

Под ред. А. Грифа



Серия «СОЛОН — РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ»

Под редакцией А. Грифа

В КОПИЛКУ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Популярные схемы и конструкции

Книга 2



В копилку радиолюбителя

Популярные схемы и конструкции

Книга 2



**Аудио и видео для автомобиля
Сабвуфер – своими руками
Современный стереоусилитель
Охранные устройства**

Москва
СОЛОН-ПРЕСС
2007

Под редакцией А. Я. Грифа

Г82 В копилку радиолюбителя. Популярны́е схемы и конструкции.
Книга 2. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. — 176 с.: ил. — (Серия
«СОЛОН — РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ»)

ISBN 5-98003-268-1

Это очередной выпуск сборника для радиолюбителей-конструкторов, который выпускает издательство «СОЛОН-ПРЕСС». Он продолжает традиции вышедших изданий по разнообразию статей с описанием оригинальных конструкций. Но данная книга отличается от прежних сборников новизной направлений в радиолюбительском творчестве. Это прежде всего касается приобщения читателей к микроконтроллерной технике, методике проектирования и расчетов устройств.

По вопросам приобретения обращаться: ООО «АЛЬЯНС-КНИГА КТК»

Тел: (095) 258-91-94, 258-91-95, www.abook.ru

Сайт издательства «СОЛОН-ПРЕСС»: www.solon-press.ru

E-mail: solon-avtor@coba.ru

КНИГА — ПОЧТОЙ

Книги издательства «СОЛОН-ПРЕСС» можно заказать наложенным платежом (оплата при получении) по фиксированной цене. Заказ оформляется одним из двух способов:

1. Послать открытку или письмо по адресу: 123242, Москва, а/я 20.
2. Оформить заказ можно на сайте www.solon-press.ru в разделе «Книга — почтой».

Бесплатно высылается каталог издательства по почте.

При оформлении заказа следует правильно и полностью указать адрес, по которому должны быть высланы книги, а также фамилию, имя и отчество получателя. Желательно дополнительно указать свой телефон и адрес электронной почты.

Через Интернет вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-ПРЕСС», считав его с адреса www.solon-press.ru/kat.doc.

Интернет-магазин размещен на сайте www.solon-press.ru.

Глава 1. Проектируем аудиокомплекс для автомобиля

О. Леонов

г. Москва

Музыкальный ликбез

Перед тем как приобрести любой компонент, тщательно спланируйте будущую систему. При этом нужно учитывать, собираетесь ли вы купить всю систему сразу или по частям, некоторые элементы изготовить своими силами, сколько рассчитываете потратить и какое качество хотите получить в результате. Будет ли это бросающаяся в глаза установка или, наоборот, максимально скрытая от посторонних глаз? Сохраните ли вы заводские штатные места и декоративные панели или собираетесь их переделывать для достижения лучшего качества звучания и внешнего вида? Будете ли вы устанавливать все компоненты самостоятельно или собираетесь поручить это профессионалам?

Планирование лучше всего начать с выбора того, какие источники информации точно нужны вам в машине, а какие — нет. Еще пару лет назад можно было рассчитывать лишь на прием радиопередатч и прослушивание музыки с кассет и компакт-дисков. Возможность установки в машину, например, телевизора, конечно, существовала, но, скорее, теоретически. Доступна она была немногим, прежде всего, из-за очень высокой цены подобной экзотики. Сегодня ситуация сильно изменилась. Автомобильные мониторы, проигрыватели DVD присутствуют в модельном ряду любого производителя автомобильной электроники и, благодаря конкуренции, цены на такие компоненты резко снизились и продолжают падать. Поэтому при обдумывании своей будущей автомобильной системы нужно решить, в первую очередь, будут ли в ней видеокomпоненты. Если вы достаточно часто отправляетесь в дальние поездки или, например, в путешествия с семьей, то видеofilm поможет скрасить попутчикам время в пути. Дети, вместо того, чтобы шалить и отвлекать папу от управления машиной, могут поиграть, подключив видеоприставку к монитору, стоящему, например, в подголовнике переднего сиденья.

Когда же вы, наконец, сообразите, что последние два часа ехали совершенно не в том направлении, которое нужно, придется воспользоваться подсказкой навигационной системы. Последние, правда, в

нашей стране еще только-только появляются, но, судя по всему, их широкое распространение — дело ближайшего будущего. Во всяком случае, в крупных городах, где выбор правильного маршрута тоже часто непростая задача, такие системы уже работают. Нетрудно понять, что для отображения карты местности нужен монитор. Конечно, существуют и активно используются системы навигации на основе карманных компьютеров и ноутбуков, но это напоминает то время, когда из-за дороговизны CD-ресиверов компакт-диски в машине многие слушали, подключая к магнитоле портативный CD-плеер через адаптер, выполненный в виде компакт-кассеты. Неудобные в использовании решения в автомобилях не приживаются. Поэтому навигация рано или поздно интегрируется во все автомобили и станет совершенно привычным атрибутом. Добравшись до места назначения, удобно будет припарковаться, пользуясь не привычным зеркалом, а видеокамерой заднего вида. Особенно это оценят хозяева больших машин типа минивэнов, которым и место для парковки найти потруднее, чем «Оке», и обзорность назад обычно оставляет желать лучшего. Разумеется, видеокамера также подключается к монитору.

Какие еще есть новые источники информации и просто полезные «аудиоаксессуары»? Для тех, кто не любит носить с собой диски и кассеты, предпочитая получать информацию из эфира, будет интересно узнать, что, помимо традиционного радиовещания, существует также цифровое, как спутниковое, так и наземное (DAB). Трансляция в цифровом виде дает такие преимущества, как отсутствие помех и высокое качество звучания, соответствующее воспроизведению с компакт-диска. В первом случае, как ясно из названия, передачи транслируются через искусственные спутники Земли. Поэтому, в отличие от обычного радиовещания, площадь территории, на которой осуществляется прием передач, получается огромной. Кроме того, через спутник одновременно могут транслироваться десятки разных каналов, предоставляя пользователю очень широкий выбор. По аналогии со спутниковым телевидением за пользование системой взимается абонентская плата.

Наземное цифровое вещание больше похоже на обычное, только осуществляется на более высоких частотах, чем традиционные FM-передачи. За счет этого может одновременно транслироваться большее число каналов. Кроме того, параллельно со звуковой информацией формат DAB позволяет передавать текстовую. Дальность приема при этом примерно такая же, что и для FM. Фактически DAB — это тот формат, который постепенно может заменить привычное аналоговое радиовещание.

Для приема цифровых передач требуются специальные тюнеры, отличные от тех, которые используются в головных устройствах.

Спутниковому тюнеру также нужна специальная антенна, которая, к счастью, имеет очень небольшой размер и может устанавливаться, например, на торпедо. Головное устройство, в идеальном случае, должно быть способно управлять таким тюнером или хотя бы иметь вход для внешних источников сигнала. Возможность управления DAB-тюнером, в отличие от спутникового, встречается сравнительно часто.

Насколько актуально цифровое вещание и, соответственно, такие тюнеры для российского автолюбителя? Пока что спутниковые трансляции осуществляются лишь в США, а DAB — в Европе. Какой-то из этих форматов, или даже оба, обязательно появятся и в России. Поэтому при планировании системы и выборе головного устройства стоит иметь в виду перспективу подключения внешних источников сигнала.

Привычный уже компакт-диск тоже «научился» выполнять дополнительные функции. Компьютерные форматы, особенно MP3, приобрели очень большую популярность. Безусловно, компрессия аудиозаписей приводит к потере качества. Это хорошо заметно в домашних условиях, где диски в формате MP3 теряют свое главное преимущество — компактность. В большинстве же автомобильных аудиосистем звучание обычной и сжатой записи будет одинаковым, особенно при использовании высоких битрейтов. Но при этом вместо десяти дисков можно взять в дорогу всего один. Еще каких-нибудь три года назад энтузиасты использования MP3 в машине изобретали совершенно уникальные проигрыватели, как правило, на основе жесткого диска и запчастей от старых компьютеров. Диск заранее дома записывался «под завязку» либо загружался музыкой уже в машине, при помощи ноутбука. К счастью, прогресс в карадио движется чрезвычайно быстро и сейчас возможность воспроизведения MP3 есть у очень многих автомобильных проигрывателей CD или DVD.

Еще одна функция, которую может выполнять автомобильная аудио/видеосистема — громкая телефонная связь или, по-другому, hands-free. Мобильные телефоны широко распространились, и многие аварии происходят из-за того, что водитель отвлекается от управления, принимая звонок. Поэтому hands-free, в отличие от многих других «приблуд», относится к действительно полезным аксессуарам. Уместно также вспомнить о том, что пользоваться телефоном во время движения официально запрещено ПДД. Правда, в силу небольшого размера штрафа, инспекторы ГАИ на это нарушение практически не реагируют. Но все же о безопасности на дороге можно позаботиться и по собственной инициативе, не дожидаясь чьих-либо предписаний или наказаний.

Системы hands-free по отношению к аудиосистеме можно разделить на работающие автономно и те, которые используют часть аудиокomпонентов. Первые имеют в своем составе все необходимое, включая

динамика, который предназначен исключительно для воспроизведения телефонного разговора. Таким системам для работы требуется только питающее напряжение. Кроме того, они могут подавать сигнал на вход приглушения звука, если таковой есть у головного устройства. Вторые системы могут не иметь собственного усилителя и динамика, используя для работы автомобильный усилитель и акустику. Самый передовой и наиболее удобный на сегодняшний день способ подключения телефона к аудиосистеме — это технология blue tooth, когда головное устройство через специальный блок умеет распознавать появившийся поблизости мобильный телефон и устанавливать с ним беспроводное соединение. При этом, садясь в машину, вообще не нужно что-либо делать с телефоном, даже вынимать его из кармана. Чрезвычайно удобно. Единственный минус — то, что такие «головы», да и сами телефоны относятся к топ-моделям, поэтому пока довольно дороги.

Определившись с тем, какие виды носителей будет использоваться в будущей системе, можно, казалось бы, приступить к выбору конкретных моделей головных устройств. Однако вначале лучше составить примерный план всей остальной системы. Некоторые функции, например, деление звукового сигнала на несколько частотных полос, могут выполняться как усилитель, так и головное устройство. Звуковой процессор также может быть как в виде отдельного блока, так и внутри источника.

Проще всего, если вы планируете слушать только радио и изредка пользоваться кассетами. В этом случае нет необходимости ни во внешнем усилителе, ни в сабвуфере. Дело в том, что сигнал как по радио, так и с кассеты не содержит составляющих самых низких частот, которые должен воспроизводить именно сабвуфер. Лучше всего потратить больше средств на магнитола и, особенно, хорошую акустическую систему. Последнее является важным во всех случаях, но при использовании маломощного встроенного усилителя — вдвойне. Подробнее об этом будет рассказано далее.

При использовании вместо кассеты источника с компакт-диском сразу же возникает вопрос, устанавливать сабвуфер или нет. Как уже отмечалось выше, качественная акустика способна обеспечить прекрасное воспроизведение музыки и без сабвуфера. Тем не менее, в этом случае очень сложно воспроизвести частоты ниже 50...60 Гц. Больше всего от этого потеряет классическая музыка и джаз, поскольку этот диапазон частот присутствует у многих «натуральных» инструментов, например, рояля (27 Гц), контрабаса, духового органа (16 Гц). Меньше всего низких частот содержит авторская песня под гитару. Так что тем, кто слушает бардов, сабвуфер не нужен.

Как ни странно, в современной электронной музыке действительно низких частот тоже немного. Строго говоря, то, что очень часто

«поручают» сабвуферу, должны воспроизводить мидбасовые динамики. Поэтому если есть возможность установить спереди, скажем, шестидюймовые головки, то сабвуфер может и не понадобиться. Внешний усилитель в случае сабвуфера нужен обязательно, за исключением активных сабвуферов, снабженных встроенным усилителем. Для фронтальных динамиков, особенно когда они высокого качества и обладают хорошими «басовыми» возможностями, внешний усилитель тоже очень желателен, потому что возможности встроенных усилителей ресивера всегда гораздо скромнее, особенно в области низких частот. Самая популярная схема установки, одновременно качественная и при этом недорогая, выглядит так: CD-ресивер — внешний четырехканальный усилитель, два канала которого подключены к фронтальной акустике, а два других, соединенные мостом, подключены к сабвуферу. Тыловые динамики, которые выполняют второстепенную роль, можно подключить к выходам встроенного в ресивер усилителя.

Нужен ли в аудиосистеме чейнджер, решать, конечно, владельцу. В случае использования головного устройства с кассетой чейнджер позволит слушать и компакт-диски. Это, безусловно, удобно. Поскольку чейнджер подключается достаточно просто, требуя прокладки всего одного кабеля, его можно будет добавить в систему и позже. Для головных устройств с компакт-диском чейнджер с точки зрения разнообразия носителей неактуален. Кому-то удобнее зарядить магазин несколькими дисками и подолгу их не менять. Кто-то, наоборот, предпочитает всегда носить диски с собой. Кроме того, компакт-диск, записанный в формате MP3, по продолжительности соответствует 10—12-дисковому чейнджеру, поэтому, если головное устройство способно воспроизводить MP3-файлы, можно обойтись и без него.

Поскольку речь пока шла только о звуке, есть смысл подробнее остановиться на выборе и размещении акустических систем. В автомобильном аудио акустическая система определяет качество звучания примерно на две трети. Качество самой акустики наполовину складывается из того, какие используются головки громкоговорителей («динамики»), а вторую половину определяет то, насколько грамотно и качественно они установлены.

В первую очередь, нужно определиться, собираетесь ли вы устанавливать акустику только в штатные места, предусмотренные производителем автомобиля, или нет. У штатных мест есть несколько преимуществ. Во-первых, стоимость работы по установке динамиков оказывается невысокой. Во-вторых, интерьер автомобиля не претерпевает никаких изменений. Это имеет значение как при возможной продаже машины, так и с точки зрения защиты аппаратуры от кражи. Всякий нестандартный элемент обязательно привлечет внимание воришек, так что шансы на их ночной визит в салон машины увеличатся. На этом

преимущества у штатных мест заканчиваются и начинаются недостатки. Для производителей машин качество звучания находится далеко не на первом месте. Поэтому динамики часто располагаются в неудачных местах и/или направлены таким образом, что самый прекрасный динамик играть будет неважно. Часто бывает, что без дополнительных ухищрений удается установить динамик только с очень маленькой установочной глубиной. Наконец, декоративные защитные решетки проектируют вовсе не специалисты-акустики, а дизайнеры, которым важен внешний вид. В результате оказывается, что решетки почти наглухо закрывает своими элементами диффузор. Средние частоты через такой «забор» еще кое-как пройдут, а про хорошее воспроизведение высоких в этом случае лучше всего забыть. С низкими частотами тоже ничего хорошего не получается. Часто динамик крепится к непрочной обивке двери или тонкому пластику, из которого сделано торпедо. Когда динамик воспроизводит бас, все эти конструкции начинают просто-напросто ходить ходуном. В результате то, что осталось от баса, приходится слушать вместе с «песнями» самих дверей или торпедо. Сомнительное утешение заключено в том, что из-за многочисленных отверстий поблизости от динамиков от баса мало что остается.

Рассмотрим типичные варианты расположения акустических систем в автомобилях с точки зрения качества звучания. В передней части салона чаще всего динамики располагаются в торпедо, дверях, реже в кикпанелях (для водителя это место, расположенное под торпедо слева от педали сцепления, для переднего пассажира, соответственно, зеркально). В торпедо динамики ориентированы либо горизонтально, так, что диффузор направлен в сторону лобового стекла, либо вертикально, на поверхность торпедо, обращенной в сторону салона. В первом случае часть звука, излучаемого диффузором, попадает к слушателю напрямую, а часть — после отражения от лобового стекла. На высоких частотах до слушателя будет доходить, в основном, отраженный звук. В результате звук получается совсем другим, нежели тот, который был во время прослушивания на стенде в магазине, и предсказать эту разницу заранее не представляется возможным. Кроме того, очень вероятно, что звуковая сцена будет нечеткой, например, солист, в зависимости от высоты нот, будет казаться скачущим по сцене. Исправить ситуацию можно, используя не коаксиальную систему, а компонентную. В этом случае высокочастотный динамик располагается отдельно — например, на стойке лобового стекла, что дает возможность поэкспериментировать с наилучшим направлением. Вмешательство в интерьер при этом будет небольшим.

Когда динамические головки на торпедо «играют» в сторону салона, возникают совсем другие эффекты. Звучание ближе к тому, которое было в условиях стенда в магазине. Однако привязка звука к бли-

жайшему к слушателю динамику практически гарантирована. Исполнители будут казаться расположенными непосредственно перед лицом слушателя. Применение компонентной АС в этом случае может даже ухудшить звуковую сцену, например, удар по барабану будет восприниматься так, будто сам барабан от удара вдруг оторвался и летит через всю сцену. Заканчивая описание «акустических» свойств торпедо, следует предостеречь от попыток воспроизвести бас. В торпедо эта затея всегда обречена на провал. Во-первых, типичный размер динамиков чаще всего 4 дюйма, редко пять. Во-вторых, что самое главное, это акустическое короткое замыкание, вызванное тем, что в торпедо очень сложно изолировать излучение передней стороны диффузора от задней — вокруг динамика всегда присутствуют разные технологические отверстия и щели. Поэтому, выбирая акустическую систему для установки в торпедо, обращайтесь внимание только на то, насколько хорошо она воспроизводит средние и высокие частоты.

Двери по «звуковым» свойствам сильно отличаются от торпедо. Чаще всего штатные места рассчитаны на размер 5 дюймов, иногда и больше. Это вселяет надежду на неплохое воспроизведение баса. Схема установки, когда в дверь крепится мидбасовый динамик, а высокочастотный устанавливается на стойку лобового стекла, является классической и самой распространенной. Хорошие производители акустических систем, настраивая свою продукцию, ориентируются именно на такую установку. Поэтому, как ни странно, динамики, прекрасно звучащие в машине, могут не произвести впечатление во время прослушивания на стенде в магазине. Попробуйте расположиться таким образом, чтобы уши оказались под углом сорок пять градусов к воображаемой оси диффузора. Это примерно соответствует тому, как будет направлен динамик в автомобиле.

Звучание акустических систем, установленных в дверях, имеет некоторые характерные особенности. В первую очередь, специфическое звучание баса. Чаще всего он получается либо недостаточно четким, «резиновым», либо, напротив, очень жестким, раздражающим слух. Из-за разности расстояний от ушей слушателя до правого и левого динамика практически всегда возникает провал в нижней части диапазона средних частот. На слух это воспринимается как потеря «телесности» звука. Наверняка каждый хоть раз в жизни играл на гитаре, поэтому знает, что звук этого инструмента складывается из двух — струн и корпуса. Потеря телесности — это ощущение того, что звучат одни только струны, а отзвука деки совсем не слышно. Третий характерный недостаток расположения акустики в дверях — искажение звуковой сцены. Чаще всего солист находится не по направлению на центр капота, а над рулем, для водителя, и над «бардачком» для пассажира. Психологически комфортнее, когда они воспринимаются на уровне передней кромки торпедо, там, где оно граничит с лобовым стеклом.

Для установки в двери лучше всего использовать не коаксиальные, а компонентные акустические системы, поскольку в первом случае описанные недостатки будут более ощутимы. Не забудьте перед покупкой динамиков точно выяснить, помимо посадочного размера, еще и глубину штатных мест. Очень часто это накладывает большие ограничения по выбору. Это является одним из аргументов в пользу применения нестандартных подиумов. Вторым — желание использовать мидбасовый динамик большего размера, нежели тот, что позволяет штатное место. Для распространенных моделей автомобилей в продаже часто встречаются готовые подиумы. Как правило, их производят фирмы, занимающиеся мелкосерийным изготовлением и других аксессуаров, таких как спойлеры, пороги и т. п. Подиумы изготавливаются из пластмассы или стеклопластика, имеют приемлемую цену и хороший внешний вид. Правда, в процессе установки подобных изделий их очень желательно дополнительно виброизолировать изнутри с целью уменьшения «звонкости», особенно присущей стеклопластиковым деталям.

Последним по счету местом, где могут быть предусмотрены штатные места под акустическую систему, как уже упоминалось, являются кикпанели. Такое расположение встречается нечасто, прежде всего, из-за нехватки свободного пространства. Поэтому головки крупного размера (более пяти дюймов) в кикпанели не устанавливают, и на глубокий бас рассчитывать не приходится. А вот для средне- и даже высокочастотных динамиков место как раз одно из самых удачных. Дело в том, что при таком расположении разница в расстояниях от ушей до правого и левого громкоговорителя оказывается меньше, чем при других расположениях излучателей. В этом легко убедиться при помощи рулетки. Поэтому есть хорошие шансы добиться сбалансированного звучания и равномерной звуковой сцены. При этом, как ни странно, звук не кажется приходящим снизу, а воспринимается на уровне нижней кромки лобового стекла. Правда, в случае использования коаксиальных громкоговорителей есть вероятность того, что инструменты, звучащие только из одного канала, будут «нырять» вниз под торпедо. При использовании компонентной акустической системы с «пищалками», установленными на стойках лобового стекла, такой эффект не наблюдается. Тем, кто планирует нестандартное размещение акустической системы в своем автомобиле, стоит обратить пристальное внимание на кикпанели. Ведь недаром этот способ завоевал большую популярность в Америке, где, как известно, в большинстве машин отсутствует педаль сцепления.

При внимательном чтении предыдущей части текста может сложиться впечатление, что воспроизвести бас в передней части салона можно только из дверей. Это справедливо, но лишь отчасти. Суще-

ствует еще одна возможность размещения громкоговорителей, которая обделена вниманием автомобильных фирм, причем совершенно напрасно. Это место под передними сиденьями и непосредственно перед ними. В этом случае динамическая головка устанавливается в специально рассчитанный и изготовленный корпус. Чаще всего действуют даже в обратной последовательности — вначале определяют, какого объема можно изготовить корпус, а потом выбирают подходящий динамик, вид акустического оформления и выполняют окончательный расчет. Если под сиденьем удастся сделать корпус внутренним объемом 7...10 литров, при грамотном подборе динамика и расчете оформления можно добиться очень хорошего воспроизведения нижней части звукового диапазона. Правда, сабвуфер в этом случае все равно желателен. Если же сиденья позволяют разместить корпус еще большего объема, в них можно установить восьмидюймовые сабвуферные головки. Этот вариант — один из самых удачных. С одной стороны, такие динамики еще легко настраиваются даже с трехдюймовыми среднечастотниками, с другой — уже способны обеспечить полноценный бас без сабвуфера в багажнике. Безусловно, такие установки требуют от исполнителя высокой квалификации, далеко не каждый способен грамотно выбрать динамическую головку, рассчитать и изготовить корпус. Тем не менее такая схема способна при не очень высоких затратах дать прекрасный результат, поэтому обязательно возьмите ее на вооружение.

В крайнем случае, если ни в двери, ни под сиденья ничего поставить нельзя, остается любимая нашими автомобилистами задняя полка. Встречается две распространенные ошибки. Первая — установка коаксиальных «блинов» при наличии фронтальной акустической системы, вполне нормально воспроизводящей средние и высокие частоты. В таком случае лучше отключить все излучатели, кроме низкочастотного. Иногда это специально предусмотрено конструкцией, в других случаях просто отпаивается/откусывается провод, идущий к СЧ/ВЧ-секции. Таким образом, задние динамики будут воспроизводить, в основном, нижние частоты и, частично, средние, что в данном случае и требуется. Низкие частоты слух локализует не так хорошо, как средние и высокие, поэтому можно добиться того, что весь звук будет казаться приходящим спереди. Очень хорошо, если в головном устройстве (либо внешнем усилителе, если он использован) есть фильтры высоких и низких частот. В этом случае «блины» включаются через ФНЧ, а передние динамики — через ФВЧ.

Вторая ошибка состоит в том, что в заднюю полку, помимо «6 × 9» устанавливают сабвуферный динамик, также работающий на объем багажника (free-air). В результате оказывается, что такой сабвуфер работает почти в том же диапазоне частот, что и «лопухи», которые, как

правило, сами по себе достаточно «басовиты». В этом случае лучше использовать корпусной сабвуфер, работающий на очень низкой частоте, и позаботиться о качественном разделении частот между ним и коаксиальными динамиками.

Мультимедийные системы с видеисточником и мониторами спланировать существенно сложнее, чем обычные стерео. Если вы хотите получить в машине полноценный многоканальный звук, то в любом случае потребуется, как минимум, один внешний усилитель — для сабвуфера. Стоит также учесть, что в кино используют много звуковых спецэффектов, записанных на очень низкой частоте (взрывы, гром и т. п.). Поэтому к сабвуферу для «мобильного кинотеатра» предъявляются несколько иные требования, чем к тем, которые рассчитаны только на воспроизведение музыки. Фактически именно сабвуфер для кино полностью соответствует своему названию. Поэтому будьте готовы к тому, что он получится немаленьким, и усилитель к нему нужен действительно мощный, лучше всего — специальный басовый одноканальный. С остальными пятью каналами ситуация похожа на обычное автомобильное стерео. К фронтальным каналам предъявляются столь же высокие требования, поэтому желательно их тоже подключать через внешний усилитель. Причем отдельный от сабвуферного, а не четырехканальный, как было описано выше. Причина состоит в том, что у четырехканальных усилителей почти всегда используется один на все каналы преобразователь напряжения. В тот момент, когда динозавр из фильма пустится вприсядку, канал, работающий на сабвуфер, начнет потреблять много энергии, в результате чего у других каналов возникнет временный «энергетический кризис». Звук, разумеется, пострадает. Если же усилители отдельные, то и блоки питания у них независимые, поэтому описанной проблемы не возникнет. Еще один аргумент в пользу внешнего усилителя для фронтальных каналов заключается в том, что тех четырех, которые могут быть в головном устройстве, на пять широкополосных каналов, предусмотренных форматом 5.1, попросту не хватит. Правда, производители это учитывают, и уже есть аппараты, где встроенных усилителей — пять.

Следующий, самый сложный, этап — определение того, какие устройства будут воспроизводить и отображать информацию. Стоит перечислить все функции, которые выполняет аудиовидеосистема:

- воспроизведение DVD/VCD/CD/MP3-дисков;
- прием ТВ-сигнала из эфира (включая коммутацию нескольких телеантенн);
- прием радиостанций;
- управление автомобильным видеомagnитофоном VHS;
- управление DVD-чейнджером;

- прием сигналов от внешних источников информации — игровых приставок, камеры заднего вида и т. п.;
- декодирование сигнала в формате Dolby Digital, DTS и Dolby ProLogic в многоканальный звук;
- коммутацию этих сигналов между собой и мониторами.

Основой системы является устройство под названием AV-мастер. Это может быть отдельный блок, который только распределяет сигналы от разных источников сигнала к нескольким мониторам и усилителям мощности. Такие блоки чаще всего устанавливают скрытно, выводя наружу только приемник для приема сигнала от пульта дистанционного управления. Разнообразные меню, нужные в процессе управления и настройки, выводятся на один из мониторов. Удобно также, если AV-мастер выполнен в виде головного устройства с собственным монитором. Необходимо заметить, что мобильная видеотехника очень разнообразна по степени интегрированности функций в одном аппарате. Кому-то покажется удобным, когда все реализовано только в головном аппарате («магнитоле»). Существуют модели, где в корпусе стандартного размера (1 DIN) уже есть проигрыватель DVD/CD-дисков, телевизионный и FM-тюнер, декодер многоканального звука Dolby Digital — одним словом, все, что нужно. Такой «аудиовидеопроектор» подключается не сложнее, чем обычная магнитола. Совершенно ясно, что именно такие головные устройства постепенно станут самыми распространенными источниками аудиовидеоинформации в автомобиле. Вопрос лишь в том, насколько быстро цены снизятся до уровня, доступного большинству автолюбителей.

Недостатки интегрированных аппаратов напрямую следуют из достоинств. Во-первых, по понятным причинам в них невозможно сделать монитор с диагональю более 7 дюймов. Следовательно, задним пассажирам видно будет не слишком хорошо. А тем, кто сидит не посередине, а по бокам, придется выглядывать из-за водителя и переднего пассажира, что совсем уж неудобно. Наконец, штатное место просто может быть расположено слишком низко. Во-вторых, все управление режимами будет сосредоточено у водителя, а за рулем есть и более важные занятия. В-третьих, задние пассажиры могут хотеть смотреть или слушать одно, а передние — другое. Поэтому в развернутых системах используют многоканальные «мастера», способные коммутировать несколько разных источников информации и мониторов, причем независимо друг от друга. Например, дети на задних сиденьях смотрят мультфильм, передний пассажир — новости, а водитель через видеокамеру заднего вида — обстановку позади автомобиля. В таком случае на каждом месте в машине устанавливается отдельный пульт дистанционного управления.

Поскольку каналов воспроизведения звука оказывается целых шесть, нужно обратить внимание на то, в каком виде передается сигнал между источником и процессором многоканального звука (или усилителем). Здесь очень желательно, чтобы информация от источника выдавалась не в аналоговом виде, а в цифровом. Прежде всего, потому, что вместо двенадцати проводов по машине будет идти всего один кабель, либо коаксиальный, либо оптический. Кабели в таком большом количестве не так уж просто прокладывать по салону, кроме того, они обойдутся в ощутимую сумму. Наконец, цифровой интерфейс (особенно оптический, Toslink) не подвержен воздействию помех. Ситуация такова, что чем современнее машина, тем больше в ней разнообразных электронных устройств, каждое из которых создает электромагнитные помехи. При соединении блоков обычными межблочными (аналоговыми) кабелями избавиться от влияния этих помех может быть чрезвычайно сложно даже опытным установщикам.

DVD-проигрыватели

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 — страны бывшего СССР, Индия, Африка, Северная Корея и Монголия;
- 6 — Китай.

В силу компактности, информационной емкости, высокого качества воспроизведения любой записанной информации и благодаря мощному давлению со стороны производителей, формат DVD постепенно становится самым распространенным как дома, так и в машине. 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.

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 моделей автомобильных DVD-проигрывателей выпускается больше, и стоят они дешевле, чем автомобильные же видеоманито-



Рис. 1.1. DVD-ресивер

фоны VHS (которые так и не успели завоевать широкую популярность). В среднем цена проигрывателей составляет \$500, хотя есть модели и в несколько раз дороже, с другой стороны, самые дешевые приближаются к двухсотдолларовой отметке.

Перечислим основные функциональные особенности DVD. Стандарт 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. Еще есть такая опция, как защита от детей, но ее используют нечасто. Тем более что в машине всегда присутствует хоть один взрослый, который сам решит, что показывать детям, а что — нет. В звуковых опциях можно выбрать величину компрессии, а также формат данных, которые поступают на цифровой выход. Если звук на диске записан в формате 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.

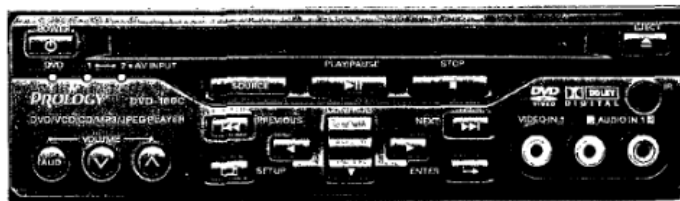


Рис. 1.2. DVD-проигрыватель без приемника

Обязательная опция DVD-проигрывателя — преобразование форматов изображения, нормальное (4:3) или широкое (16:9). Важно, чтобы форматы источника и монитора были одинаковыми. Иначе получится так: «нормальное» видео на широком мониторе будет вытянутым по горизонтали, а «широкое» на мониторе с пропорциями 4:3 — растянуто сверху вниз. Многие мониторы также позволяют переключать формат, в котором они отображают картинку.

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). Для удобства выбора нужного фрагмента меню автомобильных DVD-проигрывателей организовано с учетом небольших размеров экранов автомобильных мониторов.

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 высококачественные 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 аудиодисков (CD), то в DVD-проигрывателях производители всегда 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. Вообще, правило, что высокая цена соответствует лучшему качеству изображения и звучания, в отношении DVD-проигрывателей действует точно так же, как и для других компонентов.

Нужно обратить внимание на то, насколько удачно сочетается выбранный проигрыватель с остальными компонентами системы —

в данном случае с монитором, тюнером и чейнджером. Такие проигрыватели по габаритам близки к обычному головному устройству, но в разной степени приспособлены для установки на привычное место для магнитолы. Какие-то для этого предназначены в первую очередь, другие, напротив, рассчитаны на установку в отдельно предусмотренное место. Во втором случае появляется возможность осуществить скрытную установку, что поможет предотвратить кражу довольно дорогого аппарата. Задача скрытной установки очень облегчается благодаря тому, что все проигрыватели оснащаются пультом ДУ, а режимы работы выводятся на экран монитора. Приемник инфракрасных лучей невелик по размерам, и замаскировать его присутствие в салоне очень просто.

Мониторы

Появление мониторов (и даже телевизоров) потолочного крепления стало возможным благодаря широкому распространению жидкокристаллических дисплеев. Качественные показатели этой техники неуклонно растут, цены снижаются, ЖК-дисплеи перестали быть экзотикой.

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 изменяет свои свойства под действием потенциала (напряжения), а тока почти не потребляет. Поэтому дисплеи очень экономичны.

Чтобы получить светящийся дисплей, надо заставить работать его в проходящем свете, расположив с обратной стороны источник. Открытые ячейки пропускают свет находящегося за ними источника. 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). Для тыловой подсветки обычно используют люминесцентные лампы, они дают подходящий спектр и потребляют мало энергии.

Несмотря на простой принцип работы, создание ЖК-дисплеев требует решения целого ряда конструктивных и технологических вопросов. Поверхность дисплея (сами ячейки) должна занимать максимум площади. В идеале — 100 процентов, на практике — 90...95. Каж-

дой ячейкой управляет отдельный транзистор, выполненный по так называемой тонкопленочной технологии (Thin Film Transistor, сокращенно TFT). Ко всем транзисторам надо провести проводники, причем так, чтобы этого не было заметно. Есть и масса других тонкостей. Поэтому ЖК-дисплеи представляют собой сплав самых последних достижений микроэлектроники.

Правда, у LCD есть принципиальные недостатки, полностью избавиться от которых невозможно. Самый главный — 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 температурах 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. Поэтому климат-контроль в машине с видеосистемой очень желателен.

Таким образом, при выборе монитора по качеству изображения нужно обращать внимание на три характеристики. Во-первых, контрастность изображения, способность воспроизводить как яркий белый цвет, так и насыщенный черный. Во-вторых, на диапазон углов, с которых изображение еще хорошо видно. В-третьих, на инерционность картинки, особенно заметной при просмотре динамичных сюжетов — спортивных соревнований, фильмов категории action и т. п. Как ясно из предыдущего абзаца, все эти характеристики находятся в противоречии друг с другом, насколько хорошо их удастся совместить — зависит от уровня производителя. А на геометрические искажения можно совсем не обращать внимания, поскольку ЖК-дисплеи их лишены в принципе. Поэтому никаких «подушек» и «несведения» нет даже у самых дешевых моделей.

Разрешение ЖК-мониторов указывают двумя способами: либо полное количество пикселей, либо же количество «троек» ячеек (красная, зеленая, синяя). Второй способ корректнее и привычнее, это именно то, что приводится в характеристиках компьютерных мониторов. Диагональ дисплеев традиционно принято указывать в дюймах, хотя при небольших размерах (6...7 дюймов) удобнее миллиметры.

Большинство мониторов рассчитаны на работу с видеосигналом в системах NTSC и PAL. Первый формат раньше у нас был малопопулярен, с появлением же DVD ситуация сильно изменилась, поскольку фильмов, записанных в NTSC, очень много.

Подавляющее большинство мониторов имеет широкий формат дисплея, с соотношением сторон 16:9. Это отражает тенденцию раз-

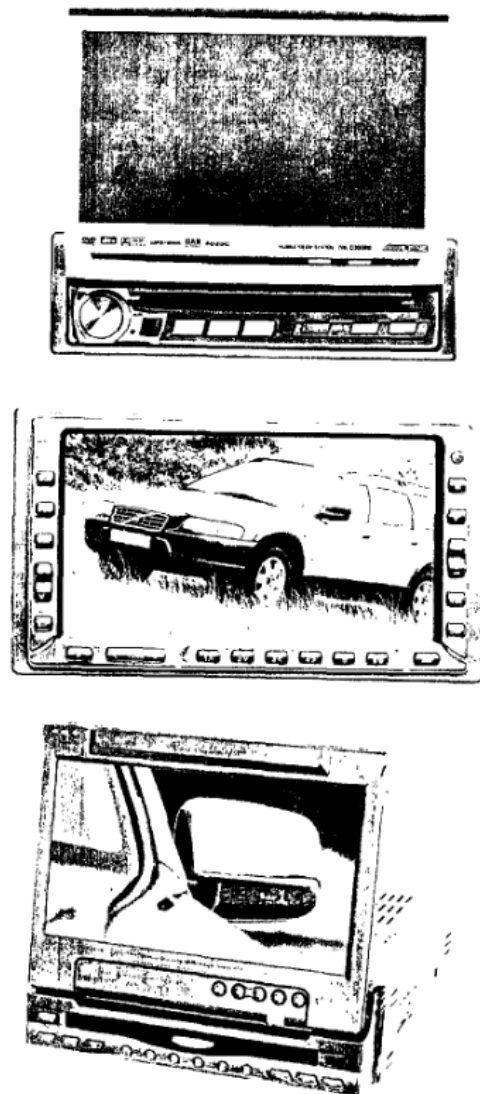


Рис. 1.3. Мультимедийные центры

вития видеотехники, широкий экран больше соответствует физиологии зрения, чем традиционный формат 4:3. Широкий экран гораздо предпочтительнее, поскольку мониторы обычного формата без искажений воспроизводят только картинку в формате 4:3, а мониторы широкого формата правильно показывают изображения любых пропорций, только при воспроизведении 4:3 часть экрана по бокам будет не занята.

Мониторы для установки в приборную панель

Такие устройства по своей сути являются AV-мастерами, поскольку, кроме собственно монитора, содержат в себе только AM/FM-тюнер (иногда и TV-тюнер), который, в силу своей простоты и компактности, нет никакого смысла выполнять в виде отдельного прибора — корпус будет стоять на порядок дороже самого тюнера. Остальные источники сигналов подключаются к такому головному устройству иначе. Ими могут быть DVD/CD-проигрыватели, чейнджеры, ТВ-тюнеры, видеокамера и т. п. Такой длинный список наводит на мысль о том, что прежде всего нужно обращать внимание на наличие большого числа аудио/видео входов и выходов. 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). Входы ТВ-тюнера и DVD-чейнджера активируются при затянутом «ручнике». Привилегированное положение только у навигационной системы — с нее видеoinформация может

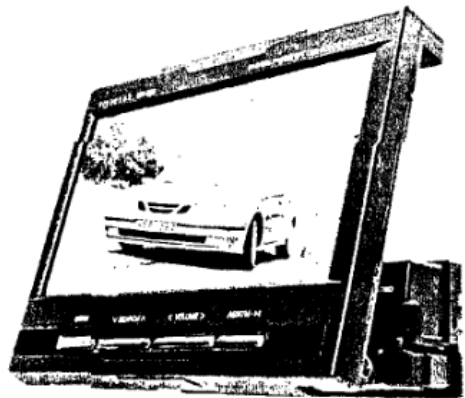


Рис. 1.4. Выдвижной монитор

отображаться на экране всегда, независимо от того, движется машина или стоит.

Аудиовыходов чаще всего четыре стандартных (фронт/тыл), плюс выход на сабвуфер. Аудиовидео выход имеет очень желательно, причем хорошо, если он коммутируется 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 «них» монитор динамики или через наушники. Те, кто находится в передней части машины, в это же время, скажем, слушают радио.

Мониторы для установки в подголовник переднего сиденья

Сзади сидеть почетно. Там располагаются либо дети, либо начальники. В них, если подумать, много общего. Во-первых, и тем, и другим полагается все лучшее. Во-вторых, они бывают капризными. В-третьих, очень любят отвлекать других от важных дел. Следовательно, задних пассажиров нужно во время поездки чем-нибудь занять. Монитор в подголовнике для этой задачи подходит прекрасно. Еще лучше — два, по числу передних сидений. Дело в том, что угол обзора жидкокристаллического монитора недостаточно велик, чтобы его было одинаково хорошо видно с любого места заднего сиденья. Начальникам проще — они ездят поодиночке. Детей может быть много, поэтому среди них может возникнуть борьба за лучшие «зрительские места».

Конструктивно такие мониторы очень похожи. Для монтажа мониторов в подголовник служит специальный кронштейн, который закрепляется в подголовник. Сам монитор устанавливается в этот кронштейн. Все сигнальные провода прячут внутрь спинки сиденья и подголовника. Причем сделать это несколько сложнее, чем просто класть кабели по салону, поэтому не удивляйтесь более высокой цене за установку. Все мониторы этого типа допускают установку и на поверхность, обычно — на переднюю панель. Поэтому в стандартный комплект входит штатив с шарниром и опорой. Опоры сконструированы таким образом, чтобы их можно было устанавливать на «торпедо» любой формы, даже весьма причудливой.

Размер экрана мониторов находится в пределах 5...8 дюймов. Это оптимально, учитывая среднее расстояние между рядами сидений. Перед покупкой нужно измерить подголовники, чтобы не оказалось, что монитор слишком велик.

Для звукового сопровождения в мониторы такого типа довольно часто устанавливают встроенные динамики. Качество звучания со-

вершенно не претендует даже на среднее, поскольку динамики совсем смешного размера. Вряд ли кто будет смотреть фильм в таком звуковом сопровождении. А вот через наушники — совсем другое дело. Если у монитора есть соответствующий выход, это можно считать плюсом.

Потолочные мониторы

Мониторы, предназначенные для установки на потолок салона, свободны от каких-либо блокировок, связанных с движением автомобиля, поскольку предназначены только для пассажиров, как правило, задних.

По размерам потолочные мониторы можно условно разделить на две группы. Первая — относительно недорогие, небольшого размера, 6...8 дюймов. Вторые, рассчитанные на установку в больших и, скорее всего, недешевых автомобилях, выпускают размером от 10 дюймов и больше. Теоретически максимальный размер не ограничен, на практике же он составляет пока 17 дюймов, больше просто не требуется.

Потолочные мониторы по сравнению с другими обычно являются самыми функционально законченными изделиями. Это связано с тем, что их часто используют отдельно от остальной автомобильной системы, например, подключая переносной DVD-проигрыватель только на время дальних поездок. Поэтому почти все потолочные мониторы

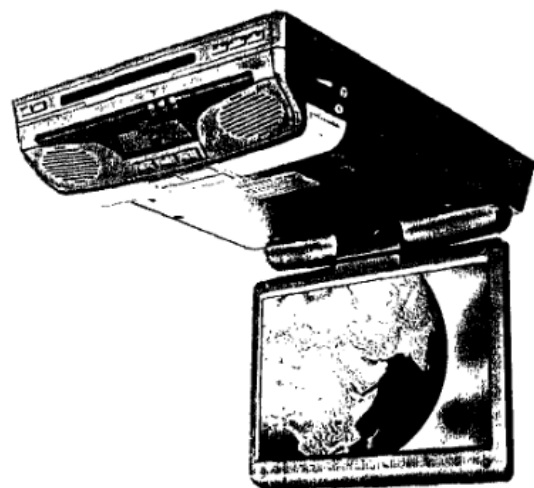


Рис. 1.5. Потолочный монитор

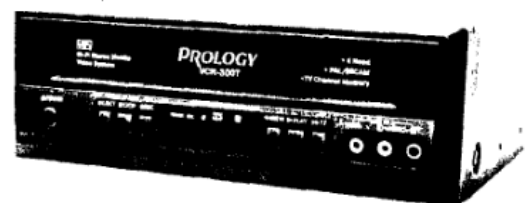
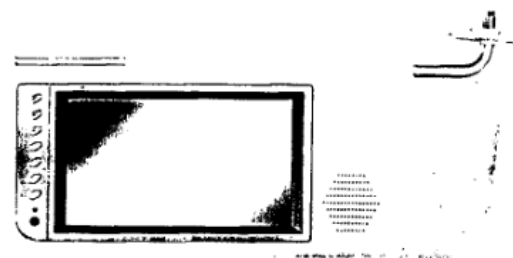


Рис. 1.6. Автомобильные телевизоры и видеоманитофон

снабжаются модулятором и инфракрасным передатчиком для работы с беспроводными наушниками. Не обязательно использовать наушники того же производителя, что и сам монитор. Правда, при беспроводном подключении качество звука оказывается не слишком высо-

ким. Поэтому для монитора хорошего качества желательно присутствие выходов на проводные наушники.

Поскольку потолочные мониторы рассчитаны на установку вместо штатных плафонов освещения салона, все они имеют встроенные светильники. У них закономерно есть три режима: включение от дверных концевиков, а также включение и выключение независимо от состояния дверей. Надо только подсоединить три провода, но это дело нехитрое.

Хорошо оснащенный монитор должен иметь два AV-входа, а также AV-выход. Телевизионный тюнер ко многим моделям подключается по своей шине, минуя AV-входы. Желательно, чтобы монитор мог управлять ТВ-тюнером, причем с того же пульта ДУ.

CD-ресиверы

Недорогие модели (100 у. е.)

Ценовая планка на технику широкого применения все время опускается. И если раньше CD-ресиверы стоили ощутимо дороже магнитолы, то сегодня цена на выбор типа носителя звуковой информации почти не влияет.

Функционально типичный представитель CD-проигрывателей начальной ценовой категории выглядит так. CD-проигрыватель с возможностью чтения дисков CD-R и CD-RW. Тюнер с тремя банками памяти для ЧМ-диапазона и одним — для АМ. Одна пара линейных выходов, обычный (двухполосный) регулятор тембра, нередко с набором предустановок, и все. В этой ценовой категории аппараты, снабженные более чем одной парой выходов, — большая редкость. Иногда линейных выходов нет ни одного, поэтому если планируется подключать усилитель, такие аппараты не подойдут.

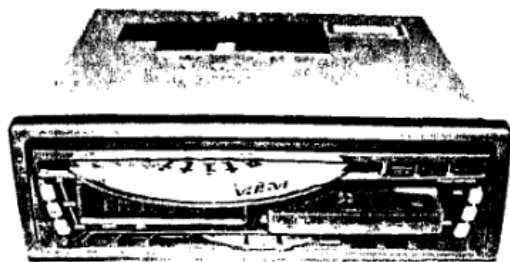


Рис. 1.7. Комбинированный проигрыватель (сидиола)

Управление чейнджером и диммер (уменьшение яркости экрана), как правило, отсутствуют. Также редко встречается RDS. Зато в недорогих CD-ресиверах, кроме «верхнего» диапазона УКВ (который у нас не совсем верно называют FM), очень часто присутствует и «нижний», вещание на котором велось только в СССР и бывших соцстранах (его обычно называют УКВ). В тюнерах часто встречается использование так называемой «американской» частотной коррекции, в результате этого при приеме передач наших радиостанций происходит ослабление верхних частот. К сожалению, тип коррекции выяснить не просто, правда, упомянутый спад ВЧ легко компенсировать регулятором тембра.

Даже в самых дешевых проигрывателях всегда присутствуют стандартные режимы воспроизведения: повтор трека, случайное воспроизведение, сканирование треков и переход на первую дорожку после окончания диска. Также обычно есть функция включения диском, пассивной выгрузки (то есть без включения аппарата) и «спрятать диск» (выдвинутый CD должен спрятаться обратно, если его забыли полностью вытащить и убрать).

Разумеется, низкая цена влечет за собой некоторые компромиссы в качестве звучания. При воспроизведении CD АЧХ на нижней границе звукового диапазона имеет слишком ранний спад. Считается, что такие аппараты будут использоваться, в основном с их встроенным усилителем, без сабвуфера. В этом случае спад незаметен. Соответственно, при подключении сабвуфера бас может оказаться не слишком глубоким. Другим компромиссом является повышенный уровень шумов. Это вызвано использованием дешевых микросхем ЦАП и других компонентов. Правда, на слух повышенный фон, как правило, не слышен, но иногда встречаются откровенно «фонящие» ресиверы, когда тихие звуки с компакт-диска сопровождаются сравнимыми по громкости помехами. Это может быть связано как с неудачной компоновкой элементов внутри прибора, так и с некачественной сборкой. Хорошие производители даже в своей самой дешевой продукции такого не допускают. Поэтому зачастую выгоднее заплатить чуть дороже за аппарат именитой фирмы.

CD-ресиверы по цене от 130 до 200 у. е.

Самые популярные головные устройства с компакт-диском, поскольку, с одной стороны, по цене доступны большинству покупателей, с другой, по сравнению с самими дешевыми моделями заметно отличаются в лучшую сторону как по качеству звучания, так и по функциональной оснащенности.

CD-ресиверы по цене 250 у. е.



Рис. 1.8. CD-ресиверы среднего класса

Подавляющее большинство CD-ресиверов этой категории имеют две пары линейных выходов, возможность управления чейнджером и работы с пультом дистанционного управления (ДУ). И хотя подключать CD-чейнджер к CD-проигрывателю необязательно, наличие такой возможности повышает привлекательность аппарата. Что же касается работы с пультом (хотя и приобретаемым отдельно), то, в конечном итоге, это средство обеспечения безопасности движения. Наличие второй пары линейных выходов позволяет без проблем построить нормальную аудиосистему.

Звуковые регулировки, как правило, ограничены традиционным темброблоком, часто — с набором предустановок и отдельно управление басами. Параметрические эквалайзеры, средства управления звуковой сценой, специализированный сабвуферный выход и встроенные кроссоверы встречаются редко.

Качество звучания по сравнению с самыми дешевыми моделями, как ни странно, может быть примерно одинаковым. Дело в том, что конструктивно разные модели одного производителя могут мало чем отличаться друг от друга. Часто используется одна и та же печатная плата, на которой часть деталей в дешевой модели отсутствует. Ситуация похожа на ту, когда несколько моделей автомобиля выпускается на одной базовой платформе. Поэтому нужно помнить, что лишние деньги в данном случае платятся, в первую очередь, за дополнительные функции.

Эти аппараты представляют собой своего рода границу между массовыми изделиями, которые многие еще могут себе позволить, и «топ-моделями», в которых используются самые последние достижения мобильной электроники. Собственно, многие головные устройства этой цены два-три года назад сами являлись лучшими у своих производителей. Поэтому они отличаются современной качественной элементной базой, богатым функциональным оснащением и прекрасным внешним видом. На последний фактор покупатель обратит внимание в первую очередь, поэтому производители стараются изо всех сил. В ход идут энкодеры с подсветкой, передние панели с поворотом/разворотом, необычные дисплеи. Функции дисплеев конструкторы все чаще возлагают на ЖК-матрицы (LCD) или органические светонизлучающие структуры (OLED). Поэтому цветной дисплей в таких головных устройствах — обычное дело.

CD-ресивер категории «250» должен быть снабжен, как минимум, двумя парами выходов, уметь управлять с чейнджером, иметь возможность работы с пультом ДУ. В большинстве случаев присутствует хотя бы один внешний вход.

Тюнер всегда с декодером RDS, CD-проигрыватель со всеми режимами воспроизведения и сервисными функциями. При работе с чейнджером добавляется повтор и сканирование дисков, а также случайное воспроизведение по всем дискам. Сервис — это включение аппарата при загрузке диска и выгрузке его, минуя включение CD-ресивера.

Декодер для воспроизведения дисков в формате MP3 встречается достаточно часто, хотя и не во всех аппаратах. Там, где это есть, на лицевой панели обязательно будет присутствовать соответствующий логотип, причем производители стараются сделать его большим и заметным — модно.

Если для аппаратов младшей ценовой категории простых регуляторов тембра вроде бы достаточно, то в дорогих возможности настройки звука гораздо более широкие. Как правило, помимо регулятора тембра, присутствует многополосный эквалайзер, либо графический, либо параметрический. Последний, в отличие от графического, позволяет выбрать частоту, на которой производится регулировка и (часто) добротность, то есть ширину полосы, в которой осуществляются настройки. В умелых руках параметрический эквалайзер позволяет более точно скомпенсировать пики и провалы, которые в акустике салона есть всегда. Фильтры низких и высоких частот для регулировки раздела между сабвуфером и остальными динамиками системы присутствуют почти всегда. Те, кто хоть раз в жизни настраивал автомобильную аудиосистему с усилителем, хорошо знают, насколько

удобнее это делать с головного устройства, чем постоянно лезть с отверткой куда-нибудь в багажник, где находится усилитель. Правда, кроссоверы в CD-ресиверах этой категории довольно примитивны, в частности, имеют фиксированные частоты среза. Тем не менее во многих случаях этого достаточно.

По измеряемым характеристикам головные устройства этой цены выигрывают у более дешевых. В первую очередь это касается чувствительности и избирательности тюнера, а также отношения сигнал/шум, как у тюнера, так и у CD.

CD-ресиверы по цене до 400 у. е.

CD-ресиверы этой категории используют самые современные схемотехнические решения и качественные электронные компоненты. Даже тюнеры, в которых, казалось бы, уже нечего усовершенствовать, имеют большую чувствительность, чем у простых моделей.

Пока еще встречаются ресиверы без поддержки MP3, но их процент постоянно снижается, так что через некоторое время таких моделей практически не останется. Растет, хоть и немного, выходная мощность оконечных усилителей. Путем разного рода ухищрений ее удается довести до 20 Вт RMS на канал и даже чуть выше.

Современные головные устройства повышенного класса оснащаются многочисленными средствами обработки звукового сигнала. Нормой являются регуляторы тембра с признаками параметрического эквалайзера. Большинство «продвинутых» головных устройств сейчас оснащается тремя парами линейных выходов, что подразумевает присутствие в системе сабвуфера. Соответственно, третья пара выходов может работать через внутренний фильтр НЧ. Кроме того, для нее используется особый режим, когда уровень сигнала на этом выходе не зависит от положения «фейдера». Уровень сигнала на линейных выходах в дорогих ресиверах, как правило, достаточно высокий, что полезно с точки зрения подавления помех, которые наводятся на межблочный кабель между головным устройством и усилителем.

Перечисленные особенности можно считать типичными для современных (и недорогих) головных устройств. Но есть и такие функции, которые характерны только для аппаратов конкретного производителя. Систематизировать их затруднительно, можно лишь выделить часто встречающиеся. Это расширенные возможности настройки звукового поля в салоне, часто с использованием процессора обработки звука. Не редкость автоматическая регулировка звука в зависимости от внешнего шума и скорости автомобиля. В первом случае используется небольшой микрофон, подключаемый к головному устройству. Некоторые аппараты позволяют при помощи этого же микрофона ав-

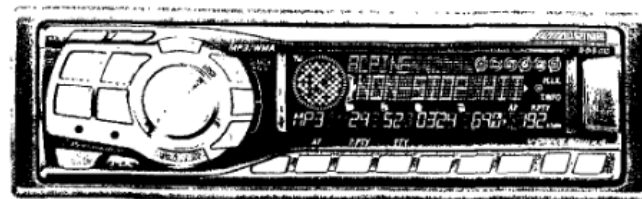


Рис. 1.9. CD-ресивер высокого класса

томатически настраивать АЧХ, с учетом реальной акустики в салоне. Конечно, уши микрофон не заменяет, но для первоначальной настройки это полезно.

Для разных источников звука, например, тюнера и CD, бывают нужны разные звуковые регулировки. Такие возможности также часто встречаются. Из функций, непосредственно к звуку не относящихся, часто встречается гибкая регулировка яркости дисплея в зависимости от времени суток и работа с разнообразными внешними устройствами, такими как датчик парковки, навигационная система, мобильный телефон и т. п.

Магнитолы

Самые дешевые (до 80 у. е.)

При всем разнообразии нынешней автомобильной электроники, многие чаще всего слушают в машине радио, а посему не считают нужным тратить на автомобильное аудио большие суммы. В дальнюю поездку можно взять с собой кассеты, количество которых почти в каждой семье исчисляется десятками. Именно поэтому простые и недорогие магнитолы продолжают пользоваться большим спросом.

Покупка недорогой магнитолы нередко чревата сюрпризами. Не стоит приобретать аппарат «неизвестного науке» производителя, которые продаются на автомобильных и радиорынках, их срок службы может ненамного превышать время, в течение которого совершалась покупка. Потратив 50...80 долларов, можно купить изделие нормального производителя. Разумеется, это не будет шедевром техники. Но купленный аппарат станет делать то, ради чего он в машине и оказался: нормально принимать радио, нормально играть записи на кассетах, привлекательно выглядеть, быть удобным, иметь средства защиты от кражи.

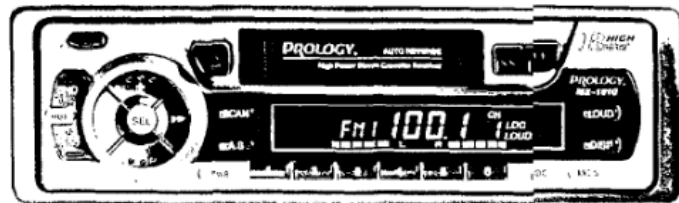


Рис. 1.10. Магнитола

Тюнеры недорогих магнитол обладают вполне хорошими характеристиками. Приятно то, что большинство из них обеспечивает прием как в «верхнем», так и в «нижнем» ЧМ-диапазоне. Правда, стереозвук будет только в «верхнем», но это связано с тем, что «советский» стандарт стереовещания не принимают никакие автомобильные тюнеры вообще. Правда, несколько лет назад Sony продавала магнитолы с двухстандартными тюнерами, но это не имело коммерческого успеха, поэтому их производство было довольно быстро прекращено. Практически у всех магнитол тюнер с электронной цифровой настройкой, поскольку это на порядок удобнее, чем постоянно крутить ручку аналоговой шкалы. В машине, кроме всего прочего, водитель не имеет времени, чтобы надолго отвлекаться на подобные операции. Так что цифровой тюнер — это фактор безопасности движения.

Чего еще можно ожидать от касетной магнитолы за совсем скромные деньги? Как правило, отсутствуют управление чейнджером, дистанционное управление, выбор типа ленты, шумоподавление Dolby и RDS. Линейных выходов чаще всего тоже нет, предполагается, что внешний усилитель и сабвуфер экономный хозяин использовать не будет. Кассетник с механическим управлением лентопротяжкой. Эти механизмы характерны долгой перемоткой и отсутствием каких-либо других удобств вроде поиска по паузам. Зато «механика», будучи нормально сделанной, отличается очень высокой надежностью. Там ломаться попросту нечему. Если кассеты используются часто, конечно, удобнее привод с электронным управлением режимами. Среди дешевых магнитол такие встречаются, хотя и нечасто.

Что касается характеристик встроенных усилителей, то все они достаточно современные, используют мостовое включение, поэтому развивают мощность 15...17 Вт на канал («настоящих», RMS). В этом отношении даже такие дешевые магнитолы мало чем отличаются от головных устройств в несколько раз более высокой цены. Устаревшие усилители мощности (в не-мостовом включении, дающие 7...8 Вт на

канал), как и аналоговую настройку тюнера, используют те самые «неизвестные» производители, продукцию которых выше уже отсоветовали приобретать.

Магнитолы более высокой ценовой категории (порядка 150 долларов)

Они предназначены, прежде всего, для тех, кто не имеет привычки покупать кассеты в придорожных ларьках, а владеет коллекцией, записанной на хорошем стационарном магнитофоне. В таких фонотеках встречаются редкие записи, не издававшиеся на компакт-дисках. Чтобы не портить удовольствие от их прослушивания в машине, магнитола должна быть соответствующего уровня. Технические характеристики при воспроизведении кассет довольно высоки. Диапазон воспроизводимых частот при использовании кассеты, как правило, 30 Гц — 14 кГц, а в некоторых случаях и шире. Многие, в том числе авторы давным-давно принятого стандарта Hi-Fi, считают, что для полноценной передачи музыки этого вполне достаточно.

Конечно, звучат кассеты при прочих равных хуже, чем компакт-диск. Поэтому слушатель с более-менее высокими музыкальными запросами наверняка захочет использовать и CD. Все без исключения магнитолы этой цены обязательно способны управлять чейнджером и обеспечивают полный набор обязательных для высококачественного кассетника функций. Среди них в первую очередь — выбор типа ленты и система шумоподавления Dolby B. Не секрет, что для записей высокого качества предпочитали использовать ленты типов II и IV. Нормально настроенная Dolby B снижает высокочастотный шум примерно на 10 дБ. Разумеется, лентопротяжные механизмы только с электронным управлением режимами работы. Поэтому такие функции, как повтор, сканирование и поиск музыкальных фрагментов, а также пропуск свободных участков ленты присутствуют всегда. Кроме того, стандартным для таких магнитол является наличие двух пар линейных выходов и возможность работы с пультом дистанционного управления (ДУ).

Звуковые настройки таких магнитол, помимо обычной регулировки тембра на низких и высоких частотах, чаще всего включают тонкомпенсацию, дополнительный подъем баса, иногда несложный пяти-семиполосный эквалайзер. Процессоров обработки звука и кроссоверов обычно нет. По всей видимости, предполагается, что приверженцы кассет не очень жалуют цифровую обработку звука, предпочитая более традиционные способы.

Хорошо это или нет, но время компакт-кассеты как высококачественного носителя подошло к концу. Поэтому магнитолы более высоких ценовых категорий перестали пользоваться спросом, и их сегодня практически не выпускают.

Акустические системы

Коаксиальные громкоговорители

Появившись вскоре после широкополосных динамиков, коаксиалы постепенно заменили последние в области самых простых автомобильных акустических систем. Главное их достоинство — простота установки. Большинство коаксиальных динамиков рассчитаны на установку в штатные места автомобиля, что отражается на конструкции. Во-первых, такие громкоговорители делают небольшими по глубине. Во-вторых, предусматривают множество вариантов расположения крепежных отверстий, а также наличие уплотнительных колец на внешнем фланце корзины. В-третьих, в комплекте нередко отсутствуют защитные решетки, поскольку предполагается, что будут использованы те, что уже есть в машине. Поэтому работа по установке таких АС обойдется недорого, а многие вообще захотят выполнить ее своими силами.

Штатные места, как правило, не могут похвастать идеальными с точки зрения акустики условиями работы излучателей. Характеристики коаксиальных динамиков (в первую очередь — АЧХ) рассчитываются с учетом того, что слушатель будет смещен относительно оси излучения. Поэтому при прослушивании на стенде звучание может показаться неестественным, с завышенным уровнем высоких частот. Напротив, если в условиях стенда звучание сбалансированное, то в салоне автомобиля, скорее всего, будет глуховатым. Это следует иметь в виду при выборе.

Что касается мощности, то ее номинальное значение для самых популярных коаксиалов размером 5" составляет примерно 25...40 Вт, вне зависимости от надписей на коробке. Поэтому если в качестве усилителя планируется встроенный в головное устройство, то вывести динамик из строя практически невозможно. Разумеется, речь идет об изделиях фирм, название которых было известно хотя бы год назад. Цены на вполне приличные коаксиальные громкоговорители находятся в пределах 25...50 у. е. Причем нет смысла гнаться за продукцией самых знаменитых брендов — львиная доля цены будет платой за имя. В начальных ценовых категориях лучше всего себя показывают изделия фирм-«середнячков» (это относится не только к динамикам).

Разумеется, есть и более дорогие изделия, стоимостью до 150...200 у. е. Парадокс заключается в том, что в недорогой аудиосистеме («магнитола-динамики») они могут звучать хуже. Основная причина состоит в том, что динамики повышенной ценовой категории рассчитывают на работу с внешним усилителем мощности, а также сабвуфером. Поэтому разработчики приносят в жертву чувствительность и диапазон воспроизводимых частот, особенно в области



Рис. 1.11. Коаксиальный динамик

НЧ. Вместо этого они пытаются устранить другие недостатки, свойственные коаксиальным громкоговорителям, в первую очередь, это повышенная неравномерность АЧХ в области средних частот. Дело в том, что звуковые волны, излучаемые большим диффузором, частично отражаются от стоящего на их пути корпуса твитера и возвращаются обратно. На частотах свыше 1...2 кГц это взаимодействие между прямым и отраженным излучением особенно сильно. Возникает явление интерференции, известное из школьного курса физики. В результате общая АЧХ в диапазоне 1,5...6 кГц оказывается сильно неравномерной, причем именно на этих частотах наш слух имеет самую высокую чувствительность.

Ситуация усугубляется тем, что для хорошего воспроизведения высоких частот твитер желательно делать побольше, чем те, что обычно ставят в недорогие коаксиалы. Более крупный корпус ВЧ-излучателя означает, что еще большая часть площади мидбаса будет «экранироваться». Для выхода из этого замкнутого круга используется масса конструктивных ухищрений, каждое из которых цену почему-то не уменьшает: звукопоглощающие покрытия в центральной части мидбаса, тщательно продуманная форма «ножки» корпуса твитера, другие материалы самих диффузоров, и т. д. Еще один способ, «электрический», это использование кроссоверов высоких порядков как для мидбаса, так и для «пищалки». В дешевых коаксиалах, как правило, функцию кроссовера выполняет один-единственный конденсатор, включенный последовательно с ВЧ-излучателем. В более дорогих можно часто встретить кроссовер, выполненный в виде отдельного блока.

Все эти меры приводят к тому, что качественная (и недешевая) коаксиальная акустика способна обеспечить прекрасный тональный ба-

ланс и хорошую звуковую сцену. С одной оговоркой — будучи грамотно установленной. Это означает, что придется тщательно поискать наилучшее расположение динамиков, а также сделать для них правильное акустическое оформление (подиумы). Неписаное правило гласит, что ставить дорогие коаксиалы в штатные места означает просто выбросить деньги на ветер. Поэтому в случайные мастерские с просьбой «прикрутить колонки» в этом случае лучше не обращаться, а ехать к специалистам именно в автомобильном аудио либо самому становиться таковым.

Все вышесказанное в еще большей степени относится и к коаксиальным системам на основе эллиптического динамика размером 6" × 9", именуемого в повседневной жизни более кратко «овалами», «лопухами» или «блинами». Количество уменьшительно-жаргонных названий говорит о высокой популярности этого вида громкоговорителей. Ведь для озвучивания автомобиля нужно приобрести всего два недорогих динамика, не мудрствуя, врезать их в заднюю полку и подключить к выходам головного устройства. Благодаря большой площади диффузоров, «овалы» способны воспроизвести довольно глубокий бас без помощи сабвуфера и при этом обладают чувствительностью, достаточной для работы от встроенного усилителя магнитолы, на что, прежде всего, и ориентируются производители при проектировании таких динамиков.

Другим принципиальным моментом, который они всегда имеют в виду, являются условия работы в типичной задней полке автомобиля. То есть звук до слушателя приходит отраженным от заднего стекла. Поэтому характерная АЧХ таких громкоговорителей, измеренная вне салона автомобиля, будет иметь заметный подъем на средних и высоких частотах. Поэтому конечное качество звучания будет зависеть от того, насколько искусно «исказили» ее разработчики, а также от формы и угла наклона заднего стекла в конкретной модели автомобиля. В результате при покупке звучание предсказать довольно трудно. Очень хорошо, если конструкция предусматривает регулировку уровня сигнала СЧ/ВЧ-излучателей («аттенюатор»), а также возможность их поворота относительно всего динамика. Первая возможность встречается только при использовании внешнего кроссовера, что в изделиях невысокой ценовой категории (35...70 у. е.) — редкость. Возможность поворота «маленьких» излучателей в производстве обходится недорого, поэтому присутствует чаще. Иногда встречаются комплекты, которые правильнее было бы назвать компонентной акустикой, поскольку твитер может устанавливаться как внутри большого диффузора, так и совершенно независимо, в любом удобном месте. Это дает очень широкие возможности настройки звучания.

Как уже упоминалось, даже пятидюймовый динамик выдержит мощность встроенного усилителя магнитолы без каких-либо трудно-

стей. У «блинов» запас мощности еще выше, поэтому цифры на коробках должны волновать только откровенно завышенными значениями, как признак того, что производитель ориентируется на самую неграмотную часть покупателей. Гораздо важнее величина чувствительности. Если она мала, придется поворачивать ручку громкости, в результате чего встроенный усилитель может начать перегружаться, из-за этого на выходе резко возрастает уровень высокочастотных гармоник (нелинейных искажений). Эти гармоники, в свою очередь, легко проникают через простейший разделительный фильтр на ВЧ-излучатель и способны вывести его из строя. Примерно оценить величину чувствительности можно по количеству полос и типу СЧ/ВЧ-секции. Так, в случае двухполосной АС (с одним ВЧ-динамиком, как правило, купольного типа) «большому» диффузору приходится воспроизводить более широкий диапазон частот, вследствие чего общая чувствительность будет относительно небольшой. Если «овал» трехполосный и при этом второй по размеру диффузор — конусный (как динамик от карманного приемника), то такая конструкция, скорее всего, будет обладать более высокой чувствительностью.

Компонентные АС

При всей доступности и простоте коаксиальных динамиков, в подавляющем большинстве действительно качественных инсталляций автомобильного аудио используются компонентные акустические системы. Вызвано это, прежде всего, уже упоминавшимися недостатками, связанными с конструкцией коаксиального громкоговорителя, а также тем, что возможность расположить высокочастотный излучатель отдельно от мидбасового дает более широкие возможности настройки звучания.

Компонентные АС пользуются очень большой популярностью, поэтому количество выпускаемых моделей исчисляется сотнями. Однозначных рекомендаций, что лучше, дать в рамках одной (и даже десяти) статей, не представляется возможным, тем более что выбор сильно зависит от жанров, предпочитаемых слушателем. Очень полезно посоветоваться с опытными мастерами, имеющими опыт установки разных систем в конкретную модель автомобиля и, что очень важно, близкие музыкальные вкусы. Лучший способ найти общий язык — послушать уже готовые системы, сделанные в этой студии.

Рассмотрим конструктивные особенности, характерные для акустических систем средней ценовой категории (60...150 у. е.). Это поможет на этапе первоначального выбора комплекта, пока динамики еще никуда не подключены, а лежат на полке в магазине.

Диффузор чаще всего изготавливают на основе полипропилена, являющегося традиционным материалом, или его «близких родствен-

ников», выпускающихся под другими торговыми марками. Полипропилен, хотя и несколько уступает по «звуковым» свойствам составам на основе целлюлозы («бумаги»), но зато существенно превосходит ее по технологичности и, что очень важно в условиях автомобиля, долговечности. «Классический» полипропиленовый диффузор имеет черный цвет и характерный, слегка матовый, блеск. Но успехи современной химии таковы, что нет проблем сделать его любого цвета радуги или, скажем, похожим на металл. Это имеет значение только для привлечения покупателя, а на звук никак не влияет.

Сделать хороший диффузор на основе целлюлозы непросто, качество зависит от массы факторов, причем не всегда предсказуемых, ведь два одинаковых дерева найти невозможно. Поэтому «бумажные» динамики хорошего качества стоят, в среднем, дороже. Если жанровые предпочтения ориентированы на «живую» музыку, исполняемую на акустических инструментах, дополнительные расходы оправданы. Также в недорогих по цене динамиках часто встречаются диффузоры на основе стеклоткани, в тех, что подороже, — алюминий и кевлар. Диффузоры из этих материалов имеют ряд преимуществ, такие как малый вес и повышенная жесткость, но при этом склонны резонировать на средних и высоких частотах. На слух это проявляется как излишняя резкость, пронзительность звучания. Разработчики, безусловно, об этом знают и принимают меры к «утихомириванию», но успехи в этом нелегком деле недвусмысленно отражаются на ценниках. Поэтому хорошие динамики из «передовых» материалов по цене могут превзойти верхний предел указанного ценового диапазона в несколько раз.

Следующий элемент конструкции, доступный невооруженному глазу, — корзина диффузордержателя. Самые распространенные — стальные штампованные. Они недороги, но обладают невысокой жесткостью и склонны «звенеть». Для борьбы с призвуками корзину покрывают антирезонансными покрытиями, в его наличии легко убедиться на ощупь — поверхность будет шероховатой. У динамиков подороже корзины часто изготавливают литыми из алюминиевого сплава, иногда формуют из специальных полимеров. Дело в том, что звуковая катушка, которая приводит в действие собственно диффузор, движется в довольно тонком воздушном зазоре, выполненном внутри магнитной системы. Толщину зазора желательно делать как можно меньшей, например, от нее сильно зависит чувствительность. Но при этом резко возрастают требования к точности положения звуковой катушки. Если корпус динамика будет хлипким, то при высоких уровнях громкости катушка может сместиться. В лучшем случае это приведет к изменению действующей на нее электромагнитной силы, т. е. искажениям, в худшем — к тому, что катушка соприкоснется с другими деталями магнитной системы. Поэтому при конструировании дорогих го-

ловок принимаются дополнительные меры к прочности диффузордержателя. Тем более что динамики повышенного класса будут, скорее всего, использоваться с мощным внешним усилителем.

В мидбасовых динамиках компонентных систем обычно используют «традиционную» схему, когда звуковая катушка перемещается «внутри» ферритового магнита. Такие головки выглядят привычно, а вот при взгляде на модели отдельных производителей сразу же возникает мысль, что магнита на привычном месте нет. На самом деле он есть, только маленький. Это так называемая обращенная магнитная система, когда звуковая катушка движется снаружи магнита, выполняемого в таком случае из неодима, который обеспечивает существенно меньшие размеры магнита при той же эффективности. Звуковая катушка в этом случае оказывается большего размера, чем в традиционной конструкции. При этом она лучше охлаждается, диффузор при движении меньше «перекашивается», а головка в целом получается более компактной. На первый взгляд, сплошные преимущества, но это не совсем так. Во-первых, конструкция не самая простая, сделать ее хорошо удается далеко не всем производителям динамиков. Во-вторых, неодимовые магниты стоят дорого. В результате чего основной недостаток — довольно высокая цена таких АС, порядка 200 у. е. за комплект и выше.

Высокочастотные излучатели чаще всего сделаны на основе купола, как правило — шелкового. Стандартный для автомобильных твитеров размер — один дюйм. Это разумный компромисс между диапазоном воспроизводимых частот, чувствительностью и удобством установки. Последнее имеет, пожалуй, самое важное значение. Желательно, чтобы входящие в комплект крепления обеспечивали разные способы крепления динамика. Возможность установки заподлицо с поверхностью («в тело») есть всегда. Чаще всего есть и обойма для установки на поверхность. Это, например, пригодится в тех машинах, где под накладками стоек лобового стекла совсем нет свободного пространства. Очень полезно, если крепление дает возможность плавно менять направление твитера. Дело в том, что выбор наилучшего положения — это творческий процесс. Даже если полностью копировать удачную установку в таком же автомобиле, все равно салоны чуть-чуть да отличаются. Обивкой, каким-нибудь лишним «прибамбасом», в конце концов, двух одинаковых водителей не бывает. Часто в первые дни и недели эксплуатации установленной системы возникает желание немного изменить настройку, чуть-чуть повернуть «пищалку» в ту или другую сторону.

Некоторые модели имеют интересную возможность — путем установки высокочастотной головки вместо съемного пылезащитного колпачка мидбасового диффузора компонентная система превращает-

ся в коаксиальную. Насколько это нужно в каждом конкретном случае, судить будущему владельцу, но универсальность использования, безусловно, повышается.

Кроссовер

Кроссовер — очень важная часть акустической системы. Он определяет качество звучания едва ли не наполовину. Простейшие фильтры высоких частот, когда компоненты включены в разрыв провода, идущего к ВЧ-динамику, встречаются в недорогих комплектах. В этом случае сигнал, идущий на мидбасовую головку, никак не ограничен по частоте. Это хорошо только в случае применения очень качественных излучателей (как правило — бумажных), АЧХ которых на средних частотах плавно спадает самым «естественным» образом. Но такие динамики — редкость, поэтому уже в средней ценовой категории практически всегда используют кроссоверы с более сложными фильтрами, обычно второго порядка. Кроме того, в кроссоверах могут быть элементы, позволяющие изменять уровень сигнала, поступающего на ВЧ-динамик. Регулировка осуществляется либо переключением проводов на клеммах «коробочки», либо внутри нее, перестановкой перемычек или переключателей. Возможность такой регулировки имеет большое значение при настройке системы, поэтому на ее наличие стоит обратить внимание. Помимо этого, в кроссоверах часто устанавливают элемент, защищающий «пищалки» от слишком высокого уровня сигнала. Сами по себе высокочастотные динамики, в отличие от компонентной системы в целом, выдерживают довольно небольшую мощность, примерно несколько ватт. Чтобы вывести их из строя, достаточно встроенного усилителя магнитолы, особенно если он перегрузился, что не редкость. Тут-то и срабатывает защитный элемент.

Другие особенности кроссоверов оценить не так уж просто. Производители стараются сэкономить буквально каждый цент, поэтому в изделиях более высоких ценовых категорий, скорее всего, будут использованы детали лучшего качества. В первую очередь, катушки индуктивности, намотанные без использования ферромагнитных сердечников, а также пленочные конденсаторы вместо оксидных («электролитических»). Чтобы подчеркнуть качество кроссовера, производители порой делают их в прозрачном корпусе.

Сабвуферы

Воспроизвести в автомобиле хороший бас — задача не из легких. В отличие от приобретения головного устройства, для которого уже предусмотрено место, куда его нужно лишь вставить и подключить соответствующие провода, низкочастотные громкоговорители во мно-



Рис. 1.12. Пассивные сабвуферы (без усилителя)

гих случаях представляют собой своего рода полуфабрикат, для которого нужно выбрать подходящее место, рассчитать и изготовить акустическое оформление, а потом еще и грамотно настроить уровни сигнала, частоту среза, чтобы вся система заиграла слаженно и слитно. Поэтому вполне разумно будет обратиться к профессиональным установщикам, которые, помимо теоретических знаний, обладают большим практическим опытом. Они подскажут, какой динамик приобрести, рассчитают и изготовят ящик нестандартной формы, наилучшим образом вписывающийся в конкретный багажник и отнимающий минимум полезного объема. Есть и другой путь, для энтузиастов-любителей, которые предпочитают делать все самостоятельно. Для них существует большое количество как специальной литературы по конструированию акустических систем, так и популярных статей в журналах.

Для тех, кто, с одной стороны, не хочет углубляться в дебри теории, с другой, расставаться с приличной суммой за «заказной» сабвуфер, существуют альтернативные варианты. Первый — приобрести головку, предназначенную для работы в открытом оформлении (free air), установив ее в заднюю полку. Выбор таких динамиков очень велик, причем стоят они недорого. Правда, полку придется либо существенно усилить, либо вообще изготовить заново. Самое важное и сложное в этом — обеспечить максимальную герметичность между передней и задней сторонами динамика. Проще говоря, полностью изолировать багажник от салона, причем по всему периметру. Любая неплотность приведет к акустическому короткому замыканию и ослаблению низких частот. Это приводит к тому, что открытое оформление удастся более-менее корректно реализовать в седанах, в хэтчбеках же устранить все шели на практике не представляется возможным. В остальном же у оформления free air сплошные плюсы. Во-первых, оно обеспечивает самый натуральный бас. Во-вторых, нижняя граница диапазона частот имеет минимальное значение, равное резонансной частоте головки. Конечно, сабвуфер такого типа не обеспечит ураганного баса, «как на дискотеке». Но для тех, кто любит натуральное звучание, открытое оформление, — самое предпочтительное.

Выбирать динамики следует, естественно, обращая внимание на рекомендации производителя. Если в инструкции не указано вообще никакого рекомендуемого оформления, скорее всего, головка для free air. Внешне они от своих «ящичных» собратьев отличаются относительно легким и жестким диффузором, а также небольшим по размерам магнитом. Напротив, если магнит по размерам норовит сравниться с диффузором, а у последнего — очень широкий и мягкий подвес, рассчитанный на большое смещение, то этот динамик точно не для открытого оформления. Чем больше диаметр диффузора при прочих равных условиях, тем ниже граничная частота диапазона воспроизводимых частот и, наоборот, выше чувствительность. Правда, диаметр часто выбирают не произвольно, а исходя из ограничений, накладываемых салоном. Десять дюймов можно считать своего рода границей, разделяющей «настоящие» сабвуферы от «потолстевших мидбасов».

При самостоятельном выборе и установке начинающих подстерегает одна типичная ошибка. Возникает она, когда любитель решает сделать акустическое оформление (например, закрытый ящик) по рекомендациям производителей или рассчитать его, основываясь на приводимых ими параметрах Тилля—Смолла. Практика показывает, что в половине случаев эти цифры имеют точность прогноза погоды. Например, из-за разброса параметров между разными партиями динамиков. Поэтому, если и делать что-то на основе этих данных, то только закрытый ящик, более сложные виды оформления требуют точного расчета.

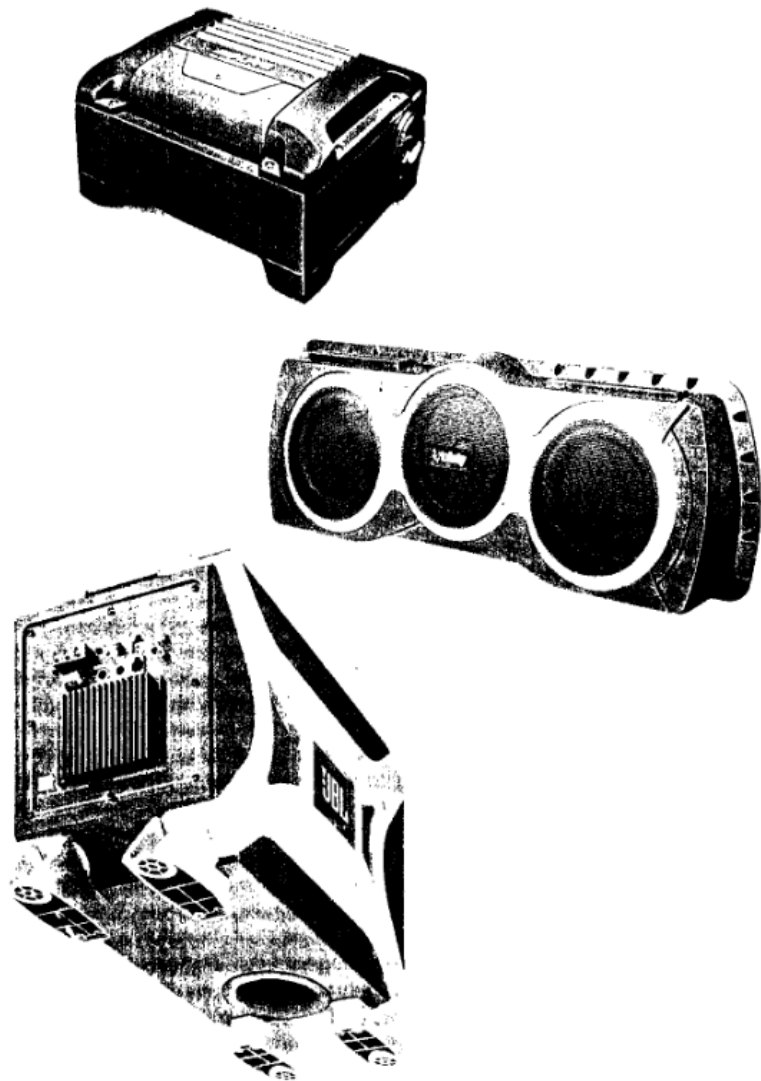


Рис. 1.13. Активные сабвуферы

Готовые корпусные сабвуферы пользуются большой популярностью, причины которой очевидны из названия. Если сабвуфер активный, то есть содержит внутри себя усилитель мощности, то его подключение занимает совсем немного времени и сил. Довольно часто для подключения даже не протягивают дополнительный межблочный кабель от головного устройства (у которого может и не быть линейных выходов, так часто бывает в случае штатных магнитол и CD-ресиверов), вместо этого сигнал подают от тыловых громкоговорителей на вход высокого уровня. Разумеется, в активном сабвуфере последние должны присутствовать. Как правило, они есть, так же, как фильтр нижних частот и «бас-буст», но лучше не забыть это проверить.

Известно, из трех слов — быстро, хорошо и дешево — одновременно могут встречаться только два. Корпусной сабвуфер — это всегда «быстро». Дальше приходится выбирать между ценой и качеством. Недорогие изделия часто бывают небольших размеров и имеют эффектный внешний вид, чтобы привлечь внимание покупателей. При этом ради снижения габаритов используют головки небольшого калибра, помещенные в акустическое оформление как можно меньшего объема. В силу законов акустики получить глубокий и «ровный» бас можно только ценой низкой чувствительности. Потребуется более мощный усилитель. Если он встроенный, это приведет к увеличению себестоимости. Да и возможность маленьких головок рассеивать высокую мощность небезгранична. Поэтому производители идут другим путем и рассчитывают акустическое оформление таким образом, чтобы, пожертвовав нижним басом, получить как можно более высокую отдачу на более высоких частотах (от 50...60 Гц и выше). В результате звук получается громкий, но часто откровенно бубнящий на одной или нескольких нотах. Для несложных (если не сказать — примитивных) жанров это еще годится, но как только музыкальный кругозор владельца начинает расширяться, вопрос о замене таких сабвуферов возникает одним из первых.

Готовые сабвуферы, которые меломаны уже могут воспринимать всерьез, по цене начинаются примерно от 150...200 у. е., в случае наличия встроенного усилителя стартовая цена повышается примерно до двухсот. Как правило, корпуса приобретают вполне традиционный вид ящика с одной из стенок, скошенной под стандартным углом наклона задней спинки сиденья. Поэтому и вариант расположения оказывается один — наклонной гранью к спинке сиденья. Материалы корпусов теряют всякую «модность», зато стенки, изготовленные из МДФ или ДСП, получаются существенно более прочными и «глухими» по сравнению, например, с пластмассой. Звучание таких сабвуферов также будет более «традиционным», ближе к привычным представлениям о high fidelity.

Калибр динамика и объем корпуса лучше выбирать, исходя из того, насколько допустимо максимально уменьшить объем багажника. Скажем так, десятидюймовой головки в закрытом ящике многим будет вполне достаточно, а «двенашка», особенно в оформлении фазоинвертора, справится и со спецэффектами кинофильмов. В последнем случае лучше не использовать активных сабвуферов, потому что возможностей их встроенных усилителей будет наверняка недостаточно. Вообще, по мере роста цены пассивные сабвуферы начинают преобладать. Начиная же с определенного уровня цен (порядка 500 у. е.) многие предпочитают не покупать готовые изделия, а заказывать их в установочных студиях.

Усилители

Четырехканальные усилители

Это наиболее распространенный тип автомобильных усилителей. Пожалуй, в половине автомобильных аудиосистем с внешним усилителем используется именно четырехканальник.

Наиболее доступная ценовая категория — до 200 у. е. Эксперименты и технический авангард в этой категории аппаратуры экономически неуместны, здесь приживаются только проверенные и хорошо зарекомендовавшие себя конструкторские решения. Разумеется, усилители этой ценовой категории не потрясут показателями выходной мощности. Нормальная компонентная акустика выдерживает примерно 50 Вт RMS, коаксиальная — и того меньше. Конечно, необходим запас: усилитель никогда не должен доходить до клиппирования. Кроме того, у музыкального сигнала пик-фактор (отношение пиковой мощности к среднеквадратичной, то есть RMS) не меньше двух. Честные 60...90 Вт RMS, это совсем не 40...50 Вт, написанных на головных устройствах.

Внешние усилители по определению обладают качественно иными возможностями, да и звуковой почерк у них тоже отличается в лучшую сторону. Так что для нормального применения мощностей будет достаточно. По крайней мере, для работы с фронтом и тылом. Но это лишь один вариант использования четырехканальников, не самый употребительный. Чаше два канала работают с акустикой фронта, а два оставшихся нагружены мостом на сабвуфер. То, что именно такое включение для бюджетных усилителей будет основным и наиболее вероятным, считают и производители. Именно для такого использования предназначены аппараты, где в одной паре каналов только фильтры ВЧ (НР), а в другой — только НЧ (LP). Однако чтобы автомо-

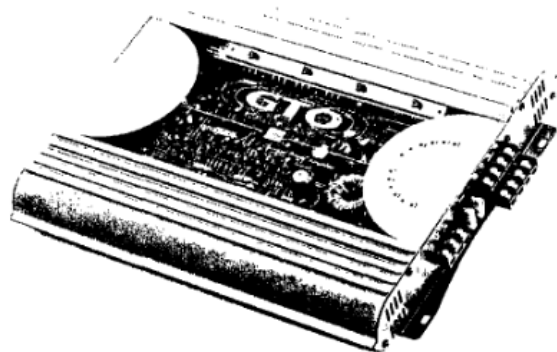
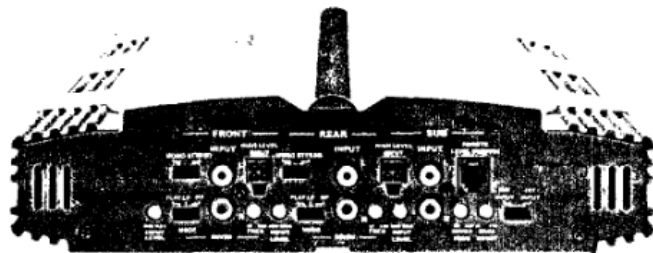


Рис. 1.14. Усилители

бильная аудиосистема имела перспективы развития, лучше, чтобы в усилителе был полный комплект фильтров.

Для тех сабвуферов, которые чаще всего используют в бюджетных установках, достаточно, чтобы усилитель выдавал мощность 200 Вт. Такую же мощность в мостовом включении развивает большинство недорогих четырехканальников. Однако если сабвуфер планируется ставить компактный, то чувствительность его будет невысокой. В этом случае неплохо бы иметь в сабвуферном канале не 200, а 300 Вт. Такую мощность развивают не все усилители этой ценовой категории.

Другой вариант подключения, для которого часто используют четырехканальные усилители, называют би-ампингом, или поканаль-

ным усилением. Для этого применения недорогие модели подходят хорошо, но нужно обратить внимание, чтобы кроссовер позволял установить частоту раздела хотя бы 3...4 кГц, что встречается нечасто. В этом варианте использования особенно желательно, чтобы усилитель мог работать с двумя входами или чтобы у него была пара линейных выходов. Входы высокого уровня, подтональный фильтр (subsonic) и дистанционный регулятор усиления опции полезные, но не столь необходимые.

Технические характеристики, такие как диапазон воспроизводимых частот и коэффициент нелинейных искажений, уже давно достигли таких высоких значений, что на них можно не обращать внимания. По крайней мере, предсказать по ним качество звучания нет никакой возможности.

Из недостатков бюджетных четырехканальных усилителей следует отметить два. Из-за компактности корпуса не удастся полностью устранить влияние одного канала на другой. Эта характеристика называется переходным затуханием и может быть критичной при поканальном усилении. А для стандартной схемы «фронт плюс сабвуфер» важно то, что используется общий преобразователь напряжения на все каналы. От того, насколько хорошо он выполнен, зависит, как будут воспроизводиться звуки, играющие одновременно с басом. Эти характеристики по инструкциям оценить невозможно, но нужно помнить, что на блоке питания недорогих усилителей производители часто экономят.

Чем отличаются более дорогие модели? На первый взгляд разницу в цене в два и более раза объяснить сложно. Мощность остается примерно той же, 50...100 Вт (RMS) на канал. Но, например, при мостовом включении каналов на одну и ту же нагрузку она теоретически должна учетверяться. Практически же у дешевых усилителей мощность возрастает меньше, в два-три раза. У тех, что подороже, зависимость ближе к теоретической. Это, в первую очередь, свидетельствует о качестве блока питания. На слух это будет выражаться в более четком воспроизведении звуков, особенно на повышенных уровнях громкости и в присутствии мощных басовых ударов, к которым многие слушатели чрезвычайно неравнодушны. Кроме того, общее качество исполнения, особенно по части используемых радиоэлементов, будет выше. Но это трудно оценить какими-либо формальными критериями.

А вот оценить кроссовер и другие возможности обработки звука вполне возможно, если внимательно подойти к этому вопросу. Как правило, у усилителей более высокой ценовой категории кроссовер позволяет менять частоту среза в более широких пределах. Это имеет определяющее значение при использовании поканального усиления, особенно когда пищалки включаются через отдельный канал. Второе

отличие — большая крутизна фильтра сабвуфера. Большинство специалистов сходятся на том, что для сабвуфера лучше всего использовать фильтр низких частот 4-го порядка. В этом случае проще избежать эффекта заднего баса. В дешевых же моделях используются фильтры, которые не всегда можно отнести даже ко второму порядку. Из других возможностей «кроссоверной» части стоит обратить внимание на то, как реализован «бас-буст». Он присутствует почти всегда, но в простых усилителях это может быть фиксированный подъем уровня сигнала на какой-то одной частоте, чаще всего около 40 Гц. Вот если же регулируется как частота подъема, так и его уровень, это уже не просто «бас-буст», а почти параметрический эквалайзер (чтобы он стал настоящим параметриком, должна еще изменяться ширина полосы регулировки). Неравномерность АЧХ в области низких частот есть практически всегда. Поэтому возможность повлиять на них никогда не бывает лишней.

Двухканальные усилители

Это тоже очень распространенный тип автомобильных усилителей. Их можно встретить как в машине начинающего любителя автозвука, купившего свой первый автомобильный усилитель вообще, так и в «боевой» машине, выступающей в финале международных соревнований по автозвуку. По сравнению с предыдущими, у двухканальных усилителей существует несколько преимуществ.

Во-первых, большая гибкость в размещении. Четырехканальные усилители чаще всего размещают в багажнике, ближе к сабвуферу. Если одна пара каналов работает на фронтальную акустику, то приходится тянуть через весь салон длинные межблочные кабели от головного устройства плюс еще такой же длины — кабели от усилителя к динамикам. При использовании же двухканального усилителя его можно разместить в передней части салона и за счет этого избежать лишних затрат как на сами провода, так и на работу по их прокладке.

Во-вторых, у двухканального усилителя по понятным причинам отсутствует влияние одной пары каналов на другую.

В-третьих, двухканальный усилитель можно точнее подобрать для выполнения поставленной перед ним задачи. За счет этого можно выбрать усилитель, более специализированный как по мощностным параметрам, так и по функциональным возможностям — в первую очередь кроссовера.

Недостатки таких усилителей являются продолжением их достоинств. Один четырехканальный усилитель будет дешевле пары двухканальных аналогичного уровня, поскольку нужно в два раза больше корпусов и блоков питания, а они составляют большую часть себестоимости.

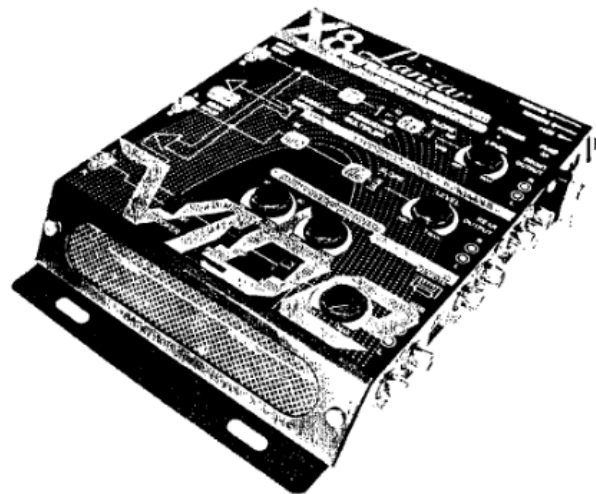


Рис. 1.15. Активный кроссовер

Для двухканальных усилителей начальной ценовой категорией можно считать 200 у. е. Такие устройства производители стараются сделать достаточно универсальными, пригодными как для использования с фронтальной акустикой, так и с сабвуфером. Из-за жестких ограничений по себестоимости такие усилители не могут похвастаться особо качественными компонентами или, например, богатыми возможностями настройки кроссовера. Как правило, присутствует фильтр низких/высоких частот, обеспечивающий плавную настройку частоты среза в диапазоне 60...120 Гц. В случае использования усилителя для работы с передней АС без сабвуфера фильтры обычно отключают. Бас-буст есть в большинстве случаев, но чаще всего с фиксированным подъемом уровня на определенной частоте. Как уже отмечалось, если регулировка плавная — это большой плюс. Для сабвуферов, особенно в оформлении фазоинвертора, полезно, когда в усилителе есть фильтр, ограничивающий самые низкие частоты, — сабсоник.

Если вы собираетесь строить несложную систему без особых изысков, то перечисленных возможностей будет достаточно. Для более сложных установок, в которых, например, один двухканальный усилитель работает на СЧ-динамики в трехполосной фронтальной АС, могут потребоваться дополнительные режимы или диапазоны регулировки. В упомянутом случае кроссовер должен позволять организовать

не просто ФНЧ или ФВЧ, а фильтр, который не просто ограничивает низкие или высокие частоты, а пропускает их строго в определенной полосе, ограниченной по частоте как сверху, так и снизу. Такой фильтр называют полосовым, по своей структуре он представляет собой ФНЧ и ФВЧ, включенные последовательно. Понятно, что два фильтра обходятся дороже, чем один, поэтому в недорогих усилителях встречаются редко. Другим отличием может быть возможность работы на два сабвуфера одновременно, когда один подключен к правому каналу, а другой — к левому. Конечно, дешевые усилители тоже можно так использовать, но несмотря на близкую по значению заявленную мощность работать на такую «прожорливую» нагрузку они будут неважно.

Следует также отметить, что по мере повышения стоимости усилителей прослеживается четкая тенденция к их специализации. Одни явно ориентированы на то, чтобы воспроизводить диапазон от баса до средних частот. Они наверняка будут обладать приличным запасом мощности, а также развитыми кроссоверами, в частности, с упомянутым выше полосовым фильтром. Другие, разработанные для воспроизведения средневысокой части звукового диапазона, мощность могут иметь относительно небольшую, но при этом обеспечивать прекрасное звучание за счет применения «хорошо звучащих» электронных компонентов и схемных решений. Кроссовер в таком случае наверняка будет позволять выбирать высокие частоты среза фильтров, поскольку в самых серьезных установках такие усилители иногда используют только для одних ВЧ-излучателей.

Многоканальные усилители

Эти устройства используют для того, чтобы за относительно небольшие деньги раз и навсегда решить вопрос усилителей в машине. Чаще всего многоканальные усилители бывают шестиканальными, но два из них предназначены прежде всего для работы в мостовом режиме на сабвуфер. Иногда выходы этих двух каналов даже не выводят наружу, а объединяют в один внутри корпуса. Поэтому «теоретически» шестиканальный усилитель с точки зрения пользователя оказывается пятиканальным. В большинстве случаев это удобно. Остальные четыре выхода, как правило, используют пополам, два для фронтальной и два для тыловой акустики. Безусловно, можно реализовать точно такую же аудиосистему, собрав ее с использованием двух- и четырехканальных усилителей, описанных выше. Более того, за счет отдельных корпусов и источников питания качество такой системы будет даже выше. Но если сравнить общую цену «малоканальных» усилителей, дополнительных кабелей, а также прибавить разницу стоимости уста-

новки, то один многоканальный усилитель будет и сам по себе дешевле, и установить его проще.

Критерии выбора таких усилителей мало отличаются от уже описанных. Единственное, на что стоит обратить особое внимание — количество источников питания внутри корпуса. Лучше, когда их два, один для широкополосных каналов, другой для «сабвуферных». Выяснить это можно по числу клемм для подключения к автомобильной бортовой сети (+12, «масса» и управляющий провод), а также силовых предохранителей. Нетрудно догадаться, что двойное их количество соответствует двум преобразователям.

Сабвуферные моноблоки

Все рассмотренные до сих пор усилители были хоть и с оговорками, но все же универсальными. Та их часть, которая собственно усиливает звуковой сигнал, не так уж принципиально отличается от разработок двадцати-тридцатилетней давности, когда были изобретены и опробованы все основные схемные решения и режимы работы транзисторных усилителей. Сейчас же речь пойдет об узкоспециализированных устройствах, предназначенных исключительно для воспроизведения низких частот.

Задача одноканального сабвуферного усилителя — дать мощности столько, сколько может понадобиться современному сабвуферу. Причем мощности сабвуферных головок растут, а чувствительность падает, поскольку находится в обратной пропорции к объему акустического оформления. Кроме того, нижняя граничная частота, воспроизводимая сабвуферами, постоянно снижается, особенно это актуально для «кинотеатральных» спецэффектов. В результате требуемые от сабвуферного усилителя мощности становятся такими, что удобнее выделить их в виде отдельного устройства.

В чем основное отличие специализированных басовых усилителей? Самое главное — это широкое использование класса D, то есть усилителей с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). У импульсных усилителей для работы только в басовом канале есть серьезные преимущества перед обычными. Для басового усилителя самое главное — мощность и КПД. По этим двум параметрам импульсные усилители безоговорочно выигрывают. Если для традиционных усилителей КПД составляет 50...60%, то для «цифровых» эта величина будет примерно 80%. Чаще, правда, указывают 90...95%, но такое значение достигается не во всех режимах работы (это как расход топлива для скорости 90 км/ч). Таким образом, при выходной мощности 400 Вт «цифровой» усилитель будет рассеивать в виде тепла примерно 100 Вт, а «обычный» — 300...400 Вт. Поэтому огромная выходная

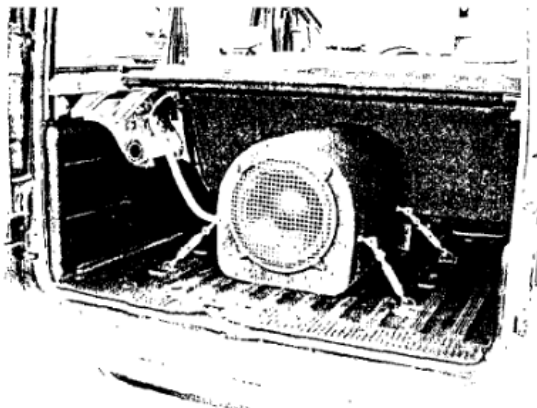
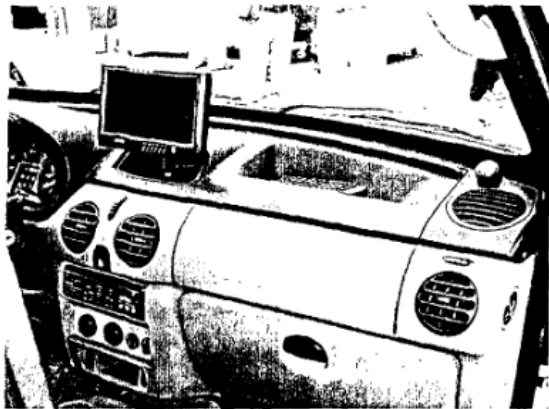


Рис. 1.16. Примеры компоновки

Кроме мощности и КПД, басовый моноблок должен обладать раз-
витыми дополнительными возможностями, относящимися к низкоча-
стотному диапазону. Прежде всего, фильтры. Частотный диапазон,
как минимум, от 60 до 130 Гц, крутизна для сабвуферных ФНЧ жела-
тельна не менее 4-го порядка (24 дБ/октаву). Регулируемый бас-буст
и фильтр-сабсоник для коррекции нижней части звукового диапазона
можно считать совершенно необходимыми для сабвуферного моно-
блока. Учитывая ценовую категорию, в системе обязательно будут
присутствовать и другие усилители. Поэтому наличие линейного вы-
хода в басовом усилителе если не обязательно, то очень полезно. Вы-
ходов обычно делают два, потому что эти устройства позволяют под-
ключать очень низкоомную нагрузку — 1 Ом, а то и меньше. Поэтому
к одному моноблоку часто подключают пару сабвуферных головок па-
раллельно либо параллельно же соединяют две обмотки динамика с
двумя обмотками (такие встречаются довольно часто).

Соединительные кабели и клеммы

Провода не умеют издавать звуков, а контакты — демонстрировать
видеоизображение. Более того, в процессе эксплуатации их вообще
незаметно. Тем не менее, от надежности всех соединений зависит
полноценная работа всей системы, а иногда и безопасность автомоби-
ля в целом. Велик соблазн на чем-нибудь сэкономить. В том числе на
стоимости работы по монтажу. Этим сплошь и рядом пользуются не
слишком старательные установщики, поскольку криво прикрученный
динамик заметить легко, а халтурно выполненную разводку можно
спрятать под коврик.

Самая распространенная ошибка — это излишняя экономия на
проводах, когда для подключения усилителей и АС используют те,
что входят в комплект. В большинстве случаев они имеют слишком
маленькое сечение. На пиках громкости ток, потребляемый усилите-
лем, может достигать десятков ампер, и хотя сам провод, конечно, не
расплавится, но вызовет нежелательное падение напряжения на вход-
ных клеммах. Поэтому для силовой проводки самым разумным будет
купить установочный комплект, куда входит как сам провод, так и все
остальное, необходимое в установке.

В первую очередь, это качественный держатель предохранителя
«колба». В отличие от штатного электрооборудования автомобиля,
где обычно используют «флажковые» предохранители, рассчитанные
на максимальный ток 30 А, для автомобильной аудиотехники требу-
ются большие значения токов. Поэтому стандартными являются пре-
дохранители, выполненные в виде стеклянной трубки, похожие на те,

мощность усилителей класса D сочетается с корпусом весьма умерен-
ного размера.

Недостатки же, связанные с «импульсной природой» выходного
сигнала, — несколько повышенные нелинейные искажения и шумы,
проявляются на средних и высоких частотах, которые сабвуферы, как
известно, не воспроизводят.

что ставят в домашние электроприборы, только большего размера. Они выпускаются на токи до 60 А, чего в большинстве случаев достаточно. Предохранитель, как известно, устанавливают в том же отсеке, где находится аккумулятор, чтобы провод проходил через перегородки кузова уже после предохранителя. Поскольку АКБ обычно находится под капотом, то и держатель, соответственно, тоже там. Герметичный корпус «колбы» гораздо лучше противостоит внешним воздействиям, чем держатель обычного «флажкового» предохранителя, значит, вероятность нарушения контакта будет ниже.

Силовой провод от аккумулятора до потребителей должен снаружи иметь дополнительную изоляцию, причем не только в подкапотном пространстве, но и в салоне. Удобнее всего для этого использовать специальный гофр. Он похож на гофрированную трубу, которую применяют для электромонтажных работ в домах, но отличается от нее наличием разреза по всей длине. Это существенно облегчает процесс монтажа. Защитный гофр также входит в установочные наборы.

Покупатель даже избавлен от необходимости рассчитывать сечение силового провода — на упаковке просто указана максимальная мощность подключаемых потребителей. Если, например, усилителей будет несколько, нужно просуммировать их мощности, исходя из чего выбирать комплект. Его провод и предохранитель используются для соединения аккумулятора с распределительной клеммой («дистрибутором»), откуда до каждого потребителя идет отдельный провод, более тонкий. Дистрибутор выбирают исходя из количества потребителей, сечения силовых проводов, а также удобства монтажа. Обычно одно из гнезд, куда присоединяется провод, идущий от АКБ, делается большего сечения.

Отдельно нужно позаботиться о качественных клеммах для самого аккумулятора. Обычные свинцовые или силуминовые имеют только одно преимущество — стоят дешево. Но даже безотносительно звука такие клеммы постоянно доставляют неудобства. Свинцовые нужно периодически чистить, кроме того, со временем они «текут», так что их не удастся прочно затянуть на клемме батареи. Силуминовые же отличаются повышенной хрупкостью и норовят треснуть в самый неподходящий момент. Хороший контакт полезен и для обычного электрооборудования машины, особенно для полноценного заряда батареи и при зимних запусках. Поэтому, даже не планируя установку дорогой аудиосистемы, есть смысл потратить 20...30 у. е. на качественные «автосвуковые» клеммы.

Плюсовой провод — это только половина всей цепи питания. Вторую половину пути ток протекает большей частью по кузову автомобиля. В тех же местах, где «масса» соединяется с потребителями или минусовой клеммой АКБ, чаще всего и возникает неприятности,

знакомые всем автолюбителям без исключения: то задние фонари изображают «цветомузыку», то электробензонасос вдруг перестает создавать нужное давление. Применительно к автомобильному аудио плохой контакт с корпусом приводит, кроме искажений, связанных с недостаточным напряжением (взять хотя бы набившее оскомину мигание дисплея плохо присоединенных магнитол), к возникновению дополнительных шумов и помех, обычно вызванных появлением нежелательной наводки на вход усилителя. Поэтому все силовые «земли», включая провод от «минуса» аккумулятора к кузову и двигателю, нужно соединять через клеммы, за свою характерную форму получившие прозвище «лапоть». Их поверхность, контактирующая с металлом автомобиля, имеет большую площадь (1...2 см²), что обеспечивает надежный контакт.

Качественные клеммы для силового проводки изготавливают путем литья из бронзы, после чего покрывают сверху золотом. Разумеется, золото используют не для красоты, а потому что оно обеспечивает хороший контакт и не окисляется. В продаже встречаются клеммы, приобретения которых лучше избегать. Они тоже позолоченные, но изготовлены из цинкового сплава. От бронзовых отличить их можно по меньшему весу и цене. Поскольку цинк химически очень активен, любое повреждение золотого покрытия приводит к быстрому разрушению клеммы. Другие клеммы изготовлены из бронзы, меди или латуни, но без внешнего покрытия. Поверхность таких клемм быстро покрывается окислами меди (патиной), и нормальный контакт нарушается.

Как уже упоминалось выше, провода, которыми комплектуют акустические системы, лучше сразу отложить для каких-нибудь других применений. Вместо них стоит приобрести специальные провода, предназначенные именно для автомобильных акустических систем. Во-первых, они изготовлены из бескислородной меди (OFC), через которую звуковой сигнал почему-то передается лучше, чем через обычную. Во-вторых, что самое важное, изоляция гарантированно выдержит жесткие условия эксплуатации в автомобиле. Именно поэтому не стоит рисковать и применять провода, рассчитанные для домашних аудиосистем. Сечение проводов для широкополосной акустики разумно взять 1,5...2,5 мм², для сабвуферов — 4 мм².

При выборе межкомпонентных кабелей, соединяющих линейные выходы и входы устройств, следует руководствоваться примерно теми же соображениями разумной достаточности. Прежде всего — хорошая изоляция, затем — надежный контакт. Самым слабым местом, учитывая реалии российских дорог, являются разъемы типа RCA («тюльпаны»). Внешний контакт (общий провод) должен быть цангового типа, со спиральными прорезями — такие обеспечивают постоянное давле-

ние на ответную часть разъема, поэтому меньше склонны разбалтываться. Место входа провода должно быть выполнено таким образом, чтобы кабель и разъем представляли собой единое целое, без взаимного смещения и возможности резкого перегиба. При прокладке кабеля нигде не должен натягиваться, особенно в непосредственной близости от места подключения. Поэтому длину стоит взять с небольшим запасом (шаг длины автомобильных кабелей — метр, можно округлить до ближайшего большего значения).

Расстояние между соединяемыми компонентами, как правило, несколько метров, а уровень передаваемого сигнала невелик, поэтому особое внимание уделяют борьбе с помехами. Поэтому все межкомпонентные кабели для автомобиля всегда делают экранированными. Встречается даже экранирование в два слоя, хотя второй особого влияния не оказывает, при этом увеличивая толщину кабеля, что не очень удобно при монтаже. Экран для большей помехозащищенности часто соединяют с общим проводом только с одной стороны, в этом случае на кабеле нарисованы стрелки, которые должны соответствовать направлению от источника сигнала к приемнику. В случае неправильного подключения уровень помех, скорей всего, возрастет. Многое зависит от того, где располагаются провода в салоне. Основное правило таково, что межкомпонентные кабели нужно прокладывать как можно дальше от жгутов штатной электропроводки. Остальные провода, от усилителя к АС и от аккумулятора к клеммам питания, менее подвержены воздействию помех, поэтому могут проходить по соседству с другими электроцепями.

Стоимость неплохих межкомпонентных кабелей составляет 20...30 у. е. за шестиметровую стереопару. Дальнейший рост цены больше связан, скорее, с «метафизическим» влиянием проводов на качество звучания, которое в обычных автомобильных системах заметно далеко не всегда.

Глава 2. Предварительные усилители

А. Шихатов

г. Москв

В последнее время в радиолубительской литературе много внимания уделяется схемотехнике и конструкции усилителей мощности звуковой частоты (УМЗЧ). Однако предварительные усилители вносят не менее важный вклад в звучание аудиокomплекса. Так, входное сопротивление усилителей мощности обычно невелико (5...10 кОм), поэтому источник сигнала излишне нагружается, что может привести к появлению частотных и нелинейных искажений. Чувствительность УМЗЧ не стандартизована и составляет, как правило, 1...2,5 В. Это не позволяет получить полную мощность от источников со стандартным выходным напряжением (500 мВ). Поэтому предварительный усилитель, как минимум, должен обеспечить оптимальное согласование входного сопротивления усилителя мощности с выходным сопротивлением источников и согласование уровня сигнала. Кроме того, в составе радиокomплекса необходим коммутатор источников сигнала и, в некоторых случаях, корректор АЧХ для проигрывателя грампластинок. В настоящей статье предпринята попытка нарисовать обобщенный портрет высококачественного предварительного усилителя, что поможет начинающим конструкторам.

В состав предусилителя могут входить следующие устройства:

- селектор входов;
- селектор выходов;
- регулятор громкости;
- цепи тонкомпенсации;
- регулятор баланса;
- регуляторы тембра;
- каскады линейного усиления;
- буферные каскады (повторители);
- корректирующие усилители.

Необходимость применения тех или иных узлов конструктор решает сам, в зависимости от стоящей перед ним задачи. Некоторые схемы 20—40-летней давности сейчас рождаются заново. Тогда была масса оригинальных и изящных решений, о которых забыли после перехода на функциональную схемотехнику и специализированные микросхемы. Творчество заменили бездумным соединением типовых

блоков. Если вместо двух транзисторов ту же задачу выполняют два—три десятка, что останется от звука?

Предварительные усилители могут быть составной частью интегрированных усилителей или выполняются в виде отдельного блока для работы с внешним усилителем мощности. С распространением минималистских концепций звукового тракта получили распространение *пассивные предусилители*. Термин — не совсем удачная калька с английского *passive preamplifier*. В данном случае это «усилитель, который ничего не усиливает». В состав такого устройства входит потенциометрический регулятор громкости (иногда с мотор-редуктором для дистанционного управления) и коммутатор источников сигнала. Источник питания используется только для схем управления и индикации. В самых бескомпромиссных конструкциях и эти элементы отсутствуют.

Для питания предварительных усилителей используется стабилизированный источник питания. В интегральных усилителях высокого класса для питания каскадов предварительного усиления нередко используется отдельный силовой трансформатор. Это устраняет влияние усилителя мощности. В независимых предусилителях для снижения уровня помех иногда источник питания выполняется в виде отдельного блока. В «особо тяжелых» случаях используется батарейное питание.

Для внешних соединений используют разъемы RCA («тюльпаны»). Они обеспечивают надежный контакт и хорошую экранировку. В самых дорогих устройствах применяют профессиональные соединители XLR («канон»). Хотя они разработаны для симметричных (балансных) линий, в любительских конструкциях их с успехом можно использовать и для обычных линий. Для повышения надежности контакта применяется покрытие разъемов золотом, родием или палладием.

Разъемы DIN (их отечественный вариант — СШ5/СГ5) в высококачественной аппаратуре применяются редко из-за малого переходного затухания между стереоканалами и ненадежного контакта. Они встречаются только в аппаратуре европейских производителей в качестве дополнительных. Для оперативного подключения портативной аппаратуры иногда на передней панели устанавливают малогабаритные гнезда диаметром 3,5 мм (*jack*).

Коммутаторы

Если к усилителю подключается несколько источников сигнала, для их оперативного выбора необходим селектор входов. Как правило, сигнал выбранного входа поступает также на дополнительный выход, предназначенный для подключения устройства звукозаписи. Комму-

тация этого устройства обычно производится независимыми органами управления (*tape/monitor*). Если магнитофон имеет сквозной канал, это позволяет сравнивать оригинал и копию в процессе записи.

В некоторых конструкциях выбор сигнала для записи производится отдельным селектором или даже двумя селекторами. Это расширяет возможности коммутации: можно записывать сигнал одного источника с одновременным прослушиванием другого или производить перезапись с одного магнитофона на другой в любом направлении. Во многих усилителях имеется функция прямого подключения *source direct*. Сигнал выбранного источника, минуя промежуточные каскады, подается через регулятор громкости непосредственно на вход УМЗЧ. Укорочение звукового тракта снижает вносимые предусилителем искажения.

Входное сопротивление и чувствительность линейных входов стандартизованы и составляют не менее 47 кОм и 500 мВ соответственно. Тем не менее многие промышленные усилители имеют более высокую чувствительность (до 150 мВ), а входное сопротивление может иметь величину от 20 до 100 кОм. Выходное напряжение CD-проигрывателей достигает 2 В, поэтому для них нередко предусматриваются специальные входы.

В некоторых усилителях имеются входы разной чувствительности, в этом случае сигналы от разных источников приводят к общему уровню делителями сигнала. Иногда для этой цели используют отдельные регуляторы чувствительности, выведенные «под шлиц» на заднюю панель усилителя. В таких случаях в составе коммутатора может быть дополнительный линейный усилитель, формирующий сигнал стандартного уровня для линейного выхода записи.

В селекторах могут использоваться механические переключатели, реле или электронные коммутаторы (в том числе с управлением от микропроцессора). Недостаток электронных коммутаторов — нелинейные искажения и шумы. Хотя величина их достаточно мала, в аппаратуре высокого класса они применяются редко именно по этой причине. Основная область их применения — музыкальные центры и портативная аппаратура.

Наибольшее распространение получили пассивные (контактные) коммутаторы. В усилителях зарубежного производства чаще всего применяются галетные либо кнопочные переключатели (аналогичные отечественным П2К, но более высокого качества). Для снижения уровня помех элементы коммутации размещают в непосредственной близости от разъемов, нередко в отдельном экранированном блоке. Для привода переключателей используют длинные толкатели или оси.

Удобно использовать электромагнитные реле или дистанционные переключатели, позволяющие реализовать электронное управление.

На рис. 2.1 приведена схема одного канала простейшего коммутатора, рассчитанного на подключение двух источников сигнала и магнитофона.

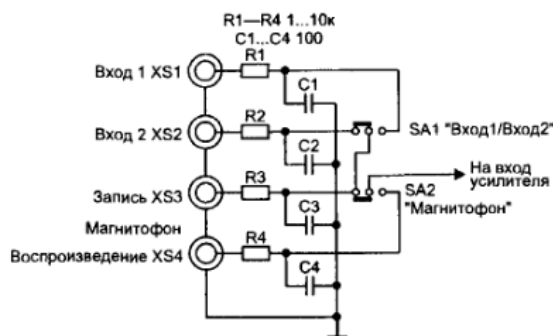


Рис. 2.1. Простейший коммутатор входов

Переключатель SA1 выбирает один из линейных входов (гнезда XS1, XS2), предназначенных для подключения стандартных источников сигнала. Выбранный сигнал поступает далее на усилитель и на магнитофон для записи (гнездо XS3). Приоритетный переключатель SA2 выбирает сигнал магнитофона. Это позволяет контролировать качество сигнала при записи. Если магнитофон не имеет сквозного тракта записи-воспроизведения, в процессе записи будет прослушиваться сигнал, прошедший через универсальный усилитель магнитофона. RC-цепочки защищают входы и выходы от радиочастотных помех.

Недостатком данной схемы является то, что между линейными входами существуют заметные переходные помехи, обусловленные емкостью контактов переключателя SA1. Поэтому неиспользуемый в данный момент источник сигнала следует выключать. Для полного исключения переходных помех неиспользуемые входы следует замыкать на общий провод. В качестве примера такого решения на рис. 2.2 приведена схема более совершенного коммутатора входов.

Коммутатор предназначен для подключения четырех источников сигнала и двух магнитофонов. Он работает аналогично рассмотренному выше. Источники сигнала коммутируются переключателем с зави-

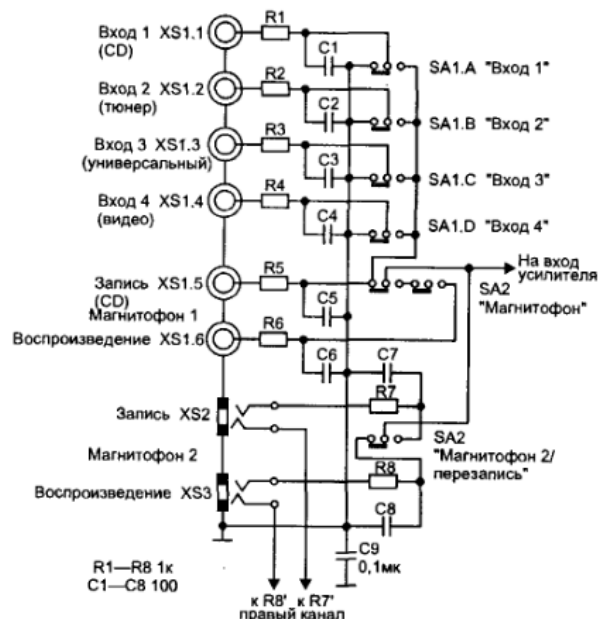


Рис. 2.2. Коммутатор входов

симой фиксацией SA1, переключатели SA2 и SA3 коммутируют сигнал магнитофонов. Резисторы при этом защищают линейные выходы источников от короткого замыкания. Последовательное включение двух групп контактов переключателя SA2 уменьшает паразитную связь между входом и выходом основного магнитофона и снижает риск самовозбуждения в режиме записи. Гнезда XS2, XS3 расположены на передней панели усилителя и предназначены для подключения дополнительного магнитофона или плеера.

Рассмотрение селекторов на этом можно закончить. Главное в их конструкции не схема коммутации, а качество используемых элементов и разводка проводников на печатной плате. Переключатели и реле лучше использовать с позолоченными контактами, а участок платы коммутатора надежно экранировать или вынести в отдельный блок. От конструкции коммутатора зависит уровень помех и переходные затухания между каналами и входами.

Регуляторы громкости и баланса, цепи тонкомпенсации и частотной коррекции

На субъективное восприятие громкости влияет несколько причин:

- средний уровень сигнала;
- пик-фактор (отношение максимального уровня сигнала к минимальному);
- спектральный состав сигнала;
- индивидуальные особенности слуха.

Кроме того, уровень записи различных программ может заметно отличаться. Поэтому регулятор уровня (громкости) сигнала есть в любом усилителе. В то же время однозначного ответа на вопрос — «нужны ли регуляторы тембра?» — до сих пор нет.

Из физиологии слуха известно, что при снижении уровня громкости человек хуже воспринимает составляющие звука в областях низких и высоких частот звукового диапазона. Частотно-зависимые (физиологические) регуляторы громкости предназначены для приближения звучания звуковой картины к натуральному и входят в состав многих современных звуковоспроизводящих устройств. Проводимая в таких регуляторах частотная коррекция (тонкомпенсация) состоит в подъеме составляющих высоких и низких частот при малом уровне в соответствии с кривыми равной громкости, что позволяет улучшить субъективно воспринимаемую звуковую картину. При таком подходе, однако, имеется ряд допущений:

- Кривые равной громкости получены статистической обработкой результатов прослушивания синусоидальных сигналов. Восприятие же сложных сигналов отличается от восприятия чистых тонов из-за способности человека выделять слабые сигналы на фоне сильных.
- На практике (в первую очередь, по экономическим соображениям) применяются аппроксимированные кривые равной громкости. При этом исходя из предположения, что тембровая балансировка в процессе звукозаписи проводится при уровне сигнала 90 дБ/фон, что справедливо далеко не всегда.
- Понятие тонального баланса напрямую связано с характером музыкального материала, методом записи, возрастными особенностями слуха и музыкальными предпочтениями как звукорежиссера, так и конкретного слушателя. Не факт, что они совпадут.

Любые корректирующие цепи вносят фазовые искажения, поэтому максималистский подход «хайэнда»: полное исключение частотной коррекции сигнала — несомненно, оправдан. Но лишь немногие слу-

шатели имеют возможность оборудовать специальное помещение для прослушивания и слушать музыку с необходимым уровнем громкости. Рядовой слушатель находится в гораздо худшем положении. Для качественного воспроизведения звука при малой и средней громкости необходима частотная коррекция, хотя бы в виде тонкомпенсации, очевидна.

Тонкомпенсация обычно осуществляется частотно-зависимыми делителями (реже — фильтрами), связанными с регулятором громкости. Наибольшее распространение как в промышленных, так и в любительских конструкциях получил тонкомпенсированный регулятор громкости (ТРГ) на резисторе с одним отводом. Его принципиальный недостаток (впрочем, как и большинства других конструкций) — недостаточная степень коррекции АЧХ в области низших частот при малой громкости. Для лучшего приближения к кривым равной громкости необходимо использовать переменные резисторы с несколькими отводами или выполнять регулятор с распределенной частотной коррекцией на основе многопозиционного переключателя.

Однако совпадение кривых тонкомпенсации с кривыми равной громкости даже у идеально спроектированного ТРГ возможно только при строго определенном коэффициенте передачи всего тракта сигнала от источника до громкоговорителей. Другими словами, уровень громкости, при котором производилась тембровая балансировка в процессе записи, должен достигаться при одном и том же положении регулятора громкости для любого источника сигнала. Отклонение коэффициента передачи от расчетного приводит к нарушению тонального баланса. В блочных устройствах это условие практически никогда не выполняется. Несмотря на принятые стандарты, усилителю домашнего аудиокomплекса приходится работать с источниками сигнала с достаточно большим диапазоном выходных напряжений и АС неизвестной заранее чувствительности. Поэтому всегда предусматривается полное отключение цепей тонкомпенсации (и, как следствие, ей обычно не пользуются именно по причине «несостоятельности»). Схемные решения, в той или иной мере устраняющие недостатки традиционных ТРГ, рассмотрены в литературе [1, 3, 4, 5, 6, 8], а пока сосредоточимся на регуляторах громкости.

Обычно конструктор стоит перед выбором: на каком участке тракта поставить регулятор усиления. Регулятор на входе предварительного усилителя позволяет получить высокую перегрузочную способность, но может ухудшить динамический диапазон «снизу» за счет шумов промежуточных каскадов. Регулятор на входе УМЗЧ свободен от этой проблемы, но увеличивается риск перегрузки предварительных каскадов (ограничение динамического диапазона «сверху»). Что-

бы избежать этих проблем, в некоторых конструкциях высокого класса регулятор усиления разбивается на две секции, одна из которых включается на входе предварительного усилителя, вторая — на входе УМЗЧ.

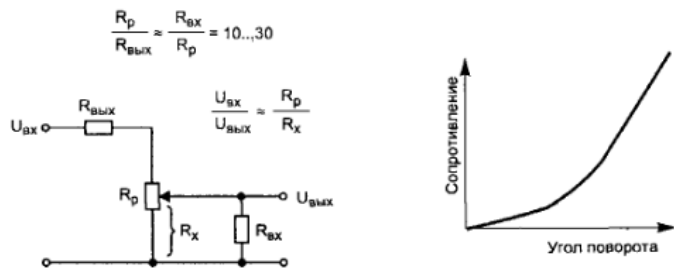


Рис. 2.3. Потенциометрический регулятор громкости

Наибольшее распространение в современной аппаратуре получили пассивные потенциометрические регуляторы громкости (рис. 2.3).

В связи с тем, что характеристика чувствительности слуха близка к логарифмической, для регулирования громкости наиболее удобны регуляторы группы В с показательной зависимостью сопротивления от угла поворота. Для нормальной работы регулятора необходимо, чтобы выходное сопротивление источника сигнала было небольшим, а сопротивление нагрузки — возможно большим. При выполнении этого условия регуляторы можно использовать на входе предварительного усилителя.

Резисторам массовых серий свойственен недостаток — не очень хорошее согласование сопротивлений секций, особенно при малых углах поворота и начальный скачок сопротивления, ограничивающий диапазон регулирования. Поэтому используют и другие решения. В промышленных и любительских конструкциях высокого класса часто используют регуляторы на основе многопозиционных переключателей, позволяющие легко получить нужные характеристики регулирования (включая тонкомпенсацию). Однако стоимость таких узлов заметно выше, чем традиционных переменных резисторов.

Можно также использовать переменный резистор с линейной зависимостью и отводом от середины проводящего слоя, подключив к нему делитель намного меньшего сопротивления (рис. 2.4). В этом случае получается билинейная характеристика регулирования, достаточно хорошо приближающаяся к показательной.

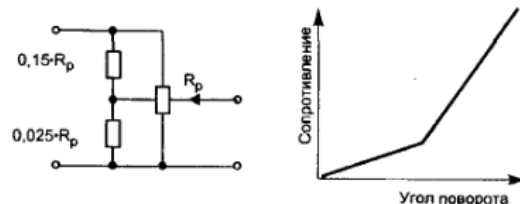


Рис. 2.4. Регулятор громкости с делителем

При отсутствии переменных резисторов с отводом удовлетворительную аппроксимацию экспоненциальной характеристики можно получить и с обычным переменным резистором с линейной зависимостью сопротивления (группа А). Для этого необходимо шунтировать нижнюю часть регулятора резистором (рис. 2.5, а) или подавать входной сигнал на движок регулятора (рис. 2.5, б).

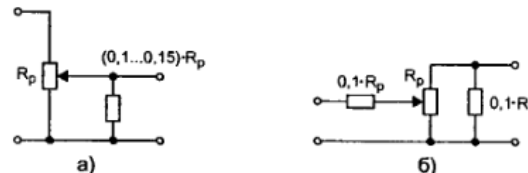


Рис. 2.5. Регуляторы громкости с линейным переменным резистором

Недостаток таких регуляторов — значительное изменение входного сопротивления в процессе регулирования, поэтому перед ним необходимо включать буферный каскад.

Другой вариант регулятора громкости с резистором группы А основан на изменении глубины отрицательной обратной связи усиленного каскада. Однако активные регуляторы громкости вносят в сигнал искажения и шумы и поэтому в современной высококачественной аппаратуре практически не используются.

Еще один узел, который можно отнести к регуляторам громкости — каскад оперативного приглушения сигнала (*mute* или «интим»). Он обеспечивает ступенчатое снижение громкости на 15...30 дБ. Помимо прямого назначения его можно использовать для расширения диапазона регулирования громкости и введения дополнительной частотной коррекции. Этот узел может быть выполнен в виде отдельного

каскада или входить в состав регулятора громкости. Пример такого решения приводится далее.

Регулировка баланса в первых стереофонических усилителях производилась при помощи раздельных регуляторов громкости каналов, но это оказалось не слишком удобным. В аппаратуре с общим для двух каналов регулятором громкости появились регуляторы стереобаланса. Их назначение — компенсация разного уровня сигнала по каналам или смещение центра звуковой картины. Современные источники сигнала и усилители обеспечивают высокую степень согласования каналов, поэтому при нахождении слушателя в области зоны максимального стереоэффекта регуляторы баланса не нужны. Тем не менее большинство производителей аппаратуры по непонятной причине (в силу традиции?) продолжает оснащать усилители этим регулятором. Он отсутствует лишь в музыкальных центрах и некоторых усилителях самого высокого класса. Введение этого узла в любительские конструкции я считаю нецелесообразным, поскольку регулировка баланса нужна лишь при воспроизведении грубо разбалансированных записей или заведомо несимметричном расположении АС относительно слушателя, а в такой ситуации нет смысла говорить о качестве звучания.

Регуляторы баланса, как правило, снижают усиление в канале с избыточным уровнем сигнала и не изменяют или незначительно увеличивают уровень в другом канале. В массовой аппаратуре обычно применяют регуляторы баланса, выполненные на одиночном переменном резисторе группы А (рис. 2.6, а). Эти регуляторы просты и надежны, обеспечивают широкие пределы регулировки баланса. Затухание в среднем положении движка составляет всего 3 дБ. Однако у них есть существенный недостаток — довольно заметные переходные помехи между каналами. Это происходит потому, что заземленный движок не полностью перекрывает резистивный слой и по его краю сигнал проникает из канала в канал.

В аппаратуре среднего и высокого класса для регулировки баланса используют двоянные переменные резисторы группы А, одна секция которых включается инверсно. Широкие пределы регулировки баланса в аппаратуре высокого класса излишни. Для уменьшения диапазона регулирования в заземленном плече регулятора устанавливают резисторы (рис. 2.6, б). Может использоваться не только потенциометрическое, но и реостатное включение регуляторов (показано пунктиром). В этом случае роль дополнительных резисторов может играть входное сопротивление следующего каскада. Во многих конструкциях применяют специальные переменные резисторы, в которых половина резистивного слоя заменена металлизацией (рис. 2.6, в). Это исключает за-

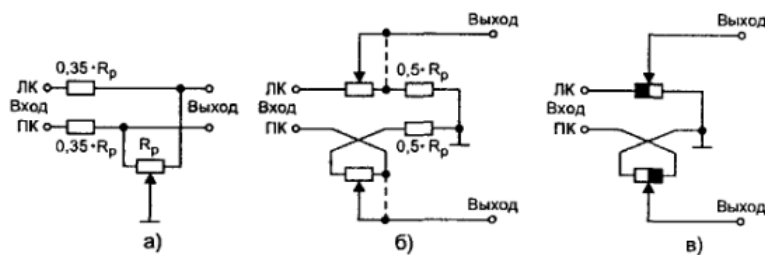


Рис. 2.6. Регуляторы баланса

тухание сигнала в среднем положении регулятора баланса и позволяет несколько упростить конструкцию.

Необходимый диапазон регулировки тембра в аппаратуре высокого качества невелик — не более 6...8 дБ. Регулирование достаточно проводить в двух частотных полосах исключительно для подстройки общего тонального баланса при смене громкости или неидеальной тонкомпенсации. В данном случае речь идет не об исправлении акустических недостатков помещения — для этой цели служат эквалайзеры.

Разработанный английским инженером Баксандамом в 1952 году активный регулятор тембра на долгое время стал самым распространенным частотным корректором в электроакустике. Однако подобные схемы используют глубокую частотно-зависимую ООС и вносят дополнительные искажения в сигнал. Поэтому в современной высококачественной аппаратуре применяют пассивные регуляторы. Несмотря на то, что в области регулирования тембра, казалось бы, все давно уже сказано, многообразие пассивных корректирующих цепей не исчерпывается классическими вариантами. Немало забытых схемотехнических решений переживают сейчас второе рождение на новом качественном уровне.

Следует отметить, что для всех пассивных регуляторов необходимо обеспечить низкое выходное сопротивление предшествующего каскада и высокое входное сопротивление последующего. Отступления от данного условия приводят к расплывчатости и взаимной зависимости регулировок. При отключении пассивного РТ для сохранения коэффициента передачи всего тракта нужно предусмотреть делитель напряжения.

Основной недостаток пассивных РТ — значительное затухание сигнала, соответствующее диапазону регулирования. Но простота конструкции и высокие качественные показатели склоняют конструкторов к использованию пассивных регуляторов тембра. Так как глуби-

на регулирования тембра в современной звуковоспроизводящей аппаратуре невелика, то в ряде случаев вводить в тракт сигнала дополнительные каскады усиления не требуется.

Другой, не столь существенный недостаток состоит в том, что для обеспечения плавного регулирования переменные резисторы должны иметь показательную характеристику (группа В). Впрочем, при диапазоне регулирования 4...10 дБ можно использовать переменные резисторы с линейной зависимостью сопротивления от угла поворота (группа А), но при этом несколько огрубляется регулировка АЧХ на «завал» и растягивается регулировка на «подъем», а плоская АЧХ получается отнюдь не в среднем положении регуляторов. С другой стороны, сопротивление секций двоек переменных резисторов с линейной зависимостью лучше согласовано, что уменьшает рассогласование АЧХ по каналам, так что неравномерное регулирование в этом случае вряд ли можно считать недостатком.

Относительно необходимых технических характеристик регуляторов тембра (РТ) единой позиции нет. В современных условиях требование симметричности регулирования, когда РТ должен обязательно обеспечивать одинаковый подъем и завал АЧХ, можно считать устаревшим. Необходимость в регулировке «на завал» практически не возникает. Если отказаться от симметричного регулирования АЧХ на «подъем» и «завал», то классическую схему можно упростить. На рис. 2.7 приведены два варианта такого регулятора — на основе мостовой схемы (а) и частотно-зависимого делителя напряжения (б) [7].

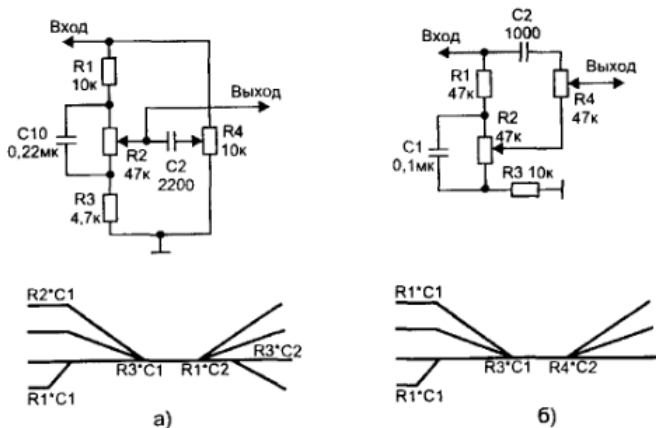


Рис. 2.7. Регулятор тембра

Усилительные каскады

В конструкции промышленных усилителей среднего класса и большинстве любительских разработок широко используют усилительные каскады на операционных усилителях. Недостаток таких схем — использование глубокой ООС, что снижает прозрачность звучания. Однако именно ООС гарантирует хорошую повторяемость, что часто служит решающим аргументом при выборе схемы.

На рис. 2.8 приведена схема одного канала простого предварительного усилителя на основе сдвоенного ОУ КМ551УД2. Эти операционные усилители разработаны специально для звукового диапазона частот и в инвертирующем включении обеспечивают весьма высокое качество звучания. В скобках указаны номера выводов другого канала. Для дальнейшего повышения качества звучания можно использовать ОУ зарубежного производства с соответствующими цепями коррекции: NE4558, NE5534, OPA637.

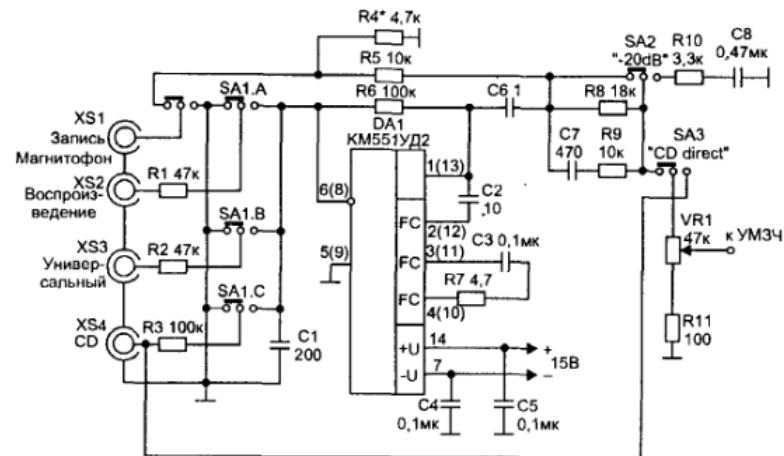


Рис. 2.8. Предварительный усилитель на ОУ

Основное достоинство инвертирующего включения ОУ состоит в том, что сигнал ООС подается на тот же вход, что и сигнал источника. Это значительно повышает перегрузочную способность ОУ и снижает искажения, вносимые входным дифференциальным каскадом. Кроме того, инвертирующее включение ОУ не только повышает качество

звучания, но и позволяет простыми средствами реализовать изменение чувствительности при работе с разными источниками сигнала. Коэффициент передачи равен отношению сопротивления резистора R6 к сопротивлению одного из резисторов R1—R3, соответствующего включенному входу. Для универсального входа и магнитофона чувствительность равна 0,5 В, для входа CD — 1 В. Номинальное выходное напряжение предусилителя 1 В, его можно увеличить до 2...3 В, изменив номинал резистора R6 на 180...270 кОм.

Для выбора источника сигнала используется переключатель SA1 с зависимой фиксацией, при одновременном включении нескольких входов можно микшировать сигналы источников (правда, с фиксированным отношением уровней). Делитель R5R4 нормирует сигнал для записи на магнитофон. Сопоставительный контроль при записи не предусмотрен. Для предотвращения самовозбуждения при выборе магнитофона его линейный вход замыкается на общий провод.

Для уменьшения разбаланса каналов при малой громкости, вызванного начальным скачком сопротивления переменного резистора VR1, в регулятор введен резистор R11. Диапазон регулировки громкости составляет при этом около 50 дБ. Переключатель SA2 уменьшает уровень сигнала на 20 дБ и вводит небольшой подъем АЧХ на краях диапазона, улучшающий качество звучания при малой громкости. Переключатель SA3 «CD direct» позволяет подать сигнал в обход усилителя и цепей коррекции непосредственно на регулятор громкости.

Далее сигнал поступает на усилитель мощности. Его входное сопротивление должно быть не менее 50 кОм. Если это условие не выполняется или предварительный усилитель представляет собой самостоятельную конструкцию, после регулятора громкости нужно установить буферный каскад. Его можно выполнить по аналогичной схеме либо по схеме составного эмиттерного повторителя (рис. 2.9). Его отличие от классической схемы состоит в отсутствии цепей смещения, негативно влияющих на качество звучания. Можно также использовать широко известный «параллельный» выходной каскад.

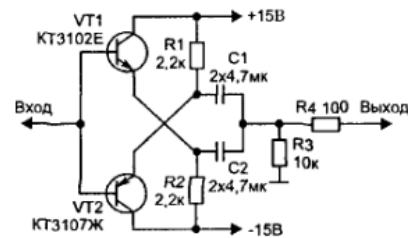


Рис. 2.9. Буферный каскад

Требования к монтажу усилителя обычные — тщательная разводка сигнальных и «земляных» цепей, установка фильтрующих и развязывающих конденсаторов в цепях питания. Конденсаторы коррекции ОУ должны быть установлены как можно ближе к микросхе-

ме. Следует избегать применения в сигнальных цепях оксидных конденсаторов — можно использовать К73-17 или импортные с диэлектрическим слоем из полиэтилентерефталата (майла) или полипропилена. Любителям экзотики можно порекомендовать отечественные слюдяные, бумажные и масляные конденсаторы старых типов.

В некоторых случаях чувствительность УМЗЧ позволяет обойтись без предварительных каскадов усиления. В этом случае функция предусилителя состоит в согласовании импедансов регулятора громкости, источника сигнала и УМЗЧ. На рис. 2.10 приведена схема предварительных каскадов правого канала интегрального усилителя NAD-310. Схема левого канала аналогична, в ней отсутствует индикатор включения HL1, а сопротивление резистора R9 увеличено до 470 Ом.

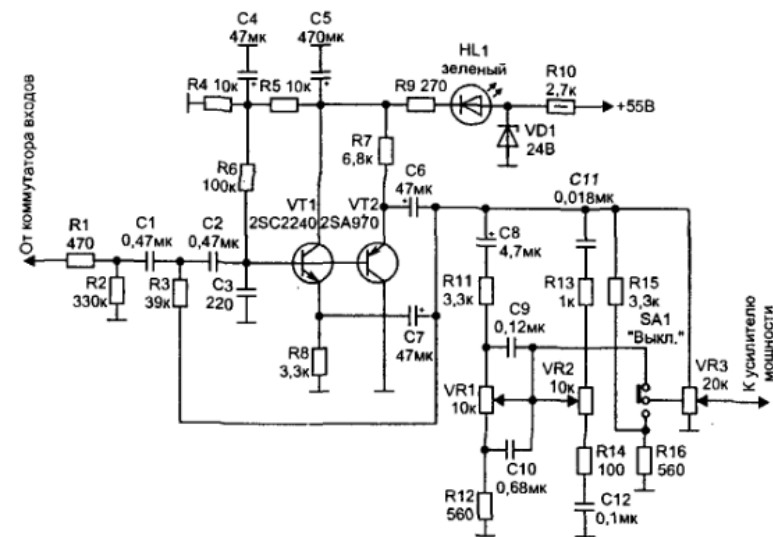


Рис. 2.10. Предварительный усилитель NAD-310

На входе установлен активный ФВЧ 2-го порядка с частотой среза 7 Гц. Фильтр исключает из сигнала инфразвуковые составляющие, не оказывая влияния на АЧХ в звуковом диапазоне частот. Особенность фильтра — двухтактный эмиттерный повторитель на параллельно включенных комплементарных транзисторах VT1, VT2. Оптимальный ток эмиттера каждого транзистора задается независимо резисторами

R7, R8, это нужно иметь в виду при выборе аналогов. Коэффициент передачи каскада практически равен единице.

Сигнал с выхода фильтра поступает на оригинальный узел регуляторов, включающий в себя мостовой регулятор тембра и регулятор громкости. Резистором VR1 регулируется тембр НЧ, VR2 — тембр ВЧ, VR3 — громкость. Выход регулятора тембра подключен к отводу регулятора громкости. Поэтому при нахождении движка VR3 выше отвода регулировка тембра автоматически отключается. Такое решение исключает возможность перегрузки УМЗЧ и не вносит дополнительного затухания сигнала. Переключатель SA1 позволяет отключить регуляторы и установить линейную АЧХ устройства. Для сохранения функциональной характеристики регулятора громкости к отводу вместо регуляторов подключается делитель R15—R16.

Питается усилитель от общего с УМЗЧ блока питания через простейший параметрический стабилизатор напряжения R10—VD1, напряжение дополнительно фильтруется конденсаторами C4, C5. Такое решение стало возможным потому, что выходной каскад УМ работает в режиме класса А. Потребляемый им ток не зависит от уровня сигнала, поэтому колебания напряжения питания отсутствуют.

Вместо составного эмиттерного повторителя в этой схеме (да и отдельно) можно использовать истоковый повторитель с активной нагрузкой [2] и перейти к двухполярному питанию (рис. 2.11). Схема

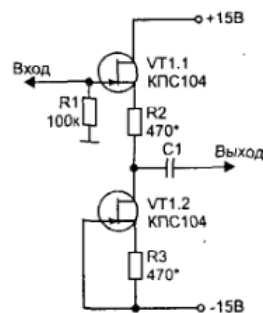


Рис. 2.11. Предварительный усилитель на полевых транзисторах

неоднократно публиковалась, поэтому приводится только ее фрагмент с небольшими изменениями. Как показала практика, повторяемость при использовании сборки полевых транзисторов КПС заметно лучше, чем на произвольно взятых КПЗ03Е.

Наконец, полезным дополнением предварительного усилителя будет индикатор перегрузки (рис. 2.12). Сигнал на индикатор нужно снимать до регулятора громкости, чтобы отслеживать перегрузку по входу. Поскольку звуковой сигнал несимметричен относительно нуля,

необходимо контролировать амплитуду как положительной, так и отрицательной полуволны. Поэтому в схеме использован двухпороговый компаратор. Пороги срабатывания задаются делителем R1, R2, R3 и симметричны относительно нуля. При указанных на схеме но-

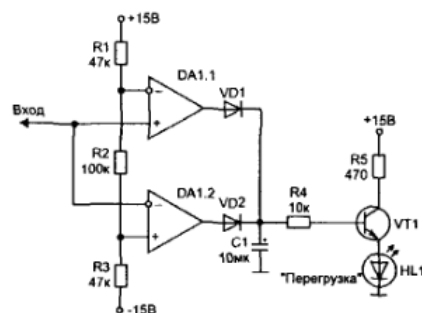


Рис. 2.12. Простой индикатор перегрузки

миналах они составляют $U_{пит}/2$. В конструкции можно использовать любые сдвоенные ОУ с внутренней коррекцией. Тип диодов VD1, VD2 не критичен, транзистор VT1 — любой структуры п-р-п с $Bst > 100$. Светодиод HL1 — любого типа.

Литература

1. Зуев П. Регулятор громкости с распределенной частотной коррекцией. — Радио, 1986, № 8.
2. Зылюк А. Предварительный усилитель с темброблоком. — Радио, 1988, № 8.
3. Иванов А. Тонкомпенсированный регулятор громкости. — Радио, 1993, № 12.
4. Пугачев И. Тонкомпенсированный регулятор громкости. — Радио, 1988, № 11.
5. Федичкин С. Тонкомпенсированный регулятор громкости. — Радио, 1984, № 9.
6. Шихатов А. Комбинированный блок регулирования АЧХ. — Радио, 1993, № 7.
7. Шихатов А. Пассивные регуляторы тембра. — Радио, 1999, № 1.
8. Шихатов А. Тонкомпенсированные регуляторы громкости. — Радио, 2000, № 10.

Глава 3. Строим сабвуфер — САБ

О. Леонов

г. Москва

Теория

Бас — основа музыки. Это утверждение хоть и декларативно, но, тем не менее, совершенно справедливо. Во-первых, такие инструменты, как барабан, контрабас, бас-гитара, обычно задают основной темп произведения. Танцевать под барабанный ритм легко, а вот под аккомпанемент флейты это сделать гораздо сложнее. Во-вторых, низкочастотные компоненты присутствуют в любом музыкальном сигнале. Даже в звуке самой маленькой свистульки или, скажем, треугольника. С точки зрения привычных канонов аудио это утверждение может поначалу вызвать недоумение. Тем не менее для непериодических (и вообще — случайных) сигналов, которыми являются музыкальные звуки, максимум на графике спектра при разложении в ряд Фурье будет в низкочастотной области. Образно говоря, любой звук «начинается» с нулевой частоты, примерно так же, как по амплитуде он рождается из полной тишины.

Как воспринимаются низкочастотные звуки человеком? Изучая труды, посвященные исследованиям слуха, можно с удивлением обнаружить, что ухо само не способно воспринимать основные низкочастотные тона — размеры барабанной перепонки для этого слишком малы. Ухо воспринимает эти звуки за счет обертонов. В этом нет ничего удивительного, поскольку все природные явления, связанные с возникновением низкочастотных звуков, попутно вызывают и другие эффекты, например, вибрацию почвы. Поэтому человек за время эволюции приспособился получать информацию о таких явлениях не только ушами, но также и другими органами восприятия, в частности, осязанием. Уши же предназначены для того, чтобы с исключительной точностью определять направление на источник звука на средних частотах.

К чему все это? В первую очередь к тому, что традиционные акустические измерения не способны пока предоставить всю информацию о реалистичности звучания. Ведь микрофон — это довольно слабая копия только лишь уха, другие воздействия он вообще не воспринимает. Для осознания второго следствия придется организовать чаепитие. Помешивая ложкой сахар, мы создаем в чашке небольшую

волну. Теперь представим, что нужно той же самой ложкой поднять волну длиной метров пять, скажем, в бассейне. Вряд ли это получится, «черпалка» нужна побольше. Если взять лопату для снега, то при должном усердии может получиться.

Теперь проведем аналогичный эксперимент, но не в воде, а в воздухе. Он почти не оказывает сопротивления, и для возбуждения сколько-нибудь приличной волны придется размахивать ложкой или лопатой еще более интенсивно. Поэтому чем «басовитее» музыкальный инструмент, тем он всегда большего размера. Рекордсменом как по размерам, так и по нижней граничной частоте является орган. В аудиотехнике же, образно говоря, стремятся воспроизвести органый бас при помощи ложки. Удивительно ли, что получается чаще всего неважно? Отсюда следует простой вывод, своего рода аксиома — размер сабвуферного динамика никогда не бывает чересчур большим. Бывает мало места. Опыт прослушивания и судейства подсказывает, что более-менее адекватный бас выдают сабы калибром от 12 дюймов и больше. Под хорошим басом и суббасом подразумевается, скорее, не слышимое, а ощущаемое «заполнение» звуков некой основой, телом, даже, если угодно, жизнью. Появляется та самая «атмосфера зала», которая воссоздается при правильной передаче низкочастотных послезвучий и реверберации. Еще один признак — от хорошо воспроизведенного баса не наступает никакого утомления, в отличие от «долбилова», которое у слушателя с нормальным слухом вызывает резкое отторжение и физический дискомфорт.

Итак, стараемся выбирать динамик наибольшего размера. Часто бывает так, что места в багажнике достаточно, но его конфигурация не позволяет разместить динамик большого диаметра. В этом случае разумным выходом будет использовать групповой излучатель из двух или более головок меньшего размера. Играть роль суммарная площадь диффузоров — чем она больше, тем больший объем воздуха удастся переместить при одном и том же смещении диффузора.

Теперь о расчетах. Сейчас пора бы начать сто первое по счету перечисление параметров Тила—Смолла, затем изобразить десять давно всем известных видов акустического оформления, закончив списком расчетных программ и упоминанием о чем-то полезном книги Виноградовой. Все это можно найти в других статьях. Вместо этого рассмотрим некоторые вопросы под не совсем привычным углом, чтобы рассеять распространенные заблуждения, приводящие к одним и тем же ошибкам (и изрядно надоевшим вопросам).

В первую очередь нужно напомнить о том, что никакое акустическое оформление не способно повлиять на закон сохранения энергии. Есть жесткая связь между объемом, рабочим диапазоном частот и КПД оформления именно в этом диапазоне. Например, фазоинвертор

в ящике одного размера по уровню -3 дБ способен воспроизводить более низкую частоту, чем закрытый ящик (ЗЯ). За счет чего? Марсиане втихаря энергию поставляет? Никаких чудес — просто у ФИ спад АЧХ ниже рабочего диапазона будет более резким, чем у ЗЯ.

На рисунке изображены три графика АЧХ одного и того же динамика в оформлении закрытый ящик, фазоинвертор и бандпасс.

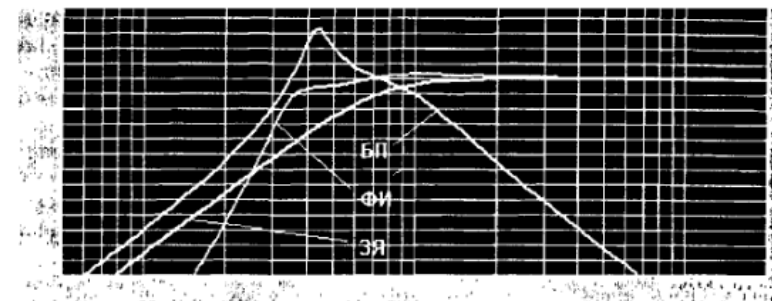


Рис. 3.1. Три графика АЧХ

Можно заметить, что более высокая отдача на одних частотах достигается только за счет меньшей на других. Иными словами, площадь под графиком при любом оформлении — одинакова. Искусство расчета и настройки состоит в том, чтобы оптимально подобрать форму кривой.

Сколько не перечисляй пассивные радиаторы и прочие рупоры, практически все равно применяются free air, закрытый ящик и фазоинвертор. Некоторые смельчаки пытаются делать бандпасс, остальные не желают (или боятся) с ним связываться. Не агитируя за последний вид оформления, надо заметить, что многие неудачи его использования объясняются излишним доверием к результатам моделирования при помощи компьютерных программ. А также неточностью параметров, приводимых в спецификациях или измеряемых самостоятельно. Многие из тех, кто пытался измерять параметры самостоятельно, сталкивались, например, с тем, что результаты зависят от величины сигнала, подаваемого на исследуемый динамик. Более того, эта зависимость есть всегда. На всякий случай — ТС-параметры называются *малосигнальными*. То есть они отражают поведение динамика при подаче небольшой мощности.

Что происходит в реальной жизни, когда подводимая мощность меняется в десятки тысяч раз? Какие параметры считать наиболее

подходящими для расчета? Пусть ученые ищут ответ на этот вопрос. Хорошие, опытные установщики — практики. У них нет времени создавать глубокие теории — заказчики в очереди стоят. Поэтому расчет используется не более чем для прикидки, дальше следуют эксперименты и прослушивание. Постепенно набирается собственная «база данных», причем хорошо звучащие конструкции очень часто оказываются «неправильными» с точки зрения расчетов. Ничего удивительного — модель Тилля—Смолла и расчетные формулы не могут предсказать все. Так не бывает. Придется экспериментировать, пробуя разные динамики и варианты настройки, даже необычные и не вписывающиеся в рамки традиционных расчетов.

При выборе оформления всегда нужно помнить о том, что на работу сабвуфера большое влияние оказывает как салон автомобиля, так и, в частности, багажник. Как это проявляется?

Во-первых, в виде всем известной передаточной функции салона. Говорили о ней много, одно время было даже что-то вроде моды измерять передаточную функцию салонов машин разных марок и моделей, пресса пестрела эффектными графиками. Потом выяснили, что практически для всех легковых автомобилей среднего класса можно считать, что передаточная функция начинает влиять примерно с частоты 60 Гц, а подъем АЧХ ниже этой частоты составляет 12 дБ/октаву. И никаких высокоточных графиков не нужно — всего две цифры. Как этот факт можно использовать? Двояко. Поскольку АЧХ акустического оформления «закрытый ящик» ниже резонансной частоты падает «зеркально», как раз с наклоном 12 дБ/октаву, то (теоретически!) этот вид оформления позволяет получить наиболее гладкую суммарную АЧХ. Другой момент состоит в том, что частоту раздела мидбасов и сабвуфера удобно выбирать как раз на шестидесяти герцах. С одной стороны, грамотно организованный «фронт» просто обязан играть до 60 Гц, это не рекорд даже для пятидюймовых мидбасов. С другой — при такой частоте раздела сабвуфер будет воспроизводить именно тот диапазон, который ему положен. При этом даже с фильтрами второго порядка локализации звуков сзади не будет, во всяком случае — не должно быть.

Во-вторых, влияние багажника можно условно охарактеризовать как повышение порядка оформления. Про это информации не встречалось, поэтому придется изложить мысль более детально. Например, в крыле находится сабвуфер — закрытый ящик объемом сто литров. Это оформление второго порядка (спад ниже граничной частоты с наклоном 12 дБ/октаву). Диффузор динамика спереди нагружен не на бесконечное пространство, а на оставшийся объем багажника. Предположим, это триста литров. А салон «озвучивается» уже этим, вторым объемом через разного рода щели и отверстия. Их можно представить

в виде нескольких тоннелей фазоинвертора. Получилось что-то похожее на бандпасс (четвертого порядка), причем расчету мало поддающийся. Рассуждая аналогичным образом, при использовании оформления «фазоинвертор» с учетом багажника получаем тоже бандпасс, но шестого порядка. Разумеется, его тоже рассчитать вряд ли удастся.

Это не научная гипотеза или, скажем, новое слово в акустике, а, скорее, рассуждение «на пальцах», чтобы подтолкнуть движение мысли в сторону технически более корректных и проработанных решений. Тем не менее, такое мнение появилось не вдруг, а как выводы из «необъяснимых» явлений, постоянно встречающихся на практике. Например, влияние количества багажа на звук наблюдали очень многие. Это не что иное, как настройка переднего объема нашего «псевдобандпасса».

Нет смысла долго рассуждать на тему того, что *free air* — это лучше всего, но на практике трудно реализуемо. Но помнить об этом тоже полезно. Вдруг приедет чудо-машина с изолированным багажником. Кстати, *free air* тоже будет не совсем таковым, а чем-то средним между большим закрытым ящиком и фазоинвертором. Самостоятельно поразмышлять о том, почему это так, — домашнее задание.

Итак, закрытый ящик. Как ни крути, это оптимум для автомобиля. Формул для расчетов в статье еще не было и не будет, потому что установщик, не знающий, как рассчитать ЗЯ, должен немедленно уволиться в связи с профнепригодностью. Другой вопрос, какими лучше выбирать резонансную частоту и полную добротность. Про динамики мы уже решили — самый большой. Пригодится это еще раз, но уже не в смысле объема воздуха, который может «ухватить» диффузор, а с точки зрения снижения резонансной частоты. В начале 80-х годов знаменитый А. М. Лихницкий со товарищи проводил исследования слухового восприятия искажений, связанных с групповым временем задержки (ГВЗ, или *group delay*, в английской терминологии).

Выяснилось, в частности, что наиболее заметны эти искажения, если резонансная частота акустической системы находится в районе 40 Гц. Минуточку! Большинство автомобильных сабвуферов рассчитывают примерно на эту частоту! Может быть, поэтому они так ужасно играют? В том же труде приведены рекомендации выбирать резонансную частоту либо выше — около 60 Гц, либо, наоборот, низко, 20...25 Гц. Первая цифра относится, скорее, не к сабвуферам, а «домашним» АС. Вторая нам ближе. Много ли найдется маленьких динамиков, которые в закрытом ящике будут иметь резонанс хотя бы 25 Гц? Лишнее подтверждение тому, что нужен большой драйвер. Здесь также можно использовать групповой излучатель, однако следует помнить, что резонансная частота динамиков меньшего размера будет более высокой, чем у большого. Да и стоимость пары головок

будет, скорей всего, выше, чем одной большой, если вести речь об излучении одного уровня качества.

Второй расчетный параметр — полная добротность. В том же исследовании приводятся данные о влиянии добротности на ГВЗ. Вывод таков, что «классическое» значение Q_{ts} , равное 0,7, высоковато. Лучше стремиться к более низкой величине, например, 0,6. В результате расчета обязательно окажется, что подобранному нами здоровенному динамику придется сделать ящик подобающего размера. Искусство требует жертв! Можно уменьшить объем ящика процентов на двадцать, добавив некоторое количество звукопоглощающего материала. Корректнее даже в данном случае будет сказать — материала, поглощающего тепло, выделяющееся при сжатии воздуха, поскольку механизм «виртуального» увеличения объема ящика относится как раз к процессам теплопередачи.

Попытки еще более уменьшить габариты сабвуфера, не повышая при этом низшую рабочую частоту, приводят к использованию фазоинвертора. Это оформление придумано давно и довольно хорошо исследовано. Одно из преимуществ его состоит в том, что при правильно рассчитанном взаимодействии системы «диффузор — упругий объем воздуха в ящике — масса воздуха в тоннеле» подвижная система на низких частотах испытывает большее противодействие движению, нежели при работе, скажем, в закрытом ящике. За счет этого увеличивается отдача на этих частотах и уменьшается амплитуда смещения диффузора. Последнее приводит к тому, что катушка движется в той части магнитного зазора, где поле распределено более линейно, что снижает искажения.

При расчете фазоинвертора сплошь и рядом допускают две грубейших ошибки, вторая из которых, как правило, является следствием первой. Первая — в погоне за малыми габаритами недопустимо снижают внутренний объем ящика. **Внимание:** заполнение объема поглощающими материалами в оформлении фазоинвертор почти не помогает, в отличие от закрытого ящика. Более того, «перегораживать» поглотителем путь от задней стороны диффузора до тоннеля и вовсе нельзя. У фазоинвертора с малым объемом (V_b) автоматически увеличиваются размеры тоннеля. Иногда он становится просто-таки устрашающей длины. Сворачивать его в бараний рог не рекомендуется, поскольку, строго говоря, каждый поворот надо учитывать в модели, а лучше вообще их не делать. Кроме того, длинный тоннель (сопоставимый с $1/4$ длины волны) превращает фазоинвертор в другие виды оформления.

Первый шаг, который делает большинство начинающих, — уменьшают площадь сечения тоннеля сверх всякой меры. Это и есть вторая грубейшая ошибка. Между тем минимально рекомендуемое сечение

не должно быть меньше, чем $1/3...1/5$ площади диффузора. Эта цифра хорошо известна, удивляет лишь настойчивость, с которой люди хотят обмануть природу. Никому ведь не приходит в голову поставить на «Мерседес» колеса размером R12, даже несмотря на дешевизну. Упомянутая рекомендация на проверку тоже оказывается небесспорной. Дело в том, что одним из главных параметров модели работы фазоинвертора является масса воздуха в тоннеле. Именно она создает дополнительную нагрузку на диффузор вблизи частоты настройки порта. Чем меньше масса воздуха — тем меньше нагрузка и, соответственно, КПД. Кроме того, нужно помнить о том, что тоннель является излучателем на самых низких частотах звукового диапазона. Попробуйте воспроизводить частоту 25 Гц при помощи четырехдюймового динамика. Ясно, что ничего хорошего из этой затеи не получится. Тогда, скажите на милость, как можно рассчитывать, что тоннель такой же, а то и меньшей площади адекватно воспроизведет суббас?

Чтобы окончательно искоренить дурную привычку делать порты микроскопического размера, напомню еще и о том, что чем быстрее движется в них воздух, тем больше будет возникать разного рода завихрений, приводящим к свистам и прочему шипению. Не верите — послушайте астиhmатические звуки, издаваемые большинством фазоинверторов на частотах 20...25 Гц. Лучше всего это слышно при подаче чистых тонов, самих которых обычно и не слышно!

Как же быть? Очень просто — делать тоннель максимально возможного сечения. Чем больше — тем лучше. Если обратиться к истории аудио, можно обнаружить «фазоинвертороподобное» оформление под названием Onken-Jensen. Придумали его так давно, что ни параметров Тилиа и Смолла, ни, тем более, Спикершопа, еще не было. Поэтому действовали интуитивно, ориентируясь только на слух. Хотя многие сторонники этого вида оформления полагают его чем-то уникальным, с первого взгляда становится ясно, что О-Ж не что иное, как тот же фазоинвертор, только площадь тоннеля выбрана равной площади диффузора. Другой вопрос, что при этом требуются динамики с нетипичными, скажем так, параметрами, да и «колоночки» получаются очень внушительного размера. Зато воспроизведение низких частот оказывается на редкость четким, сухим, лишенным привычного бубнения и гудения.

Хорошо, убедил, скажете вы. Но как быть, если расчет выдает совершенно несуразную длину порта? Действие первое — увеличивать объем ящика. Если требуемый объем превосходит ограничения, наложенные заказчиком, стоит обсудить с ним проект в пользу уменьшения объема — багажника! Если опять не выходит — придется подбирать другой динамик. Если отношение F_s/Q_{ts} составляет примерно

100, то есть динамик «смешанного типа», пригодный и для ФИ, и для ЗЯ, то лучше перейти ко второму виду оформления.

В древних «онкенах» применяли головки с легкими бумажными диффузорами, имеющими довольно жесткий подвес и высокую добротность. Небольшая масса диффузора означает высокую резонансную частоту. На что это похоже? Правильно — на динамики, которые обычно применяют в free-air. Совершенно очевидная идея попробовать использовать в фазоинверторе именно такие головки, причем большого калибра — чтобы уменьшить низшую воспроизводимую частоту. Ящик вновь грозит вырасти, но даже мыши уже поняли, что сыр лучше покупать в магазине.

Бандпасс — сложное в расчете и настройке оформление. Соперничать с ним в этом отношении может, пожалуй, только рупор. Большой КПД в рабочем диапазоне частот объясняется, опять-таки, еще более резкими спадами на АЧХ, чем у ЗЯ или ФИ. За пределами рабочего диапазона отдача минимальна, что, теоретически, хорошо. Для соревнований по SPL специально сделанный «сверхгорбатым» бандпасс — то, что нужно. Со звуком сложнее. Недостатки большинства реально существующих бандпассов очень заметны на слух. В первую очередь, это происходит из-за большого ГВЗ.

На рис. 3.2 изображены графики ГВЗ одного и того же динамика в разном оформлении. Комментарии, пожалуй, излишни. Вполне возможно, что есть особые формулы и приемы, как сделать бандпасс хорошо звучащим. Но обобщить их и выдать какие-либо толковые рекомендации пока сложно. Так что экспериментируйте, если есть желание.

Что касается программ для моделирования, то вполне достаточно доступного, хорошо изученного JBL SpeakerShop. Для прикидочных

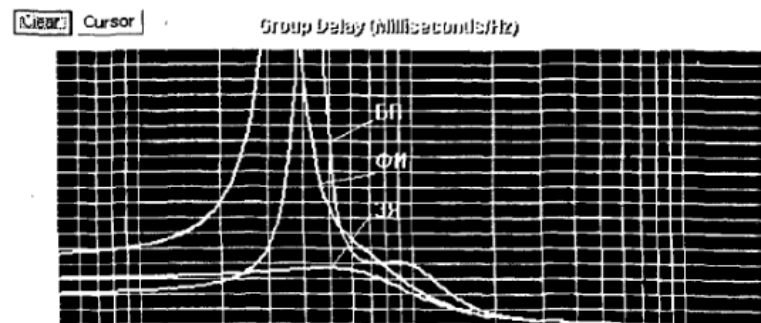


Рис. 3.2. График ГВЗ одного и того же динамика

расчетов в качестве своего рода калькулятора он более чем подходит. С его же помощью можно измерять Т-С-параметры. Последнее можно делать и при помощи *Speaker Workshop* («Мастер 12 вольт» № 25). Главное — воспринимать результаты только как исходные данные, на основе которых начинаются основные эксперименты. Пробуйте самые разные варианты оформления и динамиков, даже те, которые противостоят общепринятым стереотипам о «правильности» или «крутизне». Только так можно создать что-либо новое и действительно интересное.

Строительство

Самый замечательный расчет, разумеется, ничто без качественного изготовленного и установленного корпуса. Пожалуй, нет смысла гнаться за сверхэффективной отделкой или немислимыми сервоприводами, когда сабвуфер можно по совместительству использовать для выполнения такелажных работ. Это удел демомашин, которые обязаны действовать на мимические мышцы лица посетителей выставок (глаза — расширяются до предела, лицо вытягивается, нижняя челюсть под собственным весом достигает груди). В повседневной жизни, напротив, желательно, чтобы присутствие сабвуфера проявляло себя только удовольствием от прослушивания.

Все многообразие конструкций можно условно разделить на два вида: «бескорпусные» и «ящики». Под первыми подразумеваются сабвуферы в оформлении *free air*. Строго говоря, корпус у них тоже есть — это, как правило, усиленная или заново изготовленная задняя полка. Возможностей тех полок, что стоят в машине штатно, обычно недостаточно. Кроме того, при такой установке обычно очень актуально обеспечить как можно большую скрытость компонента. Иными словами, внести как можно меньше визуальных изменений в заводской интерьер.

«Ящики» в свою очередь также можно условно разделить на «универсальные» и «стелсы». Под первыми подразумеваются те, что могут устанавливаться практически в любой автомобиль. Последние же, напротив, изготавливаются под конкретный автомобиль, чтобы максимально использовать все свободные полости и ниши.

Изготовление универсальных ящиков давно и успешно освоено, каких-либо особых сложностей не возникает. Поскольку угол наклона спинки заднего сиденья во всех автомобилях одинаков и составляет 66°, как минимум, одна из стенок ящика ориентируется именно под этим углом. Как минимум — потому что желательно выдержать этот угол у нескольких граней. Смысл в том, чтобы впоследствии была

возможность ориентировать сабвуфер в багажнике динамиком в разных направлениях — «в корму», вбок, даже вверх. Выбор этого направления очень заметно влияет на звучание и является одним из важных этапов настройки системы. Поэтому, перед тем как конструировать заказной ящик-«стелс», есть смысл вначале поэкспериментировать с расположением аналогичного по «акустическим» параметрам универсального сабвуфера.

Для изготовления корпусов прямолинейных форм хорошо зарекомендовали себя такие традиционные материалы, как ДСП, фанера, МДФ. Недавно в широкой продаже появился новый для нас материал — ОСП (ориентированно-стружечная плита). На Западе он известен давно, широко используется в малоэтажном строительстве. Внешне он напоминает ДСП, в которой вместо опилок использованы более крупные «щепки». Большого практического опыта использования его для изготовления корпусов автомобильных АС пока нет, хотя по предварительной информации, почерпнутой из общения с мастерами, материал при обработке имеет повышенную склонность к расщеплению, уступая в этом отношении ДСП. Последнюю можно считать, пожалуй, самым оптимальным вариантом, особенно при единичном производстве. Для изготовления сабвуферов небольшими партиями удобно использовать МДФ. При тщательной настройке оборудования детали из МДФ можно раскраивать практически без погрешностей. Это, естественно, благоприятно сказывается на качестве конечных изделий, снижает количество дополнительных операций по сборке и отделке, особенно если планируется окраска, а не оклеивание декоративными материалами. Кроме того, при точном раскрое есть возможность использовать клеи жидкой консистенции, это быстрее, прочнее и экономичнее. Однако все это требует хорошего оборудования, как минимум стационарной дисковой пилы с соответствующими регуляторами. Разумеется, МДФ используют и при единичном производстве, хотя часть своих преимуществ перед ДСП она потеряет. Взамен же проявятся известные недостатки: более высокая цена, меньшая доступность, а также очень быстрый износ режущего инструмента.

Стенки сабвуферов объемом 30...50 л изготавливают в один слой толщиной 15...18 мм, при больших объемах — до 32 мм (два слоя ДСП). Толщину стенок следует варьировать в зависимости от их размера. Например, если у ящика объемом 100 л одна стенка имеет размер 20 × 40 см, для нее достаточно ДСП в один слой. Уменьшить толщину панелей можно за счет установки дополнительных перегородок, ребер жесткости — из соображений разумной достаточности и основ сопромата (последнее относится к тем, кто его когда-либо изучал).

Клеи для всех перечисленных листовых материалов предпочтительнее использовать водорастворимые на основе ПВА. В сочетании с

саморезами они обеспечат более чем достаточную прочность соединений. Кроме того, такие клеи безвредны. При неидеально точном раскрое деталей (электролобзиком) удобнее всего использовать полужидкие клеи, которые обычно расфасованы в тубы «под пистолет». Они одновременно и склеивают, и герметизируют соединение. При нанесении клея лучше не жадничать, чтобы при сборке его излишки обязательно выступили по всей длине шва — так будет гарантирована герметичность.

Эпоксидную и полиэфирную смолы для листовых материалов следует использовать избирательно. Прочность они дают, несомненно, высокую. Однако, во-первых, весьма ядовиты. Работать без вытяжки категорически запрещается, и уже через час работы, особенно с «полиэфиркой», это начинаешь прекрасно осознавать. Во-вторых, долго полимеризуются. В-третьих, обладают исключительной проникающей способностью, поэтому обычно из нужного места перемещаются туда, где их присутствие меньше всего требуется, например, на декоративные обивки салона. Причем полимеризовавшуюся «эпоксидку» чем-либо удалить уже невозможно. Конечно, при работе со стеклопластиком без эпоксидной или полиэфирной смолы никак не обойтись, но лучше стараться свести их использование к минимуму. Соответственно, и стеклопластиковые технологии лучше применять в качестве крайней меры, когда другие способы не подходят.

Рассмотрим в общих чертах процесс изготовления сабвуфера-«стелс» самого распространенного типа, когда задняя сторона корпуса входит в нишу заднего крыла. Такой тип удобен в использовании и относительно прост в изготовлении. Обычно передняя и боковые стенки таких корпусов — плоские, криволинейной требуется сделать только заднюю, примыкающую к крылу. Часто ее тоже можно набрать из нескольких плоских деталей. Вначале нужно раскроить и подогнать детали, образующие все плоские стенки. Самая ответственная и кропотливая операция — подгонка краев стенок по форме внутренних поверхностей крыла и «сопутствующих» частей, например, стойки амортизатора. Вначале изготавливают прототип будущих деталей, используя подручные материалы — картон, оргалит и т. п. Для измерений, кроме угольника и линейки, удобно использовать и другие измерительные инструменты — рейсмус, малку-угломер.

Для копирования криволинейных поверхностей полезно изготовить специальное приспособление, схематически изображенное на рис. 3.3.

Конструкция представляет собой две планки, с небольшим усилием удерживающие между собой несколько отрезков упругой проволоки. Планки можно изготовить из твердых пород дерева, пластмассы или металла. Для «щупов» хорошо подойдут большие вязальные спицы, в авторском прототипе использовался «скелет» старого зонтика.

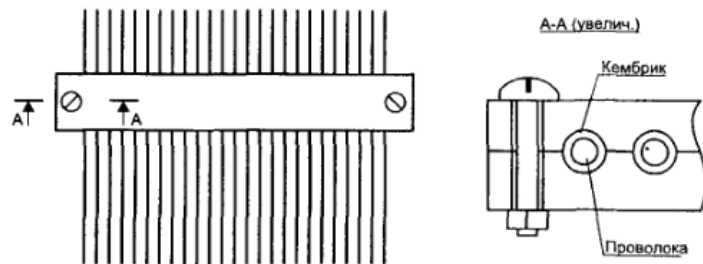


Рис. 3.3. Приспособление для копирования криволинейных поверхностей

Планки соединяются между собой при помощи винтов, после чего с шагом 5...10 мм «между» планками сверлятся отверстия, в результате чего в каждой из деталей образуются полукруглые канавки. Диаметр отверстий придется подобрать экспериментально, чтобы проволока перемещалась в отверстиях с некоторым усилием. Возможно, лучший результат получится, если отверстие сделать больше диаметра проволоки, а затем на каждую надеть фторопластовый кембрик.

Для копирования криволинейной поверхности приспособление берется за планки, после чего одной стороной «щупов» прижимается к эталонной поверхности. Проволочки под действием усилия сдвигаются на некоторое расстояние, затем по положению их кончиков на обрабатываемом материале воспроизводится профиль исходной поверхности. Описанная конструкция может быть реализована в самых различных вариантах, как по форме, так и по размеру. Иногда похожие приспособления можно встретить и в продаже, хотя в свое время автору пришлось придумать эту конструкцию совершенно самостоятельно.

Заготовили и подогнали все плоские детали. Собираем каркас. Обычно это передняя стенка (примыкающая к поверхности сиденья), верхняя, нижняя и задняя. Иными словами — ящик без дна. Лицевую стенку, где разместится динамик, будем устанавливать в последнюю очередь.

Собранный каркас устанавливаем в нишу. Теперь нужно изготовить криволинейные поверхности. Вначале при установленном каркасе отметим места контакта на деталях кузова. Например, маркером на приклеенных кусочках малярного скотча. Защищаем детали автомобиля несколькими слоями пленки. Далее на пленку нанести по выбору два-три слоя обычной или стеклоткани с эпоксидной смолой, или же с десятком слоев газет на ПВА. Для ускорения сушки будущую «скорлупу» можно слегка нагреть феном. Если поверхность задней стенки сабвуфера будет вогнутой, тогда есть смысл действовать по-

другому: прикрепить несколько слоев эластичной ткани к каркасу, пропитать ее клеем, укрыть сверху пленкой, а потом поставить весь сабвуфер на планируемое место. Кузовные детали сами придадут ткани нужную форму, выступив в роли пуансона.

Задача не в том, чтобы достичь максимальной прочности «отгиска», а лишь достаточной, чтобы он не потерял форму при снятии с эталонной поверхности и креплении на каркасе. После крепления на криволинейную поверхность с внутренней стороны сабвуфера нужно нанести остальные слои стеклопластика. Сколько — зависит от размеров. Если задняя стенка целиком будет стеклопластиковой и имеет длину метр, слоев потребуется немало. Использование дополнительных «локальных» ребер жесткости пойдет только на пользу. Их лучше клеить между слоями стеклоткани. На этом же этапе можно клеить или усилить те элементы, при помощи которых сабвуфер будет впоследствии крепиться к кузову, — петли, глухие отверстия, кронштейны и т. п. Добившись желаемой прочности всей конструкции, корпус можно изнутри обработать шумо- и виброизоляционными материалами. Очень усердствовать в этом не стоит, даже если корпус будет издавать какие-либо призвуки, то появляться они на таких уровнях звукового давления, что в салоне их все равно слышно не будет.

Остается окончательно подогнать и прикрепить к «ящику без крышки» лицевую панель. Отверстие под динамик, тоннель фазоинвертора и клеммы вырезаются до окончательной отделки. Для высверливания средних по диаметру отверстий (20...80 мм) используют ленточные сверла или, что лучше, более прочные и качественные «коронки» без разреза (их также часто называют «цапфенбор» или «цифенбор») (рис. 3.4).

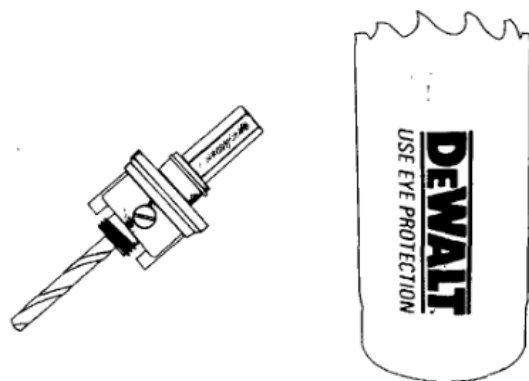


Рис. 3.4. Ленточное сверло и цапфенбор

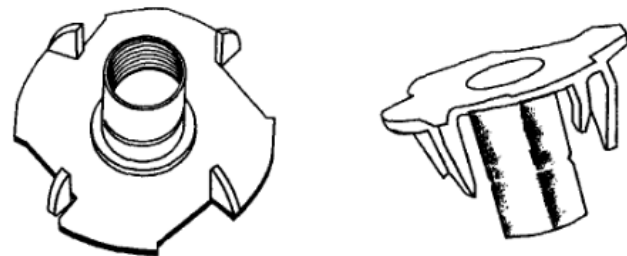


Рис. 3.5. Вбиваемые гайки

Динамик лучше крепить к корпусу не саморезами, а винтами. Так прочнее, долговечнее, а при необходимости соединение разбирается неограниченное количество раз. Поскольку в ДСП резьбу не нарезают, то понадобятся специальные «усовые» гайки, которые вбиваются в отверстие с обратной стороны (от этого и второе название — вбиваемые) (рис. 3.5).

Можно приступать к отделке. Швы, неровности, ямки от саморезов шпаклюются, зачищаются до получения ровной поверхности. Если не планируется окраска, стремиться к идеальной гладкости нет смысла: «винил» прощает небольшие царапины, а ковролин скроет даже мелкие неровности. Для приклеивания применяют специальный клей. Осталось присоединить провода от динамика к клеммам, прикрепить все это, а также защитную решетку к корпусу и установить готовый сабвуфер на свое законное место.

Теперь настал черед для самой творческой части работы, именуемой — «настройка системы». Но это тема для отдельного разговора.

Литература

1. Виноградова Э. Л. Конструирование громкоговорителей со сглаженными частотными характеристиками. — Массовая радиобиблиотека. Выпуск 966. — Энергия. 1978.

Глава 4. Зарядные устройства на микросхемах фирмы Power Integrations

С. Бирюков

г. Москва

Современные микросхемы для построения импульсных источников питания позволяют собирать отличающиеся малым весом и размерами зарядные устройства для различных аккумуляторов. В этой статье описаны три таких устройства на микросхемах фирмы Power Integrations — для автомобильного аккумулятора, сотового телефона и аккумуляторной электродрели.

Зарядное устройство для автомобильного аккумулятора

Почти все описанные в литературе зарядные устройства для автомобильных аккумуляторов используют громоздкий и тяжелый низкочастотный трансформатор. Такие же трансформаторы стояли когда-то в совершенно неподъемных ламповых телевизорах. Если же вы откроете современный аппарат, то не найдете в нем ничего подобного. Блоки питания телевизоров сейчас делают с выпрямлением сетевого напряжения, дальнейшим преобразованием его в высокочастотное, понижением при помощи очень небольшого трансформатора с ферритовым сердечником и выпрямлением. По такому же принципу работает и описываемое ниже зарядное устройство.

Зарядное устройство обеспечивает стабилизированный выходной ток 5 А. По мере зарядки аккумулятора напряжение на нем повышается и, когда оно достигнет 14,6 В, выходной ток уменьшается до величины, обеспечивающей это напряжение. В таком состоянии зарядное устройство и аккумулятор могут находиться сколь угодно долго — никакой перезарядки не произойдет.

Зарядное устройство использует так называемый обратный ходовой принцип преобразования напряжения. Схема, иллюстрирующая основные процессы в обратном ходовом преобразователе, приведена на рис. 4.1. В течение части периода работы преобразователя (прямой ход) замкнутый силовой ключ SW1 подает выпрямленное сетевое напряжение U_{IN} на первичную обмотку I трансформатора T1, ток через

нее I_1 при этом линейно нарастает. В течение другой части периода (обратный ход) ключ разомкнут и накопленная в сердечнике энергия передается через вторичную обмотку и открытый выпрямительный диод VD1 в нагрузку.

Построение обратных ходовых преобразователей в настоящее время облегчено благодаря появлению специализированных микросхем, содержащих практически все элементы первичной цепи обратного ходового преобразователя. Принципиальная схема зарядного устройства на микросхеме TOP225Y фирмы Power Integrations приведена на рис. 4.2. Конденсаторы C1—C3 и двухобмоточный дроссель L1 — стандартный фильтр от цветного телевизора с импульсным блоком питания. Этот фильтр служит для уменьшения проникновения помех от зарядного устройства в сеть. Элементы фильтра взяты от разобранного телевизора, C1 — K73-17, C2, C3 — K15-5. Выпрямительный мост VD1 на ток 1,5 А и напряжение 800 В отличается малыми габаритами, низкой ценой и с большим запасом обеспечивает работу в данном выпрямителе. Импульсное значение тока для этого моста — 50 А, поэтому ограничительный терморезистор R1 выбран с сопротивлением в холодном состоянии 10 Ом. В этом случае импульсный ток в момент включения не превышает $U_{MAX}/R1 = 358/10 = 35,8$ А. Следует, однако, помнить, особенно при настройке, что для повторного включения преобразователя необходимо выждать некоторое время, необходимое для остывания терморезистора.

Микросхема DA1 преобразует выпрямленное сетевое напряжение с конденсаторов C4 и C5 в переменное импульсное с частотой 100 кГц. Через трансформатор T1 оно подается во вторичную цепь (обмотка II), выпрямляется диодом VD5 и сглаживается конденсатором C8. Обмотка III, диод VD4 и конденсатор C7 служат для питания цепи стабилизации на оптроне U1.

Стабилизатор выходного напряжения работает так. Пока выходное напряжение меньше 14,6 В, напряжение на управляющем входе I микросхемы DA3 меньше 2,5 В и ее анодный ток (ток вывода 3) менее 1,5 мА, а при достижении 2,5 В резко увеличивается. Этот ток течет через светодиод U1.4 оптрона U1, открывается фототранзистор U1.2 оптрона U1, на вход «Упр.» микросхемы DA1 поступает напряжение с конденсатора C7. Превышение напряжения на этом входе

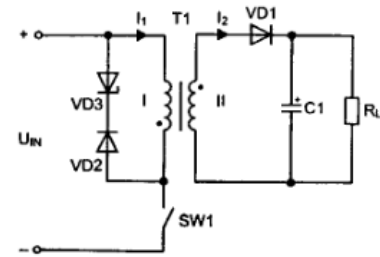


Рис. 4.1. Упрощенная схема обратного ходового преобразователя

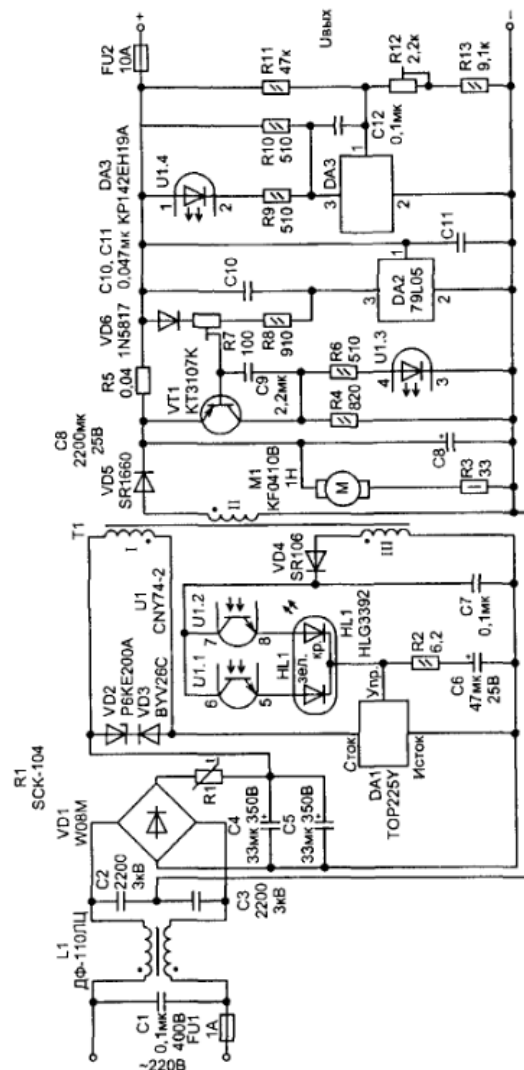


Рис. 4.2. Принципиальная схема зарядного устройства для автомобильного аккумулятора

микросхемы уровня 5,7 В приводит к уменьшению длительности импульсов, подаваемых этой микросхемой на трансформатор. В результате выходное напряжение преобразователя стабилизируется на уровне $[R11/(R12 + R13) + 1] \times 2,5 \text{ В} = 14,6 \text{ В}$.

Резистор R10 пропускает начальный ток микросхемы DA3, а R9 ограничивает ток через светодиод оптрона и, совместно с конденсатором C12, обеспечивает стабильность цепи автоматического регулирования.

Второй канал оптрона U1 работает в стабилизаторе выходного тока. Резистор R5 является токоизмерительным, падение напряжения на нем при выходном токе 5 А составляет 0,2 В, рассеиваемая мощность — 1 Вт. Он изготовлен из четырех параллельно включенных отрезков высокоомного провода от проволоочного резистора, изогнутых в виде буквы М и впаянных в отверстия печатной платы.

Для того чтобы поднять напряжение на R5 до порога открывания транзистора VT1, использован делитель VD6, R7, R8. Диод VD6 также осуществляет температурную компенсацию порогового напряжения транзистора VT1. Ток через делитель выбран исходя из того, что он должен превышать минимально необходимый ток нагрузки микросхемного стабилизатора DA2, составляющий около 2 мА. Назначение резисторов R4, R6 и конденсатора C9 такое же, как и соответствующих элементов R10, R9 и C12 в канале стабилизации напряжения.

Двухцветный светодиод HL1 служит для индикации режима работы.

Пока выходной ток преобразователя менее 5 А, работает канал стабилизации напряжения и напряжение на выходе поддерживается на уровне 14,6 В, светится красный кристалл светодиода. Если к преобразователю подключить нагрузку с сопротивлением менее 2,9 Ом, падение напряжения на резисторе R5 откроет транзистор VT1, включится фотодиод U1.3, фототранзистор U1.1 и ток ограничится на уровне 5...5,5 А. Красный кристалл гаснет, зажигается зеленый. Если быть более точным, зеленый кристалл начинает светиться при токе более 4 А, но пока светится красный, выходное напряжение стабильно. Поэтому более информативна установка двух светодиодов разного цвета свечения, например, LH2040/T2 (красный) и LG2040/T2 (зеленый).

Преобразователь защищен от замыкания выхода свойствами примененной микросхемы. Предохранитель FU2 служит для его защиты при неправильной полярности подключения аккумулятора.

Конденсаторы C4 и C5 на напряжение 350 В — импортные, фирмы TREC (диаметром 13 мм).

Выбор стабилизатора VD2 определен заданным изготовителем микросхем серии TOP напряжением $U_{VD2} = 200$ В. Использован защитный диод P6KE200A фирмы Motorola, имеющий необходимое напряжение стабилизации и допускающий постоянную рассеиваемую мощность 5 Вт при диаметре пластмассового корпуса 3,5 мм и длине 8,5 мм. При этом температура его выводов не должна превышать 75 °С, а температура кристалла может достигать 175 °С. В данном преобразователе его можно заменить на два последовательно включенных стабилизатора KC600A.

В качестве диода VD3 также применен рекомендованный изготовителем диод BYV26C фирмы Philips (1 А, 600 В). Вполне применим любой быстродействующий диод на напряжение не менее 500 В и ток 1 А, например КД247Г, КД247Д, КД257В—КД257Д, КД258В—КД258Д.

Конденсатор C6 — любой оксидный алюминиевый, автор использовал К50-35.

Для установки на место VD5 была выбрана относительно недорогая сборка SR1660 из двух диодов на напряжение 60 В и ток каждого диода 16 А. Вполне подойдут аналогичные сборки КД636АС (60 В, 15 А), КД270ВС (75 В, 7,5 А), КД271ВС (75 В, 10 А), КД272ВС (75 В, 15 А). Применять диоды на большее обратное напряжение нецелесообразно, поскольку для них увеличивается прямое падение напряжения.

Конденсатор фильтра C8 желательно использовать с малым последовательным сопротивлением (серий LZ). Из-за отсутствия такого конденсатора автором установлен конденсатор общего применения фирмы TREC. Рабочее напряжение конденсатора должно превышать выходное не менее чем на 25%.

На месте VD4 также желательно установить диод Шоттки с запасом по напряжению. Использован SR106 (60 В, 1 А), подойдет MBR160 с теми же параметрами или обычный диод 1N4148, КД509А, КД510А, КД521А, КД522Б.

Оптрон должен быть с одиночным (не составным) фототранзистором и допускать входной и выходной токи до 10 мА. Использован двойной оптрон CNY74-2, его отечественным аналогом является АОТ101БС.

Трансформатор Т1 намотан на двух сложенных вместе кольцах типоразмера К31×18,5×7 из феррита М2000НМ-17 с зазором 1,5 мм. Зазор в кольце был выполнен при помощи алмазного «полотна» в виде проволоки, в которую впрессован алмазный порошок. При склейке колец эпоксидным клеем с наполнителем из талька в зазор была вложена прокладка из стеклотекстолита. После полимеризации клея его наплывы были удалены, а острые грани колец сглажены. Сердечник был обмотан в два слоя тонкой фторопластовой лентой. Первичная

обмотка I содержит 90 витков провода ПЭШО-0,45, намотанных в один слой. На первый и последний виток и выводы первичной обмотки, импульсное напряжение между которыми составляет около 350 В, были одеты отрезки фторопластовой трубки, и они закреплены нитками. Первичная обмотка от вторичных была изолирована двумя слоями фторопластовой ленты.

Обмотка II, содержащая 10 витков, была намотана в 12 проводов ПЭШО-0,38. Отметим, что вторичную обмотку следует наматывать «распущенным» (не скрученным) жгутом, при этом связь между первичной и вторичной обмотками получается более тесной, что уменьшает потери и увеличивает КПД. Обмотка III намотана проводом МГТФ-0,07 и содержит 9 витков, уложенных между витками обмотки II.

Преобразователь собран на печатной плате размерами 65 × 85 мм из односторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (рис. 4.3). При разработке платы было учтено, что для обеспечения устойчивой работы микросхем серии TOP необходимо, чтобы печатные проводники к выводу истока от силовой цепи (VD1, C4, C5) и от цепи управления (C6, C7, T1) подходили с разных сторон. Для улучшения отвода тепла от диода VD2 площадки у его выводов максимально увеличены.

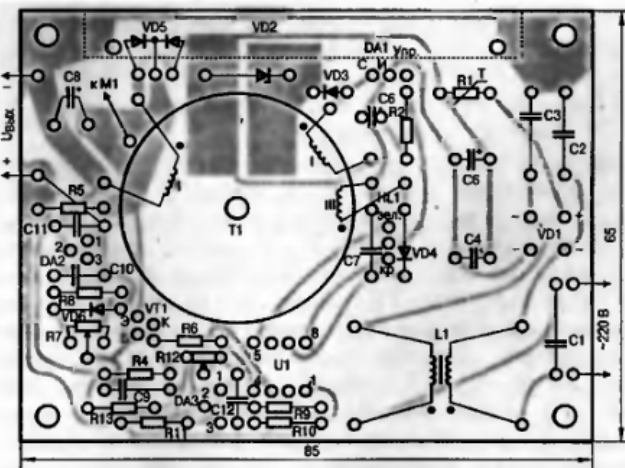


Рис. 4.3. Печатная плата зарядного устройства для автомобильного аккумулятора

Микросхема DA1 и диодная сборка VD5 установлены на общий игольчатый теплоотвод через изолирующие прокладки с применением теплопроводящей пасты. Теплоотвод имеет габаритные размеры $66 \times 33 \times 19$ мм, число игл — 78. Он закреплен на плате при помощи двух винтов M2, через них же теплоотвод соединен с общим проводом вторичной цепи. Для подключения сетевых проводов, нагрузки и плюсового вывода вентилятора M1 в плату впаяны штырьки диаметром 1 мм от разъема 2PM. Вентилятор установлен на теплоотводе симметрично относительно его ребра при помощи двух серповидных деталей, изготовленных из такого же стеклотекстолита. В результате половина воздушного потока поступает на иглы теплоотвода, половина — охлаждает трансформатор T1 и другие элементы преобразователя. Эффективность охлаждения такова, что нагрев теплоотвода при полной выходной мощности едва заметен. Резистор R3 подпаян к контактным площадкам стеклотекстолитовых деталей крепления «в тени» мотора вентилятора. Через одну из деталей он соединен с теплоотводом и, следовательно, с общим проводом. Опыт изготовления устройств показал, что вентилятор при небольшом увеличении размеров радиатора не обязателен.

Плата установлена в металлическую коробку с габаритами $90 \times 90 \times 55$ мм и закреплена на ее крышке при помощи стоек длиной 43 мм. На крышке установлены предохранители, в ней выполнены отверстия под светодиод и вентилятор, последнее прикрыто декоративной решеткой. Провода с сетевой вилкой и с зажимами для подключения к аккумулятору выведены через отверстия крышки. В стенке коробки напротив теплоотвода и в противоположной стенке просверлено по 21 отверстию диаметром 6 мм.

Настройка собранного из исправных деталей преобразователя заключается в установке выходного напряжения и порога ограничения тока. Перед первым включением движки подстроечных резисторов R7 и R12 следует установить в нижнее и в верхнее по схеме положения соответственно (на плате — по часовой стрелке до упора). Подав через ЛАТР (предохранитель FU1 обязателен) на сетевой вход переменное напряжение и повышая его от нуля, следует убедиться, что постоянное напряжение на выходе также повышается и при входном напряжении более 40...45 В стабилизируется на уровне, несколько меньшем 14 В. Резистором R12 установить выходное напряжение 14,5...14,6 В. Должен светиться красный кристалл светодиода.

Повысить входное напряжение до 220 В и, если необходимо, уточнить выходное напряжение. Подключить к выходу через амперметр нагрузочный резистор 2,4 Ом (75 Вт) или разряженный аккумулятор и

резистором R7 установить выходной ток 5,2...5,4 А. Должен светиться зеленый кристалл светодиода.

Проверить работу преобразователя в режиме короткого замыкания, для чего выключить его, замкнуть выходные зажимы и снова включить в сеть. Примерно раз в секунду должен слегка вспыхивать зеленый кристалл светодиода и может слышаться короткий щелчок, возникающий из-за магнитострикционного эффекта сердечника трансформатора. Если замкнуть выходы работающего преобразователя, может сгореть (а может и не сгореть) предохранитель FU2.

Однако, учитывая высокую стоимость микросхемы TOP225Y и других элементов устройства, проверку рекомендуется проводить так. Установить на плату все детали, кроме трансформатора T1, вентилятора и резистора R3. Резистор R5 временно впаять с сопротивлением 10 Ом. Вместо обмотки I трансформатора впаять резистор 1 кОм 2 Вт. Соединить между собой минусовые выводы конденсаторов C4—C6 и C8. Движки подстроечных резисторов R7 и R12 установить в исходные положения, как указано выше.

Подать на вход переменное напряжение 40...50 В через разделительный трансформатор или постоянное 50...70 В. Проверить наличие на выводе стока микросхемы пачек импульсов отрицательной (относительно плюса C4, C5) полярности, следующих с частотой около 1 Гц. Если это не так, неисправны входные цепи или микросхема DA1. Отключить входное напряжение.

Соединить между собой аноды диодов VD4 и VD5 и подключить их к плюсу источника постоянного регулируемого напряжения, минус источника соединить с минусовыми выводами конденсаторов C4—C6 и C8. Плавно увеличивать напряжение на выходе источника постоянного напряжения от нуля, контролируя ток потребления и не допуская его увеличения сверх 50 мА. При напряжении около 14 В должен засветиться красный кристалл светодиода. Подстроить резистор R12 так, чтобы включение светодиода происходило при напряжении 14,5...14,6 В. Если не удастся получить указанный эффект, неисправны цепи, связанные с микросхемой DA3, оптрон U1 или светодиод.

Уменьшить напряжение до погасания светодиода. Подключить к выходу резистор сопротивлением 680 Ом, должен засветиться зеленый кристалл светодиода. Установить движок R7 на грани зажигания зеленого кристалла. Если такая регулировка не удастся, неисправны цепи, связанные с транзистором VT1, оптрон U1 или светодиод.

Теперь можно установить штатный резистор R5 и трансформатор. При распайке трансформатора можно считать началами обмоток выводы, выходящие из его верхней по отношению к плате части, и подпаивать их к анодам соответствующих диодов (VD3—VD6).

Далее проверку следует продолжить с начала ее описания, снова установив движки резисторов R7 и R12 в исходные состояния.

Автором было изготовлено два экземпляра таких устройств — на микросхемах TOP225Y и TOP224Y. Их нагрузочные характеристики практически не отличались между собой (рис. 4.4). Различие преобразователей сказалось лишь при уменьшении сетевого напряжения. Преобразователь на микросхеме TOP225Y при полной нагрузке снижал свое выходное напряжение на 30 мВ при уменьшении сетевого до 115 В, после чего переходил в режим прерывистой генерации. Преобразователь на TOP224Y снижал выходное напряжение на 100 мВ при сетевом 145 В.

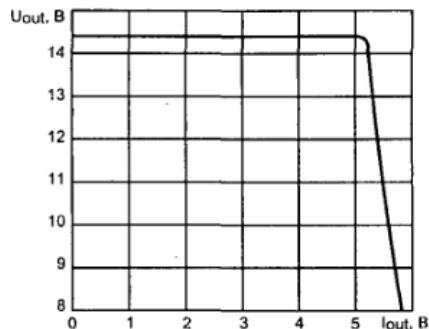


Рис. 4.4. Нагрузочная характеристика зарядного устройства для автомобильного аккумулятора

На основе описанного устройства можно изготовить источник питания 12 В, 6 А, уменьшив число витков обмотки II до 9, а сопротивление резистора R11 — до 39 кОм. Цепи ограничения тока можно удалить, а можно и оставить.

О расчете таких преобразователей напряжения и трансформаторов для них можно прочитать в статье [1], а о более совершенных микросхемах фирмы Power Integrations — в [2, 3].

Зарядное устройство на микросхеме LNK501 для сотового телефона

Штатное зарядное устройство аккумулятора сотового телефона Alcatel 320 состоит из двух частей — сетевого адаптера 12 В, 300 мА и встроенных в телефон цепей, обеспечивающих нормальную зарядку и индикацию степени заряженности аккумулятора. Сетевой адаптер вы-

полнен на основе обычного низкочастотного трансформатора и весит примерно в два раза больше сотового телефона.

Использование микросхемы LNK501 позволило изготовить очень легкое и миниатюрное зарядное устройство, его схема приведена на рис. 4.5.

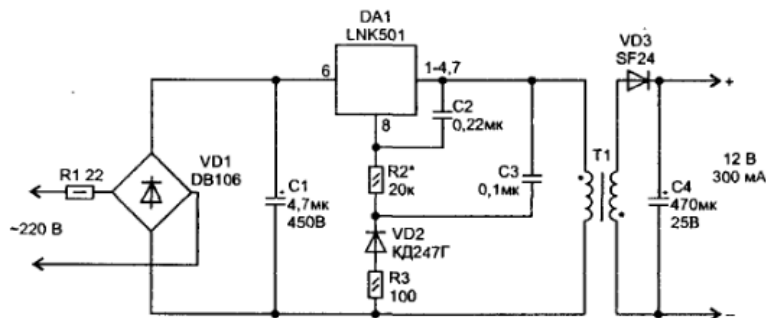


Рис. 4.5. Принципиальная схема зарядного устройства для сотового телефона Alcatel 320

Трансформатор T1 выполнен на ферритовом кольце с зазором. Произведем его расчет и определение параметров других элементов устройства в соответствии с методикой, изложенной в [4]. Исходными данными для расчета будут напряжение и ток в точке перехода между режимами стабилизации тока и напряжения CC-CU. Выберем их такими же, как и для использовавшегося в зарядном устройстве адаптера — 12 В и 300 мА, максимальная выходная мощность составляет 3,6 Вт.

Зададимся напряжением U_{OR} в середине рекомендуемого диапазона — 50 В. Рассчитаем сопротивление резистора R2:

$$R2 = (1,1U_{OR} - 5,8)/2,3 = 21 \text{ кОм.}$$

При выходном напряжении 12 В обратное напряжение, прикладываемое к выпрямительному диоду во вторичной цепи VD3, довольно велико и диод Шоттки неприменим. При расчете коэффициента трансформации T1 в соответствующую формулу в качестве падения напряжения на этом диоде подставим рекомендуемую разработчиком величину 1,1 В.

$$K = U_{OR}/(U_{ВЫХ} + 1,1) = 50/13,1 = 3,82.$$

Обратное напряжение, прикладываемое к выпрямительному диоду во вторичной цепи, составит:

$$U_{\text{БРВДЗ}} = 360/3,82 + 12 = 106 \text{ В.}$$

Средний прямой ток через VD3 равен выходному, т. е. 300 мА, а его рабочий ток должен выбираться в четыре раза больше, 1,2 А. Подойдут быстродействующие диоды на ток и напряжение не менее 1,5 А и 150 В соответственно, например, HER203 (2 А, 200 В, время восстановления 50 нс), SF24 (2 А, 200 В, 35 нс) и другие аналогичные.

Рассчитаем индуктивность первичной обмотки трансформатора:

$$L1 = 0,92P_{\text{ВЫХ}}/0,92 \times 3,6 = 3,312 \text{ мГн.}$$

Как указано в [4], ток, при котором трансформатор не должен насыщаться, составляет 267 мА. Для выбора сердечника трансформатора по методике, приведенной в статье [5], необходимо знать величину I^2L :

$$I^2L = 0,267^2 \times 3312 = 236 \text{ А}^2\text{мкГн.}$$

В соответствии с табл. 1 статьи [5] при зазоре 0,25 мм подойдут ферритовые кольца с размерами $18 \times 14 \times 12$, $20 \times 12 \times 6$, $20 \times 12 \times 7,5$ мм и другие, большего диаметра. Некоторые кольца меньшего размера могут обеспечить указанную величину I^2L по насыщению, но не имеют необходимого запаса I^2L по заполнению для размещения вторичной обмотки. У автора в наличии было кольцо типоразмера $20 \times 12 \times 6$ мм из феррита M1500, оно и использовалось для изготовления трансформатора.

Поскольку кольцо при зазоре 0,25 мм имеет запас по величине I^2L , было принято решение для уменьшения числа витков уменьшить зазор, точнее, сделать два зазора по 0,1 мм.

Как указано в [5], в этом случае табличное значение коэффициента индуктивности A_L для половинного зазора Δ следует уменьшить в два раза, а табличное значение I^2L — удвоить. В табл. 1 статьи [5] нет значений необходимых величин для зазора 0,1 мм, рассчитаем их. Периметр сечения выбранного кольца составляет

$$p = 20 - 12 + 2 \times 6 = 20 \text{ мм,}$$

откуда величина

$$\beta = \Delta/p = 0,1/20 = 0,005.$$

По графику на рис. 2 в [5] найдем величину α , характеризующую отношение эффективного зазора к его геометрической величине, она составит около 0,87, а сам эффективный зазор будет равен

$$\Delta_{\text{ЭФФ}} = 0,87 \times 0,1 = 0,087 \text{ мм.}$$

Рассчитаем значение A_L для этого зазора:

$$A_L = \mu_0 S_{\text{ЭФФ}}/\Delta_{\text{ЭФФ}} = 1,257 \times 10^{-3} \times 23,5/0,087 = 0,33 \text{ мкГн,}$$

где значение $S_{\text{ЭФФ}} = 23,5 \text{ мм}^2$ взято для выбранного сердечника из табл. 1 статьи [5].

Половина этой величины (0,165 мкГн) и должна использоваться в расчете числа витков первичной обмотки N1.

$$N1 = \sqrt{\frac{L1}{A_L}} = \sqrt{\frac{3312}{0,165}} = 142.$$

Максимально допустимый ток через обмотку с таким числом витков и с двумя эффективными зазорами по 0,087 мм составит:

$$I_{\text{МАХ}} = 2 \times 240\Delta_{\text{ЭФФ}}/N1 = 2 \times 240 \times 0,087/142 = 294 \text{ мА,}$$

что вполне достаточно.

Практически трудно выдержать точный зазор при столь малой его величине, поэтому полученные значения следует принять за отправные. Реально трансформатор изготовлялся так. Ферритовое кольцо было надпилено алмазным надфилем и разломлено на две половины. На него было одето резиновое кольцо подходящего диаметра, в зазоры вложены кусочки бумаги для принтера (толщина около 0,1 мм). Пробная обмотка из десяти витков, намотанных на кольцо, имела индуктивность 13,1 мкГн, откуда

$$A_L = 13,1/10^2 = 0,131,$$

что несколько ниже рассчитанной выше величины. Это означает, что для получения нужной индуктивности нужно намотать несколько больше витков, а значение максимального тока будет получено с большим запасом.

Обмотка была снята, кольцо, стянутое резинкой, было склеено эпоксидным клеем. При склейке следует помнить, что бумажные прокладки должны входить в зазор не более чем на его половину, иначе прочность кольца будет недостаточной. Далее намотка происходила, как обычно, — закрулены кромки, кольцо обмотано фторопластовой пленкой, намотана первичная обмотка из

$$N1 = \sqrt{\frac{L1}{A_L}} = \sqrt{\frac{3312}{0,131}} = 159$$

витков с небольшим запасом по длине провода. Индуктивность получилась чуть меньше необходимой, потребовалось домотать три витка. Для намотки использовался провод ПЭШО диаметром 0,15 мм.

Первичная обмотка была изолирована фторопластовой пленкой и поверх нее намотана вторичная из $N_2 = N_1/K = 162/3,82 = 43$ витков провода ПЭШО диаметром 0,45 мм.

Остальные элементы выбраны по рекомендациям статьи [4]. Диод VD2 должен иметь рабочее напряжение не менее 600 В и ток 1 А. Подойдут HER106 (600 В, 1 А, время восстановления 70 нс), SF18 (600 В, 1 А, 35 нс), рекомендуемый изготовителем диод 1N4937 и другие с близкими параметрами.

Все элементы зарядного устройства установлены на печатной плате размерами 41 × 60 мм, которая установлена в корпус неисправного адаптера. Высота крышки корпуса уменьшена, поскольку высота деталей, установленных на плате, не превышает 10 мм.

При первом включении выяснилось, что при резистивной нагрузке 40 Ом, соответствующей 12 В и 300 мА, зарядное устройство не запускается. Оно хорошо начинает работать на холостом ходу или когда последовательно с указанной нагрузкой включены три кремниевых диода в прямом направлении. Это свойство преобразователя совершенно не мешает его работе в составе зарядного устройства. Для обеспечения перехода между режимами CC-CU при напряжении 12 В был подобран резистор R2 несколько меньшего номинала — 19,9 кОм.

На рис. 4.6 приведена нагрузочная характеристика собранного устройства, снятая при напряжении сети 220 В. Нестабильность выходного тока при изменении выходного напряжения от 8 до 12 В не превышает 10 %, а нестабильность выходного напряжения при изменении выходного тока в пределах от 150 до 330 мА — менее 0,5 В.

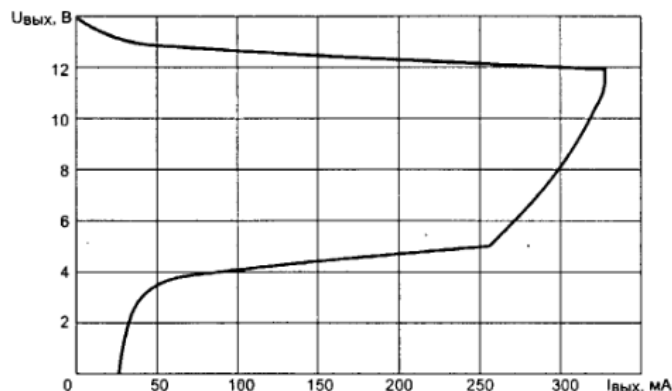


Рис. 4.6. Нагрузочная характеристика зарядного устройства для сотового телефона

Чертеж печатной платы зарядного устройства можно найти на сайте журнала «Схемотехника» по адресу <http://www.dian.ru/programs> в архиве 2003_12_Lnk501.

Зарядно-разрядное устройство для аккумуляторной электродрели

Зарядное устройство для аккумуляторной батареи электродрели RTD1808BGS (18 В, 1,2 А · ч), входящее в ее комплект, выполнено по простейшей схеме и не может обеспечить нормальную зарядку батареи. Доработка, предлагаемая в статье [6], облегчает эксплуатацию дрели лишь тогда, когда напряжение в сети близко к номинальному. В сельской местности напряжение нередко падает до крайне низкого уровня, например, 160 В, при котором зарядка становится невозможной.

На микросхеме LNK501 можно построить устройство, обеспечивающее зарядку батареи постоянным током при колебаниях напряжения сети в широких пределах. Полезно его также дополнить таймером на время зарядки и разрядной цепью, разрешающей процесс зарядки только после полной разрядки батареи, что гарантирует исключение появления так называемого «эффекта памяти» Ni-Cd-аккумуляторов.

Схема предлагаемого устройства приведена на рис. 4.7 и 4.8. Собственно двухрежимный (стабилизация тока — стабилизация напряжения) источник питания (рис. 4.7) собран по стандартной схеме [4] и размещен в корпусе сетевого адаптера Д2-37. На рис. 4.8 приведена схема таймера и разрядной цепи, являющейся модификацией устройства, описанного в статье [7].

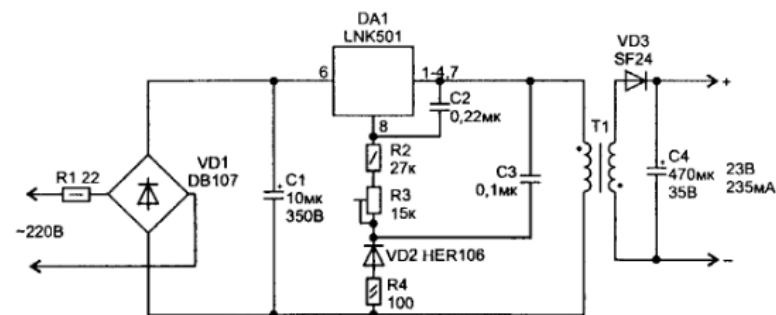


Рис. 4.7. Источник питания зарядного устройства аккумуляторной электродрели

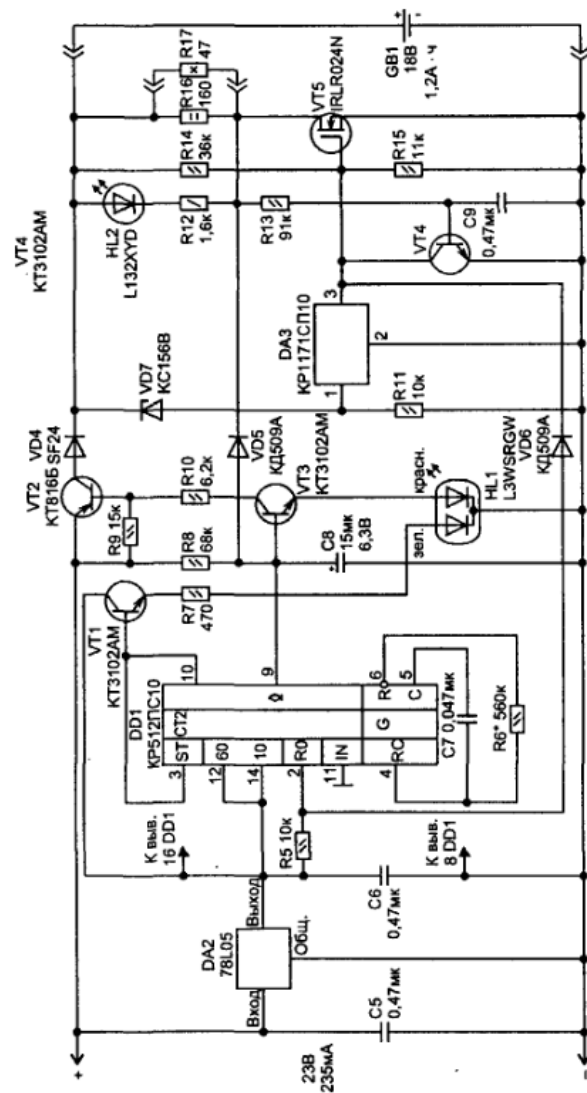


Рис. 4.8. Таймер и разрядная цепь

Максимальная выходная мощность источника на микросхеме LNK501 в стандартном включении составляет 4 Вт, что несколько маловато для быстрой зарядки батареи. Для получения максимально возможной выходной мощности было решено увеличить значение напряжения U_{OR} до 80 В в расчете на выходную мощность 5,5 Вт. Такая мощность обеспечивает при напряжении 23 В (это напряжение на полностью заряженной батарее в конце зарядки при наличии зарядного тока плюс падение на разделительном диоде и ключевом транзисторе) зарядный ток 240 мА, достаточный (при учете отвлечения тока в таймер и элементы разрядной цепи) для зарядки батареи за 8 часов.

Расчет источника проведем аналогично рассмотренному выше зарядному устройству для сотового телефона.

$$R2 = (1,1U_{OR} - 5,8)/2,3 = 35,7 \text{ кОм.}$$

Для облегчения подстройки выходного напряжения разделим резистор на два — постоянный 27 кОм и подстроечный 15 кОм.

При расчете коэффициента трансформации $T1$ в соответствующую формулу в качестве падения напряжения на выпрямительном диоде вторичной цепи подставим 0,95 В — значение для диода SF24.

$$K = U_{OR}/(U_{ВЫХ} + 0,95) = 80/23,95 = 3,34.$$

Обратное напряжение, прикладываемое к выпрямительному диоду во вторичной цепи, составит:

$$U_{OБPVD3} = 360/3,34 + 23 = 130 \text{ В.}$$

Установка диода SF24 (2 А, 200 В) вполне уместна.

Рассчитаем индуктивность первичной обмотки трансформатора:

$$L1 = 0,92P_{ВЫХ} = 0,92 \times 5,5 = 5,06 \text{ мГн.}$$

Выбор сердечника трансформатора проведем так же, как и для предыдущего устройства:

$$I^2L = 0,267^2 \times 5060 = 361 \text{ А}^2\text{мкГн.}$$

В соответствии с табл. 1 статьи [5] при несколько большем зазоре, чем 0,25 мм, подойдет ферритовое кольцо с размерами $20 \times 12 \times 6$. При склейке половин разломанного кольца зазор был подобран таким, чтобы индуктивность десяти витков составляла 12 мкГн, т. е. $A_L = 0,12 \text{ мкГн.}$

Рассчитаем число витков первичной обмотки:

$$N1 = \sqrt{\frac{LI}{A_L}} = \sqrt{\frac{5060}{0,12}} = 206.$$

Проверим, выдержит ли без насыщения сердечник с такой обмоткой максимальный ток ограничения микросхемы LNK501, составляющий 267 мА.

Для этого из формулы статьи [5]

$$A_L = \mu_0 S_{эфф} / \Delta_{эфф}$$

найдем $\Delta_{эфф}$:

$$\Delta_{эфф} = \mu_0 S_{эфф} / A_L = 1,257 \times 10^{-3} \times 23,5 / 0,12 = 0,246 \text{ мм},$$

где значение $S_{эфф} = 23,5 \text{ мм}^2$ взято для выбранного сердечника из табл. 1 статьи [5].

Максимально допустимый ток через обмотку с эффективным зазором 0,246 мм составит:

$$I_{MAX} = 240 \Delta_{эфф} / N1 = 240 \times 0,246 / 206 = 286 \text{ мА},$$

что вполне достаточно.

Проверим, возможна ли работа преобразователя с прерывистым режимом магнитного потока при указанной выходной мощности и напряжении сети 170 В. Рассчитаем минимальное напряжение на конденсаторе C1 по соответствующей формуле статьи [1].

$$U_{MIN} = \sqrt{2(U_{CMIN})^2 - 14000 \times P_{OUT} / (\eta C_{IN})} = \\ = \sqrt{2 \times 170^2 - 14000 \times 5,5 / (0,7 \times 10)} = 216 \text{ В}.$$

Предположим, что реализуется прерывистый режим работы преобразователя, в этом случае длительность прямого хода составит:

$$t_{ПРЯМ} = I_{MAX} L1 / U_{MIN} = 0,267 \times 5,06 \times 10^{-3} / 216 = 6,25 \text{ мкс},$$

где I_{MAX} — максимальный ток ограничения микросхемы.

Длительность обратного хода во столько раз больше длительности прямого, во сколько напряжение U_{MIN} больше U_{OR} :

$$t_{ОБР} = t_{ПРЯМ} U_{MIN} / U_{OR} = 6,25 \times 216 / 80 = 16,88 \text{ мкс}.$$

Частота, на которой реализуется прерывистый режим,

$$F = 1 / (t_{ПРЯМ} + t_{ОБР}) = 1 / (6,25 + 16,88) = 43,2 \text{ кГц}$$

даже несколько больше номинальной частоты работы микросхемы. Это позволяет рассчитывать, что при напряжении сети, близком к 170 В, еще будет сохраняться прерывистый режим работы, а при меньшем возможен переход в непрерывный режим.

Первичная обмотка трансформатора наматывалась проводом ПЭШО диаметром 0,15 мм, вторичная из $N2 = N1/K = 206/3,34 = 62$ витка — проводом ПЭШО диаметром 0,38 мм.

Все элементы источника питания зарядного устройства установлены на печатной плате размерами 45 × 60 мм.

Выходная нагрузочная характеристика преобразователя при напряжении сети 220 В приведена на рис. 4.9. Точка переключения режима стабилизации резистором R3 была установлена при выходном напряжении 23 В, при этом выходной ток составил 235 мА, выходная мощность — 5,4 Вт. Нестабильность выходного тока при изменении выходного напряжения от 9,5 до 23 В не превышает 5 %, а неустойчивость выходного напряжения при изменении выходного тока в пределах от 75 до 235 мА — менее 1 В. При снижении сетевого напряжения до 150 В нагрузочная характеристика практически не изменяется.

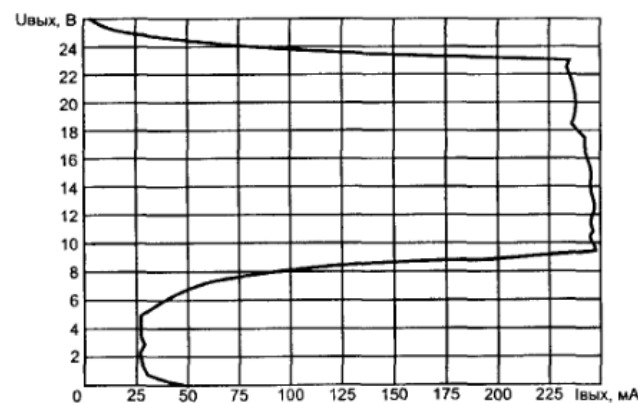


Рис. 4.9. Нагрузочная характеристика зарядного устройства аккумуляторной электродвигателя

Таймер зарядного устройства выполнен на основе микросхемы KP512ПC10 [8, 9], а разрядная цепь — на микросхеме KP1171CП10 [10] и полевом транзисторе IRLR024N (рис. 4.8). Эти узлы собраны на печатной плате округлой формы с габаритными размерами 55 × 70 мм. Плата установлена в коробке, в которой были размещены ограничи-

тельный резистор и индикаторные светодиоды штатного зарядного устройства и служившей также для стыковки кабеля от адаптера с контактами аккумулятора.

При подключении этих узлов к аккумулятору конденсатор C9 разряжен, транзистор VT4 закрыт и не влияет на работу разрядной цепи. Если батарея разряжена не полностью, ее напряжения, уменьшенного делителем VD7R11 примерно до 10 В, достаточно для переключения микросхемы DA3. Выходной ключевой транзистор микросхемы закрывается, на затвор транзистора VT5 с делителя R14R15 поступает напряжение, достаточное для его включения. Начинается разрядка аккумулятора через резистор R16 и, при его установке, R17. Режим разрядки индицируется светодиодом HL2 желтого цвета.

Ток разрядки через резистор R16, установленный на плате, составляет около 115 мА, ток через другие резисторы разрядной цепи — 15 мА, общий ток — 130 мА, и разрядка полностью заряженного аккумулятора будет происходить примерно 9 ч. Резистор с существенно меньшим сопротивлением устанавливать в коробку нельзя из-за большой выделяемой мощности. Для ускорения разрядки на плате предусмотрены два гнезда под штыри диаметром 1 мм от разъема 2PM, в которые можно включить внешний остеклованный резистор R17. При его сопротивлении, указанном на схеме, общий разрядный ток составит 530 мА и время разрядки — немного более двух часов.

Порядок подключения зарядно-разрядного устройства к аккумулятору и сети не принципиален. При включении преобразователя его выходное напряжение через стабилизатор DA2 поступает на микросхему DD1. Эта микросхема представляет собой генератор с внешней времязадающей цепью R6C7 и делитель частоты с управляемым коэффициентом деления [8, 9]. На катоде диода VD6 присутствует напряжение около 4,5 В с делителя R14R15, поэтому диод VD6 практически закрыт и на вход сброса R0 микросхемы через резистор R5 поступает сигнал лог. 1, счетчики микросхемы заторможены. На основном выходе 10 микросхемы — лог. 0, а на выходе с открытым стоком 9 благодаря подключению входа IN к общему проводу сигнал противофазен выходу 10 и выходной транзистор микросхемы закрыт. На базе транзистора VT3, однако, напряжение не превышает 0,7 В, поскольку она через диод VD5 и открытый транзистор VT5 подключена к общему проводу. Транзистор VT3 закрыт, также закрыт и VT2. Закрыт и транзистор VT1, ни один из кристаллов двуцветного светодиода HL1 не светится.

По мере разрядки аккумулятора напряжение на входе 1 микросхемы DA3 понижается, и когда оно достигнет порога ее переключения, выходной транзистор микросхемы включится, на ее выходе 3 напря-

жение упадет практически до нуля, транзистор VT5 закроется. Напряжение с его стока через резистор R13 поступит на базу транзистора VT4, он откроется и будет поддерживать нулевое напряжение на затворе VT5 независимо от состояния выхода микросхемы DA3.

Диод VD5 закрывается, ток через резистор R8 открывает транзисторы VT3 и VT2. Ток преобразователя начинает заряжать аккумулятор. В свою очередь, диод VD6 открывается, на входе R0 микросхемы DD1 появляется лог. 0, счетчики микросхемы начинают пересчитывать частоту генератора. Загорается красный кристалл светодиода HL1, включенный в цепь эмиттера транзистора VT3, светодиод HL2 гаснет. Конденсатор C8 обеспечивает небольшую задержку включения транзисторов VT3 и VT2, что исключает обратное включение транзистора VT5 за счет срабатывания DA3 при росте напряжения на аккумуляторе в момент появления зарядного тока. За время этой задержки успевает зарядиться конденсатор C9, включается, как указывалось выше, транзистор VT4 и надежно закрывается VT5.

Период импульсов генератора составляет около

$$T = 1,8R6C7 = 47,4 \text{ мс.}$$

Микросхема KP512PC10 имеет пять входов управления коэффициентом пересчета K. При подаче лог. 1 на входы 10 и 60 он составит

$$K = 2048 \times 10 \times 60 = 1228800,$$

а период выходного «меандра»

$$T_{\text{вых}} = KT = 0,474 \times 1228800 = 58215 \text{ с} \approx 16 \text{ ч.}$$

Через половину этого периода — 8 ч — на выходе 9 микросхемы DD1 появится лог. 0, транзисторы VT3 и VT2 закроются, зарядка прекратится. Погаснет красный кристалл светодиода HL1. Лог. 1 с выхода 10 микросхемы поступит на ее вход ST, остановит счетчики микросхемы и включит зеленый кристалл HL1, сигнализирующий об окончании зарядки.

Разрядку аккумулятора можно производить как с подключенным, так и с отключенным преобразователем, поскольку при отсутствии напряжения питания таймера все его цепи отключены закрытыми диодами VD4—VD6.

В устройстве использованы резисторы МТ и МЛТ указанной на схеме мощности, R3 — СПЗ-19а, C1 и C4 — импортные аналоги K50-35, C3 и C7 — K73-17 на 250 В, C8 — K53-16, можно заменить на любой другой оксидный, C2, C5, C6 и C9 — КМ-6. Замены диодов преобразователя приведены при описании предыдущего устройства, диоды

VD5 и VD6 — любые кремниевые маломощные, VD4 желательно установить с малым падением напряжения, подойдут диоды Шоттки на напряжение не менее 30 В, например, 1N5818, 1N5819, SR150, SR106. Светодиод HL1 — любой двухцветный или два обычных, HL2 — отличного от HL1 цвета. Биполярные транзисторы таймера и разрядной цепи также должны быть рассчитаны на напряжение не менее 30 В и иметь коэффициент передачи тока базы не менее 100. Полевой транзистор VT5 использован в корпусе для поверхностного монтажа, он занимает меньше места на плате и дешевле. Можно установить практически любой мощный с каналом n-типа, например IRFZ34N. Микросхема KP1171СП10 заменима на другие микросхемы той же серии, желательно на напряжение не менее 7 В, при этом необходимо подобрать соответствующий стабилитрон VD7.

Настройка преобразователя заключается в установке на нужное напряжение точки переключения режимов стабилизации резистором R3. Удобнее всего это сделать, соединив параллельно выход регулируемого источника постоянного напряжения 0...25 В, 1 А, выход настраиваемого преобразователя и остеклованный резистор сопротивлением 20...24 Ом мощностью 25 Вт.

Установив на выходе первого источника необходимое напряжение, в данном случае 23 В, подстройкой резистора R3 следует добиться максимального выходного тока преобразователя. Плавно регулируя выходное напряжение первого источника и контролируя выходной ток преобразователя, можно снять характеристику, подобную приведенной на рис. 4.9. Просто нагружая выход преобразователя на переменный резистор, снять полностью его нагрузочную характеристику нельзя.

Напряжение, до которого будет разряжаться аккумулятор, устанавливают подборкой стабилитрона VD7. Для этого соединяют перемычкой базу и эмиттер транзистора VT4 и подключают вместо аккумулятора регулируемый источник постоянного напряжения. Плавно регулируя выходное напряжение источника и подбирая VD7, добиваются включения светодиода HL2 при напряжении 15...15,5 В. Снимают перемычку.

Для определения времени работы таймера можно измерить реальный ток зарядки аккумулятора (он меньше 235 мА на величину потребления таймером и делителями разрядной цепи) и рассчитать, за какое время аккумулятор получит заряд, в полтора раза превышающий его номинальную емкость. Лучше, однако, поступить так. Замкнув вывод 4 микросхемы DD1 на общий провод, подключить аккумулятор к устройству, настроенному по указаниям, приведенным выше. Аккумулятор должен полностью разрядиться, время, в которое

начнется зарядка, следует записать. Далее каждые полчаса, а в конце зарядки — чаще, необходимо цифровым вольтметром измерять напряжение на аккумуляторе. Пока идет зарядка, оно будет расти. Когда же зарядка закончится, большая часть энергии зарядного тока начнет превращаться в тепло и напряжение на аккумуляторе начнет падать. В этот момент зарядку необходимо прекратить, а определенное таким образом время зарядки использовать для установки частоты генератора. Для того чтобы увеличить точность отсчета по вольтметру на 3,5 знака (например, M-832), последовательно с ним можно включить резистор 200 кОм. Показания вольтметра станут заниженными, можно будет переключиться на диапазон 20 В, где цена младшего разряда будет в 10 раз меньше.

Чтобы проще всего установить частоту генератора, следует входы 10 и 60 микросхемы DD1 временно отключить от цепи +5 В. В этом случае период импульсов с ее выходов уменьшится в 600 раз, соответственно уменьшится и время работы таймера. Далее, контролируя работу таймера по секундной стрелке часов, подбором резистора R6 установить время работы в секундах в шесть раз больше необходимого времени работы в часах, например, для получения времени зарядки аккумулятора 8 ч необходимо установить время работы таймера 48 с.

Для того чтобы зарядку аккумулятора можно было начинать без его предварительной разрядки, устройство можно дополнить кнопкой, замыкающей затвор и исток транзистора VT5. Кратковременное нажатие на эту кнопку будет приводить к переходу из режима разрядки в режим зарядки.

Зарядно-разрядное устройство можно перерасчитать и для аккумулятора с другими параметрами. При необходимости уменьшить выходную мощность нужно пропорционально уменьшить индуктивность первичной обмотки трансформатора T1, выходное напряжение устанавливается изменением числа витков вторичной обмотки. В таймере важно обеспечить базовый ток транзистора VT2, обеспечивающий его глубокое насыщение. Делитель R14—R15 цепи разряда при минимальном напряжении аккумулятора должен подавать на затвор VT5 4 В.

Литература

1. Бирюков С. Сетевые обратноходовые источники питания на микросхемах серии TOP22х. — Схемотехника, 2002, № 7, с. 6—10, № 8, с. 7—9, № 9, с. 7, 8.
2. Бирюков С. Сетевые обратноходовые источники питания на микросхемах TOPSwitch-FX. — Схемотехника, 2002, № 10, с. 14—17, № 11, с. 9—11.

3. Бирюков С. Сетевые обратноходовые источники питания на микросхемах TOPSwitch-GX. — Схемотехника, 2003, № 1, с. 6—11, № 2, с. 6—8.
4. Бирюков С. Сетевые обратноходовые источники питания на микросхемах LinkSwitch. — Схемотехника, 2003, № 11, с. 6—9.
5. Бирюков С. Дроссели для импульсных источников питания на ферритовых кольцах. Схемотехника, 2002, № 6, с. 4—7.
6. Алешин П. Усовершенствование зарядного устройства. — Схемотехника, 2003, № 8, с. 17.
7. Алешин П. Устройство для разрядки аккумуляторов. — Схемотехника, 2002, № 12, с. 16.
8. Бирюков С. Генератор-делитель частоты KP512PC10. — Радио, 2000, № 7, с. 51—53.
9. Бирюков С. Применение микросхемы KP512PC10. — Радио, 2000, № 8, с. 44.
10. Микросхемы для линейных источников питания и их применение. — М.: Додэка, 1998.

Глава 5. Стабилизатор частоты проекции кинофильмов для перезаписи на видео

С. Бирюков

г. Москва

Применение стабилизатора частоты проекции при пересъемке любительских кинофильмов на видеопленку необходимо для исключения мерцания изображения. Здесь предлагается описание простого стабилизатора, полностью уместающегося внутри кинопроектора «Русь» и не требующего дополнительных источников питания. Простота конструкции во многом обеспечена за счет оптимального схемотехнического построения и применения специализированных микросхем.

Описанный в [1] стабилизатор частоты проекции сложен и требует четырех дополнительных источников питания. Применение специализированной микросхемы регулирования мощности KP1182PM1 [2] и цифрового таймера на основе микросхемы KP512PC10 [3, 4] позволяет резко упростить стабилизатор и избавиться от внешних источников.

Схема предлагаемого устройства приведена на рис. 5.1.

В его состав входят формирователь сигнала фотодатчика DD1.1, делитель частоты импульсов на два DD4.2, цифровой одновибратор на микросхеме DD3 и триггере DD4.1, элементы формирования сигналов рассогласования DD1.4 и DD2.3, пропорционально интегрирующая цепь R7C6, повторитель DA2 и фазоимпульсный регулятор напряжения DA3, подаваемого на электродвигатель проектора.

Устройство работает так. Сигнал с фотодатчика BL1 проходит через триггер Шмитта DD1.1 и превращается в последовательность импульсов с крутыми фронтами и спадами (рис. 5.2). Фронты импульсов дифференцирует цепь C1R3, после прохождения через триггер Шмитта DD1.2 и цепочку DD1.3, DD2.1 на выходе DD2.1 формируются импульсы низкого уровня с длительностью около 1,5 мкс.

По фронтам импульсов с выхода элемента DD1.1 переключается JK-триггер DD4.2, работающий в счетном режиме. На его инверсном выходе 14 формируется меандр с частотой, вдвое меньшей частоты импульсов фотодатчика. Цепочка DD1.3, DD2.1 несколько задерживает импульсы с выхода элемента DD1.2 для того, чтобы они приходили на вход 6 элемента DD2.2 позже, чем переключится сигнал на

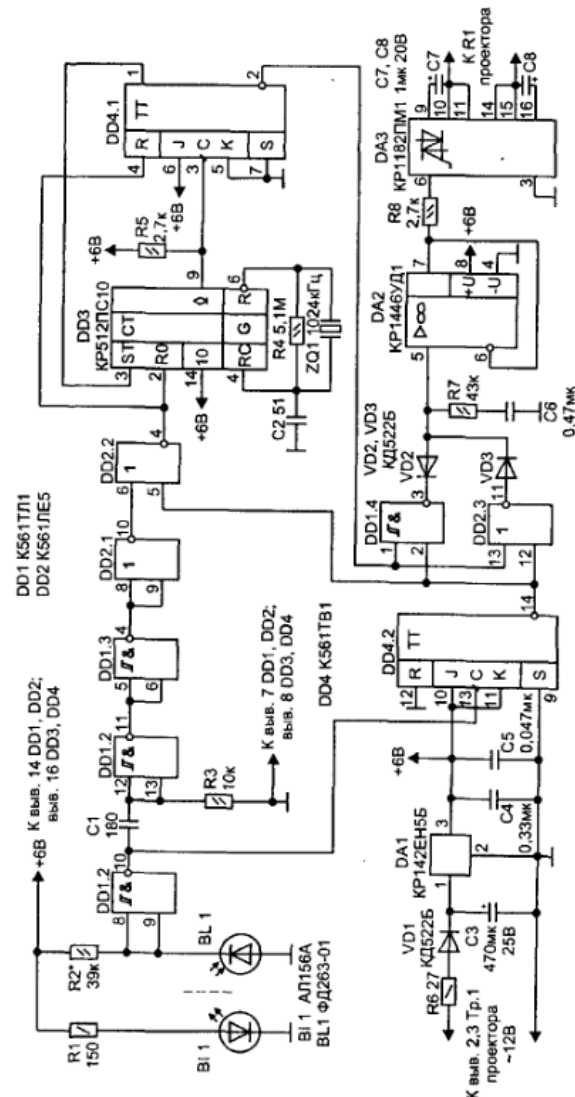


Рис. 5.1. Принципиальная схема упрощенного стабилизатора частоты

выходе 14 триггера DD4.2. Элемент ИЛИ-НЕ DD2.2, работающий здесь как элемент совпадения сигналов лог. 0, пропускает на свой выход каждый второй импульс с выхода DD2.1.

Эти импульсы, поступаая на входы R0 DD3 и R DD4.1, запускают построенный на этих элементах одновибратор. Стабилизированный кварцевым резонатором Z1 генератор микросхемы DD3 вырабатывает импульсы с частотой 1024 кГц. Коэффициент деления частоты в этой микросхеме установлен равным 20480, поэтому на выходе 9 микросхемы DD3 формируется меандр с частотой 50 Гц. После запуска он начинается с высокого уровня, поскольку при данном включении микросхемы DD3 выход 9 — инверсный. В результате спустя 20 мс после окончания импульса запуска на этом выходе возникает единичный перепад, устанавливающий триггер DD4.1 в единичное состояние. Высокий логический уровень с прямого выхода 1 триггера DD4.1 поступает на вход ST микросхемы DD3 и останавливает процесс деления частоты до поступления нового импульса на вход R0. Низкий уровень напряжения с инверсного выхода 2 триггера DD4.1 поступает на входы элементов формирования сигналов рассогласования DD1.4 и DD2.3.

Если частота импульсов от фотодатчика меньше 50 Гц (рис. 5.2, а), на входах элемента DD2.3 перекрываются во времени окончание импульса низкого уровня с выхода 14 триггера DD4.2 и начало импульса низкого уровня с выхода 2 DD4.1. На выходе 11 элемента DD2.3 формируются импульсы высокого уровня, длительность которых пропорциональна отклонению периода фотодатчика от точного значения 20 мс. Эти импульсы через диод VD3 и резистор R7 постепенно заряжают конденсатор C6, напряжение на нем увеличивается.

Через повторитель на ОУ DA2 напряжение с резистора R7 и конденсатора C6 поступает на вход управления (вывод 6) фазоимпульсного регулятора напряжения, подаваемого на электродвигатель проектора, DA3. Увеличение управляющего напряжения приводит к уменьшению задержки подачи напряжения на электродвигатель относительно начала полуцикла и к увеличению частоты его вращения.

Если частота вращения больше необходимой (рис. 5.2, б), окончание импульса высокого уровня с инверсного выхода 2 триггера DD4.1 перекрывается во времени с началом импульса высокого уровня на выходе 14 триггера DD4.2. На выходе 3 элемента DD1.4 формируются импульсы низкого уровня, длительность которых также пропорциональна отклонению периода фотодатчика от точного значения.

Эти импульсы через диод VD2 и резистор R7 разряжают конденсатор C6, напряжение на нем уменьшается, частота вращения двигателя также уменьшается.

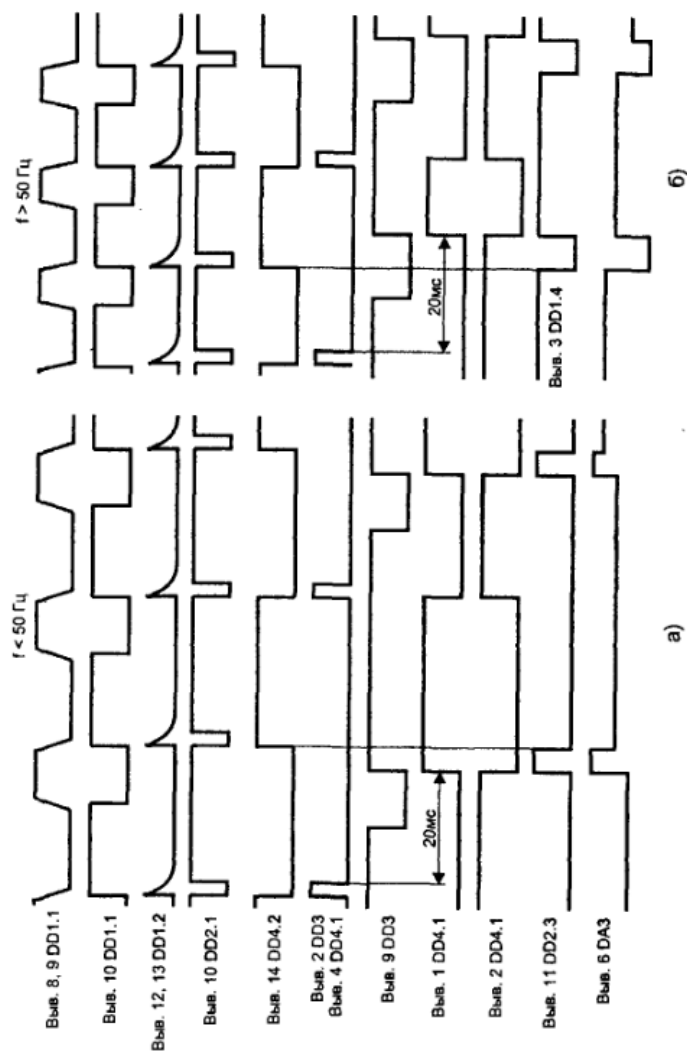


Рис. 5.2. Диаграммы напряжений

Если частота импульсов от фотодатчика равна 50 Гц, что соответствует требуемой скорости проекции 16,7 кадр/с, элементы DD1.4 и DD2.3 не срабатывают. Повторитель на КМОП ОУ DA2 имеет ничтожно малый входной ток, поэтому напряжение на конденсаторе С6 не меняется, частота проекции стабилизируется.

Снятие сигнала на ОУ DA2 с последовательно включенных резистора R7 и конденсатора С6 превращает обычно применяемую в таких случаях интегрирующую цепь в пропорционально интегрирующую. Это позволяет получить хорошую устойчивость цепи авторегулирования и достаточно малое время установления заданной частоты вращения.

Резистор R8 ограничивает входной ток микросхемы DA3 при переходных процессах и в случае срабатывания ее тепловой защиты.

Питание устройство получает от части обмотки трансформатора проектора, предназначенной для включения лампы с пониженной яркостью. Узел питания содержит однополупериодный выпрямитель на диоде VD1, сглаживающий конденсатор С3 и стабилизатор напряжения на микросхеме DA1 [5].

Выходы микросхемы фазоимпульсного регулятора напряжения DA3 подключены к выводам проволочного остеклованного резистора номиналом 150 Ом проектора (R1 по заводской «Инструкции к пользованию»). От этого резистора следует отпаять имеющийся конденсатор, а также разорвать цепь подвижного контакта переключателя ПК1 проектора, установленного на октальной панели для подключения синхронизатора аудиоманитофона. Проще всего отпаять средний провод, идущий к этому переключателю, и заизолировать его. Следует также проверить отсутствие соединения сетевой цепи и цепи проекционной лампы во всех положениях переключателей. В проекторе автора при нажатии на клавишу включения проекционной лампы происходило замыкание контактов 3 и 4 контактной группы этой клавиши, что приводило к соединению цепей включения настольной и проекционной ламп. Устранить этот дефект, который мог привести к выходу из строя всех микросхем стабилизатора, удалось подгибанием контактов 4 и 5 этой группы.

Все элементы стабилизатора частоты вращения установлены на Г-образной печатной плате с габаритными размерами $60 \times 105 \text{ мм}$ из двусторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм (рис. 5.3).

Фольга на стороне установки элементов сохранена почти полностью и выполняет роль общего провода. Пайка к ней обозначена крестиками. Прямоугольный участок фольги вокруг микросхемы DA3, ограниченный на рис. 5.3 штрихпунктирной линией, отделен от остальной части. К нему подпаяны выводы 4, 5, 12 и 13 микросхемы DA3,

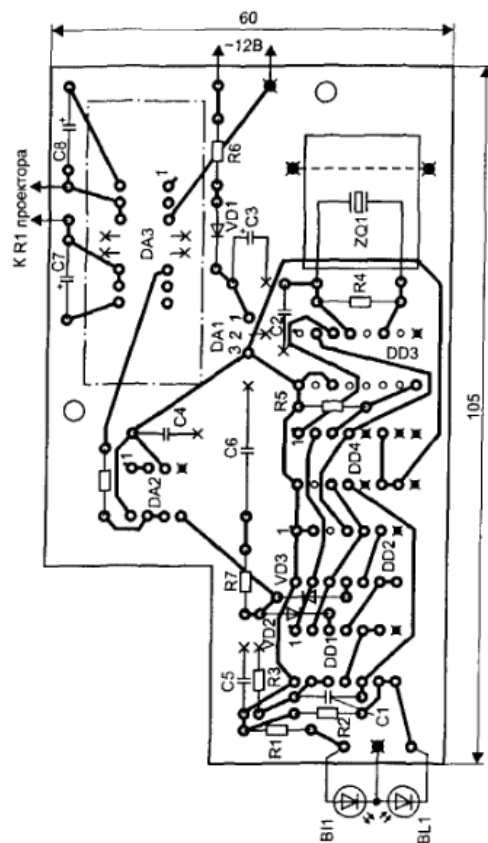


Рис. 5.3. Печатная плата стабилизатора частоты

что улучшает отвод тепла от нее и облегчает тепловой режим. Фольга снята также вокруг штырьков, не соединенных с общим проводом, и в местах крепления платы к кронштейнам.

В устройстве применены резисторы МЛТ соответствующей мощности, конденсаторы КМ-5 и КМ-6 (C1, C2, C4, C5), импортный аналог K50-35 (C3), K73-17 на напряжение 63 В (C6), K53-1 (C7, C8). Возможно применение и любых других керамических, металлопленочных и оксидных конденсаторов в соответствующих позициях.

Микросхемы серии K561 можно заменить на аналогичные серий KP1561 или K564, в последнем случае потребуется переработка печатной платы. Кварцевый резонатор использован типа РГ-06 в металлическом корпусе. Если резонатор имеет частоту 512 кГц, из схемы исключают триггер DD4.1. Ко входу ST микросхемы DD3 подключают ее прямой выход (вывод 10) [3], а ко входам DD1.4 и DD2.3 — выход 9 с резистором R5.

Если есть резонатор на частоту 819,2 кГц, в качестве DD3 можно установить микросхему K176IE5. В этом случае ее выход 2¹⁴ (вывод 4) через неиспользуемый инвертор микросхемы DD2 следует подключить ко входу С триггера DD4.1, резистор R5 не нужен.

Микросхему K561TB1 можно заменить на K561TM2. У триггера DD4.1 вход D соединяют с цепью +6 В, у DD4.2 — с его инверсным выходом.

Микросхему KP1446UD1 можно заменить на любой ОУ этой серии [6], а KP142EH5B — на любой стабилизатор напряжения на 6 В [5] с мощностью рассеивания не менее 1 Вт.

Кварцевый резонатор Z1 закреплен проволоочным хомутиком, впаянным в отверстия платы. Для подключения к резистору R1 проектора, к его трансформатору и к свето- и фотодиодам в плату впаяны штырьки диаметром 1 мм от разъема 2РМ.

В корпус проектора плата установлена при помощи двух кронштейнов, изготовленных из латунной полоски толщиной 1 мм и шириной 10 мм. Один из кронштейнов закреплен винтом хомута электродвигателя, другой — винтом переключателя напряжения сети.

Конструкция фотодатчика в основном соответствует описанной в [1]. Инфракрасный светодиод BL1 установлен со стороны обтюлятора, обращенной к проекционной лампе, а фотодиод BL1 — со стороны объектива. Зазор между ними следует выдержать минимально возможным. Фотодиод для исключения засветки проекционной лампой обклеен полоской черной бумаги, торец с выводами закрашен темной нитроэмалью.

При настройке стабилизатора не подключая выходы микросхемы DA3 к цепям проектора на место резистора R2 установить переменный с сопротивлением 100 кОм. При отсутствии лепестка обтюлятора между светодиодом и фотодиодом резистор установить в положение, при котором напряжение на входах DD1.1 относительно общего провода составляет около 1 В, заменить переменный резистор на постоянный вдвое большего сопротивления.

Далее проверить, что при малой частоте вращения напряжение на выходе ОУ DA2 близко к 5,5 В, а при повышении становится равным 0,5 В. Если это так, можно подключить выходы DA3 к цепям проек-

тора и проверить работу стабилизатора в целом. Если в процессе регулирования возникают автоколебания частоты вращения, можно повысить сопротивление резистора R7, но это приведет к увеличению времени установки скорости проекции после включения.

Перед подключением стабилизатора следует почистить проектор, смазать его и при необходимости отрегулировать, как рекомендовано в [1] и [7].

После окончательной установки платы следует убедиться, что никакие цепи стабилизатора и проектора не соединены с его корпусом.

Внимание! Все элементы конструкции имеют гальваническую связь с сетью, поэтому при настройке и эксплуатации устройства необходимо исключить возможность контакта с его цепями.

Литература

1. Журкин И. Стабилизатор частоты проекции кинофильмов для перезаписи на видео. — Радио, 1997, № 10, с. 46—48.
2. Кольцов И. Микросхема фазового регулятора KP1182ПМ1. — Схемотехника, 2001, № 10, с. 51—53.
3. Бирюков С. Генератор-делитель частоты KP512ПC10. — Радио, 2000, № 7, с. 51, 52.
4. Бирюков С. Применение микросхемы KP512ПC10. — Радио, 2000, № 8, с. 44.
5. Бирюков С. Микросхемные стабилизаторы напряжения широкого применения. — Радио, 1999, № 2, с. 69—71.
6. Христофоров С. Операционные усилители серий KP1446 и KФ1446. — Схемотехника, 2001, № 12, с. 61—64.
7. Водар А. Любительская перезапись с кино- на видеоленту. — Радио, 1997, № 9, с. 40, 41.

Глава 6. Элементы охранной сигнализации

Ю. Виноградов

г. Москва

Многие радиолюбители занимаются разработкой и изготовлением различных систем охранной сигнализации, которые находят применение дома, на даче, в торговых точках, в офисах, в автомобиле. В публикуемой статье описаны важные элементы таких систем: пиродатчики, радиопередатчики и канал лазерной связи.

Пиродатчик в охранной сигнализации

Пирозлектрический эффект — возникновение электрических зарядов на кристаллических структурах при их нагреве — лежит в основе датчиков, реагирующих на длинноволновое (тепловое) ИК-излучение, максимум которого приходится на длину волны:

$$\lambda_{\max} = 2892 / (T^{\circ} + t^{\circ}),$$

где $T^{\circ} = 273$, а t° — температура тела в $^{\circ}\text{C}$. Для человека с его $t^{\circ} = 37^{\circ}\text{C}$ $\lambda_{\max} \approx 9 \dots 10$ мкм.

Для компенсации температурных помех в пирозлектрический датчик вводят как минимум две идентичные, но встречноключенные структуры. Их синхронная засветка (нагрев) оставляют выходное напряжение неизменным, тогда как асинхронная преобразуется в электрический сигнал.

Поэтому и потому, что кристаллическая структура не «держит» возникший на ней электрический потенциал, пирозлектрические датчики обычно называют датчиками движения.

Так устроены и появившиеся на российском рынке пирозлектрические датчики фирмы MURATA, в частности — IRA-E710ST0 [1, 2, 3] (рис. 6.1, а). Термочувствительные элементы этого датчика закрыты фильтром, формирующим область его спектральной чувствительности — $5 \dots 14$ мкм. Поскольку выходное сопротивление кристаллических структур очень велико, непосредственно в датчик введен полевой транзистор (рис. 6.1, б).

Для организации асинхронного облучения чувствительных элементов датчика перед ним устанавливают так называемую модуляцион-

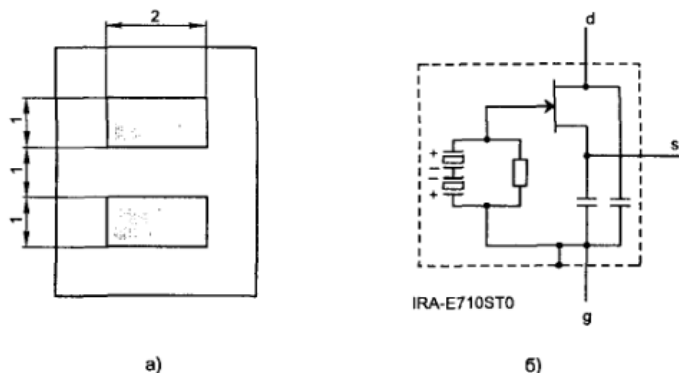


Рис. 6.1. Термочувствительные элементы датчика (а) и его схема с полевым транзистором (б)

ную решетку. Особый интерес представляют решетки с шагом, равным удвоенному шагу в расположении самих чувствительных элементов (в IRA-E710ST0 — 2 мм). На рис. 6.2 рассмотрен ход лучей в системе датчик—решетка в самом простом случае — когда модуляционной решеткой является одиночная двухмиллиметровая щель.

Если излучатель находится левее точки *a*, оба чувствительных элемента датчика оказываются в тени; соответственно: $e_1 + e_2 = 0$ ($e_1 = 0$, $e_2 = 0$). Перемещаясь от *a* к *b*, излучатель увеличивает освещение правого элемента датчика (освещается все большая его площадь). Соответственно, суммарное напряжение $e_1 + e_2$ увеличивается, достигая в точке *b* максимума ($e_1 \rightarrow +E_{\max}$, $e_2 = 0$). В зоне (*b*, *c*) — $e_1 + e_2 = +E_{\max}$. В зоне (*c*, *e*) возникает и увеличивается облучение левого элемента датчика. Соответственно, $e_1 + e_2$ уменьшается и в точке *e* становится равным нулю ($e_1 = +E_{\max}$, $e_2 = -E_{\max}$).

При перемещении излучателя от точки *e* к точке *h* все повторяется с той лишь разницей, что полярность выходного сигнала становится обратной.

Как это следует из графика на рис. 6.2, по ходу перемещения излучателя возникает зона шириной r_m , которой соответствует $+E_{\max}$.

Очевидно, при $r_m \supset r_{\text{изл}}$, где $r_{\text{изл}}$ — фронтальная ширина излучателя, чувствительность системы приблизится к максимальной.

Удаление модуляционной щели от датчика: $d(\text{мм}) = D/r_m$. Так, при $D = 4$ м и $r_{\text{изл}} = r_m = 0,5$ м («ширина» человека) — $d = 8$ мм.

Поскольку $E_{\text{пор}}$ — порог срабатывания системы — всегда меньше $+E_{\max}$, область обнаружения ИК-излучателя увеличивается до r_p .

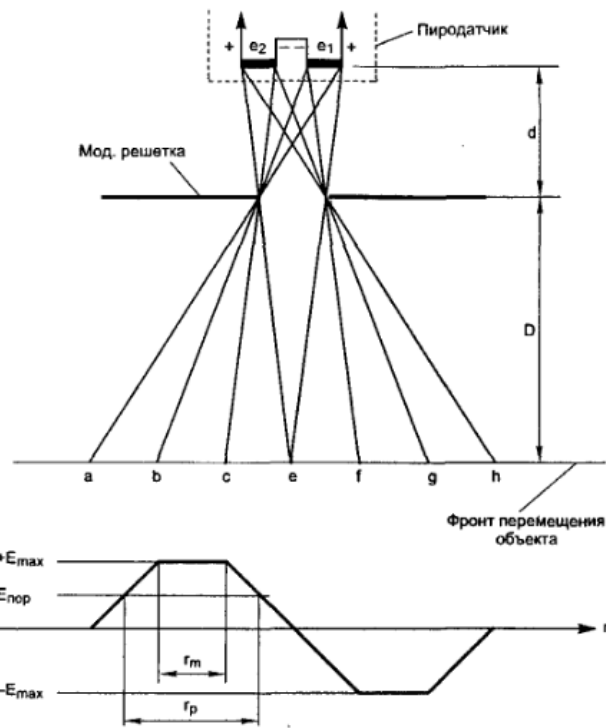


Рис. 6.2. График, демонстрирующий возникновения зоны при перемещении излучателя

Принципиальная схема устройства показана на рис. 6.3.

Полевой транзистор датчика включен истоковым повторителем.

ОУ DA1.1 — низкочастотный усилитель. Поскольку напряжение на выходе датчика невелико, в линейный режим работы ОУ вводят делителем R1/R4.

Нижняя частотная граница усилителя — $f_n \approx 1/2\pi(R6 + R7')C3$, где $R7'$ — сопротивление подстроечного резистора R7, от которого зависит и коэффициент усиления ОУ: $K_u \approx R5/(R6 + R7')$. Легко видеть, что при минимальном усилении: $K_{u \min} \approx 60$, $f_n \approx 1$ Гц, а при максимальном: $K_{u \max} \approx 500$, $f_n \approx 8$ Гц. Не столь важна здесь верхняя частотная граница усилителя зависит от емкости конденсатора C2.

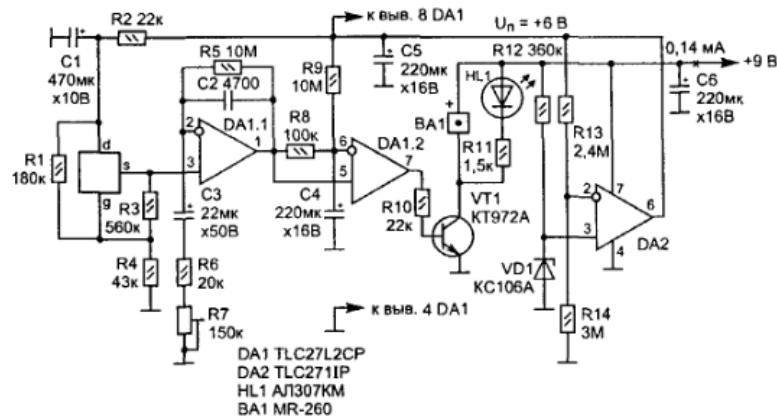


Рис. 6.3. Принципиальная схема устройства

ОУ DA1.2 работает компаратором. В дежурном режиме разность напряжений на входах 6 и 5 DA1.2 — $U_{6,5}$ — должна быть не меньше 20 мВ (в первом приближении $U_{6,5 \min} \approx U_n/k$, где $U_n = +6$ В, $k = 3 \cdot 10^5$ — коэффициент усиления ОУ в микросхеме TLC27L2CP). При $R8/R9 = 0,01$ $U_{6,5} \approx 0,5U_n$ $R8/R9 \approx 30$ мВ. Порог взят с большим запасом, поскольку под ним должны оказаться все виды паразитных колебаний напряжения на выходе усилителя U_{DA1} .

(Компараторный режим ОУ в микросхемах этого типа характерен тем, что сигнал лог. 0 представляется напряжением $U_0 = 0$ В (не выше 1...2 мВ) при выходном сопротивлении $R_{вых} \approx 60$ Ом, а лог. 1 — напряжением $U_1 = U_n - 0,6$ В при $R_{вых} \approx 600$ Ом.)

Пирозлектрический датчик, линейный усилитель и компаратор питаются от источника стабилизированного напряжения, который выполнен на ОУ DA2. Опорное напряжение на прямом (неинвертирующем) входе этого ОУ задано 3,2-вольтовым микромощным стабилизатором VD1. Напряжение на выходе стабилизатора: $U_n \approx 3,2(R13 + R14)/R14$.

Особенность этого стабилизатора — очень низкое собственное энергопотребление. Выходной ток ограничен нагрузочной способностью ОУ (выходное сопротивление ОУ микросхемы TLC271IP — 140 Ом, оптимальная нагрузка — 10 кОм).

Исполнительная часть устройства — транзистор VT1 с открытым коллектором. В дежурном режиме напряжение на выходе компаратора близко к нулю (лог. 0), транзистор закрыт и, соответственно, напря-

жение на нагрузке, включенной в его коллекторную цепь, будет равно нулю. Заметим, что такой выход развязывает источники питания датчика и нагрузки (у них лишь общая «земля»), которая может иметь высоковольтный и значительно более мощный источник питания.

Если на появление человека в контролируемой зоне устройство должно реагировать акустическим сигналом, то в качестве ВА1 может быть взят практически любой пьезогенератор. От маломощного, потребляющего лишь 5...10 мА, до 150...250-миллиамперной пьезосирены.

Цель светодиода HL1 не обязательна, но она позволит активизировать систему беззвучно (пьезогенератор ВА1 включают, выдержав паузу, необходимую для вхождения системы в режим).

Устройство монтируют на плате 40×40 мм, которую изготавливают из двусторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (рис. 6.4).

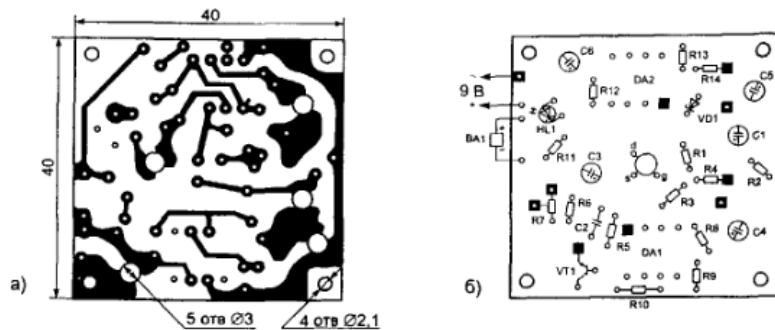


Рис. 6.4. Печатная плата и расположение деталей

Фольгу под деталями (на рис. 6.4, б она не показана) используют лишь в качестве «земли». Соединения с ней показаны зачерненными квадратами. В местах пропуска проводников в нуль-фольге вытравливают защитные кружки диаметром 2...2,5 мм. Положение прокалывающей плату проволоочной перемычки, соединяющей фрагмент печатного монтажа с нуль-фольгой, показано черным квадратом со светлой точкой в центре.

Выводы оксидного конденсатора пропускают в отверстие Ø3 мм и, развернув на монтажной стороне платы, припаивают к соответствующим фрагментам печатного монтажа. Во избежание случайного их соприкосновения с нуль-фольгой, вокруг этого отверстия в ней вытравливают защитное кольцо шириной 0,5 мм.

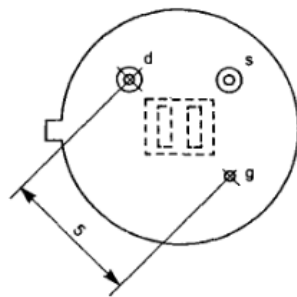


Рис. 6.5. Цоколевка датчика

Все постоянные резисторы — МЛТ-0,125, подстроечный R7 — СПЗ-386. Конденсаторы: C1, C4—C6 — оксидные подходящих размеров; C2 — КМ-6 или К10-176.

Конденсатор СЗ — тоже оксидный. Но очень важно, чтобы он имел возможно меньший ток утечки, поскольку флуктуации этого тока, наряду с нестабильностью выходного напряжения самого датчика, не позволят выставить достаточно малый порог срабатывания системы, скажутся на ее чувствительности. В качестве СЗ рекомендуется взять высокотемпературный (105 °С) оксидный конденсатор на рабочее напряжение не менее 50 В.

Цоколевка датчика IRA-E710ST0 показана на рис. 6.5.

Хотя «окно» пиродатчика перекрыто светофильтром, ослабляющим видимую часть спектра, следует принять меры к тому, чтобы исключить попадание на него любой посторонней подсветки. Так, неудачно размещенный светодиод HL1 может ввести аппарат в режим самовозбуждения.

Аппарат наладки не требует. Нужно лишь иметь в виду, что на нормальный режим работы он выходит примерно через десять минут после включения (BA1 может быть включен через 1...1,5 мин).

Небольшие размеры устройства позволят скрытно разместить его в самых разных местах.

Для контроля пространства перед входной дверью (нередкое применение) его можно установить в почтовом ящике, врезать в дверную коробку или в саму дверь (рис. 6.6).

Хотя двухмиллиметровая щель датчика малозаметна и сама по себе, ее можно замаскировать разного рода накладками; например — пластиной с номером квартиры.

Еще проще разместить пиродатчик в помещении (ночной контроль пустующего офиса — самое, пожалуй, частое применение этой техники). Он может быть встроен в мебель, в стену, в потолок.

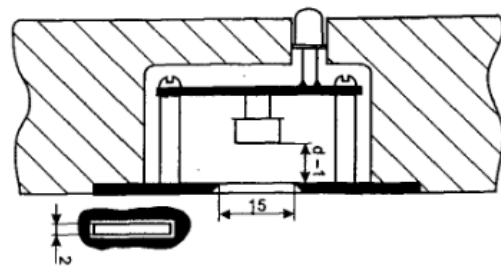


Рис. 6.6. Размещение датчика в двери

Пиродатчик способен обнаружить проходящего мимо человека на расстоянии 7...8 м и более. Но лишь в том случае, если путь между ними будет оптически чистым. Опыт показал, что даже 0,01-миллиметровая пленка лавсана, наклеенная на модуляционную щель, уменьшает его «дальнобойность» на 25...30%.

К материалам, хорошо пропускающим ИК-излучение ближней зоны ($\lambda \leq 15$ мкм), относится хлористый калий (KCl), поваренная соль (NaCl), бромистый калий (KBr). Но эти материалы непрочны и влагочувствительны. Лучшие фтористый литий (LiF), кристаллы окиси магния (MgO), флюорит (CaF₂), искусственный сапфир, плавленый кварц, из которых изготавливают линзы и зеркала инфракрасной оптики [4].

Ток, потребляемый датчиком в дежурном режиме, — 0,1...0,2 мА.
Минимальное напряжение питания — +7 В.

Акустический излучатель ВА1, цепь светодиодного индикатора и источник питания (при маломощном ВА1 годится и «Корунд») могут быть отнесены от аппарата на значительное расстояние (десятки метров) и соединены с ним тонким трехпроводным кабелем («земля», «+9 В», коллектор VT1).

Но канал связи может быть не только проводным.

Маломощный радиопередатчик

Если проводная связь пиродатчика с акустическим излучателем затруднена или невозможна, в устройство можно ввести маломощный ($P < 10 \text{ мВт}$) радиопередатчик, сигнал которого обнаружит расположенный поблизости ЧМ- или FM-радиоприемник.

¹ 10 мВт — разрешенная мощность паразитного излучения 100-ваттной радиолубительской радиостанции (-40 дБ) и множества радиофицированных игрушек.

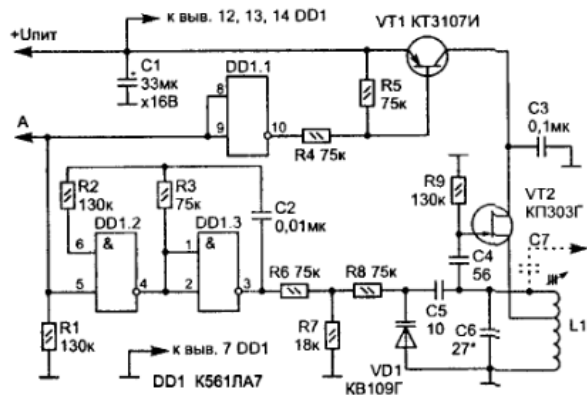


Рис. 6.7. Принципиальная схема передатчика

Принципиальная схема передатчика показана на рис. 6.7.

Его высокочастотная часть представляет собой LC-генератор, возбуждающийся на частоте:

$$f_0 \text{ (МГц)} \approx 159 / \sqrt{L_1 \text{ (мкГн)} C_{\text{пФ}}}.$$

Здесь C — емкость колебательного контура, которую составляют:

- а) емкость конденсатора C_6 ;
- б) емкость $C_4 \cdot C_{VT2} / (C_4 + C_{VT2})$, где $C_{VT2} \approx 6$ пФ — входная емкость полевого транзистора;
- в) емкость $C_5 \cdot C_{VD1} / (C_5 + C_{VD1})$, где $C_{VD1} = 8 \dots 17$ пФ — емкость варикапа $VD1$, зависящая от величины напряжения, запирающего его $p-n$ -переход.

На элементах микросхемы $DD1$ собран низкочастотный генератор, возбуждающийся на частоте $F \approx 0,7 / R_3 C_2 \approx 1$ кГц. Амплитуда меандра на его выходе снижена до $U_{гг} \approx 0,2 U_{пит}$ делителем R_6/R_7 .

$U_{гг}$, изменяя емкость варикапа, модулирует несущую LC-генератора по частоте — $f_0 \pm \Delta f$. Девиацию $2\Delta f$, которая должна быть близка к принятой в вещательных приемниках $50 \dots 75$ кГц, уточняют подбором сопротивления резистора R_7 .

Вход A передатчика подключают к выходу 7 компаратора $DA1.2$ (см. рис. 6.7), на котором при срабатывании датчика возникает сигнал лог. 1. Соответственно на выходе 10 $DD1.1$ устанавливается лог. 0 и в цепи базы транзистора $VT1$ возникает ток $i_b \approx (U_{пит} - 0,6) / R_4 \approx 0,1$ мА,

который переводит этот транзистор в режим насыщения ($U_{кз} = 0,2 \dots 0,3$ В) и подключает таким образом высокочастотный генератор к источнику питания.

Для минимизации энергопотребления в режиме ожидания, сигнал A управляет и включением генератора-модулятора.

В авторском варианте передатчик был смонтирован на отдельной плате 50×25 мм (рис. 6.8).

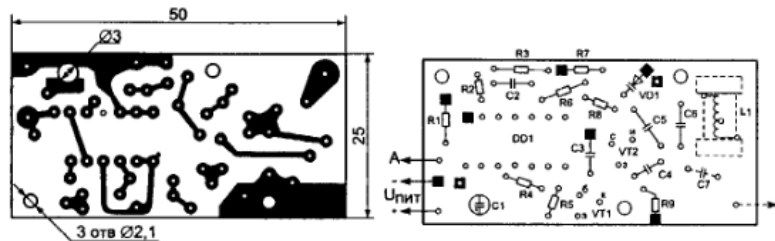


Рис. 6.8. Монтажная плата передатчика и расположение деталей на плате

Техника изготовления и монтажа — та же, что и в блоке датчика.

Все резисторы — МЛТ-0,125. Конденсаторы: $C1$ любой оксидный подходящих размеров (лучше не выше $8 \dots 9$ мм); $C2$ и $C3$ — КМ-6 или К10-176; $C4 \dots C6$ — малогабаритные керамические (КД-1 и т. п.).

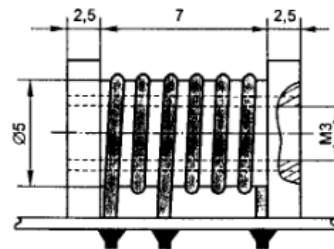


Рис. 6.9. Конструкция и размеры каркаса контурной катушки

Конструкция и размеры каркаса контурной катушки показаны на рис. 6.9.

Общее число витков — 6, провод — ПЭВ-2 0,51, отвод — от четвертого (считая от «земли») витка. Подстроечный сердечник — карбоновый, $M3 \times 5$ мм.

Контурная катушка может быть и другой, но коэффициент трансформации 6:4 рекомендуется сохранить.

Индуктивность катушки можно вычислить, пользуясь формулой:

$$L = 0,01 D n^2 / (\ell / D + 0,44),$$

где L — в мкГн, D и ℓ — в см, n — число витков.

Карбонильный сердечник увеличит эту индуктивность, латунный — уменьшит.

Если контурная катушка будет бескаркасной, то для большей жесткости диаметр провода можно увеличить до 0,8...1 мм. Поскольку изменять ее индуктивность здесь труднее (разве что сжатием-растяжением витков катушки), конденсатор C_6 составляют из двух: конденсатора постоянной емкости и подстроечного, которым контур и будет настраиваться на нужную частоту. Конечно, в конфигурацию печатной платы потребуются внести соответствующие изменения.

Напряжение питания передатчика — +6...9 В. Потребляемый ток: в режиме генерации — 5...6 мА, в режиме ожидания — <1 мА.

«Дальнобойность» передатчика без антенны — до 20...30 м; с суррогатной антенной — 20...30-сантиметровым отрезком монтажного провода, подключенным к контуру передатчика через конденсатор C_7 , — больше.

Частота генерации в такого рода передатчиках зависит от многих дестабилизирующих факторов. Прежде всего — от напряжения питания и температуры. При необходимости, напряжение питания передатчика стабилизируют, а «ход» частоты с температурой может быть ослаблен контурными конденсаторами, имеющими нужный ТКЕ.

Си-Би радиопередатчик

Блок передатчика может быть удален на значительное расстояние, если будет снабжен передатчиком, принципиальная схема которого показана на рис. 6.10 [5].

Частота f_{ZQ1} задающего генератора (3Г) задана и стабилизирована кварцевым резонатором $ZQ1$. Транзистор $VT3$ — ключ в цепи питания 3Г. При высоком напряжении на входе A ($A = 1$) транзистор $VT3$ открывается до насыщения и включает 3Г, при $A = 0$ задающий генератор выключен.

Предварительный усилитель-модулятор (транзистор $VT2$) включается в работу лишь при открытом до насыщения транзисторе $VT4$.

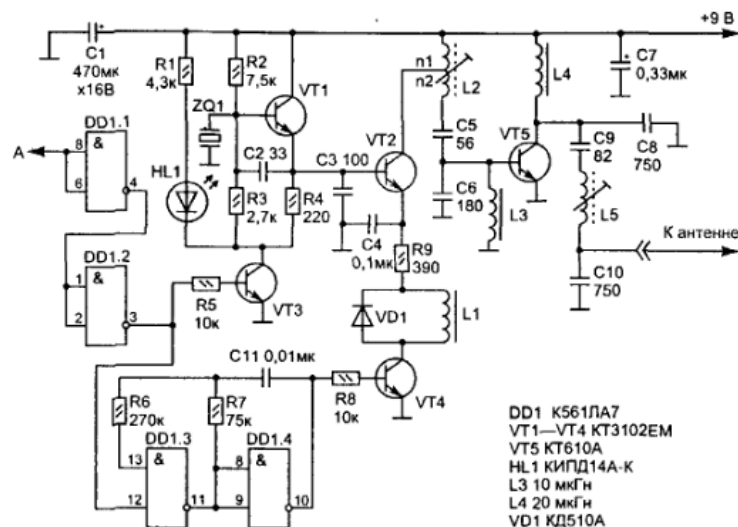


Рис. 6.10. Принципиальная схема Си-Би радиопередатчика

Это происходит при возбуждении звукового генератора, собранного на элементах $DD1.3$, $DD1.4$: при $A = 1$ на выходе 10 $DD1.4$ возникают 0,5-миллисекундные импульсы с амплитудой, близкой к напряжению питания (лог. 1), следующие с частотой $F = 0,7/R7C11 = 1$ кГц. Усиленный сигнал снимается с части настроенного на частоту f_{ZQ1} контура $L2C5C6$.

Усилитель мощности собран на транзисторе $VT5$. В цепь его коллектора включен настроенный на частоту f_{ZQ1} контур $L5C8C9C10$. Трансформация антенной нагрузки в коллекторную цепь $VT5$ зависит от отношения $C8/C10$: $R'_a = R_a(C8/C10)^2$, а ослабление внеполосных излучений растет с увеличением $C9(C8 + C10)/C8 \cdot C10$. Поскольку транзистор $VT5$ работает в режиме с нулевой отсечкой, энергопотребление усилителя мощности без высокочастотного возбуждения близко к нулю.

При слишком «прямоугольной» манипуляции передатчика в спектре излучения возникают внеполосные составляющие. Их уровень можно существенно уменьшить, затянув фронты и спады радиоимпульса. Здесь этой цели служат конденсатор $C4$ — от его емкости зависит длительность спада, и дроссель $L1$, «заглаживающий» фронт

импульса. Диод VD1 демпфирует выброс напряжения на L1, возникающий при заперении транзистора VT4.

В авторском варианте передатчик был смонтирован на плате 95×32 мм, изготовленной из двусторонне фольгированного стекло-текстолита толщиной 1,5 мм².

Катушку L2 наматывают на таком же каркасе, как и контурную катушку маломощного передатчика (см. рис. 6.9). Она имеет 13 витков ($n_1 = 7$, $n_2 = 6$), намотанных виток к витку проводом ПЭВ-2 0,48. Катушку L5 наматывают на таком же каркасе, она имеет 11 витков, провод — ПЭВ-2 0,56. Катушки подстраивают карбонильными сердечниками М3х8.

Дроссель L1 — 150—200 витков провода ПЭВ-2 0,07 — наматывают на ферритовом сердечнике М2000 К7,5х4х7,5. Дроссели L3, L4 — типа Д0,1.

Все резисторы МЛТ-0,125. Конденсаторы: C2, C3, C5, C6 — КД-1 или ему подобные; C4, C7, C11 — КМ-6 или К10-176; C9 — КД-2 (это должен быть высокочастотный линейный конденсатор с рабочим напряжением не менее 100 В); C1 — любой оксидный подходящих размеров.

Кварцевый резонатор можно впаять. Но поскольку действительная его резонансная частота нередко существенно отличается от предоставленной на корпусе, подбор нужного упростится, если в плату впаять не сам резонатор, а гнезда под его выводы.

Передатчик настраивают, соединив с «землей» коллекторы транзисторов VT3 и VT4. К антенному разъему подключают 50-омный эквивалент антенны — резистор МЛТ-2 51 Ом, высокочастотный (≥ 30 МГц) вольтметр и подстройкой катушек L2 и L5 добиваются максимальных показаний. Если все сделано правильно, то при $U_{пит} = +9$ В высокочастотное напряжение $U_{вч\text{эфф}} \approx 6,5 \dots 7$ В.

Передатчик можно настроить и без высокочастотного вольтметра, если в качестве антенной нагрузки включить лампу накаливания $6,3 \text{ В} \times 0,12 \text{ А}$. Правильной настройке соответствует максимальная яркость ее свечения.

Убедиться в том, что передатчик работает на частоте f_{2Q1} , можно либо по частотомеру (его подключают к антенному эквиваленту), либо по S-метру находящейся в отдалении Си-Би радиостанции (об этой услуге нужно попросить корреспондента). Показания S-метра должны достигать ярко выраженного максимума в выбранном час-

² Передатчик является модификацией описанного в [5]. Данные там рекомендации по изготовлению и настройке могут быть полезны и здесь.

тотном канале. О внеполосных излучениях передатчика судят по показаниям S-метра в соседних каналах.

По окончании настройки сердечники в L2 и L5 заливают парафином и с транзисторов VT3 и VT4 снимают перемычки.

При $U_{пит} = +9$ В мощность передатчика достигает 0,75...0,8 Вт, а потребляемый им в этом режиме ток — 0,2 А. Ток дежурного режима ($A = 0$) — менее 5 мА.

Радиопередатчик и источник питания целесообразно объединить в единый блок, который связывают с блоком пиродатчика тонким экранированным трехпроводным кабелем (экран-оплетка — общий провод) нужной длины.

Поскольку общий ток, потребляемый устройством в дежурном режиме, не превышает 0,2 мА, источник питания емкостью 2...3 Ач обеспечит непрерывную его работу на протяжении многих месяцев.

Если таким образом «радиофицированный» пиродатчик устанавливают неподалеку — в 2...3 км от пункта наблюдения, — то передатчик может работать на антенну от портативной Си-Би радиостанции («Урал-Р», Dragon-101 и др.). С полноразмерной антенной, которую нетрудно изготовить самому [6], он может быть отнесен на 15...20 км. Сигнал датчика может принять любая Си-Би радиостанция, имеющая соответствующий частотный канал (f_{2Q1}) и АМ-детектор.

Таким образом, «радиофицированный» пиродатчик, установленный в 5—6 метрах от тайной тропы, не только поставит ее под круглосуточный контроль, но позволит оценить и численный состав «прохожих».

Лазерный канал связи

Хотя в охранных системах используют, как правило, инфракрасные лазеры, здесь — при довольно редких и коротких включениях — в этом нет необходимости. Тем более что работу красного лазера ($\lambda = 630 \dots 680$ мкм), получившего сегодня широкое распространение в виде лазерных указок, можно организовать так, что и видимое его излучение окажется малозаметным.

Принципиальная схема лазерного излучателя приведена на рис. 6.11.

Основной режим его работы — импульсный. При $A = 1$ включает генератор, собранный на элементах DD1.1 и DD1.2. Частота его возбуждения — $F \approx 0,7/R2C1 = 0,7/75 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \approx 1$ кГц. Из фронта меандра на выходе DD1.1 на выходах DD1.3 формируется импульс «единичной» амплитуды. Экспоненциальному его спаду на

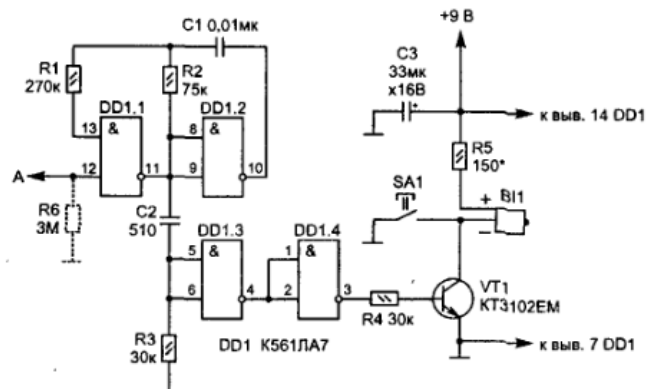


Рис. 6.11. Принципиальная схема лазерного излучателя

уровне 0,5 от амплитуды соответствует длительность $t_{\text{имп}} \approx 0,7R_3C_2 = 0,7 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 510 \cdot 10^{-12} \approx 10$ мкс. Доформированный повторителем DD1.3, DD1.4 до «прямоугольного», этот импульс открывает транзистор VT1 до насыщения, и лазер формирует вспышку такой же длительности.

Замыканием SA1 лазер переводят в режим непрерывного, значительно более яркого «на глаз» излучения (в этом режиме производят наводку лазерного луча на «окно» фотоприемника).

Печатную плату лазерного излучателя изготавливают из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм (рис. 6.12).

Изготовление и приемы монтажа — те же, что и в описанных выше конструкциях.

Все резисторы — МЛТ-0,125. Конденсаторы: C1 и C2 — КМ-6, C3 — любой оксидный.

Лазерную указку укорачивают. Отступив от ее «окна» на 18 мм (конусообразный наконечник вообще удаляют), аккуратно опиляют корпус по кругу и отделяют батарейную часть. Со ставшей доступной платы самого лазера демонтируют кнопку, а излишек платы откусывают (см. рис. 6.13).

Плату и излучатель устанавливают на пластину ударопрочного полистирола — переднюю панель аппарата. Корпус в виде открытой коробки склеивают из того же полистирола. Габариты аппарата — 72 × 28 × 18 мм.

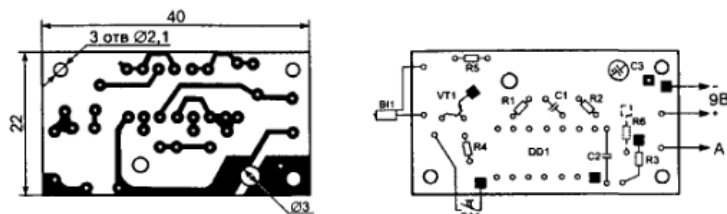


Рис. 6.12. Печатная плата лазерного излучателя с лицевой и обратной стороны с расположением деталей

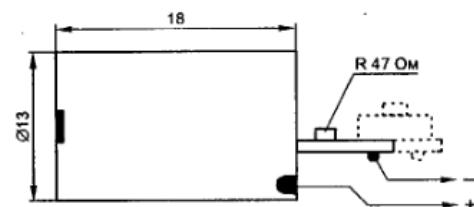


Рис. 6.13. Изготовление из лазерной указки излучателя и его установка

Если излучатель устанавливают на улице (оконное стекло заметно портит лазерный луч), принимают меры к его влагозащите: аппарат заваривают в полиэтилен, а его «окно», во избежание попадания воды, прикрывают срезанной наискосок блендой.

Излучатель связывается с источником питания и SA1 тонким трехпроводным кабелем (питание и коллектор VT1). Выключатель не имеет механической связи с самим аппаратом по понятной причине: его выключение (перевод системы в рабочий режим) не должно вызывать даже малейшего нарушения наводки.

Ток, потребляемый лазерным излучателем в режиме активной работы ($A = 1$), не превышает 1 мА. При этом импульсный ток в самом лазере достигает 25...30 мА. Подбором сопротивления резистора R5 этот ток может быть увеличен до 50...60 мА (выше не рекомендуется) или, наоборот, уменьшен. При расчетах следует иметь в виду, что последовательно с лазером включен резистор сопротивлением $R = 47$ Ом. Ток дежурного режима лазерного излучателя — 1...2 мкА.

К узлу крепления аппарата предъявляются особые требования. С одной стороны, он не должен мешать «снайперской» наводке излучателя, с другой — иметь четкую фиксацию и стабильность выбранного положения. Подходящую конструкцию можно найти в кино- и

фототехнике. Конечно, лазер устанавливают на прочном, неподвижном основании. Обычно — непосредственно на кирпичной или бетонной стене дома.

Однако это не значит, что луч лазера обязательно должен смотреть прямо в «окно» фотоприемника. Вспышка лазера может быть зарегистрирована и по его излучению, рассеянному под малыми углами. Так, описанная ниже фотоголовка фиксировала вспышки лазера, удаленного на 50 м, в круге диаметром 35 см.

Если лазерный излучатель питается от той же батареи, что и пиродатчик, реальную его «дальнобойность» выясняют при $U_{пит} = +7 В$.

Принципиальная схема фотоприемника, реагирующего на короткие вспышки лазерного излучателя, приведена на рис. 6.14.

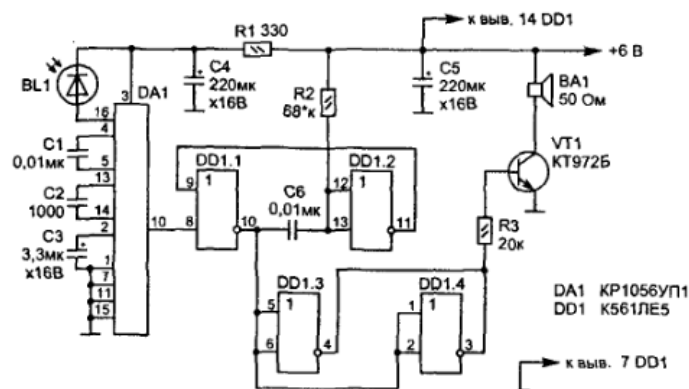


Рис. 6.14. Принципиальная схема фотоприемника

Здесь BL1 — фотодиод ФД-263-01, обладающий достаточно высоким быстродействием (в табл. 1 приведены и другие подходящие для этого фотодиоды).

В ответ на каждую вспышку лазера на выходе микросхемы K1056УП1 (выв. 10) возникает импульс лог. 1, пригодный для непосредственного управления микросхемой DD1.

На элементах DD1.1 и DD1.2 собран мультивибратор, расширяющий принятые 10-микросекундные вспышки лазера до $0,7R2C6 \approx 0,5$ мс. Следуя с частотой вспышек лазера, эти импульсы периодически открывают транзистор VT1 и возбуждают динамик BA1 на «звуковой» частоте.

Фотоприемник рекомендуется выполнить в виде выносной конструкции. Его печатная плата показана на рис. 6.15.

Таблица 1

Тип	Постоянная времени (длительность фронта/спада), мкс	Диаметр, мм (площадь, мм ²)	Габариты, мм (без выводов)
ФД-263-01	$\leq 0,02$	(9)	$\varnothing 10 \times 7,5$
ФД-320	(1)	(25)	$11 \times 10,6 \times 9,5$
КОФ122(А,Б)	≤ 1	(86)	$\varnothing 19,6 \times 6,5$
ФД-11К	$\leq 0,006$	2,5	$\varnothing 8,2 \times 5,5$
ФД-К-142	$\leq 0,05$	13,7	$\varnothing 30,6 \times 7$
ФД-295	(≤ 1)	(100)	$23 \times 9 \times 2,6$
ФД-344М	(0,05)	(18)	$\varnothing 30 \times 10$

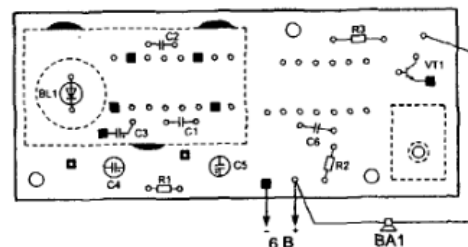
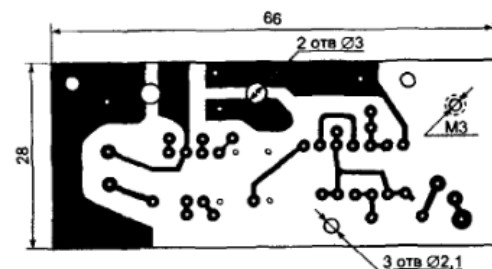


Рис. 6.15. Печатная плата фотоприемника: лицевая и обратная сторона с расположением деталей

Приемы монтажа — те же, что и в других описанных здесь конструкциях.

Поскольку при высоком входном сопротивлении фотоусилитель имеет и высокую чувствительность, его необходимо экранировать. Раскрой экрана (материал — жест) приведен на рис. 6.16.

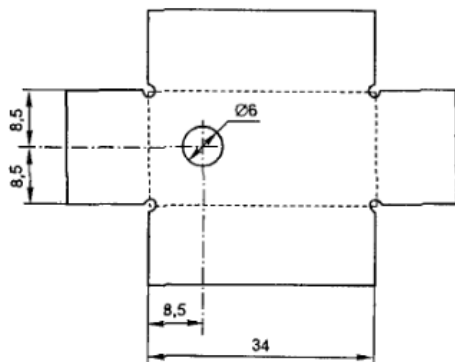


Рис. 6.16. Раскрой экрана фотоусилителя

Согнутую по штриховым линиям коробку пропаивают в углах и, наложив на микросхему и фотодиод (отверстие Ø6 мм — для фотодиода), припаивают в двух-трех точках к нуль-фольге печатной платы.

Корпус фотоприемника должен быть светонепроницаемым, его можно склеить из черного ударопрочного полистирола. Во избежание боковой подсветки фотодиода к «окну» корпуса приклеивают длинную бленду, которую можно изготовить из корпуса черного фломастера.

Фотодиод полезно закрыть красным светофильтром. Это мало ослабит излучение самого лазера, но значительно — излучение предметов, находящихся за его «спиной».

Фотоприемник может быть установлен внутри помещения (рассеяние лазерного луча на стекле окна здесь не столь критично, как на «выходе» излучателя). При установке вне помещения он должен быть защищен от непогоды.

Ток, потребляемый фотоприемником при приеме сигнала, 40...50 мА, в дежурном режиме — около 1,5 мА.

В отличие от инфракрасной техники, наводка красного лазера, работающего в импульсном режиме, осуществляется очень просто: замыканием SA1 его переводят в режим непрерывного, а потому — хорошо видимого излучения.

Предупреждение! Излучение лазера опасно для глаз! Визуальный контроль ведут по отражению лазерного луча на листе белой бумаги.

«Дальнобойность» лазерной линии достигает 300 м и более. Этого вполне достаточно, если контролируемый объект находится, например, на противоположной стороне улицы.

Конечно, каждый из этих трех каналов связи может работать не только с пиродатчиком. А если во входную его часть ввести своего рода «сборку», то и с несколькими, в том числе и разнородными датчиками — ультразвуковыми, СВЧ, емкостными, шлейфными и др.

На рис. 6.17 приведена принципиальная схема устройства, «собирающего» до четырех сигналов тревоги.

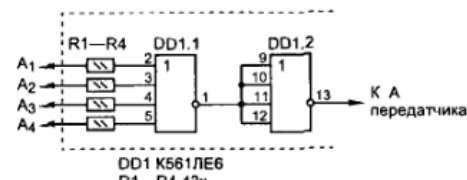


Рис. 6.17. Принципиальная схема устройства, «собирающего» до четырех сигналов тревоги

Легко видеть, что сигнал $A = 1$ на входе канала связи будет сформирован при появлении лог. 1 на любом из этих тревожных входов (неиспользуемый «заземляют»). Другой вариант «сборки» (рис. 6.18) имеет восемь входов.

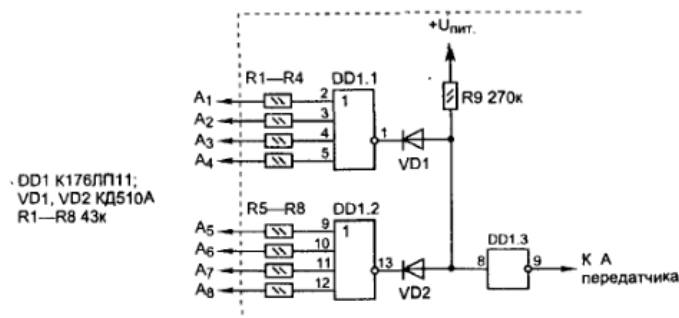


Рис. 6.18. Принципиальная схема устройства, «собирающего» до восьми сигналов тревоги

Литература

1. <http://www.murata.com/sensor/index.html>.
2. Чулков В. Автоматический включатель освещения на базе инфракрасного датчика движения. — Схемотехника. 2004, № 8, с. 50—53.
3. Виноградов Ю. Пирозлектрический датчик в охранной сигнализации. — Схемотехника, 2005, № 1, с. 47, 48.
4. Ильин Н. Г. Инфракрасные лучи. — М.: ДОСААФ, 1961, с. 22.
5. Виноградов Ю. Радиоэлектронная охрана поселка. — Радио, 2002, № 5, с. 30—32.
6. Виноградов Ю. Проволочные Си-Би антенны. — Радио, 1996, № 9.
7. Виноградов Ю. Лазерная указка в охранной сигнализации. — Радио, 2002, № 7, с. 43—44.
8. Виноградов Ю. Радиолюбительские конструкции в системах контроля и защиты. — М.: Солон-Р, 2001, с. 131—135.

Глава 7. Электромеханический стабилизатор переменного напряжения

А. Евсеев

г. Тула

Отчественные электрические сети далеко не всегда снабжают потребителя электроэнергией надлежащего качества. К показателям качества в первую очередь следует отнести частоту и напряжение. Если с первым показателем особых проблем нет, то второй показатель обеспечивается далеко не всегда. Дело в том, что ГОСТ требует, чтобы напряжение однофазной сети (то есть той, которая используется в быту) составляло 220 В $-15...+10\%$, то есть находилось бы в диапазоне от 187 до 242 В. В силу разных причин напряжение часто выходит за указанные рамки. Пониженное напряжение часто приводит к неработоспособности аппаратуры, снижению эффективности работы электроинструмента, снижению мощности микроволновых печей и т. п. Повышенное же напряжение может привести к выходу аппаратуры из строя, резко снижает срок службы осветительных ламп.

Для стабилизации напряжения питающей сети наиболее удобно использовать устройство, выполненное на базе регулируемого лабораторного автотрансформатора — ЛАТРа. Такой стабилизатор не искажает форму выходного напряжения (в отличие от феррорезонансного стабилизатора или тиристорного стабилизатора с управлением углом включения тириستоров).

Принципиальная схема электромеханического стабилизатора представлена на рис. 7.1.

Стабилизатор представляет собой систему автоматического регулирования, в которой часть выходного напряжения сравнивается с установленным образцовым напряжением. В зависимости от знака разности этих напряжений подвижный контакт автотрансформатора с помощью электродвигателя перемещается так, что выходное напряжение стремится к образцовому. В качестве Т1 использован автотрансформатор китайского производства WUSLEY серии TDGC2-5 [1]. Обмотка рассчитана на ток до 20 А, а максимальное напряжение, снимаемое с подвижного контакта (графитовой щетки), составляет 250 В. Трансформатор выполнен на тороидальном (кольцевом) магнитопроводе, имеет размеры 190 × 230 × 210 мм и массу 16 кг.

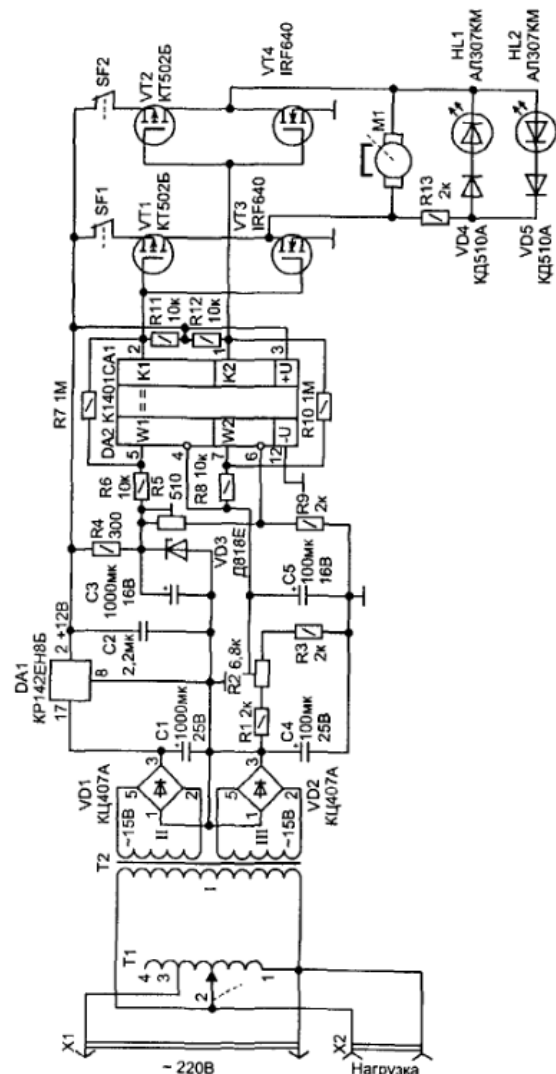


Рис. 7.1. Принципиальная схема электромеханического стабилизатора

Стабилизированное напряжение с щетки автотрансформатора T1 подается на нагрузку через разъем X2 и на обмотку I трансформатора T2. Напряжение, снимаемое с обмотки III трансформатора T2, выпрямляется диодным мостом VD2. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются конденсатором C1 и с подвижного контакта подстроечного резистора R2 подаются на входы компараторов напряжения, выполненных на микросхеме DA1 (выводы 4 и 7). На вторые входы компараторов (выводы 5 и 6) подано образцовое напряжение, снимаемое с параметрического стабилизатора напряжения VD3R4 и с регулируемого делителя напряжения R5R9. Выходные напряжения компараторов подаются на затворы транзисторов VT1—VT4, которые управляют подачей напряжения на обмотку мотора M1 — электродвигателя постоянного тока с редуктором. В зависимости от сочетаний напряжений на выходах компараторов вал двигателя вращается в одну или в другую сторону либо неподвижен.

Компаратор DA2 и параметрический стабилизатор VD3R4 питаются от стабилизатора напряжения, выполненного на интегральной микросхеме DA1.

Для управления электродвигателем использован мостовой ключ, выполненный на транзисторах VT1—VT4. Назначение ключа — обеспечивать реверсивную работу электродвигателя M1 в зависимости от состояния компараторов. Примененные в ключе транзисторы носят название MOSFET — мощные полевые транзисторы с изолированным затвором. Эти транзисторы удобно использовать в переключательных схемах потому, что зависимость выходного тока от напряжения на затворе у них существенно нелинейная, благодаря чему прибор или полностью открыт, или полностью закрыт. В открытом состоянии сопротивление канала (между истоком и стоком) составляет единицы — десятки миллиом, что обеспечивает весьма малое падение напряжения даже при токах в несколько ампер. Ключ на паре MOSFET-транзисторов (для определенности — VT1, VT3) работает следующим образом. Если на затворах указанных транзисторов действует напряжение логической 0, то транзистор VT3 закрыт, а VT1 — открыт; при уровне логической 1 на затворах транзисторы находятся в противоположном предыдущему состоянию — VT3 открыт, а VT1 — закрыт. Поскольку всегда один из транзисторов пары обязательно закрыт, ток через пару транзисторов (сквозной ток) при отсутствии подключенной нагрузки (в данном случае — электродвигателя) протекать не может. В мостовом ключе транзисторы открываются попарно — VT1 и VT4 либо VT2 и VT3.

Микросхема K1401CA1 содержит четыре компаратора напряжения, каждый из которых имеет открытый коллекторный выход, рас-

считанный на подключение нагрузки током до 6 мА. Выходной транзистор открыт (то есть на выходе компаратора при подключенной нагрузке действует напряжение низкого уровня), если напряжение на инвертирующем входе больше напряжения на неинвертирующем входе компаратора. При противоположном соотношении напряжений на выходе компаратора будет напряжение высокого уровня.

В зависимости от величины напряжения на нагрузке могут быть три различных режима работы компараторов и электродвигателя, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Напряжение нагрузки	Логические уровни на выходах компараторов		Состояние транзисторов (0 — открыт, 3 — закрыт)				Работа электродвигателя М1
	Вывод 1 DA2	Вывод 2 DA2	VT1	VT2	VT3	VT4	
Меньше заданного	0	1	3	0	0	3	Вращается, увеличивая напряжение нагрузки
Нормальное	1	1	3	3	0	0	Не вращается
Больше заданного	1	0	0	3	3	0	Вращается, уменьшая напряжение нагрузки

Стабилизатор работает следующим образом. Если выходное напряжение трансформатора Т1, поданное на нагрузку, соответствует норме, то напряжение на движке подстроечного резистора R2 будет меньше напряжения на выводе 5 верхнего по схеме компаратора микросхемы DA1 (назовем его К1), но больше напряжения на выводе 6 нижнего по схеме компаратора (назовем его К2). При этом транзисторы верхних плеч VT1, VT2 закрыты, ток через обмотку электродвигателя не протекает и подвижный контакт автотрансформатора Т1 не перемещается.

В случае повышения сетевого напряжения значение напряжения на подвижном контакте резистора R2 увеличится. В результате напряжение на выводе 4 компаратора К1 превысит напряжение на выводе 5 и на выходе компаратора появится уровень логического 0. Состояние компаратора К2 при этом не изменится. Окажется открытой пара диагонально расположенных транзисторов — VT1, VT4, через обмотку

электродвигателя М1 начнет протекать ток, заставляя вращаться вал. Подвижный контакт будет перемещаться по виткам обмоток трансформатора Т1 в направлении уменьшения выходного напряжения. Через некоторое время напряжение достигнет нормы, компаратор К1 переключится в исходное состояние и электродвигатель остановится. Если же сетевое напряжение снизится, то в открытом состоянии окажутся транзисторы противоположной диагонали — VT2, VT3 и вал двигателя будет вращаться в противоположном направлении, перемещая подвижный контакт автотрансформатора Т1 в направлении увеличения выходного напряжения до тех пор, пока напряжение нагрузки не придет в норму. Таким образом оно будет поддерживаться на заданном уровне. Точность стабилизации выходного напряжения (то есть диапазон возможных значений) определяется разницей в уровнях напряжения на выводах 5 и 6 микросхемы DA1 и устанавливается подстроечным резистором R5.

Резисторы R11, R12 являются нагрузкой выходных транзисторов компараторов. Резисторы R6 и R7, R8 и R10 обеспечивают небольшой гистерезис (то есть разницу между напряжениями включения и выключения) компараторов. Это увеличивает устойчивость работы компараторов при колебаниях напряжения нагрузки около значения, на которое настроены компараторы. Конденсаторы C4, C5 сглаживают пульсации выпрямленного напряжения, а также фильтруют помехи, возникающие при кратковременных изменениях сетевого напряжения. Если продолжительность действия помехи не превышает 1,5...2 с, стабилизатор на нее не реагирует. Такой же цели служит конденсатор C3.

Светодиоды HL1, HL2 позволяют визуально контролировать направление вращения вала электродвигателя. Если такой контроль не требуется (например, блок управления находится в недоступном для осмотра месте), эти светодиоды можно исключить.

Конечные выключатели SF1, SF2 разрывают цепь питания электродвигателя при достижении подвижным контактом автотрансформатора Т1 любого из крайних положений. Такое может случиться, например, при значительном снижении сетевого напряжения, когда подвижный контакт находится уже в крайнем верхнем положении, а напряжение нагрузки продолжает оставаться ниже требуемого и сигналы компараторов формируют сигналы на вращение двигателя. Следует заметить, что выключатели SF1 и SF2 включены в разные плечи мостового ключа (а не в цепь питания электродвигателя). Это связано с тем, что при срабатывании одного из конечных выключателей двигатель должен иметь возможность вращаться в противоположном направлении, перемещая подвижный контакт автотрансформатора от

конечного положения. Это и достигнуто данным схмотехническим решением. Конечные выключатели защищают от повреждения электродвигателя, редуктор и автотрансформатор также и в случае каких-либо неисправностей электронной части стабилизатора.

О деталях устройства. Микросхему K1401CA1 можно заменить ее импортным аналогом LM339 (имеет ту же цоколевку), а также отечественными микросхемами типов K521CA3, K521CA5, K554CA3, K521CA6. Последняя микросхема содержит в своем корпусе два компаратора. Транзисторы IRF9540 (VT1, VT2), имеющие канал P-типа, можно заменить транзисторами IRF4905, IRF9532, IRF9Z34, IRF820, 2SJ176, КП784А, КП785А; транзисторы IRF640 (с каналом N-типа) заменимы на IRF1404, IRF720, IRF730, BUZ71, КП750А, КП752А. Кроме того, вместо пар транзисторов VT1, VT3 и VT2, VT4 можно использовать транзисторные сборки типов IRF7105, IRF7309, IRF7316, IRF7319 [2]. Мостовые выпрямители VD1, VD2 могут быть, кроме указанных на схеме, типов КЦ405, КЦ412, КЦ417 с любыми буквами, а также импортного производства RS201, RS202, DB101, DB102, BR305, BR31. Стабилитрон VD2 желательно использовать с малым значением температурного коэффициента напряжения, например, Д818 с любыми буквами. Если же к температурной стабильности регулируемого напряжения не применяются высокие требования, то возможно использование стабилитронов других типов с напряжением стабилизации 6...10 В, например, КС168А, КС175А, КС191А, Д814А (Б, В). Диоды VD4, VD5 — любых типов. Конденсаторы C1, C3, C4, C5 — оксидные K50-24, K50-29, K50-16, K50-35; C2 — КМ-6, К10-17, К73-17. Все постоянные резисторы — типов МЛТ, С2-23, С1-12; подстроечные R2 и R5 — СП5-2, СП3-19, СП3-38. Конечные выключатели SF1, SF2 — типа КМ1-1, КМ2-1 или любые другие кнопочного типа с нормально замкнутым контактом. В качестве трансформатора Т2 может быть использован ТП114-25, ТП115-10, ТП1208 или любой другой мощностью не менее 10 Вт, имеющий две вторичных обмотки на напряжения около 15 В и ток не менее 300 мА [3].

Получить более подробную информацию о справочных данных электронных компонентов и вариантах их замены можно в [4].

В приводе автотрансформатора используется двигатель постоянно-го тока типа ДПР-42-Ф1-08 [5]. Этот электродвигатель имеет номинальное число оборотов в минуту 2500, номинальное напряжение 12 В, ток в номинальном режиме 0,24 А, пусковой ток 0,92 А, момент на валу 50 г·см. Масса двигателя 150 г, диаметр корпуса 25 мм, вал имеет резьбу М3×0,35. Передача вращения от двигателя к валу автотрансформатора осуществляется с помощью шестеренчатого редуктора с коэффициентом редукции 1000...2000.

Электронная часть стабилизатора смонтирована на монтажной печатной плате, монтаж выполнен проводом МГТФ-0,12.

После монтажа печатной платы и ее подключения к внешним цепям приступают к настройке стабилизатора. Подстроечным резистором R2 устанавливают величину номинального выходного напряжения (220 В), затем подстроечным резистором R5 устанавливают требуемую точность регулирования выходного напряжения (перемещение ползунка этого резистора вниз (по схеме) повышает точность регулирования). В авторском экземпляре стабилизатора при номинальном напряжении 220 В точность регулирования составляла $\pm 3\%$. Не следует задавать слишком высокую точность стабилизации — в этом случае стабилизатор будет реагировать и на незначительные колебания сетевого напряжения, вызванные случайными причинами (например, подключением и отключением электроприборов); это может привести к преждевременному износу механических подвижных частей устройства.

Изменяя входное напряжение (например, с помощью ЛАТРа), проверяют работу стабилизатора. При отклонении напряжения от нормы вал электродвигателя должен вращаться в направлении, обеспечивающем стабилизацию этого напряжения. Если же вал вращается не в ту сторону, следует поменять местами включения обмотки электродвигателя М1. Расположение конечных выключателей SF1, SF2 относительно верхнего или нижнего крайних положений должно быть увязано с направлением вращения вала двигателя.

При отсутствии в распоряжении радиолюбителя полевых транзисторов VT1—VT4 указанных типов узел управления двигателем может быть выполнен на электромагнитных реле (рис. 7.2).

Сигналы с выходов компараторов управляют работой ключей на биполярных транзисторах VT1, VT2. Транзисторы открываются напряжением низкого уровня на выходах компараторов, при этом базовые токи транзисторов ограничиваются резисторами R1, R2. Диоды VD1, VD2 гасят импульсы ЭДС самоиндукции, возникающие на обмотках реле при закрывании транзисторных ключей, и тем самым предохраняют транзисторы от пробоя повышенным напряжением. Реле К1, К2 могут быть, например, Bestar BS-902CS. Реле этого типоминнала имеют обмотку сопротивлением 150 Ом, рассчитанную на рабочее напряжение 12 В, и контактную группу переключающего типа, рассчитанную на коммутацию тока до 5 А. Ресурс работы этого реле достаточно велик, так что они вполне могут быть использованы взамен электронных ключей.

Остановимся подробнее на автотрансформаторе серии TDGC2-5. При подаче на выводы 1 и 3 (нумерация выводов может отличаться от указанной на изделиях) напряжения величиной 220 В на выводах 1 и

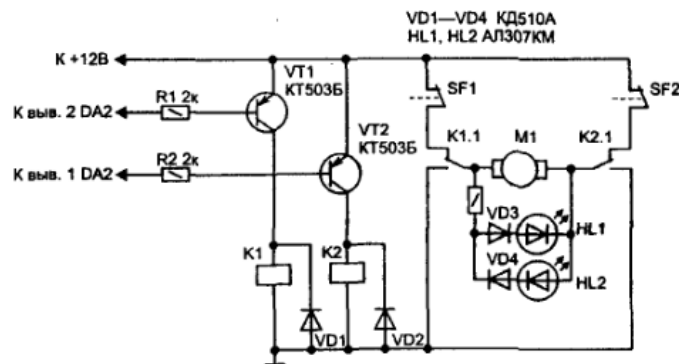


Рис. 7.2. Узел управления двигателем

4 имеется напряжение 250 В; следовательно, напряжение между выводами 1 и 2 (то есть щеткой автотрансформатора) при повороте вала автотрансформатора может изменяться от 0 до 250 В.

В качестве трансформатора Т1 можно также использовать тороидальные автотрансформаторы типов ЛАТР-2, ЛАТР-9, однако в этом случае допустимая мощность нагрузки уменьшится. При монтаже стабилизатора автотрансформатор прикрепляют к жесткому основанию через войлочную или резиновую прокладку, обладающую хорошими звукопоглощающими свойствами.

Данный стабилизатор был изготовлен для поддержания номинального напряжения 220 В в дачном домике в условиях значительного снижения напряжения питающей сети. Минимальное входное напряжение, при котором стабилизатор выполнял свою функцию, составляло около 185 В (при этом выходное напряжение стабилизатора было около 210 В). При дальнейшем понижении напряжения сети срабатывает конечный выключатель и режим стабилизации прекратится, поскольку подвижный контакт находится в крайнем верхнем (по схеме) положении.

Максимальное входное напряжение определяется параметрами автотрансформатора (он не должен входить в насыщение) и составляет около 270 В, при этом напряжение нагрузки стабилизатор поддерживает с заданной точностью.

Как было отмечено выше, при падении сетевого напряжения ниже 185 В стабилизатор перестает выполнять свою функцию, а входное $U_{\text{вх}}$ и выходное $U_{\text{вых}}$ напряжения связаны через коэффициент трансформации, равный отношению числа витков между выводами 1 и 4 к

числу витков между выводами 1 и 3. Этот коэффициент равен отношению напряжений на выводах 3 и 4 (U_3 и U_4 соответственно) автотрансформатора при подаче на вывод 3 напряжения 220 В. Поскольку для указанных типов автотрансформаторов при подаче на выводы 1 и 3 напряжения 220 В на выводах 1 и 4 имеется напряжение 250 В, коэффициент трансформации равен $U_{\text{вх}}/U_{\text{вых}} = 220/250 = 0,88$. Отсюда следует, что при нахождении подвижного контакта в верхнем (по схеме) положении, то есть когда режим стабилизации не осуществляется, $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}/0,88$. Это означает, что при снижении входного напряжения до 150 В выходное напряжение будет равно 170 В. Чтобы обеспечить режим стабилизации при столь низком входном напряжении, можно воспользоваться схемой, приведенной на рис. 7.3.

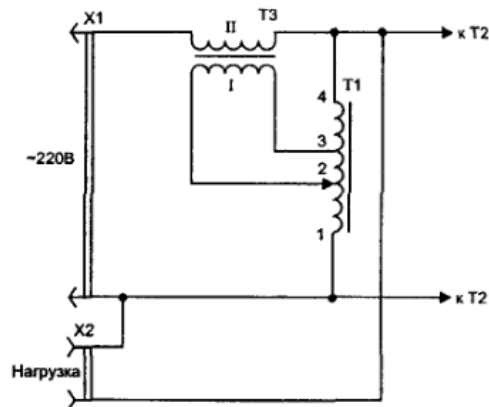


Рис. 7.3. Узел, обеспечивающий режим стабилизации при низком входном напряжении

Рассмотрим работу этого узла. Напряжение, снимаемое с выводов 2 и 3 автотрансформатора Т1, подается на обмотку I понижающего трансформатора Т3. Допустим, коэффициент трансформации этого трансформатора равен 2. Тогда при напряжении сети 150 В для получения на нагрузке 220 В напряжение на обмотке II трансформатора Т3 должно быть 70 В, а на обмотке I этого трансформатора — 140 В. При этом щетка автотрансформатора должна быть в нижнем по схеме положении. Если же в сети действует максимально возможное напряжение 270 В, то щетка должна находиться в верхнем по схеме положении, а на обмотке I трансформатора Т3 должно быть напряжение $(270 - 220) \times 2 = 100$ В. Поскольку в сумме вычисленные значения

напряжения на обмотке I трансформатора ТЗ (140 и 100 В) дают 240 В, а напряжение между выводами 1 и 4 автотрансформатора Т1 всегда поддерживается на уровне 220 В (с учетом заданной точности), следует либо несколько уменьшить коэффициент трансформации ТЗ, либо согласиться с тем, что точность стабилизации напряжения нагрузки при выбранном диапазоне изменения сетевого напряжения (от 150 до 270 В) несколько снизится, либо сузить диапазон возможного изменения входного напряжения. Рассчитаем минимальное и максимальное допустимое напряжение сети в этом случае. При подаче напряжения 220 В на выводы 1 и 4 автотрансформатора напряжение между выводами 1 и 3 будет равно $140 \times (220/240) = 128$ В, а между выводами 3 и 4 — $100 \times (220/240) = 92$ В. В этом случае режим стабилизации будет осуществляться в следующем диапазоне: минимальное сетевое напряжение $220 - 128/2 = 156$ В, максимальное сетевое напряжение $220 + 92/2 = 264$ В. Меняя точку подключения отвода 3 к обмотке автотрансформатора, можно изменять диапазон допустимого изменения сетевого напряжения. Если же в качестве вывода 3 использовать имеющийся стандартный отвод, то стабилизатор будет иметь слишком малый диапазон регулирования — максимальное сетевое напряжение может быть $220 + (250 - 220)/250 \times 220/2 = 233$ В.

Схемное решение, показанное на рис. 7.3, дает и еще одно преимущество — уменьшает ток, протекающий через щетку автотрансформатора (поскольку ток вторичной обмотки трансформатора ТЗ вдвое больше, чем первичной), и можно применять автотрансформатор с меньшим током через щетку, чем ток нагрузки. При выборе автотрансформатора следует обращать внимание на допустимый ток подвижного контакта, а не на мощность трансформатора. Производители под мощностью автотрансформатора понимают максимальную мощность, которую можно снять с подвижного контакта при максимальном напряжении на нем (250 В), то есть произведение максимального тока щетки на 250 В. Следовательно, при уменьшении напряжения на щетке падает и мощность, снимаемая с трансформатора.

Несколько слов о параметрах трансформатора ТЗ. Его мощность определяется произведением максимальных значений напряжения и тока вторичной обмотки. Максимальное напряжение, как было показано выше, равно 70 В. Максимальный ток обмотки равен сумме тока нагрузки и тока, протекающего через автотрансформатор Т1, который, в свою очередь, также зависит от тока нагрузки. Можно приближенно считать, что ток через обмотку II трансформатора ТЗ в 1,3 раза больше тока нагрузки. Если максимальная мощность нагрузки составляет 5 кВт, то расчетная мощность трансформатора ТЗ равна

$70 \times 1,3 \times 5000/220 = 2100$ Вт. Исходя из этого, выбирают сердечник трансформатора, рассчитывают числа витков обмоток и диаметры обмоточных проводов.

При настройке такого варианта стабилизатора следует так подключить выводы обмотки I трансформатора ТЗ, чтобы при перемещении щетки ЛАТРа вниз (по схеме) напряжение на выходе стабилизатора увеличивалось, в противном случае выводы обмотки меняют местами.

Литература

1. *Сергеев А.* Лабораторные автотрансформаторы серий TDGC2 и TSGC2. — Радио, 2004, № 5, с. 50.
2. *Колдунов А.* Транзисторы MOSFET. — Радиомир, 2004, № 4, с. 26—27.
3. Малогабаритные сетевые трансформаторы. Справочный материал. — Радиомир, 2004, № 8, с. 44.
4. Интернет-сайт <http://www.chipdip.ru>.
5. Электродвигатели серии ДПР. Справочный материал. — Радиомир, 2003, № 6, с. 41—43.

Глава 8. Стереофонический усилитель на современных микросхемах

В. Мосягин

г. Великий Новгород

Предлагаемый усилитель мощности звуковой частоты предназначен для высококачественного музыкального стереокомплекса. Благодаря использованию интегральной микросхемы TDA7294 фирмы SGS-Thomson Microelectronics удалось получить простой и надежный мощный УМЗЧ с достойным звучанием.

УМЗЧ должен обладать высокими потребительскими свойствами. Рассмотрим требуемые параметры для качественного воспроизведения звука [1, 2].

Нижний предел воспроизводимого динамического диапазона определяется общим шумом помещения, который составляет 35 дБ относительно порога слышимости. Для неискаженной передачи необходим УМЗЧ с динамическим диапазоном 94 дБ, что соответствует звуковому давлению в месте прослушивания 1 Па. При площади жилой комнаты 20 м², объеме 50 м³ и времени реверберации 0,5 с требуется акустическая мощность 10 мВт при условии, что место слушателя расположено в диффузном поле громкоговорителя. Если коэффициент полезного действия акустической системы равен 0,4%, то при синусоидальном сигнале с частотой 1 кГц от УМЗЧ требуется 2,5 Вт действующей мощности. Однако музыкальный сигнал содержит импульсы, амплитуда которых в пик-фактор (12...15 дБ, т. е. в 15...30 раз) превышает амплитуду указанного синусоидального сигнала. Поэтому для верного воспроизведения их громкости УМЗЧ должен обладать мощностью 40...80 Вт. Если объем комнаты составляет 100 м³ (площадь помещения около 30 м²), то необходимая мощность УМЗЧ составит соответственно 100...200 Вт. Кроме того, указанное значение пик-фактора не является предельным, т. к. в настоящее время выпускаются компакт-диски с еще большим значением этого параметра. Известно, что увеличение пик-фактора всего на 3 дБ требует двойного увеличения мощности УМЗЧ.

Сказанное выше объясняет тенденцию к снижению номинальной мощности УМЗЧ и увеличению динамического запаса мощности. Согласно стандарту IHF A200, динамический запас мощности определя-

ется отношением максимальной мощности, отдаваемой усилителем в нагрузку без искажений в течение 20 мс, к номинальной мощности УМЗЧ с периодом 0,5 с.

Исследования последних лет показали, что условия работы реальных акустических систем (АС) отличаются от принятых условий испытаний УМЗЧ на эквивалент нагрузки с чисто активным сопротивлением [2]. Эквивалентное сопротивление акустических систем в отдельные промежутки времени может уменьшаться в 4...8 раз (для АС с номинальным сопротивлением 8 Ом — до 1...2 Ом). Поэтому потребляемый АС ток при воспроизведении реальных музыкальных программ превышает в 4...8 раз ток при синусоидальном сигнале той же амплитуды. Следует отметить, что большинство серийно выпускаемых в нашей стране УМЗЧ не обладают необходимым динамическим запасом мощности и не могут даже кратковременно работать на нагрузку 1...2 Ом.

Еще одной тенденцией в проектировании УМЗЧ является уменьшение интермодуляционных искажений. Их снижение достигается рядом мер. Применяя в выходных каскадах транзисторы с граничной частотой более 5 МГц, увеличивают диапазон рабочих частот усилителя без обратной связи до 25 кГц и более.

Человеческое ухо чувствительно к импульсным сигналам с фронтом в несколько микросекунд. Чтобы обеспечить воспроизведение таких крутых фронтов в диапазоне 20...18000 Гц, нужен УМЗЧ с полосой пропускания до 200...500 кГц, охваченный ООС с глубиной связи не более 20...30 дБ.

Экспериментально показано, что удовлетворительное уменьшение динамических искажений достигается при выходном сопротивлении усилителя не более 0,2 Ом. Отношение сопротивления нагрузки к выходному сопротивлению усилителя есть коэффициент демпфирования. При номинальном сопротивлении нагрузки 8 Ом получают, что коэффициент демпфирования должен быть не менее 40.

Обобщая сказанное, можно заключить, что высококачественный УМЗЧ должен обладать следующими характеристиками:

Выходная мощность на канал, Вт	30...200
Динамический диапазон, дБ	70
Диапазон воспроизводимых частот	
с неравномерностью АЧХ не более 1 дБ, Гц	20...20000
Полоса пропускания УМЗЧ по уровню -3 дБ, кГц	0...500
Коэффициент нелинейных искажений, не более, %	0,03
Коэффициент демпфирования при R _н = 8 Ом, не менее, раз	40

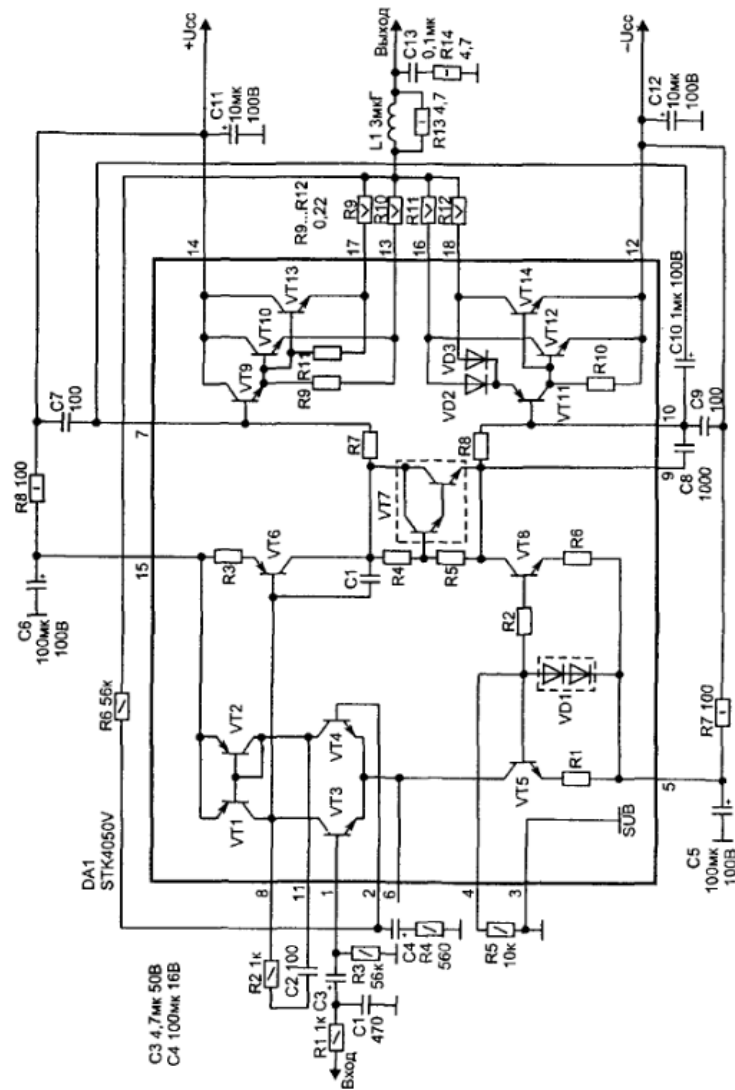
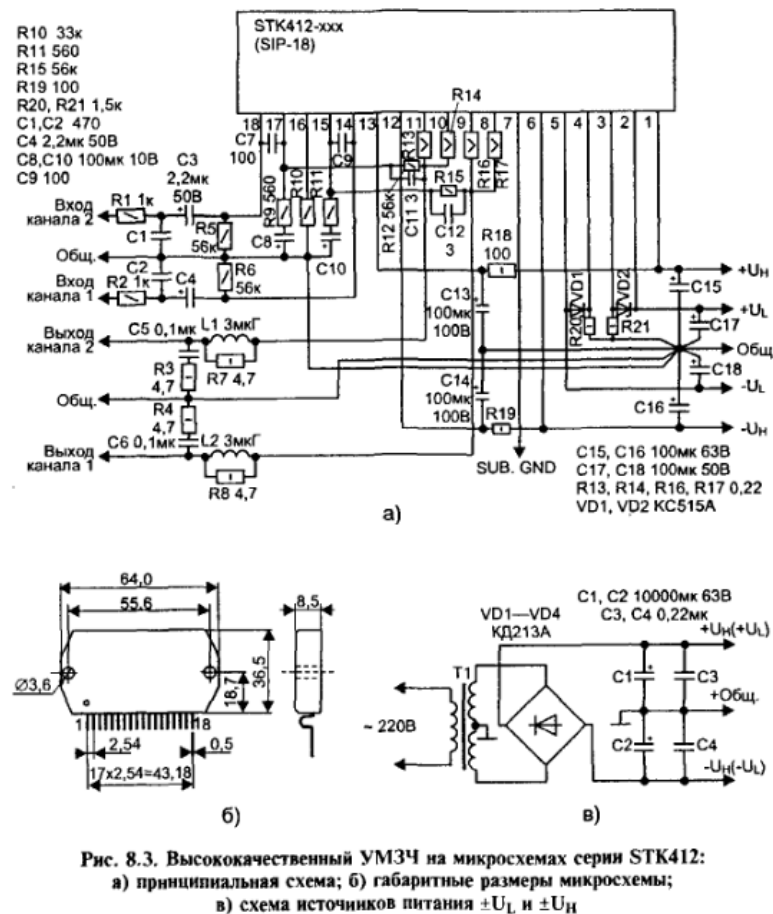


Рис. 8.2. Мощный высококачественный УМЗЧ на микросхеме STK4050V

Рис. 8.3. Высококачественный УМЗЧ на микросхемах серии STK412:

а) принципиальная схема; б) габаритные размеры микросхемы;

в) схема источников питания $\pm U_L$ и $\pm U_H$

Микросхемы TDA7293, TDA7294 выполнены по BCD-технологии и работают в классе АВ. Упрощенная структурная схема TDA7294 показана на рис. 8.4.

В усилителе напряжения и в выходных каскадах усиления используются полевые транзисторы, позволяющие получить плавную характеристику ограничения выходного сигнала и, соответственно, менее утомительное звучание по сравнению с каскадами на биполярных

152

153

Таблица 1

Параметр	Тип микросхемы							
	STK412-090	STK412-000	STK412-010	STK412-020	STK412-030	STK412-040	STK412-150	STK412-170
Выходная мощность каждого канала, Вт, коэффициент гармоник, % (в диапазоне частот 20 Гц...20 кГц)	50 (0,8)	60 (0,8)	70 (0,8)	80 (0,8)	100 (0,8)	120 (0,8)	150 (0,7)	180 (0,7)
Рекомендуемые напряжения питания VL; VH, В	±27; ±37	±29; ±39	±30; ±43	±32; ±45	±34; ±51	±36; ±54	±38; ±57	±37; ±54
Рекомендуемое сопротивление нагрузки, Ом	8,5						6,5	4,5
Размеры, мм	64 × 36,5 × 8,5						78 × 44 × 9	

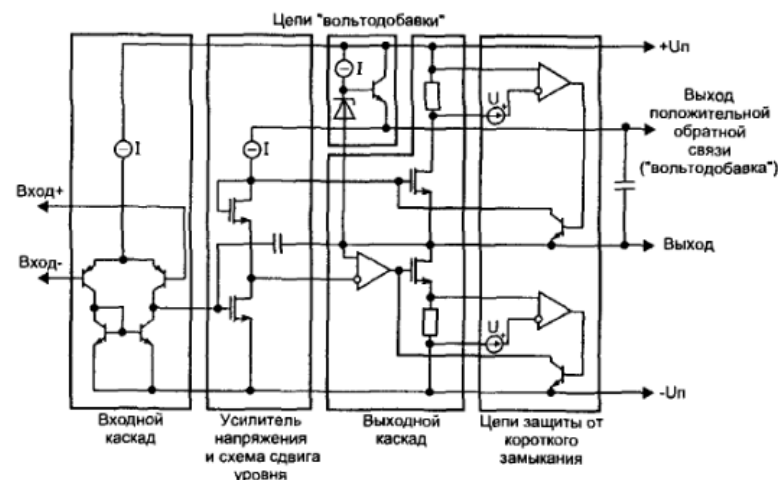


Рис. 8.4. Структурная схема TDA7294

транзисторах. К достоинствам усилителя относятся большая выходная мощность и «всеядность» — благодаря широкому диапазону питающих напряжений и возможности отдавать в нагрузку ток до 10 А он хорошо работает с акустическими системами с сопротивлением 4, 6 или 8 Ом, обеспечивая одинаковую выходную мощность.

Не подтвердилась информация относительно невысокой надежности микросхемы и ее склонности к самовозбуждению [5]. Тем не менее при проектировании усилителя были приняты дополнительные меры по обеспечению надежности: источник питания дополнен устройством «мягкого» включения, а усилитель мощности снабжен устройством защиты акустических систем, несмотря на наличие встроенных функций защиты, реализованных в микросхеме.

Технические характеристики:

Напряжение питания, двухполярное, В. ±7,5...±45

Максимальный выходной ток, А. 10

Ток, потребляемый усилителем в режиме покоя, мА . . . 20...60

Коэффициент нелинейных искажений, %:

при выходной мощности 5 Вт на частоте 1 кГц 0,005

при выходной мощности 0,1...50 Вт

в диапазоне частот 20...20000 Гц, не более. 0,1

Выходная мощность, Вт, при коэффициенте гармоник 0,5%:

напряжение питания ±35 В,
сопротивление акустических систем 8 Ом. 70

напряжение питания ±31 В,
сопротивление акустических систем 6 Ом. 70

напряжение питания ±27 В,
сопротивление акустических систем 4 Ом. 70

Диапазон рабочих частот, Гц, при выходной мощности 1 Вт и неравномерности АЧХ — 3 дБ . . . 20...20000

Коэффициент усиления по напряжению 40

Принципиальная схема одного канала усилителя приведена на рис. 8.5.

Использовано нестандартное включение микросхемы, предложенное в [6]. На входе усилителя установлен ФНЧ (R1, C2); из цепей прохождения сигнала исключены оксидные конденсаторы, негативно влияющие на звучание усилителя. Для устойчивой работы на нагрузку с емкостной составляющей введена цепь L1, R13.

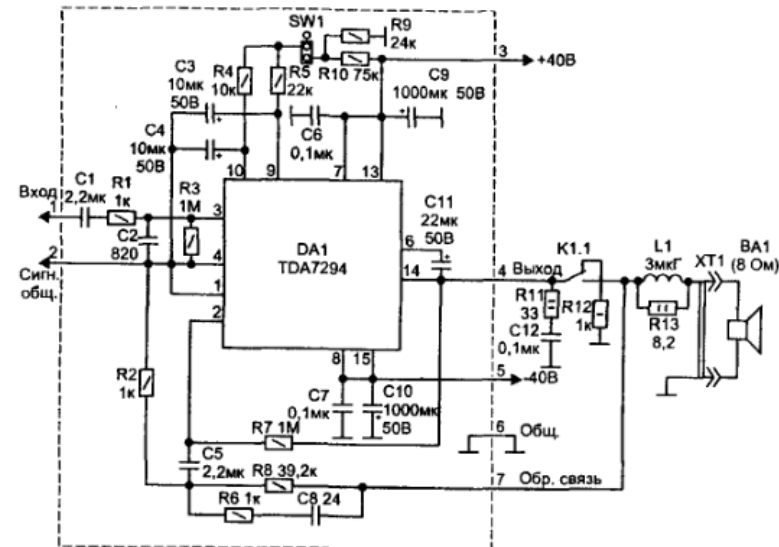


Рис. 8.5. Принципиальная схема одного канала УМЗЧ на TDA7294

Фильтр нижних частот на входе УМЗЧ служит для ограничения скорости нарастания входного напряжения. Постоянная времени RC-цепи в микросекундах выбирается из соотношения:

$$RC = (U_{вх} K_{ос}) / V_{н\text{ вых}}$$

где $U_{вх}$ — размах входного напряжения, В;

$K_{ос}$ — коэффициент усиления каскада при замкнутой петле обратной связи, раз;

$V_{н\text{ вых}}$ — скорость нарастания выходного напряжения усилителя, В/мкс.

На выходе усилителя включена контактная группа K1.1 реле защиты от появления постоянной составляющей в аварийном режиме работы. Точки подключения ООС по постоянному и переменному токам разделены. Цепь ООС по постоянному току (резистор R7) подключена непосредственно к выходу, а по переменному (резистор R8) — после контактной группы K1.1. В результате усилитель оказывается сбалансированным по постоянному току (на выходе будет нулевой потенциал независимо от положения контактной группы реле

K1.1), а проявление нелинейности контактов реле практически полностью устраняется общей ООС по переменному току. Данное техническое решение хорошо зарекомендовало себя в конструкциях промышленных и любительских УМЗЧ (усилители «Корвет», УМЗЧ высокой верности Н. Сухова и др.).

Назначение остальных элементов усилителя следующее. Резистор R3 определяет входное сопротивление УМЗЧ; соотношение резисторов R8 и R2 назначает коэффициент усиления; элементы R4, C4 и R5, C3 образуют двоярный вход управляющих сигналов MUTE/STANDBY для «мягкого» включения УМЗЧ. От номиналов конденсаторов C1, C5 зависит нижняя граница воспроизводимых усилителем частот; C6, C7, C9, C10 — конденсаторы по цепям источника питания; C11 выполняет функции «вольтодобавки» в цепи положительной обратной связи. Элементы R6, C8 и R11, C12 обеспечивают устойчивость усилителя.

На рис. 8.6 изображена принципиальная схема устройства защиты акустических систем.

При включении питания обеспечивается задержка подключения акустических систем (на 1...2 с) с помощью интегрирующей цепочки

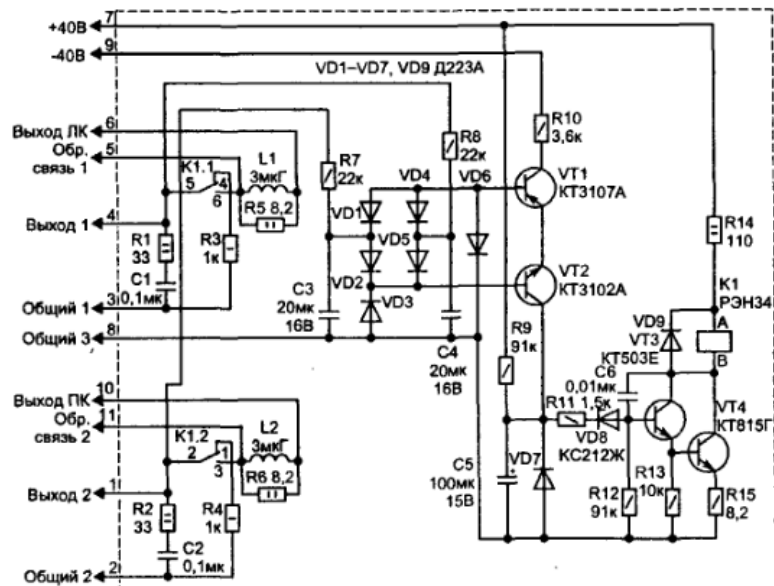


Рис. 8.6. Принципиальная схема устройства защиты акустических систем

R8, C5. Постоянное напряжение положительной полярности с выхода УМЗЧ (аварийная ситуация) через цепь R7, C3, VD2 (R8, C4, VD5 в другом канале усилителя) открывает транзистор VT2, а постоянное напряжение отрицательной полярности через R7, C3, VD1 (R8, C4, VD4) транзистор VT1. В обоих случаях открывание одного транзистора приводит к открыванию другого, в результате конденсатор C5 оказывается замкнутым и напряжение на нем уменьшается с 12 В до нуля. Это приведет к закрыванию составного транзистора VT3, VT4 и отключению обмотки реле K1 от источника питания, контакты K1.1 и K1.2 которого в свою очередь отключают акустические системы от УМЗЧ.

С целью уменьшения низкочастотных межканальных помех и искажений каждый канал УМЗЧ питается от отдельного нестабилизированного источника питания (рис. 8.7).

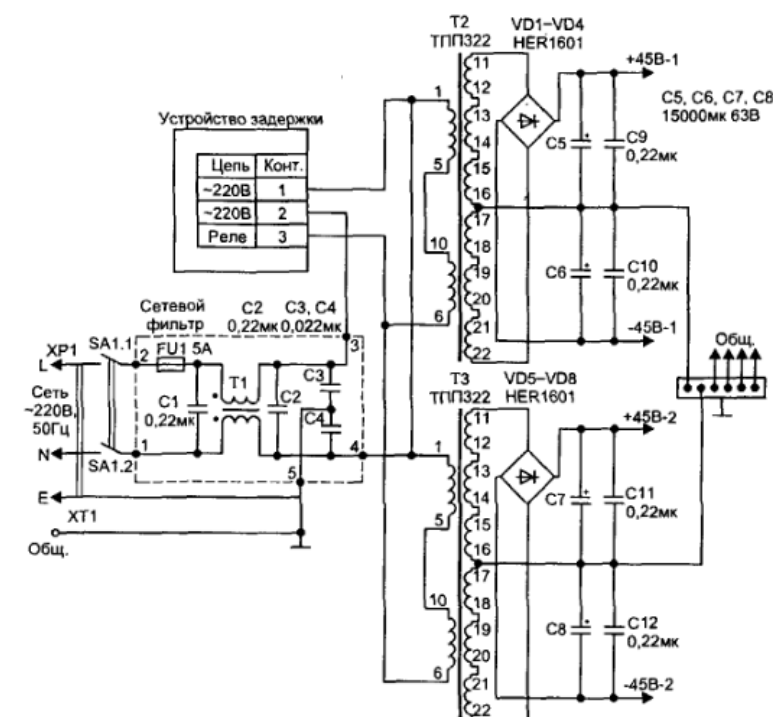


Рис. 8.7. Принципиальная электрическая схема блока питания УМЗЧ

Нужно отметить, что конструкция и элементы источника питания во многом определяют качество звучания усилителя. Переменное напряжение питающей сети подается через сетевой фильтр C1—C4, T1. Работа УМЗЧ может серьезно нарушаться помехами, поступающими в схему от сети через силовой трансформатор. Для уменьшения влияния помех необходимо использовать межобмоточный экран, а также снабдить входящие сетевые провода ВЧ-продольным трансформатором (иногда его называют еще двоянным дросселем). Эти провода наматываются совместно несколькими витками на ферритовый тороидальный сердечник. Симметричному току двухпроводной линии (току питания) ВЧ-продольный трансформатор не оказывает дополнительного электрического сопротивления. При этом за счет встречного включения магнитных полей независимо от значения протекающего тока сердечник трансформатора не насыщается. Для несимметричных токов помех магнитные потоки обмоток складываются встречно и индуктивность каждой из них возрастает на величину взаимной индукции между обмотками. Для предотвращения насыщения сердечника вследствие возможного несимметричного изготовления трансформатора необходимо выбирать диаметр магнитопровода не менее 20...30 мм.

Для уменьшения паразитных импульсов, возникающих при переключении барьерных емкостей диодов, применены высокоэффективные выпрямительные диоды VD1—VD8.

Следует обратить внимание на подключение общего провода источника питания: он должен быть минимальной длины, достаточного сечения и надежно соединяться с пластиной заземления, расположенной недалеко от места с максимальной чувствительностью к наводкам (у входного разъема усилителя). Важное значение имеет также соединение общих проводов конденсаторов фильтров C5, C6 и C7, C8. Его выполняют из медной (желательно посеребренной) пластины толщиной не менее 1,5 мм.

Параллельно оксидным конденсаторам C5—C8 включены полипропиленовые конденсаторы C9—C12 небольшой емкости, которые улучшают работу источника питания на высоких частотах.

Поскольку конденсаторы фильтров C5—C8 имеют значительные емкости, в блок питания введено устройство задержки, обеспечивающее их «мягкий» заряд через токоограничивающий резистор, включаемый последовательно с первичными обмотками силовых трансформаторов T2 и T3.

Принципиальная схема устройства задержки включения приведена на рис. 8.8 [10].

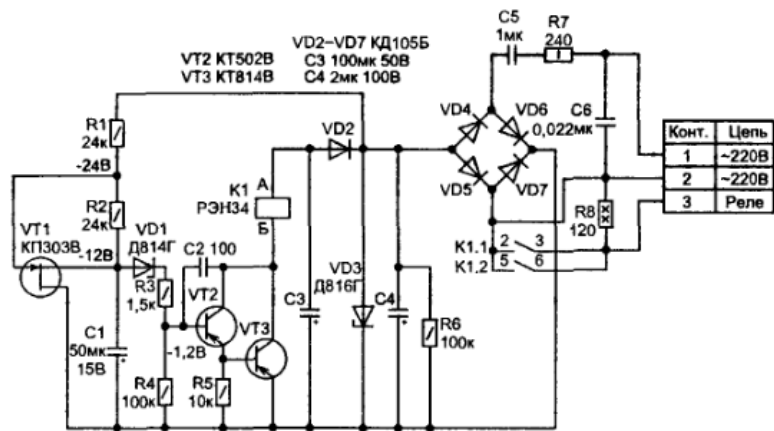


Рис. 8.8. Принципиальная схема устройства задержки включения

Устройство выполнено на составном транзисторе VT2, VT3, в коллекторной цепи которого включено электромагнитное реле K1. При обесточенном реле контакты K1.1 и K1.2 разомкнуты, резистор R8 служит в качестве ограничителя тока. При включении питания усилителя сетевое напряжение через токоограничивающую цепочку R7, C5 поступает на диодный мост VD4—VD7, напряжение на выходе которого ограничивается стабилитроном VD3. Транзистор VT1 и резисторы R1, R2 образуют источник тока, заряжающий времязадающий конденсатор C1. Как только напряжение на конденсаторе достигнет напряжения пробоя стабилитрона VD1 (12 В), открывается ключ на транзисторах VT2, VT3. Реле K1, включенное в коллекторную цепь транзисторов VT2, VT3, срабатывает и своими параллельно включенными контактами K1.1 и K1.2 замыкает резистор R8 устройства задержки включения.

Поскольку в начальный момент времени конденсатор разряжен, падение напряжения на резисторе R2 превышает напряжение отсечки полевого транзистора VT1 и последний закрыт и не мешает процессу зарядки конденсатора C1. В дальнейшем процесс зарядки конденсатора C1 прекращается, а резисторы R2, R3 вместе с каналом полевого транзистора VT1 образуют делитель, падение напряжения на котором поддерживается на указанном выше уровне, достаточном для удержания транзисторов VT1, VT2 в открытом состоянии. При выключении питания УМЗЧ конденсатор C1 быстро разряжается через канал

полевого транзистора VT1, обеспечивая нормальную работу устройства при повторном включении усилителя. Время задержки составляет около 1 с.

Вместо устройства задержки включения последовательно с первичной обмоткой силовых трансформаторов T2 и T3 можно установить термисторы с отрицательным температурным коэффициентом RK1 и RK2 (рис. 8.9).

Эти нелинейные элементы ограничивают бросок тока по цепи питания усилителей в момент включения в сеть.

Схема соединения блоков усилителя показана на рис. 8.10.

Усилитель мощности смонтирован на печатной плате из односторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм (рис. 8.11).

Вначале микросхему DA1 закрепляют на радиаторе, а затем монтируют на печатной плате. Площадь охлаждающей поверхности теплоотвода должна быть не менее 600 см². Следует учесть, что корпус микросхемы соединен с выводом отрицательного источника питания, поэтому ее не-

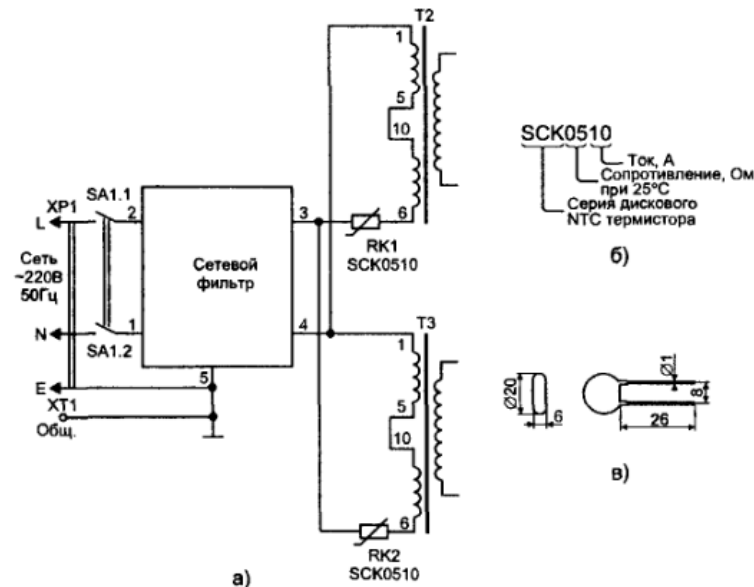


Рис. 8.9. Фрагмент принципиальной схемы источника питания с термисторами в качестве ограничителей тока (а); система обозначений термисторов (б); размеры NTC термистора (в)

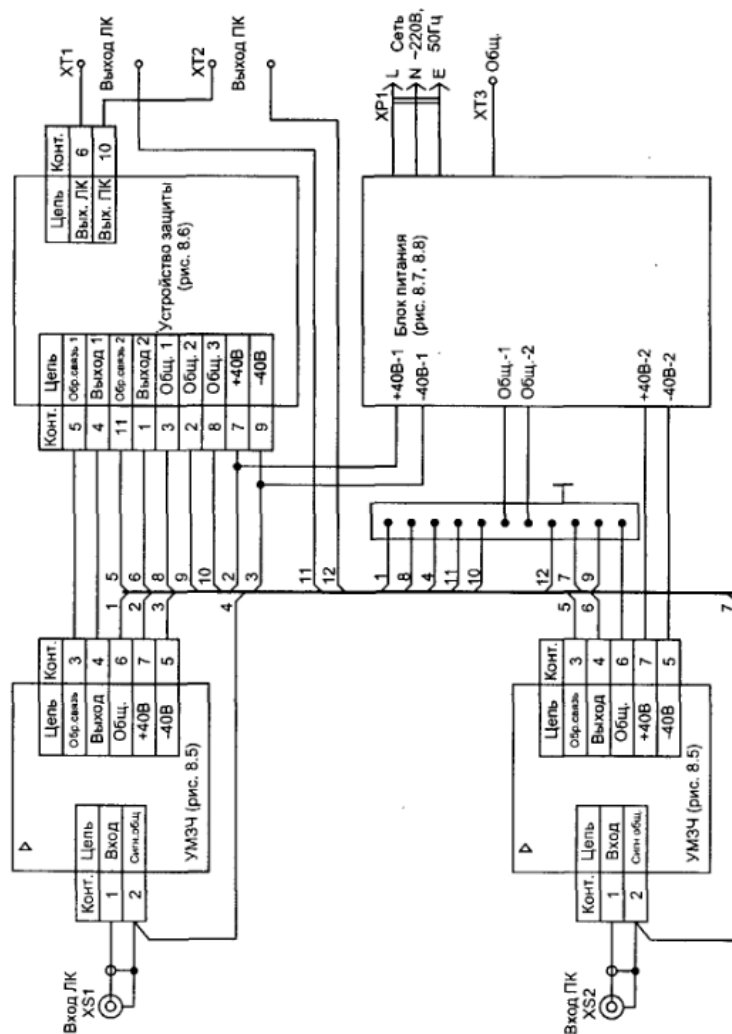


Рис. 8.10. Схема соединений блоков УМЗЧ

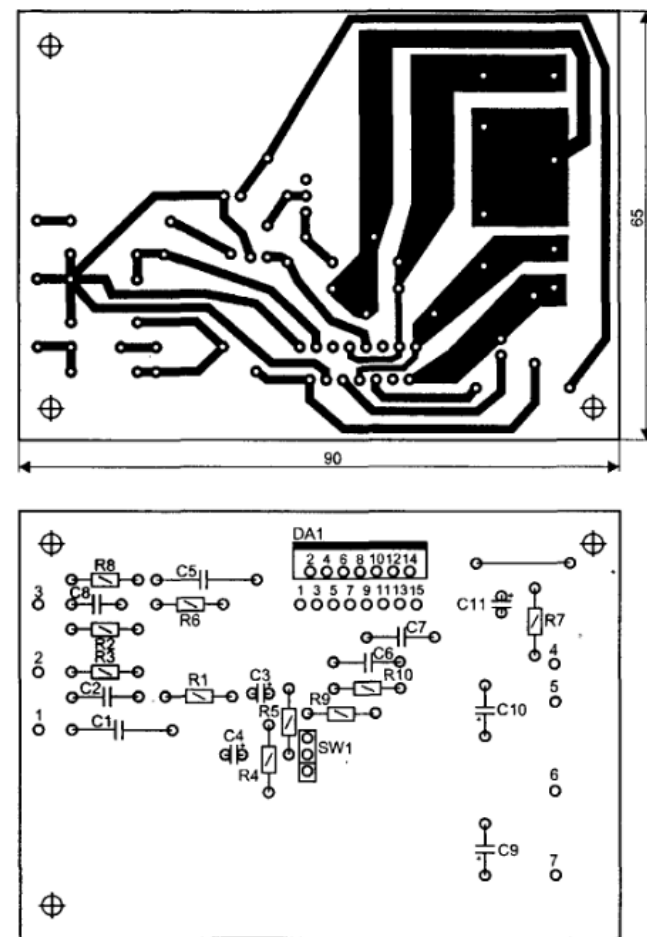


Рис. 8.11. Печатная плата и размещение элементов усилителя мощности.

Внимание! Сигнальный общий вывод (2) и силовой (6) не имеют соединения между собой на плате

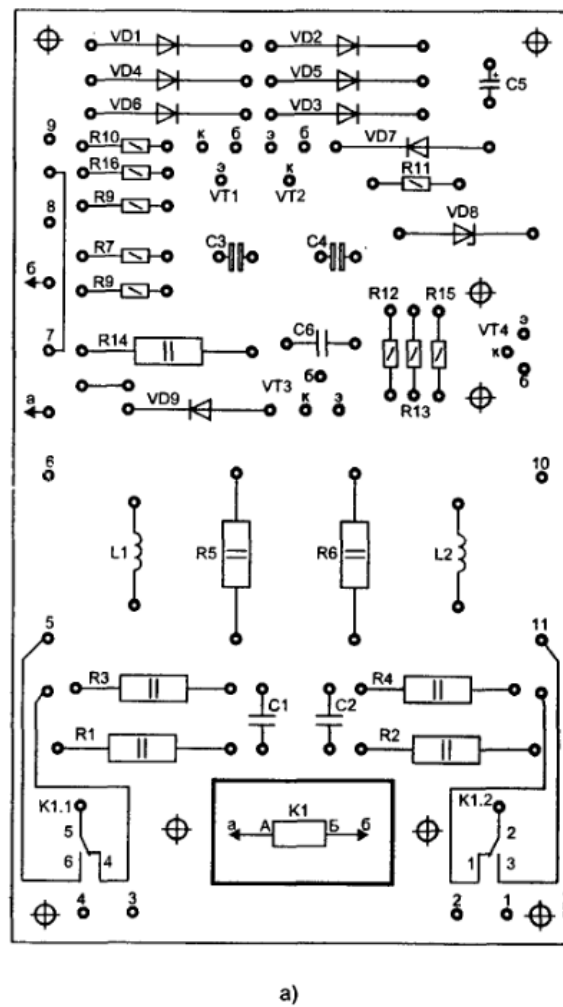


Рис. 8.12. Размещение элементов (а) и печатная плата (б) устройства защиты акустических систем

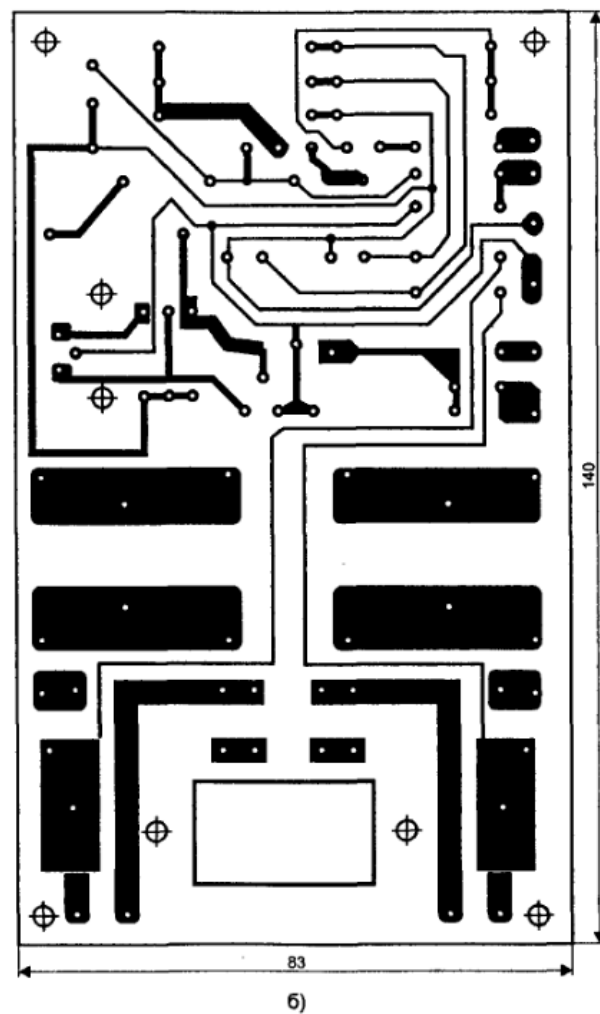


Рис. 8.12, б

обходимо изолировать от радиатора теплопроводящей прокладкой. Для повышения надежности работы микросхемы при монтаже не забудьте о теплопроводной пасте. В усилителе применены резисторы МЛТ-0,25, С2-14, С2-29В; неполярные конденсаторы К73-17, К78-2, VIMA, оксидные зарубежного производства, подобные К50-35. В наибольшей мере на звуковые качества усилителя оказывают влияние элементы С1, С5, С11, поэтому уделите их выбору особое внимание.

Элементы устройства защиты акустических систем размещены на отдельной печатной плате (рис. 8.12).

Резистор R16 (91 кОм, 0,25 Вт), не показанный на принципиальной схеме рис. 8.6, необходим при использовании двух реле, коммутирующих две группы акустических систем.

Электромагнитное реле К1 типа РЭН34 исполнение ХП.500.000.01. Катушки L1, L2 намотаны на каркасах из текстолита, пластмассы или оргстекла (рис. 8.13).

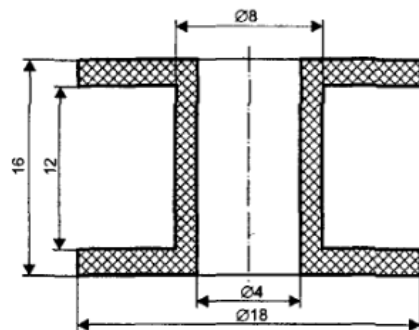


Рис. 8.13. Развертка радиатора для транзистора VT3 (КТ814В) устройства задержки включения, транзистора VT4 (КТ815Г) устройства защиты акустических систем

Они содержат 24 витка провода ПЭВ-2 диаметром 0,8 мм. В качестве каркасов подойдут пластмассовые шпульки для ниток от швейных машин, имеющие размеры, близкие к указанным на рисунке. Диоды VD1—VD7, VD9 типа Д223А, КД521А, КД102Б. Конденсаторы С1, С2 на рабочее напряжение 250 В типа К73-9, К73-17, К78-2; неполярные оксидные конденсаторы С3, С4 — К50-16; С5 — керамический КМ5, КМ6. Резисторы МЛТ, ОМЛТ мощностью, указанной на схеме.

Устройство задержки включения собрано на печатной плате из стеклотекстолита размерами 115 × 75 мм (рис. 8.14).

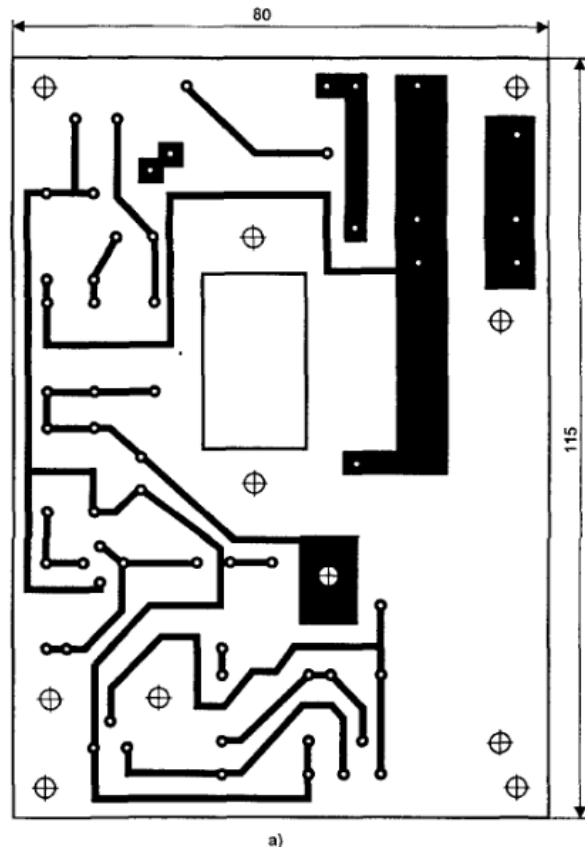


Рис. 8.14. Печатная плата (а) и размещение элементов (б) устройства задержки включения. Материал: односторонне фольгированный стеклотекстолит толщиной 2 мм

В нем использованы резисторы ПЭВ, ПЭВР, С5 мощностью 10...35 Вт (R8), МЛТ-1 (R7), МЛТ-0,25 (остальные). Конденсаторы К50-16, К50-35 (C1, C3, C4), КМ5, КМ6 (C2), К73-17 (C5), БМТ (C6). Рабочее напряжение конденсатора С5 должно быть не менее 400 В, С6 — 600 В. В устройстве применено электромагнитное реле РЭН-34, исполнение ХП4.500.000. Транзистор VT1 может быть заме-

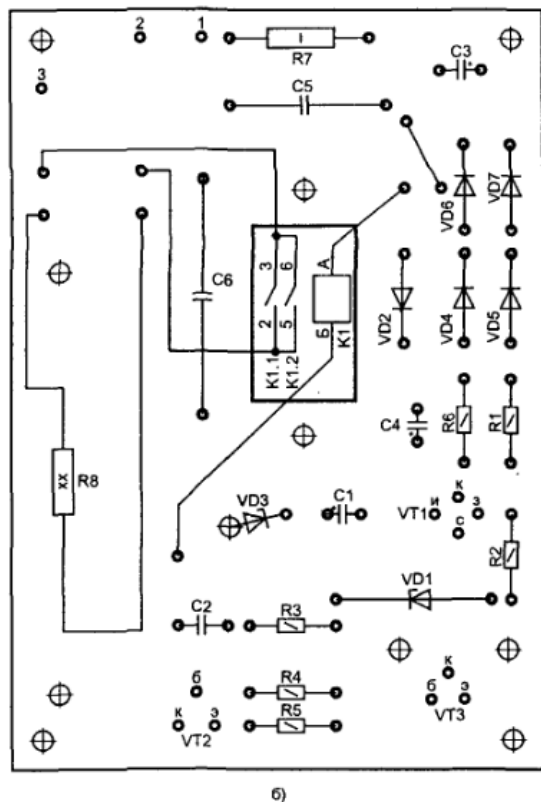


Рис. 8.14, б

нен на КП303Б, VT2 — на КТ502Е, Г, VT3 — на КТ814Г. Диоды VD2—VD7 должны быть рассчитаны на рабочее напряжение не ниже 400 В и ток не менее 300 мА.

Транзистор VT3 установлен на небольшом радиаторе, согнутом в виде уголка из медной или дюралюминиевой пластины толщиной 1,5...2 мм (рис. 8.15).

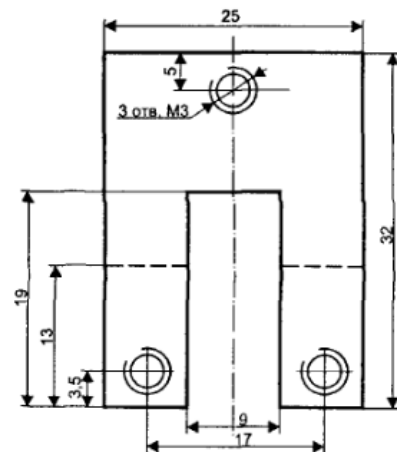


Рис. 8.15. Каркас для катушек L1 и L2 устройства защиты акустических систем

Резистор R8 закреплен на печатной плате с помощью двух уголков, стянутых шпилькой с нарезанной с двух сторон резьбой М3 (рис. 8.16).

Монтаж силовых цепей усилителя должен быть выполнен проводами достаточного сечения. В зависимости от потребляемого тока выбор сечения монтажных проводов производится по табл. 2. Диаметры проводов определены по формуле $d[\text{мм}] = 0,6\sqrt{I}$, где I — максимальный действующий ток, А. Формула приведена для небольшой плотности тока — примерно 2,7 А/мм²; при этом нагрев проводов будет минимальным.

Оксидные конденсаторы C5—C8 (рис. 8.7) типа К50-37 на рабочее напряжение 63 В. В одной из реализованных конструкций усилителя блок питания размещался на печатной плате с параллельно включенными оксидными конденсаторами фирмы Samsung 4700 мкФ на рабочее напряжение 50 В (2240). Конденсаторы C1—C4 типа К73-15, К73-17, рассчитаны на рабочее напряжение не ниже 600 В (лучше 1000 или 1500 В). Конденсаторы C9—C12 типа К78-2. Провода, поступающие к выводам электролитических конденсаторов C5—C8, припаивают к лепесткам, которые закреплены винтами М4.

Общие провода усилителя соединены в одной точке на пластине заземления, которая укреплена на задней панели усилителя вблизи входных гнезд. Чертеж пластины соединения общих выводов электро-

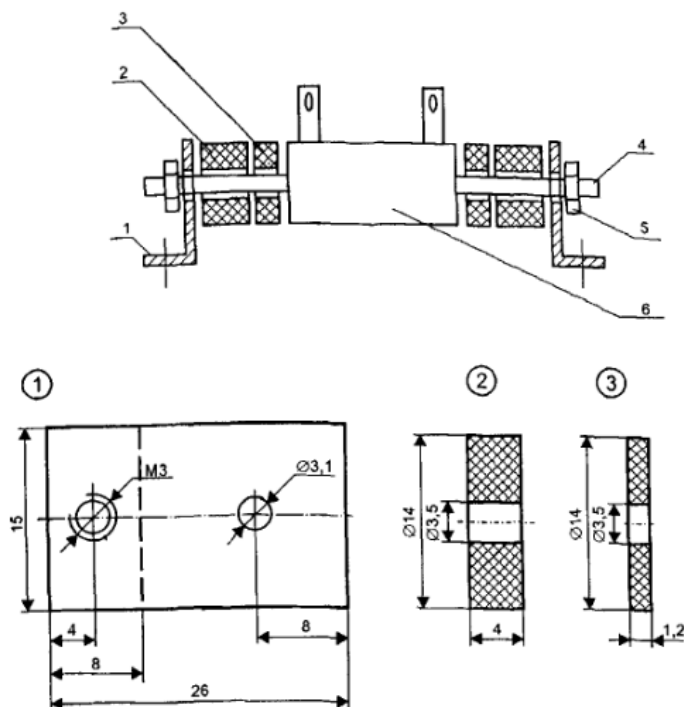


Рис. 8.16. Крепление резистора R8 устройства задержки включения:

- 1 — уголок, сталь толщиной 1,5 мм;
 2 — прокладка (2 шт.), текстолит, гетинакс или фарфор;
 3 — прокладка (2 шт.), слюда толщиной 1,5 мм;
 4 — шпилька, сталь; 5 — гайка М3 (2 шт.); 6 — резистор ПЭВ (R8)

литических конденсаторов и чертеж пластины заземления даны на рис. 8.17 и 8.18 соответственно.

Силовые трансформаторы T1 и T2 мощностью не менее 180 Вт на выходные напряжения, соответствующие сопротивлению нагрузки акустических систем (см. технические характеристики УМЗЧ). При самостоятельном изготовлении силовых трансформаторов необходимо учесть следующее:

- обязательно предусмотрите экран, соединенный отдельным заземленным выводом, разделяющий первичную обмотку от вторичных;

Таблица 2

Зависимость сечения (диаметра) монтажных проводов от величины действующего тока

S, мм ²	d, мм	I, А
0,25	0,6	0,9
0,50	0,8	1,8
0,75	1,0	2,7
1,00	1,1	3,5
1,25	1,3	4,4
1,50	1,4	5,3
2,00	1,6	7,1
2,50	1,8	8,8
3,00	2,0	10,6
3,50	2,1	12,4

- продумайте расположение обмоток на клеммах (лепестках). Желательно выносить клеммы сетевой и вторичных обмоток по разные стороны каркаса.

ВЧ-продольный трансформатор выполнен на ферритовом кольце марки 600НН...1000НН диаметром 20...30 мм. Обмотки трансформатора содержат 3...5 витков, намотанных одновременно двумя проводами сечением 0,75...1,2 мм². Перед намоткой ферритовое кольцо обматывают одним-двумя слоями лакоткани или фторопластовой лентой. Необходимо использовать провод с высококачественной изоляцией, не подвергающейся плавлению при нагревании. Начало и конец обмотки закрепляют нитками.

Налаживание УМЗЧ желательно произвести поблочно. Блок питания нагружают резисторами сопротивлением 0,5...1 кОм, мощностью 2...4 Вт. Убеждаются в наличии двухполярных напряжений, соответствующих режиму покоя усилителя. Проверяют работу устройства задержки включения и убеждаются в его правильном функционировании при выключении питания и быстром повторном включении. Время задержки должно остаться прежним — около 1 с.

Работу устройства защиты акустических систем также контролируют без подключения к УМЗЧ, подав на него только питающие напряжения. Реле К1 должно срабатывать с задержкой 1...2 с относительно момента включения. На вход устройства (выводы 1 и 4) последователь-

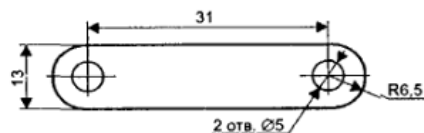


Рис. 8.17. Пластина общих выводов электролитических конденсаторов источника питания (2 шт.). Материал: медь, латунь толщиной 2 мм (серебрить)

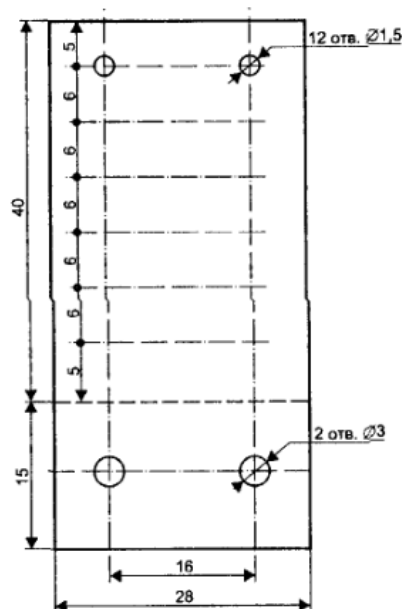


Рис. 8.18. Пластина заземления.
Материал: медь, латунь толщиной 2 мм (серебрить)

но подают постоянное напряжение 1,0...1,4 В обеих полярностей (удобно взять элемент питания AA) и каждый раз убеждаются в срабатывании электромагнитного реле K1.

Перед первым включением усилителя мощности переключку SW1 следует установить в верхнее (по принципиальной схеме рис. 8.5) положение, а питание на него подать через токоограничивающую цепь (рис. 8.19).

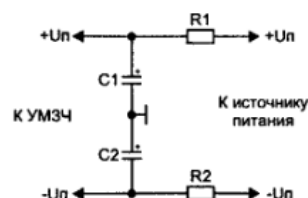


Рис. 8.19. Схема для отладки УМЗЧ:
C1, C2 1000...2000 мк × 50 В; R1, R2 30...100 Ом мощностью 7,5...50 Вт

Необходимо проконтролировать отсутствие падения напряжения на резисторах токоограничивающей цепи, а затем запустить микросхему, установив переключку SW1 в нижнее положение. Вновь измерить напряжение на резисторах R1 и R2 — оно должно соответствовать току покоя 20...60 мА. Теперь вспомогательную токоограничивающую цепь нужно отключить, подав питание непосредственно от источника питания. В случае если ток покоя УМЗЧ превышает указанное значение — ищите неисправный элемент или ошибки в монтаже.

Усилитель собран в металлическом корпусе размерами 428 × 100 × 330 мм.

Следует учесть, что УМЗЧ должен работать с источниками сигналов, имеющими малое выходное сопротивление. В этой связи нежелательно устанавливать на входе регулятор громкости, так как увеличиваются нелинейные искажения [11], а также изменяется частота среза ФНЧ на входе в зависимости от положения движка регулятора громкости.

Проводилось сравнительное прослушивание УМЗЧ. В тесте участвовали ламповый усилитель [12] и транзисторный, собранный на основе схемы из [13]. Использовался следующий музыкальный материал:

- Аудио Магазин. Тест — CD1;
- М. Мусоргский. Картинки с выставки (дирижер Евгений Светланов);
- Deep Purple in Concert with the London Symphony Orchestra (2 CD); Deep Purple in Rock;
- Dire Straits. Communicue;
- Metallica. Master of Puppets, Metallica;
- Roger Waters. The Pros and Cons of Hitch Hiking.

Общее впечатление от прослушивания УМЗЧ можно сравнить с концертом одного известного эстрадного артиста, посетившего недавно наш город. Построение концерта — отличное, подтанцовки и бэк-

вокал — замечательные, исполнение произведений и голос певца — великолепные. Не хватает только одного — души. Также и тестируемый усилитель проиграл двум другим по энергичности звучания.

Областью применения УМЗЧ стало воспроизведение MP3-файлов. Здесь удалось весьма точно совместить качество музыкального материала и возможности комплекса звуковоспроизведения.

Неплохие результаты получены при включении УМЗЧ в состав фронтальных каналов системы домашнего кинотеатра.

Литература

1. Прокофьев В. Г., Пахарьков Г. Н. Зарубежная бытовая радиоэлектронная аппаратура: Справочник. — М.: Радио и связь, 1988. 240 с.
2. Сухов Н. УМЗЧ высокой верности // Радио. 1989. № 6. С. 55—57; № 7. С. 57—61.
3. <http://www.national.com> (LM3886 Overture(tm) Audio Power Amplifier Series High-Performance 68W Audio Power Amplifier w/Mute).
4. <http://www.electronics-lab.com/downloads/datasheets/index.html> (Datasheets — STK series).
5. <http://www.sivolobov.ru/audio/forum/index.php> (форум А. Сиволобова).
6. Супица А. УМЗЧ на микросхеме TDA7294. // Радио. 2000. № 5. С. 19—21.
7. <http://www.hi-fi.org.ua/pict5/tda7294.pdf> (TDA7294 100V — 100W DMOS AUDIO AMPLIFIER WITH MUTE/ST-BY).
8. <http://www.masterkit.ru/main/set.php?num=540> (NM2033 — Усилитель НЧ 100 Вт (TDA7294)).
9. <http://www.schematic.narod.ru/Audio/semi/Amp/tda7294.htm> (HiFi усилитель мощности на базе TDA7294).
10. Усилитель мощности «Корвет-УМ-048» стерео Hi-Fi. Руководство по эксплуатации.
11. Дайджест // Радиолюбби. 2003. №3. С. 10, 11.
12. Мосягин В. Усилители звуковой частоты для домашнего прослушивания // Конструкции и схемы для прочтения с паяльником. Вып. 8. Том 2. Лампы в УМЗЧ снова в строю. Электроника в вашем авто и дома. Контроль, измерение и испытание. Техника радиоспорта. Радиолубительская технология. Авт.-сост. А. Гриф. — М.: СОЛОН-Р, 2002. С. 52—77.
13. Мосягин В. В., Ткаченко Ю. П. Импульсный усилитель мощности с повышенными динамическими характеристиками // Приборы и техника эксперимента. 1985. № 4. С. 110, 111.

Оглавление

Глава 1. Проектируем аудиокomплекс для автомобиля	3
Музыкальный ликбез	3
DVD-проигрыватели	14
Мониторы	17
CD-ресиверы	24
Магнитолы	29
Акустические системы	32
Усилители	43
Соединительные кабели и клеммы	51
Глава 2. Предварительные усилители	55
Коммутаторы	56
Регуляторы громкости и баланса, цепи тонкомпенсации и частотной коррекции.	60
Усилительные каскады	67
Глава 3. Строим сабвуфер — САБ	72
Теория	72
Строительство	80
Глава 4. Зарядные устройства на микросхемах фирмы Power Integrations	86
Зарядное устройство для автомобильного аккумулятора	86
Зарядное устройство на микросхеме LNK501 для сотового телефона	94
Зарядно-разрядное устройство для аккумуляторной электродрели	99
Глава 5. Стабилизатор частоты проекции кинофильмов для перезаписи на видео	109
Глава 6. Элементы охранной сигнализации	117
Пиролатчик в охранной сигнализации	117
Маломощный радиопередатчик	123
Си-Би радиопередатчик	126
Лазерный канал связи	129
Глава 7. Электромеханический стабилизатор переменного напряжения	137
Глава 8. Стерефонический усилитель на современных микросхемах	148