм, PEI ВЧ-13 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 55-24000 Гц
CX-1323	НЧ-130 мм, PEI ВЧ-15 мм, PEI СЧ-20 мм, магнит 10 унций, 180 Вт, 40-25000 Гц
CX-1623	НЧ-165 мм, PEI ВЧ-15 мм, PEI СЧ-25 мм, магнит 15 унций, 30 Вт, 40-25000 Гц
CX-6922	НЧ-152 x 229 мм, PEI ВЧ-25 мм, магнит 20 унций, 180 Вт, 30-24000 Гц
CX-6923	НЧ-152 x 229 мм, PEI ВЧ-13 мм, СЧ-25 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 30-25000 Гц
CX-5.2С	НЧ-130 мм, майларовый ВЧ-20 мм, магнит 10 унций, кроссовер, 200 Вт, 45-25000 Гц
CX-6.2С	НЧ-165 мм, майларовый ВЧ-20 мм, магнит 15 унций, кроссовер, 220 Вт, 33-25000 Гц
"GRAPHITE". Диффузоры НЧ-динамиков выполнены из специального ко-полимера, усиленного графитом, во всех моделях позолоченные клеммы и резиновый кожух на магнит, кроссовер второго порядка	
GX-1022	НЧ-100 мм, PEI ВЧ-13 мм, магнит 8 унций, 80 Вт, 70-24000 Гц
GX-1023	НЧ-100 мм, PEI ВЧ-13 мм, СЧ-20 мм, магнит 8 унций, 80 Вт, 70-25000 Гц
GX-1322	НЧ-130 мм, PEI ВЧ-13 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 55-24000 Гц
GX-1332	НЧ-130 мм, PEI ВЧ-20 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 55-24000 Гц
GX-1323	НЧ-130 мм, PEI ВЧ-13 мм, PEI СЧ-20 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 55-24000 Гц
GX-1623	НЧ-165 мм, PEI ВЧ-18 мм, СЧ-25 мм, магнит 15 унций, 130 Вт, 40-25000 Гц
GX-6922	НЧ-152 x 229 мм, PEI ВЧ-25 мм, магнит 20 унций, 180 Вт, 30-24000 Гц
GX-6923	НЧ-152 x 229 мм, PEI ВЧ-13 мм, СЧ-25 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 30-25000 Гц
GX-5.2С	НЧ-130 мм, PEI ВЧ-20 мм, магнит 10 унций, кроссовер, 200 Вт, 45-25000 Гц



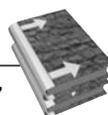
"TITANIUM". Диффузоры НЧ-динамиков выполнены из полимера с электровакуумным напылением микрочастиц титана, во всех моделях позолоченные клеммы и резиновый кожух на магнит, кроссовер второго порядка	
TX-1022	НЧ-100 мм, РЕИ ВЧ-13 мм, магнит 8 унций, 80 Вт, 70-24000 Гц
TX-1023	НЧ-100 мм, ВЧ-13 мм, СЧ-20 мм, магнит 8 унций, 80 Вт, 65-25000 Гц
TX-1322	НЧ-130 мм, РЕИ ВЧ-13 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 55-24000 Гц
TX-1332	НЧ-130 мм, РЕИ ВЧ-20 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 55-2000 Гц
TX-1323	НЧ-130 мм, РЕИ ВЧ-13 мм, СЧ-25 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 55-25000 Гц
TX-1623	НЧ-165 мм, РЕИ ВЧ-18 мм, СЧ-25 мм, магнит 15 унций, 130 Вт, 25000 Гц
TX-6922	НЧ-152 x 229 мм, РЕИ ВЧ-25 мм, магнит 20 унций, 180 Вт, 30-24000 Гц
TX-6923	НЧ-152 x 229 мм, РЕИ ВЧ-13 мм, СЧ-25 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 30-24000 Гц
TX-5.2С	Двухкомпонентная акустика, 130 мм, РЕИ ВЧ-20 мм, магнит 10 унций, кроссовер, 200 Вт, 45-25000 Гц
TX-6.2С	Двухкомпонентная акустика, 165 мм, РЕИ ВЧ-20 мм, магнит 15 унций, кроссовер, 220 Вт, 33-25000 Гц
"AVIA". Диффузоры НЧ-динамиков выполнены из алюминиевой фольги, во всех моделях позолоченные клеммы и резиновый кожух на магнит. ВЧ-динамики с купольным диффузором из парашютного шелка	
AV-422	НЧ-100 мм, ВЧ-19 мм, магнит 8 унций, 80 Вт, 65-25000 Гц
AV-462	НЧ-100 x 150 мм, ВЧ-19 мм, магнит 8 унций, 100 Вт, 60-24000 Гц
AV-522	НЧ-130 мм, ВЧ-19 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 50-25000 Гц
AV-572	НЧ-130 x 178 мм, ВЧ-25 мм, магнит 10 унций, 130 Вт, 35-24000 Гц
AV-652	НЧ-165 мм, ВЧ-25 мм, магнит 15 унций, 130 Вт, 35-25000 Гц
AV-692	НЧ-152 x 229 мм, ВЧ-25 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 30-24000 Гц
AV-693	НЧ-152 x 229 мм, ВЧ-19 мм, СЧ-25 мм, магнит 20 унций, 220 Вт, 30-25000 Гц
AV-823	НЧ-203 мм, ВЧ-19 мм, СЧ-25 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 30-25000 Гц
AV-52с	Двухкомпонентная акустика, 130 мм, ВЧ-19 мм, магнит 13 унций, кроссовер второго порядка, 200 Вт, 45-25000 Гц
AV-62с	Двухкомпонентная акустика, 165 мм, ВЧ-19 мм, магнит 13 унций, кроссовер второго порядка, 220 Вт, 33-25000 Гц
"REFERENCE". Диффузоры НЧ-динамиков выполнены из металлизированного титаном полипропилена инжекционного литья. ВЧ-динамики с купольным диффузором из парашютного шелка	
RX-462	НЧ-100 x 150 мм, ВЧ-19 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 45-25000 Гц
RX-522	НЧ-130 мм, ВЧ-19 мм, магнит 13 унций, 150 Вт, 45-25000 Гц
RX-572	НЧ-130 x 178 мм, ВЧ-19 мм, магнит 13 унций, 150 Вт, 45-25000 Гц
RX-652	НЧ-165 мм, ВЧ-19 мм, магнит 13 унций, 180 Вт, 35-25000 Гц
RX-693	НЧ-152 x 229 мм, ВЧ-19 мм, СЧ-25 мм, магнит 20 унций, 220 Вт, 30-25000 Гц
RX-823	НЧ-203 мм, ВЧ-19 мм, СЧ-25 мм, магнит 20 унций, 180 Вт, 30-25000 Гц
RX-52С	Двухкомпонентная акустика, 130 мм, ВЧ-19 мм, магнит 15 унций, внешний кроссовер второго порядка, 200 Вт, 33-26000 Гц
RX-62С	Двухкомпонентная акустика, 165 мм, ВЧ-19 мм, магнит 15 унций, внешний кроссовер второго порядка, 120 Вт, 1500-26000 Гц
RX-20S	Твитер, ВЧ-19 мм, 120 Вт, 1500-26000 Гц, встроенный кроссовер
"ECSTASY". НЧ-динамик с диффузором из композитного материала усиленного стекловолокном, и мощным стронциевым магнитом. ВЧ-динамик с неодимовым магнитом и купольным диффузором из полимера с микропористой структурой	
EX-462	НЧ-100 x 150 мм, ВЧ-19 мм, магнит 10 унций, 120 Вт, 60-24000 Гц



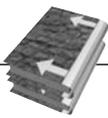
446

ПРИЛОЖЕНИЯ

EX-522	НЧ-130 мм, ВЧ-19 мм, магнит 13 унций, 130 Вт, 55-24000 Гц
EX-572	НЧ-130 x 178 мм, ВЧ-19 мм, магнит 13 унций, 130 Вт, 35-24000 Гц
EX-652	НЧ-165 мм, ВЧ-19 мм, магнит 13 унций, 130 Вт, 40-24000 Гц
EX-693	НЧ-152 x 229 мм, ВЧ-19 мм, СЧ-25 мм, магнит 20 унций, 220 Вт, 30-25000 Гц
EX-823	НЧ-203 мм, ВЧ-19 мм, СЧ-20 мм, магнит 20 унций, 160 Вт, 30-25000 Гц
EX-52С	НЧ-130 мм, ВЧ-19 мм, магнит 15 унций, внешний кроссовер второго порядка, 200 Вт, 45-26000 Гц
EX-62С	НЧ-165 мм, ВЧ-19 мм, магнит 15 унций, внешний кроссовер второго порядка, 200 Вт, 33-26000 Гц
EX-20Г	Твитер, ВЧ-19 мм, встроенный кроссовер, 120 Вт, 1500-26000 Гц
"IRIDIUM". Диффузоры НЧ-динамиков выполнены из хромированного полипропилена инжекционного литья	
IX-1022	НЧ-100 мм (стронциевый магнит 8 унций), ВЧ-13 мм (неодимовый магнит), 80 Вт, 70-24000 Гц, 90 дБ
IX-1322	НЧ-130 мм (стронциевый магнит 8 унций), ВЧ-13 мм (неодимовый магнит), 120 Вт, 55-24000 Гц, 91 дБ
IX-1622	НЧ-165 мм (стронциевый магнит 12 унций), ВЧ-13 мм (неодимовый магнит), 130 Вт, 40-24000 Гц, 91 дБ
IX-6923	НЧ-152 x 229 мм, ВЧ-13 мм, СЧ-51 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 30-25000 Гц, 92 дБ
IX-692с	компонентная двухполосная НЧ-152 x 229 мм, РЕИ ВЧ-20 мм, 200 Вт, 30-25000 Гц, 92 дБ, кроссовер 3 порядка (3 кГц)
IX-693с	компонентная трехполосная НЧ-152 x 229 мм, СЧ-100 мм, РЕИ ВЧ-20 мм, 30-25000 Гц, 92 дБ, кроссовер 2 порядка (600 Гц и 6 кГц)
IX-5.2с	компонентная двухполосная НЧ-130 мм, РЕИ ВЧ-20 мм, 180 Вт, 45-25000 Гц, 91 дБ, кроссовер 3 порядка (3 кГц)
IX-6.2с	компонентная двухполосная НЧ-165 мм, РЕИ ВЧ-20 мм, 200 Вт, 33-25000 Гц, 92 дБ, кроссовер 3 порядка (3 кГц)
"CONTROL". Диффузоры НЧ-динамиков выполнены из номекса и усилены стекловолокном. Прорезной гофр, центрирующая шайба увеличенного диаметра. Жесткая литая корзина. ВЧ-динамик с алюминиевым куполом	
С-5.20	НЧ-130 мм, ВЧ-19 мм, магнит 15 унций, 120 Вт, 55-22000 Гц, 90 дБ
С-6.20	НЧ-165 мм, ВЧ-19 мм, магнит 17,5 унций, 150 Вт, 45-22000 Гц, 92 дБ
С-6.92	НЧ-152 x 229 мм, ВЧ-19 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 35-22000 Гц, 90 дБ
С-6.93	НЧ-152 x 229 мм, СЧ-25 мм, ВЧ-19 мм, магнит 20 унций, 200 Вт, 35-22000 Гц, 90 дБ
С-8.30	НЧ-203 мм, СЧ-25 мм, ВЧ-19 мм, магнит 20 унций, 180 Вт, 40-22000 Гц, 88 дБ
С-5	компонентная двухполосная НЧ-130 мм, ВЧ-19 мм, магнит 15 унций, 130 Вт, 50-22000 Гц, 86 дБ, кроссовер 2 порядка с аттенуатором и защитой ВЧ-динамика
С-6	компонентная двухполосная НЧ-165 мм, ВЧ-19 мм, магнит 17,5 унций, 160 Вт, 40-22000 Гц, 90 дБ, кроссовер 2 порядка с аттенуатором и защитой ВЧ-динамика
САБВУФЕРЫ PROLOGY	
МОДЕЛЬ	КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
"WOW". Усиленный полимерный диффузор инжекционного литья, мощный магнит, термостойкая катушка	
WOW-10	НЧ-динамик 250 мм, магнит 25 унций, 4 Ом, 500 Вт, 30-1500 Гц, 92 дБ, оптимизирован для закрытого корпуса от 22 л
WOW-10F	НЧ-динамик 250 мм, магнит 25 унций, 4 Ом, 500 Вт, 30-1500 Гц, 92 дБ, оптимизирован для установки в заднюю полку



WOW-12	НЧ-динамик 300 мм, магнит 30 унций, 4 Ом, 500 Вт, 25-15000 Гц, 87 дБ, оптимизирован для закрытого корпуса от 35 л
WOW-12F	НЧ-динамик 300 мм, магнит 30 унций, 4 Ом, 500 Вт, 25-15000 Гц, 87 дБ, оптимизирован для установки в заднюю полку
"ULTRA". Усиленный полимерный диффузор инжекционного литья, мощный магнит, термостойкая катушка	
ULTRA-10	НЧ-динамик 250 мм, магнит 40 унций, 4 Ом, 300 Вт, 20-3000 Гц
ULTRA-12	НЧ-динамик 300 мм, магнит 45 унций, 4 Ом, 400 Вт, 20-3000 Гц
"ECSTASY". Диффузор из композитного материала усиленного стекловолокном, мощный стронциевый магнит, двойная термостойкая катушка	
EX-10	НЧ-динамик 250 мм, магнит 50 унций, двойная звуковая катушка, 2 x 4 Ом, 400 Вт, 20-3000 Гц
EX-12	НЧ-динамик 300 мм, магнит 50 унций, двойная звуковая катушка, 2 x 4 Ом, 450 Вт, 20-3000 Гц
"NEO". Усиленный полимерный диффузор инжекционного литья, неодимовый магнит, двойная термостойкая катушка	
NEO-10	НЧ-динамик 250 мм, магнит 15 унций, двойная звуковая катушка, 2 x 4 Ом, 350 Вт, 30-2500 Гц
NEO-12	НЧ-динамик 300 мм, магнит 15 унций, двойная звуковая катушка, 2 x 4 Ом, 500 Вт, 25-3000 Гц



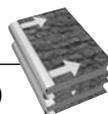
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. □

Сабвуферные головки JBL

	GT1 Series			POWER Series			GT4 Series		
	W10GT1e	W12GT1e	W15GT1e	P1020e	P1220e	P1520e	GT4-10	GT4-12	GT4-15
Диаметр, дюйм/мм	10"/250 мм	12"/300 мм	15"/380 мм	10"/250 мм	12"/300 мм	15"/380 мм	10"/250 мм	12"/300 мм	15"/380 мм
Чувствительность	90 дБ	91 дБ	92 дБ	89 дБ	91 дБ	92 дБ	90 дБ	93 дБ	91 дБ
Мощность номинальная	600 Вт	700 Вт	800 Вт	400 Вт	400 Вт	400 Вт	250 Вт	250 Вт	250 Вт
Мощность максимальная	3000 Вт	4000 Вт	5000 Вт	1600 Вт	1600 Вт	1600 Вт	1000 Вт	1000 Вт	1000 Вт
Диапазон частот	20Гц-1кГц	18Гц-1кГц	16Гц-1кГц	25Гц-500Гц	20Гц-400Гц	18Гц-400Гц	28Гц-500Гц	28Гц-450Гц	20Гц-400Гц
Сопротивление	3/12 Ом	3/12 Ом	3/12 Ом	3 Ом	3 Ом	3 Ом	2 Ом	2 Ом	2 Ом
Диаметр звуковой катушки	3"	3"	3"	3"	3"	3"	2"	2"	2"
Монтажная глубина	232 мм	260 мм	260 мм	153 мм	172 мм	172 мм	147 мм	159 мм	172 мм
Отверстие для установки	234 мм	280 мм	352 мм	234 мм	280 мм	353 мм	232 мм	283 мм	362 мм
Общий диаметр	254 мм	313 мм	389 мм	254 мм	313 мм	389 мм	258 мм	311 мм	385 мм

Корпусные сабвуферы JBL

	GTO Series			CS Series					
	GTO-1000T	GTO-1200T	GTO-1000B	GTO-1200B	CS-10	CS-12	CS-1000B	CS-1200B	CS-1200T
Диаметр, дюйм/мм	10"/250 мм	12"/300 мм	10"/250 мм	12"/300 мм	10"/250 мм	12"/300 мм	10"/250 мм	12"/300 мм	12"/300 мм
Чувствительность	93 дБ	94 дБ	93 дБ	94 дБ	91 дБ	92 дБ	94 дБ	94 дБ	94 дБ
Мощность номинальная	250 Вт	250 Вт	250 Вт	250 Вт	100 Вт	125 Вт	100 Вт	125 Вт	125 Вт
Мощность максимальная	1000 Вт	1000 Вт	1000 Вт	1000 Вт	400 Вт	500 Вт	400 Вт	500 Вт	500 Вт
Диапазон частот	32Гц-300Гц	26Гц-300Гц	32Гц-300Гц	26Гц-300Гц	38Гц-800Гц	38Гц-800Гц	38Гц-500Гц	38Гц-500Гц	38Гц-500Гц
Сопротивление	4 Ом	4 Ом	4 Ом	4 Ом	4 Ом	4 Ом	4 Ом	4 Ом	4 Ом
Монтажная глубина	-	-	-	-	116 мм	127 мм	-	-	-
Отверстие для установки	-	-	-	-	229 мм	277 мм	-	-	-
Размеры, диаметр x длина (мм)	550 x 289	550 x 330	-	-	-	-	-	-	335 x 660
Размеры, В x Ш x Г (мм)	-	-	395x410x335	455x440x360	-	-	-	360x385x320	410x385x360



ПРИЛОЖЕНИЕ 8.

РЕСУРСЫ INTERNET

<http://www.caraudio.ru/> – официальный сайт журнала «Автозвук».

<http://www.car-music.ru> – официальный сайт журнала «Car & Music».

<http://www.auto.ru/journals/Master12Volt/> – официальный сайт журнала «Мастер 12 вольт».

<http://www.prology.ru> – официальный сайт торговой марки Prology.

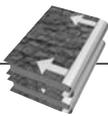
<http://www.jbl.com> – официальный сайт торговой марки JBL.

<http://www.aac.ru> – официальный сайт торговой марки «Урал».

<http://www.bluesmobil.com/shikhman/> – сайт автора.

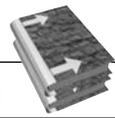
<http://www.bluesmobil.com/cgi/www/board.pl> – конференция по автозвуку на «Блюзмобиле».

<http://www.auto.ru/wwwboards/music/> – конференция по автозвуку на сервере «Автомобили в России».

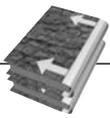


ЛИТЕРАТУРА

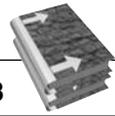
1. Becker: Как остаться легендой в цифровой век // Мастер 12 вольт. – 1998, № 6.
2. Car Audio в вопросах и ответах // Мастер 12 вольт. // 2000 – 2004.
3. Cyclone делает погоду // Мастер 12 вольт. – 1997, № 2.
4. David Navone, Richard Clark. Secrets For The Great Car Sound – Car Sound Books, A Division of Miller Freeman PSN, 1999.
5. Dinsdale J. (перевод: Леонов О.) Проектирование рупорных громкоговорителей // Мастер 12 вольт. – 2004, № 62.
6. К вопросу о шумоизоляции передних дверей // Мастер 12 вольт. – 2002, № 39.
7. Монитор смотрит в будущее // Мастер 12 вольт. – 2001, № 34.
8. Народный рупор – возможно ли это? // Мастер 12 вольт. – 2000, № 26
9. Обустраиваем «Святогор» // Мастер 12 вольт. 2001, № 35.
10. Отображение информации в автомобиле // Мастер 12 вольт. – 2002, № 39.
11. Сжатая цифра // Мастер 12 вольт. – 2000, № 25.
12. Справочная книга радиолюбителя-конструктора (книга 1 гл. 4.4) под ред. М. М. Чистякова. – М. Радио и связь, 1993 (Массовая радиобиблиотека, вып. 1195).
13. Агеев С. Должен ли УМЗЧ иметь малое выходное сопротивление? // Радио 1997, № 4.
14. Бабиченко Е. Гапонов И. Леонов О. Последняя скрипка // Мастер 12 вольт. – 2004, № 20.
15. Берендюков Ю. и др. Квадрофония или система ABC? // Радио. – 1982, № 9.
16. Боздех Й. Конструирование дополнительных устройств к магнитофонам (1977, пер. с чешского) – М.: Энергоиздат, 1981. С. 165–188.
17. Бурундуков В. Прибор для измерения резонансной частоты динамической головки // Радио. – 1967, № 4.
18. Виноградова Э. Л. Конструирование громкоговорителей со сглаженными частотными характеристиками – М.: Энергия, 1978 (Массовая радиобиблиотека, вып. 966).
19. Габриэлов А. Концерт мастеров эстрады // Автовзвук. 1998, № 2.
20. Гасанов М. Власть переменялась // Автовзвук. 2000, № 8.
21. Гасанов М. Квадриги // Автовзвук. – 2001, № 6.
22. Давыдов М. Акустические системы радиовещательных приемников // Радио. 1956, № 4.
23. Денин А., Кацнельсон Л. Система цифрового радиовещания «Эврика-147». // Радио. – 1996, № 8.
24. Джалалов В. Открытый корпус // Мастер 12 вольт. – 2001, № 31.
25. Евушенко Ю. Штучный товар // Автовзвук. – 2000, № 8.
26. Елютин А. А нужен ли крепкий тыл // Салон AV – 1998, № 3.
27. Елютин А. Вопросы пола // Мастер 12 вольт. – 1997/1998.
28. Елютин А. Конец алфавита // Автовзвук. – 2001, № 4.
29. Елютин А. Мотор // Мастер 12 вольт. – 1998, № 4.
30. Елютин А. Пенсионеры в шелках и кевларе // Мастер 12 вольт. – 1998, № 3.



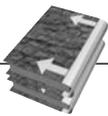
31. Елютин А., Евтушенко Ю. Право на передачу // Автовзвук. – 2000, № 8.
32. Кацнельсон Л. Результаты сравнительного испытания систем цифрового звукового радиовещания // Радио. – 1998, № 4.
33. Кисельгоф В. HD Radio – еще один шаг к цифровому радиовещанию // Мастер 12 вольт. – 2004, № 62.
34. Кисельгоф В. LANZAR ОПТИ4Х400D: волк в овечьей шкуре // Мастер 12 вольт. – 2004, № 62.
35. Кисельгоф В. Кроссовер-эквалайзер DXE // Мастер 12 вольт. – 2004, № 61.
36. Кисельгоф В. Ломка стереотипов: Коаксиальная акустическая система AS-P1326 // Мастер 12 вольт. – 2004, № 62.
37. Кисельгоф В. Умные вещи // Мастер 12 вольт. – 2004, № 62.
38. Кисельгоф В., Рябов А. У истоков автовзвук // Мастер 12 вольт. – 2004, № 56.
39. Кононович Л. Стерефоническое радиовещание – М. Связь, 1974. С. 87–92.
40. Леонов О. Музыкальный ликбез // Мастер 12 вольт. – 2004, № 59–61.
41. Леонов О. Параметры Тиэлле-Смолла – пожалуйста. // Мастер 12 вольт. – 2000, № 25.
42. Леонов О. Строим саб // Мастер 12 вольт. – 2004, № 59.
43. Онуфриев Н. Схемотехника блоков питания автомобильных усилителей // Мастер 12 вольт. – 2003, № 51.
44. Павлов А. Новая профессия лампочки Ильича...// Мастер 12 вольт. – 2001, № 34.
45. Романова Т., Божко А., Попов В., Электродинамические головки с плоскими диафрагмами // Радио. – 1998, № 8.
46. Смирнов С. Hi-End, и не только // Мастер 12 вольт. – 2004, № 55.
47. Смирнов С. Хрупкий «high-end»: Butler Audio и Poweramper // Мастер 12 вольт. – 2004, № 57.
48. Хохлов П. Экономический класс // Автовзвук. – 2001, № 4.
49. Шихатов А. АХИОМА // Мастер 12 вольт. – 2004, № 59.
50. Шихатов А. INFINITY Карра 102а // Мастер 12 вольт. – 2000, № 27.
51. Шихатов А. Lanzar DVI-1000 // Мастер 12 вольт. – 2003, № 53.
52. Шихатов А. Lanzar OptiDrive SL-50 // Мастер 12 вольт. – 2001, № 36.
53. Шихатов А. Lanzar Street Vision // Мастер 12 вольт. – 2001, № 38.
54. Шихатов А. Lanzar Vibe 421 // Мастер 12 вольт. – 2004, № 60.
55. Шихатов А. Lanzar Viberant // Мастер 12 вольт. – 2001, № 37.
56. Шихатов А. Lanzar Viberant // Мастер 12 вольт. – 2003, № 52.
57. Шихатов А. Porology ZX-9050 // Мастер 12 вольт. – 2003, № 50.
58. Шихатов А. Prology DVD-777 // Мастер 12 вольт. – 2003, № 54.
59. Шихатов А. Prology DVM-3000 // Мастер 12 вольт. – 2004, № 57.
60. Шихатов А. Prology: новый PASаж // Мастер 12 вольт. – 2002, № 42.
61. Шихатов А. Pyle, брат Daewoo // Мастер 12 вольт. – 2000, № 25.
62. Шихатов А. Requiem // Car & Music. – 2000, № 8.
63. Шихатов А. TOYOTA PRIUS // Мастер 12 вольт. – 2004, № 57.



64. Шихатов А. VolksMagen // Мастер 12 вольт. – 2004, № 55.
65. Шихатов А. А и Б сидели на трубе... // Мастер 12 вольт. – 2002, № 39.
66. Шихатов А. Автомобильные магнитолы // Радио. – 1999, № 4–8.
67. Шихатов А. Автомобильные мониторы Videovox // Мастер 12 вольт. – 2003, № 48.
68. Шихатов А. Автомобильные усилители // Радио. 2001 № 10,11,12; 2002 № 1,2.
69. Шихатов А. Адаптивный тыловой канал системы пространственного звучания // Радио. – 1999, №9.
70. Шихатов А. Активные кроссоверы // Мастер 12 вольт. – 2003, № 50.
71. Шихатов А. Активный фильтр для сабвуфера – в сборнике Конструкции и схемы для прочтения с паяльником М. Солон – Р, 2001.
72. Шихатов А. Активный фильтр на полевых транзисторах // Радио. – 2002, № 11.
73. Шихатов А. Акустические резонаторы // Мастер 12 вольт. – 2004, № 55.
74. Шихатов А. Антенны // Мастер 12 вольт. – 2001, № 34.
75. Шихатов А. Арифметика для усилителей // Мастер 12 вольт. – 2002, № 39.
76. Шихатов А. БРАТ-3 // Мастер 12 вольт. – 2004, № 59.
77. Шихатов А. Братья по крови // Мастер 12 вольт. – 2004, № 58.
78. Шихатов А. Вскрываем усилитель // Мастер 12 вольт. – 2000, № 24.
79. Шихатов А. Вскрываем усилитель – 2 // Мастер 12 вольт. – 2002, № 43.
80. Шихатов А. Голубой огонек // Мастер 12 вольт. – 2001, № 37.
81. Шихатов А. Горбатого могила исправит // Мастер 12 вольт. – 2001, № 35.
82. Шихатов А. Громкоговорители в автомобиле // Радио.– 1999. № 11, 12.
83. Шихатов А. Демпинг-фактор – мифы и реальность // Мастер 12 вольт. – 2001, № 33.
84. Шихатов А. Дешево и сердито // Мастер 12 вольт. – 2001, № 37.
85. Шихатов А. Динамики и полка // Мастер 12 вольт. – 2003, № 48.
86. Шихатов А. Единство и борьба противоположностей // Мастер 12 вольт. – 2003, № 46.
87. Шихатов А. Звук в автомобиле // Радио. – 1999, № 2.
88. Шихатов А. Как выбирать магнитолу // Мастер 12 вольт. – 2000, № 25.
89. Шихатов А. Когда колонок больше, чем каналов // Мастер 12 вольт. – 2000, № 30.
90. Шихатов А. Кроссовер и сцена // Мастер 12 вольт. – 2000, № 28.
91. Шихатов А. Любовь к трем полосам // Мастер 12 вольт. – 2000, № 28.
92. Шихатов А. Мичуринцы car audio // Мастер 12 вольт. – 2000, № 27.
93. Шихатов А. Многофункциональный индикатор FUNKY LM-402 // Мастер 12 вольт. – 2004, № 61.
94. Шихатов А. Монитор спешит на помощь // Мастер 12 вольт. – 2002, № 44.
95. Шихатов А. Наш размерчик // Мастер 12 вольт. – 2003, № 46.
96. Шихатов А. Недопетая песня // Мастер 12 вольт. – 2003, № 46.
97. Шихатов А. Новая буква в алфавите // Мастер 12 вольт. – 2001, № 33.
98. Шихатов А. Новый PASаж // Мастер 12 вольт. – 2002, № 42.
99. Шихатов А. О бедной пищалке замолвите слово // Мастер 12 вольт. – 2003, № 47.



100. Шихатов А. Первый класс // Мастер 12 вольт. – 2003, № 49.
101. Шихатов А. По седлам // Мастер 12вольт. – 2001, № 31.
102. Шихатов А. Показометры // Мастер 12вольт. – 2001, № 32.
103. Шихатов А. Призрак центрального канала // Мастер 12вольт. – 2001, № 35.
104. Шихатов А. Развитие систем объемного звучания – от монофонии к 3D // Мастер 12 вольт. – 1999, № 20.
105. Шихатов А. Сиамские близнецы // Мастер 12 вольт. – 2004, № 57.
106. Шихатов А. Снова Pyle // Мастер 12 вольт. – 2000, № 29.
107. Шихатов А. Суперконденсаторы // Мастер 12 вольт. – 2003, № 50.
108. Шихатов А. Твикаем усилитель // Мастер 12 вольт. 2004, № 56.
109. Шихатов А. Тоже мне усилитель // Мастер 12 вольт. – 2003, № 49.
110. Шихатов А. Улучшение звучания коаксиальных динамиков // Мастер 12 вольт. – 2004, № 60.
111. Шихатов А. Усилитель JBL ВР300.1 // Мастер 12 вольт. – 2000, № 26.
112. Шихатов А. Усилитель JBL Р180.2 // Мастер 12 вольт. – 2000, № 28.
113. Шихатов А. Усилитель Vibe 1800D // Мастер 12 вольт. – 2004, № 55.
114. Шихатов А. Устанавливаем мультимедийную систему // Мастер 12 вольт. – 2004, № 55.
115. Шихатов А. Устанавливаем сами // Радио. – 2000. № 1–№ 7.
116. Шихатов А. Что такое DDX? // Мастер 12 вольт. – 2002, № 43.
117. Шихатов А. Эквалайзеры // Мастер 12 вольт. – 2003, № 51.
118. Шихатов А. Этот грозный Си-бемоль // Мастер 12 вольт. – 2002, № 41 (новости).
119. Эфрусси М. М. Громкоговорители и их применение. – М.: Энергия, 1971. (Массовая радиобиблиотека, вып. 769).
120. Юренин А. Легенды и мифы «последовательных миров» // Мастер 12 вольт. – 2004, № 58, № 60.



АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

A

AV-коммутатор 318, 324, 330

C

CD-ресивер 19, 24, 34, 48, 64, 267, 329, 343, 378

CD-транспорт 64, 67, 330

CD-чейнджер 19, 47, 411

D

DIN 38, 40, 41, 46, 50, 176, 243, 324, 327

DVD 21, 24, 25, 26, 31, 36, 64, 298, 301, 307, 324, 325, 326, 341, 430

DVD, формат 24, 25

DVD, носитель 21, 309

DVD-проигрыватель 26, 297, 304, 325, 327

DVD-ресивер 21, 36, 38, 46, 323, 324, 326

DVD-транспорт 39, 41, 43

DVD-чейнджер 21, 39, 298

I

in-dash 279

J

JPEG 21, 327, 328, 330

M

MD-формат 19

MD-ресивер 19

MD-транспорт 19, 62

MD-чейнджер 19, 35

mixed mono 284, 286, 366, 367

MP3 26, 324, 327, 330

MP3 ресивер 20, 63

N

NTSC 299, 307, 325, 328, 431

P

PAL 299, 305, 307, 325, 328, 431

R

RDS 35, 53, 431

S

SCART 308

SECAM 299, 300, 305, 307, 328, 431

S-video 301, 308, 329

T

TFT-дисплей 53

tri-mode 366, 367, 379

TS-параметры 95, 121, 125, 128

V

VHS 25, 307, 323, 324

Video CD 21, 327

W

WMA 20, 35

Z

Z-характеристика 133, 165

A

акустическая нагрузка 143, 149, 150, 454

акустическая система 88, 146, 170, 306, 349, 451

акустически нагруженное оформление 143

акустические системы лабиринтные 146, 147

акустический экран 145, 386, 389

акустического сопротивления панель 145

акустическое короткое замыкание 88

акустическое оформление 88, 143, 151, 160, 349, 353, 358, 363, 385, 386

антенны разнесенные 309, 317

АС 77

АС корпусная 386

АС распределенная 364

АС сосредоточенная 314, 315, 349

АС тыловая 34, 35, 71, 72, 74, 251, 333, 357, 368, 374, 386

АС, монтаж 32, 42

АЧХ результирующая 132, 143, 153, 164

АЧХ системы 160, 167, 360, 361, 418

АЧХ, коррекция 195, 267, 269, 418, 420

АЧХ, коррекция параметрическая 267

АЧХ, коррекция, методы 418

АЧХ, крутизна спада 222, 237, 242, 261, 262

Б

балансная линия 412

бас-бустер 183, 186, 246, 247, 249, 277

бустер 169, 183, 279

В

вибродемпфирование 350, 399, 400, 401

вибродемпфирование, материалы 376

виток короткозамкнутый 100, 105

вкладыш противинтерференционный 117

вкладыш фазовыравнивающий 117, 153

вход балансный 179

вход высокого уровня 188, 259, 281, 282

вход линейный 34, 35, 68, 69

вход усилителя мощности 72, 192, 420

выход балансный 73, 179

выход линейный 35, 40, 41, 71, 183, 281, 412

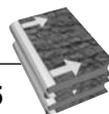
Г

гиратор 252, 277

головка громкоговорителя 88

головка изодинамическая 91, 129

головка коаксиальная 349, 451



головка полосовая 89, 128, 150
 головка прямого излучения 89, 90, 91, 98, 114, 143, 150, 154
 головка роторная 91
 головка триаксиальная 118
 головка широкополосная 89, 98, 106, 111, 118, 119, 125, 155, 156, 228, 355, 364, 387
 головка электростатическая 92
 головка эллиптическая 127, 364
 головка, звуковая катушка 90, 91, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 105, 107, 115, 116, 121, 122, 131, 133, 134, 137, 166, 174, 177, 227, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 350, 365, 372
 головка, магнитная система 98
 головка, магнитная система обращенная 101, 115, 120
 головка, подвижная система 92, 96, 97, 98, 112, 121, 125, 131, 133, 153, 174, 177, 220, 232
 головка, пылезащитный колпачок 114, 115, 116, 119, 125
 головка-трансформер 126
 головки кроссаксиальная 118
 головки, защита 126, 217
 головное устройство 31, 169, 279, 282, 293, 324
 гофр кольцевой 106, 125
 гофр тангенциальный 106
 громкоговоритель 76, 87, 88, 93, 95, 97, 108, 127, 128, 156, 174, 250, 345, 357

Д
 декодер многоканального звука, 40
 дельта-модуляция 215
 демпинг-фактор 171, 173, 176, 177, 178, 217, 218
 демпфирование 109, 111, 112, 133, 163, 174, 175, 177, 178, 217, 220, 222, 229, 234, 237, 238, 350, 390, 391, 393, 399, 400
 демпфирование импульсное 217
 демпфирование резонанса 76, 77, 163, 229
 диаграмма направленности 91, 96, 107, 114, 116, 117, 119, 125, 312, 351, 353, 416, 417
 диапазон воспроизводимых частот 96, 112, 122, 163, 171, 329
 динамические головки, защита 90, 96, 98, 108, 114, 142, 175, 388, 396
 динамические головки, установка 67, 72, 88, 98, 125, 174, 178, 227, 235, 336, 343, 359, 361
 динамический оптимизатор баса 184
 диссипатор 225, 228, 236
 дистанционное управление 18, 48, 246, 308, 414
 дистанционное управление включением, remote 199, 203, 204, 209, 255, 270, 283, 292, 294, 327
 дифракция, 88

диффузный звук 331
 диффузор секционированный 125, 154
 диффузордержатель 98, 117
 добротность 54, 97, 124, 130, 131, 132, 141, 143, 153, 155, 156, 157, 160, 161, 162, 164, 183, 184, 231, 232, 233, 244, 267, 269, 277, 278, 296
 добротность механическая 131
 добротность полная 97, 124, 130, 131, 141, 143, 152, 155, 156, 161, 358, 396
 добротность результирующая 132, 140, 143, 153, 157, 164
 добротность электрическая 131
 добротность, нормирование 217
 добротность, характер звучания 152

З

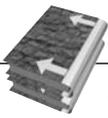
звуковая сцена 343, 348, 353, 355
 звуковой процессор цифровой 340
 звукопоглотитель 390, 391
 зона поршневого действия 108, 131, 132
 зона совместного действия 361
 зонное излучение 108

И

излучатели дополнительные 94, 118, 119, 125, 126, 236
 излучатель пассивный 148, 162
 изображение, регулировки 300, 302
 импеданс 94, 95, 96, 97, 99, 105, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 153, 165, 193, 222, 223, 226, 227, 228, 231, 232, 235, 370, 371, 372
 индикатор выходной мощности 280
 индикатор напряжения питания 260, 272
 индикатор температуры 260
 интерференция 88, 108, 115, 317
 искажения 16, 54, 68, 69, 70, 91, 92, 94, 96, 97, 103, 104, 106, 108, 109, 110, 114, 115, 120, 143, 144, 145, 154, 156, 163, 172, 177, 182, 189, 190, 198, 211, 213, 216, 232, 233, 238, 242, 245, 257, 259, 262, 267, 309, 316, 317, 345, 361, 362, 387
 искажения АЧХ 387
 искажения гармонические 96, 172
 искажения интермодуляционные 105, 108, 116, 156, 171, 172, 214, 228, 236
 искажения нелинейные 68, 70, 91, 92, 94, 96, 103, 106, 119, 145, 149, 163, 177, 213, 238, 326
 искажения перекрестные 54, 114, 316
 искажения переходные 94
 искажения фазовые 109, 110, 143, 220, 232, 242, 262, 273, 361, 363

К

камера обзора 304, 309, 323
 клеммы 282, 366, 404
 коммутатор диодный 68, 408
 компенсатор импеданса 223, 227



компенсатор Побеля-Буше 226
компенсация басовой атаки 350
компрессионная зона 158
корпус закрытый 148, 161
корпус открытый 145
коэффициент гармонических искажений 96
коэффициент демпфирования 77, 171, 173, 175, 176
кроссовер 37, 113, 124, 127, 133, 177, 178, 182, 183, 184, 185, 186, 209, 220, 221, 222, 226, 228, 229, 230, 232, 233, 234, 236, 237, 235, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 249, 251, 253, 255, 268, 272, 274, 275, 359, 361, 262, 367, 368, 376 379, 380, 381, 411
кроссовер-эквалайзер 272

Л

лентопротяжный механизм, ЛПМ 35,55
локализация источника звука, способы 346
ЛПМ блок головок 60
ЛПМ кинематическая схема 56, 59
ЛПМ с автореверсом 34, 59, 60
ЛПМ техобслуживание 32
ЛПМ управление 36

М

макет 396
материалы композитные 110, 115, 389
межблочный кабель 412
мертвое время 202
монтаж 32, 271, 279, 295, 304, 322, 342, 34, 378, 382, 403
монтажная глубина 115, 414
мощность выходная 33, 42, 73, 75, 169, 171, 196, 206, 284, 286
мощность номинальная 73, 97, 170, 193, 197
мощность паспортная 97, 115
мощность пиковая 97, 132, 171
мощность потребляемая 23, 304, 404, 407

Н

надежность 22, 42, 43, 47, 70, 92, 180, 201, 206, 244, 295, 343, 392, 404, 405, 411

О

объем эквивалентный 97, 130, 131, 132, 140, 141, 143, 152, 156, 162
ориентация излучателей 347

П

пайка 404
память противоударная 64
память фиксированных настроек 33, 34, 51
панорамирование 333, 338, 341
ПАС 145, 146
пенополиэтилен 401, 402

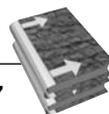
передаточная характеристика салона 142, 157, 158
передняя панель откидная 47, 378
передняя панель съемная 47, 378
переходная характеристика 148, 157, 273
пик-фактор 171, 172
плата печатная 43, 295
подиум 388, 393, 394
поле рассеяния 100, 104
полоса частот сабвуфера 268
полоса энергетическая 155
помехи 24, 209, 255, 299, 315, 317, 318, 321, 411, 412, 413
предохранитель 406
преобразователь напряжения 73, 197, 199, 243, 255, 410
приемный контейнер качающийся 57
приемный контейнер лифтовый 57
приемный контейнер неподвижный 56
принцип размещения АС 355
прослушивание 344, 407

Р

радиатор 43, 190, 197, 198, 201, 202, 204, 206, 218
радиоприемный тракт 31, 44, 50, 58, 327
развитие системы 41
распределение мощности 363
расширение стереобазы 341
реверберация 20
резонанс салона 159, 186, 249, 266, 352, 370
резонансная камера 391
рупор узкогорлый 153
рупор укороченный 154
рупор широкогорлый 153, 154

С

сабвуфер активный 257
санкционирование доступа 48
сдвиг фазы 220, 252, 350, 360
сдвиг фазы абсолютный 360
сдвиг фазы относительный 360
сетка частот 50, 310
силовой фактор 101, 103
синтезатор частоты 50, 52, 54
система мультимедийная 13
системы двойного действия 142, 146, 148
системы одинарного действия 143
скорость нарастания 170, 171, 172
слух, возрастные особенности 310, 330
соединения внешние 42
соединители ISO 44, 45
сопротивление активное 136, 138, 222, 226, 238, 370, 376
сопротивление входное 91, 92, 178, 188, 226, 270, 312, 326, 412



сопротивление выходное 72, 104, 130, 172, 174, 176, 198, 260, 312, 310, 368, 412
стабилизатор магнитного потока 104
стелс 393
стереопанорама 343
структура 53, 178, 180, 184, 186, 200, 272, 302, 378
схема Хаффлера 336, 338, 356, 372, 374
сэндвич 390

Т

тонкомпенсация 48, 70
тыловой канал 70, 72, 74

У

угол установки 65
уровень проектирования 44
уровень характеристической чувствительности 95, 344
усиление многополосное 220
усиление раздельное 363
усилители, классы 36, 213
усилитель DDX 216, 218
усилитель класса А 210, 212, 214
усилитель класса АВ 188, 210, 214, 218
усилитель класса В 188, 210, 216
усилитель класса D 212, 216, 378
усилитель класса H 78
усилитель класса T 214
усилитель мостовой 35, 370
усилитель фильтрующий 197

Ф

фаза 88, 360
фазировка абсолютная 418
фазировка относительная 418
фазовый корректор 252, 256
фазоинвертор 126, 128, 130, 132, 142, 146, 148, 150, 154, 156, 162, 164, 166, 250, 260, 386, 388
фейдер 48, 70, 74, 246, 256, 278, 338, 368, 372, 374
фильтр активный 259
фильтр Баттерворта 183, 197, 221, 224, 240, 242, 246, 250, 254, 260, 262, 360
фильтр Бесселя 221, 224, 240, 242, 262
фильтр ВЧ 128, 178, 220, 230, 248
фильтр дополнительной функции 183, 242
фильтр инфранизких частот 151, 250, 260, 272
фильтр квазивторого порядка 226, 234
фильтр Линквитца-Райли 221, 224
фильтр неинвертирующий (Саллена-Ки) 182, 241
фильтр НЧ 236, 242, 244, 274
фильтр пассивный 377, 336
фильтр переменной крутизны 224, 242, 246, 268, 272

фильтр пилот-тона 63
фильтр полосовой 54, 224, 262, 334
фильтр ПЧ 52, 54
фильтр равнокомпонентный 251
фильтр разделительный 118, 122
фильтр режекторный 63, 269, 274, 229, 270
фильтр Чебышева 221, 240
фильтр, добротность 231, 233, 269
фильтр, тип 224, 278
фильтрующий усилитель 197
фильтры встроенные 178, 243
фильтры разделительные 109, 110, 111, 127, 220, 376, 380
формат звука 20, 24, 26, 34
формат кадра 301

Х

ход диффузора линейный 102

Ц

центральный канал 367
центральный канал фантомный 356

Ч

частота резонанса 141, 143, 159, 160, 161, 162, 167, 237
частоты раздела 126, 127, 134, 220, 228, 232, 234, 236, 238, 242, 267, 352, 358, 360, 361, 363, 372, 376
чувствительность головок, согласование 72

Ш

шайба центрирующая 107, 121
ШИМ, широтно-импульсная модуляция 203, 212
шумоизоляция 401
шумоподавитель DNR 63
шумоподавитель Dolby-B 35, 63, 64
шумоподавитель Dolby-C 35, 63

Э

эквалайзер 33, 35, 38, 42, 50, 70, 72, 169, 183, 184, 185, 186, 220, 222, 232, 246, 266, 267, 268, 269, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 306, 325, 343, 363, 370, 403, 420
эквалайзер графический 70, 266, 420
эквалайзер окружения 269
эквалайзер параметрический 267, 272, 277
эквалайзер с анализатором спектра 267
эквалайзер фильтровый 275
эквалайзер, добротность 183, 184, 267, 277, 278
элементы жесткости 393
эффективное расстояние 348

Издательский дом «ДМК-пресс»

П Р Е Д С Т А В Л Я Е Т

Книги издательского дома «ДМК-пресс» можно заказать в торгово-издательском холдинге «АЛЬЯНС-КНИГА» наложенным платежом, выслать открытку или письмо по почтовому адресу: 123242, Москва а/я 20 или по электронному адресу: post@abook.ru. При оформлении заказа следует указать адрес (полностью), по которому должны быть высланы книги; фамилию, имя и отчество получателя. Желательно также указать свой телефон и электронный адрес. Эти книги вы можете заказать и в Internet-магазине: www.abook.ru.
Оптовые покупки: тел. (095) 258-91-94, 258-91-95;



Тяпичев Г.
Азбука УКВ. Как построить трансивер. —
Москва, ДМК-пресс, 2005. — 432 с.
ISBN 5-9706-000106

Книга предназначена для широкого круга радиолюбителей, интересующихся вопросами радиосвязи на УКВ и начинающих заниматься разработкой аппаратуры для УКВ радиосвязи. Книга будет полезна также радиолюбителям, начинающим интересоваться приемом информации от искусственных спутников Земли (ИСЗ).



Шапкин В.
Радио: открытие и изобретение. —
Москва, ДМК-пресс, 2005. — 190 с.
ISBN 5-9706-0002-4

В книге излагаются научные, технические и социальные аспекты открытия и изобретения Радио в мире и России. Впервые в мировой литературе дан объективный системный историко-технический и приоритетный анализ истоков, появления и утверждения Радио как области науки, техники и бытия.



Издательский дом
ДМК-пресс
(095) 743-22-39
e-mail: books@dmk-press.ru

www.dmk-press.ru



ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

РАДИОЛЮБИТЕЛЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ «КВ и УКВ»

КАК ПРАВИЛЬНО ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

- ПРАВИЛЬНО**
заполните купон и квитанцию.
- ПЕРЕЧИСЛИТЕ**
стоимость подписки через Сбербанк РФ
либо иной банк.
- ОБЯЗАТЕЛЬНО**
пришлите в редакцию любым удобным
для вас способом копию оплаченной
квитанции и четко заполненный купон:
- по адресу: 101000, г. Москва, а/я 2020;
- по факсу: (095) 259-86-74;
- на e-mail: podpiska@qst.ru.

ВОЗМОЖНО ОФОРМЛЕНИЕ ПОДПИСКИ В ОФИСЕ РЕДАКЦИИ

Если заявка приходит до 15-го числа текущего
месяца, то доставка начинается с номера,
датированного следующим месяцем.
Издательство не несет ответственности
за пропажу журнала из почтового ящика.
Досылка в этом случае осуществляется
по отдельной заявке после оплаты.

ТЕЛЕФОН ОТДЕЛА ПОДПИСКИ

(095) 107-17-37, e-mail: podpiska@qst.ru

ПРЕИМУЩЕСТВА ПОДПИСКИ В РЕДАКЦИИ

УДОБСТВО

нет необходимости искать очередной номер журнала в киосках.

ОПЕРАТИВНОСТЬ

журналы гарантированно будут доставлены на ваш почтовый адрес
в течение нескольких дней со дня их выхода.

СКИДКИ

для подписавшихся на оба журнала — скидка 10%. Оформивших
подписку в редакции предыдущий номер журнала высылается
бесплатно.

Бланк заказа и квитанцию см. на следующей странице ►

БЛАНК ЗАКАЗА

Да, я подписываюсь на ___ номеров журнала Да, я подписываюсь на ___ номеров журнала
 «Радиолобитель» начиная с _____ 2005 года «Радиолобитель КВ и УКВ» начиная с _____ 2005 года

МОЙ АДРЕС:

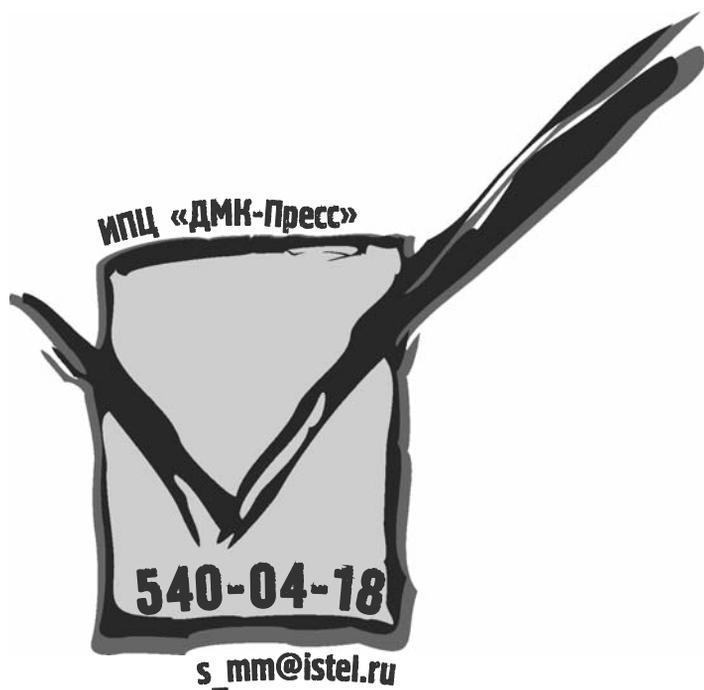
Индекс _____ страна _____ область/край _____
 район _____ город _____
 улица _____ дом _____ корп./стр. _____ кв. _____
 Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____
 тел. _____ e-mail _____ дата рождения _____

СТОИМОСТЬ ПОДПИСКИ, руб.	экземпляр	на год
РАДИОЛЮБИТЕЛЬ	45	540
РАДИОЛЮБИТЕЛЬ КВ и УКВ	45	540
ДВА ЖУРНАЛА	80	960



Извещение	ЗАО «Издательский дом «ДМК-пресс» ИНН 7734513270, КПП 773401001 р/с №0702810800000006023 к/с 30101810400000000209 Банк «Новый Символ», г. Москва БИК 044583209					
Кассир	Плательщик _____ Адрес (с индексом) _____ <table border="1" data-bbox="477 1018 1088 1151"> <thead> <tr> <th>назначение платежа</th> <th>сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на _____ номеров журнала _____</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Подпись плательщика _____		назначение платежа	сумма	Подписка на _____ номеров журнала _____	
назначение платежа	сумма					
Подписка на _____ номеров журнала _____						
Извещение	ЗАО «Издательский дом «ДМК-пресс» ИНН 7734513270, КПП 773401001 р/с №0702810800000006023 к/с 30101810400000000209 Банк «Новый Символ», г. Москва БИК 044583209					
Кассир	Плательщик _____ Адрес (с индексом) _____ <table border="1" data-bbox="477 1551 1088 1685"> <thead> <tr> <th>назначение платежа</th> <th>сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на _____ номеров журнала _____</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Подпись плательщика _____		назначение платежа	сумма	Подписка на _____ номеров журнала _____	
назначение платежа	сумма					
Подписка на _____ номеров журнала _____						

ВНИМАНИЕ! КВИТАНЦИЯ ОБ ОПЛАТЕ БЕЗ ПОДПИСНОГО КУПОНА НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНА!
 ПО ВСЕМ ВОПРОСАМ ОБРАЩАЙТЕСЬ В ОТДЕЛ ПОДПИСКИ ПО ТЕЛЕФОНУ (095) 107-17-37 ИЛИ E-MAIL: PODPISKA@QST.RU



ДИЗАЙН. ПРЕПРЕСС. ПОЛИГРАФИЯ.

Мастер 12 ВОЛЬТ

журнал для специалистов по автоэлектронике

Тема номера

Современные противоугонные системы

New

Эквалайзер Prology AEQ-700

Мастер рекомендует

Jaguar XJS



PROLOGY
CAR AUDIO
& MULTIMEDIA



бесплатная подписка для профильных фирм

ЗАЯВКА

Название фирмы _____

Профиль деятельности фирмы _____

Фамилия, имя, отчество руководителя _____

_____ Должность руководителя _____

Адрес фирмы (реальное местоположение):

город _____ обл. _____

ул. _____

д. _____ корп. _____ офис _____

Телефоны: (_____) _____

Факс: (_____) _____

Прошу отдел рассылки выслать журнал по адресу:

Адрес домашний или рабочий (нужное подчеркнуть)

Индекс _____ (обязательно)

Город _____ ул. _____

д. _____ корп. _____ кв. (оф.) _____

Кому: _____

(Фамилия, И. О. и должность, занимаемая на фирме)

Подпись руководителя _____ /печать фирмы/

Заполните заявку разборчиво по всем пунктам и направьте по тел./факс:

(095)788-4503 или по адресу: **127220 Москва, а/я 47 «Мастер 12 Вольт»**

При перемене адреса или адресата заблаговременно сообщите об этом в редакцию, т.к. в случае возврата писем редакция прерывает с Вами контакт.

Книги издательского дома «ДМК-пресс» можно заказать в торгово-издательском холдинге «АЛЬЯНС-КНИГА» наложенным платежом, выслать открытку или письмо по почтовому адресу: 123242, Москва а/я 20 или по электронному адресу: post@abook.ru.

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью), по которому должны быть высланы книги; фамилию, имя и отчество получателя. Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.

Эти книги вы можете заказать и в Internet-магазине: www.abook.ru.

Оптовые покупки: тел. (095) 258-91-94, 258-91-95; электронный адрес abook@abook.ru.

Шихатов Анатолий Иванович

КОНЦЕРТНЫЙ ЗАЛ НА КОЛЕСАХ

ИПЦ «ДМК-Пресс»

(095) 540-04-18, e-mail: s_mm@istel.ru

Дизайн	Селеменив М. М.
Верстка	Богданова М. Н.
Художники	Цевменко О. Г., Ершов О. А.
Корректор	Волкова М. Г.



Издательский дом ДМК-пресс

(095) 743-22-39

e-mail: books@dmk-press.ru

Подписано в печать 12.05.2005.

Гарнитура «Петербург». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 29. Тираж 3000 экз.