

РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ ПРИЕМ В АВТОМОБИЛЕ

Редакция научно-популярной литературы и массовой радиобиблиотеки
© Издательство «Связь», 1974 © Издательство «Радио и связь», 1982, с изменениями.

Предисловие ко второму изданию

Любой радиовещательный приемник, в том числе автомобильный, характеризуется рядом технических параметров: чувствительностью, селективностью, выходной мощностью и т. п. Однако к электрическим параметрам, потребительским возможностям, конструкции и внешнему виду радиоприемников, устанавливаемых в автомобиле, предъявляется ряд дополнительных требований, которые в конечном итоге определяют все основные эксплуатационно-технические характеристики этой разновидности радиовещательных приемников.

Автомобильный радиоприемник должен разрабатываться с максимальным учетом условий, в которых он эксплуатируется, чтобы пользование им не отвлекло от управления автомобилем в условиях высоких скоростей, длительного пребывания за рулем и в сложных транспортных ситуациях.

К настоящему времени создан целый ряд моделей транзисторных автомобильных приемников различного класса, которые по своим электрическим и эксплуатационным параметрам в основном отвечают современному уровню требований, предъявляемых к этой разновидности радиовещательных приемников. Задача дальнейшего совершенствования автомобильных приемников требует систематизации и обобщения знаний, накопленных в этой области прикладной радиотехники.

В первом издании книги «Радиовещательный прием в автомобиле», вышедшем в 1974 г., были обобщены и систематизированы обширные материалы по различным аспектам проектирования и эксплуатации транзисторных радиовещательных приемников в автомобиле. Для всех направлений современной радиоэлектроники характерны весьма интенсивные темпы развития, и автомобильная радиоэлектронная аппаратура не является в этом смысле исключением. Поэтому второе издание книги дополнено с учетом новых направлений в разработке автомобильной радиоаппаратуры, соответствующей современному состоянию развития радиоэлектроники.

Наиболее важными направлениями, определяющими изменение схемотехники и принципов конструирования автомобильной радиоаппаратуры, явились, с одной стороны, все более широкое внедрение интегральной схемотехники и, с другой, появление нового вида автомобильной радиоаппаратуры — кассетных магнитол, т. е. устройств, в которых схемно и конструктивно объединены автомобильный радиоприемник и кассетный магнитофон.

Другими важными факторами, характеризующими современное состояние автомобильной радиоаппаратуры, явились разработка и начало промышленного выпуска нового вида антенных устройств — активных автомобильных антенн, разработка и внедрение схемотехники для приема стереофонии в движущемся автомобиле. Все эти вопросы подробно рассмотрены в дополнительных разделах второго издания книги. Кроме того, авторы считают целесообразным привести в отдельном разделе материалы, отражающие наиболее важные и перспективные достижения ведущих зарубежных фирм в области создания автомобильной радиоаппаратуры.

Авторы заранее благодарят читателей за все критические замечания и советы, высказанные по содержанию книги, которые следует направлять по адресу: 101000, Москва, а/я 693, редакция научно-популярной литературы и массовой радиобиблиотеки.

Авторы

Глава 1

ОСОБЕННОСТИ РАДИОПРИЕМА В АВТОМОБИЛЕ

Автомобильный радиовещательный приемник, магнитола, магнитофон и другие виды радиоаппаратуры постепенно становятся неотъемлемой частью автомобильного оборудования. Они служат средством повышения комфорта в салоне автомобиля, снижают утомляемость водителя и развлекают пассажиров. Водитель автомобиля является основным оператором, управляющим радиоприемником во время движения машины. Приемником также может пользоваться и пассажир, находящийся на переднем сидении рядом с водителем. Поэтому размещение радиоприемника должно подчиняться удобству пользования им как водителем, так и пассажиром.

Современные автомобили весьма насыщены различными типами приборов и механизмов управления, расположенных в приборном щитке или под ним, поэтому в большинстве случаев для радиоприемника остается очень ограниченное место, а часто и совершенно нет возможности разместить его в приборном щитке. В этом случае радиоприемник устанавливается под щитком. Хотя такое крепление удобно в конструктивном отношении, оно не является наилучшим, так как предъявляет к радиоприемнику дополнительные требования. В современных автомобилях требование травмобезопасности является одним из главных условий в их конструкции. Разрабатываются складывающиеся рулевые управления, изготавливаются мягкие травмобезопасные панели приборных щитков, применяются специальные ремни безопасности и т. д. Аналогичные требования, предъявляются и к автомобильным радиоприемникам. Если он устанавливается непосредственно в панели приборного щитка, то суть требований по травмобезопасности сводится к тому, чтобы элементу управления незначительно выступали из панели, чтобы отсутствовали острые углы в конструкции и при изготовлении органов управления применялись мягкие материалы. При установке радиоприемника под прит борным щитком его конструкция и элементы управления должны исключать возможность случайного травмирования водителя или пассажира при резком торможении или аварии автомобиля.

Радиоприемник в автомобиле должен быть не столько источником информации и средством развлечения, сколько способствовать поддержанию активного психологического состояния шофера в дальних переездах, когда монотонность дорожного движения притупляет его внимание и нагнетает сонливость. В последнее время радиоприемник приобретает дополнительные функции по обеспечению безопасности движения на дорогах. В ряде стран в УКВ диапазоне ведется специальное вещание для водителей, так называемая дорожная информация, содержащая сведения для локальных районов о дорожной обстановке, пробках, гололеде, отдаленных маршрутах и т. д. Чем выше класс радиоприемника, чем больше потенциальных возможностей предоставляет он слушателю — водителю или пассажиру, тем он сложнее и тем в большей степени управление таким радиоприемником должно быть автоматизировано.

Естественно, что радиоприемники различных классов имеют различные электроакустические параметры. Радиоприемники более высокого класса обладают лучшей чувствительностью и селективностью, они воспроизводят более широкую полосу звуковых частот при большей выходной мощности, имеют большее количество диапазонов по сравнению с радиоприемниками низших классов.

В течение ряда лет наблюдается неуклонная тенденция к уменьшению габаритов и массы автомобильных радиоприемников. Уменьшение габаритов в основном достигается в результате использования малогабаритных узлов и деталей. На первом этапе разработки радиоприемников значительное сокращение размеров и массы было достигнуто за счет их транзисторизации. Крупногабаритные, малонадежные радиолампы были заманены транзисторами, что позволило исключить громоздкий блок — преобразователь для питания радиоламп. Одновременно разрабатывались новые малогабаритные механизмы настройки, ранее занимавшие значительную часть объема радиоприемника. Использование новых ферритовых материалов позволило без ущерба для электрических параметров значительно сократить размеры контурных катушек, трансформаторов промежуточной частоты. Были использованы новые типы конденсаторов и резисторов. Все эти меры позволили сократить объем и массу автомобильных радиоприемников в несколько раз.

Совокупность всех технических и экономических требований с годами позволила выработать определенные нормы, в соответствии с которыми в зависимости от назначения автомобиля и его класса в нем должен устанавливаться радиоприемник, имеющий необходимый комплекс технических параметров и эксплуатационных удобств. Условия эксплуатации автомобильного радиовещательного приемника резко отличаются от условий эксплуатации остальных типов радиовещательной аппаратуры. Это отличие заключается в том, что автомобили с установленными на них радиоприемниками практически могут находиться в любой точке нашей страны. Субтропический климат Батуми и сорокаградусные морозы Верхоянска, влажный морской климат Прибалтики и Владивостока или жаркий сухой климат Ташкента — повсюду автомобильный радиоприемник должен работать одинаково надежно. Установленный на автомобиле, он относительно быстро может перемещаться из одних климатических условий в другие, выдерживая при этом значительные перепады температур и влажности, вибрацию и тряску. Учитывая это, нормирование электрических параметров автомобильного радиоприемника проводят для нормальных климатических условий как наиболее характерных для эксплуатации, но в отличие от других видов, аппаратуры автомобильные радиоприемники должны сохранять свои параметры в более широком интервале климатических условий.

Радиоприемник, установленный в автомобиле, постоянно подвергается воздействию вибрации и тряски. Поскольку диапазон вибрации достаточно широк, имеется опасность совпадения частоты вынужденной вибрации с собственной частотой механического резонанса отдельных элементов радиоприемника, что может привести к механической поломке этих элементов. Следовательно, надежное крепление всех достаточно крупных по габаритам и массе элементов является обязательным условием устойчивой работы автомобильного радиоприемника при движении автомобиля по различным дорогам. Суммарное воздействие всех перечисленных климатических в механических факторов предъявляет высокие требования к механической прочности и электрической надежности автомобильных радиоприемников.

Разработка автомобильного радиоприемника в конечном счете сводится к обеспечению надежной работы его в движущемся автомобиле и качественного воспроизведения речевых и музыкальных программ широкоэмитальных радиостанций. Качество звучания в автомобиле зависит как от характеристик самого радиоприемника, его усилителя звуковой частоты и громкоговорителя, так и от других факторов, не имеющих непосредственного отношения к самому приемнику, но заставляющих учитывать их при его разработке. К ним прежде всего относятся акустические характеристики салона автомобиля и шумы, возникающие при его движении. Шум внутри -салона складывается из вибрации корпуса автомобиля при движении, вибрации двигателя, трения шин о дорожное покрытие и воздействия ветра. С возрастанием скорости движения автомобиля уровень шума значительно изменяется, причем от изменения, как частоты вращения двигателя, так и частоты вибрации корпуса машины. Последнее особенно сказывается при движении по дорогам, имеющим булыжное покрытие, или по проселочным дорогам, не имеющим специального покрытия. Изменение уровня и

характера шума при изменении скорости движения на асфальтированных или бетонированных дорогах определяется главным образом изменением характера вибраций от двигателя, влиянием ветра при открытых окнах и трением шин о дорогу.

Для достижения хорошего качества звучания радиоприемника в условиях повышенного уровня шума при движении автомобиля необходимо, чтобы уровень громкости воспроизведения полезного сигнала превышал на 10 — 20 дБ уровень шума. При этом для получения нужного звукового давления от громкоговорителя к нему необходимо подвести звуковую электрическую мощность 2-4 Вт, что в несколько раз превышает мощность, необходимую для нормального прослушивания радиопередач в условиях обычной жилой комнаты.

Специфические условия приема радиовещательных станций в движущемся автомобиле обусловили особенности конструкций и параметров автомобильных антенных систем. Применяемые автомобильные антенны представляют собой телескопический штырь — несимметричный вертикальный вибратор, закрепленный в корпусе с разъемом или специальными выводами для подключения соединительного кабеля, при помощи которого принятый антенной сигнал подводится к входу автомобильного радиоприемника. Необходимость в соединительном кабеле вызвана тем, что при конструктивной компоновке радиоприемника и антенны на автомобиле практически невозможно разместить их в непосредственной близости.

Основное достоинство штыревых антенн — наличие у них круговой диаграммы направленности, благодаря чему поддерживается неизменный уровень сигнала в антенне при изменении автомобилем направления движения. Другое преимущество штыревых антенн — простота конструкции и сохранение постоянства параметров в диапазонах ДВ, СВ и КВ. Вместе с тем современные автомобильные антенные системы имеют ряд существующих недостатков, ухудшающих их эксплуатационные и электрические характеристики. К недостаткам эксплуатационного характера прежде всего следует отнести невысокую надежность. В то же время из-за малой длины антенны вследствие потерь, обусловленных наличием соединительного кабеля, уровень сигнала на входе автомобильного радиоприемника из антенной системы оказывается в 10 — 30 раз меньше сигнала, поступающего из антенны на вход стационарного радиоприемника. Вследствие этого к одному из основных параметров автомобильных приемников — реальной и максимальной чувствительности предъявляются значительно более высокие требования, чем к аналогичным параметрам радиовещательных приемников другого применения (стационарным и переносным).

При работе сетевых и переносных радиовещательных приемников координаты точки приема либо вообще не меняются (для стационарных радиоприемников), либо могут меняться сравнительно медленно и в относительно небольших пределах (при пользовании радиоприемником с автономным питанием на ходу). Основная же особенность работы автомобильных радиоприемников — постоянное и быстрое изменение координат точки приема.

Очевидно, что при перемещении автомобиля, особенно с высокой скоростью, характеристики точки приема могут существенно меняться, вызывая как следствие глубокие изменения уровня сигнала, воздействующего на вход радиоприемника. Характер и диапазон этих изменений в основном зависят от диапазона частот и зоны приема — вблизи передающей антенны или на значительном рассеянии от нее. При работе радиоприемника в диапазонах ДВ, СВ и КВ наиболее трудные условия приема создаются при движении автомобиля в непосредственной близости к антеннам мощных передающих станций. В этом случае уровни сигналов на входе радиоприемника достигают сетей милливольт, что может вызвать перегрузку ВЧ тракта, проявляющуюся в виде искажений принимаемого сигнала, а также привести к возникновению перекрестных и комбинационных искажений.

Другое специфическое явление, которое может встречаться при работе автомобильного приемника, заключается в кратковременном и глубоком падении уровня входного сигнала

при проезде автомобиля под металлическими или железобетонными мостами, туннелями и т. п. Для того чтобы автомобильные радиоприемники в этих условиях обеспечивали требуемое качество приема в диапазонах ДВ, СВ и КВ, к их основным параметрам — чувствительности, селективности по соседнему и зеркальному каналу, действию автоматической регулировки усиления (АРУ) и т. п. предъявляются более высокие требования, чем к аналогичным параметрам сетевых или переносных радиоприемников соответствующего Класса.

Система электрооборудования карбюраторного автомобильного двигателя является мощным источником радиопомех. При работе системы зажигания, реле-регулятора, генератора и ряда вспомогательных приборов периодического включения (стартер, переключатели приборов освещения и указателей поворотов, электродвигатель стеклоочистителя и т. п.) возникают искровые разряды, сопровождаемые излучением электромагнитных колебаний, спектр которых составляет от десятков килогерц до сотен мегагерц. Кроме того, ВЧ помехи создаются статическими разрядами, возникающими на кузове и отдельных узлах автомобиля.

Использование в современных автомобилях таких эффективных средств помехоподавления, как подавительные резисторы, реактивные провода высокого напряжения с распределенным сопротивле-

нием, блокировочные и искрогасящие конденсаторы, металлизационные перемычки и т.п., позволяет значительно снизить интенсивность помех, излучаемых в окружающее пространство. Однако даже в автомобилях, оснащенных полным набором таких средств помехоподавления, уровень помех от системы электрооборудования, воздействующих на антенну автомобильного приемника, остается очень высоким. Необходимо учитывать и то, что вследствие питания радиоприемника от общей бортовой сети автомобиля значительные напряжения помех проникают в тракт приемника также и по цепям питания. Эти помехи при недостаточной фильтрации могут непосредственно воздействовать на контуры и ВЧ каскады радиоприемника. Вследствие этого анализ механизма воздействия импульсных помех системы электрооборудования и поиск путей и средств повышения помехозащищенности самого автомобильного приемника также являются одним из направлений в разработке автомобильной радиоаппаратуры.

В последующих главах более подробно рассматривается влияние особенностей радиоприема и условий эксплуатации радиоприемника в движущемся автомобиле на теоретические принципы построения и конкретные технические решения, используемые в автомобильной радиоаппаратуре.

Глава 2

АВТОМОБИЛЬНЫЕ АНТЕННЫЕ СИСТЕМЫ

2.1. Пассивные антенные системы

Автомобильная антенная система (рис. 2.1) состоит из автомобильной антенны, устанавливаемой обычно на переднем крыле или на крыше (у ветрового стекла), и соединительного кабеля, при помощи которого принятый антенной сигнал подводится к входу автомобильного приемника. Автомобильная антенна в свою очередь состоит из телескопического вертикального штыря длиной 0,9 — 1,5 м и корпуса с разъемом или выводами для подключения соединительного кабеля. Расположение телескопической антенны непосредственно над кузовом автомобиля, представляющим собой крупногабаритную металлическую массу сложной конфигурации, делает условия ее работы аналогичными условиям работы несимметричного заземленного вибратора (кузов автомобиля, хоть он и не соединен гальванически с землей, имеет относительно земли большую емкость и, следовательно, малое сопротивление на частотах радиовещательных диапазонов)

Параметры антенных систем в диапазонах ДВ, СВ, КВ. Рассмотрим методы определения эквивалентных параметров автомобильной антенной системы в диапазонах ДВ, СВ и КВ, которые являются необходимыми исходными данными для электрического и конструктивного расчета контуров преселектора АМ, а также для выбора типа и параметров органа настройки автомобильного приемника в диапазонах ДВ, СВ, КВ.

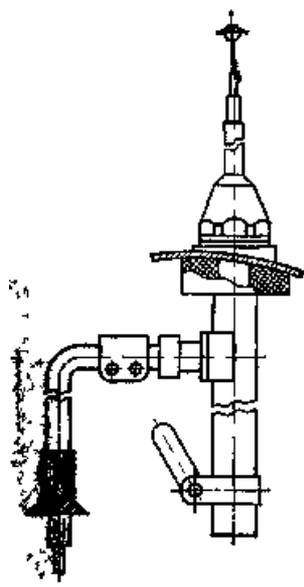


Рис. 2.1. Антенная система автомобиля

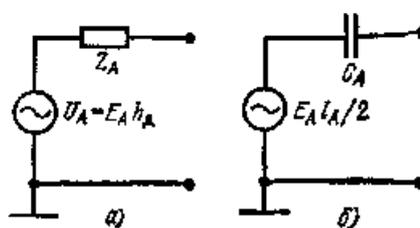


Рис. 2.2. Эквивалентная схема штыревой части антенны в диапазонах ДВ, СВ, КВ

На любой из частот радиовещательного диапазона, в котором ведется АМ вещание (0,15 — 12,1 МГц), штыревая автомобильная антенна работает в режиме большого удлинения, т. е. соблюдается условие $l_a < \lambda_p$ (l_a — рабочая, не экранированная корпусом длина телескопической штыревой антенны; λ_p — рабочие длины волн диапазонов ДВ, СВ, КВ, $\lambda_p = 2000-25$ м), и поэтому для определения эквивалентных параметров телескопической штыревой антенны — действующей высоты h_d и реактивного входного сопротивления X_a (активная составляющая входного сопротивления в этом диапазоне частот пренебрежимо мала) можно пользоваться формулами $h_d = l_a/2$; $X_a = 1 / (\omega C_A) = 300 / [\text{tg}(2\pi l_a / \lambda_p)]$. Учитывая, что в диапазонах ДВ, СВ, КВ всегда выполняется условие $l_a / \lambda_p < 1$ и, следовательно, $\text{tg}(2\pi l_a / \lambda_p) = 2\pi l_a / \lambda_p$, с достаточной для практики точностью формула для X_a после несложных преобразований может быть приведена к следующему простому соотношению: C_A (пФ) = l_a (дм).

Эквивалентную схему любой антенны можно представить в виде генератора с ЭДС $U_a = E_A h_d$ (где E_A — напряженность поля в точке приема) и внутренним сопротивлением Z_a (рис. 2.2,а). Таким образом, с учетом полученного ранее значения l_d эквивалентом штыревой автомобильной антенны в диапазонах ДВ, СВ, КВ является генератор с ЭДС $E_A l_a / 2$ и внутренним сопротивлением, представляющим собой емкость, равную целому числу дециметров рабочей длины телескопической антенны (рис. 2.2,б).

Вторая составляющая эквивалента автомобильной антенны обусловлена емкостью корпуса $C_{кор}$, которая в большинстве современных антенн равна емкости цилиндрического конденсатора, образованного стенками корпуса и частью телескопической антенны, которая в рабочем, положении остается внутри корпуса, обеспечивая контакт с выводом разъема для подключения соединительного кабеля (рис. 2.3). Диэлектриком конденсатора служат изоляционные шайбы или втулки, фиксирующие, кроме того, положение телескопической

штыревой антенны в рабочем положении и предотвращающие возможность ее замыкания на корпус.

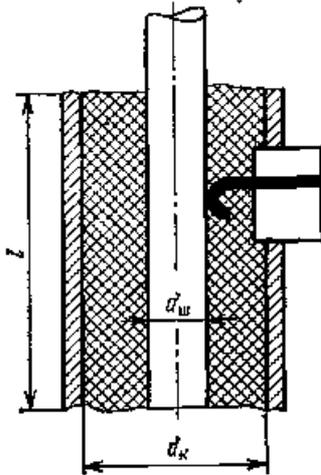


Рис. 2.3. Разрез корпуса антенны

Емкость корпуса $C_{кор}$ [пФ] можно рассчитать по формуле для емкости цилиндрического конденсатора: $C_{кор} = 0,24\epsilon l / \lg(d_{кор}/d_m)$. где l — длина части телескопической штыревой антенны, экранируемой корпусом (в рабочем положении), см; $d_{ш}$ — диаметр нижнего колена телескопической штыревой антенны, см; $d_{кор}$ — внутренний диаметр корпуса, см, ϵ — диэлектрическая проницаемость изоляционного материала, находящегося между стенками корпуса и нижним коленом штыревой антенны.

С учетом емкости корпуса эквивалентная схема автомобильной антенны в диапазонах ДВ, СВ, КВ имеет вид, показанный на рис. 2 4.

При конструктивной компоновке антенны и радиоприемника на автомобиле обычно не удается разместить их в непосредственной близости, и потому для передачи сигнала из антенны на вход приемника приходится использовать короткую фидерную линию — соединительный кабель. Учитывая то, что на любой частоте диапазонов ДВ, СВ, КВ соблюдается условие $l_{каб} < X_p$ (длины соединительных кабелей $l_{каб}$ в большинстве автомобилей не превышают 1,5 — 2 м), можно считать, что кабель представляет собой распределенную емкость, включенную параллельно емкости корпуса автомобильной антенны. Распределенная емкость может быть заменена эквивалентной ей сосредоточенной емкостью ($C_{каб}$, пФ), которую вычисляют через погонную емкость кабеля ($C_{пог}$, пФ/м) по формуле $C_{каб} = C_{пог} l_{каб}$.

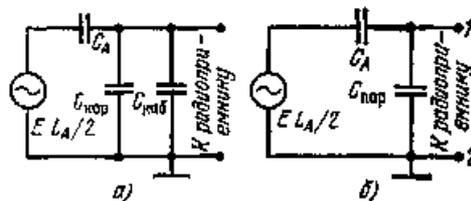
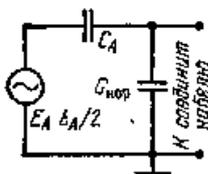


Рис. 2.4. Полная эквивалентная схема антенны в диапазонах ДВ, СВ, КВ

Рис. 2.5. Эквивалентная схема антенной системе в диапазонах ДВ, СВ, КВ

Полная эквивалентная схема антенной системы автомобиля показана на рис. 2 5,а. Объединив параллельные емкости $C_{кор}$ и $C_{КАБ}$ в одну $C_{пар} = C_{кор} + C_{каб}$, получим окончательно эквивалентную схему (рис. 2.5,б).

Хотя приведенная методика определения эквивалентных параметров антенной системы автомобиля в диапазонах ДВ, СВ, КВ позволяет довольно точно определить составляющие емкости эквивалента, однако при наличии измерительной аппаратуры (куметра или ВЧ моста) более простым является расчетно-экспериментальный способ определения эквивалента автомобильной антенны. Кроме того, при измерениях удастся избежать

погрешностей, которые могут быть при расчете из-за трудностей определения и учета емкостей разъемов, смонтированных на антенне и на концах соединительного кабеля.

Методика расчетно-экспериментального способа определения эквивалентных параметров антенной системы автомобиля базируется на том, что согласно теореме об эквивалентном генераторе полная емкость антенной системы в точках подключения к приемнику (точки 1 и 2 на рис. 2.5,6) равна сумме $C_{\text{сум}}=C_A+C_{\text{пар}}$. Следовательно, это значение может быть измерено куметром или ВЧ измерительным мостом, подключенным к выходу антенной системы (к выходному разъему соединительного кабеля). Далее, учитывая то, что высокая точность расчетного метода определения C_A как значения, численно равного целому числу дециметров рабочей дли-вы телескопической штыревой антенны, неоднократно подтверждена экспериментально, определяется вторая составляющая эквивалентна $C_{\text{пар}}$ путем вычитания из измеренного $C_{\text{сум}}$ расчетного значения C_A . Во всех случаях, когда это возможно, измерять емкость $C_{\text{сум}}$ нужно непосредственно в автомобиле, где установлена измеряемая антенная система. При измерениях вне автомобиля антенную систему нужно устанавливать и закреплять в положении, аналогичном ее положению в реальных условиях эксплуатации. Крупногабаритных и тяжелых предметов и тел вблизи закрепления антенны не должно быть. Измерения рекомендуется производить на средних частотах ДВ или СВ диапазона (250 кГц или 1 МГц).

Таблица 2.1

Марка автомобиля	Тип используемого радиоприемника	Марка антенны	Длина соединительного кабеля, м	h_d , м	C_A , пФ	$C_{\text{кор}}$, пФ	$C_{\text{каб}}$, пФ	$C_{\text{пар}}$, пФ
«Волга» ГАЗ-24	АТ-66	АР-104Б	1,2	0,54	11	17	32	51
«Волга» ГАЗ-21	АТ-271 А-275	АР-41Б	1,87	0,52	10	21	54	75
«Москвич-412, 408 2140» ИЖ-1500	АТ-64 А-373М А-370М	АР-105	0,7	0,59	12	20	30	50
«Жигули» ВАЗ-2101, 21011 2103, 2105	А-373 А-370	АР-108	1,12	0,48	10	15	33	51

Примечание. В соответствии с ГОСТ 17692 — 80, введенном в действие в 1981 г, параметры автомобильных приемников нормируются при стандартных значениях, «эквивалента антенной системы $C_d=15$ пФ, $C_{\text{пар}}=50$ пФ. Эти значения приняты на основании рекомендаций МЭК (Публикация МЭК 315-1).

Применение изложенной методики рассмотрим на примере определения эквивалентных параметров антенной системы, используемой в автомобилях «Жигули» всех марок.

Антенна представляет собой телескопический штырь с рабочей длиной $l_a=95$ см и диаметром нижнего колена $d_m=0,6$ см, закрепленный в корпусе с внутренним диаметром $d_{\text{кор}}=1$ см. Штырь изолирован от корпуса изоляционной втулкой из полиэтилена ($\epsilon=2,24$). Длина части нижнего колена штыревой антенны, которая в рабочем положении экранируется корпусом, $l=7,6$ см. Антенну подключают к радиоприемнику при помощи соединительного кабеля длиной $l_{\text{каб}}=1,12$ м с погонной емкостью $C_{\text{пог}}=30,5$ пФ/м.

Расчет эквивалентных параметров этой антенной системы дает следующие результаты:

$$C_d = 10 \text{ пФ}; \quad C_{\text{кор}} = 18 \text{ пФ}; \quad C_{\text{каб}} = 33 \text{ пФ};$$

$$C_{\text{пар}} = C_{\text{кор}} + C_{\text{каб}} = 51 \text{ пФ}.$$

Аналогичные результаты получаем и при использовании расчетно-экспериментального метода: $C_{\text{сун}}=61$ пФ; $C_{\text{а}}=10$ пФ; $C_{\text{вар}}=C_{\text{сум}} - C_{\text{а}}=51$ пФ.

В табл. 2.1 приведены основные данные, по конструктивным и эквивалентным параметрам: в диапазонах ДВ, СВ, КВ антенных систем, используемых в современных моделях отечественных легковых автомобилей.

Параметры антенных систем в диапазоне УКВ. В диапазоне УКВ длины телескопической автомобильной антенны и соединительного кабеля становятся соизмеримыми с длиной рабочей волны. Вследствие этого внутреннее сопротивление генератора, эквивалентного сопротивлению штыревой автомобильной антенны, носит комплексный характер. Соизмеримость длины соединительного кабеля с рабочей длиной волны диапазона УКВ также не позволяет рассматривать его как чистую емкость, и анализировать его влияние. На эквивалентные параметры антенной системы нужно при помощи теорий длинных линий.

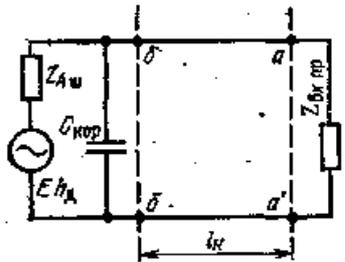


Рис. 2.6. Эквивалентная схема антенной системы в диапазоне УКВ

Таким образом, автомобильная антенная система в диапазоне УКВ может быть представлена в виде эквивалентной схемы (рис. 2.6), состоящей из генератора с ЭДС E_{h_d} с комплексным внутренним сопротивлением Z_{Am} , шунтированного емкостью корпуса $C_{кор}$ и соединенного с нагрузкой (входом радиоприемника) отрезком длинной линии (длиной $l_{каб}$ с волновым сопротивлением $r_{каб}$). При проектировании входных цепей тракта ЧМ автомобильного приемника необходимо определить параметры схемы (рис. 2.6) в точках а, а', т. е. в месте подключения кабеля к входу радиоприемника. Для этого сначала определяют эквивалентные параметры штыревой антенны — несимметричного заземленного вибратора, его действующую высоту A_d и активную и реактивную составляющие ($R_{Aш}$ и $X_{Aш}$) комплексного входного сопротивления Z_{Am} .

В режиме удлинения, т. е. при $l_A < \lambda_{раб}/4$, указанные величины вычисляются по формулам:

$$h_d = \frac{1}{m} \operatorname{tg} \frac{ml_A}{2};$$

$$R_{Aш} = 40 \left[\operatorname{tg} \frac{ml_A}{2} \right]^2;$$

$$X_{Aш} = -j r_A \operatorname{ctg} ml_A,$$

где $m=2\pi/\lambda_{раб}$; l_a — рабочая (не экранированная корпусом) длина телескопической антенны; r_A — волновое сопротивление несимметричного вибратора: $r_A=60[l_A/r_a - 1]$, r_a — средний радиус трубок, образующих телескопическую антенну. В режиме укорочения, т. е. при $l_A > \lambda_{раб}/4$, приходится пользоваться более сложными формулами:

$$h_d = \frac{1 - \cos ml_A}{m} \left(\text{для } \frac{\lambda_{раб}}{4} < l_A < \frac{\lambda_{раб}}{2} \right);$$

$$R_{Aш} = \frac{R_{zn}}{\sin^2 ml_A + (R_{zn}/r_A)^2 \cos^2 ml_A};$$

$$X_{Aш} = -j \frac{r_A}{2} \frac{(1 - R_{zn}^2/r_A^2) \sin 2ml_A}{\sin^2 ml_A + \left(\frac{R_{zn}}{r_A}\right)^2 \cos^2 ml_A}.$$

где R_{zn} — сопротивление излучения, определяемое по формуле Ван-дер-Поля [6] либо по графику на рис. 2.7.

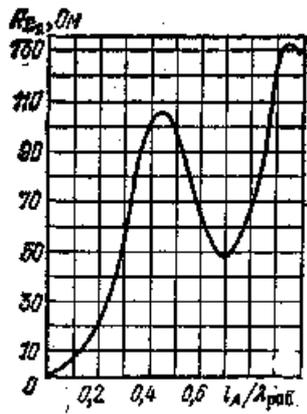


Рис. 2.7. График зависимости сопротивления излучения несимметричного вибратора от отношения $I_A/l_{\text{раб}}$

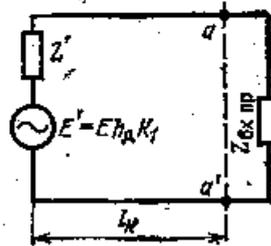


Рис. 2.8. Преобразованная эквивалентная схема антенной системы в диапазоне УКВ

Теперь, используя теорему об эквивалентном генераторе, часть схемы на рис. 2.7 левее точек b, b' заменяем эквивалентным генератором с ЭДС $E' = E h_d / (1 + Z_{\text{Ант}} / w C_{\text{Кор}}) = K_1 E h_d$ и внутренним сопротивлением $Z' = 1 / (1 + Z_{\text{Ант}} j w C_{\text{Кор}})$. Величина K_1 , связывающая ЭДС, наведенную в штыревой антенне ($E h_d$), с ЭДС, действующей в точках подключения соединительного кабеля (E'), является таким образом коэффициентом передачи автомобильной антенны.

Емкость корпуса антенны $C_{\text{кор}}$ рассчитывают по формуле для емкости цилиндрического конденсатора либо определяют экспериментально. Для экспериментального определения $C_{\text{кор}}$ необходимо измерить суммарную емкость антенны $C_{\text{сум}} = C_{\text{а4}} - C_{\text{кор}}$ и затем вычесть из нее C_d , численно равную количеству дециметров рабочей длины штыревой антенны. Измерять $C_{\text{сум}}$ удобнее на сравнительно низких частотах 0,5 — 2 МГц. Теперь эквивалентная схема принимает вид, показанный на рис. 2.8. Часть ее левее точек a, a' в свою очередь может быть заменена эквивалентным генератором с ЭДС $E_{\text{ЭКВ}} = K_2 E' = K_2 K_1 E h_d = K_{\text{АС}} E h_d$ и внутренним сопротивлением $Z_{\text{ЭКВ}} = R_{\text{ЭКВ}} + j X_{\text{ЭКВ}}$, причем $K_{\text{АС}}$ — коэффициент передачи антенной системы по напряжению; $R_{\text{ЭКВ}}$ и $X_{\text{ЭКВ}}$ — соответственно активная и реактивная составляющие внутреннего сопротивления генератора и являются искомыми эквивалентными параметрами автомобильной антенной системы в диапазоне УКВ.

Для определения $K_{\text{ав}} = K_1 K_2$ и $Z_{\text{ЭКВ}} = R_{\text{ЭКВ}} + j X_{\text{ЭКВ}}$ используем теорему об эквивалентном генераторе и теорию длинных линий. Сопротивление $Z_{\text{ЭКВ}}$, представляющее собой входное сопротивление длинной линии, нагруженной на комплексное сопротивление Z' , определяется по диаграмме Вольперта-Смита либо по формуле

$$Z_{\text{ЭКВ}} = R_{\text{каб}} \frac{\cos m_{\text{каб}} l_{\text{каб}} + j \frac{R_{\text{каб}}}{Z'} \sin m_{\text{каб}} l_{\text{каб}}}{\frac{R_{\text{каб}}}{Z'} \cos m_{\text{каб}} l_{\text{каб}} + j \sin m_{\text{каб}} l_{\text{каб}}},$$

где $R_{\text{каб}}$ — волновое сопротивление соединительного кабеля; $m_{\text{каб}} = 2\pi / \lambda_{\text{каб}}$, $\lambda_{\text{каб}} = \lambda_{\text{раб}} / \sqrt{\epsilon}$ — длина волны в кабеле (ϵ — диэлектрическая проницаемость изоляции кабеля); $l_{\text{каб}}$ — длина соединительного кабеля.

Величину K_2 , представляющую собой коэффициент передачи фидерной линии (кабеля), определяют при помощи теории длинной линии, разомкнутой на конце:

$$K_2 = \left| \frac{j R_{\text{каб}}}{1 + \frac{Z_{\text{Ант}}}{Z_{\text{Ант}} j w C_{\text{Кор}}} \sin m_{\text{каб}} l_{\text{каб}} + j R_{\text{каб}} \cos m_{\text{каб}} l_{\text{каб}}} \right|.$$

Таким образом, коэффициент передачи антенной системы

$$K_{Ac} = K_1 K_2 = \left| \frac{-jR_{квб}}{Z_{Аш} \sin m_{каб} i_{каб} + j \frac{R_{квб}}{1 + Z_{Аш} / \omega C_{кор}} \cos m_{каб} i_{каб}} \right|$$

Значения K_{ac} , $R_{Экв}$ и $X_{Якв}$ можно определить и экспериментально: $R_{Экв}$ и $X_{Экв}$ измеряют при подключении автомобильной антенной системы к измерителю полных сопротивлений, перекрывающему частоты радиовещательного диапазона УКВ; для определения K_{ac} необходимо поместить измеряемую антенну в электромагнитное поле с известным уровнем вертикальной составляющей $E_{Верт}$ и на требуемой частоте измерить напряжение на выходе антенной системы $U_{Вых}$ а. Если для измерения $U_{Вых}$ а использовался высокоомный селективный вольтметр, то $K_{ac} = U_{Вых} / (E_{Верт} h_d)$. Если же имеется низкоомный измеритель, например измеритель помех с входным сопротивлением $R_{в.п} = 75$ Ом, то для определения ($U_{Выхл}$ необходимо измеренное прибором значение $I)_{я.а}$ умножить на коэф-

фициент $[1 + (R_{Экв} + jX_{Якв}) / R_{в.п}]$. Тогда

$$K_{Ac} = \frac{U_{в.п} |1 + (R_{Экв} + jX_{Якв}) / R_{в.п}|}{E_{Верт} h_d}$$

В табл. 2.2 приведены конструктивные параметры антенных систем автомобилей «Москвич-412», «Волга» (ГАЗ-24) и «ВАЗ» (всех типов).

Таблица 2.2

Тип антенны	I_A , и	Средний радиус трубок антенны r_A , мм	$C_{кор}$, пФ	$i_{каб}$ м	$R_{каб}$, Ом	
АР-105 («Москвич-412»)	1,18	2,6	30	0,7	150	1,44
АР-108 (ВАЗ)	0,95	2,2	16	1,12	150	1,44
АР-104Б «Волга» (ГАЗ-24)	1,08	2,6		1,2 ^ч	150	1,44

Усредненные данные расчетов и измерений эквивалентных параметров этих антенных систем приведены в табл. 2.3.

Приведенные в табл. 2.3 данные показывают, что даже в пределах сравнительно узкого частотного диапазона, отведенного для радиовещания на УКВ (66 — 73 МГц), активная и особенно реактивная составляющие внутреннего сопротивления генератора, эквивалентного автомобильной антенной системе ($Z_{Экв}$), меняются в весьма широких пределах. Следовательно, требуемые параметры входных цепей тракта ЧМ автомобильных приемников можно получить в реальных условиях эксплуатации лишь в том случае, если они будут проектироваться с учетом того, что источником сигнала является генератор с комплексным сопротивлением. Особо важное значение имеют вопросы согласования входной цепи с антенной системой в приемниках, где в блоке УКВ используются перестраиваемые узкополосные входные контуры. При разработке таких блоков УКВ необходимо стремиться обеспечить режим согласования по мощности в точках подключения антенной системы к входу радиоприемника. Для этого активная и реактивная составляющие входного сопротивления приемника, по крайней мере на средней частоте диапазона УКВ, должны равняться соответственно активной и реактивной составляющим эквивалентного сопротивления антенной системы, причем знаки реактивных составляющих должны быть противоположны. Методика расчета параметров узкополосной входной цепи УКВ диапазона, возбуждаемой ненастроенной внешней антенной ($R_{Аш} \neq R_k$, $R_{Аш} \neq 0$), соединенной с входом приемника фидерной линией, изложена в [9].

Эквиваленты антенных систем в диапазоне УКВ. Аналитический метод определения параметров автомобильных антенных систем в диапазоне УКВ позволяет создавать их

эквиваленты, которые необходимы для того, чтобы проектировать, настраивать и контролировать параметры ЧМ тракта приемника в условиях, максимально приближенных к реальным.

Таблица 2.3

Эквивалентный параметр	Тип автомобиля, комплектуемого антенной системой								
	Москвич-408, 412, 2140, ИЖ-1500			"Волга" ГАЗ-24			ВАЗ (всех модификаций)		
	66 МГц	69 МГц	73 МГц	66 МГц	69 МГц	73 МГц	66 МГц	69 МГц	73 МГц
Действующая высота, м	0,76	0,82	0,84	0,665 .	0,694	0,715	0,555	0,575	0,59
Комплексное сопротивление штыревой антенны $R_{Аш}+jX_{Аш}$. Ом	37+ j16	39 + j43	50+j75	29-j24	36,6	38+ j26.	24-j81	28-j58	33 — j34
Комплексное сопротивление антенны Z' (с учетом емкости корпуса), Ом	44-j5	93 — j12	106-j71	19 — j24	33 — j11	55 + j8	10-j54	14 — j43	21 — j31
Комплексное сопротивление антенной системы $Z_{ЭКВ}$, Ом	196 + j220	190+ j90	140 + j60	230 — j420	120 — j225	100 — j140	1430+ j1120	860 — j790	225 — j410
Коэффициент передачи антенны K_1	1,09	1,51	1,45	0,81	0,94	1,2	0,65	0,707	0,78
Коэффициент передачи соединительного кабеля K_2	2	1,39	1	3,44	2,1	1,42	12	7,9-	[3,2
Коэффициент передачи антенной антенны A_{Ac}	2,2	2,1	1,45	2,8	2,0	1,7	7,8	5,6	2,5

В принципе эквивалент должен представлять собой устройство, имитирующее в требуемом диапазоне частот характер изменения параметров реальной антенной системы. Однако разработка и использование эквивалента автомобильной антенной системы в целом (т. е. с учетом соединительного кабеля) нецелесообразна по двум причинам: во-первых, из-за широкого диапазона значений $R_{ЭКВ}$ и $X_{ЭКВ}$ (см. табл. 2.3) построение эквивалента, элементы которого с достаточной степенью точности повторяли бы характер изменения реальных $R_{ЭКВ}$ и $X_{ЭКВ}$, значительно усложняется, а, во-вторых, количество таких эквивалентов было бы неоправданно велико, так как потребовалось бы создавать специальные эквиваленты для антенных систем, различающихся только длиной соединительного кабеля. В связи с этим на практике рациональнее и проще проектировать устройства, имитирующие лишь характер изменения параметров антенн (без учета соединительного кабеля), электрические параметры которых, как следует из табл. 2.3, изменяются в гораздо меньших пределах, чем $R_{ЭКВ}$ и $X_{ЭКВ}$. Очевидно, что при подсоединении выхода эквивалента антенной системы к соединительному

кабелю, входящему в комплект соответствующей модели автомобильного приемника, образуется устройство, эквивалентное реальной антенной системе.

Эквивалент антенны должен представлять собой комбинацию активных и реактивных элементов, схема включения и номинальные значения (активное сопротивление, емкость, индуктивность) которых выбраны таким образом, чтобы в рабочем диапазоне частот полное входное сопротивление в точках подключения соединительного кабеля (точки b, b' на рис. 2.6) изменялось бы по закону, с максимальной точностью повторяющему закон изменения входного сопротивления Z' реальной антенны.

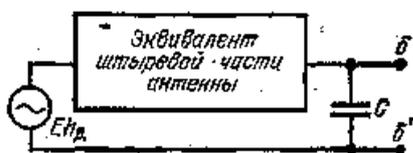


Рис. 2.9. Структурная схема эквивалента антенны в диапазоне УКВ

Очевидно, что для этого эквивалент должен включать в себя элементы, имитирующие частотную зависимость комплексных сопротивлений двух основных конструктивных элементов реальной антенны: штыревой части (несимметричного заземленного вибратора) и корпуса (рис. 2.9). Емкость конденсатора C , подключенного параллельно выходу эквивалента, равна емкости корпуса антенны (как показывает анализ и контрольные измерения, емкость $C_{кор}$ от частоты практически не зависит).

Эквивалентом штыревой части антенны в принципе должна быть схема, элементы которой выбраны из условия обеспечения имитации требуемого закона изменения от частоты как активной $R_{аш}$, так и реактивной $X_{аш}$ составляющих входного сопротивления $Z_{аш}$ несимметричного заземленного вибратора. Однако имитация частотной зависимости активного сопротивления (в данном случае $R_{аш}$) приводит к значительному усложнению эквивалента, и потому на практике обычно ограничиваются тем, что обеспечивают только требуемый закон изменения $X_{аш}$, а в качестве эквивалента или принимают одно значение активного сопротивления $R_{эkv}$, равное среднеарифметическому трех реальных значений $R_{аш}$, рассчитанных или измеренных на минимальной, средней и максимальной частотах рабочего диапазона. Располагая расчетной или экспериментальной частотной зависимостью $X_{аш}$, можно, пользуясь общей теорией двухполюсников, по положению нулей и полюсов $X_{аш}$ аппроксимировать цепь, имитирующую любую зависимость $X_{аш}$ двухполюсником четырех классов. В достаточно узком диапазоне частот (65,8 — 73 МГц) можно сравнительно точно аппроксимировать частотную зависимость $X_{аш}$ последовательной (рис. 2.10,а) или параллельной (рис. 2.10,б) цепью LC .

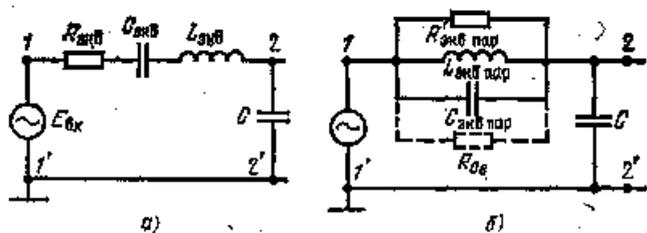


Рис. 2.10. Варианты выполнения эквивалентов антенны в диапазоне УКВ

На практике наиболее часто используют эквиваленты с последовательным включением элементов $R_{аш}$, $L_{эkv}$, $C_{эkv}$ (рис. 2.11,а).

Значения $C_{эkv}$ и $L_{эkv}$ можно определить, составив и решив следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} 2\pi f_{\min} L_{эkv} - 1/(2\pi f_{\min} C_{эkv}) &= X_{ашf\min}; \\ 2\pi f_{\max} L_{эkv} - 1/(2\pi f_{\max} C_{эkv}) &= X_{ашf\max}, \end{aligned}$$

где f_{\min} и X_{aufmin} — нижняя граничная частота рабочего диапазона и соответствующее ей значение X_{Am} реальной антенны (измеренное или рассчитанное); f_{\max} и X_{aufmax} — верхняя граничная частота рабочего диапазона и соответствующее ей значение X_{Au} реальной антенны.

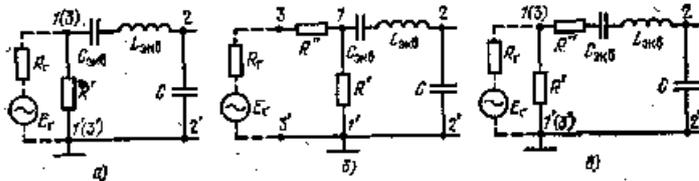


Рис. 2.11. Варианты подключения эквивалентов антенн к УКВ-ЧМ генератору

Уровень входного сигнала при измерении параметров автомо-бильных приемников с использованием эквивалента антенны отсчитывают в значениях ЭДС ($E_{\text{вх}}$), развиваемых генератором, включенным на входе эквивалента — в точках 1, 1' (рис. 2.11) (эта ЭДС эквивалентна напряжению $U_A = Eh_R$, наводимому в штыревой антенне при работе в полях реальных сигналов). В связи с тем что внутреннее сопротивление УКВ ЧМ генераторов R_r обычно превышает значение активной составляющей $R_{\text{эКВ}}$ эквивалента штыревой антенны, последовательное сопротивление $R_{\text{эКВ}}$ (см. рис. 2.10,а) заменяют параллельным сопротивлением R (при $R_{\text{эКВ}} = R_r/2$, рис 2.11,а) либо последовательно параллельной цепью из сопротивлений R' и R'' (рис. 2.11,б при $R_{\text{эКВ}} < R_r/2$; рис. 2.11, в при $R_{\text{эКВ}} > R_r/2$).

Сопротивления R' и R'' выбирают таким образом, чтобы выполнялись следующие условия. При подключении к эквиваленту антенны генератора с внутренним сопротивлением R_r эквивалентное сопротивление в точках 1, 1' должно быть равно $R_{\text{эКВ}}$, т. е. для схемы на рис. 2.11,а $RrR'/(Rr+R') = R_{\text{эКВ}}$; для схемы на рис. 2.11,б $(R_r+R'')R'/(Rr+R''+R') = R_{\text{эКВ}}$ и для схемы на рис. 2.11,в $RrR'/(Rr+R')+R'' = R_{\text{эКВ}}$. Сопротивление в точках 3, 3' должно равняться внутреннему сопротивлению генератора, т. е. $R'=R_r$ (для схемы на рис. 2.11,а и в) и $R'+R'' = R_r$ (для схемы на рис. 2.11,б). Выполнение этого условия позволяет использовать УКВ ЧМ генератор в режиме работы на согласованную нагрузку и отсчитывать уровни сигнала в точках 3, 3' непосредственно по лимбу генератора (с незначительной погрешностью, обусловленной конечным сопротивлением, включенной параллельно R' цепи $R'', C_{\text{зкв}}, L_{\text{зкв}}, C_2$). Тогда окончательные выражения, связывающие $R_{\text{эКВ}}, R, R'$ и R'' , будут иметь вид: для схемы на рис. 2.11,а $R' = 2R_{\text{эКВ}}$; для схемы на рис. 2.11,б $(Rr+R'')R'/2Rr = R_{\text{эКВ}}$; для схемы на рис. 2.11,в $R'+2R'' = 2R_{\text{эКВ}}$.

Значение $E_{\text{вх}}$ (ЭДС на входе реального эквивалента на рис. 2.10,а) при использовании эквивалентов, построенных по схемам рис. 2.11,б и в, равно показаниям генератора. При использовании эквивалента по схеме на рис. 2.11,а значение $E_{\text{вх}}$ (напряжение в точках 1, 1') равно показаниям генератора, умноженному на пересчетный коэффициент $K=R'/R_r$. При использовании эквивалента, выполненного по параллельной схеме, генератор также необходимо подключать к входу эквивалента с использованием согласующих элементов (рис. 2.12).

Сопротивление R' выбирается из условия $R' < R_{\text{эКВ.пар}}$ и $R' \ll X_{\text{эКВ.пар}}$, тогда $R'' = R_r - R'$.

Значение $E_{\text{вх}}$ равно показаниям генератора, умноженному на пересчетный коэффициент $K=R'/R_r$.

В табл. 2.4 приведены схемы, данные элементов и пересчетные коэффициенты эквивалентов трех типов автомобильных антенн, параметры которых приводились в табл. 2.3 (значения R' и R'' определялись при $R_r=75$ Ом).

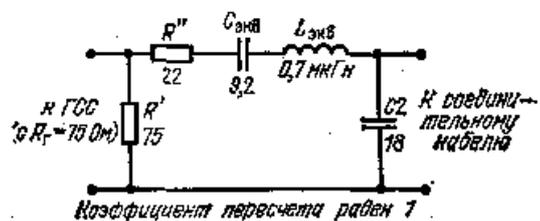
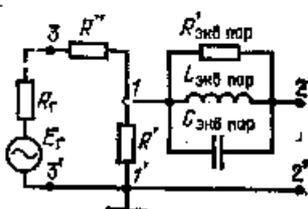
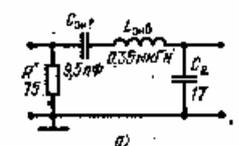
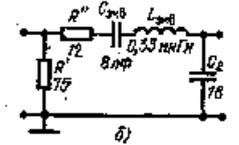
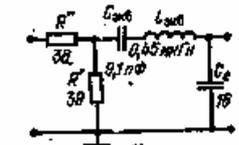


Рис. 2.12. Подключение эквивалента антенны, выполненного по параллельной схеме, и УКВ-ЧМ генератору

Рис. 2.13. Схема единого (стандартизованного) эквивалента антенны в диапазоне ¹УКВ

Таблица 2.4

Тип автомобильной антенны	Тип автомобиля	Схема эквивалента антенны в диапазоне УКВ	Пересчитанный коэф-
АР-104 Б	«Волга» (ГАЗ-24)		1
АР-105	«Москвич» (модели 408, 412, 2140) ИЖ-1500		1
АР-108 (без соединительного кабеля)	«Жигули» (ВАЗ всех модификаций)		0,52

В настоящее время действующими нормативными документами на эквиваленты антенн, а также документами международных организаций (Рекомендации по стандартизации СЭВ РС 4500-74 и Публикация МЭК 315-4) установлен единый (стандартный) эквивалент автомобильной антенны в диапазоне УКВ. Принципиальная схема и значения элементов этого эквивалента приведены на рис. 2.13.

Стандартный эквивалент заменяет автомобильную антенну со следующими приближенными значениями конструктивных характеристик: длина штыревой антенны 1,2 м, емкость корпуса 18 пФ. (Из используемых на практике автомобильных антенн наиболее близкие параметры имеет антенна типа АР-105 для автомобилей «Москвич».)

Оптимизация параметров антенных систем в диапазоне УКВ. Цель приводимого здесь анализа — обоснование выбора таких конструктивных характеристик автомобильной антенны (длины ее штыревой части l_a и емкости корпуса $C_{кор}$), реализация которых позволила бы оптимизировать электрические параметры антенной системы в диапазоне УКВ в результате обеспечения режима бегущей волны в соединительном кабеле.

Для анализа воспользуемся эквивалентной схемой антенной системы, показанной на рис. 2.6.

Очевидно, режим бегущей волны в соединительном кабеле будет иметь место, если на частотах радиовещательного УКВ диапазона эквивалентное входное сопротивление автомобильной антенны Z' будет носить активный характер и будет равным или близким к 150 Ом. Спроектировав затем входную цепь приемника таким образом, чтобы его входное сопротивление также было чисто активным и близким к 150 Ом, можно обеспечить режим согласования во всем тракте передачи сигнала, наведенного в антенне, на вход автомобильного приемника. Согласно рис. 2.7.

$$Z' = Z_{аш} Z_{кор} / (Z_{аш} + Z_{кор}) = R' + jX' \quad (2.1)$$

где $I_{кш}$ — входное сопротивление несимметричного вибратора (штыревая часть автомобильной антенны); $Z_{кор}$ — эквивалентное сопротивление корпуса автомобильной

антенны; R' и X' — соответственно активная и реактивная составляющие входного сопротивления антенны Z' в точках подключения соединительного кабеля. Для обеспечения режима бегущей волны, в соединительном кабеле одновременно должны выполняться условия:

$$\mathbf{X}'=0, \quad (2.2)$$

$$\mathbf{R}'=150 \quad (2.3)$$

Первое условие может быть выполнено только при наличии в схеме реактивных сопротивлений противоположного знака. Электрическим эквивалентом корпуса автомобильной антенны является, как было показано ранее, цилиндрический конденсатор, и потому его эквивалентное сопротивление $Z_{КОР}$ является чисто реактивным и носит емкостный характер. Следовательно, для выполнения условия (2.2) реактивная составляющая входного сопротивления «штыревой антенны» должна носить индуктивный характер, т. е. антенна должна работать в режиме укорочения, когда $l_A > l_{рав}/4$.

С учетом изложенного выражение (2.1) может быть представлено в виде

$$Z' = \frac{(R_{аш} + jX_{аш})(-jX_{кор})}{R_{аш} + jX_{аш} - jX_{кор}}. \quad (2.4)$$

На первый взгляд, выражение (2.4) не требует специального анализа с точки зрения выполнения условия (2.2), представляющего собой запись условия резонанса в параллельном колебательном контуре, элементами которого является $R_{аш}$, $X_{аш}$, $X_{кор}$. Как известно, для получения резонанса достаточно обеспечить равенство абсолютных значений реактивных сопротивлений противоположного знака, т. е. иметь для данного случая $|X_{аш}| = |X_{кор}|$. Однако следует иметь в виду, что полная компенсация реактивности в выходном сопротивлении параллельного колебательного контура при резонансе достигается лишь в достаточно «добротном» контуре, т. е. при соблюдении условия $Q_k = X_k/R_k > 1$ или $R_k < X_k$ (где Q_k — добротность, R_k и X_k — соответственно активное и реактивное сопротивление элементов контура). Особенностью анализируемого в данном случае контура ($R_{аш}$, $X_{аш}$, $X_{кор}$) является то, что активная $R_{аш}$ и реактивные $X_{аш}$, $X_{кор}$ составляющие его выходного сопротивления оказываются соизмеримыми (см. табл. 2.3). В этом случае, как показывает анализ выражения (2.4), компенсация реактивных сопротивлений будет иметь место при выполнении условия

Подставляя $X_{КОР}$ в выражение (2.4), получаем:

$$\mathbf{Z}' - \mathbf{R}' = (R_{аш}^2 + X_{аш}^2)/R_{аш}. \quad (2.6)$$

Следует также отметить, что при выполнении условия (2.5) коэффициент передачи автомобильной антенны K_I достигает максимального значения

$$K_{I_{max}} = \sqrt{R_{аш}^2 + X_{аш}^2}/R_{аш}. \quad (2.7)$$

С учетом (2.6) можно теперь написать окончательное выражение для условия (2.3) оптимизации автомобильной антенны

$$\mathbf{(R_{аш}^2 + X_{аш}^2)/R_{аш} = 150.} \quad (2.8)$$

Анализируя выражения для $R_{аш}$ и $X_{аш}$, легко сделать вывод о том, что значения $R_{аш}$ и $X_{аш}$ в основном определяются одним параметром ml_A или l_A/l , т. е. каждому значению l_A/l соответствует определенная пара значений $R_{аш}$ и $X_{аш}$. Таким образом, задача оптимизации штыревой автомобильной антенны сводится, во-первых, к нахождению такого значения l_A/l , которому соответствует пара значений $R_{аш}$ и $X_{аш}$, удовлетворяющих условию (2.8), и, во-вторых, к выбору значения $X_{КОР}$ (а следовательно, и $C_{КОР}$) в соответствии с выражением (2.5).

Для нахождения требуемого отношения l_A/l необходимо решить уравнение (2.8), подставив в него значения $R_{аш}$ и $X_{аш}$, выраженные соответствующим образом. Как уже было отмечено, условие (2.2) и как следствие условие (2.8) могут быть выполнены только в штыревой антенне, работающей в режиме укорочения. Однако сложность аналитического выражения для $R_{ЗВ}$ [6], через которое выражаются $R_{аш}$ и $X_{аш}$ в режиме укорочения, не позволяет решить уравнение (2.8) относительно l_A/l алгебраическими методами. С другой стороны, проведенный анализ показал, что для нахождения приближенного решения этого уравнения вполне можно пользоваться более простыми выражениями, используемыми для

вычисления значений $R_{Aш}$ и $X_{Aш}$ в режиме удлинения, которые к тому же дают достаточно точные результаты и в режиме небольшого укорочения. Получаемое в результате такого решения приближенное значение l_A/l легко уточняется при изменении его в небольших пределах (увеличении и уменьшении) и вычислении значений $R_{Aш}$ и $X_{Aш}$ (по формулам для режима укорочения), соответствующих каждому такому значению l_A/l . В качестве окончательного решения принимается такое значение l_A/l , соответствующая которому пара значений $R_{Aш}$ и $X_{Aш}$ обеспечивает наиболее точное выполнение условия (2.8).

В результате подстановки в выражение (2.8) значений $R_{Aш}$ в $X_{Aш}$ для режима удлинения получаем

$$\frac{\left[40 \left(\operatorname{tg} \frac{ml_A}{2}\right)\right]^2 + (\rho_A c \operatorname{tg} ml_A)^2}{40 \left(\operatorname{tg} \frac{ml_A}{2}\right)^2} = 150. \quad (2.9)$$

Приняв $\rho_A = 300$ (типичное значение для всех используемых автомобильных антенн) и проведя соответствующие алгебраические и тригонометрические преобразования, получим (заменяв также ml_A на $2\pi l_A/l$)

$$64 \left(\operatorname{tg} \pi \frac{l_A}{\lambda}\right)^8 + 660 \left(\operatorname{tg} \pi \frac{l_A}{\lambda}\right)^6 - 1800 \left(\operatorname{tg} \pi \frac{l_A}{\lambda}\right)^4 + 900 = 0. \quad (2.10)$$

Решение тригонометрического уравнения (2.10) дает четыре вещественных значения l_A/l : $(l_A/l)_1=0,293$; $(l_A/l)_2=0,215$; $(l_A/l)_3=0,705$; $(l_A/l)_4=0,79$. Однако два решения ($l_A/l=0,215$ и $l_A/l=0,705$) далее не рассматриваются, так как расчетное значение $X_{Aш}$ при таких значениях l_A/l имеет отрицательный знак (носит емкостный характер) и как следствие требуется получение индуктивного характера сопротивления $X_{кор}$, что не может быть реализовано.

Таблица 2.5

f, МГц	$l_{Aопт}$, м	$R_{Aш} + jX_{Aш}$, Ом	$X_{кор}$, Ом	$C_{кор}$, пФ	$Z' = R' + jX'$, Ом	K
66	1,31		— j114		147 — j12	1,8
69	1,25	52 + j71	— j109	21	150	1,7
73	1,18		— j104		146 — j10	1,7

Примечание. Приведенное в таблице одно значение $C_{кор}$ рассчитано по формуле (2.5) для средней частоты радиовещательного УКВ диапазона 69 МГц.

Значение $l_A/l=0,79$ также не имеет практического значения, так как длина штыревой антенны ($l_A=0,79\lambda$) в этом случае должна составлять 3,2 — 3,5 м (так как $\lambda=4,1$ – $4,5$ м в радиовещательном диапазоне УКВ), что также не может быть реализовано на практике. Таким образом, решение уравнения (2.10) дает вполне определенное и единственное значение l_A/l , удовлетворяющее требованию оптимизации автомобильной антенны как с электрической, так и с практической точек зрения. Это значение (после небольшого уточнения) равно $(l_A/l)_{опт}=0,288$.

Рассчитанные при $(l_A/l)_{опт}$ электрические параметры оптимизированной автомобильной антенны (на трех частотах УКВ диапазона) приведены в табл. 2.5; в табл. 2.6 даются параметры антенных систем, в которых применена оптимизированная антенна.

Таблица 2.6

1. МГц	$Z_{ЭКВ}$			K_2			K_{Ac}		
	$l_{каб} = 0,7 \text{ м}$	$l_{каб} = 1,12 \text{ м}$	$l_{каб} = 1,2 \text{ м}$	$l_{каб} = 0,7 \text{ м}$	$l_{каб} = 1,12 \text{ м}$	$l_{каб} = 1,2 \text{ м}$	$l_{каб} = 0,7 \text{ м}$	$l_{каб} = 1,12 \text{ м}$	$l_{каб} = 1,2 \text{ м}$
66	144+j7	159 + j10	160+j8	0,98	1,04	1,05	1,76	1,87	1,9.
69	150	150	150		1	1	1,7	1,7	1,7
73	160+j5	162+j2	162+j	1	1,06	1,05	1,7	1,8	1,8

Примечание. $Z_{ЭКВ}$, K_1 и K рассчитаны для трех длин кабеля, используемых на практике (см. табл. 2.1).

Сравнение данных, приведенных в табл. 2.6, с аналогичными данными табл. 2.3 наглядно демонстрирует преимущества оптимизированной антенны: постоянство, активный характер и независимость от длины соединительного кабеля входного сопротивления автомобильной антенны системы в диапазоне УКВ, значение $Z_{э\text{кв}}$ близко к волновому сопротивлению соединительного кабеля 150 Ом (реактивная составляющая практически отсутствует), коэффициент передачи антенной системы также сохраняет постоянное значение во всем диапазоне рабочих частот.

На практике из трех оптимальных значений $U_{\text{опт}}$, приведенных в табл. 2.5, приходится выбрать какое-то одно конкретное значение (рекомендуется $l_A=1,25$ м, т. е. l_A опт для средней частоты УКВ диапазона), вследствие чего, конечно, будет иметь место некоторое нарушение условий оптимизации на тех частотах УКВ диапазона, где значение l_A/l отличается от оптимального (0 288). Однако, как показывает анализ, и в этом случае основные преимущества оптимизированной антенны сохраняются (хотя и проявляются на крайних частотах диапазона в меньшей степени) и антенная система в целом обеспечивает более эффективную передачу сигнала, наведенного в штыревой антенне на вход приемника.

Использование оптимизированной антенны также позволяет упростить процесс проектирования и настройки входной цепи 4JW тракта, расчет которой в этом случае ведется из условия согласования с чисто активным и равным 150 Ом эквивалентным сопротивлением антенной системы; значительно упрощается и эквивалент антенной системы, который состоит только из активных сопротивлений, дающих в сумме с внутренним сопротивлением измерительного генератора 150 Ом.

Суммируя все изложенное, можно сделать вывод, что автомобильная антенна, длина штыревой части которой выбрана равной 1,25 м, а емкость корпуса 21 пФ, позволяет на частотах радиовещательного диапазона УКВ (65,8 — 73 МГц) обеспечить режим, близкий к режиму бегущей волны в соединительном кабеле с волновым сопротивлением 150 Ом.

Полученные здесь результаты, обосновывающие критерии для выбора конструктивных характеристик оптимизированных автомобильных антенн для диапазона УКВ, могут быть практически использованы при разработке новых антенных систем.

2.2. Активные антенны

Активные автомобильные антенны — новая разновидность радиоаппаратуры, которая впервые стала применяться в автомобилях в начале 70-х годов. В широком смысле понятие «активная антенна» относится к устройствам, в которых конструктивно объединены безпромежуточных элементов связи или фидерных линий пассивный приемный элемент и электронный блок — широкополосный (неперестраиваемый) антенный усилитель. Особенностью активных автомобильных антенн является то, что в них, как правило, используется приемный элемент, габариты которого значительно меньше габаритов штыревых автомобильных антенн.

К основным предпосылкам, которые привлекали внимание разработчиков к созданию активных антенн, можно отнести следующие три фактора: конструктивные и эксплуатационные недостатки пассивных антенн и их низкая надежность; снижение эффективности антенной системы, обусловленное наличием соединительного кабеля и отсутствием согласования по шумам в диапазоне УКВ; специфическая особенность условий радиоприема в автомобиле — высокий уровень помех от системы электрооборудования в месте расположения антенны.

Рассмотрим, какое влияние каждый из этих факторов оказал на принципы построения активных антенн. Главные конструктивные и эксплуатационные недостатки пассивных антенн, которые в конечном итоге снижают ее надежность, обусловлены наличием телескопического штыря со сравнительно большими геометрическими размерами. В процессе эксплуатации телескопическая антенна подвергается неблагоприятным климатическим

воздействиям (влага, низкая температура), механическим нагрузкам (многократные «выдвижения» и «складывания»), динамическому воздействию ветра и потока встречного воздуха при движении автомобиля. Немаловажное значение имеет и то, что штывевая антенна, выдвинутая в рабочее положение, часто является объектом случайной или умышленной поломки.

Дополнительным неудобством при эксплуатации пассивной антенны является и необходимость выполнения специальной ручной операции для приведения ее в рабочее состояние (выдвижение телескопических штывей), которая не может быть выполнена в движущемся автомобиле. Применение механического привода для автоматизации процесса выдвижения телескопических штывей хотя и устраняет этот недостаток, но одновременно приводит к значительному усложнению (и удорожанию) антенны, что в конечном итоге также снижает ее надежность.

Перечисленные конструктивно-эксплуатационные - недостатки традиционных пассивных антенных систем обусловили главное направление работ по их модификации — создание конструкции, антенны с малогабаритным и надежным приемным элементом, не требующим изменения взаимного положения его деталей в процессе эксплуатации.

Переход на малогабаритные приемные элементы поставил перед разработчиками проблему компенсации падения эффективности антенны из-за снижения ее действующей высоты (усугубляемой в случае использования антенн, устанавливаемых внутри салона автомобиля, экранирующим действием кузова), так как это приводит к падению уровня сигнала, подводимого к входу приемника, и как следствие к ухудшению его реальной чувствительности (из-за уменьшения соотношения сигнал/шум на входе первого усилительного каскада) и максимальной чувствительности (если коэффициент усиления приемного тракта остается неизменным).

Задача компенсации потерь в передаче сигнала, наведенного в малогабаритном приемном элементе антенны, привела к идее использования антенного усилителя, конструктивно объединенного с этим приемным элементом, т. е. к идее реализации активной автомобильной антенны. Однако объединение малогабаритного приемного элемента с усилителем в лучшем случае позволяет лишь скомпенсировать потери в усилении (т. е. «восстановить» максимальную чувствительность приемника), ухудшение же реальной чувствительности (из-за падения соотношения сигнал/шум) в этом случае сохраняется.

Решение этой основной проблемы, возникающей при создании активной антенны для диапазонов АМ (0,15 — 12 МГц), оказалось возможным, во-первых, из-за наличия в пассивной антенной системе соединительного кабеля и, во-вторых, вследствие особенностей условий работы антенны, обусловленных в первую очередь высоким уровнем помех в месте ее установки.

При создании активной антенны с малогабаритным приемным элементом для диапазона УКВ улучшение соотношения сигнал/шум может быть достигнуто в результате обеспечения режима согласования по шумам.

В связи с тем что теоретические принципы реализации активных антенн для диапазонов АМ (ДВ, СВ, КВ) и ЧМ принципиально различны, далее они рассматриваются отдельно.

Принципы реализации активных антенн в диапазонах ДВ, СВ, КВ. При устранении соединительного кабеля между пассивным приемным элементом и входным каскадом приемника можно получить значительный выигрыш в передаче сигнала, наведенного в приемном элементе антенной системы. Действительно, как следует из анализа эквивалентной схемы пассивной антенной системы (см. рис. 2.7), ее коэффициент передачи по полю

$$K_{ac} = U_{вх} / E = h_d C_a / (C_a + C_{пар}), \quad (2.11)$$

где $U_{вх}$ — напряжение, действующее на входе приемника; E — напряженность поля сигнала в месте расположения антенны. При типичных значениях $h_d = 0,5-0,6$ м ($h_d = l_A/2$, l_A — геометрическая длина приемного элемента пассивной антенной системы), $C_{л}^{m=2} = 10-12$ пФ, $C_{пар} = 50-75$ пФ (см. табл. 2.1) K_{ac} составляет 0,05 — 0,1.

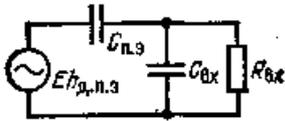


Рис. 2.14. Подключение приемного элемента активной антенны к входу усилительного каскада

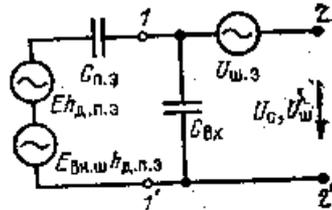


Рис. 2.15. Схема, поясняющая влияние внешних помех и шумов активного элемента на параметр «активной антенны» в диапазонах ДВ, СВ, КВ

В активной антенне приемный элемент подключается непосредственно к входу первого усилительного каскада (рис. 2.14), т. е., теоретически устраняются обе составляющие $C_{\text{Пар}}$ — емкость соединительного кабеля и емкость корпуса. В этом случае $K_{\text{АС}}$ определяется соотношением эквивалентной емкости приемного элемента $C_{\text{п.э}}$ и составляющих входного сопротивления усилительного каскада $C_{\text{вх}}$ и $R_{\text{вх}}$. Если выполняется условие $R_{\text{вх}} > 1/(\omega C_{\text{вх}})$, то коэффициент передачи от приемного элемента на вход усилителя активной антенны

$$K_{\text{п.э}} = h_{\text{д.п.э}} C_{\text{п.э}} / (C_{\text{п.э}} + C_{\text{вх}}).$$

В малогабаритных приемных элементах, выполненных, например в виде укороченного штыря ($l_{\text{п.э}} = 0,4-0,5$ м) или корпуса зеркала заднего вида (эквивалентного короткому штырю длиной 10 — 15 см с верхней емкостной нагрузкой), $C_{\text{п.э}} = 5-7$ пФ, а действующая высота $h_{\text{д.п.э}} = 0,1-0,2$ м.

Для выполнения условия $R_{\text{вх}} > 1/(\omega C_{\text{вх}})$ во входном каскаде электронного блока активной антенны обычно используется высокочастотный полевой транзистор, у которого $C_{\text{вх}} = 6$ пФ. При таких значениях $C_{\text{п.э}}$, $h_{\text{д}}$ и $C_{\text{вх}}$ коэффициент передачи $K_{\text{п.э}} = 0,05-0,1$, т. е. имеет те же значения, что и $K_{\text{АС}}$ пассивных антенных систем. Из равенства коэффициентов передачи по полю, очевидно, следует, что при использовании в активной антенне малогабаритного приемного элемента, подключенного непосредственно (без использования соединительного кабеля) к входу первого усилительного каскада электронного блока активной антенны, можно сохранить соотношение сигнал/шум и как следствие реальную чувствительность приемника на уровне значений, достигаемых с пассивными антенными системами.

Другим фактором, ослабляющим зависимость соотношения сигнал/шум на входе автомобильного приемника от геометрических размеров приемного элемента антенны, является высокий уровень внешних помех в месте расположения антенны. С учетом реальных условий эксплуатации эквивалентная схема антенны, подключенной к входу усилительного каскада, имеет вид, показанный на рис. 2.15, т. е. дополнена источником шума в виде генератора напряжения $E_{\text{вх.ш}} h_{\text{д}}$, где $E_{\text{вн.п}}$ — напряженность поля помех, поступающих из окружающего пространства (помехи от системы электрооборудования, другие промышленные и атмосферные помехи), и эквивалентным генератором напряжения шумов, активного элемента $U_{\text{ш.а}}$ первого усилительного каскада активной антенны. Принятые приемным элементом шумовые сигналы создают на выходе антенны (точки 1, 1' на рис. 2.15) напряжение

$$U_{\text{вн.ш}} = E_{\text{вн.ш}} h_{\text{д.п.э}} / (1 + C_{\text{вх}} / C_{\text{п.э}}). \quad (2.12)$$

Квадрат суммарного шумового напряжения, действующего на входе активного элемента (точки 2, 2' на рис. 2.15),

$$U_{\text{ш.сум}}^2 = U_{\text{вн.ш}}^2 + U_{\text{ш.э}}^2.$$

Соответственно отношение сигнал/шум на входе активного элемента

$$\frac{U_{\text{с}}}{U_{\text{ш.сум}}} = \frac{E}{E_{\text{вн.ш}} \sqrt{1 + (U_{\text{ш.э}} / U_{\text{вн.ш}})^2}}. \quad (2.13)$$

В гл. 8 (см. табл. 8.2) показано, что напряженность поля спектральных составляющих помех от системы электрооборудования автомобиля во всем диапазоне частот, выделенных для АМ вещания, составляет 200 — 400 мкВ/м, т. е. даже без учета других промышленных

и атмосферных помех уровень внешних шумов $U_{вн.ш.} = 10-20$ мкВ (при $h_{д.п.э.} = 0,1$ м, $C_{п.8} = 5$ пФ, $C_{вх} = 6$ пФ) и, следовательно, значительно превышает значение $U_{т.а.}$, которое в современных малошумящих транзисторах составляет 0,5 мкВ и менее.

При выполнении условия $U_{вн.ш.} > U_{т.э.}$ выражение (2.3) принимает вид $U_c/U_{ш.сум} = E/E_{вн.ш.}$, т. е. значение $U_c/U_{ш.сум}$ не зависит от действующей высоты приемного элемента. Это позволяет сделать вывод о том, что теоретически геометрические размеры приемного элемента активной антенны могут уменьшаться без ухудшения соотношения сигнал/шум на входе первого активного элемента до тех пор, пока выполняется условие $U_{вн.ш.} > U_{ш.э.}$

Принципы реализации активных антенн в диапазоне УКВ. Поскольку на частотах радиовещательного УКВ диапазона внешние шумы сравнительно малы, а шумы, вносимые усилительными элементами, возрастают, то основным способом улучшения отношения сигнал/шум при реализации активной антенны для диапазона УКВ с малогабаритным приемным элементом является согласование по шумам.

Отношение сигнал/шум радиоприемного устройства определяется в основном шумами первого усилительного каскада (транзистора УВЧ блока УКВ), которые в свою очередь зависят от способа согласования выходных сопротивлений антенной системы $Z_{эк11}$ и транзистора $Z_{вх.тр}$ первого усилительного каскада. В пассивных антенных системах входные цепи проектируются с таким расчетом, чтобы пересчитанное на вход первого транзистора сопротивление антенной системы $Z_{ака}$ было равно его входному сопротивлению $Z_{вх.тр}$, т. е. обеспечивалось бы наибольшее усиление сигнала. Такой режим согласования называется согласованием по мощности. В то же время известно, что для каждого транзистора существует оптимальное сопротивление (точнее, некоторый диапазон сопротивлений) источника $Z_{ист.опт.}$, при котором достигается наибольшее соотношение сигнал/шум. Режим согласования, при котором на вход транзистора первого усилительного каскада пересчитывается $Z_{ист.опт.}$, называется режимом согласования по шумам. Таким образом, условия получения согласования по шумам и мощности различаются.

Как показывает анализ, в пассивной антенной системе согласования по шумам можно достичь лишь в очень узкой полосе частот (вследствие очень сильной зависимости ее $\xi_{вх}$ от частоты, обусловленной, как было показано, наличием соединительного кабеля). В то же время в активной антенне при устранении соединительного кабеля (а также и емкости корпуса) $Z_{мв}$ приемного элемента меняется в значительно меньших пределах и режим согласования по шумам можно обеспечить в достаточно широкой полосе, что позволяет улучшить соотношение сигнал/шум на 6 — 12 дБ по сравнению с пассивной антенной, т. е. скомпенсировать его ухудшение из-за падения $h_{д.п.э.}$ при использовании в активной антенне малогабаритного приемного элемента.

Приемные элементы активных антенн и методы определения их эквивалентных параметров. Как уже отмечалось, главными требованиями, предъявляемыми к приемным элементам автомобильных антенн, являются: малые габариты, надежность, фиксированное положение механических узлов в процессе эксплуатации. Важно также обеспечить гармонию между приемным элементом активной антенны и внешним видом автомобиля, или сделать антенну «не похожей на антенну», что может быть, например, достигнуто при объединении ее приемного элемента с каким-либо узлом автомобиля. С точки зрения простоты, конструкции активной антенны и возможности выполнения её в минимальном объеме оптимален вариант исполнения, в котором приемный элемент является общим при приеме в диапазонах АМ и ЧМ.

Перечисленным требованиям частично или полностью удовлетворяют приемные элементы, примененные в разработках отечественных и зарубежных активных антенн и выполненные в виде: укороченного штыря длиной 30 — 40 см (рис. 2.16,а) (для повышения надежности и снижения вероятности случайной или умышленной поломки обычно предусматривается съемное крепление штыря), детали корпуса зеркала заднего вида, установленного на изолирующем основании внутри салона автомобиля или на боковом крыле (рис. 2.16,б, в), проводников, закрепленных на лобовом стекле (рис. 2.16,г).

В принципе возможны и другие варианты конструктивного выполнения приемного элемента (предлагалось, например, использовать для радиоприема багажник, устанавливаемый на крыше автомобиля, бампер и др.). Поскольку определенными приемными свойствами обладает любой металлический предмет, изолированный от корпуса автомобиля, здесь имеются достаточно широкие возможности для творческой изобретательности. Бесспорным критерием для оценки приемлемости выбранного конструктивного решения приемного элемента является эффективность радиоприема, которая в первую очередь определяется реальной и максимальной чувствительностью по полю автомобильного приемника. При таком принципиальном подходе приемлемым является лишь такой приемный элемент активной антенны, который совместно с ее электронным блоком (усилителем) позволяет по меньшей мере получить чувствительность, близкую к чувствительности, реализуемой при работе от пассивной антенной системы (в ТУ на активные антенны может допускаться некоторое снижение норм на реальную и максимальную; чувствительность с учетом того, что они контролируются в лаборатории и потому при измерениях не учитывается влияние внешних помех).



Рис. 2.16. Варианты выполнения приемных элементов активных антенн

Наиболее точным методом оценки эффективности активных антенн и сравнения получаемых результатов с эффективностью пассивной антенной системы является измерение реальной и максимальной чувствительности приемника по полю при работе установленных на автомобиле антенн в электромагнитном поле с нормированной напряженностью. Однако практически это связано с большими трудностями: необходимы специальные полигоны, сложная аппаратура для создания нормированного поля и контроля его напряженности с требуемой точностью, а также автомобиль с установленными на нем двумя антеннами (активной и пассивной) и комплекс аппаратуры для измерения чувствительности приемника. Крупногабаритный кузов автомобиля вызывает значительные искажения нормированного поля, что снижает достоверность результатов (замена автомобиля эквивалентным металлическим листом приводит, как правило, к падению точности измерений, так как остается неучтенным влияние на параметры антенны места ее установки в реальных условиях, особенно для активных антенн, установленных внутри салона автомобиля). Очевидно, что перечисленные трудности устраняются при проведении оценки эффективноеTM активных антенн в лабораторных условиях, однако необходимым условием для проведения лабораторных измерений с требуемой точностью является наличие полных данных по эквивалентным параметрам приемных элементов.

Приемные элементы активных и пассивных антенн достаточно полно характеризуются действующей высотой $h_{д.п.э}$ и эквивалентным комплексным входным сопротивлением $Z_{э.кв.п.э}$, измеренным в рабочем диапазоне частот.

Очень важным требованием, выполнение которого должно обязательно проверяться на самом начальном этапе выбора конструкции приемного элемента, является обеспечение круговой (или близкой к ней) диаграммы направленности в горизонтальной плоскости. Как будет показано, эта характеристика приемного элемента может контролироваться одновременно с измерением его действующей высоты. Наличие данных по $h_{д.п.э}$ позволяет легко пересчитать полученные при измерениях в лаборатории значения чувствительности по напряжению в чувствительность по полю. Данные по частотной зависимости $Z_{звв.п.э}$ необходимы для изготовления эквивалента, которым заменяется реальный приемный элемент при лабораторных измерениях параметров как самих активных антенн, так и работающих от них автомобильных приемников.

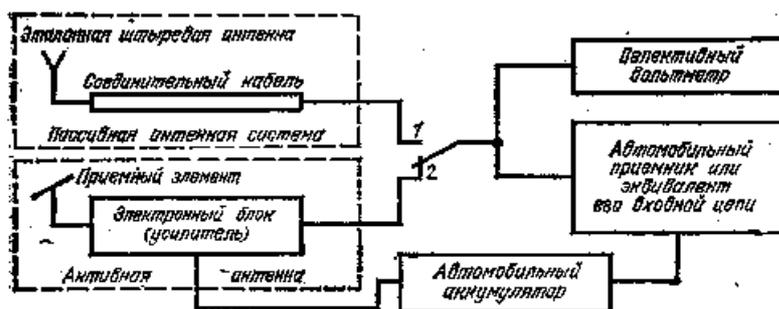


Рис. 2.17. Структурная схема измерения действующей высоты приемного элемента активной антенны

Определение действующей высоты приемного элемента активных антенн. Действующая высота приемного элемента может быть рассчитана с приемлемой точностью лишь при выполнении приемного элемента в виде укороченного штыря. Расчет выполняется по формулам, приведенным в § 2.1. Действующую высоту приемного элемента сложной конфигурации (особенно для активных антенн, размещаемых внутри салона автомобиля) с достаточно высокой точностью можно определить методом сравнения эффективностей приема сигнала в нормированном поле, обеспечиваемых измеряемым элементом и эталонной антенной системой, параметры которой ($A_{д.эт}$ и $Z_{энт.эт}$) известны.

В качестве «источника поля» проще использовать сигнал какой-либо достаточно мощной станции, частота которой лежит в требуемом диапазоне частот. В качестве эталонной можно взять любую пассивную антенную систему, параметры которой приведены в § 2.1 (см. табл. 2.1 и 2.3).

Активную и пассивную антенны устанавливают на автомобиле (поочередно или одновременно) и проводят измерения по структурной схеме на рис. 2.17. (Для повышения точности измерений в диапазонах АМ измерения проводят при подключенной к выходу антенны реальной нагрузке — приемника или эквивалента его входной цепи; приемник или эквивалент должен быть настроен на частоту принимаемого антенной сигнала, причем перед снятием показаний с селективного вольтметра необходимо органом настройки приемника подстроиться до получения максимума его показаний, что позволяет скомпенсировать расстройку входного контура, обусловленную наличием у вольтметра выходной емкости b — 10 пФ.)

При подключении вольтметра к выходу эталонной антенной системы его показания будут

$$U_{в.эт} = E_{ст} h_{д.эт} K_{эт},$$

где $E_{ст}$ — напряженность поля принимаемой станции; $K_{эт}$ — коэффициент передачи по напряжению эталонной антенной системы (методика измерения $K_{эт}$ приводится далее).

При подключении селективного вольтметра к выходу активной антенны его показания будут

$$U_{в.акт} = E_{ст} h_{д.п.э} K_{акт},$$

где $K_{акт}$ — коэффициент передачи по напряжению активной антенны (измеряется по методике, приведенной на с. 38). Разделив $U_{в.эт}/U_{в.акт}$, получим следующее выражение:

$$h_{д.п.э} = \frac{h_{д.эт} K_{эт}}{K_{акт}} \frac{U_{в.акт}}{U_{в.эт}}.$$

При этом методе измерения $h_{д.п.э}$ создаются определенные трудности в осуществлении периодического контроля параметров активных антенн при их массовом производстве. Для того чтобы упростить процесс измерений, можно их проводить при установке активной и эталонной антенн на эквивалентном заземленном металлическом листе (площадь листа должна быть приблизительно равна площади-автомобиля, а высота его установки под землей приблизительно) соответствовать высоте места установки активной антенны в автомобиле).

Влияние места установки антенны и экранирующего действия кузова на фактическое напряжение, наводимое в приемном элементе (особенно для внутрисалонных антенн), т. е.

определение истинного значения $h_{д.п.в}$, учитывают введением коэффициента p , который определяется соотношением

$$P = h_{д.п.э} / h'_{д.ж.э},$$

где $h_{д.п.э}$ — действующая высота приемного элемента активной антенны, измеренная при ее установке на автомобиле (измеряется у нескольких эталонных промышленных образцов); $h'_{д.п.э}$ — действующая высота контролируемого образца активной антенны, измеренная при его установке на эквивалентном заземленном металлическом листе. Тогда

$$h_{д.п.з} = Ph'_{д.ж.э}.$$

Чтобы учесть влияние диаграммы направленности приемного элемента на $h_{д.п.э}$, измерять коэффициент p необходимо при нескольких, различных положениях автомобиля относительно предполагаемого-направления на передающую станцию (на практике достаточно-использовать четыре положения автомобиля, различающихся на 90°).

При проведении измерений $h_{д.п.в}$ и $h'_{д.п.э}$ вблизи автомобиля или эквивалентного листа не должны находиться крупногабаритные-предметы. Малое значение p (или его резкое падение при одном из положений авомобиля) указывает на необходимость изменения конструкции приемного элемента или места установки активной антенны.

Методика определения эквивалента приемного элемента актив-ной антенны. Основные этапы определения эквивалента приемного элемента активной антенны: расчет или измерение входного сопротивления $Z_{вх.д.б}$ (активной и реактивной составляющих) приемного элемента в рабочем диапазоне частот, разработка схемы эквивалента и определение параметров ее элементов (сопротивлений, ин-дуктивностей, емкостей), имитирующих в рабочем диапазоне частот изменение реального комплексного входного сопротивления

Расчетный метод определения $Z_{вх.п.э}$ может быть использован для приемного элемента штыревой конструкции. Порядок расчета полностью аналогичен приведенному в § 2.1. В связи с тем, что, во-первых, расчетные методы определения не всегда дают высокую точность (так как не учитывается, например, влияние элементов кузова автомобиля) и, во-вторых, отсутствует методика для расчета $Z_{пх.п.э}$ приемных элементов сложной конфигурации, которые чаще всего используются в активных антеннах, практически целесообразнее определять $Z_{в1.п.в}$ экспериментально при установке активной антенны (с отключенным усилителем) на автомобиле. Можно также использовать и металлический заземленный лист, как и при определении $h_{д.п.э}$, но точность измерений при этом снижается.

Методика измерения $Z_{вх.п.э}$ и построения эквивалента приемного элемента активной антенны аналогична методике определения эквивалентов пассивных антенн (см. § 2.1).

Электронные блоки (усилители) активных антенн. Основными элементами электронного блока (усилителя) активных антенн являются отдельные, широкополосные тракты (каналы) усиления сигналов диапазонов АМ (от 150 кГц до 1,6 — 2 или 12 МГц) и ЧМ (65,8 — 73 МГц). Имеются варианты и одноканальных усилителей, предназначенных, например, для использования в активных антеннах, работающих только в АМ или только в ЧМ диапазоне.

При использовании в приемнике, электронной настройки антенные усилители могут быть сделаны перестраиваемыми.

Приемный элемент подключают к входам каналов усиления сигналов АМ и ЧМ с использованием LC элементов, исключая взаимное влияние входных сопротивлений. Усиленные сигналы с выходов усилителей (через развязывающие LC элементы) подводятся к соединительному кабелю, с помощью которого они затем передаются на антенный вход радиоприемника. В состав электронного блока активной антенны обязательно включаются элементы, обеспечивающие эффективную фильтрацию помех системы электрооборудования автомобиля, проникающих по цепям питания (развязывающие и электронные фильтры). Для ослабления воздействия помех от системы электрооборудования электронный блок активной антенн-«ы необходимо питать через экранированный провод (можно использовать для подачи напряжения питания центральную жилу соединительного кабеля), подключая его в приемнике к выводу выключателя питания, так как на этот вывод поступает напряжение

после фильтра цепей питания, установленного в радиоприемнике. При таком решении одновременно коммутируются напряжения питания приемника и антенны. Для исключения непосредственной наводки помех на детали усилителя активной антенны рекомендуется выполнять электронный блок в виде полностью экранированной конструкции. . .

Основные требования, определяющие схемные решения усилительного тракта активной антенны в диапазонах АМ:

активная составляющая входного сопротивления первого усилительного каскада во всем диапазоне частот усиливаемых сигналов должна быть значительно выше эквивалентного емкостного сопротивления приемного элемента, т. е. $R_{вх} > 1/(wC_{п.э})$;

входная емкость первого усилительного каскада $C_{лх}$ должна быть минимальна, так как чем меньше $C_{лх}$, тем выше коэффициент передачи сигнала, наведенного в приемном элементе, на вход усилителя;

усилитель должен обладать высокой линейностью для обеспечения требуемого подавления перекрестных и комбинационных помех;

активная составляющая выходного сопротивления (обусловленная выходным сопротивлением последнего транзистора электронного блока и его сопротивлением нагрузки) должна быть достаточно велика, чтобы во входной контур приемника не вносились дополнительные потери, приводящие к существенному расширению его полосы, и как следствие к ухудшению подавления зеркального канала;

выходная емкость усилителя (представляющая собой сумму выходной емкости последнего каскада, емкости монтажа, разделительной емкости и емкости соединительного кабеля) должна равняться суммарной емкости пассивной антенной системы ($C_A + C_{ПАР}$), с учетом которой настраивалась входная цепь автомобильного приемника.

Перечисленные требования определяют, в частности, выбор типа полупроводникового прибора, который может быть использован во входном каскаде тракта АМ электронного блока активной антенны: для одновременного удовлетворения требований к $R_{вх}$, Сщ и обеспечения приемлемого подавления перекрестных искажений рекомендуется использовать во входном каскаде высокочастотный полевой транзистор (биполярные транзисторы даже при использовании на входе эмиттерного повторителя в сочетании с соответствующими средствами линеаризации не позволяют получить достаточно высокое входное сопротивление, особенно в диапазоне ДВ, и требуемое подавление помех, обусловленных перекрестной модуляцией).

В канале усиления сигналов ЧМ обычно используется входной каскад, работающий в режиме согласования по шумам. Требуемое для согласования по шумам полное сопротивление приемного элемента пересчитывается на вход усилителя с помощью трансформатора, который обычно является элементом полосового фильтра, обеспечивающего получение требуемой полосы пропускания усилителя (65,8 — 73 МГц).

В качестве окончательного каскада можно рекомендовать эмиттерный повторитель, режим которого выбран таким образом, чтобы его выходное сопротивление равнялось волновому сопротивлению соединительного кабеля, с помощью которого сигнал с выхода активной антенны подводится к автомобильному приемнику. При таком схемном решении усиленные электронным блоком ЧМ сигналы подводятся к антенному входу приемника практически без потерь.

Далее рассматриваются некоторые электронные блоки, использовавшиеся в практике построения активных автомобильных антенн.

Электронный блок активной антенны для приема в АМ диапазонах. Принципиальная схема электронного блока показана на рис. 2.18.

Сигнал, принятый приемным элементом (короткий штырь), усиливается двумя каскадами: полевым транзистором T_1 и транзисторами Гг, T_2 .

По принципу построения усилитель представляет собой широкополосную схему, в которой первый каскад для второго является «генератором тока», а второй каскад охвачен глубокой параллельной отрицательной обратной связью (R_3, C_6).

Выполненный на полевом транзисторе первый каскад обладает высоким входным сопротивлением. Его коэффициент усиления ($K_1 = SR_{вх2}$, где $R_{вх2}$ — входное сопротивление второго каскада а S - крутизна полевого транзистора) практически не влияет на общий коэффициент усиления электронного блока ($K_{Обн} = SR_s$), и потому сделав $K_1 < 1$ (за счет того, что $R_{вх2}$ мало), можно значительно уменьшить влияние нагрузки на входные параметры усилителя, а также обеспечить в первом каскаде режим короткого замыкания по переменному току и тем самым — минимальную емкость $C_{,,x}$ [так как $C_{BX} = C_{зu} + C_{зc} (K_1 + 1)$, где $C_{зu}$, $C_{зc}$ — соответственно емкости затвор — исток и затвор — сток, то при $K_1 < 1$ $C_{BX} = C_{зu} + C_{зc}$].

Сигнал от приемного элемента через конденсатор C_1 и катушку связи L_1 поступает на вход усилителя, зашунтированного диодом защиты D_1 . Параллельно входу подключены последовательно соединенные дроссель $Др_1$ и резистор R_2 . Резонансная частота контура $Др_1$, C_1 и $C_{вх}$ близка к низшей рабочей частоте (около 120 кГц). Резистор R_1 снижает высоту резонансного пика, а также сглаживает нежелательные резонансные явления в дросселе на частотах выше 10 МГц. Катушка связи L_x вместе с входной емкостью образуют ФНЧ с граничной частотой около 40 МГц (резистор iR_i сглаживает частотную характеристику в районе высшей частоты рабочего диапазона 30 МГц).

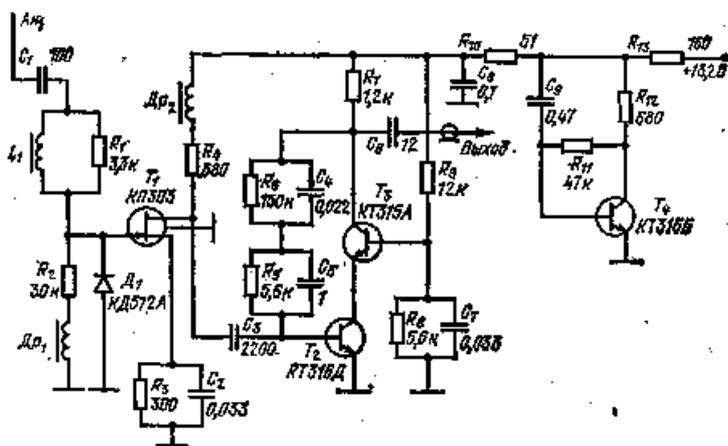


Рис. 2.18. Схема электронного блока активной антенны для приема в диапазонах АМ

Напряжение питания на сток полевого транзистора подается через дроссель $Др_2$ и резистор R_i , предотвращающий самовозбуждение каскада. Сигнал с выхода первого каскада через конденсатор C поступает на базу транзистора 7V. Режим работы транзисторов второго каскада по постоянному току определяется резисторами R_6 , R_7 , R_8 , R_9 . Каскадное включение транзисторов T_2 и T_3 позволяет получить проходную емкость около 0,1 пФ и практически исключить влияние разброса емкостных параметров транзисторов на частотную характеристику (так как корректирующая емкость обеспечивается в основном внешним конденсатором C_5).

С коллектора транзистора T_3 усиленный сигнал через конденсатор и соединительный кабель поступает на вход приемника.

Напряжение питания на транзисторы усилителя подается через электронный фильтр пульсаций и наводок, образованный транзистором T_4 , резисторами R_{12} , R_{13} и конденсатором C_9 . Фильтр $R_{10}C_8$ дополнительно ослабляет высокочастотные помехи.

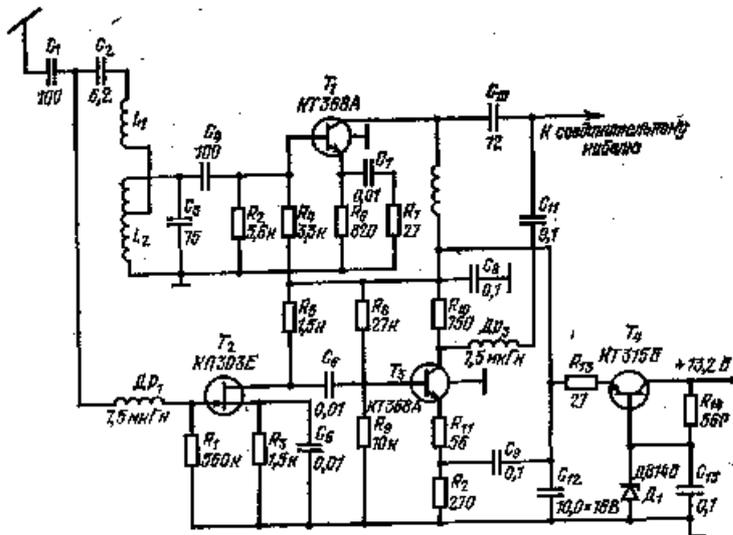


Рис. 2.19. Схема двухканального (АМ-ЧМ) электронного блока активной антенны

Двухканальный (АМ — ЧМ) электронный блок активной антенны.

В качестве приемного элемента активной антенны, схема электронного блока которой показана на рис. 2.19, может использоваться корпус зеркала заднего вида, устанавливаемого внутри салона автомобиля. Разделение АМ — ЧМ сигналов, поступающих с приемного элемента, осуществляется фильтром LC(R_1C_2).

Усилителем в диапазоне УКВ является каскад, выполненный по схеме ОЭ на транзисторе T_1 . Полосовой фильтр $L_1C_2L_2C_3$ подавляет сигналы, лежащие за пределами радиовещательного УКВ диапазона (65,8 — 73 МГц). Уменьшение действующей высоты приемного элемента внутрисалонной антенны из-за экранирующего действия кузова автомобиля компенсируется в диапазоне УКВ тем, что приемными свойствами обладает также катушка L_1 , выполненная печатным способом. Другим назначением полосового фильтра, включенного на входе усилителя ЧМ тракта, является трансформация полного сопротивления приемного элемента (корпус зеркала) в значение, близкое к оптимальному шумовому сопротивлению источника для транзистора T_1 , т. е. обеспечение режима согласования по шумам.

Двухкаскадный усилитель сигналов АМ построен по схеме, аналогичной схеме одноканального усилителя с использованием на входе высокочастотного полевого транзистора типа КП303, имеющего высокое входное сопротивление и малую входную емкость. Для повышения подавления помех, вызывающих перекрестную модуляцию, весь усилитель охвачен глубокой отрицательной обратной связью.

Объединение сигналов, поступающих с выхода усилителей тракта АМ и ЧМ, осуществляется с помощью фильтра Dp_3C_5 , благодаря чему исключается взаимное влияние выходных параметров усилителей. Фильтрация помех от системы электрооборудования автомобиля, проникающих по цепям питания, осуществляется электронным фильтром, выполняющим также роль стабилизатора напряжения питания (транзистор T_4 , диод D_4).

Основные параметры, характеризующие эффективность активных антенн, и методы их измерения. Специфика нормирования и контроля параметров, характеризующих эффективность активных антенн, обусловлена тем, что, с одной стороны, активные антенны заменяют пассивную антенную систему и, следовательно, требуется определять, как изменяются (улучшаются, ухудшаются) основные параметры приёмника по сравнению с их значениями, измеренными при его работе от пассивной антенной системы, а, с другой стороны, активная антенна представляет собой схемно и конструктивно законченный узел, который, может характеризоваться рядом собственных параметров.

В связи с этим наиболее удобно характеризовать эффективность активных антенн с помощью так называемых относительных параметров (относительно параметров, получаемых с эталонной пассивной антенной системой — штыревым приемным элементом заданной длины, например 1 м). В результате удастся избежать влияния на измеряемые параметры контролируемого образца антенны качества настройки и характеристик конкретного образца приемника (используемого в процессе измерений параметров антенны) и сравнительно просто установить нормы на эффективность исходя из требования получения заданных качественных характеристик системы «активная антенна — автомобильный приемник» относительно системы «эталонная пассивная антенная система — автомобильный приемник».

Достоинством такой методики оценки эффективности является также то, что в процессе измерений учитывается все потери при согласовании входных и выходных сопротивлений приемного элемента, электронного блока антенны и приемника, оценка которых играет первостепенную роль в процессе проектирования активных антенн.

Основные параметры активных антенн. *Относительное усиление* d_e характеризует усилительные свойства активной антенны без учета внешних и внутренних шумов и показывает, какой коэффициент передачи (по полю) сигнала станции до входа приемника может обеспечить активная антенна по сравнению с эталонной пассивной антенной системой,

$$d_c = K_{\text{акт}} h_{\text{д.п.э}} / (K_{\text{эт}} h_{\text{д.эт}}),$$

где $K_{\text{акт}}$, $K_{\text{эт}}$ — соответственно коэффициенты передачи по напряжению активной и эталонной антенн до входа приемника; $h_{\text{д.эт}} = 0,5$ (АМ) и 0,6 м (УКВ), $h_{\text{д.п.э}}$ — действующая высота приемного элемента активной антенны.

Относительная эффективность $d_{\text{эф}}$ характеризует шумовые свойства активной антенны и показывает степень изменения реальной чувствительности $E_{\text{р.акт}}$ автомобильного приемника (по полю), работающего от активной антенны, по сравнению с чувствительностью $E_{\text{р.эт}}$ при работе приемника от эталонной антенной системы

$$d_{\text{эф}} = E_{\text{р.эт}} / E_{\text{р.акт}} = U_{\text{р.эт}} h_{\text{д.п.э}} / (U_{\text{р.акт}} h_{\text{д.эт}}),$$

где $U_{\text{р.эт}}$ — реальная чувствительность приемника по напряжению, измеренная с эквивалентом эталонной антенной системы; $U_{\text{р.акт}}$ — реальная чувствительность по напряжению системы «активная антенна — автомобильный приемник» (при подаче сигнала на вход эквивалента приемного элемента активной антенны).

Устойчивость к нелинейным искажениям характеризуется напряженностью поля мешающей станции, при которой нелинейные искажения на выходе антенны не превышают заданного значения. Этот параметр активной антенны рекомендуется оценивать путем измерения устойчивости к нелинейным искажениям III порядка, т. е. вида $f_{n1} = 2f_1 - f_2$ или $f_{n2} = 2f_2 - f_1$ (где f_1 и f_2 — частоты, при взаимодействии которых возникают продукты нелинейных искажений III порядка f_{n1} и f_{n2}). Как известно из общей теории усилителей, малый уровень нелинейных искажений III порядка позволяет рассчитывать на малое значение других видов нелинейных искажений, в том числе и перекрестных помех, устойчивостью к которым является одним из основных параметров, характеризующих качество радиовещательного приема.

Методика измерений устойчивости к нелинейным искажениям III порядка достаточно проста, позволяет получить результаты с требуемой точностью и, главное, не требует использования в процессе измерений приемника, благодаря чему удастся избежать влияния на результаты измерений собственной устойчивости приемника к нелинейным искажениям.

Выходная емкость активной антенны в диапазонах АМ должна равняться (для обеспечения взаимозаменяемости) суммарной эквивалентной емкости пассивной антенной системы, которую заменяет активная антенна (как известно, емкость антенной системы составляет часть емкости входного контура приемника и существенно влияет на его параметры).

Влияние активной составляющей выходного сопротивления активной антенны можно оценивать в диапазонах АМ по относительному расширению полосы пропускания входной

цепи $a_{дг}$ (равнением полос пропускания при подключении к приемнику активной и эталонной антенн), а в диапазоне УКВ — по изменению селективности по зеркальному каналу $Ad_{з.к}$ (сравнением селективностей при подключении к приемнику активной и эталонной антенн).

Таким образом,

$$a_{дг} = AF_{акт}/DF_{эт} \text{ и } Dd_{з.к} = d_{з.к.эт} - d_{з.к.акт}$$

где $DF_{эт}$, $d_{з.к.эт}$ — соответственно полоса пропускания входного контура АМ диапазона и ослабление зеркального канала в диапазоне УКВ, измеренные с эквивалентом эталонной антенной системы; $DF_{акт}$, $d_{з.к.акт}$ — аналогичные величины, измеренные при работе приемника от активной антенны.

В табл. 2.7 приведены минимальные нормы на перечисленные основные параметры активных автомобильных антенн.

Таблица 2.7

Параметр	Норма
Относительное усиление, не менее:	
ДВ, СВ	0,8
КВ, УКВ	0,5
Относительная эффективность, не менее:	
ДВ, СВ	0,4
КВ	0,25
УКВ	0,5
Устойчивость к нелинейным искажениям, т. е. уровень сигнала на входе, при котором отношение полезного сигнала к продуктам нелинейных искажений III порядка на выходе составляет 54 дБ, В/м, не менее:	
ДВ, СВ	0,25
КВ	0,2
УКВ	0,1
Относительное расширение полосы входного контура в диапазонах АМ, не более	1,3
Изменение селективности по зеркальному каналу в диапазоне УКВ, дБ, не более	+3

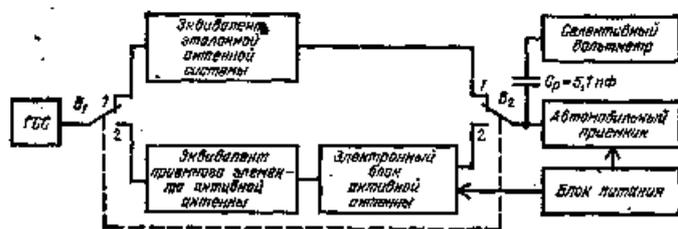


Рис. 2.20. Структурная схема измерения относительного усиления активных антенн

Методика измерения параметров активных антенн. Структурная схема измерения относительного усиления d_c показана на рис. 2.20. От ГСС подается сигнал требуемой частоты с уровнями $U_{вх}=10$ мВ (при измерениях d_B в диапазонах АМ) и $U_{вх}=1$ мВ (при измерениях в диапазоне УКВ). При положении 1 переключателей B_1 и S_j (селективный вольтметр и приемник настраивают на частоту сигнала ГСС и отмечают показания селективного вольтметра $U_{в.вт}$. Затем повторяют измерения при положении 2 переключателей B_i и B_2 , отмечая показания вольтметра $U_{в.ант}$.

Величина d_c , как было показано, определяется следующим выражением:

$$d_c = h_{д.ц.э} K_{акт} / (h_{д.вт} K_{вт}), \text{ где } K_{акт} = U_{в.акт} / U_{вх} \text{ и } K_{эТ} = U_{в.эТ} / U_{вх}.$$

Подставив $K_{акт}$ и $K_{эТ}$ в выражение для d_c , получим окончательно

$$d_c = h_{д.п.в} U_{в.акт} / (h_{д.ат} U_{в.эТ}).$$

Получаемые по этой методике измерения значения $K_{акт}$ и $K_{эТ}$ и используются также для определения $h_{д.п.э}$.

При расчетах d_B для диапазонов АМ значение $h_{д.эТ}$ принимается равным 0,5 м, а в диапазоне УКВ $h_{д.эТ} = 0,6$ м.

В эквиваленте эталонной антенной системы, используемом при измерениях d_c в диапазонах АМ, емкость $C_a = 12$ пФ, емкость Спар должна соответствовать значению параллельной емкости эквивалента пассивной антенной системы, с учетом которой настраивался приемник, используемый в процессе измерений (указывается в ТУ на приемчик).

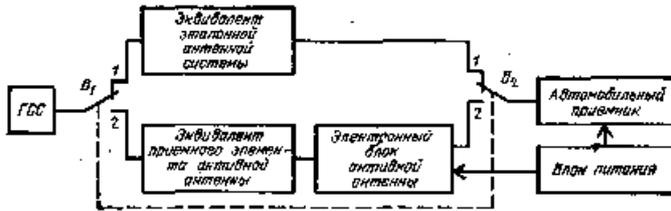


Рис. 2.21. Структурная схема измерения относительной эффективности активных антенн

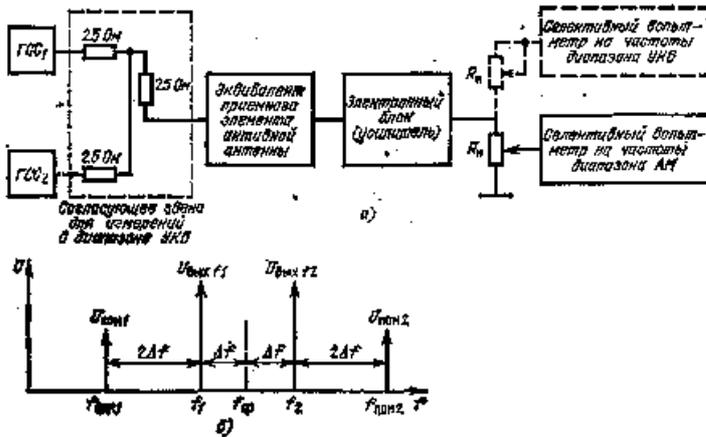


Рис. 2.22. К методу измерения устойчивости активных антенн к нелинейным искажениям

Схема и параметры элементов эквивалента эталонной антенны в диапазоне УКВ должны соответствовать данным стандартизованного эквивалента автомобильных антенн для диапазона УКВ (см. рис, 2.13). При измерениях к выходу этого эквивалента подключается соединительный кабель, длина и волновое сопротивление которого должны соответствовать этим параметрам соединительного кабеля пассивной антенной системы, от которой должен работать приемник, используемый в процессе измерений.

На рис. 2.21 показана структурная схема измерения относительной эффективности $d_{атв}$ активных антенн. В положении 1 переключателей B_1, B_2 измеряется реальная чувствительность приемника с эталонной антенной системой $U_{р.эТ}$, а в положении 2 — с активной литейной $U_{р.акт}$. Относительная Эффективность

$$d_{эВ} = U_{р.эТ} h_{д.п.э} / (U_{р.акт} h_{д.эТ}).$$

Методика измерения устойчивости к нелинейным искажениям поясняется рис. 2.22. На вход эквивалента приемного элемента (рис. 2.22,а) от двух ГСС подаются сигналы $U_{Вн} = U_{аха}$ с уровнями 100 мВ (при измерениях в диапазонах АМ) и 50 мВ (при измере-

диапазоне УКВ) с расстройкой относительно выбранной средней частоты f_{cp} соответствующего диапазона на $\pm Af$, т. е. $f_{гсс1} = f_{cp} + Af$ и $f_{гсс2} = f_{cp} - Af$. При проведении измерений в диапазонах ДВ и СВ соответственно устанавливают $f_{срСВ} = 1$ МГц и $f_{срДВ} = 250$ кГц, $Df = 20$ кГц; в диапазоне КВ $f_{оп} = 7,2$ МГц и $Df = 200$ кГц, в диапазоне УКВ $f_{ср} = 69$ МГц, $Df = 1$ МГц.

Селективным вольтметром, подключенным к выходу электронного блока активной антенны, поочередно настраиваются на частоты сигналов $f_{гсс1}$ и $f_{гсс2}$. С помощью регулятора выходного напряжения R устанавливают удобные для последующего расчета уровни сигнала, подаваемого на селективный вольтметр, и фиксируют его показания $U_{вых}$ и $U_{вых2}$ (соответственно При настройке на частоту $f_{гсс1}$ и $f_{гсс2}$). Если в активной антенне возникли нелинейные искажения III порядка, то на ее выходе будут наблюдаться спектральные составляющие, показанные на рис. 2.22,6.

Далее, настраиваясь селективным вольтметром на частоты $f_{пом1} = 2f_{гсс1} - f_{гсс2}$ и $f_{пом2} = 2f_{гсс2} - f_{гсс1}$, фиксируют его показания $U_{пом1}$ и $U_{пом2}$, обусловленные продуктами нелинейных искажений.

Затем рассчитывают значения $d_{H1} = U_{вых1}/U_{пом1}$ и $d_{H2} = U_{вых2}/U_{пом2}$. Если они одновременно равны 54 дБ (500 раз), то входной сигнал $U_{вх1} = U_{вх2} = 100$ мВ (или 50 мВ при измерениях в диапазоне УКВ) является измеряемой величиной, т. е. уровнем входного сигнала, при котором отношение полезного сигнала к продуктам нелинейных искажений на выходе равно 54 дБ. Если d_{Bi} или d_{H2} больше или меньше 54 дБ, то одновременным увеличением (уменьшением) уровней $U_{вх1} = U_{вх2}$ добиваются этого значения сначала для d_{H1} , а потом для d_{H2} (если значение $U_{вх1} = U_{вх2}$, при котором $d_{H1} = 54$ дБ, не равно входному сигналу, при котором $d_{Bt} = 54$ дБ, то за результат измерений принимается меньшее из двух значений $U_{вх}$).

Измеренные значения напряжений входных сигналов пересчитываются в значения напряженности поля

$$E_{вх} = U_{вх} / h_{д.п.э.}$$

Методы измерения параметров активных антенн и системы «активная антенна — автомобильный приемник», определяемых выходными характеристиками антенны (выходная емкость, расширение полосы пропускания входного контура в диапазонах АМ и изменение селективности по зеркальному каналу в диапазоне УКВ), с достаточной ясностью определяются самими формулировками этих характеристик, и поэтому их отдельное рассмотрение здесь не приводится.

Глава 3

ТРАКТ АМ

3.1. Входные цепи и УВЧ (преселектор)

Выбор органа настройки. Построение входных цепей. В современных радиовещательных приемниках с сетевым и автономным питанием в качестве органа настройки в тракте АМ используются блоки конденсаторов переменной емкости (КПЕ), которые при сравнительно небольших габаритах позволяют обеспечить требуемое перекрытие по частоте. Кроме того, блоки КПЕ надежны в эксплуатации.

Использование блоков КПЕ в автомобильных приемниках вследствие особенностей антенной системы автомобиля приводит к существенным трудностям, связанным в первую очередь с реализацией требуемых параметров входной цепи.

В отличие от радиовещательных приемников другого назначения автомобильный приемник работает от вполне определенной антенной системы. Вследствие этого в автомобильных приемниках может применяться непосредственное включение антенной

системы во входной контур. При этом удается избежать потерь сигнала в элементах связи контура с антенной системой, однако суммарная емкость антенной системы ($C_{\text{сум}}=C_A+C_{\text{пар}}$), составляющая 60 — 100 пФ и более, полностью входит в резонансную емкость входного контура. В результате начальная емкость контура $C_{\text{ва}}$, достигает значений 80 — 120 пФ (с учетом емкостей подстроечного конденсатора, монтажа и т. п.), и поэтому в автомобильных приемниках с непосредственной связью входного контура с антенной системой исключается возможность использования серийных блоков КПЕ. Избежать этого и применить в автомобильном приемнике обычный КПЕ можно, лишь ослабив связь антенной системы с входным контуром. Однако при таком решении значительно ухудшается коэффициент передачи сигнала из антенной системы на вход первого транзистора тракта АМ, который при использовании КПЕ даже с непосредственной связью с антенной оказывается весьма низким. Последнее обстоятельство объясняется тем, что коэффициент передачи входного контура, возбуждаемого емкостной антенной, пропорционален отношению C_A/C_p , где C_A — емкость штыревой, антенны, а C_p — резонансная емкость контура. Использование КПЕ с $C_{\text{max}}=700-800$ пФ при $C_A=10-12$ пФ приводит к такому низкому отношению C_A/C_p (менее 0,02 в большей части диапазонов ДВ, СВ), что коэффициент передачи сигнала из антенной системы на вход первого транзистора тракта АМ снижается до значений, при которых из-за ухудшения отношения сигнал/шум не удается реализовать требуемую реальную чувствительность приемников в диапазонах ДВ, СВ и КВ. Очевидно, что ослабление связи контура с антенной системой не может улучшить положения, ибо повышение соотношения C_A/C_p в результате применения КПЕ с меньшим значением C_{max} сводится на нет потерями в элементе связи контура с антенной системой.

Вместо блоков КПЕ в качестве органов настройки тракта АМ используют блоки переменной индуктивности (ферровариаметр).

Контур в этом случае перестраивается плавным изменением индуктивности цилиндрической катушки при поступательном перемещении внутри нее ферритового сердечника (обычно из феррита 600НН). Диапазон изменения индуктивности определяется конструкцией катушек и ходом сердечника и составляет в различных приемниках 65 — 650, 130 — 1300 и 160 — 2400 мкГн, обеспечивая требуемый коэффициент перекрытия ($K_u > 10$) для перестройки в радиовещательных ДВ и СВ диапазонах. Использование ферровариометра позволяет прежде всего обеспечить постоянство коэффициента передачи входного контура СВ около 0,2 — 0,3, минимально необходимого для достижения реальной чувствительности приемника, равной 50 — 75 мкВ.

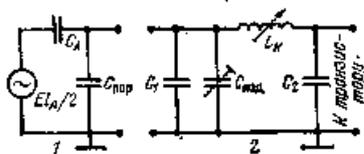


Рис. 3.1. Схема входной цепи приемника в диапазоне СВ: 1 — эквивалент антенной системы; 2 — входная цепь

Построение входной цепи диапазона СВ современных транзисторных автомобильных приемников показано на рис. 3.1. В диапазоне СВ наибольшее распространение получила схема входной цепи с внутриемкостной связью, обеспечивающая при конструктивной простоте постоянство коэффициента связи с транзистором и обладающая наибольшей помехоустойчивостью, так как ее коэффициент передачи для мешающих сигналов монотонно убывает с ростом частоты. Конденсаторы C_1 и $C_{\text{под}}$ вместе с суммарной емкостью антенной системы $C_{\text{сум}}$ определяют резонансную емкость контура $C_{\text{рез}}$. С помощью подстроечного конденсатора можно точно подстроить входную цепь СВ при работе приемника от любой автомобильной антенны, суммарная эквивалентная ёмкость которой не превышает резонансной емкости контура, т. е. $C_{\text{сум}} < C_{\text{рез}} - C_{\text{под min}}$.

При малых значениях $C_{\text{сум}}$, когда не выполняется условие $C_{\text{сум}} > C_{\text{рез}} - C_{\text{под max}}$, настройка входного контура в резонанс обеспечивается подбором емкости конденсатора C_1 .

Емкость конденсатора C_2 — элемента внутриемкостной связи контура со входом первого транзистора тракта АМ составляет 1500 — 2200 пФ, обеспечивая требуемую загрузку контура входным сопротивлением транзистора. При таком построении входного контура коэффициент передачи 0,2 — 0,3, селективность по зеркальному каналу 26 — 30 дБ, рабочая полоса 15 — 30 кГц.

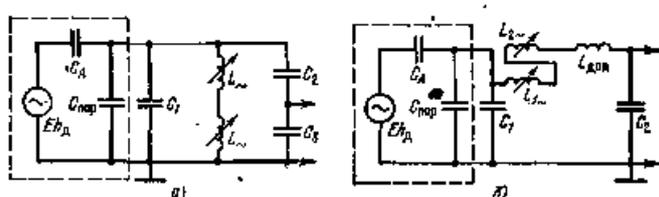


Рис. 3.2. Два варианта схемы входной цепи приемника в диапазоне ДВ:

а — последовательное включение двух катушек ферровариометра ($L_K — 2L$);
б — согласованное включение двух секции контура, намотанных на одном каркасе, ($L_K=L_1+L_2+2K(L_1L_2+L_{доп})^{-2}$ при $L_1=L_2$, и $K=L_H=4L_1+L_{доп}$)

Основная особенность построения входных цепей диапазона ДВ — использование более высокой по сравнению с диапазоном СВ контурной индуктивности, что достигается либо последовательным включением двух катушек ферровариометра (рис. 3.2,а), либо согласным включением двух секций контура, намотанных на одном каркасе ферровариометра, (рис. 3.2,б). Благодаря этому удается при практически неизменном коэффициенте перекрытия по индуктивности снизить контурную емкость в диапазоне ДВ в 2 — 4 раза по сравнению с емкостью при использовании одной секции ферровариометра и соответственно повысить отношение C_A/C_V и коэффициент передачи контура.

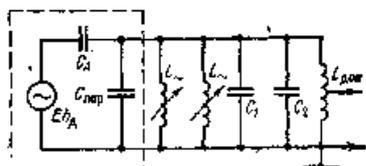


Рис. 3.3. Схема входных цепей в диапазонах ДВ и СВ приемника АВ-68

Различие индуктивностей входного контура и других перестраиваемых контуров (УВЧ и гетеродина), где используются одиночные секции ферровариометра, приводит к некоторым трудностям при сопряжении настроек этих контуров. Для повышения точности сопряжения последовательно с переменной индуктивностью может включаться небольшая подстроечная индуктивность $A_{доп}$, позволяющая в небольших пределах менять коэффициент перекрытия входного контура. Основные параметры входных цепей диапазона ДВ: коэффициент передачи 0,05 — 0,08, полоса пропускания 8 — 10 кГц, ослабление зеркального канала 30 — 36 дБ.

В некоторых моделях автомобильных приемников, главным образом во всеволновых (ДВ, СВ, КВ), а также в моделях, работающих от антенной системы с большой суммарной емкостью (более 100 — 150 пФ), двухобмоточные катушки ферровариометра используют во всех диапазонах. В диапазоне ДВ эти обмотки включаются последовательно, а в диапазонах СВ и КВ параллельно, в последнем случае могут также использоваться параллельные сопрягающие индуктивности. Такое построение входных цепей применено, например, в автомобильном приемнике высшего класса АВ-68 (рис. 3.3), что позволило при суммарной емкости антенной системы около 200 пФ получить оптимальные параметры и добиться наилучшего сопряжения контуров в каждом диапазоне.

Особенности входных цепей автомобильно-переносных приемников. В 60-х годах довольно широкое распространение, особенно за рубежом, получили радиоприемники, которые могут использоваться в двух режимах эксплуатации: автомобильном и переносном. Такие приемники называют автомобильно-переносными. Отечественная промышленность

выпускала всеволновую модель автомобильно-переносного приемника «Урал-авто», которым комплектовались автомобили «Москвич-412».

В переносном режиме эксплуатации эти приемники работают, как обычные приемники с автономным питанием, т. е. имеют, в частности, встроенные громкоговорители, антенны (магнитную, телескопическую) и источник питания. При установке этого радиоприемника в автомобиле автономный источник питания, громкоговоритель и антенны отключаются, приемник подключается к бортсети автомобиля, его акустической системе и автомобильной антенне.

В автомобильно-переносных приемниках входные цепи ДВ и СВ работают от магнитной антенны в переносном режиме эксплуатации и от электрической антенной системы — в автомобильном режиме. Учитывая необходимость наличия в автомобильно-переносном приемнике, по крайней мере, одной секции КПЕ — для настройки контура магнитной антенны, схемно-конструктивные особенности преселектора таких приемников целиком определяют построение органов настройки их тракта АМ. На практике применяются три варианта построения органа настройки автомобильно-переносных приемников:

1. Блок КПЕ при настройке в обоих режимах эксплуатации. Этот вариант обладает отмеченными недостатками, связанными

с использованием емкостной настройки в автомобильных приемниках. Применяется в дешевых малогабаритных зарубежных моделях, для которых основным режимом эксплуатации является переносный. Входные цепи для автомобильного режима эксплуатации этих приемников строятся аналогично входным цепям сетевых приемников, работающих от внешней электрической антенны с индуктивной или индуктивно-емкостной связью с контуром (рис. 3.4,а).

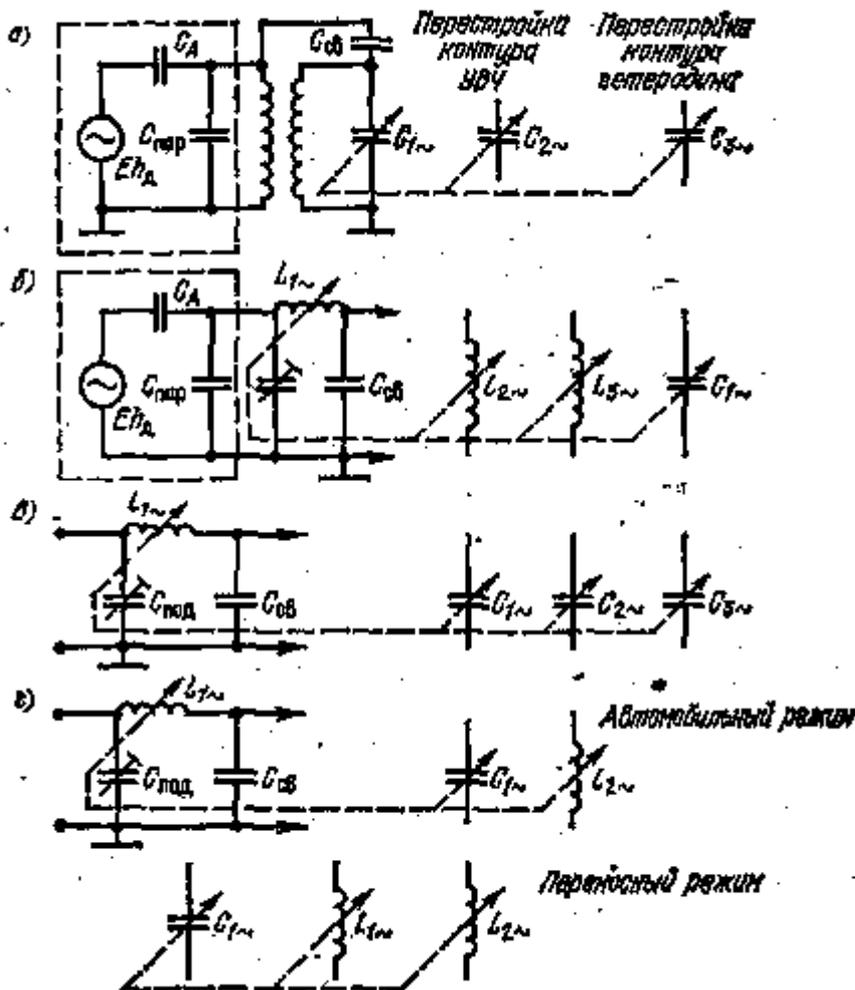


Рис. 8.4. Способы настройки контуров автомобильно-переносных приемников

2. *Комбинированный индуктивно-емкостный орган настройки.* Он состоит -из ферровариометра с числом секций, необходимым для перестройки всех контуров в автомобильном режиме, и механически и электрически сопряженного с ферровариометром односекционного КПЕ, служащего для настройки контуров магнитной антенны в переносном режиме эксплуатации (рис. 3.4,6). Возможна и другая разновидность этого варианта: комбинированный орган настройки, состоящий из двух трехсекционного блока КПЕ, механически и электрически сопряженного с односекционным ферровариометром, при помощи которого перестраиваются входные цепи в автомобильном режиме эксплуатации (рис. 3.4,0). Механическое и электрическое сопряжения в обоих случаях достигаются выбором такой конструкции односекционных органов настройки, при которой закон изменения их реактивности совпадает с законом изменения реактивности основного многосекционного органа настройки.

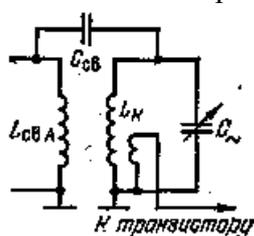


Рис. 3.5. Схемы входных цепей автомобильно-переносного приемника «Урал-авто» в автомобильном режиме эксплуатации

При использовании односекционного КПЕ это достигается подбором формы его роторных пластин, а при использовании односекционного ферровариометра — подбором формы кулачка, от которого осуществляется привод поступательного движения ферритового сердечника. Очевидно, что при таких комбинированных органах настройки имеется возможность построить входные цепи по оптимальной схеме для каждого режима эксплуатации. Недостаток данного варианта — относительная сложность органа настройки, а также то, что в каждом режиме одна из секций настройки не используется.

3. *Комбинированный индуктивно-емкостный орган настройки с полным использованием всех секций в переносном и автомобильном режимах эксплуатации.* В этом случае оптимальным решением является использование одиночной секции органа настройки для перестройки различных контуров преселектора в зависимости от режима эксплуатации приемника. Пример рационального использования в автомобильно-переносном приемнике органа настройки, состоящего из двухсекционного ферровариометра и одной секции КПЕ, показан на рис. 3.4,г. При всех преимуществах этого варианта его практическая реализация, однако, в большинстве случаев затруднена тем, что она требует значительного увеличения числа коммутационных групп для переключения режимов эксплуатации приемника. Это обстоятельство, в частности, обусловило то, что в автомобильнопереносном приемнике «Урал-авто» секции аналогичного органа настройки используются в одних и тех же контурах независимо от режима эксплуатации: двумя секциями ферровариометра перестраиваются контуры УВЧ и гетеродина, а сопряженным с ферровариометром КПЕ настраиваются входные контуры этого приемника. Входные цепи приемника «Урал-авто» в автомобильном режиме эксплуатации построены по обычной схеме, используемой при емкостной настройке, — индуктивная связь с транзистором и комбинированная связь с антенной системой (рис. 3.5).

Возможности введения КВ диапазона. Учитывая особенности конструкции и условий, эксплуатации автомобильных приемников, использование в них обзорных, нерастянутых КВ диапазонов следует считать нецелесообразным.

Управление радиоприемником в условиях, когда оператор — водитель автомобиля должен минимально отвлекаться от своих основных обязанностей, в сочетании с малыми размерами шкалы приемника и высокой плотностью станций на участках КВ диапазона, выделенных для радиовещания, создает значительные неудобства при настройке на станцию в обзорном КВ диапазоне.

Вместе с тем введение нескольких растянутых КВ поддиапазонов существенно усложняет конструкцию автомобильного приемника, в первую очередь из-за увеличения числа коммутационных колодок и кнопок переключателя диапазонов. При жестких требованиях к габаритам современных автомобильных приемников введение даже одного растянутого КВ поддиапазона, особенно в моделях с системой фиксированных настроек, не всегда оказывается возможным.

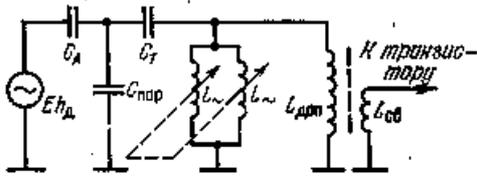


Рис. 3.6. Схема входных цепей в поддиапазонах КВ приемника «АВ-68»

Довольно распространенная за рубежом практика введения КВ диапазона в автомобильные приемники среднего класса за счет исключения диапазона ДВ или СВ в отечественных моделях не используется, так как для обеспечения возможности приема на всей территории нашей страны наличие диапазонов ДВ и СВ в них является обязательным.

Вследствие перечисленных обстоятельств прием на КВ диапазоне имелся только в относительно крупногабаритных и дорогих отечественных автомобильных приемниках АПВ-60 и АВ-68, автомобильно-переносных приемниках «Урал-авто» и «Урал-авто-2».

В связи с тем что перекрытие по индуктивности ферровариометров тракта АМ этих приемников значительно превышает перекрытие, требуемое для перестройки в растянутых КВ поддиапазонах, в перестраиваемых контурах КВ необходимо использовать дополнительные индуктивности, которые подключаются последовательно или параллельно катушке ферровариометра, снижая его коэффициент перекрытия до требуемого значения. Такая схема построения входных цепей растянутых КВ поддиапазонов использована в радиоприёмнике АВ-68 (рис. 3.6). При этом две обмотки катушки вариометра, как и во входных цепях диапазона СВ, включены параллельно. Ввиду того что емкость антенной системы, от которой работает приемник АВ-68, превышает резонансную емкость входных контуров поддиапазонов КВ, связь контура с антенной системой ослаблена путем включения последовательно с суммарной емкостью антенной системы конденсатора C_4 . Индуктивную связь контура с транзистором осуществляет катушка связи $L_{св}$, выполненная на одном каркасе с дополнительной катушкой $L_{доп}$.

Дополнительные индуктивности $L_{доп}$ можно рассчитывать по следующим формулам:

- а) при последовательном включении вариометра и дополнительной индуктивности
- б) при параллельном включении вариометра и дополнительной индуктивности

$$L_{доп} = \frac{L_{max} (K_d^2 - 1)}{K_u - K_d^2},$$

где L_{min} и L_{max} — соответственно минимальная и максимальная индуктивность катушки ферровариометра; $K_u = L_{max}/L_{min}$ — коэффициент перекрытия ферровариометра; $K_d = f_{max}/f_{min}$ — коэффициент перекрытия диапазона по частоте.

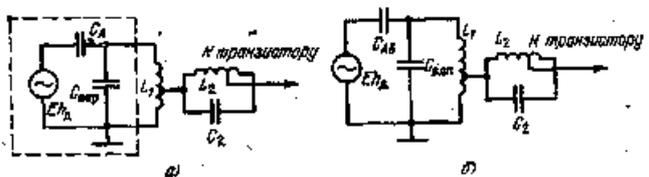


Рис. 3.7. Схема широкополосной входной цепи в поддиапазонах КВ приемника «Урал-авто» ($C_{\text{доп}}-(C_a+C_{\text{пар}})—C_{\text{ав}}$, где $C_{\text{ав}}$ - эквивалентная емкость встроенной телескопической антенны).

Следует отметить, что перестраиваемые входные цепи в поддиапазонах КВ использовались в основном лишь в автомобильных радиоприемниках высокого класса. Вследствие того что в этих моделях применялся барабанный переключатель диапазонов, число коммутационных групп, необходимых для переключений в диапазонах ДВ, СВ и поддиапазонах КВ, остается неизменным, в том числе и при наличии перестройки входных контуров в КВ поддиапазонах.

В радиоприемниках среднего класса, где нет возможности применить барабанный переключатель, введение нескольких КВ Поддиапазонов с перестраиваемыми входными цепями приводит к значительному усложнению коммутационной схемы приемника. При этом увеличивается число коммутационных групп и как следствие — габариты колодок переключателя диапазонов. Для упрощения в ряде моделей автомобильных приемников используются ненастраиваемые широкополосные входные цепи. Целесообразность такого решения диктуется еще и тем, что вследствие использования индуктивной настройки селективные свойства входных контуров КВ оказываются весьма низкими. Сердечники ферровариометра обычно выполняют из ферритовой массы марки 600НН, обеспечивая требуемую конструктивную добротность и коэффициент перекрытия по индуктивности в диапазонах ДВ и СВ. На частотах выше 2 МГц потери, вносимые сердечниками, резко возрастают, что приводит к существенному падению конструктивной, добротности катушек ферровариометра при их использовании в КВ поддиапазонах.

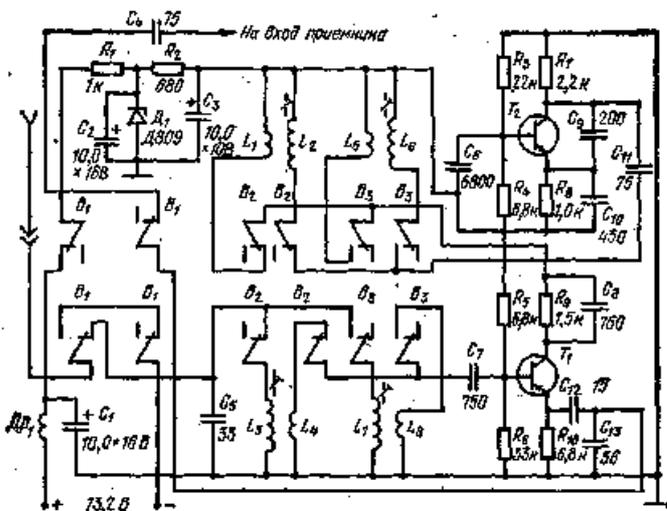


Рис. 3.8. Принципиальная схема коротковолновой приставки

В радиоприемнике «Урал-авто» входная цепь в каждом КВ поддиапазоне состоит из двух широкополосных контуров (рис. 3.7). Сигнал из антенны поступает на первый контур, который настроен на среднюю частоту соответствующего КВ поддиапазона. Полоса пропускания контура выбирается такой, чтобы крайние частоты поддиапазона ослаблялись не более чем на 3 — 4 дБ. Второй контур, включенный последовательно в цепь передачи сигнала на вход первого транзистора приемника, настроен на частоту зеркального канала. Подбором коэффициента включения этого контура в базовую цепь транзистора его полосу пропускания выбирают равной полосе пропускания первого контура, благодаря чему достигается хорошая фильтрация всех частот, являющихся зеркальными по отношению к частотам КВ поддиапазона, принимаемым первым контуром. Так, например, в поддиапазоне КВ-I (49 м) контур $L_1C_{\text{пар}}$ настроен на частоту 6,1 МГц, полоса пропускания контура на уровне ослабления 6 дБ составляет около 400 кГц, при этом напряжение, крайних частот поддиапазона 5,95 и 6,2 МГц ослабляется не более чем на 3 дБ. Контур L_2C_1 также имеет

ширину полосы пропускания около 400 кГц и настроен на частоту 7 МГц, являющуюся зеркальной для средней частоты настройки первого контура.

В автомобильном режиме эксплуатации контурная емкость входных цепей всех КВ поддиапазонов радиоприемника «Урал-авто» образована суммарной емкостью антенной системы $C_{\text{сум}}=C_A+C_{\text{пар}}$ (рис. 3.7,а). Для сохранения частоты настройки этих контуров в переносном режиме эксплуатации параллельно катушке L_1 подключается емкость $C_{\text{доп}}$ (рис. 3.7,б), равная разности $C_{\text{сум}}$ и эквивалентной емкости встроеной телескопической антенны $C_{\text{аб}}$, т. е. $C_{\text{доп}}=C_{\text{сум}} - C_{\text{аб}}=47-51$ пФ.

При жестких требованиях к габаритам автомобильных радиоприемников КВ станции можно принимать, подключая к радиоприемнику с диапазонами ДВ, СВ специальную коротковолновую приставку, представляющую собой конвертор, преобразующий частоты растянутых КВ поддиапазонов в частоты одного из участков СВ диапазона. Принципы построения КВ приставок рассмотрим на примере двухдиапазонного конвертора (49 и 25 м) (рис. 3.8).

В базовой цепи смесителя T_1 включены коммутируемые входные контуры, частоты настройки и ширина полос пропускания которых соответствуют средним частотам и ширине полосы растянутых КВ поддиапазонов, выделенных для радиовещания: $f_{\text{овх49м}}=6,1$ МГц; $f_{\text{овх25м}}=11,8$ МГц; $Df_{\text{вх49}}=Df_{\text{вх25}}=400$ кГц.

Частоты настройки контуров гетеродина T_2 отличаются от средней частоты настройки соответствующих входных контуров на 1 МГц, т. е. $f_{\text{ог49м}}=7,1$ МГц; $f_{\text{ог25м}} - 12,8$ МГц. В результате, независимо от того, на каком из поддиапазонов КВ ведется прием, на активной нагрузке смесителя $R_{\text{ю}}$ будут выделяться напряжения разностных частот: $f_p=f_{\text{ог}} - (f_{\text{овх}} \pm Df_{\text{вх}}/2)=1 \pm 0,2$ МГц=0,8-1,2 МГц. Таким образом, частоты растянутых КВ поддиапазонов понижаются до частот среднего участка радиовещательного СВ диапазона, и, следовательно, настраиваться на требуемую КВ станцию можно при помощи перестраиваемых контуров автомобильного приемника, включенного на диапазон СВ. Радиоприемник с КВ приставкой по существу представляет собой приемник с двойным преобразованием частоты, причем первая промежуточная- частота — переменная, она изменяется от 0,5 до 1,6 МГц. Контурные емкости входных- контуров КВ приставки образованы суммарной емкостью автомобильной антенной системы. Выходная емкость приставки, образованная емкостью конденсаторов C_4 , C_3 и эквивалентной емкостью отрезка высокочастотного кабеля, соединяющего выход КВ приставки с антенным входом радиоприемника, также должна равняться суммарной емкости антенной системы, на которую рассчитана входная цепь СВ автомобильного приемника.

Чтобы ослабить шунтирующее действие входа радиоприемника нагрузочным сопротивлением $R_{\text{ю}}$, сигнал на вход соединительного кабеля подается через конденсатор небольшой емкости $C_{\text{ц}}$ (12 — 15 пФ).

Габариты, в которых может быть выполнена КВ приставка, в основном определяются числом поддиапазонов, на которое она рассчитана, так как при увеличении числа поддиапазонов соответственно увеличивается число входных и гетеродинных контуров, а также кнопок и контактных колодок переключателя поддиапазонов. Следует, отметить, что для удобства пользования автомобильными приемниками, работающими совместно с КВ приставкой, необходимо, наличие в приставке специальной кнопки, при- включении которой автомобильная антенная система переключается непосредственно на выход КВ приставки, благодаря чему обеспечивается возможность приема в диапазонах СВ и ДВ.

Усилители высокой частоты. Подавление перекрестных искажений и комбинационных помех. Вследствие малой эффективности автомобильных антенных систем требуемая чувствительность автомобильных приемников в диапазонах ДВ, СВ и КВ может быть достигнута только при использовании в преселекторе УВЧ.

Наибольшее распространение получили однокаскадные УВЧ с включением транзистора по схеме ОЭ и использованием в нагрузке резонансного перестраиваемого контура, включенного по П-образной схеме (рис. 3.9). Коммутируемые элементы схемы — емкости связи C_1 или C_3 и контурная емкость C_2 . В качестве примера приведем емкости

конденсаторов, используемых в контуре УВЧ автомобильного радиоприемника АТ-66: диапазон ДВ $d=56$ пФ, $C_2=1800$ пФ, $C_3=2200$ пФ; диапазон СВ $C_1=22$ пФ, $C_2=33$ пФ, $C_3=2200$ пФ.

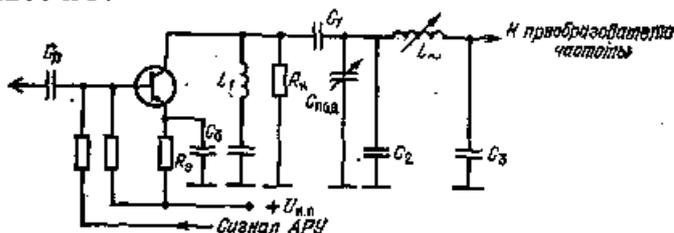


Рис 3.8. Схема резонансного УВЧ

Несмотря на то, что наличие в автомобильном приемнике трех перестраиваемых контуров — во входной цепи, УВЧ и гетеродине — приводит к некоторому усложнению конструкции и увеличению габаритов механизма настройки, использование резонансного УВЧ является необходимым условием обеспечения требуемой защиты радиоприема в автомобиле от перекрестных искажений и комбинационных помех. Опасность появления в автомобильных приемниках-помех этого вида особенно велика, так как при движении автомобиля приемник попадает в зоны с весьма высокими напряженностями полей как полезного, так и мешающих сигналов. Помехи перекрестной модуляции проявляются в том, что при наличии амплитудно-модулированной помехи и несущей частоты принимаемой станции мешающая станция прослушивается на фоне принимаемой. Допустимый с точки зрения помех перекрестной модуляции уровень мешающего сигнала на базе транзистора $U_{б.доп}$ можно приблизительно рассчитать по формуле

$$U_{б.доп} = 1,41 \sqrt{K_n/a},$$

где K_n — коэффициент перекрестных искажений, представляющий собой отношение амплитуд гармонических составляющих огибающей сигнала с частотами полезной информации и мешающей станции; K_n не должен быть больше 1 — 3% для получения хорошей помехозащищенности приема; $a = (25-35) 1/B$ — коэффициент, характеризующий угол наклона линейного участка зависимости крутизны транзистора u_y от тока эмиттера i_3 , т. е. $u_y = a i_3$.

В результате расчета оказывается, что уровни мешающего сигнала на базе транзистора выше 7 — 10 мВ могут привести к возникновению заметных перекрестных искажений, т. е. K_n превысит 2 — 3%. В то же время известно, что при использовании ламповых схем перекрестные искажения не превышают 1 — 2%, даже когда напряжение мешающего сигнала, воздействующего в сеточной цепи лампы, достигает 0,5 В и более.

Приведенные данные показывают, что селективные свойства входных контуров транзисторных автомобильных радиоприемников должны быть весьма высокими. Кроме того, следует считать нежелательным использование в автомобильных приемниках реостатных УВЧ. При отсутствии селективности усилитель в равной степени усиливает сигналы как полезной, так и мешающей станции. При этом если уровень усиленного мешающего сигнала на выходе УВЧ превышает допустимое значение 7 — 10 мВ, то заметные перекрестные искажения, не возникнув в самом УВЧ, могут появиться в следующем каскаде — преобразователе частоты. Резонансные свойства УВЧ позволяют успешно бороться и с другим видом помех — комбинационными. Комбинационные помехи возникают при воздействии на вход приемника напряжений мешающих станций, сумма или разность частот которых равна или близка к промежуточной частоте, а также если вторая гармоника одного из мешающих сигналов равна или близка к промежуточной частоте. Вследствие нелинейности входной характеристики транзистора УВЧ происходит сложение, вычитание и умножение частот мешающих сигналов, и в результате в коллекторном токе УВЧ появляются составляющие промежуточной частоты. При использовании реостатного или слабо селективного УВЧ напряжения, обусловленные мешающими сигналами комбинационных частот, усиливаются в последующих каскадах радиоприемника (преобразователе

и УПЧ) наравне с полезным сигналом, что-при достаточно высоком уровне мешающего сигнала может сделать невозможным прием других станций практически во всем диапазоне ДВ и СВ.

3.2. Преобразователи частоты. Усилители промежуточной частоты. Системы АРУ

Особенности построения преобразователей частоты. Схемы гетеродина. Сопряжение настроек. Радиоприемник, работающий от малоэффективной штыревой антенны, во время движения автомобиля может попадать в различные неблагоприятные условия для радиоприема: при движении под мостами, подземными проездами в горах, туннелях, вблизи передающих антенн радиостанций и т. п. В связи с этим у радиоприемника должна быть хорошая чувствительность и эффективная система АРУ, он должен устойчиво работать - в условиях постоянного изменения уровня входящего сигнала, меняющегося в значительных пределах, выдерживать без искажений значительные уровни входного сигнала.

Устойчивая работа радиоприемника в таких условиях во многом зависит от качества отработки схемы преобразователя частоты. Известно, что преобразователь частоты на транзисторах устойчиво работает при входных сигналах до 5 мВ. При больших входных сигналах в нем возникает большое количество перекрестных и комбинационных помех. Поэтому до преобразователя нужно иметь регулируемый каскад УВЧ, который при работе с системой АРУ не пропускал бы слишком большие уровни сигнала на вход смесительного каскада. Транзистор преобразователя или смесителя должен обеспечивать достаточное усиление по промежуточной частоте для получения эффективной работы системы АРУ. Совмещение требований по обеспечению малых комбинационных и перекрестных помех, устойчивой работы при больших уровнях сигналов, получению достаточного усиления может быть достигнуто различными путями, в первую очередь разделением функций гетеродина и смесителя. Поэтому в автомобильных приемниках наиболее часто встречается использование отдельного гетеродина.

Недостаточная селективность входных цепей радиоприемника может привести к попаданию на базу транзистора УВЧ двух сигналов с частотами, сумма или разность которых могут составить $f_{п.ч}$. Проникнув на вход смесителя, этот сигнал будет значительно усилен-и -создаст помеху приему основной частоты. Аналогичное явление может возникнуть при попадании на вход приемника сигнала с большим уровнем и частотой, равной $1/2 f_{п.ч}$. Для исключения данного вида помех после УВЧ или прямо на входе смесительного каскада ставится заграждающий фильтр, настроенный на промежуточную частоту, состоящий из последовательного контура, т. е. замыкающий вход смесителя на данной частоте. Если фильтр ставится на входе контура УВЧ, то его характеристическое сопротивление $r_k = \omega L_k = 1 / \omega C_k = (L_k / C_k)^{-2}$ выбирают большим для получения малых потерь в усилении на частотах длинных и средних радиоволн, лежащих близка к промежуточной частоте. Если же фильтр ставится непосредственно на входе смесителя, то r_k выбирается низким, чтобы замкнуть вход смесителя по промежуточной частоте при малом входном сопротивлении транзистора. Последнее расположение фильтра предпочтительнее.чвоскольку при этом уменьшаются потери в усилении на близлежащих частотах в диапазонах длинных и средних волн и увеличивается устойчивость тракта промежуточной частоты.

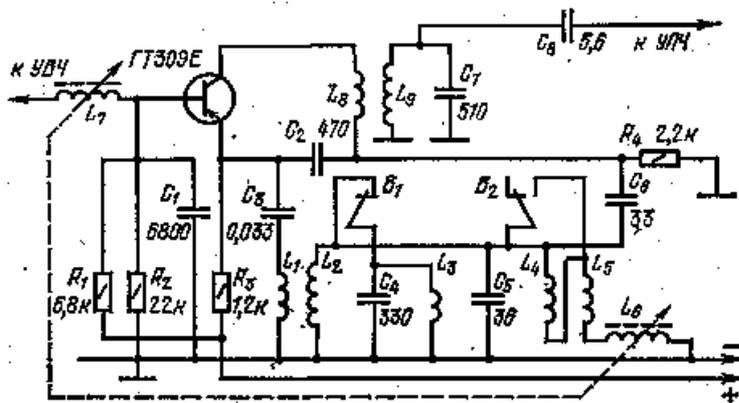


Рис. 3.10. Схема преобразователя частоты приемника А-370

На рис. 3.10 приведена схема преобразователя частоты автомобильного приемника А-370. Преобразователь выполнен по схеме с совмещенным гетеродином и не имеет той гибкости по выбору режимов преобразования, которые дает отдельный гетеродин. Малые габариты, необходимая простота схемы и конструкции радиоприемника потребовали использования самых простых решений по схемному построению, разумеется, при условии обеспечения технических требований для автомобильного приемника третьего класса.

В режиме генерации транзистор работает по емкостной трехточечной схеме, при этом связь эмиттера транзистора с контуром гетеродина выбрана трансформаторной и постоянной в диапазонах СВ и ДВ.

В качестве нагрузки преобразовательного каскада в большинстве отечественных транзисторных автомобильных приёмников принят ФСС из четырех контуров с внешнеемкостной связью. Он обеспечивает необходимую селективность 30 — 34 дБ по соседнему каналу, однако занимает на печатной плате радиоприемника много места. В последних моделях автомобильных радиоприемников многоконтурный ФСС заменяется пьезоэлектрическим фильтром ПФ1П-2 с селективностью по соседнему каналу 40 — 46 дБ, требующим только одного согласующего контура в цепи коллектора преобразовательного транзистора.

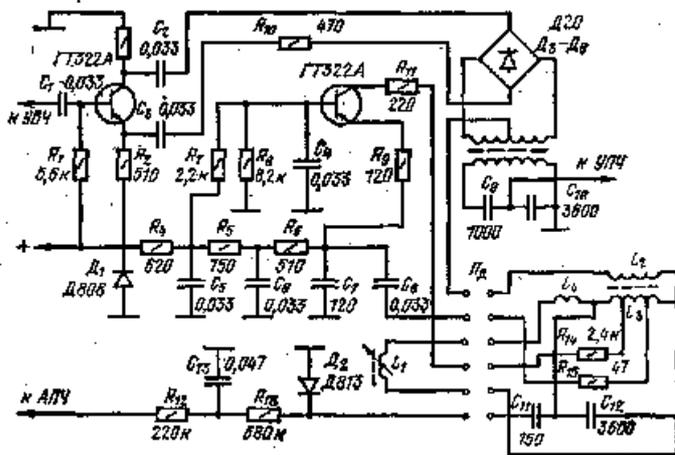


Рис. 3.11. Схема преобразователя частоты приемника АВ-6S

Для получения более высококачественных показателей по устойчивости к комбинационным и перекрестным помехам иногда используют и другие решения. На рис. 3.11 приведена схема преобразователя частоты автомобильного приемника высшего класса АВ-68. В данном случае для преобразования применен кольцевой диодный смеситель, выполненный на диодах типа Д20. Кольцевой смеситель пропускает четных гармоник входного сигнала и гетеродина, поэтому на его выходе значительно меньше комбинационных помех. Он также значительно ослабляет прямое проникновение сигналов с

частотой, равной промежуточной, что делает ненужным применение специальных фильтров-пробок. Для согласования входа смесителя с выходом УВЧ используется¹ эмиттерный повторитель с разделенной нагрузкой в коллекторе и эмиттере, обладающий достаточно хорошей линейностью входной характеристики вследствие наличия в нем глубокой отрицательной обратной связи.

В отличие от настольных или переносных приемников, где настройка осуществляется КПЕ, в автомобильных приемниках она производится ферровариометром. В связи с этим схемы построения преобразователя и гетеродина автомобильных приемников значительно отличаются от схем обычных радиовещательных приемников как по способу включения, так и по методу сопряжения.

Во всех приемниках гетеродин собирается по емкостной трехточечной схеме с введением гетеродинного напряжения в эмиттер смесителя. Амплитуда напряжения выбирается за счет коэффициента трансформации в одной из сопрягающих катушек гетеродинного контура. Используемая в схеме гетеродина перестраиваемая катушка ферровариометра применяется и на ДВ, и на СВ, а частота генерации меняется в результате изменения контурной емкости и индуктивности сопрягающих катушек. Такое построение схемы значительно упрощает конструкцию ферровариометра и уменьшает его габариты, но усложняет условия сопряжения и увеличивает число сопрягающих катушек. Коэффициент перекрытия контура гетеродина по частоте на ДВ составляет 1,42, на СВ 2,09. С учетом воздействия климатических факторов эти цифры берутся несколько большими. Коэффициенты перекрытия на ДВ и СВ существенно различаются, поэтому на каждом диапазоне требуются свои дополнительные катушки, обеспечивающие необходимую точность сопряжения в каждом диапазоне. Для упрощения коммутации некоторые сопрягающие катушки могут использоваться на ДВ и СВ при последовательном или параллельном их включении. Однако расчет элементов сопряжения ведут для каждого диапазона отдельно. Во входных цепях и УВЧ к катушкам ферровариометра не добавляют каких-либо сопрягающих элементов, поэтому коэффициент перекрытия в них целесообразно выбирать одинаковым для диапазонов ДВ и СВ. Ширина диапазонов в данном случае получается несколько больше требуемой, но это положительно сказывается при климатических воздействиях, когда при крайних значениях дестабилизирующих факторов происходит смещение диапазонов. Соответствующие запасы по ширине диапазонов в этом случае позволяют сохранить необходимые нормы. Ферровариометры автомобильных приемников имеют коэффициент перекрытия по индуктивности, равный 10. Соответственно коэффициент перекрытия по частоте $10^{-2}=3,16$. Выбрав верхние частоты диапазонов 435 и 1625 кГц и разделив их на коэффициент перекрытия, получим границы диапазонов на ДВ 138 — 435, на СВ 515 — 1625 кГц.

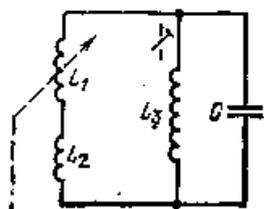


Рис. 3.12. Схема гетеродинного контура

На рис. 3.12 приведена схема гетеродинного контура, используемая для диапазонов ДВ и СВ. Емкость гетеродинного контура C складывается из емкостей, вносимых элементами связи, емкости монтажа и печатной платы, собственной емкости катушки и добавочной постоянной -емкости. При отработке схемы и конструкции приемника необходимо стремиться, чтобы емкости монтажа и печатной платы были минимальны, так как они хуже всего поддаются термокомпенсации.

Частоты точного сопряжения вычисляют по следующим формулам:

$$f_1 = \frac{1}{2} (f_{\min} + f_{\max}); f_2 = f_1 - \frac{\sqrt{3}}{4} (f_{\max} - f_{\min});$$

$$f_3 = f_1 + \frac{\sqrt{3}}{4} (f_{\max} - f_{\min}).$$

Для выбранных диапазонов эти частоты: на ДВ $f_1=0,286$ МГц, $f_2=0,157$ МГц, $f_3=0,415$ МГц; на СВ $f_1=1,07$ МГц, $f_2=0,589$ МГц, $f_3=1,55$ МГц.

Для вычисленных частот точного сопряжения рассчитывают индуктивности малой L_2 и большой L_1 сопрягающих катушек в емкости гетеродинного контура C :

$$L_2 = L_{1\min} f_{\max}^2 / f^2; L_1 = L_{1\min} f_{\max}^2 / [(f^2 - n^2) / (f^2 n^2)];$$

$$C = C_{\text{рез}} \frac{f^2}{m^2} \frac{L_2 + L_1}{L_2},$$

где $C_{\text{рез}}$ — резонансная емкость, пФ, $C_{\text{рез}}=2,53 \cdot 10^4 / (f_{\max}^2 L_{\min})$; $L_{1\min}$, $L_{1\max}$ — минимальная и максимальная индуктивности катушки ферровариометра, мкГн; f_{\max} , МГц.

Коэффициенты определяют следующим образом:

$$f^2 = (b^2 d - c^2) / 2f_{\text{пр}}; m^2 = ad + f_{\text{пр}}^2 - b^2 + f^2; n^2 = (f_{\text{пр}}^2 f^2 + c^2 d) / m^2;$$

$$a = f_1 + f_2 + f_3; b^2 = f_1 f_2 + f_2 f_3 + f_1 f_3; c = f_1 f_2 f_3; d = a + 2f_{\text{пр}},$$

где $f_{\text{пр}}$ — промежуточная частота.

Приведенные расчетные формулы справедливы для схем, в которых коэффициент перекрытия основных катушек одинаков в гетеродине и во входных цепях и в УВЧ. Точное сопряжение при этом достигается в трех точках диапазона, так же как и при настройке двух- или трехсекционным КПЕ. В остальных точках диапазона существует определенное рассопряжение, ухудшающее чувствительность и селективность приемника, хотя и в незначительных пределах. Для улучшения сопряжения по диапазону конструктивными методами снижают коэффициент перекрытия ферровариометра по индуктивности для гетеродинного контура, приближая его к необходимым значениям без использования добавочных сопрягающих катушек, хотя бы на СВ. При этом число катушек в механизме настройки остается прежним. Наиболее удачное сопряжение может быть получено при использовании различных гетеродинных катушек для диапазонов ДВ и СВ, имеющих в каждом диапазоне свой коэффициент перекрытия, однако этот способ улучшения сопряжения требует наличия в механизме настройки добавочной катушки ферровариометра, что усложняет механизм настройки и увеличивает его габариты. В последних двух случаях для расчета сопряжения пользоваться приведенными формулами нельзя.

Усилитель промежуточной частоты. Селективность по соседнему каналу. К тракту промежуточной частоты сигналов АМ предъявляются требования по обеспечению необходимого устойчивого коэффициента усиления, заданной селективности по соседнему каналу, необходимой глубины автоматической регулировки усиления (АРУ), малых нелинейных искажений, устойчивой работы в диапазоне температур — 20–+50°C.

Усилитель промежуточной частоты дает основное усиление сигнала в радиоприемнике. Особенностью автомобильных приемников являются небольшие различия в нормах на реальную чувствительность с антенного входа в различных классах. Например, чувствительность радиоприемника класса I на ДВ 120, на СВ 40 мкВ, а для приемника класса III на ДВ 220, на СВ 75 мкВ. Чувствительности различаются всего в 2 раза для приемников I и III классов. Из этого следует, что построение основного усилительного тракта — усилителя УПЧ должно быть примерно одинаковым для любого класса автомобильных радиоприемников, и это построение определяется не классом приемника, а условиями его эксплуатации.

Коэффициент усиления тракта ПЧ определяется из условия

$$K_{\text{ПЧ}} = U_{\text{вхНЧ}} / (U_{\text{вхА}} K_{\text{вх ц}} K_{\text{увч}} K_{\text{детт}}),$$

где $U_{\text{вхНЧ}}$ — чувствительность УНЧ при выходной мощности, равной 50 мВт; $U_{\text{вхА}}$ — чувствительность приемника на антенном входе; $K_{\text{вх ц}}$ — коэффициент передачи входной цепи; $K_{\text{увч}}$ — коэффициент передачи УВЧ; $K_{\text{детт}}$ — коэффициент детектора; t — коэффи-

циент модуляции в режиме измерений. Ориентировочно необходимое усиление тракта ПЧ составляет 13 000.

В зависимости от схемного построения УПЧ усиление каждого каскада будет различным, однако общее усиление тракта разных типов приемников всегда примерно одинаково и одного порядка. Условно полагая, что коэффициент усиления каждого каскада одинаков и составляет 30 — 40, получаем, что необходимо и достаточно иметь три- каскада усиления ПЧ для получения общего усиления с необходимым производственным запасом. Стандартный тракт ПЧ состоит из трех каскадов: преобразователя, усилительного и ведущего каскадов амплитудного детектора. Приведенные рассуждения справедливы для режима максимального усиления, определяющего максимальную чувствительность приемника. В этом случае не учитываются шумы первых каскадов — УВЧ и преобразователя. Для учета шумов вводится понятие реальной чувствительности.

Реальная чувствительность соответствует уровню входного сигнала, при котором отношение сигнал/шум на выходе радиоприемника составляет 20 дБ. Шумы УВЧ и преобразователя определяются коэффициентом шума примененных в них транзисторов и ограничивают реальную чувствительность. Если максимальная и реальная чувствительности радиоприемника равны, это говорит о недостаточном общем коэффициенте усиления ВЧ тракта, включая тракт ПЧ. Малое усиление ВЧ тракта в большинстве случаев создает впечатление малошумящего приемника, однако приводит к неэффективной работе системы АРУ и как следствие к различной громкости работы принимаемых радиостанций и слишком тихому приему удаленных станций.

Малая эффективность антенной системы автомобиля требует получения в тракте ПЧ такого усиления, при котором реальная чувствительность ограничивается не усилением, а шумами преобразователя и УВЧ. В этом случае хорошо работает система АРУ, большинство станций принимается с одинарной громкостью и чем менее шумящий транзистор стоит в УВЧ и преобразователе, тем более высококачественен радиоприем при прочих равных условиях. В существующих схемах радиоприемников реальная чувствительность на входе транзистора преобразователя обычно составляет 8 — 10 мкВ в диапазоне СВ при подаче сигнала от генератора с внутренним сопротивлением 75 Ом. На входе транзистора УВЧ реальная чувствительность улучшается до 4 — 6 мкВ. При коэффициенте передач входной цепи в диапазоне СВ, равном 0,2, реальная чувствительность на антенном входе составит 20 — 30 мкВ, что соответствует требованиям на автомобильные приемники (с большим производственным запасом). Эти цифры максимально достижимые, так как на практике существуют определенные разбросы параметров транзисторов по шумам, рассопряжению контуров и другие факторы, ухудшающие реальную чувствительность.

Можно выделить два варианта схемного построения тракта ПЧ: тракт УПЧ с сосредоточенной селективностью и тракт УПЧ с распределенной селективностью. Использование в тракте УПЧ АМ сосредоточенной селективности характерно для начального периода разработки транзисторных автомобильных радиоприемников.

Тракт УПЧ автомобильного радиоприемника А-370 (рис. 3.13) состоит из преобразовательного каскада, нагруженного на четырех-контурный ФСС, реостатного каскада и каскада, нагруженного на контур с амплитудным детектором. В усилителе применены транзисторы типа ГТ309 (А — Е) и использован принцип построения сосредоточенная селекция — широкополосное усиление. Такое построение усилителя позволяет свести к минимуму влияние на параметры усилителя разбросов параметров транзисторов, а также избежать трудностей в получении требуемого устойчивого коэффициента усиления, обусловленных наличием в транзисторах сильной внутренней обратной связи.

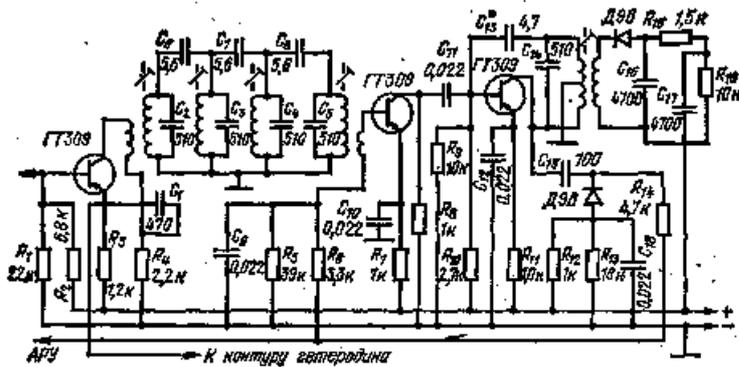


Рис. 3.13. Принципиальная схема тракта УПЧ приемника А-370.

Требуемая селективность по соседнему каналу (30 дБ при расстройке на +9 кГц) обеспечивается ФСС. Основное усиление ПЧ происходит в двухкаскадном широкополосном усилителе, в котором для повышения устойчивого коэффициента усиления применена нейтрализация конденсатором, включенным между контуром детектора и базой последнего транзистора. Для получения необходимого поворота фазы напряжения нейтрализации детекторный контур включен не полностью в коллекторную цепь этого транзистора. Такое построение тракта УПЧ применялось и в ранее выпускавшейся модели автомобильного приемника АТ-64. В тракте УПЧ использовались транзисторы П401 с большой проходной емкостью и большим разбросом параметров.

Дальнейшие работы над трактом ПЧ дали возможность отказаться от принципа широкополосного усиления, и реостатный каскад был заменен трансформаторным. Это в свою очередь позволило отказаться от нейтрализации в последнем каскаде УПЧ, так как коэффициент усиления трансформаторного каскада выше, чем реостатного.

Такая схема тракта УПЧ применена в автомобильно-переносном радиоприемнике «Урал-авто» (рис. 3.14). Усилитель промежуточной частоты этого радиоприемника также построен на транзисторах ГТ309 и имеет четырехконтурный ФСС.

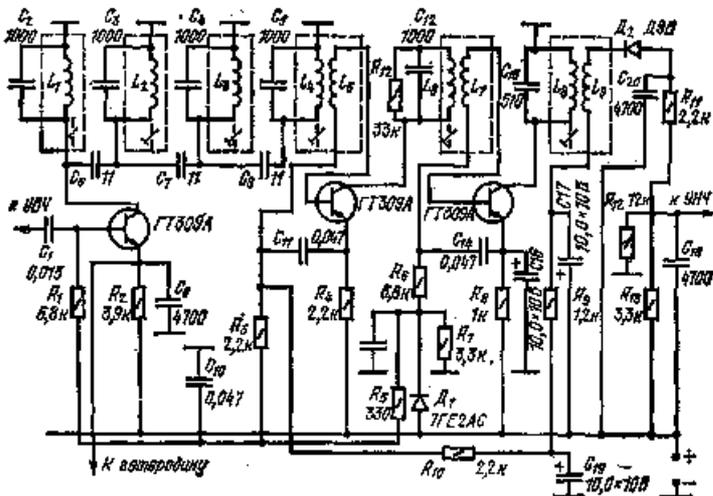


Рис. 3.14. Принципиальная схема УПЧ-АМ автомобильно-переносного приемника «Урал-авто»

Для обеспечения стабильности параметров УПЧ при воздействии температурных изменений и влаги стабилизируют режимы транзисторов по постоянному току, подбирают температурные коэффициенты емкости (ТКЕ) конденсаторов в фильтрах ПЧ, контур ПЧ пропитывают влагозащитными составами. С появлением пьезокерамических и электромеханических фильтров ПЧ, способных работать в интервале температур — 20 — +50 С, ими стали заменять ФСС. Пьезокерамические фильтры типа ПФ1П-2 и электромеханические фильтры типа ЭМФП-5-465-6(13) позволяют получить значительно более высокую селективность по соседнему каналу, чем трех-четырёхконтурные ФСС, и не

требуют настройки. Снижение трудоемкости изготовления радиоприемников с пьезокерамическими и электромеханическими фильтрами делает целесообразным их применение в широких масштабах.

Примером построения тракта ПЧ с электромеханическим фильтром типа ЭМФП-5-465-6(3) может служить тракт УПЧ автомобильного приемника высшего класса АВ-68 (рис. 3.15). Он представляет собой трехкаскадный УПЧ, собранный на транзисторах ГТ322А и ГТ308Б. Первый каскад нагружен на электромеханические фильтры, обеспечивающие необходимую селективность по соседнему каналу. Для улучшения эксплуатационных показателей приемника полоса тракта УПЧ изменяется переключением двух фильтров с различными полосами пропускания 6 и 13 кГц. Использование транзисторов с высокой граничной частотой усиления и малой проходной емкостью позволило получить большой коэффициент усиления в реостатной схеме без применения цепей нейтрализации.

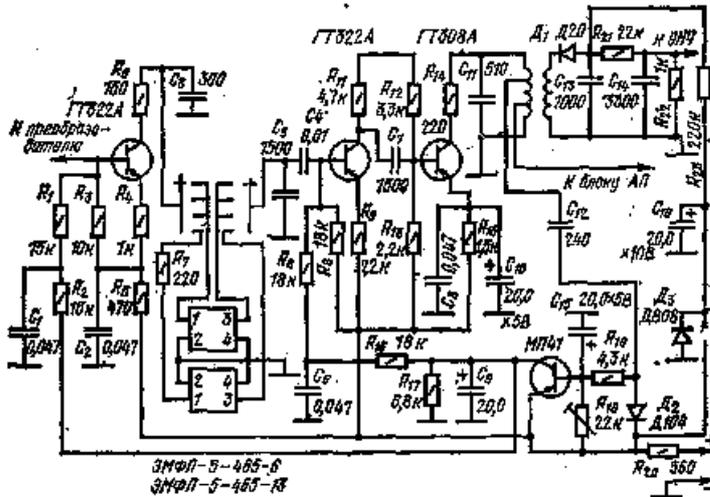


Рис. 3.15. Принципиальная схема УПЧ-АМ приемника АВ-68

Тракт УПЧ с распределенной селективностью характеризуется отсутствием ФСС. В нем селективность по соседнему каналу равномерно распределяется по каскадам усилителя, при этом каждый каскад нагружается двухконтурным полосовым фильтром. Такое построение УПЧ характерно для большинства моделей зарубежных автомобильных приемников. Каких-либо преимуществ в получении качественных показателей приемников такое построение УПЧ не дает, однако оно удобно при проектировании комбинированных АМ — ЧМ приемников, т. е. упрощает коммутационные цепи при переходе работы с диапазонов АМ на ЧМ. Селективность по соседнему каналу такого УПЧ может быть получена из уравнения резонансной характеристики каскадов, нагруженных на двухконтурные полосовые фильтры

$$A(f) = \left[\frac{2}{\sqrt{4 + (y/d_a)^2}} \right]^n,$$

где $A(f)$ — ослабление сигнала для соответствующей расстройки; n — число каскадов; y — эквивалентные затухания контуров, $y = 2Af/f_0$; $d_a = Df_{6\text{дБ}}/f_0\Phi(n)$, $\Phi(n)$ — параметр, зависящий от числа каскадов,

$$\Phi(n) = \frac{1}{1.4 \sqrt{\frac{n}{\sqrt{4} - 1}}}.$$

С учетом того что детекторный каскад имеет более широкую полосу, чем двухконтурный полосовой фильтр, можно показать, что селективность трехкаскадного УПЧ, построенного на двухконтурных фильтрах при обеспечении полосы пропускания 8 — 10 кГц, будет составлять 30 — 34 дБ. Это вполне достаточно для автомобильных радиоприемников II и III классов. Транзисторы УПЧ обладают способностью несколько изменять свои параметры (выходную емкость, проводимость) при динамическом воздействии входных сигналов или режимов под действием системы АРУ. Поэтому в тракте ПЧ с рассредоточенной селективностью, т. е. построенном на двухконтурных полосовых фильтрах, целесообразно

использовать транзисторы с малыми входными и выходными емкостями, имеющими высокие граничные частоты усиления. В противном случае под влиянием входящих сигналов происходит некоторая расстройка контуров и ухудшается качество радиоприема. В комбинированных трактах ПЧ АМ-ЧМ обычно используют достаточно высокочастотные транзисторы ГТ322, поэтому изменение их параметров, сказывается незначительно.

Для получения высокого устойчивого коэффициента усиления тракта УПЧ применяют и конструктивные меры. К ним можно отнести тщательную экранировку усилительных каскадов: транзистор вместе с контурами и элементами помещают на отдельную печатную плату, находящуюся под экраном. Такое решение используют часто для детекторного каскада, где амплитуды усиленного сигнала достигают больших значений и имеется сильное излучение.

Тракт АМ на интегральных схемах Внедрение интегральной схемотехники в автомобильные радиоприемники вызвано необходимостью повышения надёжности аппаратуры, снижения трудоемкости изготовления изделий, снижения габаритов и улучшения качества приемников. В зависимости от технологии производства ИС делятся на гибридные толстопленочные и тоякопленочные, полупроводниковые и большие интегральные схемы.

В отечественных автомобильных радиоприемниках в настоящее время используются толстопленочные ИС серии К224, тонкопленочные ИС серии К237 и полупроводниковые ИС серий К157 и К174. Микросхемы серии К224 нашли применение в автомобильно-переносном радиоприемнике «Урал-авто-2».

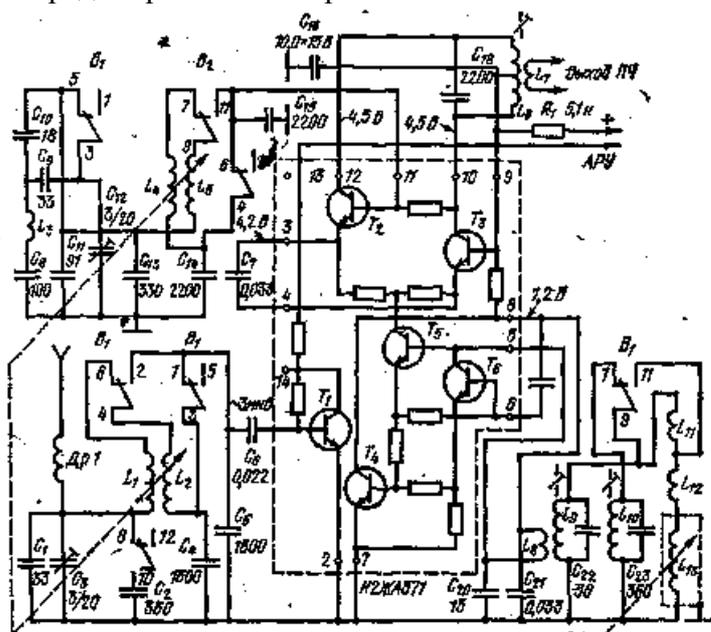


Рис. 3.16. Принципиальная схема преобразователя частоты приемника А-271

На тонкопленочных интегральных схемах К2ЖА371, К2ЖА372 и К2УС372 выполнен тракт АМ автомобильного радиоприемника А-271. На рис. 3.16 показан тракт УВЧ — преобразователь, построенный на ИС типа К2ЖА371. Напряжение питания микросхемы 5 В при потребляемом токе 3 мА. Коэффициент усиления и преобразования 100 — 250 при напряжении гетеродина 300 — 450 мВ.

Резонансный усилитель построен на транзисторе, в коллекторной нагрузке которого кроме контура УВЧ включен фильтр (последовательный LC контур), обеспечивающий заданное ослабление ПЧ. Резонансный каскад работает намного, эффективнее реостатного, так как дает дополнительное сужение полосы пропускания по УВЧ, улучшая реальную чувствительность, повышая селективность по зеркальному каналу, снижая перекрестные искажения.

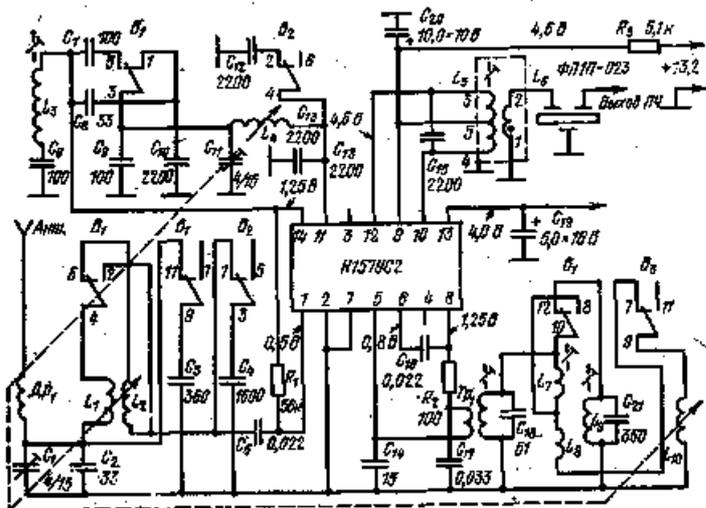


Рис 3.17. Схема УВЧ и преобразователя частоты приемника А-373

Автоматическая регулировка усиления каскада ВЧ осуществляется подачей внешнего напряжения АРУ к контактам питания транзистора T_1 . При этом изменяется режим работы транзистора T_1 по постоянному току и как следствие его коэффициент усиления.

Смеситель построен на дифференциальной паре транзисторов T_2 и T_3 , работающих по схеме умножения, гетеродин — на транзисторах T_4 — T_6 , являющихся источником тока для балансного смесителя. Гетеродин выполнен по автогенераторной схеме с внутренней обратной связью. По постоянному току гетеродин представляет собой двухкаскадный усилитель с непосредственной связью и авто-стабилизацией. Коллекторные токи транзисторов T_4 и T_6 и их стабильность определяются резисторами R_6 — R_9 . В гетеродин введен дополнительный транзистор T_5 , роль которого заключается в том, чтобы при работе гетеродина амплитуда переменной составляющей тока транзистора T_4 не превышала значения его постоянной составляющей. В отсутствие колебаний гетеродина транзистор T_5 закрыт, что достигается соответствующим выбором соотношения между резисторами R_7 и R_8 , R_{10} . При возникновении колебаний их амплитуда нарастает до тех пор, пока транзистор T_5 не откроется. При дальнейшем росте амплитуды колебаний растет ток транзистора T_5 , а это увеличивает напряжение на резисторе R_6 и уменьшает коллекторный ток транзистора T_6 . В результате снижаются его усилительные свойства и амплитуда колебаний на контуре уменьшается — наступает режим равновесия. Ток гетеродина, подаваемый в эмиттерные цепи транзисторов смесителя, имеет практически чисто синусоидальную форму и стабилизированную амплитуду. В результате смешения сигналов гетеродина и входного в спектре частот выходного напряжения на нагрузке смесителя появляются дополнительные составляющие суммарной и разностной частот входного сигнала и гетеродина.

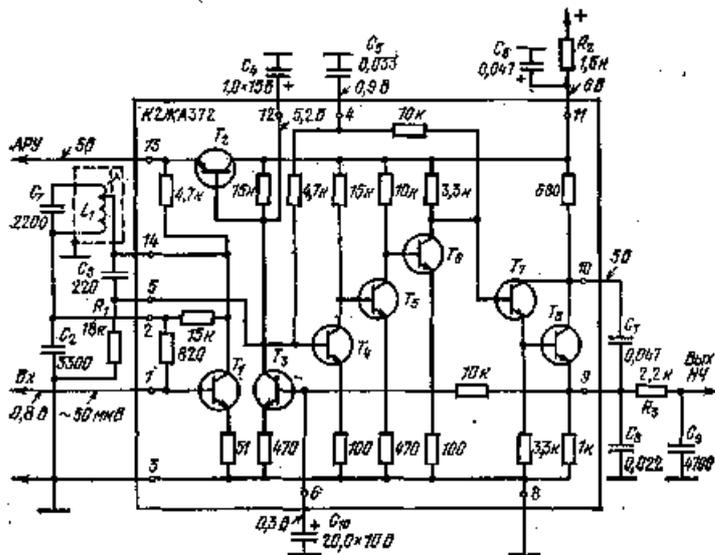


Рис. 3.18. Схема УПЧ-АМ приемника А-271

Аналогично построен УВЧ и преобразователь автомобильного радиоприемника А-373, выполненный на полупроводниковых ИС серии К157 (рис. 3.17).

Усилители промежуточной частоты тракта АМ на интегральных схемах. В АМ тракте ПЧ автомобильного радиоприемника могут использоваться две интегральные микросхемы: гибридная ИС К2ЖА372 и полупроводниковая ИС К157УС3. Первая применяется в тракте ПЧ приемника А-271, вторая — в тракте ПЧ приемника А-373.

Принципиальная, схема тракта ПЧ приемника А-271 приведена на рис. 3.18. Сигнал с преобразователя частоты через пьезокера-мический фильтр ПФ1П-2 поступает на базу транзистора T_1 коллектор которого нагружен на одиночный контур, настроенный на частоту 465 кГц. С контура через небольшую емкость (220 пФ) сигнал подается на трехкаскадный реостатный УПЧ на транзисторах T_a — T_b , гальванически охваченных обратной связью по постоянному току, обеспечивающей стабилизацию режимов транзисторов при температурных воздействиях.

Триодный детектор выполнен на транзисторах T_7 , T_8 . Постоянная составляющая протектированного сигнала поступает на усилитель постоянного тока T_2 , T_3 , осуществляющий АРУ каскада УПЧ на транзисторе T_1 и каскада УВЧ в микросхеме преобразователя частоты. При регулировке усиления напряжение, поступающее в цепь питания первого каскада УПЧ и УВЧ, изменяется от 5 до 2 В, обеспечивая АРУ от 30 до 40 дБ. Коэффициент нелинейных искажений огибающей при 50% модуляции не превышает 3%.

Микросхема К157УС3 устойчиво работает при температурах — 20 - +55°C. Напряжение питания 5 В, потребляемый ток 5 мА. Аналогичные параметры имеет полупроводниковая микросхема К157УС3, используемая в приемнике А-373.

Глава 4

ТРАКТ ЧМ

4.1. Особенности радиоприема УКВ — ЧМ вещания

УКВ-ЧМ вещание имеет значительные преимущества перед АМ вещанием по помехозащищенности. Однако оно не свободно от недостатков, снижающих качество радиоприема. При распространении радиоволн метрового диапазона в городе, холмистой или гористой местности наличие на трассе многочисленных неоднородностей среды, соизмеримых по габаритам с длиной волны, обуславливает многолучевой характер поля в

точке приема. На вход радиоприемника приходит несколько лучей, в простейшем случае два — прямой и отраженный. Каждый луч имеет свою задержку по времени из-за различной длины прохождения и различное затухание. Складываясь на входе приемника, эти сигналы создают результирующее колебание, отличное от первых двух по фазе и амплитуде.

При движении автомобиля быстро и нерегулярно изменяется электромагнитная обстановка, возникает ряд сильных помех типа щелчков и длительных искажений, обусловленных интерференцией прямого и отраженных сигналов. Эти помехи особенно сильно сказываются при стереоприеме, поскольку диапазон модулирующих частот расширяется более чем втрое по сравнению с моноещанием и снижается помехоустойчивость.

Рассмотрим некоторые теоретические вопросы помехоустойчивости УКВ тракта.

Предположим, что в место приема приходят два колебания на одной несущей частоте, но с различными амплитудами и фазами:

$$u_1 = e^{i[\omega_0 t + \varphi(t)]};$$

$$u_2 = ke^{i[\omega_0(t-\tau) + \varphi(t-\tau)]} = ke^{i[\omega_0 t + \varphi(t)]}$$

где e — условная амплитуда колебания; $\Phi(t)$ — закон модуляции фазы; k — соотношение амплитуд прямого и отраженного сигналов; τ — запаздывание сигнала по времени.

Отсюда фаза отраженного колебания $\varphi(t) = \varphi(t - \tau) - \beta(t)$, где $\beta(t) = \omega_0 \tau(t)$ — сдвиг фазы между несущими частотами лучей.

При радиоприеме в движущемся автомобиле сдвиг фаз несущих прямого и отраженного лучей меняется на 2π примерно каждые 4 м. разности хода лучей (для $f_0 = 70$ МГц). Сумма колебаний u_1 и u_2 дает на входе колебание с амплитудой

$$U(t) = \sqrt{1 + k^2 + 2k \cos \xi},$$

где $\xi = \Phi(t) - \varphi(t)$, и фазой

$$\Phi_R(t) = \omega_0 t + \varphi(t) + \arctg \frac{k \sin \xi(t)}{1 + k \cos \xi(t)}.$$

Закон изменения результирующего колебания

$$\omega(t) = \frac{d\Phi_R(t)}{dt} = \omega_0 + \varphi' + k \frac{k + \cos \xi(t)}{1 + k + 2k \cos \xi(t)} \xi'(t).$$

Из этих выражений следует, что при сложении двух колебаний получается третье, в общем случае отличное от первых двух по закону изменения как амплитуды, так и частоты. Степень воздействия мешающего сигнала может оцениваться степенью отклонения амплитуды от единицы и частоты ωt от $\omega_0 + \varphi'$. Из закона изменения результирующего колебания видно, что паразитная девиация частоты, определяемая слагаемыми с дробью, будет тем больше, чем больше k . Если $\xi = \pi$, то при $A \gg 1$ девиация стремится к минус бесконечности. Из закона изменения фазы результирующего колебания следует, что при $k \gg 1$ велика и паразитная амплитудная модуляция, амплитуда результирующего колебания может меняться от 0 до 2. Однако случай, когда амплитуда сигнала на входе радиоприемника упадет до нуля, маловероятен, ибо в реальных условиях невозможно обеспечить равенство амплитуд прямого и отраженного сигналов. На вход приемника воздействуют сразу несколько отраженных сигналов, и вероятность их полной компенсации весьма мала. Современные автомобильные радиоприемники строятся с глубоким статическим ограничением, начиная с сигналов на входе радиоприемника, близких к реальной чувствительности (0,8 — 1,5 мкВ при $R_{\text{вх}} = 75$ Ом). Хорошее подавление АМ достигается в широком диапазоне входных сигналов и модулирующих частот.

Если подавление АМ в приемнике полное, то искажения определяются только искажениями закона частотной модуляции несущей частоты, т. е. паразитной ЧМ.

Наиболее опасно, когда $E = (2r+1)\pi$, где $r=0, 1, 2 \dots$. При E , равном нечетному числу π , возникает выброс частоты. Если при этом $k \gg 1$ в восходящем порядке, то мгновенная частота изменяется по форме импульса отрицательной полярности, максимальная амплитуда которого стремится к бесконечности и, следовательно, максимальное частотное отклонение стремится к бесконечности. При приближении k к единице в нисходящем порядке

полярность импульсов меняется на противоположную. Последовательность таких импульсов модулирует по частоте несущую поступающего на вход приемника результирующего колебания. Этот закон модуляции будет воспроизведен на выходе частотного детектора. Возникающая импульсная помеха имеет широкий спектр и хорошо воспроизводится на выходе радиоприемника. В стационарных радиоприемниках помех из-за многолучевого распространения радиоволн возникает при наличии модулирующего сообщения. При радиоприеме в движущемся автомобиле помеха возникает и в паузе передачи, тогда она еще более заметна.

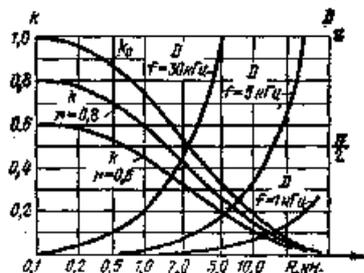


Рис. 4.1. Кривые напряженности дифракционного поля

В реальных условиях радиоприема отношение амплитуд прямого и отраженного сигналов далеко не всегда равно единице ($k \neq 1$). Хотя при этом помеха и не носит ярко выраженного импульсного характера, но возникающие искажения достаточно велики. Для модулирующих частот при одной и той же задержке отраженного сигнала разность фаз не равна разности фазы несущей частоты и различна для каждой из модулирующих частот. Увеличение разности хода лучей влечет за собой уменьшение амплитуды отраженного сигнала. По усредненным кривым напряженности дифракционного поля строятся зависимости амплитуды отраженного сигнала от разности хода при трех значениях коэффициента отражения луча от препятствия: 1, 0,8 и 0,6 (рис. 4.1). Здесь же для наглядности приведены кривые зависимости сдвига фаз D от разности хода R . Из анализа зависимостей k и D от R , приведенных на рис. 4.1, следует, что должна существовать некоторая разность хода лучей, при которой искажения максимальны. При меньших или больших значениях разности хода искажения падают либо из-за малого значения сдвига фаз D , либо из-за малых значений отношения амплитуд k . С увеличением частоты модуляции вследствие роста запаздывания по фазе модулирующей функции отраженного луча искажения должны увеличиваться.

Искажения при многолучевом приеме определяются как параметрами условий распространения, так и параметрами ЧМ сигнала (индексом модуляции P и частотой модуляции Q). Чем больше сдвиг фаз модулирующих частот, тем выше интенсивность гармоник. Если учесть, что с ростом частоты модуляции сдвиг фазы растет, то чем выше частота модуляции, тем больше искажения. Ограничение полосы пропускания приемника после частотного детектора приводит к уменьшению искажений и помех от многолучевого распространения радиоволн.

В стереофонических радиоприемниках полоса пропускания после частотного детектора достигает 46 кГц. Сдвиг фаз поднесущей частоты и модулирующих частот разностного канала в отраженном сигнале достигает довольно больших значений, поэтому искажения сигнала, появляющиеся при многолучевом приеме, очень велики и приводят к резкому ухудшению качества радиоприема, вплоть до сплошных хрипов. Для улучшения качества стереоприема необходимо переводить приемник в монофонический режим на момент воздействия отраженных сигналов.

Однако качество приема ЧМ вещания улучшается в связи со способностью самого приемника подавлять помеху, принимаемую на одной частоте с основным сигналом. Это свойство оценивается коэффициентом захвата. Физическая сущность коэффициента захвата

сводится к способности приемника одним сигналом подавлять девиацию частоты другого сигнала, принимаемого на той же несущей частоте. Для оценки коэффициента захвата принята половина выраженного в децибелах отношения амплитуд входных сигналов, при

которых основной сигнал подавляет помеху на 1 и на 30 дБ. В радиоприемниках хорошего качества достаточно превышения входного сигнала над помехой на 1 — 3 дБ, чтобы помеха была подавлена на 30 дБ и более. Чем меньше соотношение сигналов при хорошем подавлении помехи, тем лучше коэффициент захвата. Соотношение уровней прямого и отраженного сигналов при движении автомобиля непрерывно меняется, и вполне возможны моменты, когда уровень отраженного сигнала превысит уровень прямого. В этом случае радиоприемник будет принимать отраженный сигнал и подавлять прямой. В моменты равенства амплитуд прямого и отраженного сигналов могут возникнуть максимальные искажения, так как радиоприемник не может отдать предпочтение одному или другому сигналу. Поэтому, чем лучше коэффициент захвата, тем более кратковременным будет воздействие помехи и реже сам процесс ее возникновения. В зависимости от скорости движения автомобиля и значения коэффициента захвата процесс воздействия помехи будет менее или более длительным. При значительной скорости движения машины помеха будет восприниматься как щелчок, а при малой скорости движения — растянутой во времени, затяжной. Если машину остановить в точке равных амплитуд прямого и отраженного сигналов, то при неблагоприятных соотношениях фаз модулирующих частот прием будет сопровождаться значительными искажениями, хрипами.

Комбинационные помехи радиоприему в УКВ диапазоне. К комбинационным помехам относятся те сигналы на входе радиоприемника, которые в результате взаимодействия друг с другом, гармониками побочных сигналов, частотой гетеродина или его гармониками в итоге образуют сигнал ПЧ, проходящий через тракт ПЧ — ЧМ и детектируемый частотным детектором наряду с полезным сигналом. Наиболее простой вид комбинационной помехи — сигнал зеркального канала, равный $f_c + 2f_{п.ч}$, где f_c — частота настройки в полосе принимаемого диапазона. Значение ослабления зеркального канала оговаривается техническими требованиями на радиоприемник.

Сигнал на выходе радиоприемника получается как результат взаимодействия в смесителе частоты блока УКВ следующих частот:

$$(f_c + 2f_{п.ч}) - f_{гет} = f_{п.ч}, \text{ где } f_{гет} = f_c + f_{п.ч}.$$

Аналогичным путем при взаимодействии сигналов и их гармоник получаются и другие комбинационные частоты: $f_c + 3/2 f_{п.ч}$; $1/2 f_c + f_{п.ч}$; $3/2 f_c + f_{п.ч}$; $f_c + 1/2 f_{п.ч}$; $2f_c + f_{п.ч}$; $3f_c + 2f_{п.ч}$. Наиболее опасны сигналы с частотами $1/2 f_c + f_{п.ч}$ и $f_c + 1/2 f_{п.ч}$, так как вторая гармоника сигнала дает $f_{п.ч}$ при взаимодействии с основной гармоникой гетеродина, а сигнал с частотой $f_c + 1/2 f_{п.ч}$ находится вблизи полосы пропускания преселектора и поэтому проходит на вход преобразовательного каскада с наименьшим ослаблением. Все перечисленные помехи могут проявляться при радиоприеме как ложные настройки в промежутках между радиостанциями или мешать радиоприему основного сигнала. Селективные свойства входной цепи и УВЧ позволяют резко снизить влияние помех на качество радиоприема.

Одновременный радиоприем двух или трех радиостанций. Такой прием наблюдается в крупных городах, где одновременно, хотя и на различных несущих частотах, работает несколько мощных радиостанций. Суть проблемы заключается в том, что при воздействии сигнала с большим уровнем на входе радиоприемника в усилительном тракте первого транзистора возникают явления, аналогичные по результатам своего воздействия процессу, имеющему место в преобразовательном каскаде. Другими словами, при больших входных уровнях входящих сигналов один из них может выполнять роль «сигнала», а другие — «гетеродина»; кроме того, при больших уровнях входных сигналов из-за нелинейности амплитудных характеристик транзистора в нем возникают значительные искажения, приводящие к появлению в нагрузке транзистора второй и третьей гармоник входящего сигнала. В этих условиях УВЧ работает аналогично преобразовательному каскаду, имея в нагрузке продукты преобразования, представляющие собой суммарно-разностные комбинации входящих сигналов и их гармоник: $(f_{c1} \pm f_{c2}) \pm f_{c3} = f_M$ или $(2f_{c1} - f_{c2}) = f_n$, где f_n — частота настройки.

Предположим, что в городе работают три мощные радиостанции на частотах $f_{c1} = 70,8$ МГц, $f_{c2} = 68,3$ МГц, $f_{c3} = 67,5$ МГц. Помехи возникнут на частотах: $f_{c1} + f_{c2} - f_{c3} = 70,8 + 68,3 - 67,5 = 71,6$ МГц, $f_{c1} + f_{c3} - f_{c2} = 70,8 + 67,5 - 68,3 = 70$ МГц, т. е. помехи находятся в пределах принимаемого диапазона частот. Так как «сигнал» и «гетеродин» в данном случае модулированы, то в вычисленных точках настройки будут приниматься одновременно все три радиостанции.

Предположим, что в городе работают две мощные радиостанции на частотах $f_{c1} = 70,8$ МГц и $f_{c2} = 69$ МГц. Из-за нелинейности характеристик транзистора УВЧ возникнут следующие комбинации: $2f_{c1} - f_{c2} = 2 \cdot 70,8 - 69 = 72,6$ МГц, $2f_{c2} - f_{c1} = 2 \cdot 69 - 70,8 = 67,2$ МГц, т. е. в точках настройки на частотах 67,2 и 72,6 МГц будет приниматься помеха в виде одновременно работающих двух радиостанций; При возникновении второй гармоники в каскаде УВЧ девиация будет удваиваться, поэтому на выходе частотного детектора радиоприемника возникнет помеха с удвоенной амплитудой сигнала модуляции этой радиостанции. Если частотный детектор не имеет возможности детектировать такие уровни девиации, то радиоприем будет дополнительно сопровождаться значительными искажениями.

Борьбу с такого рода помехами можно вести двумя способами: улучшением линейности характеристик входных каскадов и повышением селективности входной цепи блока УКВ. На входе блока УКВ целесообразно применять полевые транзисторы, обладающие повышенной линейностью характеристик по сравнению с биполярными. Однако существующие типы полевых транзисторов еще не обладают должной степенью линейности, обеспечивающей неискаженное воспроизведение сигналов с большими уровнями, хотя и работают лучше биполярных транзисторов.

Повышение селективности входной цепи блока УКВ может оказаться единственным эффективным средством, устраняющим помехи при одновременном радиоприеме двух или трех радиостанций.

Современные радиовещательные и автомобильные приемники обладают высокой чувствительностью, составляющей единицы микровольт. Мощные радиостанции создают вблизи и на довольно значительных удалениях от них поля напряженностью в сотни и десятки милливольт на метр. В этих условиях селективность входных цепей блока УКВ должна быть чрезвычайно высокой, чтобы обеспечить помехозащищенность от соседних радиостанций. При полосе пропускания входной цепи 3 — 4 МГц сигналы радиостанций, отстоящих от частоты настройки на 1,5 — 2 МГц, почти без ослабления проникают на вход транзистора. Оптимальна -полоса пропускания входной цепи 1,3 — 1,5 МГц, но достичь этих значений трудно и далеко не всегда можно из-за конструктивных возможностей. В дополнение ко всему необходимо отметить, что блок УКВ должен быть тщательно экранирован.

Перекрестные помехи (искажения) в УКВ диапазоне. Перекрестными искажениями являются помехи, появляющиеся в выходном сигнале в результате переноса модуляции сигнала мешающей радиостанции на колебания гетеродина блока УКВ. При этом помеха про-, слышится на каком-либо участке диапазона УКВ, а иногда полностью «забивает» весь диапазон. По существующей методике измерений перекрестные искажения представляют собой перенесенную на сигнал промежуточной частоты модуляцию мешающей радиостанции (помехи), частота которой отличается от частоты основного сигнала на ± 5 МГц. При этом выходное напряжение помехи должно быть на 20 дБ ниже уровня основного сигнала. Так как реальная чувствительность радиоприемников измеряется при модуляции ± 15 кГц, то паразитная модуляция гетеродина, обусловленная перекрестной помехой, не должна превышать уровень $\pm 1,5$ кГц (— 20 дБ); иначе говоря, уход частоты гетеродина блока УКВ при воздействии больших входных уровней помех не должен превышать $\pm 1,5$ кГц. Это требование более чем на порядок жестче существующих норм на стабильность частоты блоков УКВ радиовещательных приемников при воздействии сильных сигналов, однако более точно отражает реальную картину помехозащищенности блоков

УКВ, которая пока находится на относительно низком уровне (10 — 20 мВ уровня сигнала помех в большинстве моделей).

Каким образом происходит паразитная модуляция гетеродина блока УКВ? Обычно суммарная полоса пропускания входной цепи и УВЧ составляет 2 — 3 МГц и более. Сигнал помехи, отстроенной на $\pm 1-5-5$ МГц от основной частоты настройки, проходит через контуры преселектора без значительного ослабления и, усиливаясь транзистором УВЧ, поступает на базу преобразователя вместе с основным сигналом. Если частота сигнала помехи попадает на скат резонансной характеристики входных цепей или УВЧ, то сигнал помехи при этом приобретает дополнительную паразитную АМ.

Воздействие на входе транзистора преобразователя АМ помехи с большим уровнем (выше 10 — 50 мВ) приводит к динамическому изменению режима транзистора и соответствующему изменению его входных и выходных емкостей. Поскольку смеситель через элементы связи соединен с гетеродином, то изменение входной или выходной емкости транзистора смесителя приводит к паразитной ЧМ гетеродина. Другим возможным путем проникновения перекрестной помехи является паразитная АМ колебаний гетеродина по общим цепям питания смесителя и гетеродина при динамических изменениях режима смесителя по току от воздействия больших входных сигналов.

Методы защиты от перекрестных искажений: обеспечение более значительной селективности преселектора блока УКВ из-за сужения полосы пропускания, максимально возможное ослабление связи между смесительным и гетеродинным каскадами, тщательная развязка цепей питания смесителя и гетеродина.

4.2. Схемно-конструктивные особенности блоков УКВ

Анализ факторов, влияющих на качество приема УКВ-ЧМ станций при работе приемника в движущемся автомобиле, показал, что блоки УКВ, построенные по схеме, используемой в Стационарных И переносных радиоприемниках класса, не обеспечивают требуемой помехоустойчивости приема в условиях глубоких динамических изменений уровня входного сигнала. Одна из причин низкой помехоустойчивости таких блоков УКВ, как указывалось в гл. 1, — недостаточная стабильность частоты гетеродина при изменении уровня входного сигнала, что обусловлено в первую очередь использованием преобразователя частоты совмещенного типа (без отдельного гетеродина), а также отсутствием или недостаточной эффективностью системы АПЧ. Поэтому особенности блоков УКВ обусловлены главным образом применением схемных решений, направленных на повышение стабильности частоты гетеродина при изменении уровня входного сигнала.

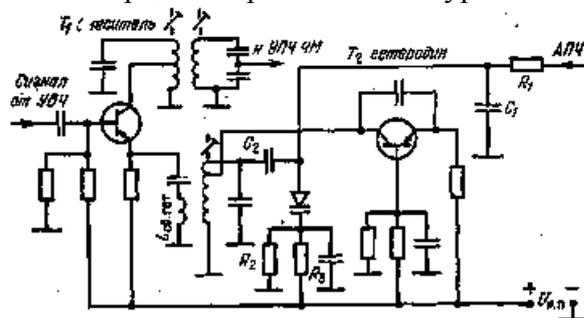


Рис. 4.2. Преобразователь частоты блока УКВ с отдельным гетеродином

Наиболее важную роль в решении этой проблемы играет использование преобразователя частоты с отдельным гетеродином (рис. 4.2). Гетеродин блока УКВ представляет собой генератор с емкостной обратной связью, выполненный на транзисторе, включенном по схеме ОБ. Чтобы свести к минимуму воздействие напряжения сигнала на каскад гетеродина, амплитуду напряжения на гетеродинном контуре выбирают достаточно большой, а связь контура со смесителем делают весьма слабой. С этой же целью напряжения сигнала и

гетеродина подают на разные электроды смесителя: напряжение сигнала вводят в базовую цепь, а напряжение гетеродина — в цепь эмиттера.

Жесткие требования по стабильности частоты гетеродина обусловили применение в тракте ЧМ системы АПЧ Г. В качестве органа АПЧГ используют варикап, подключаемый к гетеродинному контуру блока УКВ. Управляющее напряжение на варикап подают с выхода детектора отношений через фильтр R_1C_1 . При помощи делителя R_2, R_3 на варикап подается такое начальное смещение, чтобы исходная рабочая точка (рис. 4.3) располагалась на участке максимальной крутизны изменения емкости. Благодаря этому достигается наибольшая эффективность работы системы АПЧГ, так как малым изменениям управляющего напряжения соответствуют сравнительно большие изменения емкости варикапа. Участок наибольшей крутизны изменения емкости варикапа находится в области малых напряжений смещения, следствием чего является сравнительно низкая добротность варикапа. Для уменьшения потерь, вносимых в контур гетеродина системой АПЧ, варикап включают в контур лишь частично. Коэффициент включения определяется емкостью связи C_2 .

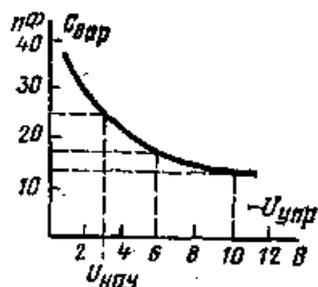


Рис. 4.3. Зависимость емкости варикапа от напряжения смещения

Усилители высокой частоты блоков УКВ автомобильных прием-пиков строят аналогично УВЧ переносных и сетевых приемников. Они представляют собой каскад, выполненный по схеме ОБ, с широкополосным неперестраиваемым контуром на входе и резонансным перестраиваемым контуром в коллекторной цепи (рис. 4.4).

В новых моделях автомобильных приемников вводится также перестройка входного контура.

В качестве дополнительного средства защиты преобразователя частоты от воздействия больших напряжений входных сигналов в коллекторную цепь УВЧ включают ограничительный диод (диод перегрузок). Для сведения к минимуму шунтирующего действия диода на контур УВЧ при малых входных сигналах на него подают небольшое начальное смещение 100 — 300 мВ, образованное падением напряжения при протекании коллекторного тока транзистора УВЧ через резистор R_4 . В качестве примера практической реализации блока УКВ автомобильных радиоприемников рассмотрим схему блока автомобильно-переносного приемника «Урал-авто» (рис. 4.5).

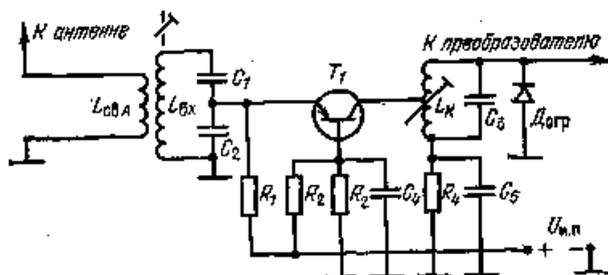


Рис. 4.4. Схема УВЧ блока УКВ

В блоке используется весь перечисленный комплекс схемных решений, направленных на повышение стабильности частоты гетеродина: применен преобразователь частоты с отдельным гетеродином на транзисторе ГТ322, причем связь контура гетеродина со смесителем сделана весьма слабой (катушкой связи $L_{св.чет}$ служат 3/4 витка, выполненных

печатным монтажом), в коллекторной цепи УВЧ включен диод перегрузок D_4 , для АПЧ используется варикап D_4 , начальное смещение на который (1,4 В) подается с селеновой шайбы D_3 . В схему смесителя введена небольшая обратная связь по ПЧ, так как эмиттер смесителя заземляется через сравнительно небольшую емкость 91 пФ, в результате чего повышается входное сопротивление смесителя и как следствие увеличиваются коэффициент усиления УВЧ и ослабление зеркального канала.

Основные параметры блока УКВ радиоприемника «Урал-авто»: коэффициент усиления (при $R_{BX}=7b$ Ом и $R_H=500$ Ом) 10 — 12, ослабление зеркального канала 24 — 32 дБ, уход частоты гетеродина (при изменении входного сигнала от 1 до 50 мВ) 30 — 40 кГц.

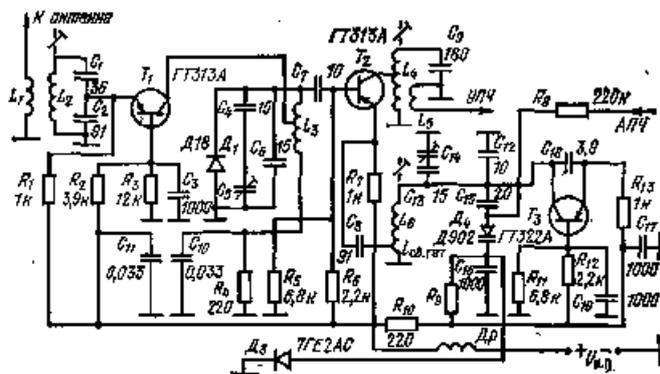


Рис. 4.5. Принципиальная схема блока УКВ автомобильно-переносного приемника «Урал-авто»

При разработке блоков УКВ, предназначенных для использования в перспективных моделях автомобильных приемников, основной задачей является улучшение помехоустойчивости в результате уменьшения дополнительных каналов приема, подавления комбинационных, интермодуляционных и других помех, обусловленных нелинейностью входных характеристик транзисторов. Эта задача остается одинаково актуальной при разработке блоков УКВ для всех разновидностей радиовещательных приемников.

Конструктивные особенности блоков УКВ автомобильных приемников обусловлены спецификой конструкции используемого в них комбинированного органа настройки, общего для радиоприема сигнала с АМ и ЧМ.

В современных сетевых и переносных радиоприемниках в тракте ЧМ используют отдельный малогабаритный орган настройки. Это позволяет разместить его на печатной плате блока УКВ и выполнить блок УКВ в виде полностью экранированного автономного устройства. Хотя в автомобильных приемниках для перестройки блока УКВ также используют специальный орган настройки — вариометр с алюминиевыми сердечниками, однако исходя из требований по оптимальной компоновке приемника вариометр не выполняют в виде отдельного конструктивного узла, а объединяют с феррова-риометром, используемым для настройки в диапазонах ДВ и СВ. Такое построение комбинированного органа настройки позволяет осуществлять привод его подвижных элементов (алюминиевых и ферритовых сердечников) от единого органа управления, и, кроме того, при этом обеспечивается возможность использовать для фиксации настроек в диапазонах СВ, ДВ и УКВ одни и те же механические узлы.

Орган настройки автомобильного приемника, особенно в моделях с системой фиксации настроек, представляет собой весьма крупногабаритный узел. Это обстоятельство не дает возможности полностью использовать в блоках УКВ принципы конструирования блоков УКВ сетевых и переносных радиовещательных приемников.

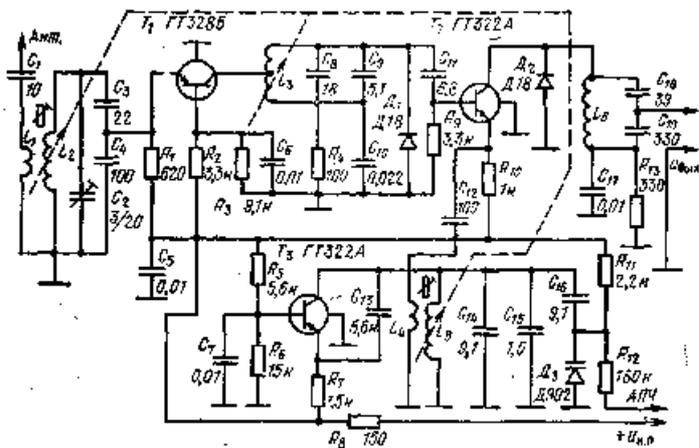


Рис. 4.6. Принципиальная схема блока приемника УКВ А-271

Основной особенностью блоков УКВ автомобильных приемников является то, что они строятся на конструктивной базе механизма настройки и включают в себя ряд его элементов — катушки ферро-вариометра АМ и вариометра ЧМ.

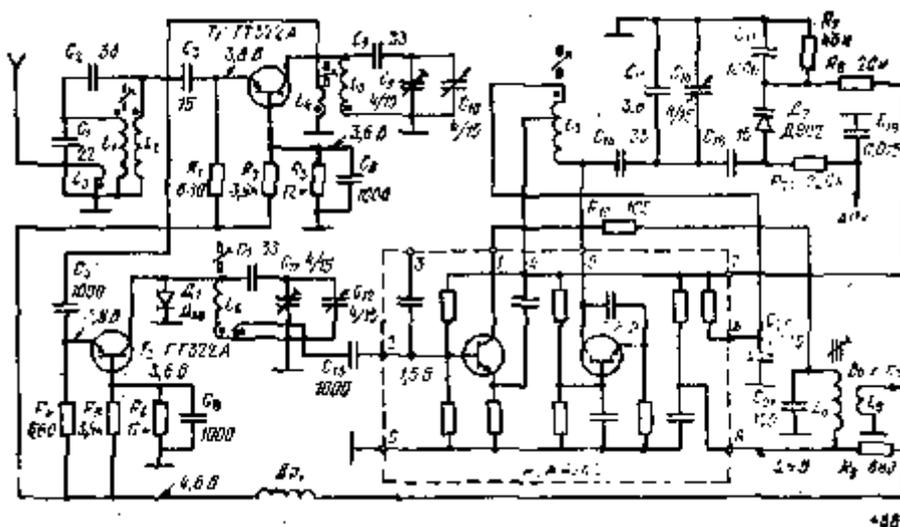


Рис. 4.7. Принципиальная схема блока УКВ автомобильно-переносного приемника «Урал-авто-2»

Такое конструктивное решение выбрано в автомобильном радиоприемнике А-271, принципиальная схема блока УКВ которого приведена на рис. 4.6. Особенностью блока УКВ является применение перестраиваемого контура во входной цепи, что позволяет улучшить селективность по зеркальному каналу до 34 — 46 дБ.

По иному решена схема и конструкция блока УКВ автомобильно-переносного радиоприемника «Урал-авто-2», в котором применена емкостная перестройка по диапазону с помощью трехсекцион-ного КПЕ с перекрытием от 4 до 15 пФ (рис. 4.7). Конструктивно блок представляет собой функционально законченное изделие. Он имеет два каскада УВЧ и неперестраиваемую входную цепь. Смеситель и гетеродин выполнены на гибридной толстопленочной ИС. Коэффициент усиления блока 50, ослабление аеркального канала 34 — 40 дБ. Однако из-за использования широкополосной входной цепи помехозащищенность приемника «Урал-авто-2» по комбинационным каналам и перекрестным искажениям находится на низком уровне.

4.3. Блоки УКВ с электронной настройкой

Одно из главных направлений при создании перспективных моделей автомобильных и автомобильно-переносных приемников — изыскание схемных и конструктивных решений, способствующих повышению надежности и расширению эксплуатационных удобств при одновременном уменьшении габаритов разрабатываемых приемников. Важная роль в реализации этого направления принадлежит введению в тракте ЧМ автомобильных приемников электронной настройки. Использование в качестве элементов настройки управляемых полупроводниковых диодов — варикапов позволяет значительно упростить конструкцию механизма настройки, дает возможность повысить селективность по принимаемой частоте увеличением числа перестраиваемых контуров преселектора. При электронной настройке расширяются возможности по использованию таких эксплуатационных удобств, как фиксация настроек, дистанционное управление и автоматическая настройка, причем отсутствие необходимости использования для этого сложный крупногабаритных и дорогих механических узлов открывает возможности по внедрению перечисленных эксплуатационных удобств и в массовые модели малогабаритных автомобильных приемников II и III классов. В конструктивном отношении использование электронной настройки позволяет выполнить блок УКВ в виде полностью автономного узла, не связанного с органом настройки АМ тракта, и разместить его в любом месте приемника.

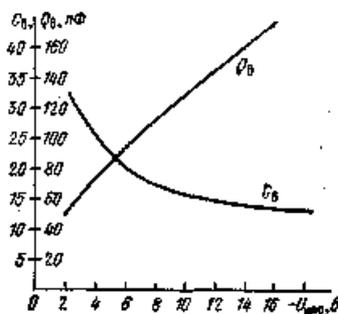


Рис. 4.8. Зависимость емкости и добротности варикапа KB102Г от управляющего напряжения

В качестве органа электронной настройки в автомобильных приемниках могут быть использованы серийные варикапы типа KB102Г или KBC111, специально разработанные для электронной перестройки в диапазоне УКВ. При введении электронной настройки необходимо определить диапазон изменения управляющего напряжения, подводимого к варикапам. Для этого рассмотрим снятые экспериментально графические зависимости емкости и добротности (на частоте 70 МГц) варикапа KB102Г от управляющего напряжения (рис. 4.8). Для выполнения требований по селективности, предъявляемых к современным блокам УКВ, конструктивная добротность Q_K перестраиваемых контуров преселектора должна быть не ниже 50 — 60. Приняв конструктивную добротность контурной катушки Q_L равной 130, определим минимально допустимую добротность варикапа Q_B

$$Q_B = Q_K Q_L / (Q_L + Q_K).$$

Получив в результате расчета $Q_B = 80-110$, примем для дальнейшего рассмотрения среднее значение $Q_B = 95$. По графику на рис. 4.8 определим, что этому значению добротности варикапа соответствуют управляющее напряжение $U_{упр \min} = 6$ В и емкость варикапа $C_{B \max} = 20$ пФ. В связи с тем что добротность варикапа с возрастанием управляющего напряжения повышается, $U_{упр \min}$ и $C_{B \max}$ следует рассматривать как соответствующие нижней частоте УКВ диапазона f_{\min} . Емкость варикапа на верхней частоте УКВ диапазона $C_{B \min}$ определяется из соотношения

$$(C_{B \max} + C_M) / (C_{B \min} + C_M) = K_D^2,$$

где C_M — емкость монтажа; K_D — коэффициент перекрытия по частоте радиовещательного УКВ диапазона.

Приняв $C_M = 3$ пФ и $K_D = 1,15$, получим $C_{B \min} = 14$ пФ. Этой емкости варикапа KB102Г согласно графику на рис. 4.8 соответствует управляющее напряжение $U_{упр \max} = 18$ В. Таким

образом, при использовании в блоке УКВ в качестве органа электронной настройки варикапов КВ102Г требуемые параметры блока по селективности и перекрытию по частоте обеспечиваются при изменении напряжения, управляющего емкостью варикапов в диапазоне от $U_{упр\ min} = 6\text{ В}$ до $U_{упр\ max} = 18\text{ В}$.

Известно, что номинальное напряжение бортсети автомобиля $U_{ном} = 13,2\text{ В}$, причем в реальных условиях эксплуатации это значение может изменяться на $\pm 15\%$, т. е. от 11,2 до 15,2 В. Так как эти напряжения ниже приведенного значения $U_{упр\ max}$, то управляющее напряжение на варикапы КВ 102 Г при их использовании в блоке УКВ должно сниматься с выхода преобразователя, вырабатывающего стабилизированное напряжение, равное или превышающее $U_{упр\ max} = 18\text{ В}$.

Принципиальная схема блока УКВ автомобильного радиоприемника А-373 с электронной настройкой и преобразователем напряжения показана на рис. 4.9.

В УВЧ используется полевой транзистор T_1 , в смесителе — биполярный германиевый транзистор T_2 и в гетеродине — T_3 . Перестройка в диапазоне осуществляется варикапами КВ102Г. В блоке применена АПЧГ, осуществляемая также варикапом КВ 102 Г, соединенным с контуром гетеродина через конденсатор $C_{19} = 5,6\text{ пФ}$.

Для обеспечения необходимого коэффициента перекрытия частоты по диапазону для перестройки варикапов применен преобразователь напряжения, построенный на ИС и транзисторе T_4 и вырабатывающий управляющее напряжение, изменяющееся от 4 до 20 В.

Преобразователь работает следующим образом: прямоугольные импульсы с частотой следования до 100 кГц, вырабатываемые генератором на ИС, поступают на усилительный каскад T_4 . Коллекторной нагрузкой усилительного каскада служит повышающий трансформатор Tr_2 , со вторичной обмотки которого напряжение, выпрямленное по схеме удвоения, поступает на варикапы блока УКВ. В эмиттер транзистора T_4 включена одна из катушек феррорварометра, используемая при работе в диапазонах ДВ или СВ и обычно не используемая при работе радиоприемника в режиме радиоприема УКВ радиостанций. Так как катушка феррорварометра представляет собой определенное индуктивное сопротивление, то на частоте генерируемых колебаний в усилительном каскаде возникает отрицательная обратная связь по току, глубина которой может изменяться в зависимости от индуктивности катушки.

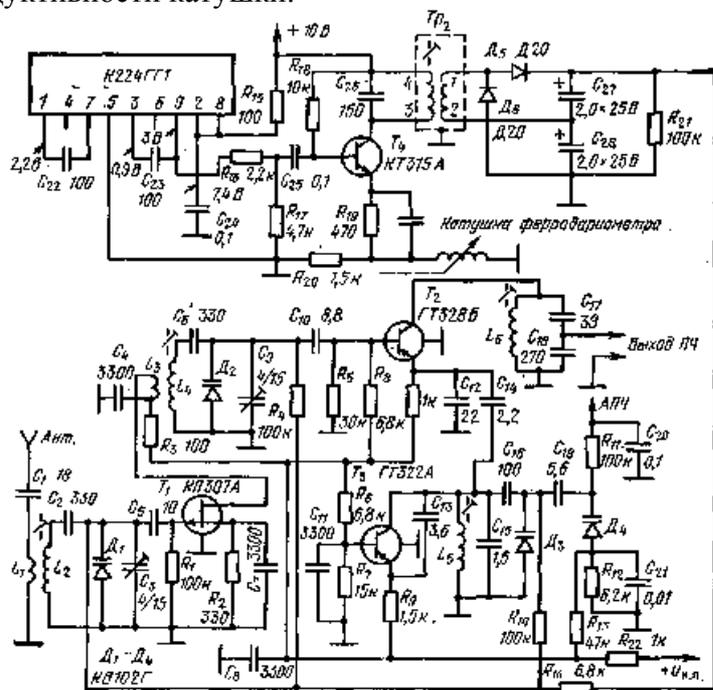


Рис. 4.9. Принципиальная схема блока УКВ с генератором управляющего напряжения приемника А-373

При перестройке ферровариометра (аналогично процессу настройки на ДВ или СВ) изменяется индуктивность катушки, включенной в цепь эмиттера усилительного каскада, и как следствие меняется отрицательная обратная связь и, следовательно, коэффициент усиления каскада. Соответственно изменяется выходное постоянное напряжение, подаваемое для управления настройкой варикапов в диапазоне УКВ.

Современные варикапные матрицы типа КВС111 (А, Б) позволяют получить необходимый коэффициент перекрытия по емкости не только при изменении управляющего напряжения от 4 до 20 В, но и при более низких напряжениях — от 2 до 10 В, что позволяет обойтись при настройке в диапазоне УКВ без преобразователя напряжения. При этом варикапы сохраняют добротность, обеспечивающую необходимую селективность входных цепей и каскадов УВЧ.

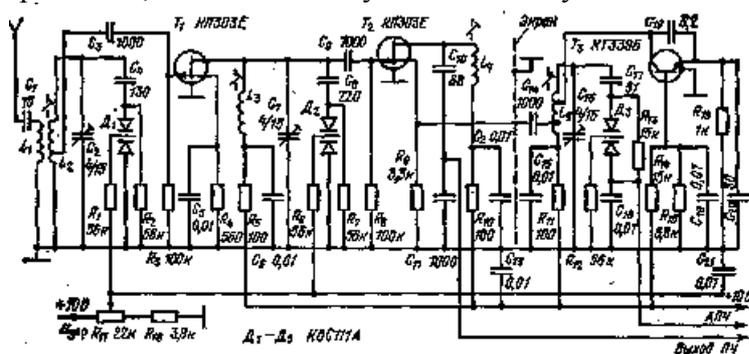


Рис. 4.10. Принципиальная схема блока УКВ магнитолы АМ-301

Принципиальная схема блока УКВ с электронной настройкой на варикапных матрицах, работающего при низких управляющих напряжениях, применена в автомагнитоле АМ-301 (рис. 4.10). Особенностью этого блока является использование в УВЧ и смесителе полевых транзисторов для получения максимальной линейности амплитудной характеристики усилительных каскадов. Напряжение гетеродина подается в цепь стока транзистора смесителя, что требует значительной амплитуды напряжения гетеродина и соответственно достаточно сильной связи между смесителем и гетеродином.

Сигнал автоподстройки поступает с дробного детектора тракта ПЧ в «холодную» цепь варикапа перестройки гетеродина, что позволяет обойтись без дополнительного варикапа для АПЧ в гетеродинном контуре.

При малых напряжениях (до 10 В), используемых для перестройки по диапазону УКВ, органом настройки является потенциометр, механически связанный с помощью шестереночной передачи с ферровариометром, осуществляющим настройку в диапазонах ДВ и СВ.

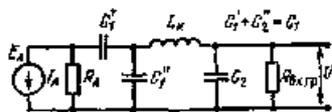


Рис. 4.11. П-образное включение контура входной цепи блока УКВ

Рассмотренные схемы блоков УКВ автомобильных радиоприемников имеют традиционное построение, однако возрастающие требования к качеству тракта УКВ заставляют искать новые технические решения, обеспечивающие более высокие параметры приемников в УКВ диапазоне.

В автомобильных радиоприемниках в диапазонах ДВ и СВ используется П-образное включение контуров, имеющее следующие преимущества по сравнению с обычным включением:

относительная легкость согласования с антенной и входным транзистором из-за использования схемы включения с внутриемкостной связью;

конструктивная технологичность элементов колебательной цепи из-за отсутствия катушек связи и отводов;

получение дополнительной селективности за счет образующегося в результате такого включения ФНЧ.

Рассмотрим применение такой схемы включения контуров в блоке УКВ (рис. 4.11).

Конденсаторы C'_1 и C''_1 являются элементами связи контура с антенно-фидерной системой, а C_2 — элемент связи контура с транзистором УВЧ. Емкость C_2 складывается из переменной емкости варикапа, подстроечной емкости монтажа и входной емкости транзистора. В диапазонах ДВ и СВ коэффициент передачи такой входной цепи равен отношению C_1/C_2 , поэтому для сохранения его постоянства во всем диапазоне при настройке радиоприемника используют ферромагнитные ферровариометры (настройка производится изменением индуктивности контура). В диапазоне УКВ коэффициент перекрытия по диапазону $K_d = f_B/f_H = (C_{max}/C_{min})^{-2}$ изменяется очень незначительно, и это позволяет настраивать варикапами без опасения получить большую неравномерность коэффициента передачи по диапазону.

Коэффициент включения в контур антенно-фидерной системы $p_1 = C_k/C_1$, где C_k — суммарная емкость контура. Коэффициент включения контура в цепь транзистора $p_2 = C_k/C_2$. Подбирая C_1 и C_2 , можно трансформировать сопротивления для согласования выхода антенно-фидерной системы со входом первого каскада блока УКВ.

Общий коэффициент трансформации, обеспечивающий условия согласования входа транзистора с выходом антенно-фидерной системы, определяется из выражения

$$m_c = \sqrt{\frac{R_A}{R_{вк}}} = \frac{C_2}{C_1} < 1.$$

где R_A — выходное сопротивление антенны; $R_{вк}$ — входное сопротивление транзистора.

Коэффициент передачи входной цепи $K_{вх.ц} = K_a K_\phi$, где $K_a = C'_1/(C'_1 + C''_1)$ — коэффициент передачи антенной связи; $K_\phi = u/E_a$ — коэффициент передачи входного контура.

Напряжение на выходе входной цепи (на входе первого транзистора) $U = p Q_{экв} E_a$, где $p = (C_1 + C''_1)/(C_1 + C''_1 + C_2)$ — коэффициент включения транзистора во входной контур; $Q_{экв}$ — эквивалентная добротность контура.

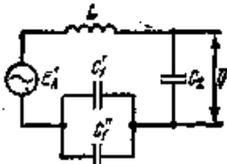


Рис. 4.12. Эквивалентная схема П-образной входной цепи блока УКВ

Используя теорему об эквивалентном генераторе, приведем схему входной цепи к виду, показанному на рис. 4.12; здесь $E'a = E \cdot C'_1 / (C'_1 + C''_1)$ — ЭДС эквивалентного генератора. Тогда $k_\phi = U/E_a = p Q_{экв} E'a / E'a = Q_{экв} (C'_1 + C_1) / (C'_1 + C''_1 + C_2)$. Подставим полученное выражение в исходную формулу для входной цепи с П-образной схемой включения: $k_{вх.ц} = k_a k_\phi = Q_{вх} C'_1 / (C'_1 + C''_1 + C_2)$. Анализ данного выражения показывает, что $Q_{экв}$, C'_1 и C''_1 — величины постоянные, C_2 — переменная, и ее относительное изменение равно квадрату коэффициента перекрытия по частоте. Так как в УКВ диапазоне коэффициент перекрытия лишь немногим более единицы, то практически коэффициент передачи входной цепи по диапазону не изменяется.

Дополнительное ослабление сигнала зеркального канала ФНЧ, состоящим из катушки L и конденсатора C_2 , при $1/wC_2 < R_{вк}$ (на $f_{зерк}$) можно найти из выражения $S_{зерк.доп} = w^2 L C_2 - 1$.

Следовательно, селективность по зеркальному каналу будет $S_{зерк} = (w^2 L C_2 - 1) (1 + x^2)^{-2}$, где $x = Q_{экв} (f_{зерк}/f_H) - f_H/f_{зерк}$ — обобщенная расстройка. Дополнительный выигрыш в селективности по зеркальному каналу при П-образном включении контура может составить 10 — 12 дБ на один контур или до 24 дБ на весь блок УКВ по сравнению с традиционными схемами включения.

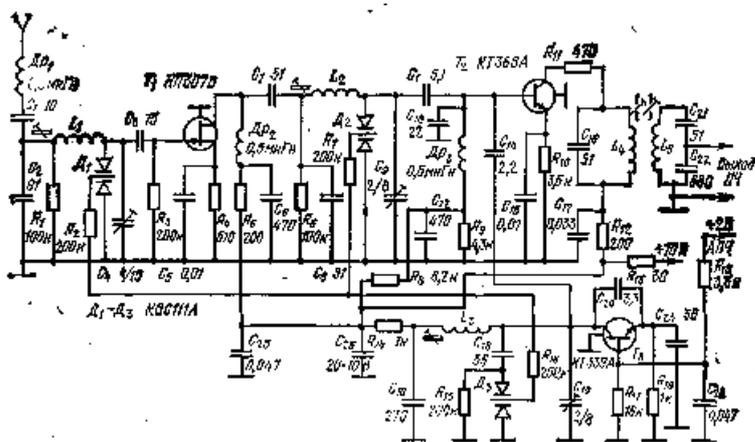


Рис. 4.13. Принципиальная схема блока УКВ для перспективных моделей автомобильных приемников и магнитол

Схема блока УКВ, построенного по изложенным принципам, показана на рис. 4.13. Блок обладает высокими электрическими параметрами. Он построен на трех транзисторах: УВЧ — на полевом транзисторе T_1 (КП307В), обладающем более высокой крутизной вольт-амперной характеристики по сравнению с транзистором КП303 и, следовательно, большим коэффициентом усиления. Смеситель построен на биполярном транзисторе T_2 (КТ399А), имеющем низкий коэффициент шума (около 2 дБ). Возможна замена его на транзистор КТ368А. Гетеродин собран на транзисторе КТ339А. Входная цепь блока УКВ была описана ранее. Следует только отметить, что со стороны антенны входная цепь имеет низкое входное сопротивление, близкое к 75 Ом, а выходное сопротивление — высокое, хорошо согласующееся с достаточно большим входным сопротивлением полевого транзистора. Все это позволяет оптимально согласовать антенную систему автомобиля со входом блока УКВ.

В каскаде УВЧ применено параллельное питание через дроссель Dp_1 . Дроссель Dp_1 с конденсатором C_6 образуют последовательный контур на промежуточную частоту 10,7 МГц, что обеспечивает защиту блока УКВ от сигнала помехи с частотой, равной промежуточной частоте радиоприемника. Для рабочих частот (65 — 16 м.и.) дроссель представляет достаточно большое индуктивное сопротивление. Параллельно дросселю в нагрузку каскада УВЧ включен П-образный контур $ЦД_2 C_a$, резонансная частота которого с помощью варикапа может изменяться в требуемом диапазоне. Низкое входное сопротивление контура шунтирует дроссельную нагрузку УВЧ, обеспечивая электрическую устойчивость каскада. Конденсатор связи C_7 устанавливает необходимую степень шунтирования. При уменьшении его емкости может возникнуть ПОС между входом и выходом транзистора (каскад возбуждётся, если связь окажется слишком слабой). Оптимальное значение связи получается при емкости конденсатора связи 22 — 51 пф.

Входное сопротивление смесительного каскада на транзисторе T_2 достаточно низкое, поэтому связь между контуром УВЧ и входом смесителя выбрана слабой ($C_c=5,1$ пф), чтобы сохранить необходимую добротность и селективность контура УВЧ. В базовой цепи смесителя включен последовательный резонансный контур $Dp_2 C_a$, настроенный на ПЧ 10,7 МГц, что дает дополнительное ослабление сигналов помехи с частотой, равной ПЧ. Особенность данной схемы смесителя — включение на его входе конденсатора постоянной емкости C_u . Конденсатор подключен параллельно дросселю Dp_2 и образует с ним параллельный контур, резонансная частота которого лежит в районе рабочих частот смесителя, что повышает входное сопротивление смесителя для частот принимаемого диапазона. Но конденсатор C_u подключен также параллельно входной емкости транзистора смесителя и поэтому резко уменьшает относительное изменение входной емкости смесителя при воздействии сигналов с большим уровнем.

Так как напряжение гетеродина поступает в базу смесителя через конденсатор связи $C_{15}=2$ пФ, наличие постоянной емкости в этой же точке подключения на порядок уменьшает

влияние динамического изменения входной емкости смесителя на частоту гетеродинного контура и обеспечивает высокие показатели блока УКВ по защите от перекрестных искажений.

Блок УКВ, построенный по приведенной принципиальной схеме, имеет следующие электрические характеристики: коэффициент передачи (при $R_{вх}=75$ Ом и $R_{н}=360$ Ом) 20 — 26 дБ, ослабление зеркального канала 60 — 70 дБ, уровень сигнала, вызывающего перекрестные искажения, >250 мВ.

При конструировании блоков УКВ целесообразно использовать П-образную схему включения контуров. При этом отсутствуют катушки связи и отводы от витков катушек, что значительно улучшает технологичность блоков УКВ, расширяет диапазон выбора элементов согласования с входными и выходными цепями за счет больших вариаций включения элементов внутриемкостной связи.

При конструировании печатной платы особое внимание необходимо уделять получению коротких проводников, составляющих высокочастотные концы катушек, конденсаторов, резисторов и т. д. (так называемых «горячих» концов). Печать следует разрабатывать таким образом, чтобы все горячие концы сходились в одну точку или небольшой пятачок. Развязывающие конденсаторы необходимо заземлять в таких точках, которые исключали бы возможность появления блуждающих токов, т. е. контур тока должен быть минимальным. Сигналы к усилительным каскадам должны подводиться непосредственно между базой и эмиттером транзистора для исключения блуждающих токов. Все цепи, между которыми паразитные связи нежелательны, целесообразно разделять земляными проводниками. Во входных цепях, в каскадах УВЧ, эти меры влияют на конструктивную устойчивость, в цепях гетеродина это имеет решающее значение в обеспечении малого уровня излучения частоты гетеродина.

Для получения больших уровней ослабления зеркального и других дополнительных каналов приема необходимо принимать конструктивные меры по ослаблению межкаскадных конструктивных связей. Прежде всего это касается необходимости установки экранирующей перегородки между входной цепью и контуром УВЧ, хорошо контактирующей с общим экраном блока УКВ. Чем выше требования к блоку по ослаблению, зеркального и других каналов приема, тем тщательнее должна выполняться экранировка. Особое значение приобретают эти меры при необходимости обеспечения степени защиты свыше 80 — 100 дБ. Соблюдение перечисленных условий позволит проектировать блоки УКВ, отвечающие самым современным техническим требованиям.

4.4. Тракт УПЧ и ЧМ детектор

Необходимое число каскадов. Обеспечение аффективной работы системы ограничения. Автомобильный радиоприемник при работе в диапазоне УКВ может попадать в поле сигнала с сильным динамическим изменением амплитуды, достигающим 10 раз и более. Фактически это может рассматриваться как паразитная низкочастотная АМ с глубиной до 90 — 95%. Для того чтобы в этих условиях автомобильный приемник работал высококачественно и устойчиво, его тракт УПЧ-ЧМ должен работать в режиме статического ограничения, т. е. уровень сигнала на его выходе должен оставаться практически постоянным, в то время как входной сигнал будет меняться в значительных пределах.

Известно, что уверенный прием УКВ-ЧМ вещания возможен в основном в пределах прямой видимости, уровень сигнала резко убывает с удалением от антенны радиостанции. Однако перепады напряженности поля могут быть и на любом расстоянии от передающей антенны. Поэтому система ограничения должна хорошо действовать как при больших, так и при малых входных сигналах. Чем ниже порог ограничения УКВ-ЧМ тракта, тем шире зона качественного радиоприема. В неподвижном автомобиле зона радиоприема ограничивается реальной чувствительностью приемника, которая составляет 2 — 3 мкВ для большинства отечественных и зарубежных автомобильных приемников. Чтобы сохранить качество радио-

приема в движущемся автомобиле, порог статического ограничения у него должен быть на уровне реальной чувствительности, в противном случае на выходе приемника будут прослушиваться колебания напряженности поля.

Разработка подобного тракта ПЧ встречает значительные технические трудности, и прежде всего в получении устойчивой работы, т. е. в отсутствии самовозбуждения. Для повышения устойчивости многокаскадных УПЧ используют ряд специальных схемных и конструктивных решений. К схемным решениям относится применение в коллекторных нагрузках последовательно с контуром ПЧ балластных резисторов R_a сопротивлением 300 — 1000 Ом, что при малых потерях в усилении (R_b значительно меньше резонансного сопротивления контура) в то же время позволяет предотвратить паразитное самовозбуждение каскадов по ПЧ. Применяемые транзисторы должны иметь высокую граничную частоту усиления и чрезвычайно малую проходную емкость — не более 1 — 2 пФ. Этим условиям в достаточной мере удовлетворяют транзисторы ГТ322 или КТ339. Однако недостаточно поставить в тракт ПЧ эти транзисторы и использовать балластные резисторы. Усилитель ПЧ должен обладать высокой конструктивной устойчивостью. Каких-либо способов расчета конструктивной устойчивости не существует. Степень устойчивости конструкции тракта ПЧ во многом определяется опытом разработчиков, соблюдением ими ряда правил конструирования и принятием некоторых конструктивных мер.

Тракт ПЧ-ЧМ должен быть сконструирован с максимально возможным удалением входного и выходного каскадов. Лучшие результаты получаются при тщательной экранировке каждого каскада и особенно выходного, на котором развиваются большие амплитуды напряжения усиливаемого сигнала. Под экран целесообразно помещать контуры вместе с входящими в него элементами — конденсаторами и резисторами. Дробный детектор желательно экранировать также со всеми входящими в него элементами и транзистором ведущего каскада. Выводы входа и выхода каскада необходимо максимально удалять друг от друга, а входной сигнал должен подаваться непосредственно между базой и эмиттером во избежание появления блуждающих токов, способных вызвать самовозбуждение каскада или тракта ПЧ в целом. В цепях питания каскадов целесообразно применять ВЧ развязывающие элементы — дроссели или резисторы.

Обеспечение требуемого подавления сопутствующей АМ и эффективной АПЧ. При движении автомобиля на радиоприемник воздействует ряд факторов, отрицательно сказывающихся на качестве радиоприема в УКВ диапазоне. К ним в первую очередь относятся: изменение уровня входного сигнала, помехи от системы электрооборудования автомобиля, изменение напряжения источников питания. Различные по своей природе, эти помехи дают сходный результирующий эффект. Изменение уровня входного сигнала, как отмечалось, может рассматриваться как проявление паразитной АМ, вызывающей на выходе радиоприемника кратковременное ослабление звукового сигнала, возрастание уровня шума, появление разного рода щелчков и шорохов. Слишком большие уровни входного сигнала вызывают уход частоты гетеродина, что приводит к смещению центра настройки и возникновению искажений, ухудшению подавления паразитной АМ. Помехи от системы электрооборудования могут вызывать ЧМ гетеродина блока УКВ при его относительной нестабильности, и в дальнейшем такие помехи трудно подавить. Амплитудная модуляция сигнала импульсными помехами проявляется так же, как и обычная сопутствующая АМ. Изменение напряжения питания может вызвать модуляцию гетеродина блока УКВ, смещение центра настройки и появление шумов, щелчков и шорохов.

Устранение всех перечисленных помех обеспечивается хорошим статическим ограничением в тракте ПЧ, высоким подавлением сопутствующей АМ и высокой стабильностью гетеродина блока УКВ.

Меры по обеспечению низкого порога ограничения были рассмотрены ранее. Необходимо добавить, что при ограничении значительно снижается уровень сопутствующей АМ, особенно при больших входных сигналах. Однако на пороге реальной чувствительности приемника, где часто ограничение действует еще недостаточно эффективно, необходимо

иметь хорошее подавление сопутствующей (паразитной) АМ в тракте ПЧ в результате подавительных свойств самого дробного детектора. Требования по подавлению паразитной АМ для автомобильных приемников составляют 20 дБ для всех уровней входных сигналов, начиная с реальной чувствительности, т. е. с 5 мкВ. В большинстве приемников применяется симметричный дробный детектор (рис. 4.14). Дробный детектор должен детектировать сигнал с нелинейными искажениями, не превышающими допустимых норм, и обеспечивать подавление паразитной АМ в полосе частот ± 50 кГц. Как известно, дробный детектор подавляет АМ. Подавительные свойства проявляются вследствие режима работы диодов детектора с постоянным смещением за счет напряжения на нагрузочном конденсаторе $C_{ж}$. При резких изменениях амплитуды сигнала на контуре $L_1 G_K$ растет ток через диоды M_1 и M_2 , так как нагрузка остается неизменной в течение времени изменения амплитуды (постоянная времени $2C_{ж}L_1$ выбрана большой). Входное сопротивление диодов при этом падает, что снижает добротность контура и уменьшает на нем амплитуды ВЧ напряжения, а следовательно, и напряжения на выходе детектора. Происходит компенсация изменения напряжения или подавление амплитудных изменений. Подавительные свойства детектора тем выше, чем выше общий уровень сигнала, подаваемого на него. Таким образом, для хорошего подавления паразитной АМ на дробный детектор необходимо подавать сигнал с достаточно большим уровнем. Диоды нужно выбирать с высокой крутизной изменения входного сопротивления от протекающего по ним тока. Для этой цели подходят диоды Д20, Д18. Детектор должен подавлять АМ в широкой полосе частот.

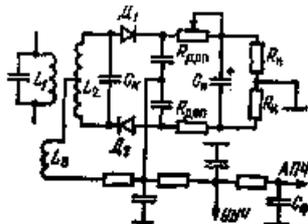


Рис. 4.14. Схема симметричного дробного детектора

Неточность настройки приемника на радиостанцию при работе в движущемся автомобиле приведет к появлению большого количества помех на выходе приемника в случае слишком узкой полосы подавления паразитной АМ в дробном детекторе. Полоса подавления АМ зависит от отношения числа витков катушек L_2 и L_1 . Чем больше соотношение n_2/n_1 , тем шире полоса подавления. Обычно $n_2/n_1=0,5-0,3$. При этом следует учитывать, что при больших соотношениях растет коэффициент нелинейных искажений детектора. Линейность детектора в свою очередь растет при увеличении коэффициента связи K между катушками L_2 и L_1 также до определенных пределов. Практически выбрать оптимальные соотношения довольно трудно, они во многом определяются конструкцией фазо-вращающего трансформатора дробного детектора. Целесообразно для автомобильных приемников выбирать связь $K=0,5-0,7$, а соотношение $n_2/n_1=0,35-0,5$. Конечно, здесь придется идти на некоторое увеличение коэффициента нелинейных искажений, но для автомобильного приемника гораздо важнее получить подавление паразитной АМ в полосе пропускания ПЧ, не менее 20 дБ вместо 10 — 12, чем иметь некоторое увеличение нелинейных искажений — с 0,5 до 1,5%. Связь K нельзя брать очень близкой к критической, так как при этом начнут расти нелинейность в центральной части S-кривой и увеличиваться нелинейные искажения при малых уровнях входных сигналов.

Для эффективной работы дробного детектора при конструировании необходимо выбирать добротности катушек L_1 и L_2 от 100 до 130 единиц, а нагрузочные сопротивления $R_{н}=5-10$ кОм. Не-шунтированный подстроечный резистор $R_{доп}$ в одном из плеч дробного детектора позволяет смещать центр максимального подавления АМ в пределах полосы подавления. Чем больше сопротивление $R_{доп}$, не шунтированное конденсатором $C_{ж}$, тем уже результирующая полоса подавления АМ. При проектировании детектора $R_{доп}$ не нужно выбирать слишком большим, оно должно составлять 0,5 — 1,5 кОм. Каскад дробного

детектора, включающий в себя непосредственно детектор и ведущий транзистор, обычно начинает ограничивать по амплитуде при входных сигналах 30 — 50 мВ, поэтому дробный детектор должен обеспечивать все параметры именно при этих сигналах. В этом случае можно гарантировать требуемые параметры со входа приемника при усилении тракта ПЧ около 1500 — 2000 раз и усилении в блоке УКВ до 10 — 20 раз.

С выхода дробного детектора колебания звуковых частот поступают на УНЧ, а постоянное напряжение используется для управления варикапами в цепи АПЧГ блока УКВ. Стабилизация частоты гетеродина при помощи АПЧ значительно снижает вероятность паразитной модуляции его колебаний и тем самым повышает помехоустойчивость радиоприема. С другой стороны, АПЧГ упрощает процесс настройки на радиостанцию в условиях движущегося автомобиля. С этой точки зрения она необходима в приемниках всех классов. Для АПЧГ характерны три параметра — коэффициент АПЧ, полоса захвата и полоса удержания. Каких-либо затруднений в их получении нет, и в приемниках используются стандартные схемные решения, рассмотренные в предыдущей главе. В условиях большого количества УКВ радиостанций полоса захвата должна быть как можно уже, поэтому в зарубежной практике встречаются схемные решения, обеспечивающие ее специальное сужение.

Комбинированные АМ — ЧМ тракты УПЧ. В зависимости от технических требований и конструктивных возможностей могут использоваться следующие основные схемные решения по тракту УПЧ комбинированного АМ-ЧМ приемника: совмещенный АМ-ЧМ тракт ПЧ и отдельные АМ и ЧМ тракты ПЧ.

Технические требования к УПЧ-ЧМ автомобильных приемников в зависимости от класса различаются очень незначительно и поэтому мало влияют на схемное построение. Совмещенный АМ-ЧМ тракт позволяет применить единую печатную плату для ЧМ и АМ диапазонов, что конструктивно удобно для ряда автомобильных приемников, имеющих малые габариты, где в силу конструктивных особенностей, мало места для тракта УПЧ. Однако он имеет ряд существенных недостатков, в число которых входит необходимость коммутации ряда элементов в контурах ПЧ при переключении режимов работы (АМ-ЧМ).

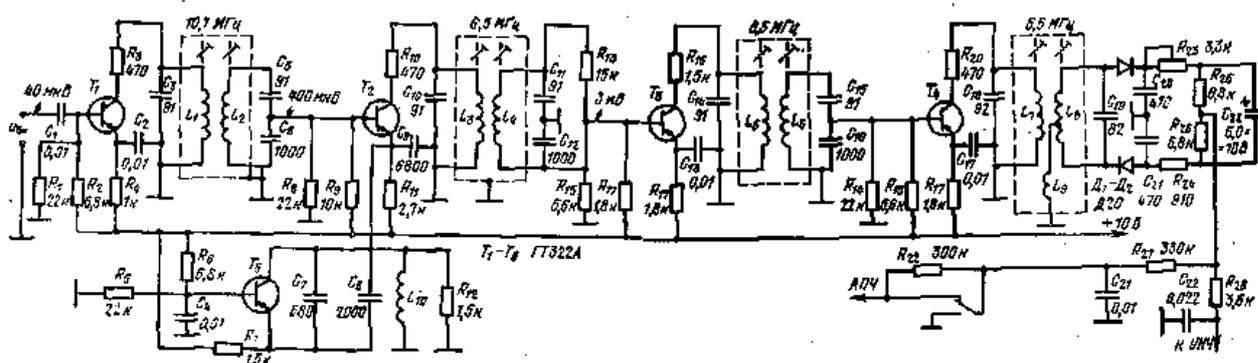


Рис. 4.15. Схема УПЧ-ЧМ приемника А-271

Получить высокие электрические параметры можно, используя в УПЧ двойное преобразование частоты. Для достижения повышенной селективности по зеркальному каналу в блоке УКВ применяется достаточно высокая ПЧ $f_{п.ч}=10,7$ МГц, а для получения большого коэффициента усиления, низкого порога ограничения частота основного усилителя ПЧ выбирается низкой — 6,5 МГц. Такая схема УПЧ-ЧМ применена в автомобильном радиоприемнике II класса А-271 (рис. 4.15).

Тракт УПЧ собран на пяти транзисторах. Первый каскад T_1 работает в режиме усиления на частоте 10,7 МГц, а второй T_2 — в режиме преобразования. Гетеродин собран на транзисторе Г» по трехточечной емкостной схеме. Напряжение гетеродина вводится в эмиттер транзистора T_2 смесителя. Необходимая амплитуда подбирается элементами емкостного делителя в цепи эмиттера. В результате преобразования образуется вторая ПЧ 6,5 МГц,

устойчивое усиление на которой с двух каскадов (T_4 и T_5) получается большим, чем если бы использовалась частота 10,7 МГц. С выхода дробного детектора сигнал поступает на УНЧ и варикап, обеспечивающий АПЧГ в блоке УКВ.

Тракт ПЧ-ЧМ с распределенной селекцией и одинарным преобразованием частоты использован в магнитоле АМ-301 (рис. 4.16).

Тракт УПЧ содержит четырехкаскадный усилитель на транзисторах T_1 — T_4 . Нагрузка каждого каскада — полосовой двухконтурный фильтр, настроенный на ПЧ 10,7 МГц. Для обеспечения электрической и конструктивной устойчивости контурные конденсаторы помещены под экран каждого фильтра. Режим транзисторов задан общим напряжением смещения, получаемым от стабилитрона Д». Напряжение питания каскадов стабилизировано диодом Дг. Уровень ограничения составляет 8 — 12 мкВ, полоса пропускания 120 — 150 кГц.

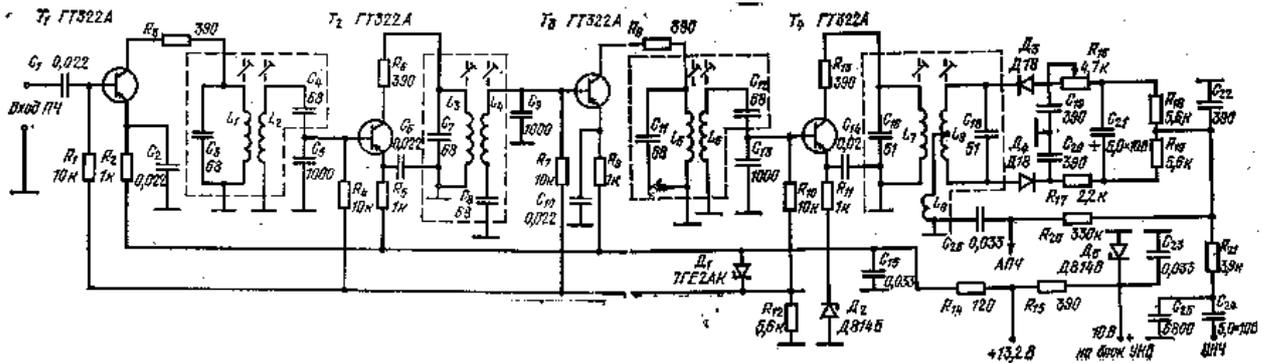


Рис. 4.16. Схема УПЧ-ЧМ магнитолы АМ-301

Аналогичное построение имеет тракт ЧМ магнитолы АМ-303 (рис. 4.17). Основные отличия от магнитолы АМ-301 заключаются в конструкции блоков УКВ и УПЧ. Тракт ПЧ также собран на транзисторах, но двухконтурные полосовые фильтры в нагрузках каскадов имеют внутриемкостную связь, а связь контуров с транзисторами — индуктивная. Блок УКВ настраивают при помощи движкового потенциометра, подвижный контакт которого связан с линейным перемещением ферритовых сердечников, служащих для настройки на ДВ и СВ.

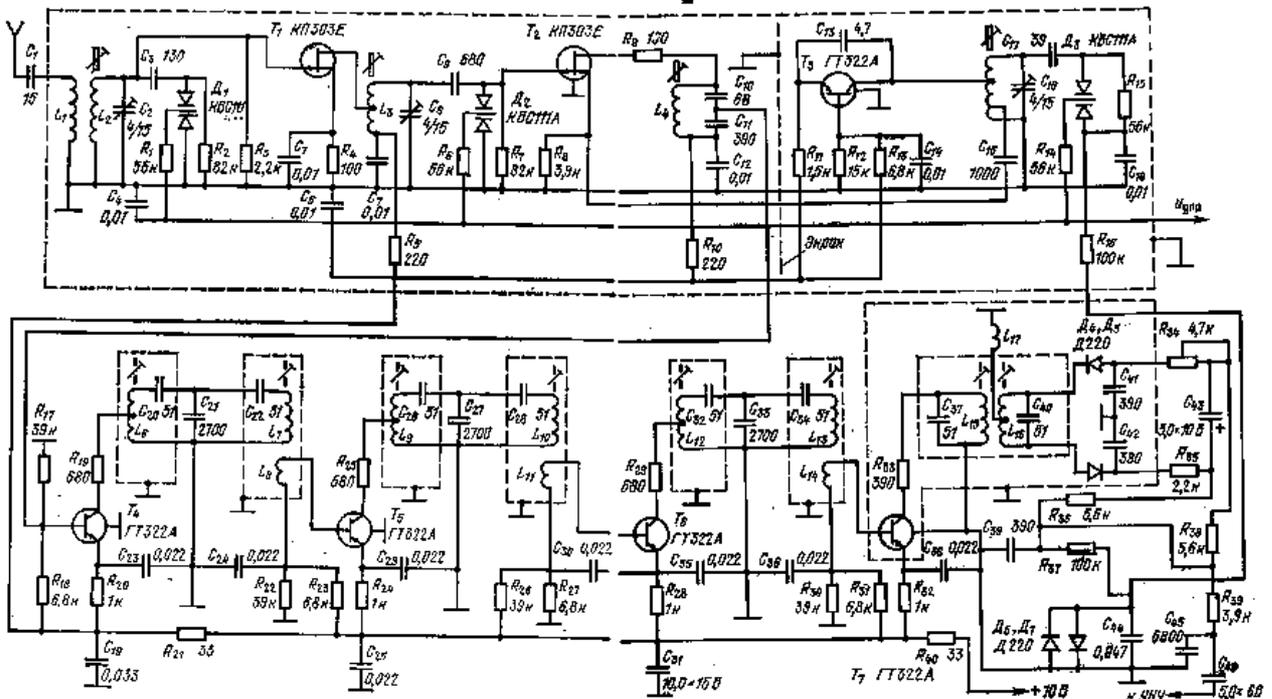


Рис. 4.17. Принципиальная схема тракта УКВ магнитолы АМ-303 (1980 г.)

В автомобильно-переносных радиоприемниках в трактах ПЧ-ЧМ применяются гибридные толстопленочные микросхемы серии К224, например в радиоприемнике «Урал-авто-2». Традиционное построение схмотехники каскада ИС предопределяет и общее построение УПЧ, который представляет собой совмещенный АМ-ЧМ тракт (рис. 4.18).

Тракт содержит четыре усилительных каскада, собранных на ИС типа К2УС42, детектор АМ на ИС типа К2ЖА243 и стабилизатор питания на ИС типа К2ПП241. В УПЧ тракта АМ используются две ЧС из общего усилительного тракта. Сигнал ПЧ-АМ с преобразователя вводится последовательно с сигналом ПЧ-ЧМ во второй каскад тракта УПЧ. Первый каскад используется только для усиления ПЧ 10,7 МГц.

Четвертый каскад также используется только в тракте ЧМ. Его нагрузкой служит симметричный дробный детектор. Усилитель ПЧ тракта ЧМ имеет порог ограничения на уровне 30 — 50 мкВ, поэтому значительная доля общего коэффициента усиления ложится на блок УКВ приемника (30 — 34 дБ).

Другим примером построения ПЧ-ЧМ на ИС является тракт автомобильного радиоприемника III класса А-373 (рис. 4.19).

Тракт ПЧ построен на тонкопленочной ИС типа К2УС375 и полупроводниковой ИС типа К174УР1. Связующим звеном между микросхемами является четырехконтурный полосовой фильтр с комбинированной связью. Особенностью этой схемы является использование ИС К174УР1 с квадратурным детектором (в некоторых моделях радиоприемников А-373 можно встретить зарубежный аналог этой ИС — типа А220Д). Непременным условием нормальной работы ИС в качестве частотного детектора является наличие фазосдвигающей цепи L_5C_{15} . Настройка детекторного каскада сводится к настройке фазосдвигающего контура по максимуму выходного напряжения. Чем выше добротность фазосдвигающего контура и больше крутизна его фазовой характеристики, тем больше выходное напряжение. Однако при этом растут нелинейные искажения. При необходимости уменьшения искажений выходного сигнала целесообразно контур шунтировать сопротивлением 680 — 1500 Ом.

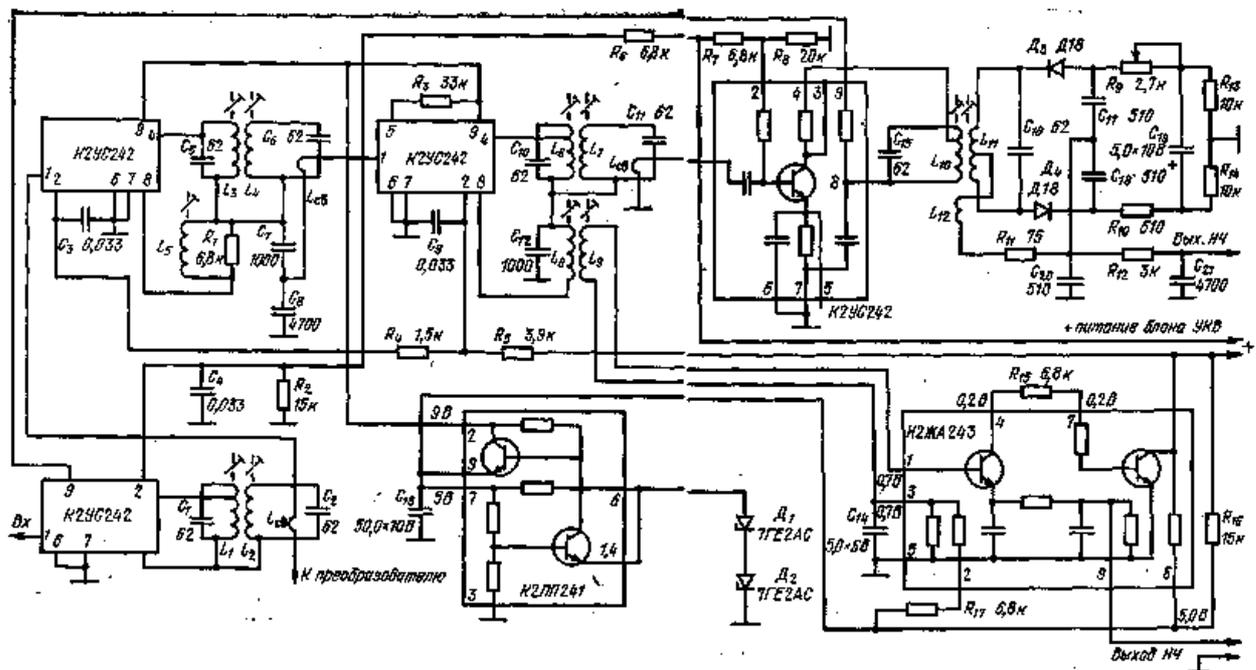


Рис. 4.18. Схема УПЧ-ЧМ-АМ автомобильно-переносного приемника «Урал-авто-2»

Микросхема обладает хорошим свойством по подавлению паразитной АМ, так как содержит усилительные каскады с ранним порогом ограничения. Режим ограничения начинается с уровня сигналов 100 — 150 мкВ. Ввиду этого от первого каскада на ИС требуется относительно небольшое усиление, чтобы в целом тракт УПЧ обеспечил режим ограничения с 5 — 10 мкВ.

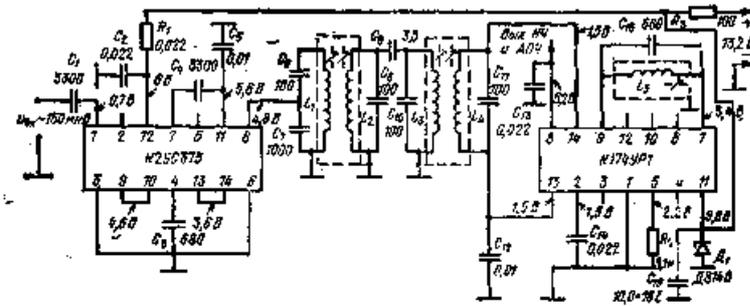


Рис. 4.19. Схема УПЧ-ЧМ приёмника А-373

Особенностью проектирования УПЧ с использованием ИС К174УР1 и других аналогичных ИС является необходимость тщательной конструктивной отработки печатной платы, точнее тех ее участков, где размещена ИС. Большие потребляемые микросхемой токи могут вызвать блуждающие токи в печатных проводниках, что вызывает конструктивную неустойчивость тракта, резкий рост нелинейных искажений и даже генерацию. Это свойство одно из существенных недостатков ИС К174УР1, и в других моделях автомобильных радиоприемников она не нашла применения. Более совершенной является ИС типа К174УР3, аналогичная по принципу работы К174УР1. Принципиальная схема тракта ПЧ-ЧМ автомобильной магнитолы АМ-380 с использованием указанной ИС приведена на рис. 4.20.

Так как ИС типа К174УР3 имеет уровень порога ограничения около 50 мкВ, то для обеспечения общего режима ограничения с 8 — 12 мкВ оказалось достаточным применить дополнительно двух-каскадный усилитель на транзисторе КТ339А. Нагрузкой каскада служит пьезокерамический фильтр. Микросхема имеет два выхода 8 и 10 с противоположными фазами. Один из них используется для выхода НЧ, другой — для управления АПЧГ.

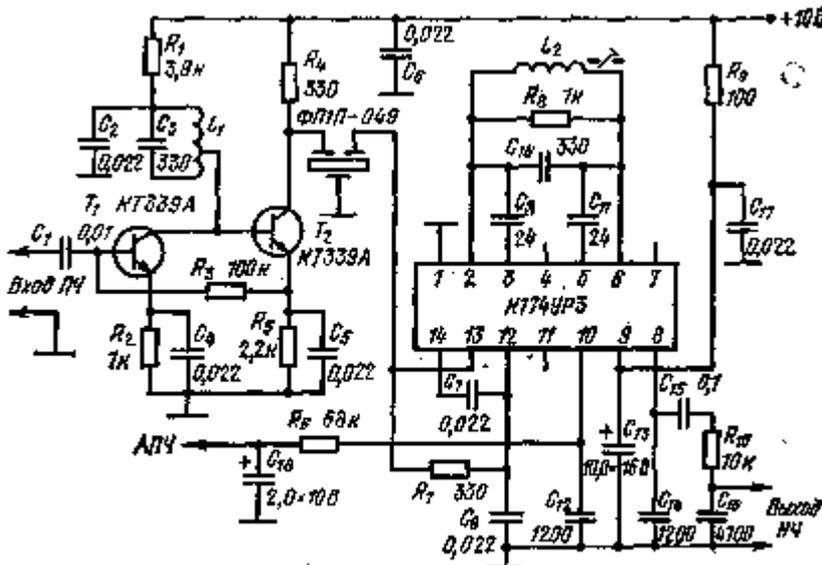


Рис. 4.20. Схема УПЧ-ЧД1 магнитолы АМ-380 («Эврика-310»)

Глава 5

АКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

5.1. Акустические системы

Шумовые характеристики салона автомобиля. Звуковое давление акустической системы. Обеспечение высококачественного звучания в автомобиле с необходимым уровнем громкости — конечная задача разработчика автомобильного радиоприемника. Недостаточная или слишком большая громкость воспроизведения, неразборчивость речи или какие-либо другие недостатки радиопередачи могут отрицательно сказываться на психике водителя автомобиля, излишне отвлекать его внимание и при определенных обстоятельствах снижать его реакцию на дорожные ситуации. Слух и восприятие радиопередач у каждого человека могут быть различны, и радиоприемник должен позволять устанавливать необходимые уровни по громкости, тембру звучания в зависимости от индивидуальных особенностей каждого человека.

Уровень громкости звучания радиопередачи или шума в салоне автомобиля оценивают по отношению звукового давления в салоне машины P [Н/м²] к условному нулевому уровню звукового давления $P_0=2 \cdot 10^{-5}$ Н/м², т. е.

$$X_{\text{дБ}} = 20 \lg \frac{P}{P_0}.$$

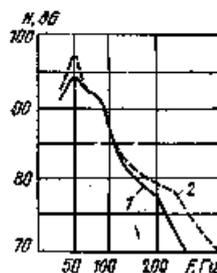
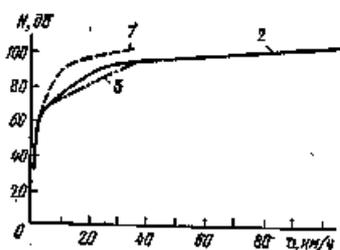


Рис. 5.1. График зависимости уровня шума N в салоне автомобиля от скорости движения V :

1 — первая передача; 2 — вторая передача; 3 — третья передача

Рис. 5.2. Характеристика спектрального распределения уровня шума в движущемся автомобиле:

1 — при $U = 80$ км/ч; 2 — при $U = 100$ км/ч

Уровень шума в автомобилях зависит от класса машины и ее технического состояния, скорости движения и покрытия дороги и многих других факторов, включая погодные условия, от того, подняты ли ветровые стекла в автомобиле, и т. д. Уровень шума в неподвижном автомобиле с выключенным двигателем и при поднятых стеклах составляет в городе 35 — 40, за городом 30 дБ. При движении автомобиля с возрастанием скорости средний уровень шума постепенно нарастает. Кривая зависимости уровня шума N в салоне автомобиля от скорости движения приведена на рис. 5.1. Однако средний уровень шума не является полной шумовой характеристикой машины, достаточной для выбора акустической системы и параметров усилителя автомобильного приемника. Уровень шумового фона превышает 100 дБ при скорости движения автомобиля 80 км/ч и более. Для удовлетворительного качества воспроизведения речи или музыки необходимо превышение уровня громкости полезных звуков над шумовым фоном на 10 — 20 дБ. Однако в воспроизведении речи или музыки с громкостью ПО — 120 дБ нет никакой необходимости. Спектральные характеристики шумового фона в движущемся автомобиле показывают, что максимальный уровень шума попадает в полосу частот 30 — 100 Гц и в значительной мере падает в полосе более высоких частот. На рис. 5.2 приведена типичная характеристика спектрального распределения уровня шума в движущемся автомобиле.

Шумовой фон оказывает маскирующее действие на воспроизводимую программу, однако это воздействие сказывается более всего на тех частотах, в полосе которых находится спектр самого шума, и мало влияет на других участках звукового диапазона. Другими словами, большой уровень шума в полосе частот 30 — 1100 Гц не будет значительно влиять «а субъективное восприятие музыки или речи, воспроизводимой в более высокой по частоте полосе 150 — 7000 Гц. Поэтому шум на самых низких частотах звукового диапазона в расчет

принимать нельзя, так как это может привести к неверным результатам. С учетом этого обстоятельства рассмотрим уровни звукового давления радиопередачи, необходимого для нормального прослушивания в салоне автомобиля.

На стоянке машины, где средний уровень шума составляет 35 — 40 дБ, для нормального прослушивания будет достаточно громкости звучания 60 дБ, что соответствует звуковому давлению $0,02 \text{ Н/м}^2$ (обычный разговорный уровень громкости). При движении в черте города со скоростью до 60 км/ч уровень шума в салоне автомашины в полосе воспроизводимых частот поднимается до 70 дБ, и уровень Громкости воспроизведения должен быть поднят до 90 дБ, что соответствует звуковому давлению $0,65 \text{ Н/м}^2$. При движении за городом со скоростью до 100 км/ч уровень шума возрастает до 76 дБ. При том же превышении уровня полезного сигнала над уровнем шума в 20 дБ уровень громкости воспроизведения будет составлять 95 дБ, соответственно уровень звукового давления будет $1,3 \text{ Н/м}^2$.

Дальнейшее возрастание скорости движения автомобиля до 120 — 140 км/ч приводит к увеличению уровня шумов до 80 дБ, и необходимый уровень громкости звучания составит в этом случае 100 дБ (звуковое давление должно быть 2 Н/м^2). Таким образом, на стоянке автомобиля достаточно среднее звуковое давление $0,02 \text{ Н/м}^2$, а при движении с максимальной скоростью 120 — 140 км/ч может понадобиться среднее звуковое давление до 2 Н/м^2 .

В автомобилях среднего класса не обязательно иметь приемник и акустическую систему, развивающие звуковое давление до 2 Н/м^2 . Целесообразно для автомобилей класса «Москвич» иметь радио-приемник и акустическую систему, обеспечивающую звуковое давление до $1/3 \text{ Н/м}^2$; для автомобилей класса «Волга» — радиоприемник и акустическую систему со звуковым давлением до $1,7 \text{ Н/м}^2$ и для автомобилей класса «Чайка» (радиоприемник и акустическую систему со звуковым давлением) до 2 Н/м^2 .

Звуковое давление, развиваемое громкоговорителем в салоне автомобиля, жестко связано с подаваемой на него электрической мощностью и стандартным звуковым давлением $P_{ст}$, развиваемым при подведении к нему электрической мощности $W_{ет}=100 \text{ мВт}$:

$$P_{ном} = P_{ст} \sqrt{W_{ном}/0,1},$$

где $P_{ном}$ — номинальное звуковое давление, Н/м^2 , развиваемое громкоговорителем при подведенной электрической мощности $W_{ном}$, Вт; $P_{ст}$ различно для каждого типа громкоговорителя. В акустических системах автомобилей классов «Москвич», «Жигули» и «Волга» ГАЗ-24 устанавливается громкоговоритель, имеющий стандартное звуковое давление $P_{ст} > 0,3 \text{ Н/м}^2$.

При таком типе громкоговорителя подводимая к нему электрическая мощность, необходимая для обеспечения заданного звукового давления, будет составлять: для автомобилей «Москвич» и «Жигу-пи» $W_{НОМ}=0,1 (P_{ном}/P_{ст})=2 \text{ Вт}$, для автомобиля «Волга» $W_{НОМ}=3 \text{ Вт}$. Для автомобиля класса «Чайка» или ЗИЛ, сравнительно легко развивающих скорости 120 — 150 км/ч, для обеспечения звукового давления 2 Н/м^2 и более потребуется усилитель радиоприемника с выходной мощностью не менее 4,5 Вт.

Все эти цифры ориентировочные, так как они обусловлены определенными уровнями шума, его спектральными характеристиками, а также заданным стандартным звуковым давлением громкоговорителя, предположительно примененного в том или ином автомобиле. Поскольку эти значения могут в некоторой степени изменяться, то и для каждого конкретного случая может потребоваться большая или меньшая выходная мощность приемника при существующих шумовых параметрах автомобиля и типе примененных в нем громкоговорителей.

Расположение акустической системы в автомобиле. Качество звучания во многом определяется неравномерностью распределения звукового давления акустической системы в воспроизводимом диапазоне звуковых частот. В автомобиле акустическая система состоит из громкоговорителя, установленного в большинстве случаев йй Передней панели управления. Металлический корпус автомобиля задрапирован различными материалами, которые вносят

незначительное затухание, и степень отражения звуковых волн в салоне автомобиля достаточно велика и различна на разных частотах звукового диапазона. Это приводит к значительной неравномерности распределения звукового давления в салоне на различных частотах и в различных его точках и сказывается на качестве воспроизведения. Улучшение качества воспроизведения в автомобиле в результате подбора материалов обивки салона практически невозможно, поэтому целесообразно такое расположение громкоговорителя, при котором обеспечивается минимальная неравномерность распространения звука.

Неравномерность звукового давления складывается из неравномерности частотной характеристики самого громкоговорителя и акустической характеристики салона. Частотную характеристику громкоговорителя обычно снимают в специальной заглушённой камере, при этом громкоговоритель располагают на стандартном отражательном щите значительных размеров. В этом случае характеристика отражает потенциальные возможности громкоговорителя, имеет относительно малую неравномерность и максимальное звуковое давление. При установке громкоговорителя в автомобиле ухудшается воспроизведение низких частот из-за малых размеров отражательной доски, появляются глубокие и острые провалы в характеристике вследствие наличия большого числа отраженных звуковых волн в среднечастотной и высокочастотной частях спектра сигнала.

Общий уровень звукового давления зависит от места и способа установки громкоговорителя.

В автомобиле «Жигули» ВАЗ-2101 помещенный на небольшой отражательной доске громкоговоритель устанавливается в правом нижнем углу передней части салона автомобиля, фактически под ногами переднего пассажира. Подобная установка имеет существенные недостатки: мала площадь отражательной доски, что приводит к значительному ухудшению воспроизведения низких частот; значительно падает общее звуковое давление в задней части салона автомобиля из-за экранирующего действия сидений. В этом случае неравномерность частотной характеристики очень велика и ее нельзя скомпенсировать частотно-зависимой коррекцией в УНЧ радиоприемника.

Наиболее удачна установка громкоговорителя в щитке автомобиля с направлением излучающей поверхности в лобовое стекло. Так как стекло расположено примерно под углом 45° , то звуковые волны отражаются внутри салона и распространяются преимущественно в верхней его части. При этом происходит минимальное затухание звукового давления в задней части салона. От переднего стекла хорошо отражаются все частоты звукового диапазона, и неравномерность частотной характеристики наименьшая. Как бы ни располагался громкоговоритель в автомобиле, он один никогда не обеспечит высококачественного воспроизведения, равноценного комнатной акустической системе. Поэтому, когда необходимо получить более высокое качество звучания, акустическая система должна состоять из нескольких громкоговорителей. Такой вариант может использоваться в автомобильных приемниках высокого класса и в автомобилях где можно расположить несколько громкоговорителей в передней и задней частях салона. При этом неравномерность звукового давления минимальна и соответственно качество звучания наиболее высокое.

Выбор акустической системы, состоящей из одного, двух или нескольких громкоговорителей, часто ограничивается экономической целесообразностью их установки в массовые модели автомобилей. Все изложенное относилось к монофоническому воспроизведению звука в автомобиле. Значительное улучшение качества звучания получается при стереофоническом воспроизведении, так как уменьшается неравномерность звукового давления в салоне автомобиля и повышается выходная мощность. Уменьшение неравномерности звукового давления происходит вследствие установки двух (или более) - акустических систем, а увеличение выходной мощности и соответственно звукового давления — из-за наличия второго усилительного канала. При стереофоническом воспроизведении в большинстве случаев используются две выносные акустические системы, устанавливаемые на задней полке в салоне автомобиля. Однако звучание из расположенных сзади громкоговорителей удовлетворяет не всех слушателей. Поэтому находят применение

акустические системы, устанавливаемые в передних дверцах автомобиля или в передней панели.

Такие варианты расположения акустических систем сопряжены с конструктивными доработками автомобиля.

Расположение громкоговорителей в дверцах автомобиля требует повышенной прочности как громкоговорителя, так и дверей, так как оба предмета испытывают дополнительные механические нагрузки при резком захлопывании дверцы. Кроме того, громкоговоритель должен быть хорошо защищен от возможного проникновения влаги между корпусом дверцы и ее стеклом. Расположение громкоговорителей в передней панели затрудняется обилием приборов электрооборудования, также располагаемых на передней панели. Поэтому приходится принимать компромиссные решения, ограниченные конструкцией и габаритами громкоговорителей, с одной стороны, и конструктивными возможностями того или иного автомобиля — с другой. Коррекция частотных характеристик акустических систем. Ранее было отмечено, что частотные характеристики акустических систем салонов автомобилей весьма различны и зависят от типов примененных громкоговорителей, места их расположения, обивки салона и других факторов. При разработке акустической системы первым условием является оптимальное расположение громкоговорителя, обеспечивающее минимальную неравномерность частотной характеристики в воспроизводимом диапазоне звуковых частот. Под неравномерностью частотной характеристики понимается не только наличие пиков или провалов, но и завал частотной характеристики на краях звукового диапазона. В обычных радиовещательных приемниках, устанавливаемых в жилых помещениях, акустическая система состоит из громкоговорителя, помещенного в деревянный футляр большого объема. Такая система эффективно воспроизводит весь диапазон частот, рассчитанный для данного типа громкоговорителя с незначительной неравномерностью. Дополнительные регулировки тембра по высоким и низким частотам позволяют подобрать удовлетворительное качество звучания для каждого слушателя, имеющего те или иные особенности слухового восприятия, или скорректировать в некоторой степени недостатки программы.

Обычные радиовещательные приемники высоких классов имеют большой запас по выходной мощности, обеспечивающий воспроизведение без заметных на слух искажений различных программ при значительных подъемах частотной характеристики на краях звукового диапазона. В автомобильных приемниках получение значительных выходных мощностей связано с некоторыми техническими трудностями, вызванными довольно низким напряжением питания. Поэтому значительного запаса по выходной мощности у них получить нельзя.

Большая неравномерность частотной характеристики акустической системы автомобиля (большой завал низких или высоких частот) требует соответствующего подъема электрической частотной характеристики УНЧ. Компенсация завала в 6 дБ на краях звукового диапазона вызывает необходимость подъема в 2 раза электрической характеристики на тех же частотах, что соответствует четырехкратному увеличению запаса по выходной мощности для неискаженного воспроизведения сигнала. Техническое решение этой задачи возможно, однако требует значительных материальных затрат. Поэтому более правильное решение — использование компенсированной регулировки громкости, плавной или ступенчатой регулировки тембра, а при их отсутствии — незначительная постоянная коррекция электрической характеристики.

Человеческое ухо имеет разную чувствительность к воспроизведению различных звуковых частот в зависимости от уровня громкости воспроизведения. Чем выше уровень громкости, тем более равномерно частотное восприятие звука. Чем ниже уровень громкости, тем больший требуется подъем частотной характеристики на краях звукового диапазона по отношению к его средней части для получения хорошего качества звучания. Поэтому компенсированная регулировка громкости позволит в какой-то мере сгладить недостатки акустической системы автомобиля, учитывая, что прослушивание на максимальной

громкости ведется в автомобиле сравнительно редко. Использование регуляторов тембра позволяет производить частотную коррекцию для любых уровней громкости в зависимости от желания слушателя. Постоянную заданную коррекцию выбирают для радиоприемников сравнительно невысокого класса и малых габаритов. В них в большинстве случаев просто нет места для размещения регуляторов тембра. В моделях более высоких классов применяются регулировки тембра по высоким частотам, а на низких частотах осуществляется неглубокая постоянная коррекция частотной характеристики. В радиоприемниках высокого класса имеются регуляторы тембра как по верхним, так и по нижним звуковым частотам.

Автомобильно-переносные приемники можно устанавливать в разных типах автомобилей, имеющих различные частотные характеристики акустических систем. Поэтому в них необходимо применение плавных регулировок тембра для подбора в каждом отдельном случае характеристик, обеспечивающих удовлетворительное качество звучания. В этом отношении автомобильно-переносные приемники представляют более широкие эксплуатационные возможности по сравнению с обычными стационарными автомобильными приемниками.

Громкоговорители. Основное назначение громкоговорителя — обеспечить заданное звуковое давление при допустимой неравномерности частотной характеристики и незначительных нелинейных искажениях. Громкоговоритель характеризуется стандартным звуковым давлением, которое он развивает при подведении электрической мощности 0,1 Вт на расстоянии 1 м при условии установки его на измерительной отражательной доске (экранном щите). Стандартное звуковое давление громкоговорителя — весьма важная его характеристика.

Отмечалось, что при низких напряжениях питания УНЧ существуют значительные трудности в получении больших выходных мощностей. Выходная мощность усилителя при заданном номинальном звуковом давлении предопределяется стандартным звуковым давлением громкоговорителя и находится из выражения

$$W_{\text{ном}} = 0,1 (P_{\text{ном}}/P_{\text{ст}})^2.$$

Различные типы громкоговорителей, применяющихся в автомобильных радиоприемниках, имеют стандартное звуковое давление 0,2, 0,25 и 0,3 Н/м². Для получения уровня громкости в салоне 96 дБ или номинального звукового давления 1,3 Н/м² при использовании громкоговорителя с $R_{\text{ст}}=0,2$ Н/м² потребуется выходная мощность усилителя $W_{\text{ном}} = 0,1(1,3/0,2)^2=4,2$ Вт, а при использовании громкоговорителя с $R_{\text{ст}}=0,3$ Н/м² необходимая мощность будет $W_{\text{ном}}=0,1(1,3/0,3)^2=1,9$ Вт. Отсюда видно, что применение громкоговорителя с повышенным стандартным звуковым давлением позволяет получить эту же громкость звучания при значительно меньшей выходной мощности усилителя, чем с громкоговорителем с низким значением $R_{\text{ст}}$.

Номинальная выходная мощность серийных автомобильных приемников обычно составляет 2 Вт для III класса и 3 Вт для II класса. При этом гарантируются нелинейные искажения не выше 5 — 7%. Максимальная выходная мощность при коэффициенте нелинейных искажений до 10% превышает номинальную на 1 — 1,5 Вт. Поэтому громкоговорители с более высоким стандартным звуковым давлением позволяют при равной громкости воспроизвести программу с меньшими нелинейными искажениями.

В табл. 5.1 приведены данные некоторых типов громкоговорителей для автомобильных радиоприемников. Громкоговорители 2ГД-19М устанавливались в автомобилях «Москвич» до 1970 г. для комплектации автомобильных приемников А-17, АТ-64 и А-370М. Громкоговоритель имеет стандартное звуковое давление 0,2 Н/м² и номинальную выходную мощность 2 Вт. При такой выходной мощности радиоприемника обеспечивается звуковое давление 0,9 Н/м². При сравнительно высоких скоростях движения автомобиля, когда шумы в салоне достигают больших значений, уровень громкости принимаемых радиопередач оказывался недостаточным. Использование радиоприемника при максимальной мощности 3 Вт приводило к перегрузке и усилителя и громкоговорителя, т. е. воспроизведение сопровождалось большими нелинейными искажениями. Замена 2ГД-19М на

громкоговоритель 4ГД-8Е при сохранении номинальной выходной мощности приемника 2 Вт позволила получить необходимую громкость звучания в автомобиле на любых скоростях движения.

Таблица 5.1

Тип	Номинальная мощность W , Вт	Стандартное звуковое давление P , Н/м ²	Резонасная частота F , Гц	Номинальный диапазон частот, Гц	Полное сопротивление катушки громкоговорителя Z , Ом
2ГД-19М	2 3	0,2 0,25	100±10 80±10	80 — 10000	4,5±0,5 4,5±0,7
3ГД-28	4	0,25	120±20	80 — 8000	4,5±0,5
4ГД-9	4	0,3	125±20	100 —	4,6±0,5
4ГД-8Е	6	0,4	85±15	8000	4,0±0,4
6ГД-3Т	4	0,25	100±20	155 —	4,0±0,6
4ГД-53	3	0,28	100±20	7100	8,0±1,2
3ГД 54				100 — 10000 100 — 10000 100 — 10000	

Громкоговоритель 3ГД-28 (4ГД-9) устанавливался в автомобиле «Волга» совместно с радиоприемниками А-18 и АТ-66. Для унификации эти громкоговорители были также заменены на 4ГД-8Е. Для автомобильных приемников высшего класса требуется более широкая полоса воспроизведения при большей выходной мощности. Этим условиям удовлетворяет громкоговоритель 6ГД-3, предназначенный для комплектации радиоприемника АВ-68.

5.2. Особенности построения УНЧ

Громкоговоритель 4ГД-8Е, применяемый в большинстве типов автомобильных приемников, имеет номинальную выходную мощность 4 Вт при воспроизводимой полосе частот 125 — 7100 Гц. Сопротивление звуковой катушки громкоговорителя на частоте $f=1000$ Гц составляет 4 Ом, стандартное звуковое давление, развиваемое громкоговорителем в заданной полосе частот, равно 0,3 Н/м². Эти данные являются исходными при проектировании УНЧ радиоприемников II и III классов.

К УНЧ по электрическим параметрам предъявляются следующие требования: обеспечить заданную выходную мощность при соответствующих параметрах громкоговорителя по звуковому давлению, получить требуемую частотную характеристику при заданной частотной характеристике громкоговорителя, иметь малые нелинейные искажения. Параметры усилителя не должны меняться при изменении температуры, влаги, различных видов механических воздействий (вибрации, тряски). Усилитель должен быть надежен в работе, не выходить из строя при изменении напряжения питания в пределах, оговоренных для аккумулятора автомобиля. Конструкция усилителя должна быть надежной, прочной и ремонтоспособной.

Главное отличие автомобильного приемника и его усилителя от других типов приемников (сетевых, переносных и т. д.) — необходимость достаточно большой выходной мощности (2

— 3 Вт) при низких напряжениях питания от аккумулятора автомобиля. Аккумулятор автомобиля может обеспечить напряжение питания 13,2 В при стоянке с выключенным двигателем и 14,4 В в режиме подзарядки при работе двигателя.

В зависимости от режима работы двигателя и скорости движения автомобиля напряжение на зажимах аккумулятора может изменяться от 15,6 до 10,8 В при полном разряде. Исходным напряжением, при котором должна обеспечиваться заданная выходная мощность, будем считать 13,2 В. Напряжение 13,2 В является довольно низким, затрудняющим получение выходной мощности более 2 — 3 Вт при малых нелинейных искажениях. Одной из причин этого являются свойства мощных выходных транзисторов, используемых в усилителе и имеющих нелинейную зависимость коэффициента усиления $h_{21Э}$ от тока, протекающего через коллектор. При низких напряжениях питания для получения больших выходных мощностей требуются большие коллекторные токи, при которых снижается $h_{21Э}$ транзисторов и растут нелинейные искажения. Аналогичная картина наблюдается и в предоконечном каскаде. При снижении коэффициента усиления оконечных транзисторов для получения заданной выходной мощности требуется большая входная мощность, что не всегда обеспечивается предыдущим каскадом при низких напряжениях питания.

Широко известны различные трансформаторные и бестрансформаторные схемы УНЧ. В трансформаторных УНЧ напряжение питания полностью приложено к коллекторам оконечных транзисторов. Это является положительным фактором при низком $E_{и.п}$. Однако большие потребляемые токи приводят к насыщению материала сердечника согласующего или выходного трансформатора и возникновению больших нелинейных искажений. Для их снижения приходится уменьшать число ампер-витков или увеличивать габариты трансформатора. Уменьшение числа ампер-витков приводит к уменьшению индуктивности трансформатора и сужению полосы пропускания усилителя со стороны нижних звуковых частот. Увеличение габаритов трансформатора не всегда выполнимо из-за ограниченных размеров самого автомобильного приемника. Поэтому обычно находится компромиссное решение между полосой пропускания и мощностью усилителя, с одной стороны, и допустимыми габаритами — с другой. Промежуточным решением является использование трансформатора в фазоинверсном каскаде и бестрансформаторного выхода в оконечном каскаде. Такое построение позволяет использовать преимущества обоих типов схем, так как фазоинверсный трансформатор имеет сравнительно малые габариты.

Бестрансформаторный УНЧ обладает рядом существенных преимуществ перед трансформаторным и прежде всего конструктивным удобством — малыми габаритами. Здесь имеется чистый выигрыш по объему и площади автомобильного приемника. Бестрансформаторная схема позволяет применять глубокую ООС, что положительно сказывается на уменьшении нелинейных искажений и стабилизации параметров усилителя как по коэффициенту усиления, так и по температурной устойчивости. Недостаток бестрансформаторной схемы УНЧ при использовании ее в автомобильных приемниках — жесткая зависимость выходной мощности от напряжения питания и сопротивления нагрузки.

Известно, что выходная мощность бестрансформаторного усилителя

$$W_{\text{вых}} = E_{и.п}^2 \cdot \eta \cdot E^2 / 8R_B,$$

где $E_{и.п}$ — напряжение источника питания; R_B — сопротивление нагрузки усилителя; η — коэффициент использования коллекторного напряжения, $E = (E_{я.н} - 2E_{нач}) / E_{и.п}$; $E_{нач}$ определяют по формуле

$$E_{нач} = U_{к.нас} + U_{RЭ},$$

где $U_{к.нас}$ — напряжение насыщения транзисторов; $U_{RЭ}$ — падение напряжения на сопротивлении эмиттера.

Сопротивление эмиттера $R_э$ для обеспечения температурной стабилизации оконечного каскада выбирается обычно от 0,5 до 1 Ом. При максимальной выходной мощности усилителя до 3 Вт импульс

тока, протекающего через оконечные транзисторы, будет составлять

$$I_{к. макс} = \sqrt{2W_{\text{вых}} / R_B} \approx 1,2 \text{ А.}$$

При выбранном $R_H=1$ Ом на нем в импульсе будет падать напряжение $U_{ла}=1,2$ В. У современных транзисторов U_K нас составляет 0,5 — 0,8 В. В этом случае I будет 0,85 — 0,87 и максимальная выходная мощность, которая может быть получена на нагрузке $K_B=4$ Ом, при $E_{ин}=13,2$ В будет

$$W_{вых}=13,2^2 \cdot 0,85^2 (8-4)=4 \text{ Вт.}$$

Максимальная выходная мощность может несколько колебаться в зависимости от коэффициента I , т. е. от напряжения насыщения транзистора, зависящего от его типа и сопротивления эмиттера.

Приведенный пример расчета показывает, что выходная мощность бестрансформаторного усилителя ограничена напряжением источника питания и сопротивлением нагрузки и при жестко обусловленных для автомобильных радиоприемников $E_{ж.а}=13,2$ В и $R_H=4$ Ом не может превышать 3 — 4 Вт. Такая выходная мощность вполне приемлема для радиоприемников II и III классов, что же касается моделей I или высшего класса, то в них приходится использовать трансформаторные схемы и соответственно идти на увеличение габаритов радиоприемника. Транзисторы для оконечного выходного каскада выбираются по допустимому коллекторному напряжению, допустимой мощности рассеивания на коллекторе, импульсу коллекторного и базового токов. Ввиду того что напряжение питания автомобильных приемников мало, затруднений в выборе транзисторов по коллекторному напряжению не возникает. Рассеиваемая мощность легко рассчитывается и является исходной для расчета радиаторов охлаждения. Расчет коллекторного тока был приведен ранее.

Эти данные еще не являются достаточными для определения типа выходных транзисторов и предполагаемого качества усилителя в целом. Важная характеристика — базовый ток транзистора, определяющий необходимую мощность предоконечного каскада. Базовый ток определяется выражением

$$I_{б \max} = I_{к \max} / K_i,$$

где K_i — коэффициент усиления транзистора по току, численно принимаемый равным $h_{21э}$,

Как известно, транзисторы имеют значительные разбросы по $h_{21э}$. Чем больше значение $h_{21э}$, тем меньше $I_{б \max}$ и, наоборот, чем меньше $h_{21э}$, тем больше базовый ток, тем большая мощность предоконечного каскада необходима для получения заданной выходной мощности усилителя.

Значительно выгоднее работать с выходными транзисторами, имеющими более высокое значение $A_{21э}$, так как в этом случае через предоконечный транзистор можно пропускать меньшие токи и, следовательно, улучшаются условия температурной стабилизации усилителя. При низких значениях $h_{21э}$ падает входное сопротивление каскада и ухудшаются условия его согласования с предыдущим каскадом. Однако при расчете усилителей нельзя ориентироваться на транзисторы с максимальным коэффициентом усиления, так как при серийном производстве необходимо использовать все транзисторы, имеющие параметры в пределах технических условий.

Для стабильности параметров усилителей в зависимости от разброса параметров отдельных транзисторов в усилителях применяется глубокая ООС; ООС не только исключает изменение параметров усилителя в зависимости от изменения параметров его отдельных элементов, но также приводит к значительному снижению нелинейных искажений. Источником нелинейных искажений в усилителе служат нелинейность амплитудных характеристик каскадов, нелинейность характеристик самих транзисторов, зависимость коэффициента усиления оконечных транзисторов от коллекторного тока и др. Одна из главных причин — низкое напряжение питания. Чтобы нелинейные искажения были минимальны, необходимо полностью использовать напряжение питания. По этой причине, а также из экономических соображений предоконечный каскад часто выполнялся трансформаторным.

Применение согласующего трансформатора незначительных габаритов облегчает получение достаточно большой мощности с пред-оконечного каскада, необходимой для раскачки выходных транзисторов, и его использование было вполне оправданно на определенных этапах развития техники. Однако в дальнейшем с повышением качества транзисторов более целесообразными стали бестрансформаторные схемы. Даже согласующий трансформатор ограничивает получение высококачественных показателей УНЧ, так как не позволяет использовать глубокие ООС из-за нелинейности фазовой характеристики, сужает полосу пропускания со стороны как нижних, так и верхних частот. Коэффициент нелинейных искажений подобного усилителя в автомобильном приемнике составляет 2 — 3%, что становится недостаточным при современном уровне развития усилительной техники.

5.3. Бестрансформаторные усилители

Общие сведения. Бестрансформаторные УНЧ в последние годы нашли широкое применение в автомобильных радиоприемниках. Можно выделить две группы усилителей — с бестрансформаторным выходным каскадом, но с использованием согласующего фазоинверсного трансформатора в предоконечном каскаде и полностью бестрансформаторные УНЧ. То или иное построение усилителя диктуется технической и экономической целесообразностью на данном этапе производства.

Схемные решения УНЧ могут быть в основном трех видов:

- 1) с использованием в выходном каскаде мощных разнополярных транзисторов типов $p-n-p$ и $n-p-n$. При этом отпадает необходимость в использовании фазоинверсного каскада;
- 2) с использованием однополярных транзисторов в оконечном выходном каскаде. При этом необходимо использовать маломощные разнополярные транзисторы в предоконечном каскаде для обеспечения фазовой инверсии сигнала;
- 3) с использованием однополярных транзисторов в оконечном каскаде и фазоинверсного трансформатора в предоконечном каскаде. Такой трансформатор часто оказывается дешевле пары разнополярных транзисторов, и его использование оказывается экономически более выгодным при массовом или серийном производстве.

Приведем несколько примеров построения схем УНЧ с бестрансформаторным выходным каскадом.

УНЧ автомобильного приемника III класса А-370 (А-370М) (рис. 5.3). Электрические параметры усилителя: номинальная выходная мощность 2, максимальная (при $K_{н.и}=10\%$) 2,7 Вт; чувствительность при номинальной выходной мощности 25 мВ; полоса усиливаемых частот 120 — 7100 Гц; коэффициент нелинейных искажений на частоте 1000 Гц не более 3%, потребляемая мощность от источников питания при номинальной выходной мощности не более 5 Вт; номинальное напряжение источника питания 13,2 В.

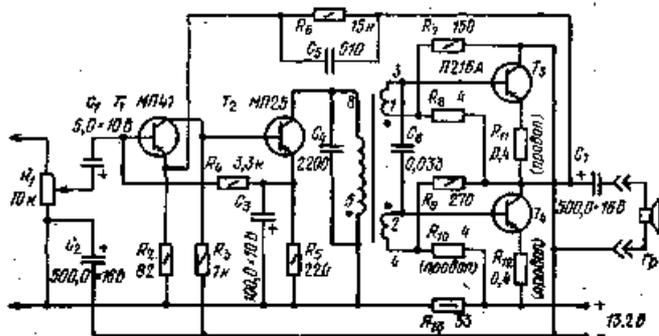


Рис. 5.3. Схема УНЧ приемника А-870

Усилитель собран на четырех транзисторах полярности $p-n-p$. Первый каскад усилителя представляет собой гальванически связанную пару транзисторов T_1 , T_2 , нагруженную на

согласующий фазо-инверсный трансформатор. Базовое смещение на транзистор T_1 подается через резистор R_4 с эмиттера транзистора T_2 . Эта цепь обратной связи по постоянному току служит для температурной стабилизации каскада. Местная обратная связь по переменному току снята шунтированием эмиттера Транзистора T_2 конденсатором C_3 . Для снижения нелинейных искажений и обеспечения заданной частотной характеристики усилителя предоконечный и окончательный каскады охвачены общей частотно-зависимой ООС.

Напряжение обратной связи подается с выхода усилителя через цепь R_6C_5 в эмиттер T_1 .

В автомобильных приемниках, имеющих только ДВ и СВ, расширение частотной характеристики свыше 6 кГц нецелесообразно, так как высокочастотный тракт АМ не пропускает частоты модуляции выше 5 кГц из-за ограниченной полосы пропускания по высокой и промежуточной частотам. Излишняя ширина полосы пропускания по НЧ не улучшает качества воспроизведения и служит лишь источником снижения помехозащищенности радиоприемника, так как будут усиливаться и воспроизводиться различные шумы, свисты при комбинационных и перекрестных помехах, трески, возникающие от помех системы электрооборудования, и т. д. В тех случаях, когда ограничение полосы пропускания по НЧ тракту не встречает технических затруднений, для усилителей приемников только с ДВ и СВ полосы пропускания желательно сужать до пределов, определяемых ВЧ трактом. Это несколько улучшает реальную чувствительность приемника. Более точно частотную характеристику УНЧ подбирают при отработке акустической системы автомобиля, о чём говорилось ранее.

Оконечный каскад усилителя построен по схеме с бестрансформаторным выходом. В цепях эмиттеров окончательных транзисторов (П216А — П216Д) включены проволочные резисторы для улучшения температурной стабилизации каскада. Низкоомные делители в базовых цепях достаточно хорошо стабилизируют базовое смещение. Последнее обстоятельство позволяет использовать в выходных каскадах транзисторы различных групп без ущерба для параметров усилителя.

Нагрузку усилителя — громкоговоритель типа 4ГД-8Е подключают одним концом к выходу УНЧ через конденсатор C_7 , другим — к общему «минусу» источника питания. Источник питания подключают к приемнику через помехозащитный, фильтр, что защищает приемник и его усилитель от помех системы электрооборудования, проникающих по цепям питания. В данном УНЧ нижняя граница полосы пропускания определяется граничной частотой согласующего трансформатора и переходной емкостью, через которую к усилителю подключают нагрузку — громкоговоритель.

УНЧ автомобильного приемника А-324 с напряжением питания 24 В. Автомобильный радиоприемник А-324 предназначен для установки на грузовых автомобилях, имеющих аккумулятор с напряжением 24 В. При таком напряжении источника питания выходная мощность усилителя с бестрансформаторным выходом составила бы около 9 Вт, в чем нет никакой необходимости. При использовании громкоговорителя 4ГД-8Е с сопротивлением $Z=4$ Ом приходится применять вынужденное согласование усилителя с нагрузкой при помощи автотрансформатора.

Электрические параметры усилителя: номинальная выходная мощность 3, максимальная (при $K_{н.и}$ — 10%) 4,3 Вт; чувствительность при номинальной выходной мощности 20 — 25 мВ; полоса усиливаемых частот 120 — 7100 Гц; коэффициент нелинейных искажений на частоте 1000 Гц 2,5 — 2,7%, потребляемая мощность в режиме молчания 2 — 3 Вт; потребляемая мощность при номинальной выходной мощности 8,5 — 9 Вт; номинальное напряжение источника питания 26,4 В.

По принципиальному построению УНЧ приемника А-324 отличается от УНЧ приемника А-370 лишь выбором элементов, определяющих режимы транзисторов по постоянному току, и наличием согласующего выходного автотрансформатора. Приведенная нагрузка к выходу усилителя с учетом согласования составляет около 6 Ом, поэтому емкость переходного конденсатора в нагрузке уменьшена до 200 мкФ.

УНЧ автомобильного радиоприемника А-327 для грузовых автомобилей. Автомобильный радиоприемник А-327 разработан для замены устаревшей модели А-324 и имеет несколько меньшие габариты в глубину в соответствии с требованиями стандарта СТ-СЭВ 173 — 75 на габаритно-установочные размеры автомобильных радиоприемников. Так как питание радиоприемника составляет 26,4 В, то по аналогии с УИЧ автомобильного радиоприемника А-324 на выходе УНЧ радиоприемника А-327 установлен согласующий трансформатор, уменьшающий максимальную выходную мощность до 5 — 6 Вт. Технические характеристики усилителя аналогичны характеристикам УНЧ приемника А-324. Принципиальная схема его приведена на рис. 5.4.

УНЧ автомобильного приемника III класса RD-3602, устанавливаемого на автомобили ВА3-2101 (рис. 5.5). Радиоприемник RD-3602 разработан венгерскими специалистами и по своим схемным решениям отличается от автомобильных радиоприемников соответствующего класса отечественного производства. В данном случае рассматривается только его УНЧ.

Электрические параметры усилителя: номинальная выходная мощность 2, максимальная 3,1 Вт; чувствительность при номинальной выходной мощности 15 — 20 мВ; полоса усиливаемых частот 100 — 10 000 Гц, коэффициент нелинейных искажений на частоте 1000 Гц не более 3%, потребляемая мощность при номинальной выходной мощности не более 4 Вт; номинальное напряжение источника питания 13,2 В.

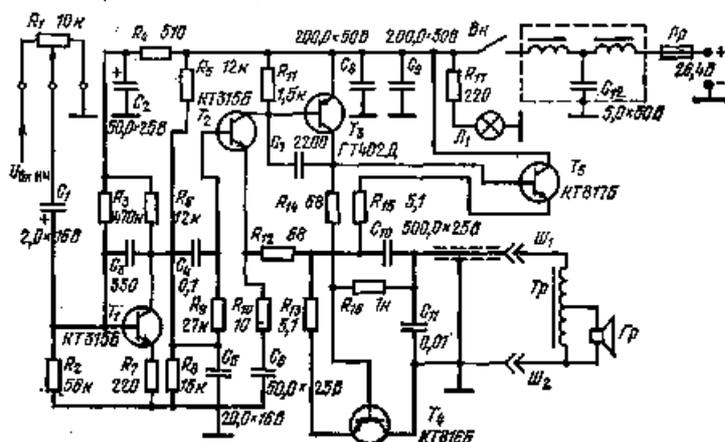


Рис. 5.4. Схема УНЧ приемника А-327 для грузовых автомобилей

Отличительная особенность УНЧ — использование мощных выходных транзисторов с различным типом проводимости, не требующих применения специального фазоинверсного каскада, как следствие этого — максимальная простота схемы и минимальное количество входящих в нее элементов. Такой УНЧ находит широкое применение в тех случаях, когда имеется возможность использования выходных транзисторов с различной проводимостью.

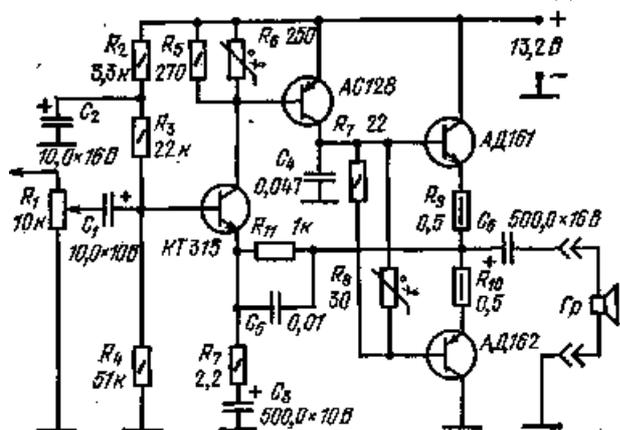


Рис. 5.5. Схема УНЧ приемника RD-3602

Параметры усилителя не исчерпываются возможностями самой схемы, а соответствуют максимальной экономии входящих в нее элементов. Все каскады усилителя имеют гальваническую связь, т. е. построены без применения переходных конденсаторов. Усилитель охвачен общей ООС по постоянному и переменному току, которая вводится в цепь эмиттера первого каскада с выхода усилителя. Обратная связь по переменному току снижает нелинейные искажения до уровня, допустимого для данного класса автомобильных радиоприемников. Обратная связь по постоянному току улучшает температурную стабилизацию и способствует поддержанию в точке соединения эмиттеров выходных транзисторов напряжения, равного половине напряжения общего питания. Для температурной стабилизации усилителя принят ряд дополнительных мер: в оконечном каскаде введены эмиттерные резисторы L , R_{io} , базовые цепи оконечного и предоконечного каскадов стабилизированы терморезисторами R_S и R_g . Исходный режим усилителя по постоянному току подбирают при помощи полупеременного резистора R_t . Подобный усилитель на выходную мощность 1 — 1,2 Вт может быть выполнен при использовании в выходных каскадах транзисторов ГТ402 — ГТ404.

5.4. Усилители для автомобильно-переносных приемников

Автомобильно-переносные приемники по своим конструктивным особенностям занимают особое место среди автомобильных приемников. Эти особенности определяются условиями их эксплуатации. Многие зарубежные модели также являются автомобильно-переносными, т. е. основное их назначение — быть переносными радиоприемниками, но благодаря несложным усовершенствованиям их можно устанавливать и эксплуатировать в автомобиле, не предъявляя к ним, однако, при этом всех тех требований, которые установлены для стационарных автомобильных приемников. Так, например, к переносному приемнику добавляется гнездо внешней антенны. Незначительно увеличивается его выходная мощность. Для автомобильно-переносных радиоприемников, выпускаемых нашей промышленностью, характерно полное выполнение требований, предъявляемых к ним как в переносном режиме эксплуатации, так и в автомобильном. Иными словами, автомобильно-переносный радиоприемник при эксплуатации в автомобиле полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к стационарному автомобильному приемнику, в том числе и к его УНЧ. Такие приемники в конструктивном и схемном отношении представляют собой значительно более сложные модели. У них более высокий коэффициент использования объема и площади конструкции, чем в переносных или стационарных автомобильных приемниках, взятых отдельно. Кроме существенных конструктивных и схемных различий в ВЧ тракте приемники имеют встроенный громкоговоритель для работы в пере-

Поеном режиме, а также батареи питания. Одни эти элементы занимают значительную часть объема приемника.

При эксплуатации в автомобильном режиме приемник вставляют в специальную кассету, которая постоянно закреплена в автомобиле. Кассета и радиоприемник имеют специальные разъемы. Кассета содержит гнездо для подключения внешнего громкоговорителя, установленного в автомобиле, гнездо для автомобильной антенны и блок мощного усилителя, если усилитель не находится непосредственно в самом радиоприемнике. Усилитель НЧ автомобильно-переносного приемника может быть встроен непосредственно в приемник и составлять с ним единую конструкцию или устанавливаться в кассете, находящейся всегда в автомобиле. То или иное конструктивное решение принимается в зависимости от допустимых габаритов приемника и имеющихся в распоряжении разработчиков узлов и деталей. Если усилитель выполнен на трансформаторах, то в переносном режиме, когда необходимая выходная мощность не превышает 0,5 Вт, трансформаторы будут иметь незначительные габариты и могут быть помещены внутри конструкции приемника.

В автомобильном режиме для повышенной выходной мощности необходим дополнительный усилитель и соответственно более мощный выходной трансформатор, которые уже не могут быть размещены внутри малого по габаритам приемника. Усилитель мощности в этом случае размещается в автомобильной кассете. В переносном режиме усилитель питается от батарей радиоприемника напряжением 6 или 9 В, в автомобильном режиме батареи отключаются и питание осуществляется от аккумулятора автомобиля. Напряжение при этом для оконечного каскада равно 13,2 В. Если усилитель выполнен по бестрансформаторной схеме, то имеется полная возможность разместить его внутри конструкции приемника как для переносного режима, так и для автомобильного. Изменение выходной мощности в этом случае происходит в результате изменения напряжения питания и сопротивления нагрузки. В УНЧ при переходе с переносного режима на автомобильный необходимо лишь коммутировать нагрузку, отключая внутренний громкоговоритель приемника и подключая внешний, установленный в автомобиле. Схемным решением необходимо предусмотреть стабилизацию рабочих режимов транзисторов усилителя, а конструктивным — обеспечить условия отвода тепла от оконечных транзисторов при работе в автомобильном режиме. Основным затруднением конструктивного характера при этом является размещение внутри приемника крупногабаритных радиаторов охлаждения оконечных транзисторов и переходного электролитического конденсатора в выходном каскаде, имеющего сравнительно большие габариты.

Рассмотрим электрические параметры и конструктивные особенности УНЧ автомобильно-переносного приемника «Урал-авто». Усилитель выполнен по трансформаторной схеме на семи транзисторах (рис. 5.6).

Электрические параметры в переносном режиме: номинальная выходная мощность 0,25, максимальная 0,5 Вт; чувствительность при номинальной выходной мощности 15 мВ; полоса усиливаемых частот 100 — 7100 Гц; предел регулировки тембра по верхним частотам 10 дБ; коэффициент нелинейных искажений на частоте 1000 Гц не более 3%; потребляемая мощность от источника питания при номинальной выходной мощности не более 0,75 Вт; напряжение источника питания 6 В.

В автомобильном режиме: номинальная выходная мощность §, максимальная (при 10% нелинейных искажениях) 5 Вт; чувствительность при номинальной выходной мощности 25 — 30 мВ, полоса усиливаемых частот 100 — 7100 Гц; коэффициент нелинейных искажений на частоте 1000 Гц не более 3%; напряжение источника питания 13,2 В.

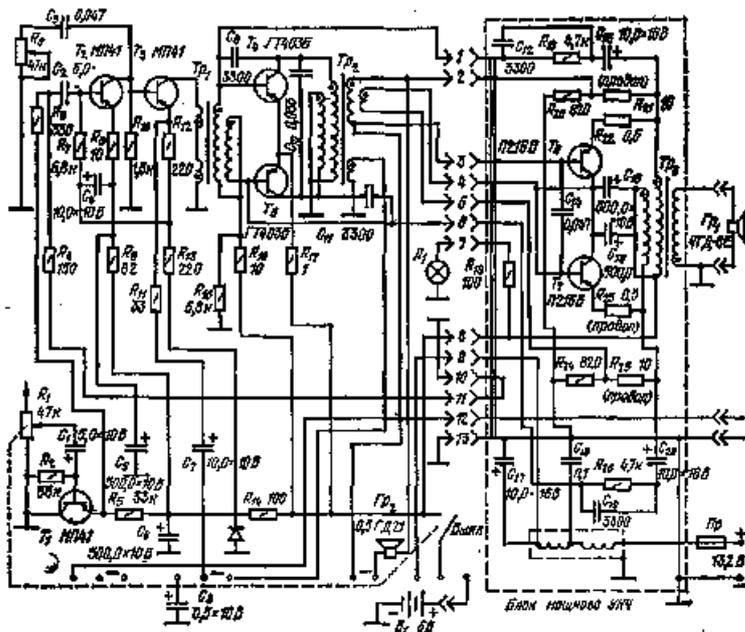


Рис. 5.6. Схема УНЧ автомобильно-переносного приемника «Урал-авто»

Усилитель состоит из двух блоков. Первый блок конструктивно совмещен с приемником и нагружен в переносном режиме на громкоговоритель $Гр_2$. Второй блок — усилитель мощности для работы в автомобильном режиме конструктивно разделен с приемником и находится в кассете внутри автомобиля. Усилитель подключается к радиоприемнику при помощи специального ножевого разъема при установке последнего в кассету. Громкоговоритель $Гр_1$, установленный в автомобиле, при помощи разъема постоянно подключен к мощному усилителю. Напряжение питания поступает на усилитель только при нахождении приемника в кассете через тот же ножевой разъем.

Маломощный усилитель построен на пяти транзисторах. Первый каскад является эмиттерным повторителем и служит в основном для согласования низкого входного сопротивления усилителя с относительно высоким выходным сопротивлением дробного детектора тракта УКВ приемника. Эмиттерный повторитель позволяет в определенной мере уравнивать выходные напряжения с АМ и ЧМ детекторов, которые сильно различались бы при нагрузке их на малое входное сопротивление усилителя. Второй и третий каскады (T_2 , T_3) представляют собой гальванически связанную двойку, нагруженную на согласующий фазоинверсный трансформатор. Аналогичные каскады были достаточно подробно описаны на примере других усилителей.

В оконечном каскаде усилителя переносного режима использовались транзисторы T_4 , T_5 (ГТ403Б), которые в дальнейшем были заменены на транзисторы ГТ402, обладающие меньшей зависимостью коэффициента усиления от тока коллектора. Усилитель в этом случае стал обладать более линейной амплитудной характеристикой, т. е. меньшими нелинейными искажениями. Усилитель имеет сложный выходной трансформатор, содержащий кроме обычных обмоток — дополнительные для обратной связи, которая вводится в эмиттер фазоинверсного каскада, и для связи с мощным оконечным каскадом в автомобильном режиме. Цепь ООС ЯцС₇ используется только при работе в переносном режиме и коммутируется специальным переключателем одновременно с переключателем антенны и источников питания. В автомобильном режиме действует другая цепь обратной связи R_{19} , C_{12} , C_{13} и C_{20} , R_{26} , C_{19} . Напряжение обратной связи подается с выходного трансформатора мощного усилителя автомобильного режима через ножевой разъем в базовые цепи оконечного каскада переносного режима. Такая сложная система коммутации характерна для автомобильно-переносных приемников, имеющих трансформаторный УНЧ, и вызвана тем, что использование в автомобильном режиме эксплуатации усилителя мощности с дополнительным трансформатором изменяет фазовую характеристику УНЧ в целом и заставляет изменять параметры цепей обратной связи для обеспечения устойчивой работы усилителя.

УНЧ автомобильно-переносного радиоприемника «Урал-авто-2». В отличие от УНЧ автомобильно-переносного радиоприемника «Урал-авто» описываемый усилитель конструктивно полностью размещен в основном корпусе радиоприемника. Такое решение стало возможным вследствие использования интегральной микросхемы и безтрансформаторного выходного каскада (рис. 5.7).

Особенностью усилителя является то, что его выходной каскад используется для работы как в переносном, так и в автомобильном режимах эксплуатации. При переходе из одного режима работы в другой меняется только напряжение питания УНЧ с 9 на 13,2 В. Для этого с радиоприемника снимается отсек с батареями и вставляется в специальную кассету, встроенную в лицевую панель автомобиля. Радиоприемник соединяется с кассетой ножевым разъемом, через который к усилителю подключается громкоговоритель $Гр_2$, подводится напряжение от аккумулятора автомобиля и подключается внешняя антенна.

Для повышения качества звучания, особенно в переносном режиме, когда радиоприемник работает на встроенный громкоговоритель $Гр_1$, в усилителе использована глубокая регулировка тембра, обеспечивающая подъем и завал частотной характеристики со стороны как верхних, так и нижних частот. В связи с этим для компенсации потерь в регуляторе

тембра в дополнение к усилителю на ИС добавлен предварительный усилительный каскад на транзисторе Г₆.

Электрические параметры усилителя в переносном режиме: номинальная выходная мощность 0,3, максимальная 0,5 Вт; чувствительность при номинальной выходной мощности 50 мВ; полоса воспроизводимых частот 200 — 10 000 Гц; пределы регулировки тембра 10 дБ; коэффициент нелинейных искажений на частоте 1000 Гц не более 1%; потребляемый ток при средней громкости 50 мА; напряжение источника питания 9 В.

В автомобильном режиме: номинальная выходная мощность 2, максимальная 4-5 Вт; полоса воспроизводимых частот 125 — 10 000 Гц; коэффициент нелинейных искажений на частоте 1000 Гц не более 1%; напряжение источника питания 13,2 В.

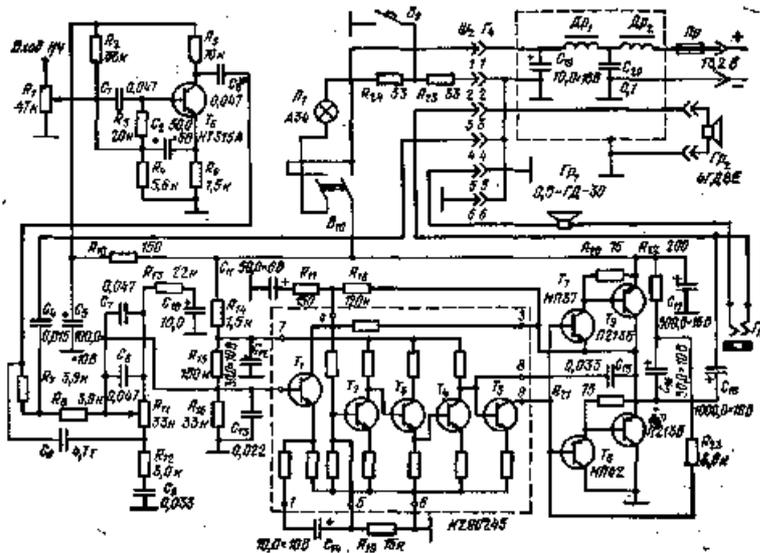


Рис. 5.7. Схема УНЧ автомобильно-переносного приемника «Урал-авто-2»

Оконечный усилительный каскад состоит из фазоинвертора на рааноплярных транзисторах Г₇ и Г₈, в выходных транзисторов Г₉,

Подробно схемы усилителей с использованием ИС будут рассмотрены в следующем разделе.

5.5. Усилители низкой частоты с применением интегральных схем

В автомобильных радиоприемниках выпуска последних лет нашли широкое применение гибридные и полупроводниковые ИС как в радиочастотных трактах, так и в УНЧ. В автомобильно-переносном радиоприемнике «Урал-авто-2» в УНЧ использована толстопленочная гибридная схема К2УС245, в автомобильной магнитоле АМ-301 и радиоприемниках А-271 и А-275 — тонкепленочная ИС К2УС372, в радиоприемнике А-373 — полупроводниковая ИС К174УН7.

Принципиальная схема ИС К2УС245 в составе УНЧ радиоприемника «Урал-авто-2» приведена на рис. 5.7. Аналогичное схемное построение имеет и ИС К2УС372, отличающаяся несколько большим коэффициентом интеграции из-за наличия в ней дополнительных трех резисторов.

Использование ИС не только сократило количество дискретных элементов, применяемых обычно в УНЧ, но и позволило значительно повысить качество звучания в результате улучшения технических характеристик усилителя, повысить стабильность параметров и снизить трудоемкость сборки и регулировки УНЧ.

Характерные особенности построения УНЧ рассмотрим на конкретных примерах.

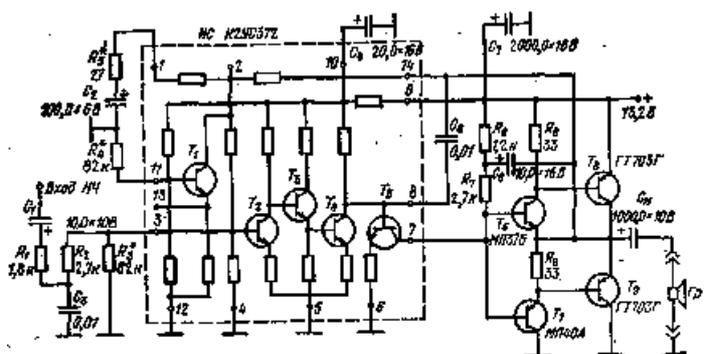


Рис. 5.8. Схема УНЧ магнитолы АМ-301

УНЧ автомобильной магнитолы АМ-301 (рис. 5.8). Усилитель собран на ИС типа К2УС372 и четырех транзисторах оконечного каскада, два из которых T_6 и T_7 работают в качестве фазоинвертора и два выходных T_8 , T_9 в качестве усилителя мощности.

Принципиальная схема ИС построена на пяти транзисторах T_1 — T_5 , гальванически связанных между собой. Транзистор T_1 , предназначен в основном для стабилизации режима по постоянному току транзистора T_2 , однако может одновременно использоваться и в качестве эмиттерного повторителя для повышения входного сопротивления каскада, как это сделано в УНЧ радиоприемника «Урал-авто-2» (рис. 5.7). В УНЧ автомагнитолы АМ-301 сигнал НЧ поступает на базу транзистора T_2 . Эмиттерный повторитель T_3 , предназначен для согласования каскадов по постоянному, току и выходному сопротивлению. В усилителе применена параллельная ООС по постоянному и переменному току с выхода УНЧ на базу транзистора T_2 через контакт 14 ИС.

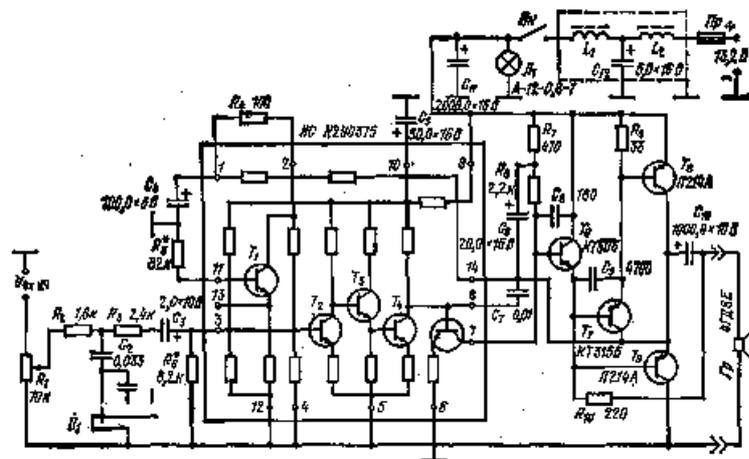


Рис. 5.9. Схема УНЧ приемников А-271 и А-275

Связь по постоянному току ставит рабочую точку транзистора T_2 таким образом, что напряжение на обоих плечах выходного каскада устанавливается одинаковым, равным половине напряжения питания. Из-за некоторого разброса параметров транзисторов может наблюдаться некоторая асимметрия по питанию выходных каскадов. Точное симметрирование обеспечивается подбором резисторов R_4 и R_5 . Глубину обратной связи по переменному току можно менять подбором сопротивления резистора R_6 , в некоторой степени регулируя общую чувствительность усилителя по напряжению. Из-за снижения входного сопротивления УНЧ при применении параллельной обратной связи на входе УНЧ ставятся дополнительные последовательные резисторы R_1 и R_2 для согласования по входному и выходному сопротивлениям детекторов приемника и УНЧ. Так как транзистор T_1 предназначен в основном для стабилизации режима УНЧ по постоянному току, его

использование в качестве согласующего эмиттерного повторителя может привести к росту собственных шумов усилителя, что часто и наблюдается в радиоприемниках «Урал-авто-2».

Электрические параметры усилителя: номинальная выходная мощность 3, максимальная 5 Вт; чувствительность при номинальной выходной мощности 30 — 60 мВ; полоса усиливаемых частот 100 — 10 000 Гц; коэффициент нелинейных искажений на частоте 1000 Гц не более 0,5%; напряжение источника питания 13,2 В.

Усилитель низкой частоты радиоприемников А-271 и А-275 (рис. 5.9). Усилитель отличается от усилителя автомагнитолы АМ-301 в основном построением выходного каскада.

Схема включения ИС различается лишь использованием в цепи обратной связи резистора R_t , подключенного параллельно внутреннему резистору ИС, для некоторого повышения коэффициента усиления УНЧ.

В оконечном усилителе изменена схема инвертирующего каскада. Сигнал НЧ с выхода ИС поступает на базу транзистора T_6 , работающего в качестве эмиттерного повторителя для одного из плеч усилителя мощности T_9 . С эмиттера T_6 сигнал поступает также на инвертирующий каскад T_7 , с коллектора которого сигнал поступает на второе плечо усилителя мощности T_8 .

Электрические параметры усилителя: номинальная выходная мощность 3, максимальная 4 Вт; чувствительность при номинальной выходной мощности 20 — 40 мВ; полоса воспроизводимых частот 100 — 10 000 Гц; коэффициент нелинейных искажений на частоте $f=1000$ Гц не более 1%; напряжение источника питания 13,2 В.

УНЧ радиоприемника А-373. Радиоприемник А-373 относится к III классу, и требования к его УНЧ менее жесткие, чем в А-271. Это позволило в УНЧ применить ИС типа К174УН7 (рис. 5.10).

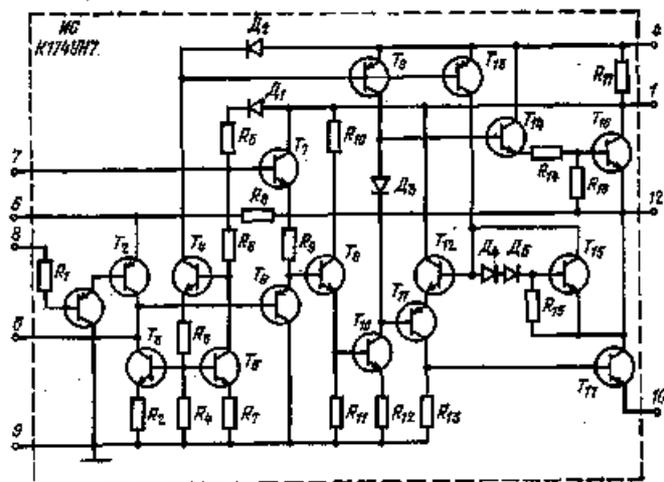


Рис. 5.10. Принципиальная схема ИС К174УН7

Входной каскад T_1 ИС представляет собой эмиттерный повторитель с большим входным сопротивлением (не более 100 кОм). С транзистором T_1 гальванически связан транзистор T_2 , нагрузкой которого является транзистор T_3 , представляющий собой динамическую нагрузку и обеспечивающий большое усиление входного каскада. С выхода транзистора T_2 сигнал поступает на вход усилительного каскада T_2 с динамической нагрузкой на T_7 , как и в первом каскаде. Далее сигнал поступает на транзисторы T_8 и T_{10} , охваченные небольшой ООС из-за нешунтированного сопротивления в цепи эмиттера $\Gamma_{\text{ш}}$. Коллекторной нагрузкой T_w служит транзистор T_9 (динамическая нагрузка), выполняющий одновременно функцию стабилизатора тока совместно с диодом D_3 . Сигнал с коллектора T_6 подается на вход квазикомплементарного оконечного каскада, верхнее плечо которого построено на двух каскадно включенных $n-p-n$ транзисторах (T_{14} и T_{16}), а нижнее плечо — на двух усилительных транзисторах T_{11} и T_{17} , первый из которых с генератором тока и эмиттерной цепи (T_{12} типа $p-n-p$) обеспечивает поворот фазы входного сигнала на 180° . Напряжения

смещения транзисторов T_{11} , T_{12} , T_{14} , T_{16} окончного каскада заданы диодами D_3 — D_5 и транзистором T_{15} . Через них протекают постоянные токи стабилизации, заданные диодом D_2 . В связи с этим напряжение смещения практически не зависит от питающего напряжения и имеет нужный закон изменения от температуры, что стабилизирует ток покоя окончных транзисторов.

Микросхема устанавливается на игольчатый радиатор, обеспечивающий необходимый теплоотвод от ИС при работе усилителя.

Схема УНЧ радиоприемника А-373 показана на рис. 5.11.

Электрические параметры усилителя: номинальная выходная мощность 2, максимальная 3 Вт; чувствительность при номинальной выходной мощности 30 мВ; полоса усиливаемых частот 100 — 7100 Гц; коэффициент нелинейных искажений на частоте $f = 1000$ Гц не более 2%; напряжение источника питания 13,2 В.

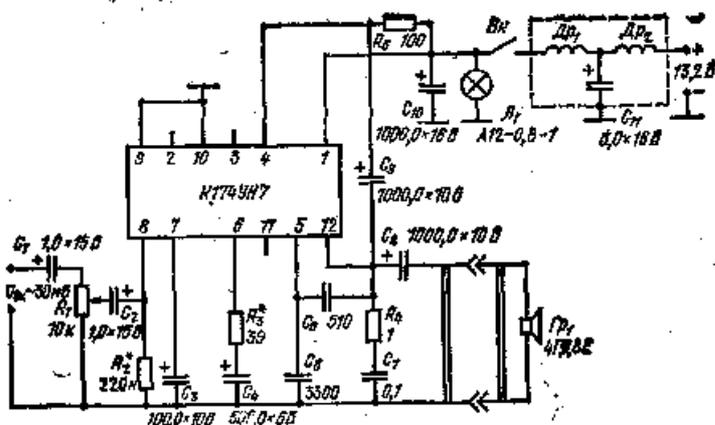


Рис. 5.11. Схема УНЧ приемника А-37.

Следует учесть, что полоса усиливаемых или воспроизводимых частот УНЧ приводится с учетом применяемых громкоговорителей. Потенциально все усилители, особенно с применением ИС, дают полосу до 12 000 — 16 000 Гц и более. Это обстоятельство требует внимательного подхода к монтажу усилителей, разводке печатных плат для исключения возможного самовозбуждения УНЧ. Это требование особенно относится к усилителям на полупроводниковых ИС.

Стерефонические УНЧ. Усилители для стерефонических автомобильных радиоприемников и магнитол по схемным решениям не имеют принципиальных отличий от обычных УНЧ. Особенностью таких усилителей является удвоенный потребляемый ток. Для исключения «завязки» по цепям питания, нередко возникающей при разряженных автомобильных аккумуляторах, в цепь питания усилителей необходимо вставить большую фильтрующую емкость. Дроссель-фильтра питания должен быть намотан более толстым проводом для уменьшения его сопротивления и соответственно уменьшения падения напряжения на нем. Монтаж усилителей выполняется таким образом, чтобы нежелательные связи между каскадами каналов были сведены к минимуму для обеспечения необходимых требований по переходному затуханию. Для компенсации разбросов по коэффициенту усиления каналов применяется регулятор баланса, обеспечивающий также уравнивание амплитуд выходных сигналов при их разбалансе в стереодекодере или предварительном УНЧ.

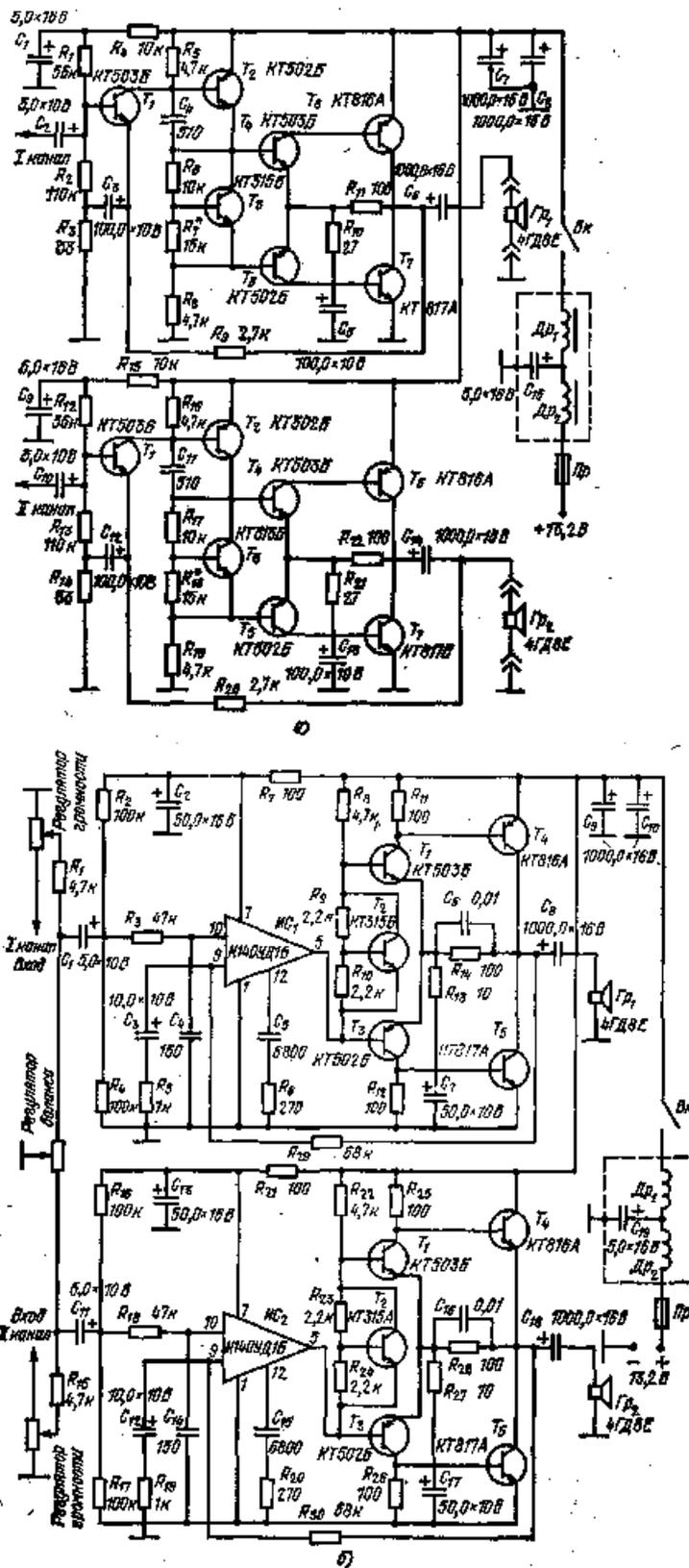


Рис. 5.12. Примеры построения стереофонических УНЧ для магнитола AM-W2

Примеры построения УНЧ стереофонических усилителей приведены на рис. 5.12. Вариант а выполнен полностью на транзисторах с выходными каскадами на KT816A и KT817A разнополярной проводимости, вариант б выполнен с использованием ИС типа K140УД1Б и транзисторных оконечных каскадов, аналогичных варианту а.

Глава 6

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ ТРАКТ

6.1. Система стереофонического вещания с полярной модуляцией поднесущей частоты

Развитие техники радиовещательного приема и акустики позволило коренным путем улучшить качество звуковоспроизведения. Монофонический радиоприемник, установленный в автомобиле, имеет широкую полосу частот, что позволяет воспроизводить весь звуковой диапазон при незначительных искажениях, но монофоническое воспроизведение звука заметно отличается от записываемых в студии программ. Совершенствование качества звучания заключается в приближении к естественности воспроизведения, т. е. в сохранении пространственной локализации. Этого эффекта можно добиться увеличением каналов связи, т. е. переходом от монофонии к стереофонии.

Исследования, проведенные в различных странах, показали, что салон автомобиля пригоден к прослушиванию стереопередач. Правильно расположенные громкоговорители позволяют прослушать стереоэффект во всем объеме салона автомобиля. При стереопередаче кроме стереоэффекта появляется новое качество, отсутствующее при прослушивании монофонических программ, — прозрачность звучания. При движении автомобиля шумы (от двигателя, вибраций, ветра, трения покрышек о дорожное покрытие) имеют большую суммарную величину, и выходной мощности, развиваемой УНЧ монофонического радиоприемника, при движении на больших скоростях бывает недостаточно для качественного прослушивания радиопередач.

В стереофонических радиоприемниках два УНЧ и общая выходная мощность увеличивается вдвое. Это дает возможность качественно прослушивать программу при любых режимах движения автомашины.

В настоящее время в мире используются в основном три системы стереофонического радиовещания в УКВ диапазоне: система с полярной модуляцией, система с пилот-тоном и система Берглунда (Швеция). Система с пилот-тоном принята в большинстве зарубежных стран. Система Берглунда находит ограниченное применение в некоторых Скандинавских странах. В СССР принята система с полярной модуляцией.

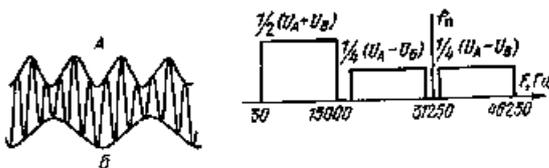


Рис. 6.1. Осциллограмма и спектр ПМК

В системе стереофонического радиовещания с полярной модуляцией несущая частота УКВ диапазона модулируется по частоте комплексным стереосигналом, представляющим собой полярно-модулированное колебание (ПМК) с частично подавленной поднесущей частотой. Полярно-модулированное колебание — это вспомогательная поднесущая частота 31,25 кГц, модулированная по амплитуде таким образом, что верхняя ее огибающая представляет собой сигнал А левого стереоканала, а нижняя огибающая — сигнал Б правого канала (рис. 6.1). Спектр ПМК (30 — 46 250 Гц) содержит НЧ часть, представляющую собой полусумму сигналов обоих каналов (что обеспечивает совместимость, т. е. возможность принимать стереопрограмму на обычный монофонический ЧМ приемник), и над-тональную часть — поднесущую частоту, амплитудно-модулированную полуразностью сигналов, дающую дополнительную стереоинформацию.

Для совместимости, т. е. получения одинакового уровня громкости при переходе с моно-на стереоприем, частично подавляется амплитуда поднесущей частоты. Это подавление жестко нормировано и составляет 14 дБ (5 раз). После частичного подавления поднесущей частоты образуется сложный сигнал, называемый комплексным стереосигналом (КСС). Максимальный коэффициент модуляции поднесущей частоты до ее подавления тоже нормирован и составляет 80%. После частичного подавления поднесущей на ее долю приходится только 20% максимальной девиации стереофоническим сигналом, т. е. 10 кГц. Остальные 40 кГц девиации остаются на передачу полезной информации. Спектр КСС показан на рис. 6.2. Этим сигналом модулируется несущая частота передатчика.

Для приема стереопередач в тракт радиоприемника дополнительно вводятся стереодекодер и второй УНЧ. Структурная схема стереофонического радиоприемника представлена на рис. 6.3.

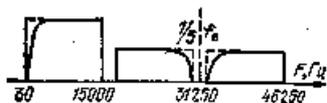


Рис. 6.2. Спектр комплексного стереосигнала

6.2. Характеристики стереофонического тракта

К радиовещательным стереофоническим радиоприемникам наряду с требованиями, предъявляемыми к обычным монофоническим (чувствительность, селективность, уровень статического ограничения и т. д.) добавляется ряд других требований, характеризующих качество радиоприема и воспроизведения стереофонических программ. К таким параметрам относятся: переходное затухание между каналами, подавление АМ в полосе модулирующих частот до 46 кГц, подавление надтональных частот, ширина полосы пропускания тракта по ПЧ и др.

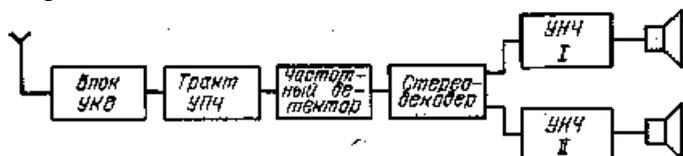


Рис. 6.3. Структурная схема стереофонического приемника

Переходное затухание. Основным фактором, позволяющим судить о «стереофоничности» тракта, является разделение стереоканалов. Нормируемое переходное затухание в децибелах представляет собой отношение амплитуды полезного сигнала в канале *Л* к амплитуде проникающего сигнала *В* в канал *А* при подаче входного сигнала только в канал *В*.

Ориентировочные требования к значениям переходных затуханий для автомобильных радиоприемников средней сложности составляют: на частоте 300 Гц — 20 дБ, на 1000 Гц — 25 дБ, на 5000 Гц — 20 дБ, на 10 000 Гц — 10 дБ.

Подавление АМ. Недостаточное подавление сопутствующей АМ увеличивает уровень шумов на выходе радиоприемника. Уровень шумов определяет минимально допустимое напряжение сигнала на входе радиоприемника, т. е. реальную чувствительность, и как следствие — зону уверенного приема радиопередач. При обычном монофоническом приеме шумы максимальны на верхних звуковых частотах и убывают в сторону нижних частот. Эти шумы легко могут быть снижены регулятором тембра, если они мешают при прослушивании радиопередачи. При стереоприеме шумы максимальны на нижних частотах и убывают в сторону верхних частот. Поэтому ограничение полосы пропускания со стороны верхних частот при стереоприеме меньше влияет на общий уровень шумов. Отсюда ясно, какое большое значение придается способности приемника подавлять сопутствующую АМ в стереофоническом радиоприемнике. Для полного подавления шумов достаточно подавить АМ при широкой полосе воспроизводимых частот лишь на 14 дБ. Однако это подавление

при стереоприеме должно иметь место во всем диапазоне надтональных модулирующих частот 16 — 46 кГц.

Подавление надтональных частот. В сетевых радиовещательных стереофонических радиоприемниках подавлять надтональные частоты (31,25 и 62,5 кГц) следует до 40 дБ. Такая высокая норма обусловлена необходимостью исключить интерференционные свисты, которые могут возникнуть при магнитной записи стереопередачи со стереодекодера радиоприемника. Ввиду того, что обычно запись на магнитофон с автомобильных радиоприемников не ведется, требование к подавлению надтональных частот в автомобильных приемниках значительно слабее и ограничивается нормой 20 — 26 дБ. Такое ослабление амплитуды надтональных частот достаточно, чтобы не перегружать УНЧ, в котором, как известно, с ростом частоты усиливаемых сигналов значительно растет потребляемый ток, особенно за пределами рабочих частот звукового диапазона.

Ширина полосы пропускания тракта ПЧ. Спектр модулирующих частот при стереопередаче занимает область втрое большую, чем при монопередаче. Поэтому для воспроизведения этого спектра без амплитудных и фазовых искажений полоса пропускания тракта ПЧ должна быть не уже 140 кГц. Более широкие полосы пропускания позволяют воспроизвести КСС с меньшими искажениями, однако значительное расширение полосы по ПЧ приведет к ухудшению селективности радиоприема по соседнему каналу, снизит его помехоустойчивость и реальную чувствительность. Поэтому максимальную полосу пропускания нецелесообразно делать более 180 — 190 кГц. Таким образом, полоса по ПЧ стереофонического радиоприемника должна составлять 140 — 190 кГц.

6.3. Особенности работы ВЧ тракта стереофонического радиоприемника

Одна из основных проблем при радиоприеме стереофонического сигнала — значительное увеличение уровня шумов по сравнению с монофоническим радиоприемом. Спектр КСС, как было указано, простирается до 46 кГц. Для неискаженного прохождения сигнала через ВЧ тракт и тракт ПЧ — ЧМ их суммарная полоса пропускания расширена до 180 — 190 кГц, частотный детектор должен пропускать сигнал с полосой модулирующих частот - до 46 кГц с завалом частотной характеристики не более 3 дБ. Эти обстоятельства приводят к ухудшению в стереофоническом приемнике отношения сигнал/шум на выходе детектора теоретически на 25 дБ по сравнению с монофоническим радиоприемником. Однако данное ухудшение отношения сигнал/шум проявляется в основном при малых уровнях входного сигнала, когда статическое ограничение и подавление сопутствующей АМ недостаточно эффективны. Источником дополнительного шума является разностный канал с полосой 16 — 46 кГц. Хотя человек практически не слышит частот, лежащих в этой полосе, спектральный состав шумов при детектировании стереодекодером перемещается в область более низких частот звукового диапазона и шумы становятся слышимыми. Ухудшение отношения сигнал/шум на выходе радиоприемника в целом составляет около 15 дБ. При повышении уровня входного сигнала эффективность ограничения и подавления АМ возрастает и уровень шумов резко падает, не доходя до уровня шума при монофоническом радиоприеме всего на 4 — 6 дБ. Качество работы радиоприемника при этом остается вполне удовлетворительным.

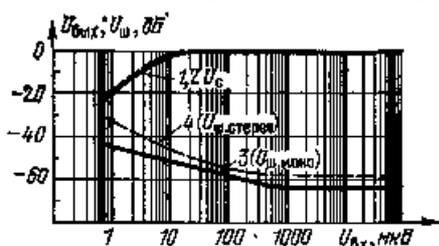


Рис. 6.4. Амплитудные характеристики сигнала и шума тракта ПЧ-ЧМ и для моно- и стереорежимов

На рис. 6.4 приведены сравнительные амплитудные характеристики тракта ПЧ для выходных уровней сигнала и шума при моно-и стереорадиоприеме. Из рис. 6.4 видно, что уровень шума на выходе детектора монофонического тракта резко снижается после перехода в режим ограничения и может достигать 55 — 65 дБ уже при входных сигналах, равных 20 — 30 мкВ (кривая 3). Для стереофонического тракта уровень шума в режиме ограничения на 4 — 6 дБ выше, чем для монофонического, и кривая его снижения в зависимости от уровня входного сигнала идет более полого, достигая своих минимальных значений обычно после 100 — 150 мкВ (кривая 4). Вследствие этого реальная чувствительность стереофонического радиоприемника (без принятия специальных мер) всегда в несколько раз хуже, чем монофонического.

Часто разработчики стремятся получить как можно большее усиление по тракту ПЧ, однако это целесообразно только до определенного предела. Излишнее усиление хотя и дает некоторое улучшение характеристик по статическому ограничению, однако приводит к появлению повышенного уровня шума при приеме слабых сигналов и фактически ухудшает качество работы радиоприемника. Усиление по тракту ПЧ необходимо выбирать таким, чтобы уровень шума при отсутствии входного сигнала был меньше на 26 — 30 дБ значения выходного сигнала в режиме ограничения (при девиации полезного сигнала +15 кГц). При этом реальная чувствительность радиоприемника будет определяться только шумами со входа блока УКВ. Ограничение в таком тракте ПЧ должно начинаться с $U_{вх} = 8-10$ мкВ, что является оптимальным значением. Если блок УКВ имеет усиление не менее 20 дБ, то ограничение в сквозном тракте будет с 0,7 — 1,0 мкВ. Это значение вполне удовлетворительно для автомобильных радиоприемников любого класса. При существующих коэффициентах шума транзисторов дальнейшее повышение усиления не дает выигрыша в улучшении реальной чувствительности приемника.

При конструировании тракта УКВ с такими высокими параметрами остро встает вопрос об обеспечении его электрической и конструктивной устойчивости. Часто бывает, что с уменьшением уровня входного сигнала из-за наличия в тракте ПОС полоса пропускания сужается. При 100%-ной модуляции (девиация составляет ± 50 кГц) возникают значительные искажения, проявляющиеся на слух как возрастание шума на фоне полезного сигнала. С уменьшением индекса модуляции шумы падают и при полностью снятой модуляции — исчезают совсем. Измеренное отношение U_s/U_m получается высоким, что создает ложное впечатление о хорошей реальной чувствительности радиоприемника. Характерный пример таких искажений при 100%-ной модуляции и слабом уровне входного сигнала, лежащем ниже порога ограничения, показан на рис. 6.5.

Радиоприемник с подобным трактом в реальных условиях эксплуатации будет работать неудовлетворительно. Прием радиостанций будет сопровождаться значительными помехами, возникающими из-за искажений полезного сигнала при провалах уровня поля радиостанции.



Рнс. 6.5. Искажения сигнала при узкой полосе пропускания тракта ПЧ

В правильно спроектированном приемнике форма протекти-рованного сигнала при 100%-ной модуляции должна быть без заметных искажений при любом уровне входного сигнала ниже порога ограничения. В зарубежной практике при контроле полезной чувствительности радиоприемника иногда оценивается не только соотношение сигнал/шум, но и коэффициент нелинейных искажений. Уровень входного сигнала, при котором искажения становятся ниже определенного значения, и принимается за уровень реальной чувствительности приемника. Такая методика оценки качества применима в большей степени к стереофоническим радиоприёмникам, так как широкой полосе пропускания модулирующих частот обеспечить высокую степень устойчивости тракта ПЧ значительно

труднее и требуется более углубленный контроль параметров, гарантирующих удовлетворительную работу радиоприемника.

6.4. Декодирование стереофонического сигнала

Декодирование стереофонического сигнала производится при помощи стереодекодера, устанавливаемого в радиоприемнике после частотного детектора. Стереодекодер преобразует КСС в ПМК (амплитуда поднесущей частоты восстанавливается на 14 дБ, одновременно восстанавливается прилегающая область НЧ спектра модулирующих колебаний) и детектирует его. После стереодекодера получаются два НЧ сигнала (каналы А и Б). Детектирование сигнала ПМК может производиться тремя способами: по огибающей (полярное детектирование), с разделением спектров (суммарно-разностное детектирование) и с временным разделением каналов (временное стробирование ПМК).

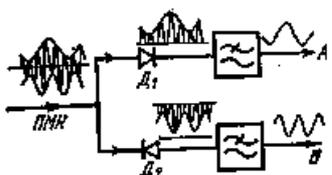


Рис. 6.6. Принцип работы полярного детектора

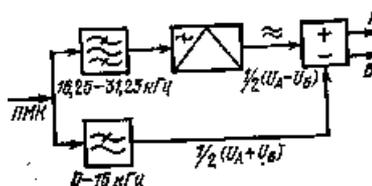


Рис. 6.7. Структурная схема суммарно-разностного декодера

Принцип работы стереодекодера по методу полярного детектирования показан на рис. 6.6. На вход стереодекодера подается ПМК. Напряжение положительных полупериодов поднесущей частоты, представляющих собой информацию канала Л, выделяется одним диодом, а напряжение отрицательных полупериодов — канал 5 — другим диодом, включенным в противоположной полярности. Таким образом, на выходах полярного детектора вырабатывается НЧ сигналы (каналы А и Б) и гармоники поднесущей частоты, которые должны подавляться НЧ фильтрами. По схемной реализации этот принцип детектирования самый простой, однако некоторые недостатки, присущие этому методу, и прежде всего нелинейные искажения на высоких частотах звукового диапазона не позволили ему найти широкого распространения в реальных моделях радиоприемников.

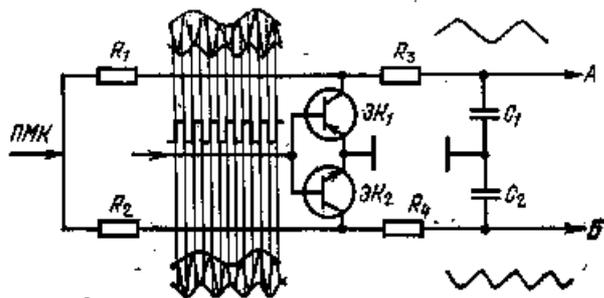


Рис. 6.8. Принцип работы ключевого декодера

Структурная схема детектирования с разделением спектров (для варианта с присутствием полезного сигнала только в одном из каналов) приведена на рис. 6.7. Сигнал ПМК проходит через полосовой фильтр, и на нагрузке фильтра выделяется АМ колебание, огибающая которого представляет собой полуразность НЧ каналов. Выделенное полосовым фильтром АМ колебание детектируется обычным АМ детектором. Сигнал тональной НЧ части спектра выделяется ФНЧ и представляет собой полусумму НЧ каналов. Оба сигнала (полуразность и полусумма) поступают на вход суммирующе-вычитающего устройства, на выходе которого получаются два НЧ сигнала (каналы А и Б). Достоинства этого метода детектирования: отсутствие специфических искажений, имеющих при детектировании по огибающей, высокая устойчивость к перемодуляции поднесущей, так как детектированию подвергается

только надзвуковая часть спектра, коэффициент модуляции которой обычно невелик. К недостаткам можно отнести повышение уровня шума при слабых входных сигналах ввиду детектирования в разностном канале шумов надтональной части спектра. Вследствие этого при приеме монофонических передач стереодекодер целесообразно отключать.

В стереодекодере, построенном по принципу временного разделения каналов, одним из основных элементов является электронный ключ, поэтому такие стереодекодеры называются ключевыми (рис. 6.8). В качестве электронных ключей применяются большей частью транзисторы, пропускающие попеременно положительную или отрицательную волну ПМК и управляемые прямоугольными импульсами, синхронизированными с поднесущей частотой. Пусть на вход схемы подано ПМК, а на вход электронных ключей — прямоугольные импульсы, ширина которых составляет не более полупериода поднесущей частоты и синхронизированные с поднесущей частотой таким образом, что их начальная фаза совпадает с началом полупериода поднесущей. Так как в качестве электронных ключей выбраны разнополярные транзисторы, то возрастающий фронт импульса будет закрывать верхний ключ и открывать нижний, а спадающий фронт — открывать верхний ключ и закрывать нижний. В этом случае на выходе электронных ключей получим последовательность прямоугольных импульсов, амплитуды которых будут повторять значения ПМК для каждой точки соответственно для верхней и нижней огибающей, т. е. НЧ каналов *A* и *B*.

При использовании однополярных транзисторов в качестве электронных ключей прямоугольные импульсы на их входы должны подаваться одновременно и в противоположной полярности. Наиболее сложная задача в таком декодере — получение импульсов, синхронизированных с поднесущей частотой. Ими могут быть импульсы мультивибратора, частота которого равна частоте поднесущей и синхронизированного ею, а также сигнал поднесущей частоты, восстановленный, усиленный и ограниченный с обеих сторон до получения прямоугольных импульсов. С точки зрения получения высоких переходных затуханий между каналами желательно, чтобы ключевые импульсы по ширине были значительно уже полупериода поднесущей частоты. Однако получение таких импульсов связано со значительными техническими трудностями. Более часто встречается метод коммутации «широкими» импульсами, при этом для улучшения переходных затуханий используется способ компенсации проникновения, заключающийся в замешивании в сигнал одного из каналов части противофазного сигнала другого канала.

При монофоническом радиоприеме для выключения такого стереодекодера достаточно прекратить подачу импульсов на ключи, если они подаются от синхронизированного генератора (мультивибратора). Если ключевые импульсы формируются из восстановленной поднесущей частоты, то при моносигнале, когда отсутствует поднесущая частота, на ключи не подаются импульсы временного разделения каналов и декодер автоматически работает в монофоническом режиме. Такие режимы работы стереодекодера характерны для стационарных условий. При движении автомобиля, когда уровень входного сигнала резко меняется в зависимости от электромагнитной обстановки, процессы, протекающие в стереодекодере, значительно усложняются. Ослабление уровня сигнала приводит к росту шумов на выходе детектора. Если уровень собственных шумов приемника велик, часть из них, попадающая в полосу надтональных частот, выделяется контуром восстановления поднесущей частоты в виде хаотических импульсов и попадает в цепи синхронизации генератора ключевых импульсов или в усилитель-ограничитель и далее на ключи декодера. При этом ключи могут хаотически открываться, создавая на выходе радиоприемника неприятные дробные шумы, резко ухудшающие качество радиоприема. Девиация поднесущей частоты в КСС составляет 10 кГц, или 1/5 часть полной девиации полезным сигналом. Для исключения возможности открывания ключей шумами необходимо, чтобы их уровень не превышал напряжения сигнала самой поднесущей частоты. Другими словами, уровень собственных шумов на выходе радиоприемника желательно иметь не выше минус 14 дБ по отношению к уровню выходного сигнала при 100%-ной модуляции.

Снижение общего уровня шума по ПЧ и со входа блока УКВ для стереофонического радиоприемника приобретает большое значение, так как позволяет улучшить его реальную чувствительность. Если таких соотношений достичь не удастся, то необходимо на выходе частотного детектора устанавливать ФНЧ с автоматически изменяемой полосой пропускания в зависимости от уровня входного сигнала или шумов на выходе детектора. Если по каким-либо причинам уровень сигнала снизится и увеличатся шумы, фильтр обеспечит завал высоких частот и соответственно шумов до такой степени, что они не будут оказывать существенного влияния на качество радиоприема. При этом поднесущая частота будет ослабляться и радиоприемник перейдет в монофонический режим. Таким образом, в схему радиоприемника вводится автоматическое управление режимом работы стереодекодера.

Практические схемы стереодекодеров. Выбор стереодекодера для автомобильных радиоприемников определяется во многом спецификой работы приемника в реальных условиях эксплуатации, особенностями его конструкции, габаритами, диапазоном рабочих температур.

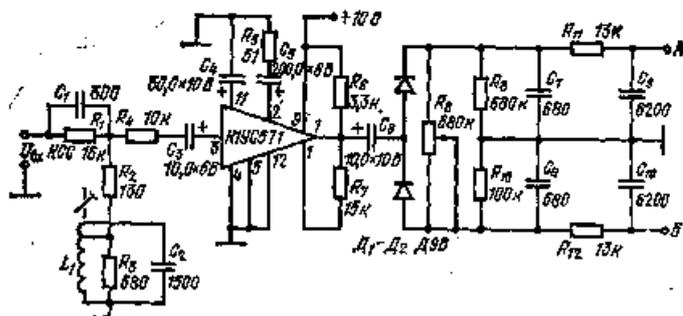


Рис. 6.9. Электрическая схема полярного детектора

Важными требованиями являются малые габариты и температурная стабильность его параметров: В таких условиях весьма заманчиво применять полярный декодер, так как он обладает малыми габаритами, стабилен в работе и прост в настройке. Недостаток полярного декодера, как указывалось, — повышенные нелинейные искажения в области верхних звуковых частот, хотя в реальной передаче коэффициенты модуляции на верхних частотах малы.

Принципиальная схема полярного декодера приведена на рис. 6.9. Стереодекодер включает в себя контур L_1C_1 восстановления поднесущей частоты, которая была частично подавлена в передатчике, цепи коррекции предыскажений R_2 и R_3 , цепь компенсации завала поднесущей частоты после частотного детектора R_4 C_7 приемника. К контуру восстановления поднесущей частоты предъявляются жесткие требования по добротности ($Q=100$) и стабильности частоты настройки, которая определяет качество работы и параметры стереодекодера — переходные затухания, коэффициент нелинейных искажений. Индуктивность катушки контура не должна изменяться при колебаниях температуры и влажности воздуха более чем на 0,2%. Этими требованиями и определяется конструкция катушки, которая может быть изготовлена на броневом ферритовом сердечнике с высокой магнитной проницаемостью $\mu=1500$ -г-2000. Конденсатор контура C_2 должен быть высокостабильным, лучше всего слюдяным. Для получения относительно малых нелинейных искажений при амплитудном детектировании сигнала применен дополнительный усилитель на ИС K1UC571.

Электрические параметры стереодекодера: переходные затухания на частоте 300 Гц — 25, 1000 Гц — 30, 5000 Гц — 20, 10 000 Гц — 16 дБ, коэффициент нелинейных искажений на частоте 366 Гц — γ , 1000 Гц — 2, 5000 Гц — 4,5%; подавление надтональных частот (31,25 кГц) 24 дБ. Такие электрические параметры допустимы в самых простых автомобильных стереофонических радиоприемниках. Главным недостатком приемника с таким декодером является неудовлетворительная реальная чувствительность, составляющая 40 — 50 мкВ из-за резкого возрастания шумов.

Более высокими электрическими параметрами обладает декодер с разделением спектров (рис. 6.10). Особенность данного декодера — восстановление ПМК с помощью контура L_1C_3 в коллекторной цепи каскада T_2 , использующего ПОС для повышения добротности контура при формировании ПМК (за счет введения обратной связи, катушкой L_1 , индуктивно связанной с L_2). Глубина ПОС подбирается шунтированием контура подстроечным резистором R_7 . Низкочастотная часть спектра ПМК ослабляется из-за малой емкости конденсатора связи C_5 . Дальнейшее ослабление звуковой части ПМК происходит в первичной обмотке трансформатора Tr_1 , включенного в коллекторную нагрузку транзистора T_3 . Вторичная обмотка трансформатора нагружена на детектор, выполненный по мостовой схеме. Выходной сигнал разностного канала поступает на суммирующую схему, состоящую из резисторов $R_{17} — R_{20}$. Сюда же через ФНЧ Ян, C_7 и R_{22} , C_9 поступает сигнал суммарного канала, снимаемый с коллекторной нагрузки транзистора T_1 . Резисторы R_{17} и R_{19} позволяют установить необходимые соотношения суммарного и разностного сигналов, попадающих на выход схемы.

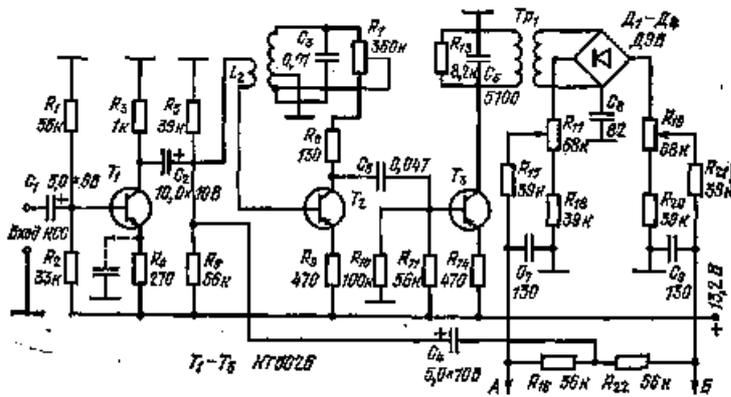


Рис. 6.10. Электрическая схема суммарно-разностного стереодекодера

При ослаблении верхних частот КСС после частотного детектора к цепи эмиттера T_1 целесообразно подключить конденсатор, обеспечивающий необходимую компенсацию потерь (5 тыс. — 30 тыс. пФ). Этим способом можно улучшить переходные затухания в стереодекодере. Такой декодер позволяет получить переходное затухание между стереоканалами не ниже 30 дБ в диапазоне частот 300 — 10 000 Гц при коэффициенте нелинейных искажений не более 1%, однако при этом сохраняются повышенные шумы из-за их вторичного детектирования в разностном канале. При приеме монофонических передач выходы стереодекодера необходимо запараллеливать, так как при этом шумовые составляющие будут складываться в про-тивофазах и значительно ослабляться.

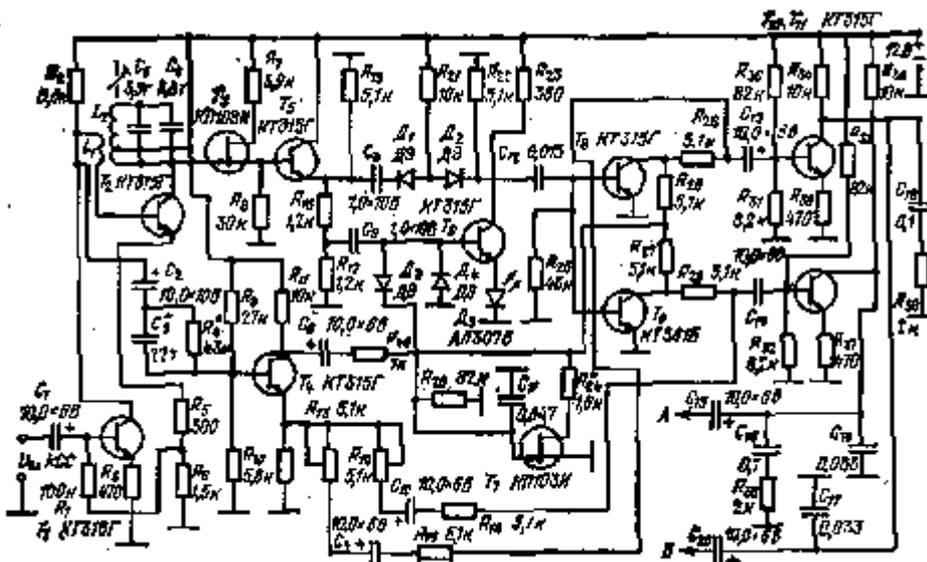


Рис. 6.11. Схема ключевого стереодекодера без восстановления формы ПМК

Ключевые стереодекодеры имеют более сложные схемно-технические решения, но, несмотря на это, постепенно завоевывают все большую популярность. На рис. 6.11 изображена принципиальная схема ключевого стереодекодера, в котором использован способ декодирования КСС без восстановления формы ПМК. Комплексный стереоканал с подавленной на 14 дБ поднесущей частотой поступает на вход транзистора T_1 , а с его коллектора — на каскад выделения поднесущей частоты (31,25 кГц) на транзисторе T_2 и каскад коррекции КСС (цепь R_4 , C_5 и транзистор T_4). Цепь R_4 , C_5 компенсирует завал высоких частот, возникающий после частотного детектирования в тракте ПЧ-ЧМ. При настройке стереодекодера подбором элементов этой цепи добиваются получения «линейки» КСС на входе транзистора T_4 на частотах 300 и 1000 Гц. Двойка транзисторов T_1 и T_2 построена на схеме с гальванической связью для стабилизации режимов по постоянному току. Нагрузкой T_2 является контур восстановления поднесущей частоты. По переменному току на частоте настройки контура (31,25 кГц) введена ПОС для умножения добротности контура и сужения его полосы пропускания. Поскольку контур используется только для восстановления поднесущей частоты, нет необходимости точно выдерживать его добротность ($Q \neq 100$). Необходимая глубина ПОС (чтобы каскад не возбуждался) подбирается резистором R_6 в цепи эмиттера транзистора T_2 .

Конденсаторы C_3 и C_4 в контуре восстановления поднесущей частоты подбираются с противоположными знаками температурных коэффициентов емкости для обеспечения необходимой температурной стабильности.

Сигнал выделенной поднесущей частоты усиливается и ограничивается транзисторами T_3 , T_5 и диодами D_1 и D_2 так, что на вход разнополярных электронных ключей T_8 и T_9 приходят прямоугольные импульсы, совпадающие по фазе с поднесущей частотой. Комплексный стереосигнал с коллектора транзистора T_4 через резисторы R_{15} и R_{18} вводится в коллекторы транзисторных ключей T_8 и T_9 . Использование разнополярных транзисторов в качестве ключей позволило одним прямоугольным импульсом открывать один канал и закрывать другой, т. е. временно разделять стереосигнал на два НЧ канала A и B . Так как ключи управляются «широкими» импульсами, то переходное затухание между каналами A и B без применения компенсации получается низким. Доля проникновения сигнала канала A в канал B может достигать 30%, т. е. в данном случае переходное затухание будет составлять около 10 дБ. Для компенсации переходов с эмиттера транзистора T_4 снимается противофазное напряжение, которое вводится через резисторы R_{15} и R_{18} в каналы A и B . Точное значение необходимой компенсации подбирается подстроечными резисторами R_{13} и R_{14} . Сигналы каналов A и B поступают на усилительные каскады Гц и T_n в коллекторных нагрузках которых установлены цепи R_{38} , C_{16} и R_{39} , Си для компенсации потерь на нижних звуковых частотах, которые имели место вследствие отсутствия восстановления ПМК при детектировании.

При наличии стереосигнала импульсы поднесущей частоты с эмиттера транзистора T_5 поступают на диод D_3 и открывают транзистор T_6 , в эмиттерной цепи которого включен светодиод D_5 , сигнализирующий о наличии стереопередачи. Те же импульсы закрывают полевой транзистор T_7 , который в стереорежиме не подгружает цепь передачи КСС.

При монофоническом сигнале импульсы поднесущей частоты отсутствуют и ключи находятся в закрытом состоянии. Полезный сигнал через транзисторы T_1 , T_4 и ключи проходит на усилительные каскады T_{10} и T_{11} без каких-либо изменений. Стереодекодер работает в монофоническом режиме. При этом из-за отсутствия на затворе транзистора T_7 постоянного напряжения он находится в открытом состоянии и подгружает цепь сигнала своим сопротивлением перехода сток — исток, выравнивая выходные напряжения в режимах работы «моно» и «стерео» (при моносигнале выходное напряжение суммарного канала в 2 раза выше). Точное выравнивание уровней сигналов осуществляется подбором резистора R_{24} . На выходе усилительных каскадов T_{10} и T_{11} установлены конденсаторы C_{17} и C_{19} ,

составляющие с внутренним сопротивлением транзисторов - постоянные времени 50 мкс для компенсации предыскажений, вводимых в передатчике.

Другая схема ключевого стереодекодера с восстановлением ПМК приведена на рис. 6.12. Сигнал с выхода частотного детектора поступает на вход $ИС_1$, в цепи обратной связи которой включена цепь R_z, C_3, C_4 , формирующая ПМК из КСС.

С выводов 8, 9 $ИС_1$ сигнал подается на разнополярные ключи T_4, T_5 , которые из ПМК выделяют сигналы каналов А и 5. С инверсного выхода 11 $ИС_1$ подается напряжение для компенсации переходных затуханий в каналах.

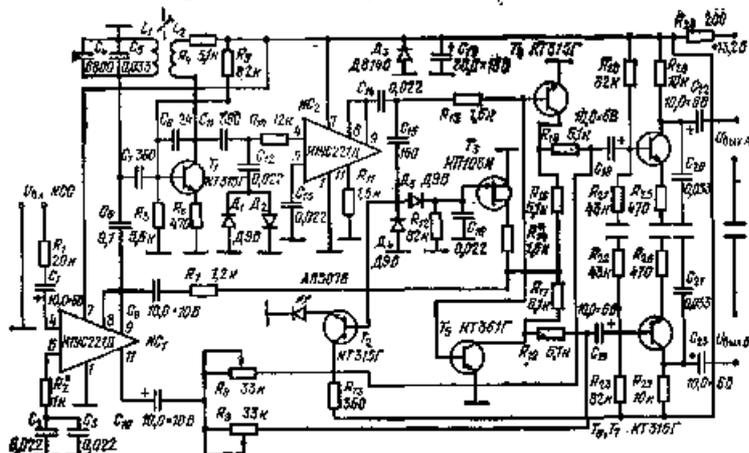


Рис. 6.12. Схема ключевого стереодекодера с восстановлением формы ПМК

Напряжение поднесущей частоты снимается с выхода $ИС_1$ и через конденсатор C_6 подается на каскад выделения поднесущей частоты, собранный на транзисторе T_1 , с которого поднесущая подается на усилитель-ограничитель, собранный на $ИС_2$. С выхода ограничителя прямоугольные или близкие к этой форме импульсы подаются на базы транзисторных ключей. Транзистор T_3 выравнивает уровни сигналов в режимах работы «моно» и «стерео». В остальном схема работает аналогично предыдущей.

Электрические параметры стереодекодера: переходные затухания на частоте 50 Гц — 20; 300 Гц — 36, 1000 Гц — 36, 5000 Гц — 36, 10 000 Гц — 30 дБ; коэффициент нелинейных искажений на частоте 300 Гц — 0,3 — 0,5, 1000 Гц — 0,3 — 0,5, 5000 Гц — 0,5 — 1,0%; подавление поднесущей частоты на выходе 26 — 30 дБ, уровень входного сигнала суммарного канала 70 — 100 мВ.

6.5. Автоматическое управление режимами работы стереодекодера

Описанные ключевые стереодекодеры имеют то преимущество, что в монофоническом режиме не производят вторичного детектирования шумов. Реальная чувствительность радиоприемника со стереодекодером и без него будет оставаться одинаковой. Это положение справедливо до тех пор, пока шумы, проникающие со входа тракта и проходящие через канал выделения поднесущей частоты, не достигают значений, достаточных для открывания ключей. Если уровень шумов превышает порог срабатывания ключей, на выходе приемника прослушиваются помехи, аналогичные процессам в других типах стереодекодеров. Эти процессы проявляются при малых уровнях входных сигналов, при которых подавление АМ в радиоприемнике работает неэффективно. Такая же картина наблюдается при слабых уровнях входных стереосигналов, при которых уровень выделяемой поднесущей частоты достигает порога открывания ключей. Это особенно характерно для автомобильных радиоприемников, часто работающих в условиях резкопеременного по амплитуде поля.

Качество радиоприема на стереофонический приемник при слабых уровнях поля становится неудовлетворительным, сужается зона уверенного приема передач.

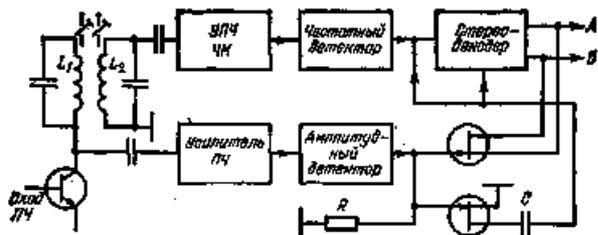


Рис. 6.13. Структурная схема автоматического переключения в режим «моно» от уровня входного сигнала

Для улучшения качества радиоприема приходится применять дополнительные технические решения, устраняющие или ослабляющие перечисленные недостатки. Одно из таких решений автоматический перевод радиоприемника в монофонический режим при сигналах, меньших определенного, заранее заданного уровня (рис. 6.13).

При наличии несущей частоты с контура ПЧ тракта ПЧ снимается ВЧ напряжение, которое усиливается специальным каскадом, детектируется амплитудным детектором и в виде постоянного напряжения поступает на управляющий элемент, в данном случае полевой транзистор. Переход сток — исток полевого транзистора может использоваться для запараллеливания каналов *A* и *B* стереодекодера, шунтирования контура восстановления поднесущей частоты, закрывания разностного канала и т. д. При наличии сигнала транзистор находится в закрытом состоянии и не оказывает какого-либо заметного воздействия на подсоединенные к точкам сток — исток участки схемы. Если сигнал отсутствует или падает ниже определенного уровня, переход сток — исток шунтирует схему и тем самым переводит устройство в монофонический режим.

Это решение лишь частично решает вопрос, так как не все виды помех определяются значительным снижением уровня поля. Наиболее резкое ухудшение качества стереофонического радиоприема наблюдается при воздействии помех многолучевого распространения (см. гл. 4). На вход радиоприемника обычно приходит несколько лучей, в простейшем случае два — прямой и отраженный. Каждый луч имеет различные потери и свою задержку по времени из-за различной длины пройденного пути. Складываясь на входе приемника эти сигналы создают результирующее колебание, отличное от первых двух по фазе и амплитуде. Картина еще более усложняется при УКВ приеме в движущемся автомобиле. В условиях быстрого и нерегулярного изменения поля, сопровождающего движущийся автомобиль, картина фазовых и амплитудных соотношений в принимаемом сигнале постоянно меняется. Как было отмечено, фазовые сдвиги имеются не только по несущей частоте, но и по модулирующим частотам входящих сигналов.

Фазовый сдвиг между несущими частотами колеблется от 0 до $(2n-1)\pi$, где n — 1, 2, 3 ... в зависимости от разности хода прямого и отраженного лучей. При совпадении фаз амплитуда суммарного сигнала увеличивается и принимает максимальное значение. При фазовых сдвигах, близких к π , амплитуда суммарного сигнала минимальна. Если амплитуды прямого и отраженного сигналов равны между собой, то амплитуда суммарного сигнала может колебаться от $2U$ до 0. Однако это случается относительно редко, так как обычно на входе радиоприемника действуют несколько отраженных сигналов и вероятность такого положения, при котором амплитуды и фазы приведут к полному подавлению сигнала, весьма мала. Тем не менее глубина паразитной амплитудной модуляции может достигать 50 — 80% и более. Все современные автомобильные радиоприемники строятся с глубоким статическим ограничением, начинающимся практически с 0,5 — 1,0 мкВ, и при дальнейшем увеличении уровня сигнала напряжение на выходе приемника не меняется. Если в радиоприемнике нет условий возникновения паразитной АМ (например, не имеется селективных цепей после ограничителя), то можно считать, что АМ, возникшая от многолучевого приема, полностью

уничтожена ограничением и не окажет какого-либо существенного воздействия на качество радиоприема.

Однако остается паразитная фазовая модуляция. Наиболее опасным является момент, когда фазовый сдвиг между прямым и отраженным сигналами равен $(2n+1)\pi$. При сдвигах фаз, равных нечетному числу π , возникает выброс частоты (изменение мгновенной частоты) [5]. Отношение амплитуд прямого и отраженного сигналов $K=U_{c.отп}/U_{c.прям}$ может изменяться в широких пределах при движении автомобиля. Если при этом K приближается к единице в восходящем порядке, то изменение мгновенной частоты получает форму импульса отрицательной полярности, максимальная амплитуда которого стремится к бесконечности и, следовательно, максимальное частотное отклонение стремится к бесконечности. При приближении K к единице в нисходящем порядке полярность импульсов меняется на противоположную. Эти импульсы модулируют по частоте несущую поступающего на вход радиоприемника результирующего колебания. Частота следования импульсов зависит от фазовых сдвигов модулирующих частот.

Для модулирующих частот разность фаз при одной и той же задержке одного из сигналов не равна разности фаз для несущих частот и различна для каждой из частот модуляции. Чем выше частота модуляции, тем больше фазовый сдвиг между модулирующими частотами в зависимости от разности хода прямого и отраженного сигналов. В стереофонических сигналах спектр модуляции простирается до 46,5 кГц, поэтому фазовые сдвиги надтональных частот достигают значительных значений (см. рис. 4.1). Следует отметить, что чем больше разность хода лучей, тем больше затухание отраженного (задержанного) сигнала.

При детектировании суммы двух (или более) сигналов, имеющих одну и ту же несущую частоту и модулированных сигналами одной и той же частоты, но с различной фазой, на выходе частотного детектора будут появляться гармоники сигнала модуляции. Чем больше сдвиг фаз, тем больше амплитуда возникающих гармоник. Поскольку сдвиги фаз у высших частот модуляции (особенно у надтональных частот) значительно больше, чем у низких звуковых частот, то и амплитуды гармоник высших частот значительно больше и время их возникновения при приближении к условиям неблагоприятных соотношений более раннее, чем для звукового диапазона частот. При движении автомобиля на скорости проскакивает неблагоприятные зоны и возникающие помехи и искажения носят импульсный характер и проявляются на слух различного рода щелчками и шорохами. Если автомобиль остановить в такой зоне, то радиоприем может сопровождаться значительными искажениями и хрипами.

Природа возникновения этого вида помех одинакова как для монофонического, так и для стереофонического радиоприема. Однако в монофоническом радиоприемнике полоса пропускания тракта после частотного Детектора обычно ограничена 10 — 12 кГц и поэтому высшие гармоники подавлены и оказывают меньшее влияние на искажения в звуковой полосе частот. Сдвиг фаз на низких частотах мал и, следовательно, вносит меньше искажений. Точек поля радиостанции, имеющих благоприятные возможности для возникновения значительных искажений при монофонической радиопередаче, получается меньше и, следовательно, качество радиоприема выше.

При стереофоническом радиоприеме, как отмечалось ранее, полоса пропускания после детектора значительно шире (46,5 кГц), поэтому условия возникновения высших гармоник более благоприятны и возникающие искажения достигают больших значений, резко снижающих качество радиоприема. Количество пораженных точек при стереоприеме резко возрастает, и радиоприем без принятия специальных мер становится неудовлетворительным.

Так как гармоники надтональных частот возникают раньше, чем искажения в звуковом диапазоне, то это обстоятельство может быть использовано для автоматического управления переключением радиоприемника в монофонический режим до момента возникновения значительных искажений звука и, следовательно, для ослабления влияния многолучевого распространения.

Ослабление гармонических искажений при многолучевом приеме может быть достигнуто в результате значительного сужения полосы пропускания по низкой частоте, т. е. в

результате резкого снижения амплитуды высших гармонических составляющих сигнала. При монофоническом радиоприеме интегрирующая цепь, установленная после частотного детектора, (позволяет снизить нелинейные искажения, так как подавляет высшие гармонические составляющие. Чем больше постоянная времени интегрирующей цепи, тем уже полоса пропускания по НЧ, тем меньше искажений и соответственно помех на выходе радиоприемника.

Однако значительное сужение полосы воспроизведения само по себе ухудшает качество звучания радиоприемника. Поэтому такая цепь должна работать только во время действия помехи, т. е. в моменты приема близких по амплитуде несущих и различных по фазе модулирующих частот.

Для стереофонического радиоприемника сужение полосы пропускания после частотного детектора делает невозможным прием стереофонической передачи, так как при этом подавляется несущая частота КОС. Наиболее целесообразен перевод работы, приемника в монофонический режим только на моменты воздействия помехи от многолучевого распространения (МЛР) волн.

Практическая схема тракта ПЧ — ЧМ автомобильного радиоприемника с автоматическим переводом в монофонический режим при воздействии помех от многолучевого распространения представлена на рис. 6.14. Тракт ПЧ построен на транзисторе T_1 и интегральной микросхеме. Особенность микросхемы — наличие в частотном детекторе двух выходов НЧ, один из которых используется непосредственно для подачи сигнала на стереодекодер, а другой — яв схему автоматического перевода в монофонический режим. Это полностью обеспечивает разделение управляющей и управляемой цепей, что улучшает эффективность регулировки и снижает потери полезного сигнала на развязывающих элементах, которые необходимо ставить при наличии только одного выхода с детектора.

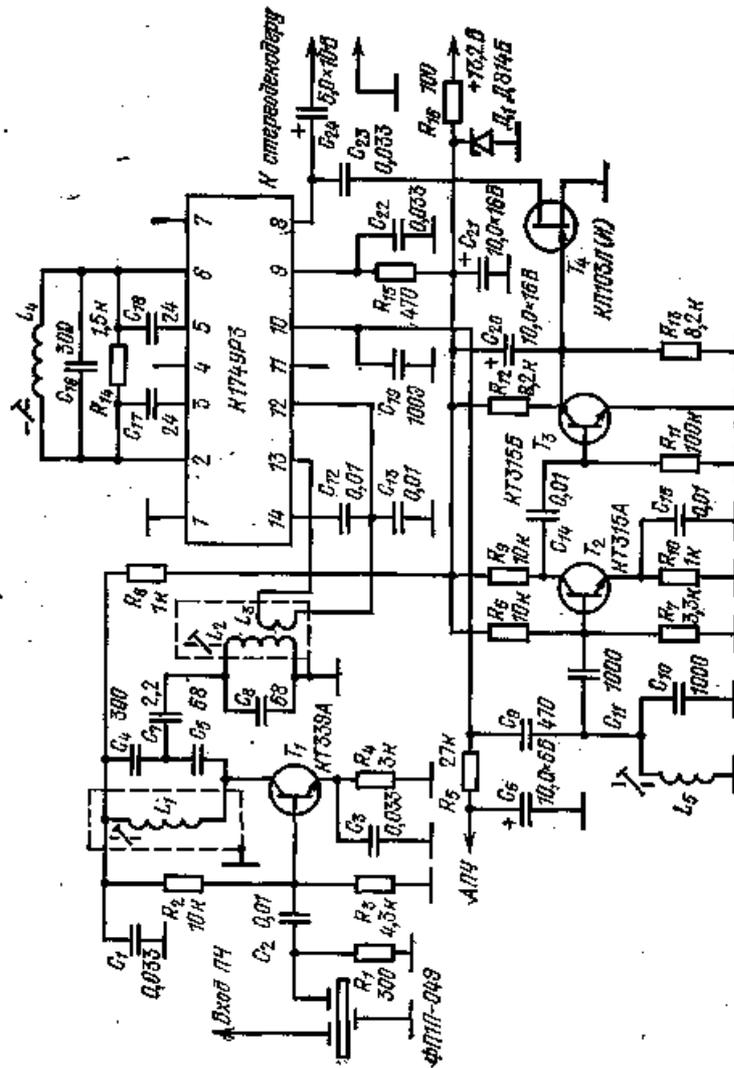


Рис. 6.14. Схема ПЧ-ЧМ с системой автоматического переключения в режим «мово» от помех МЛК

Гармоники иоднесущей частоты 31,25 кГц и других надтональ-ных частот, возникающие при многолучевом распространении и лежащие и полосе частот 60 — 90 кГц, поступают с выхода 10 микросхемы на обостряющий контур L_5C_{10} и далее на усилительный каскад T_2 . Обостряющий контур с добротностью около 5 и настроенный на частоту около 70 кГц поставлен для исключения срабатывания системы автоматики от сигнала поднесущей частоты. Усиленный сигнал открывает транзистор T_3 . Напряжение на коллекторе падает до нуля и открывает полевой транзистор T_4 , который подключает к входу стереодекодера конденсатор C_{23} . Транзистор совместно с конденсатором C_{23} представляет управляемый ФНЧ, резко ослабляющий надзвуковые частоты в спектре КСС, что переводит радиоприемник в монофонический режим. При ослаблении помехи на входе радиоприемника уровень гармоник на выходе частотного детектора падает, транзисторы T_3 и T_1 закрываются и радиоприемник возвращается в стереорежим. Постоянная времени $R_{12}C_{20}$ в цепи коллектора T_3 выбрана таким образом, что переход в монорежим происходит быстро (заряд C_{20} через открытый транзистор T_3), а возврат в стереорежим: — постепенно (разряд C_{20} через резистор R_{12}). Это позволяет избежать отрицательных слуховых эффектов, связанных с резким сужением звукового диапазона на время действия помехи.

Следует отметить, что устройство работает не только от продуктов нелинейных искажений, появляющихся при многолучевом распространении, но и от собственных шумов тракта ЧМ, возникающих при ослаблении сигнала на входе, так как значительная часть их

лежит в полосе 60 — 90. кГц и выделяется обостряющим контуром. Сужение полосы пропускания на выходе детектора способствует улучшению реальной чувствительности приемника за счет значительного снижения уровня шумов. Устройство должно срабатывать от уровня шумов, соответствующих их уровню при входном немодулированном сигнале, превышающем реальную чувствительность в 4 — 5 раз. Например, если реальная чувствительность приемника 2 мкВ, то система автоматики должна срабатывать уже при полезном сигнале на входе, равном 8 — 10 мкВ,

Напряжение, (поступающее на управляемый фильтр, может также подаваться на другой ключ, переключающий радиоприемник в монофонический режим любым другим способом (запараллеливание каналов, шунтирование контура восстановления поднесущей частоты и т. д.).

Повышение качества радиоприема стереофонических передач в движущемся автомобиле требует дальнейших усилий в изучении и решении возникающих проблем, в накоплении опыта эксплуатации стереофонических радиоприемников, который пока еще недостаточен.

Глава 7

АВТОМОБИЛЬНЫЕ МАГНИТОЛЫ

7.1. Конструктивные решения ЛШМ

Автомобильные кассетные магнитолы — развивающееся направление в «радиофикации» автомобилей. Появление кассетных магнитол связано со стремлением повысить качество звуковоспроизведения в движущемся автомобиле при одновременном упрощении эксплуатации. Магнитофонные записи, особенно стереофонические, позволяют получить высокое качество воспроизведения, менее подвержены влиянию помех от системы электрооборудования автомобиля, обеспечивают воспроизведение желаемой программы, ее повторение и т. д. Таким образом, значительно расширяются эксплуатационные возможности аппаратуры в автомобиле и приобретаются новые потребительские качества.

В настоящее время серийно выпускаются автомобильные магнитофонные проигрыватели, имеющие усилители воспроизведения и мощности, — однако прием радиопрограмм остается необходимой функцией радиоаппаратуры в автомобиле, так как дает потребителю информацию, которая не может быть обеспечена магнитофонными записями. Использование в автомобиле отдельно магнитофонного проигрывателя и радиоприемного устройства хотя и возможно, но и имеет ряд эксплуатационных неудобств, в первую очередь связанных с ограничением в салоне свободного места для их установки. Поэтому совмещение функций воспроизведения магнитных записей и приема радиовещания в одном устройстве — автомагнитоле представляет определенные удобства при ее эксплуатации. При этом автомобильная магнитола по своим габаритам не должна превышать, по крайней мере значительно, обычных автомобильных радиовещательных приемников. При современном все более интенсивном автомобильном движении, усложнении дорожных ситуаций, повышении требований к постоянной готовности водителя к экстремальным действиям недопустимо отвлечение водителя от его главной задачи — безопасного вождения автомобиля. Поэтому управление различными радиоустройствами в автомобиле, в том числе и магнитофонным проигрывателем или магнитолой, должно быть максимально автоматизировано, сведено к минимальным временным затратам, должно быть надежным, простым и четким в функциональном отношении. Если для обычного кассетного магнитофона допустим запуск в работу по стандартной схеме — подъем кассетоприемника, загрузка в него кассеты, установка кассеты в рабочее положение, нажатие клавиши «Рабочий ход» и обратная последовательность действий по окончании воспроизведения, а в комбинированных устройствах дополнительно выбор рода работы кнопкой, клавишей или

переключателем, то в автомобильных устройствах все эти функции должны выполняться одним действием — простой вставкой кассеты. Это условие-соблюдается в подавляющем большинстве автомобильных магнитол и магнитофонов. Кассеты загружаются в специальную рабочую щель на лицевой панели магнитолы. Все промежуточные функции выполняются за счет ручного усилия при вставлении кассеты и электромагнитом, расположенным в лентопротяжном механизме (ЛПМ). Одновременно переключается род работы с радиоприема на воспроизведение магнитной записи. По окончании воспроизведения механизм автоматически отключается, кассета выбрасывается или подается сигнал об окончании работы и магнитола автоматически переключается на радиоприем.

Большинство современных ЛПМ имеют ускоренные перемотки в обе стороны. В наиболее простых и дешевых механизмах допускается лишь ускоренная перемотка (подмотка) вперед.

Крепежными элементами магнитолы в автомобиле являются в основном органы управления магнитолой (втулки органов настройки, регулировки громкости, переключателя диапазонов и др.). Расстояние между осями элементов крепления обычно составляет 140 мм (130 мм в зарубежной практике). Таким образом, габариты ЛПМ, предназначенных для эксплуатации в автомобиле, должны позволять конструировать магнитолы с межцентровым расстоянием органов управления и крепления их в автомобиле не более 130 — 140 мм. Другой ограничительный размер — толщина устройства. В зарубежной практике, а также и в некоторых стандартах (например, стандарт ФРГ DIN 75500) размер радиоприемников и магнитол по толщине ограничен 52 мм, т. е. высота ЛПМ не должна превышать 50 мм. Последнее обстоятельство предъявляет определенные требования и к электродвигателю, используемому в ЛПМ для автомобильных магнитол и магнитофонов. Габариты такого электродвигателя должны быть меньше размеров обычных электродвигателей, применяемых в стационарных и переносных кассетных магнитофонах и магнитолах.

Первая отечественная автомобильная магнитола — монофоническая магнитола АМ-301. Узлы радиоприемной (части ее рассмотрены в предыдущих главах. Магнитофонная часть содержит автоматизированный ЛПМ, построенный на использовании двух электродвигателей — исполнительного и ведущего. Кассета устанавливается в рабочее положение с помощью исполнительного механизма, приводимого в движение специальным электродвигателем. При вставлении кассеты до упора могут выполняться следующие операции: включение исполнительного и ведущего двигателей; отключение исполнительного двигателя и подача питания на усилитель воспроизведения в момент установки кассеты в рабочее положение; подведение головки воспроизведения и прижимного ролика до механического контактирования со звуконосителем и тонвалом; возврат подающего механизма с помощью возвратной пружины в исходное состояние по окончании проигрывания кассеты; коммутацию цепей питания и входа УНЧ в момент выхода кассеты из щели магнитолы, т. е. переключение магнитолы в режим приема радиостанций.

Кинематическая схема ЛПМ приведена на рис. 7.1.

Принцип работы механизма установки кассеты заключается в следующем. Кассета при загрузке ее в щель на лицевой панели попадает в кассетоприемник 1, установленный на подвижном штоке 2, проходящем через втулку 3 на несущей плате 4 и имеющем возможность перемещения в горизонтальном направлении по пазу на плате и в вертикальном направлении через втулку в том же пазу. Горизонтальное и вертикальное перемещение штока осуществляется за счет нижнего конца штока 2 в фигурных пазах 5 исполнительного барабана 6, находящегося под несущей платой.

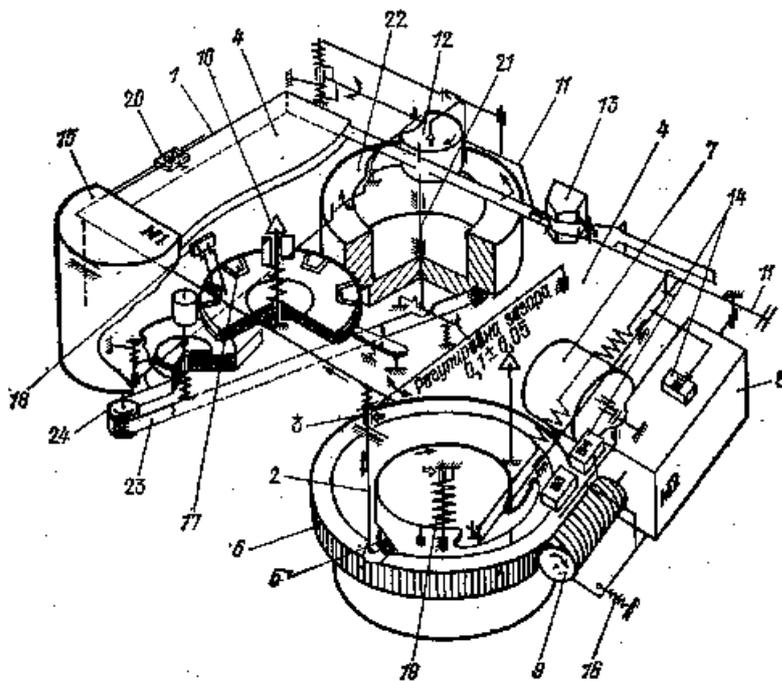


Рис. 7.1. Кинематическая схема ЛПМ магнитолы АМ-301

При вставлении кассеты в кассетоприменник и принудительном нажатии пальцем кассетоприменник с кассетой продвигается внутрь на расстояние 5 — 7 мм, замыкая при этом микровыключатель 20, включающий электромагнит и электродвигатель 8. Электромагнит 7 притягивает исполнительный электродвигатель 8 с червячной передачей 9 на валу к исполнительному барабану 6 и приводит его во вращательное движение. Поворот барабана на угол 85° перемещает горизонтально кассетоприменник с кассетой до совпадения направляющих отверстий кассеты с подкассетниками 10. С этого момента дальнейшее вращение барабана на угол 140° вызывает вертикальное перемещение кассетоприменника за счет движения пальца штока 2 в фигурном пазу барабана на 13 мм; при этом кассета становится в рабочее положение на плате панели. Дальнейшее вращение барабана на угол 85° не вызывает каких-либо перемещений подкассетника с кассетой, а с помощью толкателя, установленного на нем, приводит в движение рычаг 11 с установленным на нем прижимным роликом 12 и головкой воспроизведения 13. При этом замыкаются контактные группы 14, включающие ведущий электродвигатель 15 и переключающие вход УНЧ магнитолы с положения «Радиоприем» в положение «Воспроизведение». В положении «Воспроизведение» барабан удерживается электромагнитом.

При нажатии кнопки «Стоп» электромагнит обесточивается и электродвигатель с червяком отходит от барабана под воздействием пружины 16. Барабан под действием возвратной пружины 19, находящейся внутри его и взведенной при его рабочем ходе, возвращается в исходное положение, производя перечисленные операции в обратном порядке до исходного положения, при котором кассета выходит из щели в лицевой панели магнитолы.

Данный механизм не обеспечивает ускоренную перемотку «Вперед» или «Назад», что, конечно, является его существенным недостатком.

На приемном подкассетнике установлены контактные площадки 17, составляющие часть механизма автостопа. При остановке подкассетника (при окончании воспроизведения или «заедании» магнитной ленты) перестает периодически замыкаться контактная пара 18, обеспечивающая подачу импульсов в схему автоматического выключения ЛПМ. При этом схема автоматики обесточивает электромагнит и магнитола автоматически переходит в режим радиоприема, аналогично тому, что происходит при нажатии кнопки «Стоп».

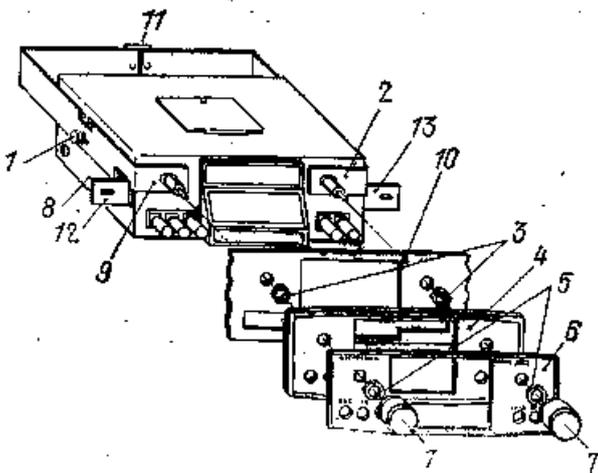


Рис. 7.2. Установка и крепление магнитолы АМ-301 («Волга» ГАЗ-24)

Автомобильная магнитола АМ-301 имеет габариты 200X150X X70 мм, что дает возможность устанавливать ее в приборный щиток только в автомобиле «Волга» ГАЗ-24. Установка и крепление магнитолы показаны на рис. 7.2.

При установке в приборную панель необходимо:

- 1) снять с магнитолы ручки 7, гайки 5, декоративные накладки 4 и 6, гайки 3, болты 1;
- 2) установить на магнитолау кронштейны 2 и 9, закрепив их с боков болтами 1;
- 3) на кронштейны 2 и 9 установить угольники 11, 12, 13, закрепив их гайками из монтажного комплекта;
- 4) установить магнитолау в приборную панель автомобиля и закрепить винтами из монтажного комплекта;
- 5) подсоединить антенну, громкоговоритель и подключить провод питания к «+» бортовой сети автомобиля;
- 6) установить декоративную панель 10 и закрепить гайками 3;
- 7) установить декоративные накладки 4 и 6 закрепить гайками 5;
- 8) установить ручки 7.

В автомобилях «Москвич» и Жигули» автомагнитола АМ-301 может быть установлена только под приборным щитком на специальных кронштейнах, входящих в монтажный комплект. Порядок установки магнитолы мало отличается от описанного

Более совершенная модель ЛПМ применена в автомобильных магнитолах АМ-303 и АМ-302 — стерео (рис 7.3).

Лентопротяжный механизм приводится в движение электродвигателем постоянного тока с электронной стабилизацией скорости вращения. Электродвигатель 1 имеет на валу шкив. Вращение от двигателя передается резиновым пасиком маховику 36 ведущего вала 37. Ролик подмотки 34 получает вращение от насадки 35, укрепленной на ведущем валу 37. Для лучшего сцепления с роликом, на поверхности насадки выполнена мелкая насечка. Такая же насечка имеется на диске фрикциона приемного подкасоетника 29. Узел перемотки, состоящий из шкивов 23, 26, пасика 24 и ролика перемотки 27 получает вращение с маховика ведущего вала.

Для включения ЛПМ в режим «Воспроизведение» кассету вводят в пазы направляющих 17 и перемещают в сторону магнитной головки 8 и прижимного ролика 43. При своем движении кассета упирается в фиксаторы, расположенные на стойках 12, жестко связанных с панелью 20. Фиксаторы поворачиваются вокруг стоек и тем самым обеспечивают свободу перемещения панели относительно шасси 10. После поворота фиксаторов кассета упирается в стойки 12, и через них движение от кассеты передается панели. В процессе совместного движения кассеты и панели происходит стыковка кассеты с основными органами ЛПМ. Ведущий вал 37 и шпиндели приемного 29 и подающего 16 валов подкасетников

«прошивают» кассету сквозь отведенные для этой цели отверстия. Универсальная магнитная головка 8, направляющая 9 магнитной ленты и прижимный обрезиненный ролик 43 входят в специальные вырезы в передней части кассеты. Подпружиненный фиксатор 11 фиксирует кассету на определенном расстоянии относительно магнитной головки. Прижимы 19 и 28 совместно с фиксатором 11 прижимают кассету к направляющим 17.

Подача питания на электродвигатель 1, электромагнит 3, блок усилителя воспроизведения и стабилизатор скорости, а также коммутация блока усилителя воспроизведения на вход блока УНЧ осуществляются переключателем 41, контакты которого переключаются рычагом 42 при движении панели 20. Питание на переключатель 41 подается через микропереключатель 13, который срабатывает при нажатии на кнопку рычага 18, который удерживается в нажатом положении защелкой 15. При повторном нажатии на кнопку рычаг освобождается от защелки и под действием пружины возвращается в исходное положение.

В режиме «Воспроизведение» прижимный ролик 43 прижимает ленту к ведущему валу 37; к универсальной магнитной головке 8 магнитная лента прижимается с помощью фетровой подушки и плоской пружины кассеты. Натяжение ленты создается подающим узлом в результате подтормаживающего действия обрезиненного ролика 21, который постоянно прижат к подающему подкассетнику. Лента подматывается приемным подкассетником. Вращение кинему передается от насадки 35 ведущего вала через обрезиненный ролик и фрикцион приемного подкассетника. Обрезиненный ролик находится в постоянном контакте с приемным подкассетником под действием пружин 30 и 32. В зацепление с насадкой 35 ведущего вала ролик 34 входит при движении панели в рабочее положение. При этом рычаг 33 выступающим концом упирается в рычаг 31, расположенный на шасси. Под действием рычага ЗУ-рычаг 33 поворачивается вокруг оси против часовой стрелки и растягивает пружину 32. Происходит перераспределение сил, действующих на ролик со стороны пружин, и под действием пружины 30 ролик 34 вводится в зацепление с насадкой ведущего вала. Таким образом передается движение фрикциону приемного подкассетника, а через него — самому подкассетнику.

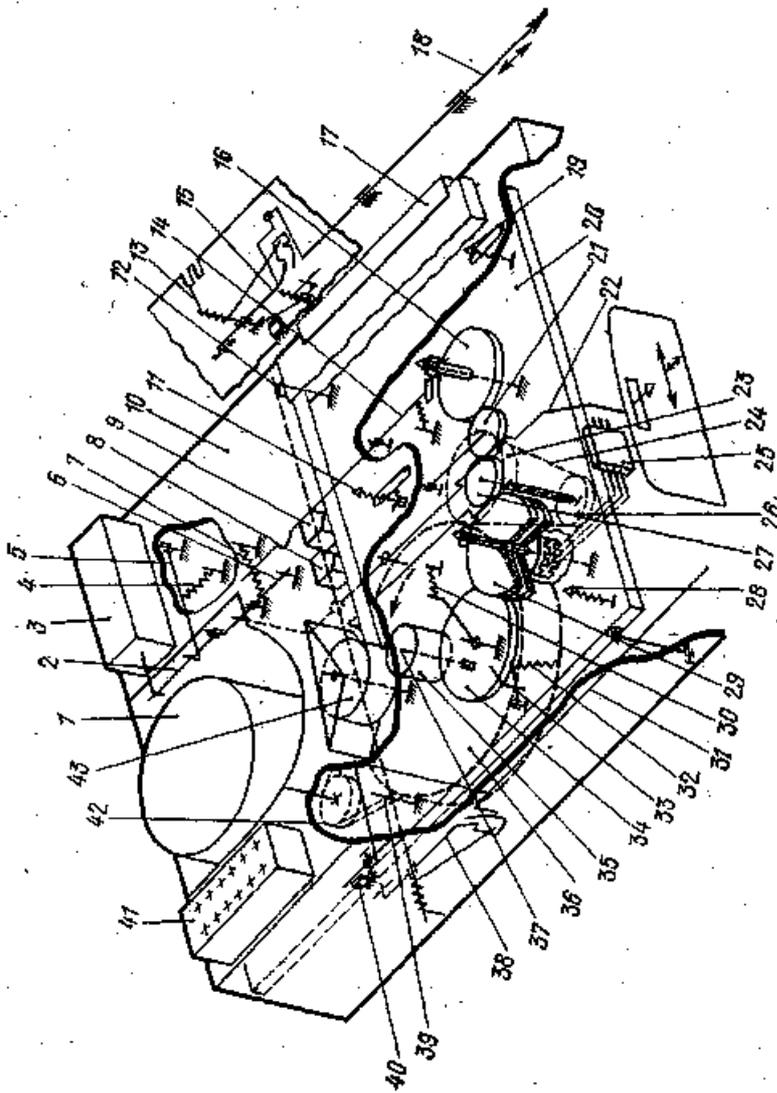


Рис. 7.3. Кинематическая схема ЛПМ магнитолы АМ-303 (АМ-302с)

В рабочем положении панель фиксируется с помощью электромагнитной защелки, состоящей из электромагнита 3, защелки 2 и подпружиненного рычага 6. При подаче питания на электромагнит 3 якорь, втягиваясь внутрь электромагнита, поворачивает защелку вокруг оси, расположенной на рычаге 6, и устанавливает ее в рабочее положение, при котором скос защелки, выполненный в виде крючка, оказывается на пути движения пальца рычага 5, установленного на панели и подпружиненного к ней достаточно мощной пружиной 4. При движении панели в рабочее положение палец рычага 5 упирается в скос защелки, отводят ее и рычаг 6 вправо, растягивая пружину 7, под действием которой защелка и рычаг возвращаются в исходное положение после прохождения пальца рычага 5, а палец рычага оказывается захваченным крючком защелки, фиксируя панель в определенном положении относительно шасси.

При ускоренной перемотке в обе стороны и для выключения механизма используется рычаг 22, способный перемещаться относительно шасси в направлениях, указанных стрелками.

При прямой ускоренной перемотке перемещают рычаг 22. Рычаг, поворачиваясь вокруг оси, заставляет повернуться на тот же угол фигурный рычаг 39. Оба рычага сидят на общей оси и имеют связь через палец, укрепленный на рычаге 22 и расположенный в прорези рычага 39. Рычаг 39 при повороте правым концом давит на стойку 12, укрепленную на панели, и через нее выводит панель вместе с кассетой из рабочего положения, растягивая при этом пружину 4. В это же время ведущий вал 37 отходит от прижимного ролика 43,

магнитная лента отходит от рабочей поверхности магнитной головки 8, ролик подмотки 34 выходит из зацепления с насадкой ведущего вала, шкив 23 подводится к маховику, металлический ролик перемотки 27 поджимается к обрешиненному ободу приемного подкассетника и тормозной рычаг 14 приходит в соприкосновение с ободом подающего подкассетника, не давая перемещаться магнитной ленте под действием ролика подмотки 34, который после размыкания прижимного ролика с ведущим валом на определенном отрезке времени продолжает передавать движение от ведущего вала к подкассетнику. К моменту начала ускоренного движения магнитной ленты подающий подкассетник растормаживается.

В этом режиме вращение маховика 36 ведущего вала передается подкассетнику 29 через обрешиненный шкив 23, резиновый пассик 24, соединяющий шкивы 23, 26 и металлический ролик перемотки 27.

Обратная ускоренная перемотка осуществляется аналогично, за исключением того, что рычаг 22 при этом отводится вправо, движение панели передается через левую стойку, а металлический ролик 27 в этом случае поджимается к обрешиненному ролику 21. Вращение в этом режиме от маховика 36 ведущего вала 37 передается подкассетнику 16 через обрешиненный шкив 23, резиновый пассик 24, соединяющий шкивы 23, 26, металлический ролик перемотки 27 и обрешиненный ролик 21.

Механизм автоматически выключается при прекращении поступления управляющих импульсов с контактной группы 25 в блок автостопа, который подает питание, на электромагнит. При обесточивании электромагнита защелка 2 под действием пальца, расположенного на рычаге, поворачивается вокруг оси, расположенной на рычаге 6, и освобождает палец рычага, а вместе с ним и панель. Панель под действием силы тяжести и усилия пружин, действующих на панель, возвращается в исходное положение. То же самое происходит при выключении питания рычагом 18.

Механизм выключается нажатием на рычаг 22 вдоль его оси. При этом стойка, расположенная на противоположном конце рычага, упирается в выступ рычага 6 и поворачивает его. Поворот рычага смещает ось вращения защелки 2 вправо. При этом крючок защелки освобождает палец рычага 5 панели, и она возвращается в исходное положение. Кратковременная остановка механизма — режим «Пауза» осуществляется при нажатии на рычаг 31. Рычаг в нажатом положении удерживается защелкой 38. В этом режиме прижимный ролик 43 отводится от ведущего вала 37. Рычаг 33 под действием пружины 32 выводит из зацепления с насадкой ведущего вала ролик подмотки 34, а микропереключатель 40 при своем срабатывании обеспечивает подачу питания на электромагнит 3 независимо от наличия импульсов контактной группы 25 на входе блока автостопа. В исходное положение рычаг возвращается под действием пружины при повторном нажатии на него.

Таким образом, данный ЛПМ обеспечивает все необходимые функции — ускоренную перемотку ленты в прямом и обратном направлениях, остановку при заедании ленты (при остановке приемного подкассетника) и выброс кассеты при обесточивании магнитолы. Магнитола имеет габариты 200X175X57 мм (без учета наладки и обрамления) и может быть установлена в приборный щиток автомобиля «Волга» ГАЗ-24. В других типах автомобилей магнитола может быть установлена под приборным щитком способом, аналогичным способу установки автомагнитол АМ-301.

7.2. Стабилизация режимов работы электродвигателя

Известно, что напряжение бортовой сети автомобиля может меняться в значительных пределах — от 10,8 до 15,6 В. Для сохранения постоянной скорости движения магнитной ленты необходимо стабилизировать скорость вращения ведущего вала электродвигателя.

Устройства стабилизации скорости в основном однотипны и мало различаются в разных моделях автомагнитол. Типовая схема стабилизации оборотов двигателя автомагнитолы АМ-303 показана на рис. 7.4. Работа схемы стабилизации основана на контроле потребляемого

электродвигателем тока. Электродвигатель типа ДПВ-902 включен последовательно через резисторы R_2 — R_4 суммарным сопротивлением 10 — 11 Ом в коллекторную цепь транзистора T_1 . Начальное напряжение питания электродвигателя, а следовательно, и его обороты устанавливаются подстроенным резистором R_7 , определяющим напряжение на базе транзистора T_2 , в коллекторную цепь которого включен эмиттерно-базовый переход транзистора T_1 . Изменения тока электродвигателя, вызванные изменением момента вращения на его валу или изменением напряжения питания через резистор R_u вызывают изменение напряжения на резисторах R_2 — R_4 . Эти изменения уменьшают или увеличивают ток через сравнивающий элемент — транзистор T_2 и соответственно изменяют ток через транзистор T_1 и электродвигатель. При возрастании момента вращения на валу электродвигателя его потребляемая мощность растет, следовательно, растет потребляемый ток и обороты двигателя снижаются. При этом растет падение напряжения на резисторах R_2 — R_4 , что вызывает уменьшение тока через транзистор T_2 и соответственно рост напряжения на коллекторе T_1 , частота вращения электродвигателя возвращается к номинальному». Аналогично работают устройства стабилизации оборотов электродвигателя в магнитолах АМ-301 и АМ-380.

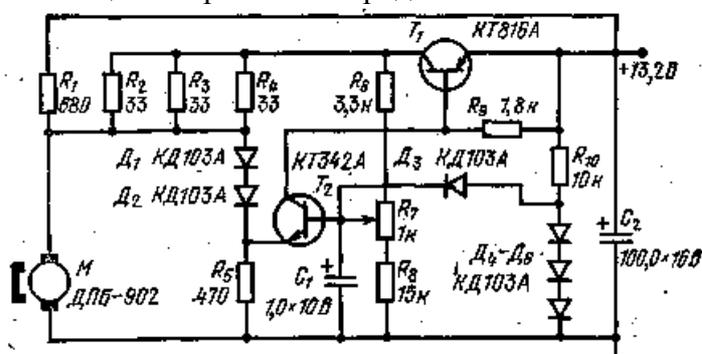


Рис. 7.4. Типовая схема стабилизации оборотов электродвигателя ЛПМ

7.3. Автостоп

Автостоп играет очень важную роль в работе ЛПМ. Сами ЛПМ, да и кассеты еще несовершенны по своим конструкциям и качеству изготовления. Натяжение магнитной ленты в кассете при ее протягивании имеет значительные разбросы. Поэтому часто бывает, что приемный подкассетник останавливается из-за заедания приемной бобышки с лентой в кассете или из-за провисания пассика ослабляется усилие подмотки подкассетника и он останавливается. Прижимный ролик и тонвал продолжают вращаться и подают ленту в свободное пространство между кассетой и прижимным роликом. При этом лента может сложиться в «гармошку», намотаться на тонвал и т. д. Кассета оказывается испорченной — на ней уже невозможно высококачественно записать новую программу. Звучание в испорченных местах магнитной ленты становится прерывистым, высокие частоты пропадают, так как лента уже не может прилегать к магнитной головке достаточно плотно. Для исключения подобных явлений в ЛПМ вводится устройство автостопа, состоящее в большинстве случаев из контактного датчика импульсов и управляющей схемы, выключающей ЛПМ через 1 — 2 с после остановки приемного подкассетника.

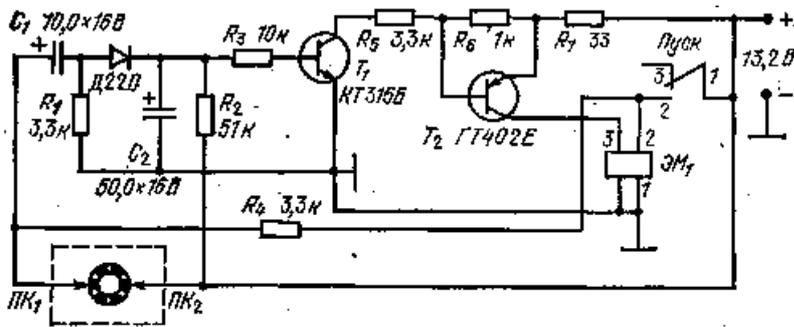


Рис. 7.5. Схема автостопа магнитолы АМ-301

Принципиальная схема автостопа автомобильной магнитолы АМ-301 приведена на рис. 7.5. Контактные площадки датчика автостопа запрессованы в горизонтальную площадку приемного подкассетника ЛПМ. При вращении подкассетника они периодически замыкают контактную пару, подсоединенную с одной стороны через резистор R_i к плюсу источника питания, а с другой — через конденсатор C_1 , диод и резистор R_i к базе транзистора T_1 . В цепи базы установлен конденсатор C_2 , который заряжается через резистор R_3 до напряжения 2 В. При замыкании контактной пары вращающимися металлическими площадками подкассетника на базе транзистора T_1 возникают импульсы напряжения, подзапирающие его до такой степени, что постоянная составляющая, протекающая через транзистор T_2 , удерживает электромагнит исполнительного двигателя в рабочем состоянии. При остановке подкассетника подача импульсов прекращается, конденсатор C_2 через 1 — 3 с заряжается до напряжения 2 В и транзистор T_1 открывается полностью. Напряжение на его коллекторе падает и закрывает транзистор T_2 , прекращая ток через электромагнит. Исполнительный двигатель отходит от барабана, кассета возвращается в исходное состояние и магнитола переходит в режим радиоприема.

Несколько иная схема автостопа применена в автомагнитоле АМ-303 (рис. 7.6). Схема автостопа представляет собой триггер Шмитта, в правое плечо которого включена обмотка электромагнита магнитной защелки. При включении магнитолы схема автостопа — постоянно находится под напряжением, однако в работе участвует только в режиме воспроизведения магнитных записей. При подаче питания конденсатор C_2 заряжается через резистор R_3 . Транзистор T_1 открывается, в этом состоянии автостоп находится до включения в работу устройства ЛПМ. При установке кассеты в рабочее положение напряжение питания подается на схему стабилизации скорости ведущего электродвигателя. Вслед за этим вместе с приемным подкассетником приводится во вращение коллектор автостопа, через контакты которого замыканием щеток $ПК1/1$ и $ПК1/2$ конденсатор C_2 перезаряжается на конденсатор C_1 и резистор R_2 . Дальнейшее вращение коллектора приводит к замыканию щеток $ПК1/2$ и $ПК1/3$, в результате чего конденсатор C_1 разряжается на корпус. В этот промежуток времени конденсатор C_2 начинает частично заряжаться через резистор R_3 , однако при последующем замыкании щеток $ПК1/1$ и $ПК1/2$ через контакты коллектора конденсатор C_2 вновь разряжается на конденсатор C_1 и резистор R_2 . В результате неоднократного перезаряда конденсатора C_2 уменьшается постоянная составляющая напряжения на базе транзистора T_1 , что приводит к опрокидыванию триггера Шмитта и срабатыванию электромагнита. При нажатии кнопки «Пауза» база транзистора T_1 через резистор R_1 замыкается на корпус, триггер Шмитта при этом не опрокидывается и автостоп удерживается в рабочем положении. Прижимный ролик при этом рычагом устанавливается в отжатое состояние.

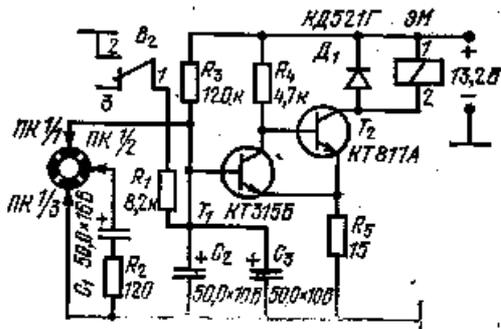


Рис. 7.8. Схема автостопа магнитолы AM-303

В случае остановки приемного подкассета, а следовательно, и коллектора автостопа периодический разряд конденсатора C_2 прекращается, напряжение на базе транзистора T_1 начинает увеличиваться, электромагнит отпускает магнитную защелку и ЛПМ приходит в исходное состояние.

В отличие от магнитол AM-301 и AM-302 в модели AM-380 автостоп совмещен с автореверсом, срабатывающим по окончании воспроизведения магнитной записи. Кассета при этом не выбрасывается из механизма, а переключается на воспроизведение в обратном направлении. Электрическое переключение цепей магнитной головки позволяет воспроизводить вторую дорожку без переворачивания кассеты. Электрическая схема автореверса приведена на рис. 7.7. При вращении датчика импульсы от перезаряда конденсатора C_1 выпрямляются диодами D_1 , D_2 и закрывают транзистор T_3 , включенный в эмиттерную цепь мультивибратора, собранного на транзисторах T_1 и T_2 . Постоянное напряжение на коллекторе T_2 равно напряжению питания схемы, так как через транзистор T_2 ток не течет. Это напряжение открывает транзистор T_4 и на его коллекторе напряжение практически падает до нуля, что поддерживает закрытое состояние транзисторов T_5 и T_6 , в коллекторную цепь которых включена обмотка электромагнита механизма автореверса.

По окончании воспроизведения ленты датчик импульсов останавливается, конденсатор C_1 перезарядается через резистор R_1 и транзистор T_1 открывается. Мультивибратор устанавливается в режим автоколебаний с частотой в несколько герц, подавая импульсы через транзистор T_4 на обмотку электромагнита автореверса. Электромагнит за несколько импульсов переключает прижимные ролики, т. е. освобождает прижим от одного тонвала и прижимает второй ролик к другому тонвалу, вращающемуся в противоположном направлении. Движение ленты в кассете меняется на противоположное. Одновременно переключаются обмотки магнитной головки, обеспечивая воспроизведение второй дорожки. При нажатии кнопки «Ре-вер» ручного управления эмиттеры транзисторов мультивибратора замыкаются через контакты 8 — 9 на землю, поддерживая автоколебательный процесс мультивибратора.

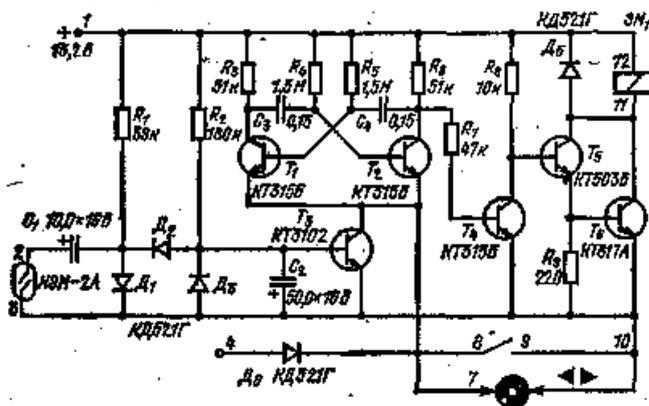


Рис 7.7. Схема автореверса магнитолы «Эврика-310»

Достоинство данного устройства автореверса — практически отсутствие потребления энергии в рабочем режиме воспроизведения. Недостаток — срабатывание реверса за несколько импульсов мультивибратора, а не за однократное срабатывание электромагнита $3M$.

7.4. Канал воспроизведения магнитной записи

В автомобильных магнитофонных устройствах, особенно в магнитолах, в большинстве случаев отсутствует канал записи, магнитола работает только в режиме воспроизведения. Объясняется это тем, что введение функции «Запись» требует использования дополнительных коммутационных элементов, наличия генератора стирания и подмагничивания, принятия ряда мер для обеспечения электромагнитной совместимости между радиоприемным трактом и генератором подмагничивания, что технически трудновыполнимо в условиях малых габаритов автомобильной радиоаппаратуры. Поэтому в настоящее время приходится ограничиваться воспроизведением заранее записанных кассет.

Качество ЛПМ магнитолы обеспечивает основной электромеханический параметр — коэффициент детонации. Остальные электрические характеристики зависят от предварительного усилителя воспроизведения, конечно, с учетом качества магнитной головки. Коэффициент детонации коэффициент колебаний скорости протягивания магнитной ленты, измеренный в условиях наиболее ощутимого слухового восприятия паразитной ЧМ в диапазоне от 0,2 до 200 Гц коэффициент детонации зависит от многих причин, включая оптимальность кинематической схемы ЛПМ, качество изготовления основных узлов, качество передаточного пасика, усилия прижима прижимного ролика и т. д. Коэффициент детонации в различных образцах ЛПМ колеблется в основном от 0,2 до 0,4%.

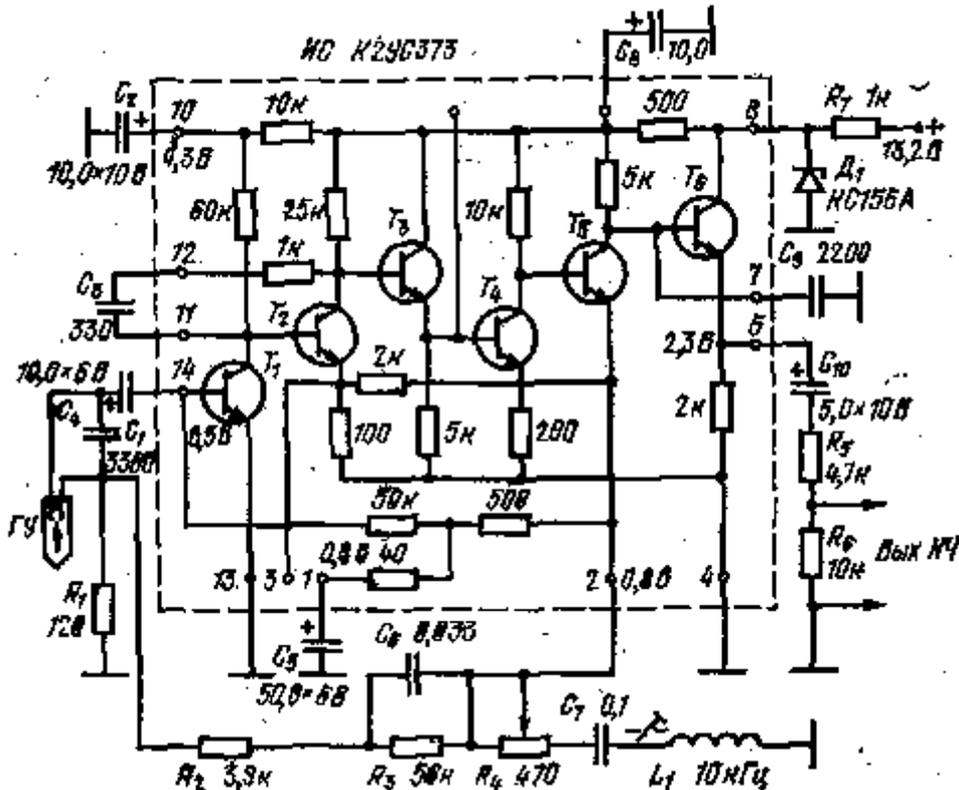


Рис. 7.8. Электрическая схема усилителя воспроизведения магнитолы AM-301

Из электрических параметров канала воспроизведения автомагнитол наиболее важные: рабочий диапазон воспроизводимых частот, относительный уровень помех в канале воспроизведения (уровень шума) и коэффициент гармонических искажений. Для

стереофонических магнитол дополнительными характеристиками являются переходные затухания и разбаланс частотных характеристик между каналами.

Рабочий диапазон частот в значительной степени зависит от качества магнитной головки и для современных универсальных головок достигает 12 500 — 14 000 Гц. Уровень шума усилителей воспроизведения колеблется от 42 до 48 — 50 дБ без использования систем шумоподавления Долби. Система Долби позволяет дополнительно снизить шумы на 8 — 10 дБ, т. е. до 52 — 60 дБ, что является хорошим показателем для кассетных магнитофонов высокого класса. Но ввиду ограниченности места в автомобильной аппаратуре системы шумоподавления не нашли еще достаточно широкого распространения.

Предварительные усилители магнитол строятся как на дискретных элементах, так и на интегральных микросхемах. На рис. 7 8 приведена принципиальная схема блока усилителя воспроизведения автомобильной магнитолы АМ-301. Блок построен на гибридной интегральной микросхеме К2УС373. Она представляет собой шестикаскадный усилитель с гальваническими связями между транзисторами. Первые два транзистора T_1 и T_2 представляют собой усилитель напряжения с местной обратной связью в цепи коллектор — база транзистора T_2 , осуществляемой через конденсатор C . Связь обеспечивает некоторое снижение нелинейных искажений на ВЧ и уменьшает уровень собственных шумов ИС. Эмиттерный повторитель T_3 служит согласующим каскадом для последующего усилителя на транзисторах Γ_4 — Γ_6 . С эмиттера транзистора Γ_5 ООС через магнитную головку вводится в базовую цепь входного каскада T_1 . С помощью цепи ООС формируется частотная характеристика канала воспроизведения. В цепь эмиттера T_6 включен последовательный контур, настроенный на частоту 10 кГц. С его помощью ослабляется глубина ООС на этой частоте, т. е. обеспечивается подъем частотной характеристики для повышения уровня воспроизведения-высоких частот. Подъем частотной характеристики регулируется потенциометром R4. Параллельно универсальной магнитной головке подключен конденсатор C_1 , образующий с обмоткой магнитной головки параллельный контур, настроенный на частоту около 10 кГц. Частота резонанса может несколько изменяться в зависимости от разбросов емкости конденсатора C_1 или индуктивности головки. На частоте резонанса несколько повышается отдача головки.

В ИС не применяются специальные бескорпусные малошумящие транзисторы, поэтому уровень шума описываемого усилителя составляет 42 — 46 дБ. Диапазон воспроизводимых частот 63 — 10000 Гц. В паспорте на магнитолу АМ-301 указан диапазон воспроизводимых частот примененного громкоговорителя 4ГД-8Е, равный 125 — 7100 Гц, что несколько снижает возможности магнитофонной части автомагнитолы.

Специально для предварительных усилителей магнитофонов разработаны полукроводниковые малошумящие интегральные микросхемы К538УН1 (одноканальная) и К548УН1 (двухканальная), электрическая схема одного канала которой показана на рис. 7.9.

Таблица 7.1

Параметр	Значение
Напряжение $U_{и.п.}$, В	12±1,2
Коэффициент усиления без обратной связи	>5·10 ⁴
Коэффициент гармоник на $f = 1000$ Гц, %	<0,1
Напряжение шумов, приведенное к входу при $R_r =$ =600 Ом в полосе 20 — 10 000 Гц, мкВ	<0,7
Входное сопротивление, кОм	>100
Переходные затухания между каналами на $f =$ 1000 Гц дБ	>60
Полоса усиливаемых частот, Гц	20 — 20 000

Усилитель состоит из предоконечного каскада усиления напряжения, выходного каскада усиления тока и стабилизатора напряжения питания усилителя. Входной каскад строится на дифференциальной паре транзисторов T_1 и T_2 , работающих при Малой колЛ-латорном токе, что позволяет получить очень малый уровень шума. Сигнал поступает на вход T_1 (выводы 1 и 14), а обратная связь вводится в базу транзистора T_2 (выводы 2 и 13) или в эмиттерную цепь (выводы 3 и 12). В последнем случае база T_2 (2, 13) соединяется с корпусом. Усиленный сигнал снимается с высокоомной коллекторной нагрузки транзистора T_1 и подается на вход составного каскада T_3, T_4 . С эмиттера T_4 сигнал поступает на каскад T_5 динамической нагрузкой в коллекторной цепи и далее на вход окончного каскада, выполненного на составном транзисторе T_8, T_9 , включенном по схеме эмиттерного повторителя также с динамической нагрузкой (T_7).

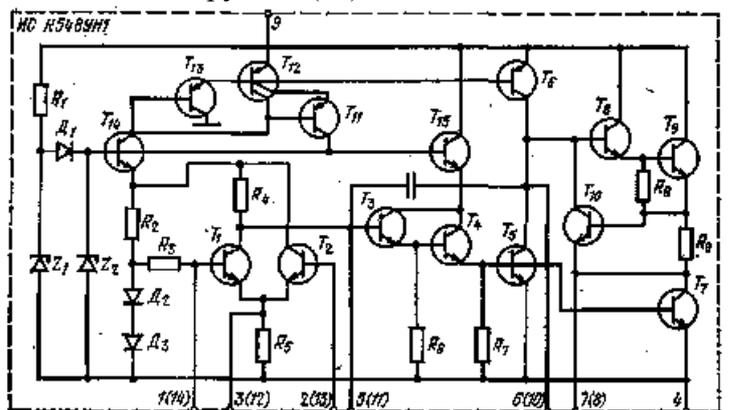


Рис. 7.9. Принципиальная схема ИС К548УН1 (один канал)

Транзистор T_{10} служит для защиты усилителя от короткого замыкания, ограничивая выходной ток до 12 мА. При меньшем токе транзистор T_{10} закрыт и не шунтирует вход окончного каскада. С выхода усилителя ООС по постоянному и переменному токам вводится с помощью внешних цепей в базу или эмиттер транзистора T_2 . Параметры микросхемы К548УН1 приведены в табл. 7.1.

Усилитель воспроизведения магнитолы, собранный на ИС К548УН1, может обеспечить отношение сигнал/шум не менее 50 дБ без использования специальных схем шумоподавления. Электрическая схема одного из каналов такого усилителя приведена на рис. 7.10. Усилитель содержит незначительное число внешних элементов и поэтому занимает минимальные объем и площадь, что особенно важно при конструировании автомагнитол.

В автомобильной магнитоле АМ-380 (ее модификация «Эври-ка-310», «Старт-203» и др.) усилитель воспроизведения построен на транзисторах (рис. 7.11). Во входных каскадах усилителя применены малошумящие кремниевые транзисторы КТ3102Д, работающие в режиме слабых токов (0,1 — 0,2 мА) для снижения собственных шумов. Чем выше требования к усилителю воспроизведения в отношении коэффициента шума, тем тщательнее должен выбираться режим работы первого каскада и его элементы. Базовый резистивный делитель целесообразно выбирать высокоомным, чтобы токи делителя не вызывали тепловых шумов в резисторах. Конденсаторы во входном каскаде также должны быть высококачественными, так как токи утечки могут вызвать повышенный уровень шумов.

Частотная характеристика канала воспроизведения формируется цепью обратной связи $R_{19}, R_{21}, C_{11}, C_{13}$ и C_{14} с коллектора транзистора T_5 в эмиттер T_3 . Аналогично построен и второй канал усилителя, где элементами цепи обратной связи являются $R_{20}, R_{22}, C_{12}, C_{15}$ и C_{16} .

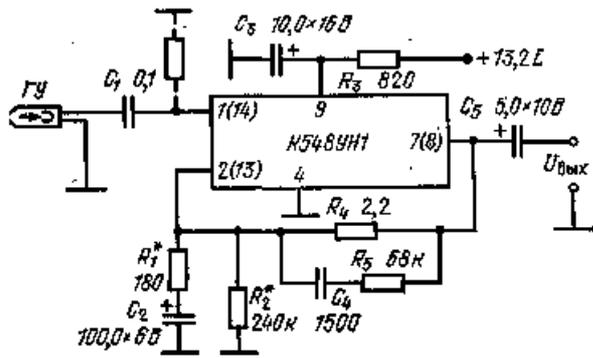


Рис. 7.10. Электрическая схема усилителя воспроизведения на ИС К548УН1

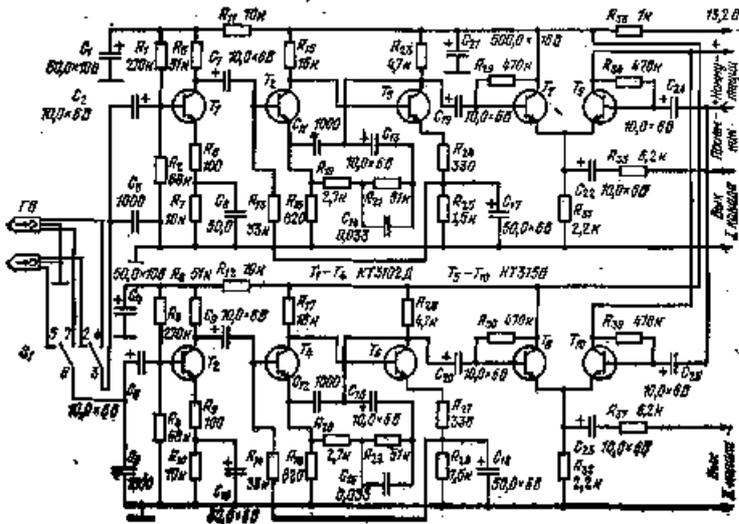


Рис. 7.11. Электрическая схема усилителя воспроизведения магнитофла

Транзисторы T_7 и T_9 , T_8 и T_{10} служат электронными ключами, пропускающими полезный сигнал при наличии напряжения питания на их коллекторах. При включении магнитофонной панели напряжение питания поступает на усилитель воспроизведения и одновременно на транзисторы T_7 и T_8 . С эмиттеров сигнал через развязывающие цепи C_{22} , R_{35} (C_{23} , R_{37}) проходит на оконечные усилители, при отключении усилителя воспроизведения и включении радиоприемника напряжение питания снимается с транзисторов T_7 и T_8 и подается на транзисторы T_9 и T_{10} , в базы которых подан сигнал с радиоприемной части, т. е. происходит коммутация режимов работы магнитофла.

Глава 8

ЗАЩИТА РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ПРИЕМА В АВТОМОБИЛЕ ОТ ПОМЕХ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

8.1. Помехи от системы электрооборудования и методы их измерения

Основной и наиболее мощный источник радиопомех в автомобиле — система зажигания двигателя: искровые промежутки свечей, контакты распределителя, контакты прерывателя, первичная и вторичная обмотки, катушки зажигания. Помехосоздающими элементами являются и цепи зарядки аккумулятора (скользящий контакт между щетками и коллектором генератора переменного напряжения и контакты реле-регулятора).

К дополнительным источникам радиопомех (количество и номенклатура их зависят от типа автомобиля) относятся: датчики указателей температуры воды, давления масла и др., работающие на принципе прерывания тока; электродвигатели стартера, стеклоочистителя, обогревателя, подъема стекол, звуковой сигнал, переключатели света, прерыватель указателя поворота и переключатели различного назначения.

При трении шин автомобиля о сухое дорожное покрытие и облицовки кузова о воздух на металлических изолированных друг от друга деталях возникают электростатические заряды. Скапливаясь, они создают разности потенциалов, что вызывает появление искровых разрядов, излучающих радиопомехи. Источниками высокочастотных помех могут также явиться искрения, возникающие в точках плохих электрических контактов проводов, отдельных металлических частей автомобиля, в точках соединения элементов электрооборудования с «массой» автомобиля.

Основной источник помех можно определять по характеру его «звучания» на выходе автомобильного радиоприемника. Радиопомехи, создаваемые системой зажигания, прослушиваются в виде характерного треска или жужжания, частота которого определяется частотой искрообразования; помехи от генератора переменного тока слышны как характерный вой, помехи вследствие плохого электрического контакта различаются по редкому потрескиванию, а помехи, вызванные накоплением электрических зарядов, — по неритмичному потрескиванию. Переключатели создают помехи, прослушиваемые как отдельные щелчки.

Определять основной помехоизлучающий узел в конкретном автомобиле можно по следующим признакам: если в движущемся автомобиле при выключении зажигания радиопомехи на выходе приемника исчезают, значит их причиной была система зажигания. В случае, когда выключение зажигания при движении машины не устраняет помех радиоприему, но при отключении генератора напряжения (нажата педаль сцепления) помехи исчезают, помехоизлучающим узлом является цепь заряда аккумулятора. Если отключение зажигания и цепи заряда аккумулятора во время движения не позволяет избавиться от помех, то наиболее вероятная причина излучения помех — накопление электростатических зарядов на плохо заземленных металлических деталях автомобиля.

Практика показывает, что наиболее интенсивными источниками помех являются искровые разряды между электродами свечей и распределителем, в результате которых создается мощное поле излучения. Искровой разряд в системе зажигания может быть разделен на две составляющие: емкостную и индуктивную. Радиопомехи создает емкостная составляющая разряда, длящегося от 0,2 до 0,5 мкс. При этом сначала ток разряда быстро нарастает (рис. 8.1) до пикового значения — около 40 А, а затем возникает колебательный процесс сложной формы, представляющий собой сумму большого числа затухающих синусоидальных колебаний. Для емкостной составляющей разряда характерны очень большая крутизна импульсов тока и напряжения, чем объясняется значительная ширина спектра помех, простирающегося до 1000 МГц и выше, а также большой ток, что является причиной высокой интенсивности помех.

Особенностью искрового разряда, возникающего в системе зажигания автомобиля, является то, что на ряде частот в диапазоне 30 — 150 МГц помехи могут в несколько раз превышать средний уровень по диапазону. Наличие этих максимумов определяется тем, что емкости и индуктивности проводов высокого напряжения, свечи, катушки зажигания и распределителя образуют ряд колебательных контуров, резонансные частоты которых находятся в указанном диапазоне частот. Емкость и индуктивность проводов зависят от их длины, расстояния от деталей двигателя и взаимного расположения, поэтому изменение этих характеристик приводит к изменению частот, на которых наблюдается максимальное излучение. Очевидно, что с точки зрения условий приема радиовещательных станций наиболее неблагоприятный случай возникает, когда частоты максимального излучения лежат в области частот радиовещательного диапазона УКВ 65,8 — 73 МГц.

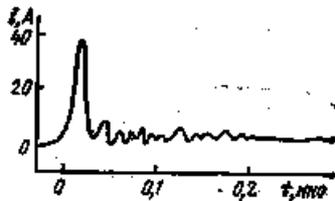


Рис. 8.1. Осциллограмма тока емкостного напряжения разряда на свече зажигания двигателя автомобиля

В области ДВ, СВ и КВ, а также в диапазоне частот выше 150 МГц уровень помех системы зажигания изменяется пропорционально длине проводов и расстоянию их от двигателя. Наличие в спектре помех системы зажигания составляющих частот радиовещательных ДВ, СВ, КВ в УКВ диапазонах приводит к существенному снижению качества приема при работе приемника вблизи или внутри автомобиля.

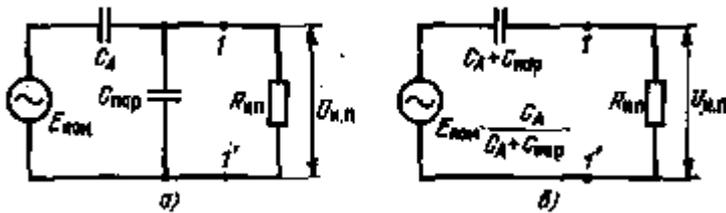


Рис. 8.2. К методу расчета ЭДС помехи в антенне для диапазонов ДВ, СВ, КВ

Действующие нормы на допустимые уровни помех от системы зажигания автомобилей общего назначения предусматривают измерения уровней поля радиопомех на расстоянии 10 м от автомобиля. При таком подходе к нормированию помех выполняются минимальные требования по защите массового радиоприема в жилых домах. Как известно, антенна автомобильного приемника расположена в непосредственной близости к источнику помех, и потому данные измерения уровня радиопомех от системы зажигания на расстоянии 10 м от автомобиля не отражают действительного уровня помех, воздействующих на антенну автомобильного приемника. В связи с этим для оценки влияния помех от системы зажигания на радиоприем в самом автомобиле уровень помех удобнее измерять в величинах напряжения, точнее ЭДС, наводимых полем помех в антенне. Кроме того, измеряются напряжения помех, действующие на зажимах питания, радиоприемника и обусловленные тем, что источник помех — система зажигания и радиоприемник получают питание от общей бортсети автомобиля.

Для определения ЭДС помехи в автомобильной антенне сначала измеряют напряжение помех на выходе антенной системы. Для этого измеритель помех (ИП) с батарейным или сетевым питанием устанавливают внутри автомобиля, подключив высокочастотный входной шланг прибора к разъему, смонтированному на конце соединительного кабеля автомобильной антенной системы. Уровень напряжения помехи на измеряемой частоте отсчитывают по шкале ИП. Измерения проводят в неподвижном автомобиле при постепенном увеличении частоты вращения вала двигателя до 1500 об/мин, либо (при отсутствии средств контроля числа оборотов) до максимально допустимой по условиям эксплуатации частоты вращения двигателя на холостом ходу.

В качестве измеренного напряжения помехи фиксируется максимальное показание ИП. По измеренному напряжению помехи на выходе антенной системы определяют ЭДС помехи, действующую в автомобильной антенне. Методика расчета ЭДС на частотах радиовещательных ДВ, СВ и КВ диапазонов поясняется рис. 8.2,а. К выходу антенной системы в точках I и I' подключен ИП с входным сопротивлением $R_{ип}$. Следует определить связь между напряжением помехи $U_{пом}$ ИП, измеренным ИП в точках I и I' , и ЭДС помехи $E_{пом}$ в автомобильной антенне. Используя теорему об эквивалентном генераторе, схему на рне.

8.2,о можно заменить схемой на рис. 8.2,б. на основании которой можно легко показать, что при выполнении условия $R_{\text{ип}} > 1/[w(C_a+C_{\text{пар}})]$ справедливо выражение

$$E_{\text{пом}} = \frac{C_a + C_{\text{шдр}}}{C} U_{\text{пом ИП}} = K_{\text{ц(АМ)}} U_{\text{пом ИП}}.$$

Воспользовавшись данными по величинам C_a и $C_{\text{пар}}$, приведенным в табл. 2.1, можно определить коэффициент передачи $K_{\text{н ат}}$ для антенных систем, используемых в некоторых моделях отечественных легковых автомобилей (табл. 8.1)!

Таблица 8.1

Марка	Емкость антенны C_a , пФ	Шрапнельная емкость антенной системы	Коэффициент передачи $K_{\text{н АМ}}$
«Волга» ГАЗ-24	11	51	5,6
«Волга» ГАЗ-21	10	75	8,5
«Москвич» 408 и 412	12	50	5,2
«Жигули» ВАЗ-2101	10	51	6,1
«Чайка» ГАЗ-13	14	151	11,8

Условие $R_{\text{ип}} \gg 1/[w(C_a + C_{\text{пар}})]$ определяет требования к входному сопротивлению ИП, который можно использовать для измерения уровней напряжения помех на выходе антенной системы автомобиля в диапазонах ДВ, СВ и КВ. При средней суммарной емкости современных автомобильных антенных систем $C_a + C_{\text{пар}} = 70-80$ пФ сопротивление на нижних частотах радиовещательных ДВ, СВ и КВ диапазонов составляет соответственно 10 — 15,4 — 5 и 0,5 — 0,6 кОм. Следовательно, входное сопротивление ИП должно составлять в диапазоне ДВ не менее 40 — 60, в диапазоне СВ — не менее 20 и в диапазоне КВ — не менее 3 — 5 кОм.

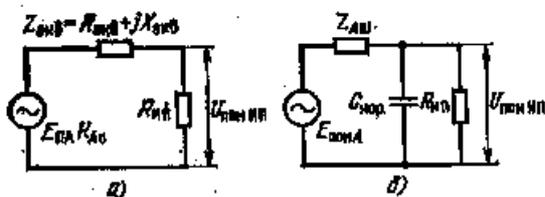


Рис. 8.3. К методу расчета ЭДС помехи в антенне для диапазонов УКВ

Измерители помех, предназначенные для измерений на частотах диапазона УКВ, имеют входное сопротивление, равное 50 — 75 Ом, что соответствует входному сопротивлению тракта УКВ современных автомобильных приемников и потому при измерениях уровней помех от системы зажигания в диапазоне УКВ ограничиваются определением величины помехи, фиксируемой измерителем на выходе антенной системы. Однако в связи с тем что чувствительность новых моделей автомобильных приемников в диапазоне УКВ нормируется в значениях ЭДС на входе эквивалента антенны, также возникает необходимость пересчитывать измеренные напряжения помехи на выходе антенной системы в ЭДС помехи, наведенной в автомобильной антенне. Метод пересчета поясняет рис. 8.3. На рис. 8.3а показана эквивалентная схема автомобильной антенной системы в диапазоне УКВ, к выходу которой подключен низкоомный ИП ($R_{\text{ип}} = 50-75$ Ом). Связь между ЭДС помехи в антенне $E_{\text{пом}}$ и измеренным напряжением на выходе антенной системы $U_{\text{пом ИП}}$ определяется выражением

$$E_{\text{пом}} = \frac{U_{\text{пом ИП}} \sqrt{(R_{\text{экв}} + R_{\text{вх ИП}})^2 + X_{\text{экв}}^2}}{R_{\text{вх ИП}} K_{Ac}} = K_{\text{пУКВ}} U_{\text{пом ИП}},$$

где $K_{\text{экв}}$, $X_{\text{экв}}$ и K_{Ac} — эквивалентные параметры автомобильной антенной системы в диапазоне УКВ (§2.1).

Таблица 8.2

Частота , МГц	Коэффициент передачи K_n	
	УКВ	
	«Волга» ГАЗ-24	«Москвич-412»
66	2,4	2,1
69	2,3	1,8
73	1,9	1,75

В табл. 8.2 приведены рассчитанные на трех частотах радиовещательного диапазона УКВ коэффициенты передачи $K_{нУКВ}$ для антенных систем автомобилей «Волга» ГАЗ-24 и «Москвич-412». При расчете использовались данные по эквивалентным параметрам антенных систем (см. табл. 2.3). Входное сопротивление ИП принято равным 75 Ом.

Если принять во внимание сложность как измерения, так и расчета эквивалентных параметров автомобильных антенн в диапазоне УКВ, а также их сильную зависимость от длины соединительного кабеля, то рассмотренный метод определения ЭДС помехи, в антенне может найти лишь ограниченное применение.

Большую универсальность определения $E_{пом}$ дает метод, поясняемый рис. 8.3, б. Отличие этого метода от рассмотренного состоит в том, что напряжение помехи U_{nmlin} измеряется непосредственно на выходе автомобильной антенны, для чего к выходному разъему антенны вместо соединительного кабеля приемника подключают высокочастотный кабель измерителя помех. Таким образом, схема на рис. 8.3,б представляет собой эквивалент автомобильной антенны, нагруженной на входное сопротивление измерителя помех $R_{ип}$. Связь между $E_{пом}$ и $U_{ам}$ в этой схеме определяется выражением

$$E_{пом} = U_{ам} ИП \left| 1 + \frac{Z_{ам}}{R_{ип}} + jZ_{ам} C_{кор} \right| = K_{нУКВ} U_{пом} ИП.$$

Сравнительная простота определения значений $Z_{ам}$ и $C_{кор}$ (2.1), а также ограниченная номенклатура автомобильных антенн позволяют упростить расчет $E_{пом}$ при использовании этого метода.

В табл. 8.3 приведены параметры трех типов автомобильных антенн, устанавливаемых в большинстве моделей современных легковых автомобилей. Как и при расчете коэффициента $K_{нУКВ}$ (см. табл. 8.2) входное сопротивление измерителя помех принято равным 75 Ом.

На рис. 8.4 приведены статистически обработанные данные измерений уровней напряжения помех системы зажигания на выходе антенных систем автомобилей «Волга» ГАЗ-24 и «Москвич-408», оборудованных стандартными средствами помехоподавления.

В табл. 8,4 приводятся значения ЭДС помехи в антеннах указанных типов автокгобилей, рассчитанных на средних частотах радиовещательных диапазонов г использованием данных рис. 8.4 и табл. 8.1 и 8.2.

Таблица 8.3

Тип антенны	Марка автомобил я	$Z_{ам}$, Ом, на частотах			$C_{кор}$, пф	$K_{нУКВ}$		
		66 МГц	69 МГц	73 МГц		66 МГц	69 МГц	73 МГц
АР-105	«Москвич (модели 408»и 412)	37+j16	39+j43	50+j75	18	1.52	1.52	2.0
АР-104Б	«Волга» (ГАЗ-24)»	29— j24	37	138+j26	17	1,62	1,53	1,48
АР-1081(с отключё нным	ВАЗ (всех мо- дификаци й)	24— j81	28-j58	33—j34	16	2.08	1.86	1,72

кабелем)

Примечание. Антенна AP-108 выпускается со смонтированным на ней соединительным кабелем.

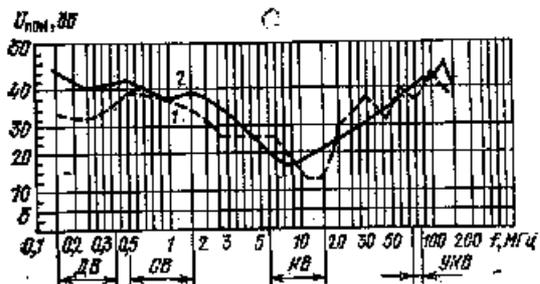


Рис. 8.4. График распределения уровней напряжений помех системы зажигания на выходе антенных систем автомобилей: 1 — «Волга» ГАЗ-21; 2 — «Москвич-408»

Таблица 8.4

Марка	В _{пом} , мкВ			
	250 кГц (ДВ)	1 МГц (СВ)	8 МГц (КВ)	69 МГц (УКВ)
«Волга» ГАЗ-24	400	300	40	185
«Москвич - 408»	200	300	40	120

Как уже отмечалось, кроме основного пути проникновения помех (через антенну) не исключена возможность прохождения помех из системы электрооборудования через цепи питания приемника. В связи с этим возникает необходимость измерений уровней напряжений помех, возникающих на зажимах, при помощи которых радиоприемник подключается к бортовой сети автомобиля. Используемый для этой цели ИП устанавливают внутри автомобиля, подключив высокопотенциальный провод его ВЧ шланга к проводу питания радиоприемника, а минусовый провод — к корпусу автомобиля. Методика проведения измерений аналогична методике, используемой при измерениях помех на выходе антенной системы. Как показывают измерения, уровни напряжений помех на зажимах питания радиоприемника в современных автомобилях составляют в диапазонах ДВ, СВ и КВ 1 — 5 и в диапазоне УКВ 0,1 — 1 мВ.

8.2. Методы повышения помехозащищенности радиоприема в автомобиле при воздействии помех от системы зажигания

Сведение к минимуму влияния помех системы зажигания на качество приема радиовещания в автомобиле является одной из самых трудных задач, которую приходится решать при проектировании современных автомобильных радиоприемников.

Для этой цели используется комплекс разнообразных решений, направленных на подавление помех как в месте их возникновения (в автомобиле), так и в тракте самого приемника.

Методы и средства, используемые для подавления помех в автомобиле. Как уже отмечалось, наибольший уровень поля радиопомех создается системой зажигания двигателя. Интенсивность излучения помех зависит от, длины искрового промежутка у свечей и распределителя, состояния контактов распределителя и прерывателя, длины проводов системы зажигания. Для подавления помех от системы зажигания используются: объемные

или проволочные сопротивления, подключаемые на концах высокого напряжения проводов у свечей зажигания и (или) распределителя [10]; реактивные кабели высокого напряжения, имеющие большую индуктивность; резистивные кабели высокого напряжения с распределенным омическим сопротивлением (ПВВО).

Демпфирующие сопротивления 8 — 10 кОм обеспечивают определенную степень подавления радиопомех в пределах широкой полосы радиочастот, причем сосредоточенные сопротивления более эффективны в области низких частот, а распределенные — в области высоких. Сосредоточенные сопротивления необходимо размещать как можно ближе к источнику возникновения радиопомех, т. е. с одной стороны провода к свече, а с другой — к контактам распределителя. Лучше всего, конечно, встраивать резистор непосредственно внутрь изолятора свечи (это затруднено воздействием высокой температуры на резистор), а также в ротор и клеммы распределителя.

Основные характеристики различных марок резистивных и реактивных проводов приведены в табл.

Резисторы подавления радиопомех и резистивные кабели высокого напряжения снижают добротность контура, образованного элементами системы зажигания. Ломехоподавительные свойства реактивного провода основаны на селективном поглощении высокочастотной энергии материалом проводника и диэлектриком изоляции.

Напряженность поля радиопомех, создаваемых системой зажигания двигателя, зависит от расположения и длины проводов высокого напряжения. С уменьшением их длины значительно снижается уровень помех в диапазонах ДВ, СВ, КВ. В диапазоне УКВ прямой зависимости между уровнем помех и длиной проводов высокого напряжения системы зажигания не наблюдается вследствие резонансных явлений, обусловленных соизмеримостью геометрических размеров проводников с длиной волны. Наибольший уровень помех в диапазоне УКВ имеет место на частотах, когда длина провода высокого напряжения близка к $1/4$ длины волны.

Объединением сосредоточенных и распределенных сопротивлений удастся ослабить помехи на 25 — 30 дБ (по сравнению с 15 — 20 дБ при использовании только сосредоточенных демпфирующих сопротивлений). Практика показывает, что установка в каждой цепи «распределитель — свеча» суммарного помехоподавительного сопротивления до 20 кОм не сказывается на работе двигателя.

Помехи, создаваемые первичной цепью системы зажигания, снижает конденсатор емкостью 0,2 — 0,3 мкФ, установленный параллельно контактам прерывателя. Введение его позволяет при разомкнутых контактах прерывателя уменьшить искру и предотвратить сжигание контактов, укоротить период разрыва цепи первичной обмотки катушки и повысить вторичное напряжение, в то же время при замкнутом контакте увеличивается ток первичной обмотки. Помехоподавление можно улучшить, заменяя этот конденсатор проходным той же емкости, установив его на распределителе и подключив по возможности ближе к контактам прерывателя.

Для подавления радиопомех от генератора переменного тока и реле-регулятора в некоторых случаях вводят в подводящие цепи проходные конденсаторы емкостью от 0,5 до 1 мкФ. Для подавления высокочастотных помех, вызванных искрением на коллекторах электродвигателей стеклоочистителя, вентилятора и т. п., используют проходные конденсаторы емкостью от 0,1 до 3 мкФ, вводимые в подводящие цепи.

Для снижения излучения помех необходимо устранить наличие высокочастотных связей между цепями высокого и низкого напряжений, размещая их по возможности дальше друг от друга. При недостаточно хороших электрических контактах между узлами автомобиля их необходимо металлизировать или соединять между собой перемычками. Это позволяет использовать экранирующие свойства облицовки кузова и деталей шасси, а также выравнивать электростатические заряды.

Схемные и конструктивные решения, используемые для подавления помех. Задача борьбы с помехами от системы электрооборудования решается в современных -автомобильных

приемниках применением комплекса схемных и конструктивных решений, защищающих каскады приемника как от непосредственного воздействия помех, так и от помех, проникающих по цепям питания и наводимых в автомобильной антенне.

Основное средство защиты каскадов приемника от непосредственного воздействия на них помех системы, зажигания — тщательная экранировка. Для этого корпус радиоприемников выполняют из металла и при монтаже приемника в автомобиле обеспечивают хороший и надежный электрический контакт с корпусом автомобиля. Учитывая то, что в современных приемниках используются съемные крышки корпуса, а также широко применяется блочный принцип конструирования, принимают также меры для достижения надежных взаимных контактов между съемными крышками, корпусом приемника, корпусами и экранами отдельных блоков, общими выводами печатных плат, корпусом механизма настройки и т. д. В качестве дополнительных средств защиты от прямого воздействия помех используется экранировка провода питания и выводов для подключения к автомобильному громкоговорителю.

Следует отметить, что в настоящее время не существует универсального рецепта для конструирования автомобильного приемника, в котором бы гарантировалась требуемая защита от непосредственного воздействия помех системы зажигания. Эту задачу приходится решать индивидуально для каждой модели вновь разрабатываемого приемника или даже при необходимости использования ранее разработанного приемника в другой модели автомобиля. Опыт показывает, что причиной недостаточной защищенности приемника от непосредственного воздействия помех чаще всего являются плохие электрические контакты между блоками, ненадежное заземление экранов и экранирующих оплеток проводов, недостаточное число точек заземления печатных плат, наличие плохо затянутых винтов, обеспечивающих фиксацию точек заземления. Практически эффективность примененных средств защиты от непосредственного воздействия, на, каскады приемника помехи от системы зажигания оде-нивают при установке приемника в автомобиле, причем эта работа, должна идти одновременно с отработкой параметров фильтров, служащих для подавления помех, проникающих по цепям питания.

Ряд специфических проблем, связанных с обеспечением эффективной экранировки, возникает при разработке конструкции автомобильно-переносных приемников. Применение в них магнитных антенн в сочетании со специфическими требованиями, предъявляемыми к этим моделям при их использовании в переносном режиме эксплуатации (малая масса, красивый внешний вид и т. п.), обусловило применение в качестве материала корпуса этих приемников полистирола, сополимеров и т. п. В связи с этим задйчу экранировки такого приемника при использовании его в автомобильном режиме эксплуатации решают, во-первых, путем тщательной экранировки всех катушек индуктивности и трансформаторов в приемнике и, во-вторых, размещением радиоприемника внутри специальной металлической конструкции — кассеты, выполняющей функцию крепления приемника, а также обеспечивающей подключение к нему внешних элементов (автомобильной антенной системы, громкоговорителя и провода питания от бортсети автомобиля). Металлический кожух кассеты соединен с корпусом автомобиля и поэтому также выполняет функции защиты установленного внутри кассеты радиоприемника от прямого воздействия на него помех системы зажигания.

Подавление помех, проникающих в тракт радиоприемника по цепям питания, осуществляется с помощью высокоэффективных электрических фильтров. В современных моделях приемников для этой цели используются Г-образные ФНЧ, начинающиеся с индуктивности (рис. 8.5). Требуемая фильтрация высокочастотных помех системы зажигания достигается при индуктивностях дросселей Dp_1 и Dp_2 около 200 — 250 мкГн. Емкость одного из конденсаторов C_1 C_2 должна быть не менее 500 — 1000 мкФ. Как указывалось, провод, при помощи которого, приемник подключают к клемме автомобильной, бортсети, несет на себе весьма значительное напряжение помех (до 5 мВ при измерении относительно «корпуса»), являясь вследствие этого довольно эффективным вторичным излучателем

помехи. Поэтому при выборе способа включения фильтра в схему приемника и при размещении фильтра внутри корпуса радиоприемника необходимо стремиться к тому, чтобы длина проходящего внутри приемника провода питания, несущего помеху, была минимальной. Для этого фильтр включается в схему непосредственно после предохранителя (до выключателя питания радиоприемника) и размещается обычно на боковой стенке корпуса приемника (рис. 8.6) таким образом, чтобы провод от бортсети автомобиля, проходя сквозь отверстие в этой стенке корпуса, подключался непосредственно к выводу первого дросселя фильтра Dr_1 (к точке 1 на рис. 8.5). При таком размещении фильтра излучение помехи внутри приемника с провода питания практически исключается. Значительное напряжение помех возникает также на обмотках дросселей Mr_1 и Dr_2 . Для того чтобы исключить возможность вторичного излучения этого напряжения, катушки дросселей фильтра полностью экранируются.

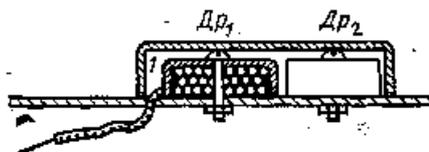
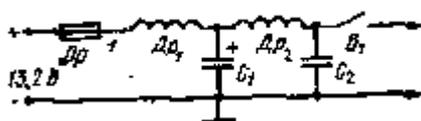


Рис. 8.5. Схема фильтра цепей питания приемников

Рис. 8.6. Размещение фильтра цепей питания

Примером типичного конструктивного выполнения фильтра цепей питания является блок фильтров, используемый в радиоприемнике А-370 (А-370М). Схема фильтра аналогична схеме, показанной на рис. 8.5. Дроссели фильтра Dr_1 и Dr_2 (индуктивность 240 мкГн) и конденсатор C_1 емкостью 5 мкФ собраны на металлическом угольнике, который крепится на боковой стенке радиоприемника. Дроссели намотаны на плоских тонкостенных каркасах и экранированы цилиндрическими экранами. Провод питания (от предохранителя) подключен непосредственно к началу обмотки дросселя Dr_x . При монтаже фильтра в приемнике все детали фильтра оказываются полностью экранированными, причем элементом экранировки служит и часть боковой стенки корпуса приемника, на которой закреплен

Благодаря использованию эффективных средств фильтрации и экранировки обеспечивается надежная защита приемников от помех системы зажигания, проникающих по цепям питания или непосредственно воздействующих на его каскады. В то же время задача повышения качества приема радиовещания в автомобиле в условиях воздействия помех, наводимых системой зажигания в автомобильной антенне, решена лишь частично. Основной причиной этого является то, что частоты спектральных составляющих помехи лежат в радиовещательном диапазоне, а уровни ЭДС этих составляющих, наводимых в антенне, близки или даже превышают номинальную чувствительность автомобильных приемников. Вследствие этого основным средством повышения помехоустойчивости приема в автомобиле следует считать дальнейшее улучшение эффективности системы помехоподавления, устанавливаемой на автомобилях. Вместе с тем анализ механизма воздействия импульсной помехи на тракт ЧМ автомобильного радиоприемника позволяет определить некоторые пути и средства повышения качества приема в УКВ диапазоне, которые могут быть заложены при разработке самого приемника.

Известно, что при воздействии на входе приемника импульсной помехи суммарное напряжение сигнала и помехи оказывается модулированным одновременно и по амплитуде и по частоте. Таким образом, задача повышения помехоустойчивости сводится к подавлению паразитной АМ и ЧМ, накладываемой на полезный сигнал импульсной помехой.

Объективные измерения, проведенные по методике, рассмотренной в § 8.3, показали, что амплитудная составляющая модуляции, накладываемая помехой, в основном подавляется в тракте ЧМ автомобильного приемника за счет работы системы статического ограничения (уровень помех на выходе радиоприемника резко падает при переходе тракта ЧМ в режим глубокого ограничения). Этот вывод подтверждает важность проектирования автомобильных радиоприемников всех классов с ранним порогом ограничения, так как при

этом помимо сохранения устойчивости приема в широком диапазоне входных сигналов одновременно достигается определенный выигрыш в помехозащищенности при воздействии помех системы зажигания. Дополнительное подавление помех, особенно при малых входных сигналах, т. е. когда еще не достигнут режим глубокого ограничения, происходит за счет подавления паразитной АМ дробным детектором.

Другим фактором, играющим существенную роль в снижении помехоустойчивости приема в диапазоне УКВ, является паразитная ЧМ помехой напряжения гетеродина. В результате измерений, проведенных с использованием гетеродинного волномера, было установлено, что при подаче на вход тракта ЧМ приемника напряжения помехи, близкой по уровню к реальным величинам, происходит смещение частоты гетеродина (на 20 — 30 кГц) и возникает паразитная ЧМ напряжения гетеродина с девиацией 10 — 20 кГц. Включение АПЧ устраняет расстройку, однако паразитная ЧМ полностью не исключается.

Дальнейшие исследования показали, что наилучшее подавление паразитной ЧМ напряжения гетеродина, создаваемой при воздействии импульсной помехи, обеспечивается в тракте ЧМ, где приняты меры, повышающие стабильность частоты гетеродина при воздействии меняющихся по уровню входных сигналов. Колебания частоты гетеродина в таких приемниках не превышают 10 — 20 кГц при изменении входного сигнала от единиц микровольт до десятков милливольт при отключенной системе АПЧ. Необходимость гарантирования стабильности частоты гетеродина при отключении АПЧ связана с тем, что автоподстройка не может (и не должна) компенсировать динамические изменения частоты, возникающие при ЧМ напряжения гетеродина вследствие воздействия импульсной помехи.

Таким образом, можно сделать вывод, что наилучшая помехозащищенность приема УКВ ЧМ вещания в автомобиле (с точки зрения воздействия помех системы зажигания в антенне) обеспечивается в приемниках, в которых одновременно получены эффективная работа системы статического ограничения, высокая стабильность частоты гетеродина при воздействии меняющихся по уровню сигналов и импульсных помех и максимальная величина подавления сопутствующей АМ.

В то же время необходимо учитывать тот факт, что описанные методы борьбы с помехами не позволяют кардинально решить эту проблему.

Анализ механизма воздействия помех от системы электрооборудования на каскады приемника и более глубокое изучение структуры этих помех при одновременном развитии интегральной схемотехники позволили в последнее время создать принципиально новые методы борьбы с импульсными помехами. Эти методы базируются на введении в тракт приемника специальных устройств, осуществляющих более или менее сложную обработку смеси полезного сигнала и импульсной помехи, обеспечивая в результате глубокое подавление помехи.

Наиболее широкое распространение в зарубежных моделях автомобильной радиоаппаратуры в последние годы получила так называемая система автоматического подавления импульсных помех на выходе ЧМ детектора. Система построена на известном временном принципе подавления помех, т. е. закрывании канала полезного сигнала на время действия импульса помехи. Для этого в ЧМ тракт приемника между выходом ЧМ детектора и входом стереодекодера (или входом УНЧ в монофонических моделях) включается электронное ключевое устройство, которое прерывает сигнал на время действия импульсной помехи. Управляющий сигнал для электронного ключа вырабатывается специальным устройством опознавания наличия импульса помехи, причем опознавание осуществляется на основе спектрального различия импульса помехи и полезного сигнала на выходе ЧМ детектора. Как известно, в то время как полезный стереосигнал имеет спектр до 46 кГц (в зарубежных приемниках, обеспечивающих прием опознавательных сигналов системы дорожной информации, — до 57 кГц), спектр импульсов помехи системы электрооборудования на выходе ЧМ детектора достигает 150 — 250 кГц, причем уровень высокочастотных составляющих импульса помехи пропорционален амплитуде импульса и

соответственно амплитуде составляющих спектра помехи, совпадающих со спектром полезного сигнала.

Устройство опознавания строится таким образом, что управляющий сигнал для ключевого каскада (в канале полезного сигнала) вырабатывается при наличии на его входе высокочастотных спектральных компонент помехи (150 — 250 кГц) определенного уровня, причем этот уровень (чувствительность устройства опознавания) выбирается таким, чтобы можно было надежно закрывать канал полезного сигнала только при наличии импульсов помехи достаточно высокой интенсивности, т. е. имеющих значительные составляющие и в спектре полезного сигнала.

Одним из важнейших преимуществ такого метода подавления помехи является то, что система реагирует на импульсы помехи не только от собственного источника (системы зажигания того автомобиля, на котором установлен приемник), но и на принятые артомобильной антенной импульсы помех от системы электрооборудования других автомобилей и прочих источников импульсных помех, имеющих аналогичный спектр. Основные элементы системы автоматического подавления помех (рис. 8.7) выполняют следующие четыре функции: опознавание появления импульса помехи и выработка управляющего сигнала, задержка сигнала с помехой на время 3 мкс, закрывание канала полезного сигнала, накопление (запоминание) мгновенных значений сигнала, действовавшего в момент закрывания.

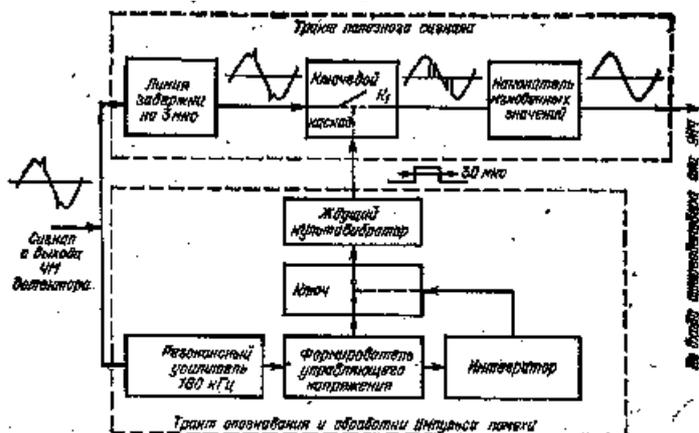


Рис. 8.7. Структурная схема системы автоматического подавления импульсных помех

Сигнал с помехой, действующей на выходе ЧМ детектора, подается одновременно в тракт полезного сигнала и тракт опознавания и обработки импульса помехи. В тракте опознавания и обработки импульса помехи вначале выделяются высокочастотные составляющие смеси сигнала и помехи (принадлежащие, как отмечалось, спектру импульса помехи). Для этого используется либо ФВЧ, либо резонансный контур, настроенный на одну из частот ВЧ спектра помехи (на практике выбирается частота 180 кГц), достаточно отстоящую от диапазона частот полезного сигнала. После усиления и выделения постоянной составляющей из этих сигналов формируется управляющее напряжение, запускающее ждущий мультивибратор, импульсы которого управляют работой электронного ключа K_1 в канале полезного сигнала. В тракте полезного сигнала смесь сигнала и помехи до подачи на ключевой каскад проходит через линию задержки, благодаря чему момент прерывания полезного сигнала (размыкание ключа K_1) совпадает с завершением опознавания помехи, т. е. совпадает с моментом начала формирования переднего фронта импульса, вырабатываемого мультивибратором.

Время задержки (3 мкс) равно времени обработки импульса помехи в канале опознавания.

Для того чтобы в период размыкания ключа полезного сигнала не было полного отсутствия информации о полезном сигнале (про-падании»сигнала на выходе приемника), после ключевого каскада включен накопитель мгновенных значений, представляющий собой

последовательное соединение конденсатора и резонансного контура, настроенного на частоту стереоподнесущей (или пилот-тона). Благодаря наличию конденсатора при размыкании электронного ключа из-за большой постоянной времени не происходит полного пропадания сигнала, так как сохраняется мгновенное значение, существовавшее перед моментом размыкания ключа. Контур благодаря эффекту «инерционной синхронизации» обеспечивает то, что стереодекодер при прерывании поднесущей (или пилот-тона) не выходит из нормального режима работы.

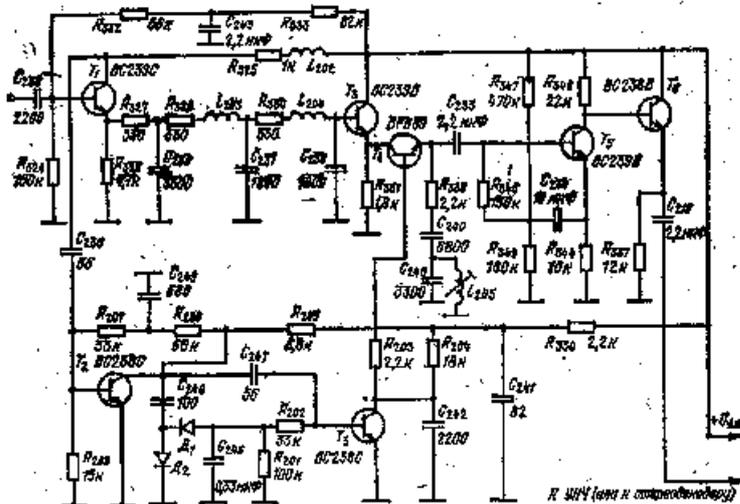


Рис. 8.8. Принципиальная схема автоматического помехоподавитель» тепа

Для того чтобы канал полезного сигнала не отключался на чрезмерно длительные периоды времени (при «плотном» следовании импульсов помех с частотой, значительно превышающей средние частоты следования импульсов вт системы электрооборудования) или когда на входе устройства опознавания появляется непрерывное напряжение частоты 180 кГц (например, при интермодуляции сигналов двух соседних мощных ЧМ станций), в канале обработки импульса помехи имеется еще один электронный ключ, который при следовании импульсов с частотой выше 3 — 5 кГц (и, естественно, при непрерывной помехе) прерывает подведение! закрывающего импульса к основному электронному ключу (в канале полезного сигнала). В качестве примера на рис. .8.8 приведена часть схемы автомобильного приемника фирмы «Блаупункт» (ФРГ), выполняющая функции автоматического подавления помех и получившая название ASU (автоматический помехоподавитель). Смесь сигнала и импульсной помехи с выхода ЧМ детектора поступает на эмиттерный повторитель (транзистор T_1). С эмиттера этого транзистора сигнал поступает на линию задержки, представляющую собой двухзвенный ФНЧ.

Для того чтобы при стереоприеме не происходило уменьшение переходного затухания, задержка должна быть частотно-независимой В диапазоне частот полезного сигнала (до 50 кГц). Это достигается тем, что частота 50 кГц лежит далеко от частоты среза фильтра 120 кГц.

На выходе ФНЧ также включен эмиттерный повторитель, с нагрузки которого смесь сигнала и помехи поступает на электронный ключ.

В коллекторной цепи транзистора T_1 включен ФВЧ L_{202} , C_{235} , выделяющий высокочастотные компоненты импульса помехи. Эти компоненты после усиления транзистором T_2 и выделения постоянной составляющей диодным выпрямителем D_1 , D_2 поступают на базу управляющего транзистора T_3 . Управляющий транзистор работает в ключевом режиме таким образом, что при наличии на входе T_2 интенсивных ВЧ составляющих импульса помехи транзистор T_3 открыт, при этом на его коллекторе, а следовательно, и на базе транзистора T_4 (ключевой каскад в канале полезного сигнала) действует близкое к нулю напряжение и транзисторный ключ T_4 прерывает прохождение сигнала.

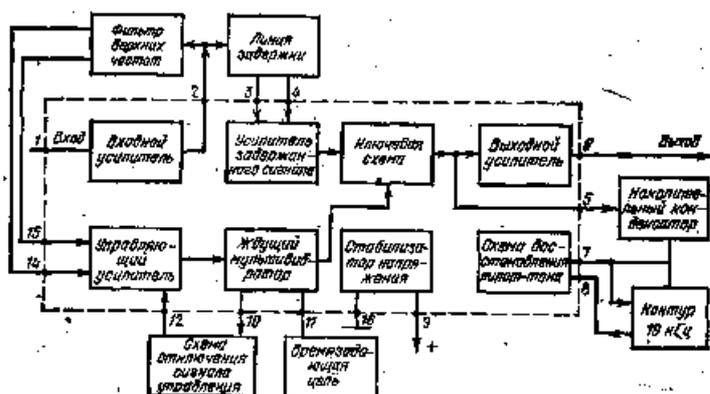


Рис 8.9. Структурно-функциональная схема ИС ТДА 1001

Интегрирующая цепь C_{247} , I_{11} , R_1 предотвращает длительное закрытие канала полезного сигнала (шунтирует цепь выпрямителя при непрерывных сигналах помех).

Функции «запоминания» мгновенных значений напряжения полезного сигнала и стереоподнесущей (пилот-тона) на время их прерывания выполняют соответственно конденсатор C_{240} и контур C_{245} , L_{205} . Сигнал о подавленной импульсной помехе через выходной усилитель T_5 , компенсирующий ослабление сигнала в линии задержки, и эмиттерный повторитель T_6 поступает на вход стереодекодера (или вход УНЧ при моноприеме).

Зарубежными фирмами разработаны две специализированные интегральные микросхемы TDA1001 и U114.B для систем автоматического подавления помех типа ASU, в которых объединены все основные элементы канала полезного сигнала и канала опознавания и обработки импульса помехи. Блочно-функциональная схема ИС TDA 1001 с подключаемыми внешними элементами Показана на рис. 8.9 (пунктиром выделены элементы самой ИС).

3.3. Субъективные и объективные методы оценки помехозащищенности приема радиовещания в автомобиле при воздействии помех системы зажигания

Субъективную оценку помехозащищенности приема, обеспечиваемого автомобильными радиоприемниками, производят при их работе в условиях, близких к реальным условиям эксплуатации. Эта оценка является основным способом проверки эффективности используемых в радиоприемнике средств защиты от помех системы зажигания автомобиля. В процессе субъективных испытаний отдельно оценивают помехозащищенность приема при воздействии помех от системы электрооборудования на автомобильную антенну в диапазонах ДВ, СВ, КВ и УКВ, а также оценивают эффективность фильтрации помех, проникающих в приемник по цепям питания.

Требования, которые предъявляются к современным автомобильным радиоприемникам, предусматривают полное подавление помех, воздействующих на зажимах питания. Методика субъективной оценки соответствия приемника этому требованию весьма проста и заключается в следующем: испытываемый радиоприемник устанавливают в автомобиле, от приемника отключают антенную систему и затем прослушивают его работу на всех диапазонах при работе двигателя на холостом ходу. Частоту вращения вала двигателя постепенно увеличивают до максимально допустимой по условиям эксплуатации. Для повышения достоверности результатов испытания промышленных образцов автомобильных радиоприемников проводят на нескольких образцах той модели автомобиля, для комплектации которой предназначается радиоприемник. На всех используемых при испытаниях автомобилях необходимо установить стандартный комплект средств помехоподавления,

исправность которых должна быть проверена либо визуально, либо путем проведения испытаний на соответствие автомобиля общесоюзным нормам допускаемых радиопомех.

Радиоприемник считается полностью выдержавшим испытания, если помеха, проникающая по цепям питания, не прослушивается в автомобильном громкоговорителе на всех диапазонах и при установке приемника на всех используемых при испытаниях автомобилях. Допустимым может считаться прослушивание незначительного (малозаметного при субъективной оценке) сигнала помехи в диапазоне СВ.

Степень помехозащищенности приема от помех системы зажигания, проникающих в приемник через антенну, определяется при его работе в движущемся автомобиле и заключается в субъективной оценке качества приема радиовещательных станций в диапазонах ДВ, СВ, КВ и УКВ.

Современному уровню требований удовлетворяют приемники, которые обеспечивают высококачественный и помехоустойчивый прием местных станций в диапазонах ДВ, СВ и КВ. Под помехоустойчивостью в данном случае подразумевается незаметность (при субъективной оценке) сигнала помехи на фоне звучания программы принимаемой радиостанции при точной настройке приемника на несущую частоту. При отсутствии сигнала несущей частоты станции с АМ допускается наличие заметной помехи, которая должна полностью устраняться при отключении антенной системы, что, как отмечалось, является показателем достаточной фильтрации помех, проникающих по цепям питания.

Особенности распространения радиоволн УКВ диапазона, обуславливающие монотонное и сравнительно быстрое падение уровня несущей УКВ-ЧМ станции при удалении от передающей антенны, позволяют дать более полную (чем в диапазонах АМ) оценку влияния помех на качество приема УКВ станций в движущемся автомобиле. При проведении субъективных испытаний в диапазоне УКВ предварительно выбирают трассу и направление движения автомобиля. Критерием для выбора трассы является характер изменения напряженности поля вдоль нее в зависимости от расстояния до антенны УКВ ЧМ передатчика. При проверке помехозащищенности автомобильных приемников эта зависимость должна носить ярко выраженный монотонно убывающий характер, уровень несущей по мере удаления автомобиля от передающей антенны должен постепенно убывать до значений, не превышающих несколько десятков микровольт, т. е. до уровней, близких к уровням спектральных составляющих помехи от системы зажигания в диапазоне УКВ,

Калибровку трассы, т. е. снятие зависимости уровня напряженности поля от расстояния до передающей антенны УКВ-ЧМ передатчика, производят по сигналу какой-либо радиовещательной УКВ станции при помощи измерителя поля или измерителя помех при подключении к ним откалиброванных антенн. При этом автомобиль должен двигаться с минимально возможными отклонениями от выбранного направления. Напряженность поля измеряют через каждые 3 — 5 км.

Если при проведении измерений на некотором расстоянии от передающей антенны УКВ-ЧМ передатчика закон монотонного убывания сигнала нарушается (появляются участки с постоянным, а затем и возрастающим уровнем сигнала), то это чаще всего означает наличие в данной зоне ретрансляционной установки, вследствие чего это направление движения следует считать непригодным для ходовых испытаний автомобильных радиоприемников в диапазоне УКВ. Проведение испытаний автомобильных приемников в диапазоне УКВ при движении автомобиля по калиброванной трассе позволяет субъективно определить зону помехоустойчивого приема, т. е. максимальное расстояние от антенны УКВ-ЧМ передатчика, при котором обеспечиваются требуемые качество и помехозащищенность приема. Для более полной характеристики приемника в ходе испытаний сначала фиксируется расстояние, на котором обеспечивается качество приема, соответствующее критерию «помеха незаметна», а затем определяется зона, при движении в которой помеха заметна, но еще не приводит к существенному снижению качества приема. Границу этой зоны и принято считать границей зоны помехоустойчивого приема УКВ-ЧМ вещания, обеспечиваемой испытываемым автомобильным радиоприемником. При работе лучших

моделей современных приемников высококачественный и полностью свободный от помех системы зажигания прием в диапазоне УКВ обеспечивается вплоть до, расстояний 30 — 40 км от передающей антенны. Удовлетворительный прием, возможен на расстояниях не менее 50 — 60 км от передающей антенны.

Как следует из изложенного, ходовые испытания, в результате которых дается субъективная оценка помехозащищенности приема, требуют весьма сложной и трудоемкой подготовительной работы (проверка уровней помех от системы зажигания автомобилей, используемых в испытаниях, калибровка трассы для испытаний в диапазоне УКВ и т. п.). Субъективным методам оценки свойственны и другие недостатки (влияние на результаты испытаний рельефа местности, мощности передающей станции, погодных условий и других факторов), которые затрудняют сравнительную оценку помехозащищенности различных типов или образцов приемников и, кроме того, не позволяют оценить помехозащищенность отдельных элементов тракта радиоприемника.

Вследствие этого вполне очевидна важность разработки объективных лабораторных методов оценки помехозащищенности приема, обеспечиваемого автомобильными приемниками.

Для объективной оценки степени помехозащищенности приемника от помех, проникающих по цепям питания, измеряются коэффициенты затухания напряжения сигналов различных частот, подводимых к зажимам питания приёмника. Методика измерений поясняется рис. 8.10. На зажимы питания радиоприемника 1 от генератора стандартных сигналов (ГСС) 2 подается напряжение выбранной частоты, обеспечивающее заметную мощность на выходе радиоприемника. Выходное напряжение фиксируется ламповым вольтметром 3. Уровень высокочастотного напряжения на зажимах питания контролируется с помощью селективного вольтметра или измерителя помех 4. После этого сигнал от ГСС подается на вход радиоприемника (через эквивалент антенной системы), для чего переключатель - переводится в положение 2. Напряжение ГСС изменяется до тех пор, пока на выходе радиоприемника не будет зафиксировано напряжение, соответствующее прежнему показанию лампового вольтметра. Отношение напряжении сигнала на зажимах питания радиоприемника и на его входе (при втором измерении), выраженное, в децибелах, дает коэффициент затухания напряжений сигналов, воздействующих в цепях питания радиоприемника.

Определив зависимость коэффициента затухания от частоты ВЧ сигнала, можно определить, на каких частотах радиовещательных диапазонов наблюдается недостаточная фильтрация, и на основании этих данных принять меры для повышения ее эффективности (изменить параметры фильтров- в цепях питания, ввести дополнительные элементы фильтрации и т. п.). Измерения показывают, что в современных автомобильных радиоприемниках коэффициенты затухания сигналов, воздействующих в цепях питания, на всех радиовещательных диапазонах составляют; 60 дВ и выше. В результате даже значительные уровни спектральных составляющих помехи от системы зажигания на зажимах питания не оказывают существенного мешающего действия радиовещательному приему.

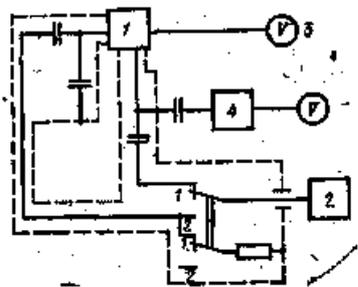


Рис. 8.10. Структурная схема для измерения коэффициентов затухания напряжений сигналов, подводимых к зажимам питания приемника

На рис 8.11 показана структурная схема измерительной установки для снятия объективных характеристик степени защиты автомобильного радиоприемника или

отдельных, элементов его ВЧ тракта от помех системы зажигания, воздействующих на антенный вход. Генератор импульсов имитирует — помеху, от системы зажигания автомобиля. Спектральная характеристика его выходного напряжения (по крайней мере в выбранном для измерений радиовещательном диапазоне частот) по сбставу и уровням спектральных составляющих должна быть сравнима с реальной спектральной характеристикой ЭДС импульсной помехи, воздействующей на автомобильную антенну (см. рис. 8 4). Рекомендуемая частота повторения импульсов 100 Гц.

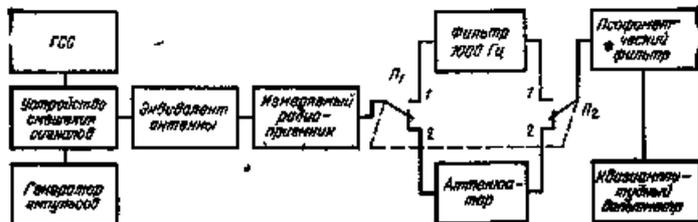


Рис. 8.11. Структурная схема измерительной установки для снятия характеристик степени защиты приемника от импульсных помех, действующих на антенном входе

При измерениях импульсная помеха и полезный модулированный» сигнал через эквивалент антенны B устройство смещения сигналов, используемое при двухсигнальных методах измерения, подаются на вход автомобильного приемника. Затем снимают зависимость степени защиты d в функции от уровня входного АМ или ЧМ сигнала. Глубину модуляции полезного сигнала с АМ принимают равной 30%, а девиацию частоты в диапазоне УКВ — 15 кКц. Значение d равно выраженному в децибелах отношению выходного напряжения полезного сигнала $U_{\text{вых.ам}}$ (ЧМ) (измеряется при установке переключателя в положение 1 с использованием полосового ФНЧ на 1000 Гц) к выходному напряжению $U_{\text{вых.пом}}$, измеренному квазипиковым вольтметром при снятой модуляции полезного сигнала. При измерении $U_{\text{вых.пом}}$ переключатель ставится в положение 2. Аттенуатор на рис. 8.11 служит для выравнивания затухания измеряемых выходных напряжений полезного сигнала и помехи.

Входной уровень помехи $U_{\text{вх.пом}}$ во время измерений поддерживается постоянным, что соответствует реальным условиям работы приемника в движущемся автомобиле, когда на его входе действуют относительно постоянная по уровню помеха от системы зажигания и динамически изменяющийся входной сигнал.

Результаты измерений оформляются графически:

$$d = 20 \lg \frac{U_{\text{вых.ам}} (ЧМ)}{U_{\text{вых.пом}}} = f_1(U_{\text{вх.ам}} (ЧМ)) \text{ при } U_{\text{вх.пом}} = \text{const.}$$

Исследования, проводимые с использованием измерительной установки, показанной на рис. 8.11, дают возможность в лабораторных условиях объективно и оперативно анализировать и сравнивать помехозащищенность автомобильных приемников при различных вариантах построения их АМ или ЧМ тракта.

Глава 9

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ РАДИОАППАРАТУРЫ

9.1. Блочный принцип построения

Проектирование автомобильных радиоприемников характеризуется несколько иным подходом, чем проектирование обычных сетевых или переносных. Объясняется это функциональным назначением и условиями эксплуатации автомобильной аппаратуры.

Обычные радиовещательные приемники предназначены для эксплуатации в домашних условиях или на открытом воздухе при условии отсутствия каких-либо механических воздействий на них. Требования по особой прочности к ним не предъявляется, внешний вид радиоприемника должен отвечать в основном различным художественным вкусам потребителей, а габариты не ограничены. Автомобильный приемник предназначен в основном для комплектации автомобилей, по механической прочности должен удовлетворять условиям эксплуатации в нем и по внешнему виду должен гармонизировать с интерьером машины, особенно с его приборной панелью. Причем габариты автомобильного радиоприемника имеют тенденцию к постоянному сокращению. Выбор тех или иных элементов и узлов приемника диктуется часто именно допустимыми габаритами, при этом в полной мере должны учитываться механические и климатические особенности их эксплуатации.

Оптимальным решением построения автомобильных приемников является использование блочного принципа конструирования, когда радиоприемник разделяется на ряд функционально законченных блоков, собираемых самостоятельно и затем соединяемых в единую конструкцию. При блочном построении каждый блок настраивается отдельно, и в собранном виде приемник не нуждается в настройке в полном объеме. При ремонте каждый блок может быть снят с радиоприемника и в нем могут быть заменены вышедшие из строя детали без разборки приемника в целом. Из этого видно, что при блочном конструировании автомобильного приемника улучшается его ремонтпригодность.

В принципиальной схеме радиоприемника всегда имеются участки, которые могут быть выделены в отдельные функциональные узлы, выполняемые затем в виде блоков: тракт ПЧ, тракт с преобразователем и гетеродином, механизм настройки приемника с ВЧ контурами, блок УКВ, УНЧ, пульт дистанционного управления.

По конструктивным соображениям отдельные функциональные узлы могут быть соединены между собой в один блок, хотя при этом они будут выполнять различные электрические функции.

Раздельная регулировка каждого блока позволяет получить максимальные электрические параметры и большую идентичность характеристик приемников.

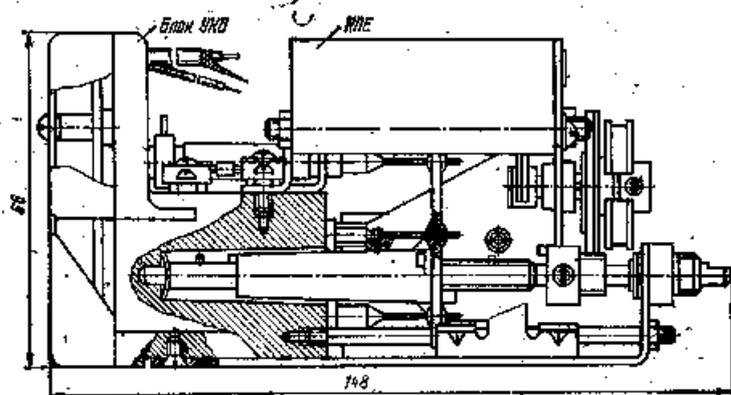


Рис. 9.1. Конструкция механизма настройки приемника «Урал-авто»

Блочный принцип конструирования не является единственно возможным. В малогабаритных автомобильных приемниках низких классов бывает нецелесообразно разбивать конструкцию на отдельные блоки. Наличие небольшого числа диапазонов (ДВ и СВ), небольшая выходная мощность и менее жесткие требования к другим электрическим параметрам позволяют разработать радиоприемник в виде единой конструкции. Рассмотрим несколько примеров конструктивного построения, автомобильных приемников различных классов.

Автомобильный радиоприемник А-271 представляет собой супергетеродин II класса с диапазонами ДВ, СВ и УКВ, имеющий систему фиксации настроек. Основная печатная плата приемника закреплена на шасси коробчатого типа, к которому крепятся также блок

вариометра с ВЧ контурами и платой блока УКВ, регулятор громкости и переключатель тембра, радиатор с оконечными транзисторами УНЧ.

На основной печатной плате располагаются тракт УПЧ-ЧМ, УВЧ, гетеродин и преобразователь, УПЧ тракта АМ, УНЧ без оконечных транзисторов. На ней же располагаются колодки переключения ВЧ цепей переключателя диапазонов.

Катушки ферровариометра в процессе предварительной настройки сопрягаются между собой в начале, середине и конце диапазона и в дальнейшем дополнительной регулировки не требуют. Блок УКВ конструктивно совмещен с вариометром. Усилитель низкой частоты выполнен в виде функционально законченного блока. Регулировка и настройка его осуществляются отдельно от приемника, и в собранном виде дополнительной регулировки не требуется.

В автомобильно-переносном приемнике «Урал-авто» принцип разделения на блоки обозначен еще более четко. В радиоприемнике имеется несколько печатных плат и законченных блоков, выполняющих определенные электрические функции. Блок КВ, СВ, ДВ и УПЧ (КСДВ — ПЧ) содержит печатную плату с переключателем диапазонов ДВ, СВ, КВ и УКВ, контурные катушки и УПЧ-АМ тракта. Блок ПЧ-ЧМ-УНЧ содержит печатную плату, на которой расположены УПЧ тракта ЧМ и УНЧ для работы в переносном режиме, громкоговоритель и ферритовая антенна. Блок вариометра конструктивно совмещен с блоком УКВ и конденсатором переменной емкости для настройки катушек ферритовой антенны (рис. 91).

Причиной объединения в этом блоке трех различных узлов является необходимость настройки приемника единым передаточным механизмом на всех диапазонах и во всех режимах.

Усилитель мощности, используемый при работе в автомобильном режиме, конструктивно совмещен с кассетой, в которую вставляется приемник при работе в автомобиле. Блок содержит выходной каскад УНЧ, гнезда для подключения громкоговорителя, установленного в автомобиле, гнезда для подключения антенны, соединительный кабель для подключения к источнику питания и разъем для соединения с приемником.

Все блоки, относящиеся непосредственно к приемному, устанавливаются на общее шасси швеллерного типа, которое закрепляется в пластмассовом корпусе.

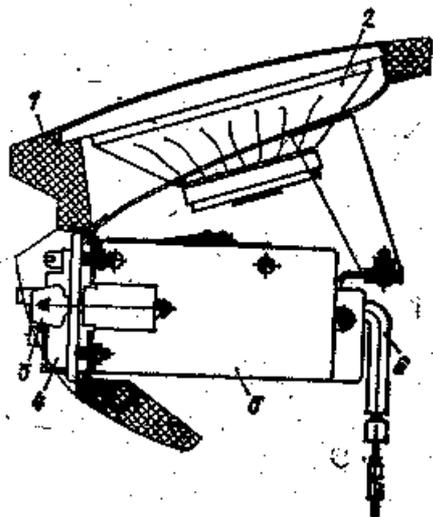


Рис. 9.2. Установка приемника «Урал-авто-2» в автомобиле ИЖ-1600

1 — лицевая панель автомобиля, 2 — громкоговоритель. 3- запорный ключ, 4 — приемник «Урал-авто-2», 5 — установочная кассета, 5 — антенный кабель

Новая модель автомобильно-переносного радиоприемника «Урал-авто-2» отличается значительно уменьшенными габаритами, лучшим внешним оформлением и рядом других конструктивных особенностей. Радиоприемник имеет съемный блок батарей для питания в переносном режиме работы. При работе в автомобиле приемник «Урал-авто-2» без

батареи отсека вставляется, в специальную кассету, постоянно установленную в лицевой панели автомобиля ИЖ-1500, и с помощью специального разъема подсоединяется к аккумулятору автомобиля, антенне и громкоговорителю (рис. 9.2). Кассета имеет замок, который препятствует снятию радиоприемника с автомобиля без ведома его владельца. Если в кассете радиоприемника «Урал-авто» находился мощный УНЧ, на который переключался радиоприемник с момента его установки в кассету, то кассете радиоприемника «Урал-авто-2» нет никаких активных элементов. Бестрансформаторный усилитель мощности расположен в основном корпусе радиоприемника, и коммутация режима работы переносного на автомобильный производится включением специальной кнопки на лицевой панели радиоприемника.

9.2. Особенности конструкций механизмов настройки

В качестве органа настройки в автомобильных радиоприемниках применяется вариометр. Элементами настройки в диапазонах ДВ, СВ и КВ являются ферритовые сердечники из материала марки 600НН, а в диапазоне УКВ — алюминиевые сердечники. Для обеспечения требуемых параметров радиоприемника катушки ферровариометра диапазонов АМ должны удовлетворять нескольким условиям: коэффициент перекрытия по индуктивности должен быть не менее 10, конструктивная добротность катушек должна быть не хуже 50 — 60, катушки должны быть сопряжены по индуктивности с точностью не хуже 2%, катушки должны быть надежно экранированы для предупреждения самовозбуждения УВЧ, начальную индуктивность катушек необходимо выбирать с учетом суммарной емкости антенной системы автомобиля.

Длина намотки катушек составляет 25 — 26 мм. Обеспечение коэффициента перекрытия, равного 10, достигается при длине хода сердечника 23 мм. Ход сердечника во многом определяет габариты самого механизма настройки. При проектировании современных автомобильных приемников ставится задача максимального уменьшения их габаритов. В этих условиях уменьшение размеров механизма настройки играет существенную роль. Имеются два пути уменьшения хода сердечника при условии сохранения коэффициента перекрытия по индуктивности: приближение среднего диаметра катушки к наружному диаметру сердечника и использование ферри-товой системы с замкнутым магнитным потоком, в которой коэффициент перекрытия по индуктивности резко возрастает, что дает возможность уменьшить рабочий ход механизма.

Для обеспечения возможности сближения катушки с сердечником в нем не должна применяться пластмассовая опрессовка, сердечник не должен иметь кривизны поверхности с целью исключения возможности его заклинивания в катушке и через него должно проходить отверстие для закрепления поводка. Система с опрессованным сердечником является унифицированной в отечественных автомобильных приемниках А-370, А-271, А-275. Система с неопрессованными сердечниками применена в автомобильных магнитолах АМ-301, АМ-303, радиоприемнике А-373 и А-373Б.

Катушки ферровариометра обычно устанавливаются на печатной плате блока УКВ или на специальной небольшой печатной плате (в радиоприемниках без диапазона УКВ) и помещают в литой или штампованный блок, обеспечивающий их экранировку. Наличие экрана снижает конструктивную добротность катушек. Для уменьшения влияния экрана к его внутренней поверхности приклеивают ферритовые стержни, аналогичные по конструкции сердечникам, служащим для перестройки вариометра, или катушку помещают в ферритовый цилиндр. Другим средством повышения конструктивной добротности катушек ферровариометра является использование секционированной или универсальной намотки, хотя применение последней связано с некоторым усложнением конструкции.

Как и всякое изделие, ферритовые сердечники характеризуются некоторым разбросом параметров. В результате сердечники, применяемые для перестройки в ферровариометре,

имеют небольшие различия по магнитной проницаемости, и потому для автомобильных приемников их разбраковывают по группам, и только сердечники одной группы могут устанавливаться в собираемый ферровариометр. После сборки ферровариометр тщательно сопрягается по индуктивностям катушек при крайних положениях сердечников и в дальнейшем, будучи установленным в радиоприемнике, дополнительной регулировке не подвергается. Укладка границ диапазонов ДВ, СВ в заданные пределы осуществляется при помощи дополнительных катушек аналогично укладке диапазонов с применением дополнительных конденсаторов, используемых в радиовещательных приемниках, перестраиваемых КПЕ.

Как указывалось, в диапазоне УКВ для настройки вариометра используются алюминиевые сердечники. В отличие от ферритовых алюминиевые сердечники при их введении в катушку уменьшают ее индуктивность, поэтому при минимально введенном сердечнике индуктивность катушки УКВ будет максимальной и контур окажется настроенным на нижнюю частоту диапазона УКВ, а при максимально введенном сердечнике индуктивность катушки станет минимальной и контур будет настроен на верхнюю частоту диапазона УКВ. Начальная индуктивность катушек (при введенном сердечнике) 0,2 — 0,3 мкГ, а конструктивная добротность при этом на частоте 50 МГц равна 90 — 110.

В качестве практических примеров рассмотрим особенности конструкций механизмов настройки ряда моделей автомобильных приемников. Наиболее простую конструкцию имеет механизм настройки двухдиапазонного (ДВ, СВ) автомобильного приемника III класса А-370 (рис. 9.3).

Блок катушек 1 помещен в корпус 2, установленный на угольнике 8. Через втулку 11, установленную в отверстия угольника, проходит ходовой винт 12 с червячной разьбой, шаг которой равен 5 мм. Для обеспечения рабочего хода механизма 23 мм необходимо сделать 4,5 оборота ходового винта. Винт упирается в шарик подпятника, укрепленного в корпусе с помощью резьбового соединения. В пазу червячной резьбы ходового винта проходит проволоочная стальная пружина, скрепленная с подвижной кареткой 9. При вращении винта ручкой ястройки приемника происходит передача давления на пружину, находящуюся в пазу червяка, и каретка движется горизонтально, перемещая при этом ферритовые сердечники 5, скрепленные с кареткой при помощи стальных поводков. В угольнике закреплена направляющая шпилька 6, которая препятствует вращению каретки при настройке, обеспечивая этим плавность хода механизма. В ходовом винте имеются ограничительные штифты 7, обеспечивающие заданный рабочий ход каретки. Все трущиеся части механизма смазываются незасыхающей смазкой ЦИАТИЛ-201.

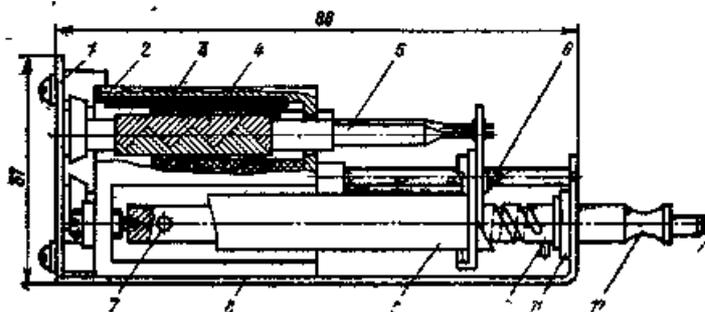


Рис. 9.3. Конструкция механизма настройки приемника А-370

Блок катушки механизма настройки представляет собой небольшую печатную плату с тремя катушками 4. Блок вставляется в литой силуминовый корпус, имеющий три отверстия - для катушек. Стенки корпуса экранируют катушки друг от друга, но близко подходят к поверхности катушек и этим сильно снижают их добротность. Для уменьшения влияния экранов на добротность контуров в каждом отсеке по окружности под углом 120° по образующей приклеивают при помощи нитроклея АК-20 три ферритовых стержня 3 марки 600НН. Ферритовые стержни позволяют несколько повысить добротность катушек и увеличивают коэффициент перекрытия ферровариометра по индуктивности.

Другим примером построения конструкции механизма настройки является вариометр автомобильно-переносного приемника «Урал-авто», показанный на рис. 9.1. Принцип работы его в основном аналогичен рассмотренному и не нуждается в дополнительном описании. Однако он имеет и особенности, характеризующиеся назначением приемника и составом диапазонов. Прежде всего это наличие конденсатора переменной емкости для настройки ферритовой антенны в переносном режиме и входных цепей в автомобильном режиме. Емкость конденсатора 10 — 500 пФ. Сопрягается он с механизмом настройки при помощи шестеренок, одна из которых находится на оси конденсатора, а вторая — на оси червяка вариометра.

Механизм настройки конструктивно совмещен с блоком УКВ, печатная плата которого содержит кроме двух катушек самого блока еще две катушки вариометра для диапазонов СВ и ДВ. Пятая катушка для диапазонов КВ закреплена на корпусе механизма.

Значительное отличие от этих механизмов имеет вариометр автомобильного приемника А-271. Этот механизм включает в себя систему фиксации настроек.

9.3. Система фиксированной настройки

Известно, что самая «трудоемкая» и длительная операция при пользовании радиовещательным приемником это поиск программы, т. е. настройка на станцию при помощи ручного органа управления механизмом настройки радиоприемника. Упростить и ускорить на-стройку можно, дополнив ручную настройку системой фиксации станций. В автомобильных радиоприемниках, оснащенных такой системой, механизм фиксации конструктивно совмещен с переключателем диапазонов, благодаря чему при нажатии кнопки включения диапазона подвижные элементы органа настройки (сердечники вариометра) автоматически переводятся в положение, обеспечивающее настройку контуров приемника на заранее выбранную в этом диапазоне частоту. Наличие в приемнике нескольких кнопок с условным обозначением одного и того же диапазона означает, что в данном диапазоне имеется возможность зафиксировать настройку на частоты нескольких станций, причем приемник включается на данный диапазон при нажатии любой из этих кнопок. Например, кнопочный переключатель трехдиапазонного радиоприемника А-271 состоит из пяти кнопок, с помощью которых можно зафиксировать по две настройки в диапазонах ДВ и УКВ и одну настройку в диапазоне СВ. При этом радиоприемник на диапазон ДВ и УКВ включается при нажатии любой из двух кнопок переключателя, имеющих соответственно обозначения «Д» или «У».

Наличие одной или нескольких кнопок фиксации позволяет выбрать из числа станций, принимаемых в данном диапазоне, одну или несколько станций, настройка на частоты которых в дальнейшем осуществляется одновременно с включением этого диапазона.

Процесс фиксации настроек происходит следующим образом включив радиоприемник на выбранный диапазон, оператор настраивает его с помощью органа плавной настройки на частоту какой-либо станции. При желании зафиксировать настройку на частоту этой станции оператор вытягивает на себя одну из кнопок с обозначением включенного диапазона и затем производит операцию, аналогичную операции включения диапазона, т. е. нажимает вытянутую кнопку до упора и затем отпускает ее. При последующих нажатиях на эту кнопку механизм фиксации автоматически воспроизводит на-стройку контуров приемника на частоту зафиксированной станции независимо от того, на какую частоту Они были настроены до момента нажатия.

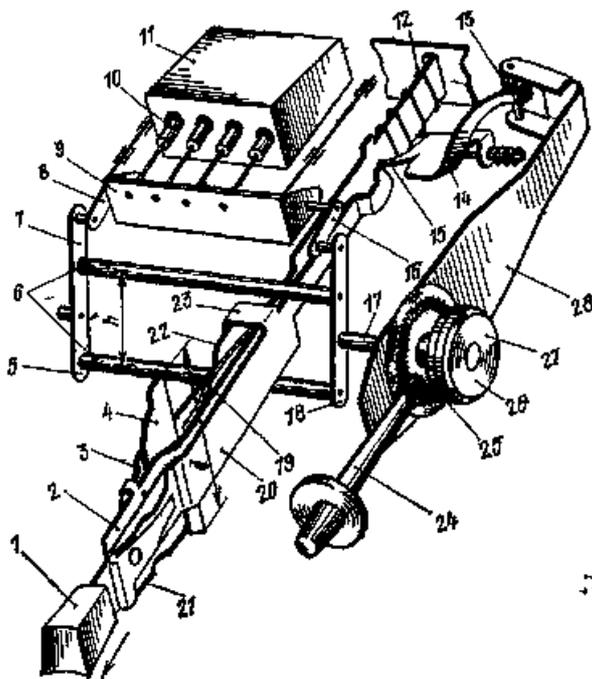


Рис. 9 4. Система фиксированной настройки

Принцип работы механизма системы фиксации настроек, используемой в автомобильных радиоприемниках, поясняется рис. 9.4.

Осуществляя плавную настройку на станцию, оператор вращает вал 24 ручного привода механизма настройки. Вращение вала передается на ведущий 25 и ведомый 26 диски фрикционной муфты 27. Вместе с дисками фрикционной муфты поворачивается рама 5, т. к. ее правый боковой рычаг 17 жестко скреплен с валом ведомого диска 26 фрикционной муфты 27. В конструкцию рамы входят также левый боковой рычаг 7 и верхняя и нижняя штанги 6.

При перемещении рамы движется связанная с нею при помощи соединительных планок 8 каретка 9, на которой закреплены сердечники 10 вариометра 11, благодаря чему осуществляется плавная Перестройка контуров радиоприемника. При перемещении каретки, а следовательно, и сердечников из одного крайнего положения в другое, т. е. для прохождения всего диапазона настройки, рама поворачивается на определенный угол. Причем каждому положению каретки и сердечников, т. е. каждой частоте настройки контуров приемника, соответствует только одно положение (угол наклона) рамы. Наличие этой связи и используется для фиксации настроек, осуществляемой за счет взаимодействия рамы с деталями фиксирующего узла 21. В конструкцию фиксирующего узла входят: несущая планка 2 с закрепленными на ней поворотным сектором 4 и отжимной пружиной 19, рычаг 3 с выступом 22, выдвижная планка 20 с захватом 23 и кнопкой 1, возвратная пружина 12. Диаметр d поворотного сектора равен высоте h рамы. В исходном положении детали фиксирующего узла занимают положение, при котором поворотный сектор застопорен (вследствие воздействия на него рычага 3) и находится на некотором расстоянии от рамы.

Настроив радиоприемник на частоту какой-либо станции и желая зафиксировать эту настройку, оператор вытягивает кнопку 1 и жестко связанную с ней выдвижную планку 20 в направлении, указанном стрелкой. При этом выступ 22 рычага 3 выходит из-под захвата 23 выдвижной планки 20, и рычаг 3 под действием отжимной пружины 19 отходит от поворотного сектора, благодаря чему последний теперь может свободно поворачиваться вокруг своей оси в пределах угла, равного максимальному углу поворота рамы. При нажатии на кнопку поворотный сектор, двигаясь вместе с несущей планкой, подходит к раме и, упираясь в ее нижнюю и верхнюю штанги 6, разворачивается ими под углом, на который в этот момент повернута рама. При дальнейшем перемещении кнопки и выдвижной планки

выступ опять попадает под захват выдвижной планки, благодаря чему рычаг вновь прижимается к поворотному сектору и стопорит его.

При отпускании кнопки все детали фиксирующего узла под действием возвратной пружины 12 возвращаются в исходное положение, причем информация об угле наклона рамы, а следовательно, и о положении каретки и сердечников, при котором обеспечивается настройка контуров радиоприемника на данную частоту, «хранится» в виде зафиксированного рычагом 3 положения поворотного сектора. Для того чтобы воспользоваться этой информацией, т. е. восп. произвести настройку приемника на частоту зафиксированной станции, необходимо нажать кнопку до упора. При этом в момент начала движения кнопки происходит расцепление дисков 25 и 26 фрикционной муфты, так как выдвижная планка нажимает на один из рычагов 15 рейки 14, благодаря чему рейка перемещается и через ролик 13 воздействует на отжимный рычаг 28 системы сцепления фрикционной муфты (число рычагов 15 на рейке соответствует числу фиксирующих узлов, имеющих в радиоприемнике).

Расцепление дисков фрикционной муфты дает возможность управлять положением (углом наклона) рамы 18 и всех связанных с нею элементов механизма настройки, воздействуя на нее поворотным сектором 4 фиксирующего узла 21. Продолжая нажимать на кнопку, оператор подводит поворотный сектор к штангам рамы. Если угол наклона рамы не совпадает с зафиксированным углом наклона поворотного сектора, т. е. приемник настроен не на частоту зафиксированной станции, то в результате нажимного усилия, прикладываемого оператором к кнопке, а следовательно, и к поворотному сектору, сектор поворачивает раму, устанавливая ее в положение, при котором ее угол поворота совпадает с зафиксированным углом поворота сектора, что, как отмечалось, и обеспечивает настройку радиоприемника на частоту зафиксированной станции. Если радиоприемник не был включен на диапазон, в котором работает зафиксированная станция, то в момент достижения кнопкой 1 упора несущая планка, 2, воздействуя на кулачковый или рычажный механизм, переключает радиоприемник на требуемый диапазон.

Глава 10

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ РАДИОПРИЕМНОЙ АППАРАТУРЫ ЗА РУБЕЖОМ

10.1. Основные технические решения, определяющие состояние и тенденции развития автомобильной радиоаппаратуры за рубежом

Автомобильные приемники и магнитолы являются в настоящее время одним из наиболее популярных видов бытовой радиоаппаратуры. Повышенный спрос на автомобильную радиоаппаратуру стимулирует постоянный рост выпуска и совершенствование основных эксплуатационно-технических, потребительских и конструктивных параметров зарубежных моделей. Главные факторы, определяющие современный технический уровень и основные тенденции дальнейшего развития бытовой автомобильной радиоаппаратуры за рубежом:

повышение качества приема и звуковоспроизведения с тем, чтобы в специфических для автомобиля условиях (при высоком уровне импульсных помех и акустических шумов) обеспечить технические показатели, достигнутые в высококачественных HI-FI системах;

широкое внедрение комбинированных устройств — магнитол, объединяющих автомобильный приемник и кассетный стереофонический магнитофон (магнитофонная часть, как правило, рассчитана только на воспроизведение);

максимальная автоматизация процесса управления радиоаппаратурой с тем, чтобы по возможности освободить водителя от всех манипуляций ручными органами управления, отвлекающими его внимание;

расширение функций радиоприемного устройства, в первую очередь в результате использования его для приема сигналов специализированных систем радиовещания, передающих информацию для водителей автотранспорта (система дорожной информации — ДИ);

Жесткие габаритные требования к автомобильной радиоаппаратуре, обусловленные усложнением «начинки» приборных панелей. С 1975 г. большинство ведущих фирм Западной Европы и Японии перешло на выпуск автомобильной радиоаппаратуры в габаритах, установленных стандартом ДШ 75500: I вариант с габаритами 180X170X52 мм и II вариант — 180X150X44 мм.

Поскольку возможности для увеличения габаритов при введении магнитофонной части и стремлении ввести ряд новых потребительских возможностей (цифровой отсчет частоты, индикация времени, электронная память большой емкости, автоматическое подавление импульсных помех, сквозной стереотракт и т. п.) ограничены, перед разработчиками стоит задача поиска новых технических решений и элементной базы. Так, стало уже традиционным выполнять основные элементы трактов на интегральных микросхемах, применять электронную настройку, малогабаритные лентопротяжные механизмы, электронные системы управления коммутацией, настройкой и запоминанием станций.

При практической реализации перечисленных технико-эксплуатационных параметров, конструктивных характеристик и потребительских возможностей ведущие зарубежные фирмы используют комплекс разнообразных технических решений как общего характера (нашедших применение и в другой бытовой радиоаппаратуре), так и специфических, созданных с учетом особенностей автомобильных радиоприемных устройств. К наиболее интересным достижениям принципиально нового характера, используемым в зарубежной автомобильной радиоаппаратуре последних лет, следует отнести:

систему автоматического подавления импульсных помех в диапазоне УКВ. Используется несколько разновидностей этой системы, но все они основываются на общем принципе — кратковременном закрывании тракта полезного сигнала при воздействии интенсивной импульсной помехи от системы электрооборудования. Практически все модели приемников и магнитол ведущих западноевропейских фирм выпускаются со встроенным блоком автоматического подавления импульсных помех;

разработку и, внедрение ряда специализированных интегральных микросхем: УНЧ со встроенными системами защиты от короткого замыкания, на выходе, перенапряжений и тепловых перегрузок (ТДА2002 ТДА2870), стереодекодеров на базе системы ФАПЧ (ТДА1005, КВ440q, МС1311), устройств с петлей ФАПЧ для опознавания низкочастотных идентификационных сигналов, системы ДИ (NE567), подавителей импульсных помех (ТДА1001, U114B) и, наконец, появившихся в последнее время многофункциональных БИС, объединяющих в себе основные элементы синтезатора частоты с петлей ФАПЧ, программируемое постоянное ЗУ для электронной фиксации настроек на частоты 10 — 15 станций, аналого-цифровой преобразователь и устройство формирования сигналов для индикатора цифрового отсчета частоты (МВ 1101 А);

использование различных схем индикации напряженности поля УКВ ЧМ станций и связанных с ними систем управления. В моделях фирмы «Филипс» применяется устройство, вырабатывающее световой сигнал при падении напряженности поля принимаемой станции ниже установленной. Фирма «Пионер» разработала устройство (интегральном исполнении), обеспечивающее перевод стереоприемника сначала режим «моно», а затем «запирание» тракта НЧ (il режиме «моно») при падении сигналов «стерео» и «моно» на входе ниже

заранее выбранных уровней. В моделях фирм. «Грюн-диг» и «Блаупункт» применяется система, которая в режиме приема сигналов системы ДИ обеспечивает автоматическую подачу звукового сигнала при падении напряженности поля ниже определенного уровня (т. е. при выезде автомобиля из зоны обслуживания станции ДИ данного района);

постоянное расширение номенклатуры моделей со встроенным блоком для приема сигналов, системы ДИ (помимо западноевропейских фирм большое число моделей со встроенным декодером сигналов ДИ выпускается для экспорта фирмами Японии); Ведутся работы по совершенствованию декодеров, конечной целью которых является полная автоматизация процесса приема ДИ. Далее приводится построение двух систем ДИ (внедренной в ФРГ, Австрии, Швейцарии и разрабатываемой в Великобритании);

широкое применение цифрового отсчета частоты (иногда также предусматривается возможность работы цифрового дисплея частоты в режиме индикации текущего времени), фиксации настроек (механическая и электронная), введение переключателя «Местный — Дальний прием», автореверса в ЛПМ, системы шумоподавления типа Долби, а также использование в некоторых моделях магнитол системы автоматического (программируемого) поиска требуемого участка фонограммы, записанной на магнитной ленте.

В 1978 — 1980 гг. сформировались и интенсивно развиваются два новых направления в разработках зарубежной автомобильной радиоаппаратуры. Первое базируется на применении электронных блоков настройки, построенных на базе цифровых синтезаторов частоты с петлей ФАПЧ, позволяющих помимо получения весьма высоких параметров тюнера (чувствительность, селективность, стабильность настройки и т. п.) сравнительно просто и главное без существенного увеличения габаритов модели реализовать целый комплекс потребительских возможностей: электронный автопоиск, электронное сканирование, цифровой отсчет частоты, электронную программируемую систему фиксации настроек с большой емкостью памяти, сохраняющей информацию при отключенном напряжении питания. Важное достоинство таких систем — возможность сопряжения с микропроцессором или микроЭВМ, использование которых открывает совершенно новые возможности, не мыслимые при традиционных схемах построения блоков настройки. Так, например, в разработанной фирмой «Филипс» в 1980 г. автомагнитоле благодаря использованию управления от микроЭВМ решается такая специфическая для условий приема УКВ-ЧМ вещания в автомобиле задача, как автоматизация процесса перестройки на частоты станций, передающих одинаковую программу (при поездке на дальние расстояния водителю, как только он покидает относительно небольшую зону уверенного приема определенной УКВ станции, приходится вручную перестраивать приемник на частоту другой станции, передающей ту же программу).

Используемая в магнитоле микроЭВМ имеет программируемое ПЗУ, в котором может храниться до 60 частот УКВ радиостанций и информация об условном номере программы (одной из шести), передаваемой, каждой станцией. Помимо обычного автопоиска микроЭВМ¹ может осуществлять программный поиск: при нажатии на одну из шести программных клавиш (т. е. при выборе нужной программы) ЭВМ переносит соответствующие частоты из ПЗУ в оперативную память. Далм соответствия с определенными критерия-

ми (уровень сигнала, отсутствие комбинационных помех) из этих частот выбирается та, при настройке на которую обеспечивается наиболее качественный прием. Настройка осуществляется с помощью синтезатора частоты, и значение частоты настройки отображается на цифровом индикаторе. При падении уровня принимаемого сигнала ниже установленного (или при ухудшении селективности, появлении сильных комбинационных помех) микроЭВМ выбирает из хранящихся в оперативном ЗУ частот другую, но модулированную той же программой, что и частота, на которую был настроен приемник, и перестраивает его (без участия оператора — водителя автомобиля).

Вторым совершенно новым направлением в конструктивной компоновке «автомобильной радиоаппаратуры» стало появление так называемых «компонентных автомобильных систем» — аналогов домашних блочных HI — FI радиокомплексов. Компонентные системы выполняются в виде набора малогабаритных блоков: тюнера, усилителя, кассетного магнитофонного стереопроигрывателя и графического эквалайзера. Общей характеристикой этих систем является реализация предельных электрических параметров и использование максимального набора потребительских возможностей. Отдельные блоки таких систем имеют параметры на уровне аналогичных характеристик стационарной блочной HI — FI радиоаппаратуры. Особо следует отметить, использование в компонентных системах усилителей с необычно высокой для автомобиля выходной мощностью (до 30 Вт на канал), а также двухполосных малогабаритных акустических систем, рассчитанных на подведение к ним весьма большой звуковой мощности.

Важная роль в компонентных системах принадлежит графическому эквалайзеру: благодаря наличию нескольких полос регулировки частотной характеристики (до 10), а также специального регулятора, обеспечивающего перераспределение мощностей, подводимых к передним и задним громкоговорителям акустической системы автомобиля, потребитель получает возможность «озвучить» салон в зависимости от индивидуального вкуса и с учетом; спектрального состава и уровня шума на различных местах. Отмечая бесспорные достоинства компонентных систем, следует тем не менее учитывать, что их габариты значительно превышают габариты традиционных (моноблочных) видов автомобильной радиоаппаратуры, изготавливаемой, как уже отмечалось, в основном в стандартных размерах по DIN75500. Это обстоятельство создает пока определенные ограничения для широкого применения компонентных систем.

В ближайшей перспективе следует ожидать появления еще одно-го направления развития зарубежной автомобильной радиоаппаратуры — стереофонического вещания в диапазонах АМ. Совершенно очевидно, что основным преимуществом стереовещания в диапазонах АМ является значительное расширение зоны стереоприема, так как дальность распространения волн радиовещательных АМ диапазонов (ДВ, СВ, КВ) не ограничена зоной прямой видимости.

Поэтому в опубликованных материалах, касающихся перспектив стереоприема в АМ диапазонах, отмечается, что аппаратура для приема стереосигналов в диапазонах АМ найдет наиболее широкое применение именно в автомобилях, где проблема расширения зоны уверенного приема стереосигналов наиболее актуальна. Начало выпуска приемников, укомплектованных соответствующими стереодеко-дерами (которые уже разрабатываются в интегральном исполнении), ожидается в 1982 г., причем по оценочным расчетам около 80% всего объема выпуска АМ приемников со стереотрактом в США будет предназначено для установки в автомобилях.

Заканчивая этот краткий обзор развития зарубежной техники радиовещательного приема в автомобиле, рассмотрим более подробно принципы построения и основные технические решения, на которых базируется одно из самых специфических и имеющих, по-видимому, большое будущее направлений развития зарубежных авто-мобильных радиоприемных устройств, — создание систем для оперативной информации водителей с помощью средств радиовещания, т. е. систем ДИ.

10.2. Системы дорожной информации

Важная роль в улучшении эффективности и экономичности использования автомобильного транспорта при одновременном повышении безопасности движения принадлежит своевременной и оне-ративной информации участников движения о текущей дорожной обстановке, изменениях дорожной ситуации и т. п. Информация такого рода должна включать большое число как медленно, так и быстро меняющихся данных, касающихся климатических факторов (гололед, снег, туман на дорогах), состояния

дорожных магистралей (перекрытие для ремонта, загруженность - транспортом), характеристики дорожных маршрутов (сведения о новых дорогах, не указанных в справочниках, оптимальные трассы следования к определенным объектам, объезды, изменение маршрутов), сведений о дорожных инцидентах и других чрезвычайных событиях, требующих безотлагательных реакций водителя.

Традиционным видам визуальной дорожной информации (дорожные знаки, различные указатели, табло и т. д.) в условиях постоянно возрастающей интенсивности и скорости движения свойствен целый ряд недостатков, важнейшие из которых — отсутствие требуемой оперативности (не учитываются быстрые изменения ситуации), отсутствие или ограниченность информации в вечернее и ночное время или при таких атмосферных явлениях, как туман, сильный снег или дождь, и, наконец, малый объем «рекомендуемой» информации, т. е. рекомендаций водителю об оптимальных действиях в тех или иных условиях движения. Все эти факторы побудили специалистов по автотранспорту и радиоэлектронике приступить к разработке более оперативных систем информации водителей авто-, транспорта — систем, использующих средства радиовещания. Преимущества информации для водителей по радио вполне очевидны, так как этот способ доведения до участников движения требуемых сведений достаточно оперативен, может одновременно охватывать большое число потребителей, давая им не только необходимую информацию по условиям движения, но и соответствующие рекомендации об оптимальных действиях в конкретной дорожной ситуации. Кроме того, при проведении определенных организационно-технических мероприятий эта информация может быть достаточно локализованной (т. е. для различных зон движения даются сообщения, требуемые для участников движения только в этом районе) и независимой от погодных факторов. Вместе с тем задача введения в эксплуатацию системы ДИ, являющейся в принципе новой специализированной системой радиовещания, выдвигает целый ряд проблем экономического, технического и организационного характера, без комплексного решения которых невозможна практическая реализация преимуществ «той системы».

В ряде западноевропейских стран (ФРГ, Великобритании и др) достаточно интенсивно проводятся исследования, экспериментальная проверка, а начиная с середины 70-х годов — и практическое внедрение систем ДИ. Опыт создания систем ДИ позволил сформулировать ряд основных предъявляемых к ним требований:

- система должна обеспечивать информацию для того района, в котором в момент передачи сообщения движется автомобиль; передачи ДИ для соседних районов не должны создавать взаимные помехи;

- расходы по созданию передающей части и приемных устройств должны быть минимальны;

- система не должна создавать помех при приеме сигналов существующих систем радиовещания;

 - выделение дополнительных частотных каналов для системы ДИ нежелательно;

 - в передающей и приемной аппаратуре должно быть предусмотрено соответственно формирование и опознавание сигналов для идентификации станции, передающей сообщение по ДИ вообще и для конкретного района в частности, а также сигналов наличия передачи сообщения по ДИ, которые в свою очередь могут быть использованы для автоматического включения и выключения приемника, предназначенного для приема сообщений по ДИ.

В ФРГ предложена и с 1974 г. находится в эксплуатации система ДИ, разработанная фирмой «Блаупункт» и базирующаяся на использовании развитой сети местных УКВ станций. В этой системе, принятой также в Австрии и Швейцарии и получившей название АRI (автомобильная радиоинформация), сообщениями по дорожной информации прерываются обычные радиовещательные программы, передаваемые местными УКВ-ЧМ станциями.

Вследствие того что обычно в том или ином районе передаются несколько УКВ программ, нет необходимости использовать для не-редачи ДИ все УКВ-ЧМ передатчики (в ФРГ, например, для этой цели приспособлено около 1/3 всех передатчиков).

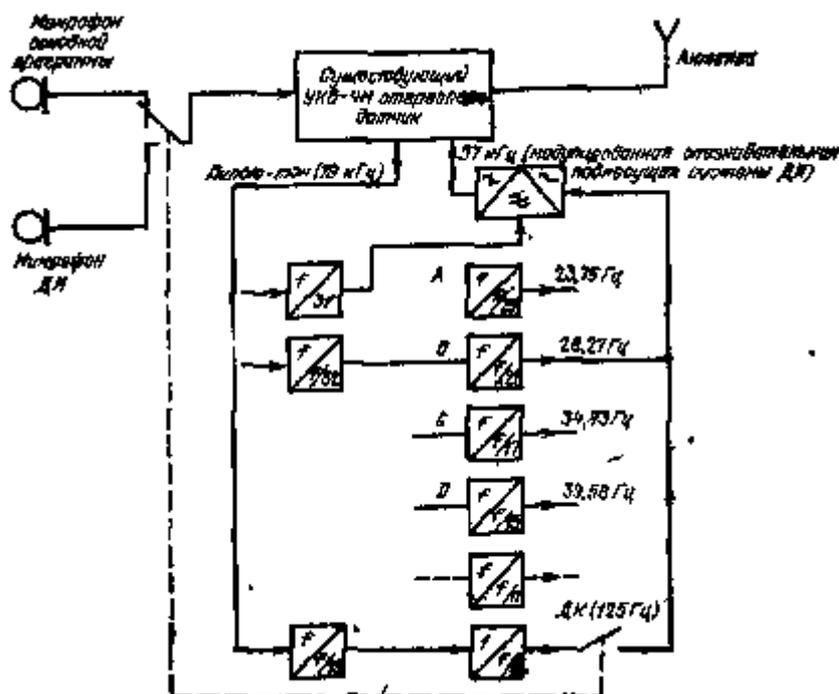


Рис. 10.1. Дополнительные элементы, вводимые при модификация УКВ-ЧМ стереопередатчика для использования его в системе ДИ типа AR1.

Очевидно, что для приема сообщений ДИ по этой системе в принципе может быть использован любой автомобильный приемник (Как, впрочем, и другой радиовещательный приемник) без каких-либо изменений, если потребитель знает частоту станции, передающей ДИ для данного района (такая информация дается на специальных картах либо дорожных указателях). Для расширения эксплуатационных возможностей системы, упрощения - и возможности автоматизации процесса приема в автомобиле сообщений по ДИ в надтональную часть спектра модулирующих частот станции, выделенной для передачи ДИ, вводится ряд опознавательных сигналов:

постоянно (круглосуточно) передаваемый сигнал частотой 57 кГц (третья гармоника пилот-тона 19 кГц системы стереовещания), который служит для опознавания всех станций, передачи которых могут прерываться сообщениями по ДИ;

НЧ сигналы (10 — 80 Гц), также постоянно модулирующие по амплитуде сигнал 57 кГц и служащие для опознавания станций ДИ по районному признаку, причем районные станции, расположенные в смежных зонах, имеют индивидуальные (различные) модулирующие частоты;

сигнал частотой 125 Гц, также модулирующий по амплитуде частоту 57 кГц, но лишь во время передачи сообщения по ДИ (этот сигнал используется для опознавания начала и конца передачи сообщения по ДИ и соответствующего управления приемником, установленным в автомобиле).

Существующие УКВ-ЧМ передатчики можно переоборудовать для передачи ДИ (рис. 10.1) введя в КСС опознавательную поднесущую ДИ 57 кГц, сформировав дополнительные НЧ сигналы (путем деления частоты пилот-тона стереовещания 19 кГц) и промодулировав по амплитуде ими поднесущую 57 кГц, а также установив студийный микрофон для ДИ, при включении которого одновременно начинается модуляция поднесущей 57 кГц сигналом частотой 125 Гц.

Низкочастотные сигналы A, B, C, D называются сигналами района. На рис. 10.1 показаны четыре сигнала, но в принципе их может быть больше или меньше (в передатчике ДИ,

расположенном в районе с условным индексом *A*, для модуляции поднесущей 57 кГц используется сигнал с частотой 23,75 Гц, в районе *B* — сигнал с частотой 28,27 Гц и т. д.). Сигнал, обозначенный ДК (сигнал наличия сообщения), представляет собой дополнительный сигнал, расширяющий возможности декодера, т. е. позволяющий идентифицировать наличие передачи по ДИ (в отличие от передач обычной программы).

Для опознавания станций, выделенных для передачи сообщений по ДИ, к автомобильному приемнику подключается (или встраивается в него) специальный декодер, на вход которого поступает сигнал с выхода ЧМ детектора. Декодер позволяет реализовать при приеме ДИ в автомобиле следующие потребительские возможности (в порядке усложнения);

опознать станции, выделенные для передачи ДИ (идентифицируется наличие в спектре протектированных ЧМ детектором частот напряжения частоты 57 кГц с индикацией сигнальной лампочкой);

опознать станции, передающие ДИ для данного района (идентифицируется наличие модуляции частоты 57 кГц НЧ сигналом данного района; условные обозначения районов *A, B, C, D* и т. д. даются на специальных картах или в справочниках). Потребитель нажимает на декодере, кнопку с обозначением требуемого района, включая тем самым канал опознавания его модулирующей частоты;

опознать начало передачи сообщений по ДИ (опознается появление модуляции частоты 57 кГц сигналом 125 Гц и вырабатывается управляющий сигнал, который может включать автомобильный приемник или разблокировать вход его УНЧ только на время передачи сообщений по ДИ, тем самым избавляя водителя от необходимости постоянно следить за передачей станции, ожидая начала сообщения по ДИ)

В стадии экспериментальной разработки в ФРГ находится аппаратура, дополняющая эту систему следующим образом: перед началом каждой передачи ДИ. все местные вещательные станции, не выделенные для передачи ДИ, передают короткий сигнал частоты 2,35 кГц, промодулированный по частоте прямоугольным напряжением с частотой 123 Гц. Этот сигнал может опознаваться дополнительными элементами декодера с индикацией, предупреждающей водителя о необходимости перестроиться на станцию, передающую ДИ, а также использоваться для включения системы, обеспечивающей автоматическую перестройку на частоту станции, передающей сообщение по ДИ.

Функциональная схема декодера сигналов ДИ, передаваемых в системе АRI, приведена на рис. 10.2.

Сигнал, снимаемый с выхода ЧМ детектора (до цепи коррекции предискажений), через декодер подается на электронный переключатель входа УНЧ приемника, коммутация которого осуществляется сигналами, поступающими с выхода логической схемы управления.

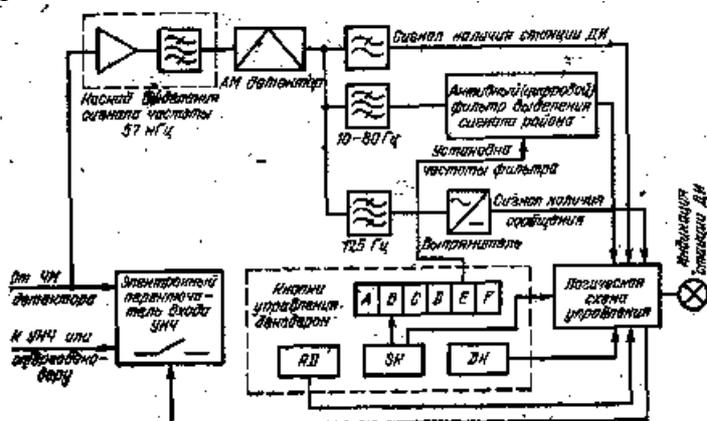


Рис 10.2. Функциональная схема декодера сигналов ДИ, передаваемых по системе АRI

При нажатии кнопки *fcB* переключатель замкнут и приемник работает в нормальном режиме: сигналы всех принятых станций прослушиваются на выходе. При настройке на частоту УКВ-ЧМ станции, выделенной для ДИ, загорается сигнальная лампа.

Нажатие на кнопку «СК» (прием станций ДИ) обеспечивает режим работы, при котором на выходе приемника прослушиваются лишь сигналы станций, способных передавать сообщение по ДИ (переключатель УНЧ замыкается лишь при наличии в спектре модулирующих частот принятой станции напряжения частоты 57 кГц). При нажатии одной из кнопок района (например «А») обеспечивается режим, при котором УНЧ включается, лишь когда принимается станция ДИ для данного района. Другими словами, приемник молчит при настройке на все станции, за исключением требуемой. В целом устройство минимально отвлекает внимание водителя, облегчает настройку на станции ДИ, особенно в условиях работы в зоне с большим количеством УКВ станций.

Эта система используется полностью при нажатии кнопки ДК. В этом режиме вход УНЧ отключается даже при наличии сигнала §7 кГц и сигнала района, до тех пор пока не появится сигнал сообщения 125 Гц. В этом случае очевидно, что приемник будет работать только при наличии передачи сообщения по ДИ.

Изложенные принципы построения системы АRI показывают, что в ней довольно полно и компромиссно учтено большинство экономических и эксплуатационно-технических требований, предъявляемых к системам ДИ. К недостаткам системы АRI следует отнести прерывание передач станций, выделенных для передачи сообщений по ДИ, необходимость настраиваться на частоту только одной определенной станции, а также значительное усложнение декодеров для выделения информации о станции ДИ, работающей в данном районе, или усложнение всего приемника нецелом при желании обеспечить его автоматическую перестройку на частоту станции, начинающей передачу сообщения по ДИ.

Свободна от перечисленных недостатков система ДИ, разрабатываемая в Великобритании и получившая наименование Карфэкс. Для передачи сообщений по ДИ в этой системе предлагается использовать отдельную, не связанную с существующей сетью радиовещания группу маломощных СВ передатчиков (примерно 70), распределенных по всей территории Великобритании. Каждый передатчик должен обслуживать дорожной информацией вполне определенную локальную зону.

Период времени, в течение которого требуется передача ДИ для водителей относительно небольшой зоны, может быть ограничен (даже в часы пик). Поэтому каждый передатчик большую часть времени может оставаться выключенным, выходя в эфир только на период передачи сообщений по ДИ. Это позволяет реализовать в предлагаемой системе такие важные эксплуатационно-технические принципы, как использование всеми передатчиками единой рабочей частоты (вне радиовещательного СВ диапазона или в его НЧ части) и организация работы передатчиков по принципу временного разделения (т. е. поочередно). Вся сеть передатчиков ДИ разделяется на группы из 15 — 16 передатчиков, и расписание их работы строится таким образом, что в каждый момент времени в эфир выходит только один из передатчиков каждой группы. Это означает, что одновременно будут работать только 5 — 6 передатчиков из всей системы. Расположив их достаточно далеко друг от друга, можно практически исключить вероятность взаимных помех от излучаемых одновременно сигналов на общей частоте. Мощность каждого передатчика предполагается сделать приблизительно равной 0,5 кВт. Использование единой рабочей частоты позволяет не только свести к минимуму загрузку эфира, но использовать простой приемник, настроенный на одну фиксированную частоту, который может работать практически без участия оператора (водителя автомобиля). Авторы этой системы считают, что наличие единой несущей частоты открывает возможности и для ее стандартизации в международном масштабе.

Управление передатчиками системы Карфэкс может быть централизовано путем использования сети телефонных линий, обычно проходящих вдоль автодорог, и одной или нескольких ЭВМ. Принцип централизованного управления сетью передатчиков ДИ дает возможность оперативно менять режим работы любого передатчика в зависимости от

Пусть передатчик Π_0 работает в режиме передачи сообщения, а смежные передатчики $\Pi_1-\Pi_6$ (расположенные по условной кольцевой линии вокруг Π_0) — в кольцевом режиме.

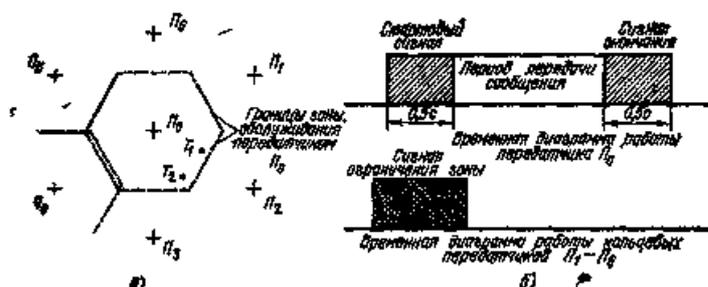


Рис. 19.4. Взаимное расположение и временная диаграмма работы группы передатчиков в системе Карфэкс

Временная диаграмма работы передатчиков $\Pi_0-\Pi_6$, поясняющая смысл термина «кольцевой режим», показана на рис 10 4 б

Как уже отмечалось, перед началом передачи сообщения по ДИ передатчик Π_0 излучает стартовый сигнал. Одновременно все шесть смежных передатчиков $\Pi_1 - \Pi_6$ излучают так называемый сигнал ограничения зоны, формируемый частотной модуляцией несущей НЧ шумом с эффективной девиацией 400 Гц. Передача сигнала ограничения зоны прекращается одновременно с окончанием передачи стартового сигнала передатчиком Π_0 , и все остальное время кольцевые передатчики остаются выключенными.

Предположим теперь, что автомобиль находится в точке T_1 , т. е. выходит за границу зоны, обслуживаемой передатчиком Π_0 . В этой точке могут быть приняты сигналы от передатчиков Π_0 и Π_2 . Если уровень несущей от кольцевого передатчика Π_2 выше, то благодаря эффекту захвата ЧМ сигналов стартовый сигнал передатчика Π_0 будет подавлен и приемник ДИ не включится. Если же сильнее» несущая от передатчика Π_0 , то включится приемник ДИ. Благодаря большому значению используемого индекса модуляции (относительно большая девиация при низкой модулирующей частоте) эффект захвата в такой системе оказывается ярко выраженным: превышение на 4 дБ уровня несущей кольцевого передатчика приводит к падению на 30 дБ уровня протектированного стартового сигнала. Если в момент передачи стартового сигнала имеет место интерференция сигналов нескольких кольцевых передатчиков (например, в точке T_2), то эффект захвата также будет иметь место, но будет выражен несколько слабее.

Из приведённого описания следует, что включение приемника будет в большей степени зависеть от отношения уровней несущих основного (кольцевого) передатчика, чем от абсолютных значений каждого из этих уровней. В результате кольцо смежных передатчиков создает вполне определенную зону обслуживания для передатчика, работающего в режиме передачи сообщения ДИ (путем ограничения возможностей для приема его стартового сигнала). Меняя мощность сигналов, излучаемых кольцевыми передатчиками, можно таким образом изменять границы зоны, обслуживаемой передатчиком сообщения по ДИ: увеличение мощности кольцевого передатчика приводит к сокращению зоны обслуживания, а уменьшение — к ее расширению.

Экспериментально установлено, что для получения оптимальной зоны мощность передатчика, работающего в кольцевом режиме, должна быть на 6 — 7 дБ меньше его мощности при работе в режиме передачи сообщения. Число кольцевых передатчиков может, конечно, и не быть равным шести, а превышать либо быть меньше в соответствии с конкретной ситуацией. Кроме того, мощность каждого передатчика в моменты его работы в кольцевом режиме может меняться в зависимости от того, какой из смежных передатчиков ведет передачу сообщения по ДИ. Очевидно, что такая гибкость дает дополнительные возможности для организации вещания по ДИ, так как позволяет сравнительно просто и, главное, оперативно изменять границы каждой зоны обслуживания системы ДИ (например, при временном выходе из строя одного из передатчиков можно оперативно перекрыть

обслуживаемую им зону сигналами соседних передатчиков, соответствующим образом откорректировав характер передаваемых ими сообщений по ДИ).

Список литературы

1. Крупинин И. Т. Автомобильные радиоприемники. — М.: Энергия, 1978, 176 с.
2. Ковалев В. Г. Радиоприем на автомобиле. — М.: Энергия, 1974, 62~с.
3. Остроухое И. Н., Генина Ф. Х. Исследование мешающего действия помех, создаваемых системой электрооборудования автомобиля радиовещательному приему в автомобиле. — Вопросы радиоэлектроники, серия VIII. Л., 1965, вып. 1, с. 3 — 15.
4. Сафронов В. И. Расчет входных цепей и сопряжения настроек контуров, автомобильного приемника с индуктивной настройкой. — Радиотехника, 1970, т. 25, № 9, с. 102 — 106.
5. Картьяну Г. Частотная модуляция. — Изд. Академии наук Румынской Народной Республики, 1961.
6. Гавея Н. П. и др. Антенны. Ч. 1. — Л.: Изд. Военной краснознаменной академии связи, 1963, 623 с.
7. Хабаров.Ю. Активная автомобильная антенна. — Радио, 1976, № 10, с. 38 — 41.
8. Качан В. М. Оценка эффективности активных автомобильных антенн и методы измерения их параметров. — Техника средств связи. Сер. ТРПА, 1977, вып. 3, с. 91 — 99.
9. Калихман С. Г., Левин Я. М. Основы теории и расчета радиовещательных приемников на полупроводниковых приборах. — М.: Связь, 1969. -
10. Михалев В. В., Симаков Б. И., Тюньков В. С. Резисторы подавления радиопомех. — Электронная техника. Сер. 9 Радиокомпоненты, 1970, вып. 3, с. 31 — 36.
11. Высоковольтные провода, применяемые на автотранспорте для подавления радиопомех. — Автотракторное электрооборудование, 1970, № 5.
12. Бринтон Д. ИС стереодекодера для АМ-вещания. — Электроника, 1980, № 12, с. 12.

Оглавление

Предисловие ко второму изданию

Глава 1 Особенности радиоприема в автомобиле

Глава 2 Автомобильные антенные системы

2.1. Пассивные антенные системы

2.2. Активные антенны

Глава 3. Тракт АМ

3.1. Входные цепи и УВЧ (преселектор).....

3.2. Преобразователи частоты. Усилители промежуточной частоты Системы АРУ

Глава 4 Тракт ЧМ

4.1. Особенности радиоприема УКВ-ЧМ вещания

4.2. Схемно-конструктивные особенности блоков УКВ

4.3. Блоки УКВ с электронной настройкой

4.4. Тракт УПЧ и ЧМ-детектор

Глава 5 Акустические системы и усилители низкой частоты

5.1. Акустические системы

5.2. Особенности построения УНЧ

5.3. Бестрансформаторные усилители

5.4. Усилители для автомобильно-переносных приемников

5.5. Усилители низкой частоты с применением интегральных схем

Глава 6 Стереофонический тракт

6.1. Система стереофонического вещания с полярной модуляцией поднеаущей частоты

6.2. Характеристики стереофонического тракта

6.3. Особенности работы ВЧ тракта стереофонического радиоприемника

6.4. Декодирование стереофонического сигнала

6.5. Автоматическое управление режимами работы стереоде-кодера

Глава 7. Автомобильные магнитолы

7.1. Конструктивные решения ЛППМ

7.2. Стабилизация режимов работы электродвигатели

7.3. Автостоп

7.4. Канал воспроизведения магнитной записи

Глава 8

Защита радиовещательного приема в автомобиле от помех системы электрооборудования

8.1. Помехи от системы, электрооборудования и методы их измерения

8.2. Методы повышения помехозащищенности радиоприема в автомобиле при воздействии помех от системы зажигания

8.3. Субъективные и объективные методы оценки помехозащищенности приема радиовещания в автомобиле при воздействия помех системы зажигания

Глава 9

Особенности конструирования автомобильной радиоаппаратуры

9.1. Блочный принцип конструирования

9.2. Особенности конструкции механизмов настройки

9.3. Система фиксированной настройки

Глава 10

Основные направления развития автомобильной радиоприемной аппаратуры за рубежом

10.1. Основные технические решения, определяющие состояние и тенденции развития автомобильной радиоаппаратуры за рубежом

10.2. Системы дорожной информации

Список литературы

ББК 24.2.2

М20

УДК 621.396

Мальтийский А. Н., Подольский А. Г.

М20 Радиовещательный прием в автомобиле. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1982. — 192 с, ил.

1р.

Рассматриваются вопросы проектирования радиовещательное аппаратуры для автомобилей.

Первое издание книги вышло в 1974 г. В данное издание включен ряд разделов, отражающих новые направления в разработке автомобильной радиоаппаратуры (введение интегральной схемотехники, прием стереофонии, создание комбинированных устройств — автомагнитол, а также активных автомобильных антенн).

Для высококвалифицированных радиолюбителей, а также может быть полезна инженерно-техническим работникам, занятым ремонтом и настройкой автомобильных приемников.

2402020000-098

М-----201-82

046 (01) -82

ББК 24.2.2 6Ф2.124

Рецензент канд. техн. наук В. Г. Ковалев

*Мальтийский Аркадий Наумович
Подольский Александр Георгиевичу*

РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ ПРИЕМ В АВТОМОБИЛЕ

Редактор издательства *Т. В. Жукова*
Обложка художника *В. Д. Козлова*
Художественный редактор *Г. Н. Кованое*
Технический редактор *З. Н. Ратникова*

Корректор *Т. Г. Захарова*

ИБ № 242

Сдано в набор 03.02.82. Подписано в печать 17.04.82 Т-06498. Формат 84 X 108 1/32. Бумага тип. № 3 Гарнитура литературная Печать высокая Усл. печ. л. 10,08. Усл. кр. отт. 10,395. Уч.-изд. л. 13,98. Тираж 100;000 экз. Изд. №119102 Зак. №.37 Цена 1 р. Издательство «Радио и связь». 101000, Места, Главпочтамт, а/я DBS. Московская типография № 10 Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии книжной торговли. Москва, М-114, Шлюзовая наб.. 10

OCR Pirat