

Г.С.Гендин

Автоматические и ручные регулировки в радио- вещательной аппаратуре

Г. С. ГЕНДИН

АВТОМАТИЧЕСКИЕ
И РУЧНЫЕ РЕГУЛИРОВКИ
В РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОЙ
АППАРАТУРЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «СВЯЗЬ» ● 1968

УДК 621.3.078

**АВТОМАТИЧЕСКИЕ И РУЧНЫЕ РЕГУЛИРОВКИ
В РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ**

Г. С. Гендин

Год издания 1968

В книге описано свыше ста практических схем ручных и автоматических регуляторов, используемых в радиовещательной аппаратуре. Каждая схема сопровождается объяснением принципа ее действия, приводятся основные параметры регулятора и рекомендации по применению схемы в конкретных аппаратах. Кроме того, изложены элементарные основы теории регулирования, необходимые для понимания материала книги.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей, она может быть полезна радиоспециалистам, занятым конструированием радиоаппаратуры и студентам радиотехнических учебных заведений.

Иллюстраций 89, таблиц 1, библиографий 10.

ВВЕДЕНИЕ

Регулировать — это значит изменять. Сущность любого регулирования состоит именно в изменении того или иного параметра регулируемого аппарата или величины одного из его элементов.

В радиотехнике регулирование настолько широко распространено, что нельзя назвать буквально ни одного радиоустройства, в котором не было бы регулировок. Даже простейшие трансляционные репродукторы выпускаются сейчас с регуляторами громкости.

Что касается более сложных радиоаппаратов, то достаточно указать, что в схеме, например, хорошо известного телевизора «Темп-6М» содержится около 20 основных ручных и автоматических регулировок, не считая большого количества вспомогательных, которыми пользуются не постоянно, а лишь в процессе первоначальной настройки телевизора и его ремонте. В мощных радиопередатчиках, радиолокационных станциях, вычислительных машинах количество ручных и автоматических регулировок еще больше.

В данной книге сделана попытка систематизировать и по возможности подробно рассмотреть конкретные схемы ручных и автоматических регуляторов, применяемых в современной отечественной и зарубежной радиовещательной аппаратуре.

Многие из рассматриваемых схем уже применяются в промышленной радиовещательной аппаратуре, некоторые еще только начинают внедряться в производство, значительная часть схем предлагается впервые.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

1.1. Назначение ручных регулировок

Все ручные регулировки в радиовещательной аппаратуре предназначены для произвольного изменения какого-либо эксплуатационного параметра аппарата (яркость изображения или громкость звука и т. п.).

В правильно рассчитанном и сконструированном радиоаппарате введение любой ручной регулировки обязательно должно расширять его эксплуатационные возможности, или создавать дополнительные удобства в управлении им. Такие ручные регулировки являются полезными, и нельзя стремиться заменять их автоматическими. Примерами их являются ручные регуляторы громкости и тембра, переключатели диапазонов, регуляторы яркости и т. п.

Одновременно с такими «полезными» ручными регуляторами в современной вещательной радиоаппаратуре еще часто применяются вспомогательные ручные регуляторы (частоты строк и кадров, подстройки гетеродина, регуляторы геометрических размеров и линейности изображения в телевизорах и им подобные), которые позволяют получать оптимальные параметры устройств при изменении условий их работы. При конструировании радиоаппаратуры необходимо стремиться по возможности заменять ручные регуляторы этого рода автоматическими, не забывая при этом, что введение любой автоматической регулировки наряду с полезным эффектом одновременно увеличивает стоимость и снижает надежность аппаратуры.

1.2. Назначение автоматических регулировок

Назначение любой системы автоматического регулирования — поддерживать регулируемый параметр в пределах жестко заданного интервала значений при изменении условий работы аппарата (также в определенных пределах) и наличии вредных воздействий (изменении окружающей температуры, уровня полезного сигнала, наличии помех и т. п.) на него извне.

В отличие от ручных регуляторов, у автоматического регулятора не может быть в одно и то же время несколько разных оптимальных положений как, скажем, у ручного регулятора громкости или тембра.

Автоматические регуляторы, в отличие от ручных, поддерживают регулируемый параметр на единственно оптимальном уровне самостоятельно, без помощи оператора.

Введение в схему автоматических регулировок вместо ручных повышает эксплуатационные удобства устройства и качество его работы, так как автоматическая система в подавляющем большинстве случаев выбирает оптимальное положение значительно более точно, чем оператор, и всегда намного быстрее него.

Следует, однако, предостеречь конструкторов радиоаппаратуры от чрезмерного увлечения автоматическими регулировками. В каждом конкретном случае необходимость введения той или иной автоматической регулировки должна быть грамотно обоснована как с экономической точки зрения, так и с точки зрения обеспечения достаточной надежности устройства в целом.

1.3. Основные параметры системы регулирования

Любая система регулирования имеет определенные параметры и характеристики. Рассмотрим некоторые наиболее важные показатели, общие для любых ручных и автоматических регуляторов.

Пределы регулирования ручного регулятора — это диапазон изменения регулируемого параметра или иначе тот интервал значений, которые принимает какая-нибудь физическая величина при вращении ручки регулятора из одного крайнего положения в другое.

Для систем автоматического регулирования под пределами регулирования следует понимать тот интервал значений изменяющегося во времени регулируемого параметра, в пределах которого она еще в состоянии выработать сигнал, компенсирующий ошибку.

При практическом выборе пределов регулирования у ручных регуляторов нужно учитывать, что выбранный предел должен во всех случаях позволять устанавливать любое значение регулируемого параметра в пределах оговоренных норм на этот параметр, но в то же время не иметь неоправданных «запасов», так как в этом случае уменьшается плавность регулировки.

Так, если вместо потенциометра величиной 100 ком в цепи делителя регулировки яркости телевизора применить потенциометр 10 ком, то пределы изменения яркости окажутся недостаточными; если же применить потенциометр 1,0 Мом, то хотя пределы регулирования и окажутся более чем достаточными, но весь интервал градаций яркости от нулевой до максимальной будет укладываться лишь на $1/10$ части полного угла вращения ручки Яркость, а остальные 90% угла вращения потенциометра окажутся нерабочими и не будут использованы.

Инерционность также является важнейшим параметром любой системы регулирования как ручной, так и автоматической. Под инерционностью или быстродействием системы необходимо понимать время, проходящее от момента внешнего воздействия на систему до момента установления нового значения регулируемого параметра. В этот интервал времени входит время «реакции» системы на внешнее воздействие, время установления нестационарных процессов, вызванных воздействием на систему, и время так называемого «качания» автоматической системы. Для всех ручных регу-

лировок инерционность является нежелательной, поэтому при конструировании радиоаппарата необходимо стремиться к тому, чтобы ручные регуляторы были безынерционными.

Инерционность автоматических систем не всегда нежелательна. В качестве примера можно указать на систему АРУ радиоприемника, в которой инерционность системы умышленно делают порядка $0,05 \div 0,1$ сек с тем, чтобы система не успевала выработать сигнал ошибки, пропорциональный величине низших модулирующих частот полезного сигнала, а следила только за средним уровнем сигнала, подводимого к детектору, т. е. в основном за величиной несущей.

Тем не менее в большинстве случаев желательно уменьшать до возможных пределов время срабатывания автоматических систем регулирования.

Помехоустойчивость любой системы регулирования характеризуется ее способностью сохранять требуемые параметры регулирования при нарушении нормальной работы системы за счет внешних воздействий (или влияний), к которым относятся электрические помехи атмосферного и промышленного характера, изменения температуры и влажности, магнитные и электрические поля, всевозможные виды наводок и т. п.

В любом радиоустройстве всегда присутствуют какие-либо из указанных мешающих факторов, поэтому повышение помехоустойчивости любой системы регулирования (в том числе и ручной) является обязательной задачей при ее конструировании.

1.4. Выбор пределов регулирования

Чаще всего обоснование для выбора пределов регулирования бывает заложено в технических условиях на вновь создаваемую конструкцию. Например, для радиовещательных приемников ГОСТ заранее задаются границы диапазонов принимаемых волн, указывается степень необходимого завала и подъема частотной характеристики УНЧ регуляторами тембра, для телевизоров задается число принимаемых программ и частоты соответствующих каналов и т. п.

Однако такие явно заданные пределы регулирования устанавливаются далеко не всегда. Чаще конструктору приходится самому определять эти пределы, исходя из сопоставления технических требований на устройство, условий его работы, особенностей схемы, параметров используемых ламп, транзисторов и т. д.

Рассмотрим на конкретном примере методику выбора пределов регулирования для регулятора частоты кадров в телевизоре.

Вначале опытным путем на первых макетах или образцах телевизоров устанавливают рабочую область собственных частот задающего генератора, в пределах изменения которой он не выпадает из синхронизма при наличии нормального сигнала синхронизации. Пусть к примеру для генератора кадровой развертки это будут частоты от 36 до 48 гц. Следует напомнить, что для нормальной работы и синхронизации задающего генератора его собственная частота должна всегда быть ниже принудительной рабочей частоты — в данном случае ниже 50 гц и что по ряду соображений (правильное рас-

положение защитных полос по краям растра, наибольшая помехоустойчивость синхронизации и т. п.) желательно, чтобы собственная частота генератора всегда была близка к середине этого интервала. Берутся частоты $36 \div 48$ гц и определяется их среднее арифметическое, равное 42 гц.

Затем также опытным путем определяется, насколько изменяется собственная частота задающего генератора от допустимого изменения питающих напряжений, от допустимых колебаний окружающей температуры и всех остальных дестабилизирующих факторов.

Пусть в данном случае такие крайние максимальные отклонения равны -6 и $+9$ гц от некоторой исходной частоты. Следовательно, ручной регулятор должен позволять компенсировать эти изменения частоты, т. е. пределы его регулирования должны позволять в нормальных исходных условиях изменять собственную частоту задающего генератора в пределах от $42-9=33$ гц до $42+6=48$ гц.

К тому же с течением времени лампы, транзисторы, диоды и другие элементы схемы могут «стареть», т. е. изменять свои первоначальные параметры. Чтобы учесть и эти дестабилизирующие явления, нужно заранее задаться 10-процентным запасом регулировки, т. е. в данном случае расширить пределы регулирования до $48+4,8=62,8$ гц и $33-3,3=29,7$ гц, или, округляя до целых значений, до 29÷53 гц. Эти пределы и будут являться нормальными пределами регулирования для ручного регулятора частоты кадров.

В рассмотренном примере пришлось выбирать два предела регулирования — верхний и нижний. Таких регуляторов довольно много: двусторонние регуляторы тембра (подъем и завал характеристики), регуляторы плавной настройки в приемнике, регуляторы яркости, контрастности, четкости, фокусировки, частоты строк и кадров в телевизоре и т. п. Все эти регуляторы можно отнести к первой группе. Общим для них является наличие оптимальных пределов регулирования («от» и «до»), причем, как сужение, так и расширение этих пределов одинаково нежелательно.

Вторую группу составляют регуляторы, для которых существует ограничение одного предела (чаще всего — «не меньше»). У таких регуляторов расширение пределов выше (или ниже) указанного не только допустимо, но даже желательно, однако, как правило, такое расширение сопряжено с техническими трудностями или требует дополнительных затрат.

В качестве примера можно привести ручной регулятор громкости.

Наконец, к третьей группе можно отнести регуляторы, для которых существуют лишь точные дискретные значения регулируемого параметра, всякие отклонения от которых недопустимы или, по крайней мере, нежелательны. К ним относятся переключатели фиксированных настроек, стабилизаторы напряжений, системы автоподстройки частоты или фазы и многие другие.

Для регуляторов этой группы пределы регулирования в идеальном случае должны быть сведены к нулю, и только из-за несовершенства аппаратуры этот предел все же задается (например, для стабилизатора напряжения указывают, что выходное напряжение должно поддерживаться на уровне 200 ± 2 в или $150 \pm 0,5\%$). При конструировании аппаратуры с такими регуляторами необходимо стремиться уменьшать пределы регулирования до разумно достижимого уровня.

1.5. Непосредственное и косвенное регулирование

В теории автоматического регулирования обычно употребляют термины «прямое» (непосредственное) и «непрямое» (косвенное) регулирование, причем эти термины в основном предполагают наличие или отсутствие в системе регулирования вспомогательного источника энергии (движущей силы), приводящего в действие исполнительный регулирующий орган.

Применительно к радиотехническим системам регулирования в эти термины вкладывается несколько иной смысл. Под непосредственным регулированием нужно понимать такое, при котором в процессе регулирования происходит изменение только одной физической величины, хотя это изменение может быть аргументом различных функций одного и того же переменного.

Примерами непосредственного регулирования могут служить простые ручные регуляторы громкости, поскольку громкость есть некоторая функция амплитуды переменного напряжения звуковой частоты, а вращение регулятора громкости изменяет именно амплитуду переменного напряжения этого же спектра.

Примером косвенного регулирования может служить система АРУ. В ней переменное напряжение сигнала изменяет величину постоянного напряжения на выходе детектора АРУ, которое, в свою очередь, изменяет коэффициент усиления УПЧ, являющийся безразмерной величиной, а он изменяет амплитуду переменного напряжения, подводимого к детектору сигналов.

Можно видеть, что в отличие от ручного регулирования громкости, при автоматическом регулировании усиления происходит изменение нескольких различных физических величин: переменного напряжения, постоянного напряжения, коэффициента усиления. При дальнейшем изложении понятиям непосредственное и косвенное регулирование будет придаваться именно такой смысл.

Характерными особенностями большинства непосредственных регуляторов являются безынерционность, большие пределы регулирования, сравнительно малая подверженность воздействию внешних помех.

Непосредственное регулирование чаще всего используют в ручных регуляторах, для которых величина регулируемого параметра является произвольной и устанавливается по желанию оператора.

Косвенное регулирование применяют во всех случаях, когда прямое регулирование невозможно, либо когда косвенное регулирование проще, надежнее или дешевле прямого. Кроме того, косвенное регулирование используется в подавляющем большинстве систем дистанционного управления.

Косвенные регуляторы обычно (но не всегда) имеют заметную инерционность и в большей степени, чем прямые, подвержены воздействию помех. В современной радиоаппаратуре высокого класса косвенных регуляторов, как правило, больше, чем прямых, и только в дешевых массовых изделиях наблюдается обратная картина.

1.6. Общий принцип автоматического регулирования

Автоматическим регулированием называется процесс поддержания на заданном уровне или изменения по заранее заданной про-

грамме какого-нибудь параметра специальным устройством — автоматическим регулятором.

Потребность в автоматическом регулировании возникает потому, что установленный первоначально режим схемы, узла, механизма или радиоустройства в целом обычно довольно быстро нарушается различными внешними воздействиями, которые будут объединены общим понятием «дестабилизирующие факторы».

Для поддержания постоянства какой-либо величины существуют разные методы. Однако подавляющее большинство систем автоматического регулирования в радиоаппаратуре работает по принципу контроля самого регулируемого параметра (например, частоты гетеродина) и выработки сигнала компенсации, изменяющего непосредственно этот параметр на необходимую величину. В этом случае системе принципиально безразлично, каким именно воздействием вызвано отклонение регулируемого параметра, что делает систему универсальной, позволяющей компенсировать ошибку, вызываемую самыми разнообразными дестабилизирующими факторами и их комплексным воздействием на регулируемый объект. Поэтому здесь будут рассмотрены некоторые вопросы, общие для всех подобных систем. Для этого целесообразно все системы регулирования разделить на электрические, электромеханические и механические.

1.7. Электрические системы регулирования

Электрическими системами регулирования здесь названы системы, не содержащие электромеханических переходов внутри самой системы, т. е. такие, у которых механическое воздействие оператора на орган управления регулятором или сигнал расстройки вызывает чисто электрические изменения регулируемого параметра непосредственно, без промежуточных механических воздействий или передач.

Например, ручной регулятор плавной настройки со сложным механическим верньером является чисто электрической системой.

В то же время простейшая система моторной настройки, содержащая всего лишь одну пусковую кнопку двигателя для вращения блока переменных конденсаторов настройки, является не электрической, а электромеханической, так как здесь оператор, воздействуя на кнопку, управляет электрической цепью питания обмоток двигателя, а не частотой настройки; последняя же изменяется вследствие воздействия на блок переменных конденсаторов усилителя двигателя, а не оператора.

К чисто механическим системам при такой классификации следовало бы отнести системы, в которых воздействие оператора на орган управления регулятором приводило бы непосредственно к механическим изменениям регулируемого параметра, однако в радиовещательной аппаратуре таких регуляторов очень немного. В качестве примеров можно привести механические регуляторы числа оборотов электроприводов или регуляторы положения вращаемых магнитных антенн в радиоприемниках.

Электрические системы регулирования в широкополосной аппаратуре гораздо больше распространены, чем механические и электромеханические. Это объясняется исключительной простотой, высокой надежностью таких систем и отсутствием специфических

недостатков, присущих механическим и электромеханическим системам («мертвые зоны», инерция, моменты, трения и пр.).

Электрическими могут быть как ручные, так и автоматические регуляторы. К первым можно отнести регуляторы яркости, тембра, ко вторым — системы АРУ, АПЧГ, АПФ и другие.

Электрические регуляторы целесообразно применять в радиовещательной аппаратуре во всех случаях, за исключением тех, когда регулирование требует от оператора либо применения больших усилий (например, переключение каналов в телевизоре), либо длительного воздействия на орган управления регулятором (например, при перестройке приемника от начала до конца диапазона с помощью верньера с большим замедлением)

Электрические регуляторы не имеют недостатков по сравнению с электромеханическими, а механическим они уступают только в стабильности и помехоустойчивости, поэтому при конструировании радиоаппаратуры без особой необходимости не следует стремиться к замене электрических регуляторов электромеханическими.

1.8. Электромеханические системы регулирования

Наибольшее применение электромеханические регуляторы находят в системах дистанционного управления и коммутирующих устройствах. Это объясняется тем, что при дистанционном управлении проще передавать исполнительному механизму не физические усилия оператора, а их электрический эквивалент. В этом случае отпадает необходимость в громоздких механических передачах, тросах и т. п.

Замена механических передач электропроводами позволяет отвести пульт дистанционного управления практически в любое место и на большие расстояния от регулируемого объекта.

Использование электромеханических систем регулирования позволяет создать полностью автономный беспроводной пульт управления (ультразвуковой, световой или радиочастотный), что невозможно при использовании других систем регулирования.

Наконец, электромеханические системы незаменимы, когда управление регулятором требует от оператора больших или длительных усилий.

В подавляющем большинстве электромеханических систем, применяемых в радиовещательной аппаратуре, исполнительным механизмом является электродвигатель или привод соленоидного типа. Это обстоятельство во многом определяет специфику всей системы, поскольку электрическая часть электромеханического регулятора, по существу, ничем не отличается от чисто электрического регулятора.

Использование двигателей и соленоидов, прежде всего, лишает электромеханический регулятор безынерционности, поскольку время разгона и остановки приводных механизмов вполне реальное, а иногда довольно большое, что объясняется трением в момент пуска и механической инерцией в момент выключения системы.

Это один из существенных недостатков всех электромеханических регуляторов, который во многих случаях ставит предел достижимой точности регулирования. Другим, хотя и менее существенным, недостатком является создание регулятором помехи, чаще всего в виде сильных электрических и магнитных полей. Например, при-

жимной электромагнит в магнитофоне в момент включения создает мощное магнитное поле, которое при отсутствии специальных защитных мер может намагничивать магнитную ленту и воспроизводящую головку.

Для борьбы с указанными недостатками применяются различные меры. Например, вредное влияние момента трения, снижающего

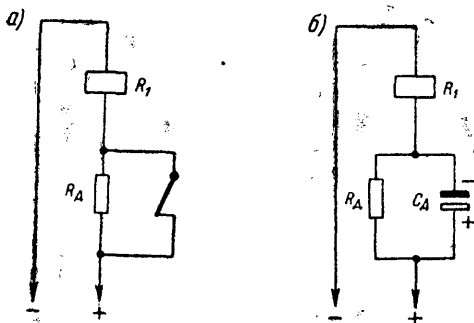


Рис. 1. Схемы, уменьшающие время срабатывания соленоидов:

- а) с замыканием добавочного резистора;
- б) с использованием тока заряда конденсатора большой емкости

чувствительность электродвигателя к слабым управляющим сигналам, можно во много раз уменьшить, питая его не постоянным, а пульсирующим током, поддерживающим ротор в состоянии постоянной незначительной вибрации. Время разгона двигателя резко сокращают путем значительного форсирования пускового режима. Для эффективного торможения используют кратковременное включение напряжения обратной фазы или полярности, либо на время торможения накоротко замыкают обмотки двигателя.

Для уменьшения времени срабатывания соленоидов используются две схемы, приведенные на рис. 1. Они построены по принципу подачи на катушку соленоидов в момент включения повышенного напряжения и удерживании его в притянутом положении после срабатывания значительно меньшим напряжением.

Другие меры преодоления недостатков, присущих электромеханическим системам, будут рассмотрены далее на конкретных схемах регуляторов.

При конструировании аппаратуры необходимо помнить, что, помимо указанных недостатков, электромеханические регуляторы из-за наличия движущихся деталей обладают более низкой надежностью, чем регуляторы других типов, требуют более регулярного ухода, чистки, смазки, поэтому их следует применять только в случаях действительной необходимости.

2. РАДИОПРИЕМНИКИ И УСИЛИТЕЛИ

2.1. Регулирование громкости

Регулирование громкости осуществляется почти в каждом радиоустройстве, причем схем и способов такого регулирования существует очень много. Схема, приведенная на рис. 2, является наиболее простой из всех возможных. Она одинаково успешно может применяться как в ламповых, так и в транзисторных усилителях

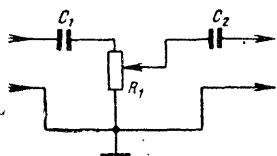


Рис. 2. Простейший регулятор громкости

низкой частоты, причем в последнем случае схему желательно «перевернуть», т. е. сигналы нч подавать на ее правые зажимы, а регулируемый сигнал снимать с левых зажимов. При этом входное сопротивление первого усилительного транзистора будет значительно меньше зависеть от положения движка регулятора громкости, чем при «прямом» включении.

Следует предупредить, что любые попытки еще более упростить эту схему путем исключения конденсаторов C_1 и C_2 совершенно недопустимы, так как при этом неизбежно возникнут шорохи и трески при вращении оси регулятора.

Если схема используется в ламповом усилителе, значения конденсаторов C_1 и C_2 можно выбирать в пределах от 0,01 до 0,25 мкф, в зависимости от нижней границы полосы пропускания усилителя (чем ниже граничная частота, тем больше емкость).

В качестве регулятора громкости используют потенциометр с логарифмическим законом изменения сопротивления (буква В на его корпусе) величиной от 0,47 до 2,2 Мом.

В транзисторных схемах конденсаторами C_1 и C_2 обычно являются электролитические конденсаторы емкостью от 2,0 до 50,0 ÷ 100,0 мкф, в зависимости от нижней границы полосы пропускания усилителя, а потенциометр выбирают в пределах от 5,1 до 47 ком. Очень важно, чтобы была учтена полярность включения электролитических конденсаторов. При использовании транзисторов с проводимостью типа *p-n-p* плюсовые выводы конденсаторов включают в сторону регулятора.

Основной недостаток схемы — отсутствие тонкомпенсации, что не позволяет использовать ее в высококачественных усилителях.

Главное достоинство — очевидная простота и дешевизна. Область применения — усилители низкой частоты в проигрывателях, приемниках, магнитофонах 3 и 4-го классов, а также во всех настольных телевизорах.

Схемы регуляторов громкости на рис. 3, в отличие от предыдущей, содержат элементы тонкомпенсации, что позволяет применять их во всех усилителях, в том числе и высококачественных. Обе схемы работают следующим образом: в верхнем положении движка регулятора цепи тонкомпенсации практически не влияют на усилитель, и частотная характеристика его относительно линейна во всем диапазоне усиливаемых частот.

При уменьшении громкости в цепь прохождения сигнала нч оказывается включенной корректирующая частотнозависимая цепочка RC , которая в зависимости от положения движка регулятора изменяет частотную характеристику усилителя в большем или меньшем соответствии с кривыми равных громкостей.

Схема рис. 3б дает большее приближение к идеальному регулированию, чем схема рис. 3а, однако она требует наличия потенциометра с двумя отводами вместо одного и содержит больше деталей.

Приведенные значения резисторов и конденсаторов рассчитаны под потенциометры с указанными на схеме соотношениями плеч и суммарными сопротивлениями. При использовании других потенциометров значения большинства элементов схемы приходится изменять.

Область применения названных схем — усилители нч в радиоллах, магнитолах, приемниках 1 и 2-го классов и комбинированных установках. Недостатки схем — наличие специальных потенциометров с отводами и весьма далекая от идеальной частотная характеристика регулирования.

Попытки упростить приведенные схемы путем исключения отдельных элементов превращают тонкомпенсированный регулятор в регулятор, изменяющий одновременно и громкость и тембр звучания.

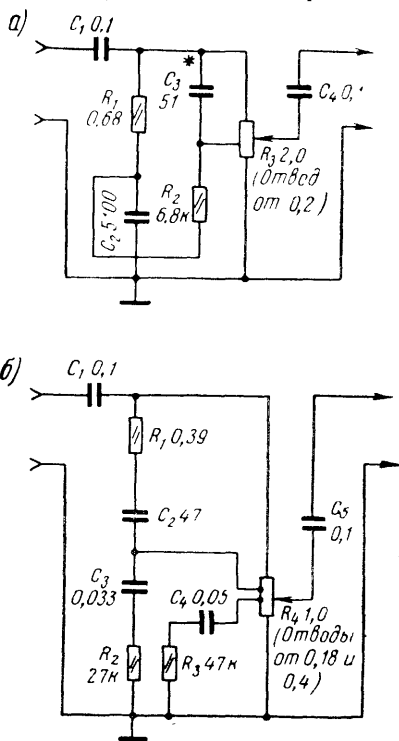


Рис. 3. Схемы тонкомпенсированных регуляторов громкости на потенциометрах с отводами

Схема тонкомпенсированного регулятора громкости, приведенная на рис. 4а, является наиболее совершенной, так как, во-первых, позволяет получить любую наперед заданную характеристику тонкомпенсации, в том числе и идеальные кривые равных громкостей, и, во-вторых, не требует специальных потенциометров с отводами. Последнее обстоятельство особенно существенно для создания стереофонических усилителей, требующих двойного потенциометра для регулирования громкости.

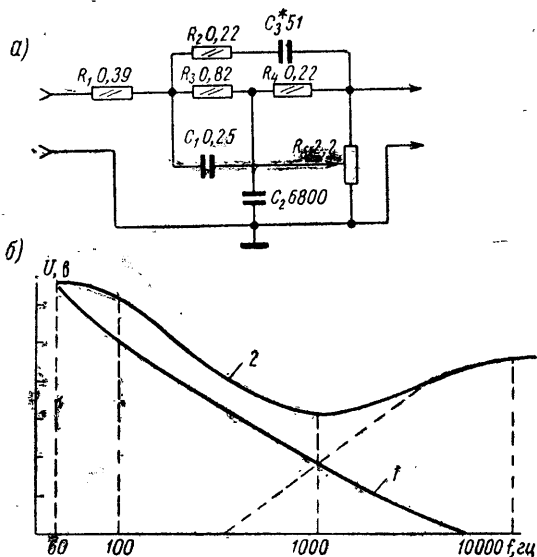


Рис. 4. Тонкомпенсированный регулятор громкости на потенциометре без отводов:

а) принципиальная схема; б) график, поясняющий принцип работы регулятора

Схема работает следующим образом: резисторы R_3 и R_4 вместе с конденсатором C_2 образуют Т-образный фильтр, пропускающий почти без уменьшения уровня сигналы самых низших частот и полностью «заваливающий» высшие частоты звукового диапазона. Параметры фильтра подобраны таким образом, что он ослабляет сигнал на частоте 1000 Гц по отношению к уровню сигнала на нижней границе полосы пропускания в заданное число раз. Частотная характеристика этого фильтра показана на рис. 4б (кривая 1). Частоты свыше 1000 Гц ослабляются еще больше фильтром и на выходе его практически отсутствуют.

Конденсатор C_3 небольшой емкости (20÷100 пФ) замыкает фильтр на высших частотах, так как его реактивное сопротивление в этом случае много меньше суммарного сопротивления резисторов $R_3 + R_4$. На нижних частотах (практически на частотах ниже 1000 Гц) конденсатор C_3 не оказывает на характеристику фильтра никакого влияния. В результате совместного действия обеих цепей суммар-

ная частотная характеристика фильтра с конденсатором C_3 оказывается такой, как показано на рис. 4б (кривая 2). Загиб характеристики на частотах выше 8000 гц обеспечивается резистором R_2 и емкостью монтажа.

Величины всех элементов фильтра выбирают такими, чтобы обеспечивалась форма частотной характеристики усилителя, необходимая для работы при самом малом уровне громкости.

Из схемы видно, что в крайнем верхнем положении движка регулятора громкости — потенциометра R_5 — фильтр замкнут накоротко и поэтому не оказывает практически никакого влияния на форму частотной характеристики усилителя. Это положение регулятора соответствует максимальной громкости и линейной частотной характеристике регулятора.

По мере перемещения движка в нижнее (по схеме) положение происходит уменьшение громкости, так как изменяется соотношение сопротивлений резистора R_1 и нижней части потенциометра R_5 . Одновременно с этим уменьшается шунтирующее действие верхнего плеча регулятора громкости (R_5) на фильтр, в результате чего он начинает изменять частотную характеристику усилителя в соответствии с законом равных громкостей.

В нижнем положении движок регулятора заземлен, и сигнал на выходе фильтра отсутствует. Указанные на схеме значения резисторов и конденсаторов выбраны в результате большой экспериментальной работы и обеспечивают сохранение естественного соотношения частотных компонентов звука при любом уровне громкости. Тонкомпенсация характеризуется следующими цифрами: при уменьшении уровня сигнала на частоте 1000 гц на 40 дб уровень его на частоте 60 гц понижается на 24 дб, а на частоте 8000 гц — на 32 дб, что соответствует кривой равной громкости нормального человеческого уха.

2.2. Регулирование тембра

Регулирование тембра в усилителях нч любых радиовещательных аппаратов предназначается для: 1) изменения частотной характеристики усилителя в соответствии с характером передачи (речь, музыка и т. п.), содержанием передаваемого материала (песни, опера, легкая музыка) и исполнительским составом (большой симфонический оркестр, оркестр народных инструментов и пр.); 2) снижения помех за счет сужения полосы пропускания УНЧ как со стороны верхних, так и со стороны нижних частот, если в усилителе или перед ним нет других специальных устройств для регулирования полосы пропускания.

Первое назначение регуляторов тембра по замыслу является основным, второе — вспомогательным, хотя в дешевых массовых приемниках единственный имеющийся регулятор тембра высоких частот чаще и в большей мере выполняет вторую функцию, нежели первую.

Все огромное разнообразие схем регулирования тембра можно условно разделить на следующие группы:

- а) простейшие плавные регуляторы одностороннего действия;
- б) плавные регуляторы двустороннего действия;
- в) плавные избирательные (узкополосные) регуляторы;

г) простейшие переключатели рода передач (типа «речь — музыка»);

д) кланг-регистры.

Здесь будут рассмотрены наиболее типичные схемы регуляторов тембра в каждой из указанных групп.

Простейшие плавные регуляторы одностороннего действия функционально всегда работают как ограничители полосы пропускания и могут только уменьшать усиление на рабочих частотах относительно некоторого исходного уровня. В подавляющем большинстве случаев они регулируют только высокочастотный участок частотной характеристики УНЧ, хотя существуют схемы и для регулирования низкочастотного участка.

Все регуляторы тембра этой группы построены либо по принципу частотозависимых потенциометрических делителей, либо используют частотозависимую отрицательную обратную связь. Схемы, работающие по второму принципу, предпочтительнее, так как в процессе регулировки одновременно с сужением полосы пропускания уменьшаются нелинейные искажения и фон за счет действия отрицательной обратной связи.

Общий недостаток регуляторов тембра одностороннего действия — невозможность формирования нужной частотной характеристики усилителя при различном характере передач. Достоинство — очевидная простота. Область применения — дешевые массовые радиоаппараты 3 и 4-го классов. На рис. 5 приведены схемы подоб-

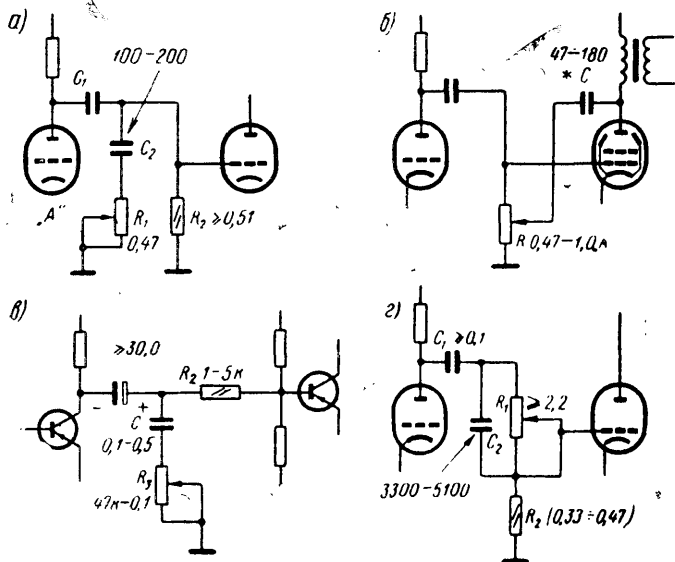


Рис. 5. Схемы простейших регуляторов тембра одностороннего действия:

а) и б) регуляторы высших частот для ламповых усилителей; в) то же, для транзисторных усилителей; г) регулятор низших частот для ламповых усилителей

ных регуляторов, а на рис. 6 — соответствующие им частотные характеристики.

Плавные регуляторы двустороннего действия наиболее широко распространены и применяются почти во всех радиоаппаратах 2, 1-го и высшего классов. Они позволяют осуществлять как относительный завал, так и относительный подъем

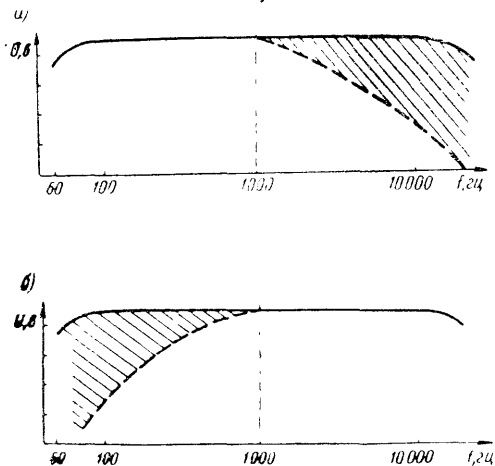


Рис. 6. Частотные характеристики регуляторов тембра, изображенных на рис. 5: а) для схем рис. 5а, 5б и 5в; б) для схемы рис. 5 в

частотной характеристики УНЧ в области регулирования по отношению к некоторой условной средней частоте (1000 или 400 Гц). Это дает возможность формировать с достаточной степенью приближения к идеальным практически любые сквозные характеристики усилителя, необходимость в которых может возникнуть в реальных условиях.

Схем двусторонних регуляторов тембра существует довольно много, однако на сегодня наиболее широко распространены схемы, подобные приведенной на рис. 7а.

Схема составлена, по существу, из двух самостоятельных регуляторов, один из которых (R_2) регулирует частотную характеристику в области низших частот (до 1000 Гц), а другой (R_5) — на частотах выше 1000 Гц.

Разделение сигналов по спектру на входе осуществляется цепочками RC таким образом: сигналы низших частот не могут пройти через конденсатор C_4 к потенциометру R_5 , так как реактивное сопротивление конденсатора C_4 для этих частот много больше сопротивления резистора R_1 , поэтому эти сигналы ответвляются в цепь R_1, R_2, R_3 , где их величина регулируется потенциометром R_2 .

Высокочастотные сигналы, частично ответвившиеся в эту же цепь, замыкаются на «землю» на выходе регулятора нижних ча-

стот (движок регулятора R_2) конденсатором C_3 , который почти не влияет на прохождение низкочастотных сигналов.

Для высокочастотных сигналов, напротив, реактивное сопротивление конденсатора C_4 много меньше сопротивления резистора

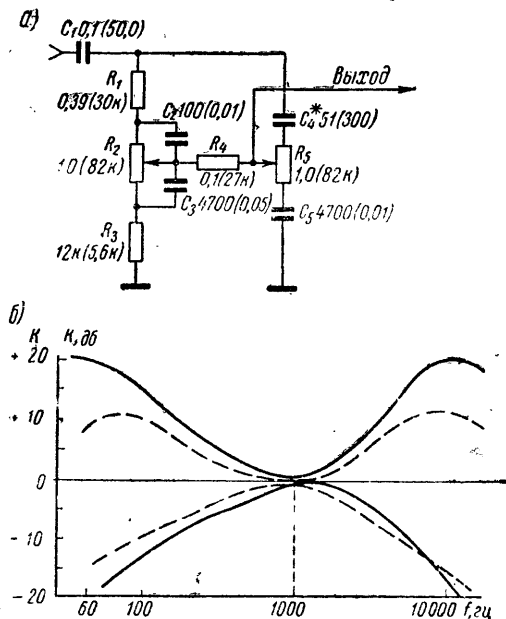


Рис. 7. Плавный регулятор тембра двустороннего действия:

а) принципиальная схема (основные номиналы деталей соответствуют ламповым усилителям, а указанные в скобках — транзисторным); б) частотные характеристики схемы при крайних положениях регуляторов тембра (сплошные линии — для ламповых усилителей, пунктирные — для транзисторных)

R_1 , поэтому эти сигналы ответвляются в цепь правого по схеме регулятора (R_5), который регулирует частотную характеристику на высших частотах.

Сигналы частоты 1000 гц, являющейся граничной между условно высокими и условно низкими частотами, в высокочастотный канал регулирования ответвляются слишком незначительно, а в низкочастотном канале достаточно сильно шунтируются конденсатором C_3 , поэтому на выходе схемы после сложения сигналов обоих каналов сигналы частотой 1000 гц оказываются значительно ослабленными как по сравнению с низкими, так и высокими частотами.

Это позволяет утверждать, что, наоборот, сигналы крайних частот усиливаемого спектра после регулятора оказываются «поднятыми», т. е. усиленными по отношению к граничной частоте 1000 гц. Однако легко видеть, что это относительное «усиление» достигается ценой уменьшения величины сигнала с частотой 1000 гц на выходе схемы.

На практике же оказывается, что не только сигналы с частотой 1000 гц, но и сигналы граничных частот претерпевают некоторое ослабление, поэтому вся схема в целом создает потерю уровня сигнала, что является ее основным и весьма существенным недостатком.

При желании получить глубину регулировки на крайних частотах не менее ± 20 дб, необходимую для усилителей 1-го и высшего классов, приходится мириться с тем, что коэффициент передачи регулятора на частоте 1000 гц не превышает 0,05. Это заставляет вводить в схему усилителя дополнительный каскад усиления (а в транзисторных усилителях иногда даже два каскада) специально для компенсации потери усиления в цепи регулятора тембра.

В заключение полезно указать, что степень завала частотной характеристики на высших частотах можно увеличить изменением величины емкости конденсатора C_5 , которая может быть доведена до 0,025 мкф в ламповых схемах и до 0,1 мкф в транзисторных, а степень подъема на высших частотах — увеличением емкости конденсатора C_4 до 150÷200 пф в ламповых схемах и до 2000÷3000 пф в транзисторных.

Глубину регулирования на низших частотах можно увеличить, уменьшая величину резистора R_1 , а частоту раздела регуляторов и степень их взаимного влияния можно изменять, варьируя величины резистора R_4 и конденсатора C_3 .

Следует помнить, однако, что схема является сбалансированной на частоте раздела, поэтому всякое произвольное изменение величин элементов схемы может привести к появлению взаимного влияния регуляторов друг на друга и к изменению уровня сигнала на частоте раздела в процессе регулировки тембра.

Главные избирательные (узкополосные) регуляторы чаще всего представляют собой фильтры, ослабляющие или относительно усиливающие не половину всего спектра рабочих частот (например, до 1000 гц или, наоборот, выше 1000 гц), как все рассмотренные выше регуляторы тембра, а лишь какую-нибудь одну частоту или весьма узкую полосу около этой частоты.

Необходимость в таких регуляторах возникает при создании магнитофонов, где нередко приходится корректировать частотную характеристику именно на отдельных участках, а не в широких пределах частот, а также в особо высококачественных усилителях, имеющих четыре и более независимых регулятора тембра, позволяющих получить практически любую необходимую форму частотной характеристики.

Впрочем, такие «участковые» схемы регулировки тембра в массовой аппаратуре применяются довольно редко (можно назвать для примера лишь несколько моделей западногерманской фирмы «Grundig»). Подобные схемы, как правило, весьма сложны в регулировке и рассчитаны в основном на слушателя, обладающего весьма тонким и хорошо развитым музыкальным слухом.

В силу этого здесь не будет подробно анализирована работа таких схем, а лишь приведена одна из них, разработанная автором для двухканального усилителя высшего класса. В этой схеме (рис. 8) имеются четыре отдельных регулятора тембра. Первый

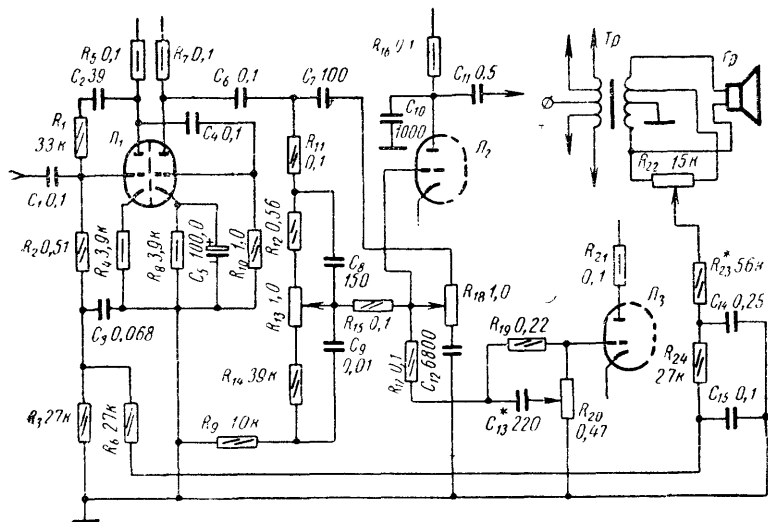


Рис. 8. Схема регулировки тембра «по участкам» усилителя 1-го класса с четырьмя отдельными независимыми регуляторами

(R_{22}) регулирует частотную характеристику в диапазоне от 20 до 100 гц, второй (R_{13}) — от 100 до 1000 гц, третий (R_{18}) — от 1000 до 7000 гц и четвертый (R_{20}) — от 7000 до 16 000 гц. Действие всех регуляторов независимое. Взаимное влияние двух смежных регуляторов на частоте раздела не превышает 2 дб. В среднем положении всех регуляторов частотная характеристика усилителя прямолинейная в интервале от 20 до 20 000 гц с неравномерностью ± 1 дб.

Первый и четвертый регуляторы позволяют менять уровень сигнала на ± 10 дб, второй и третий — на ± 6 дб.

Следует указать, что схема весьма критична к величинам отдельных элементов и к расположению монтажных проводов из-за наличия отрицательной и положительной обратных связей и при отсутствии специальных стабилизирующих мер (нейтрализующие RC цепочки, тщательная междукаскадная развязка по цепям питания и др.) склонна к самовозбуждению на инфранизких частотах.

Узкополосные регуляторы, используемые в магнитофонах, рассматриваются в разделе «Магнитофоны».

Простейшие переключатели и рода передач широко распространены в радиоаппаратах, их качество звучания удовлетворяет нормам 3 и 4-го классов. Эти переключатели, хотя и

используются вместо плавных регуляторов тембра, однако не могут полностью заменить их, а только позволяют выбирать одну из двух-трех заранее сформированных частотных характеристик, соответствующих в большей или меньшей степени определенному виду передач. Чаще всего фиксированные положения таких переключателей имеют соответствующие названия (надписи): например, *Речь*, *Концерт*, *Музыка* и т. п., что позволяет любому слушателю выбрать его нужное положение.

Здесь приводятся лишь две схемы фиксированных переключателей тембра. Первая (рис. 9) предназначена для самых простых приемников и магнитофонов 3 и 4-го классов и представляет собой сочетание схем рис. 5а и 5б, в которых роль потенциометров выполняет переключатель *П*. Положению *Музыка* соответствует широкая полоса, в положении *Речь* характеристика имеет завалы как на высших, так и на низших частотах.

Вторая схема (рис. 10) имеет три фиксированных положения переключателя: *Речь*, *Концерт* и *Басы*. Соответствующие этим положениям характеристики приведены на рис. 11. Из характеристик видно, что переключатель тембра осуществляет не только завал, но и подъем крайних частот, что позволяет при-

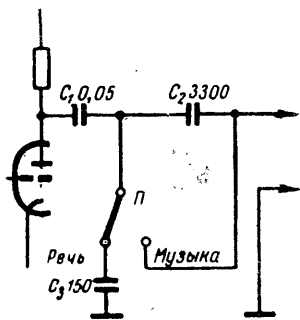


Рис. 9. Схема фиксированного переключателя тембра на два положения

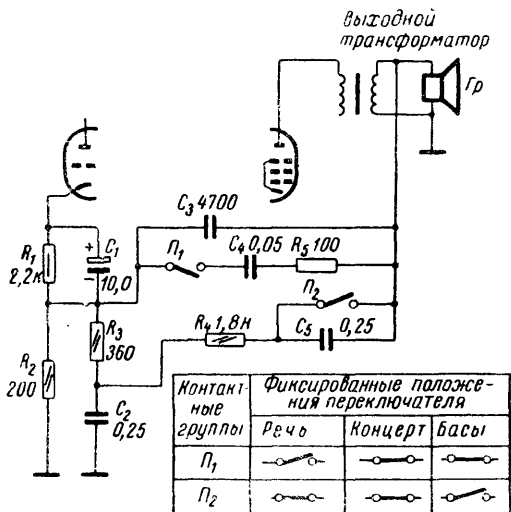


Рис. 10. Схема фиксированного переключателя тембра на три положения

менять эту схему в усилителях 2-го класса. В частности, такая схема применена в промышленных телевизорах «Темп-6» и «Темп-7».

Общий недостаток всех простейших переключателей тембра — невозможность выбрать оптимальную форму частотной характеристики *УНЧ* для любой передачи. Главное достоинство — эксплуатационное удобство, позволяющее грамотно пользоваться регуля-

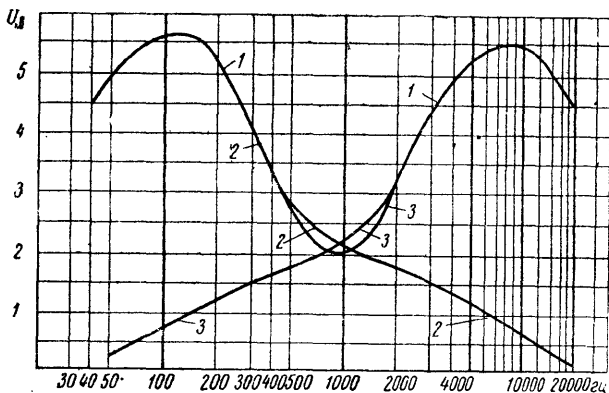


Рис. 11. Частотные характеристики переключателя тембра по схеме рис. 10:
1—Концерт; 2—Басы, 3—Речь

тором тембра даже слушателям, неискушенным в тонкостях звукопередачи.

Кланг-регистры — это системы регулировки тембра, сочетающие в себе достоинства фиксированных и плавных регуляторов и лишенные присущих им недостатков. Кланг-регистры применяются только в наиболее дорогих радиоаппаратах 1-го класса и обычно представляют собой самостоятельный блок — четырехполюсник, на вход которого подается линейный спектр всех усиливаемых частот, а с выхода снимается сигнал, частотная характеристика которого сформирована с хорошим приближением к идеальной форме, соответствующей определенному роду передач.

Как правило, кланг-регистр имеет от четырех до восьми фиксированных положений, соответствующих различным видам передач: как, например, *Соло*, *Речь*, *Симфония*, *Джаз*, *Интим*, *Электромузыка* и др.

Обязательным для любого кланг-регистра является наличие одновременно с дискретным переключателем и плавных двусторонних регуляторов тембра с широким диапазоном регулирования, причем таких регуляторов может быть от двух до шести, если в аппарате предусмотрено поучастковое регулирование частотной характеристики.

Кланг-регистры являются наилучшими из всех возможных регуляторов тембра, однако значительная сложность их схемы, труд-

ность производственной регулировки и повышенная чувствительность к наводкам ограничивают область их применения аппаратурой высшего класса.

Из отечественной промышленной аппаратуры, в которой применялся кланг-регистр, можно назвать лишь радиокомбайн «Темп-5», выпущенный в 1958 г. небольшой партией.

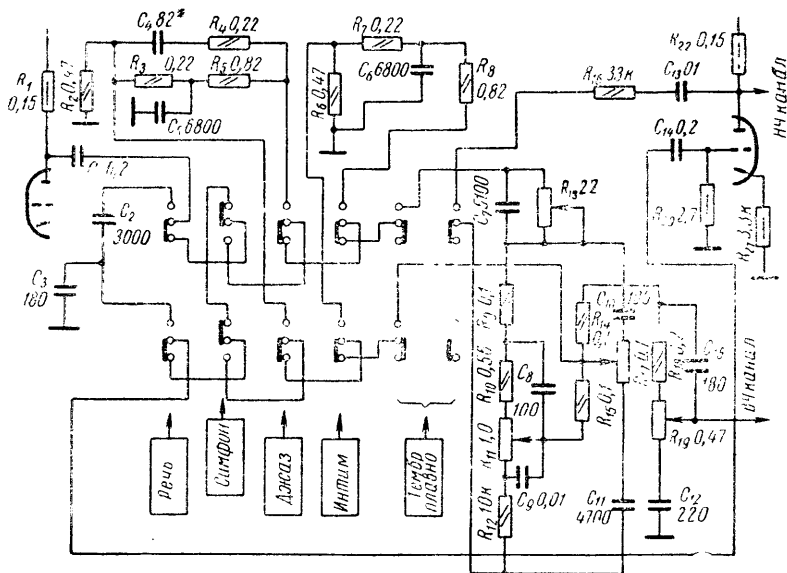


Рис. 12. Схема кланг-регистра для двухканального усилителя высшего класса

На рис. 12 в качестве примера приведена разработанная автором сравнительно простая схема кланг-регистра, имеющая четыре фиксированных положения переключателя и четыре плавных подчастотных регулятора тембра. Схема рассчитана на использование ее в двухканальном усилителе

Поскольку частотные характеристики этой схемы регулирования тембра формировались комплексно с учетом параметров предыдущих и последующих каскадов, они здесь не приводятся.

2.3. Регулирование полосы пропускания

Регулирование полосы пропускания осуществляет снижение уровня помех в принятом радиосигнале за счет ограничения рабочей полосы пропускаемых аппаратом частот. Такое ограничение может осуществляться как со стороны верхней, так и со стороны нижней границ полосы пропускания, причем всегда желательно иметь

как можно большую крутизну среза характеристики на ее границах. В идеальном случае радиоаппарат совсем не должен реагировать на сигналы, частота которых находится вне полосы рабочих частот, даже если амплитуда этих сигналов в сотни и более раз превышает уровень полезного сигнала.

Современному радиоприемнику, рассчитанному на прием как передач с АМ в диапазонах дв, св и кв, так и передач с ЧМ в диапазоне укв, постоянно приходится работать в резко различающихся условиях. При приеме на укв, где действие атмосферных и промышленных помех несравненно меньше, чем на св, целесообразно иметь более широкую полосу пропускания, тем более, что при этом виде вещания наивысшая модулирующая частота равна $10 \div 12$ кГц, тогда как для приема на остальных вещательных диапазонах полоса пропускания не должна превышать 5 кГц из-за опасности помех со стороны соседних каналов.

Но даже в пределах одного и того же диапазона в зависимости от времени суток и года, наличия или отсутствия близко расположенных источников вч помех и ряда других обстоятельств условия приема непрерывно изменяются. Все это делает весьма желательным иметь возможность регулировать в приемнике полосу пропускания.

Регулирование полосы пропускания может быть осуществлено принципиально в любом месте схемы приемника как в высокочастотной, так и в низкочастотной его частях. Изменение полосы пропускания по высокой частоте в супергетеродинных приемниках удобнее всего осуществлять в каскадах УПЧ, поскольку при этом регулирование будет иметь одинаковый характер на всех принимаемых диапазонах.

Преимущества такого способа — сравнительная простота регулятора и достаточные для практики пределы регулирования. Основные недостатки — заметное влияние регулятора на форму частотной характеристики в пределах рабочей полосы частот и невозможность изменения полосы пропускания приемника при воспроизведении через его низкочастотную часть грамзаписей, магнитных фонограмм и программ проводного вещания. Конструктивно изменение полосы частот в радиоканале осуществляют несколькими способами. Здесь будут рассмотрены наиболее распространенные из них.

Регулирование полосы пропускания за счет изменения расстояния между катушками фильтра пч (или нескольких фильтров одновременно) применяется во многих промышленных приемниках. При этом способе одновременно с увеличением расстояния между катушками уменьшается степень их связи, что приводит к нужному сужению полосы пропускания, но попутно и к двум нежелательным эффектам — уменьшению коэффициента передачи фильтра и резкому изменению формы частотной характеристики УПЧ. И если первый из них легко компенсируется наличием системы АРУ, то второй практически не поддается устранению простыми способами. На рис. 13 приведена схема регулятора полосы пропускания такого типа, а на рис. 14 — одна из возможных конструкций регулятора.

Другой способ (рис. 15) изменения коэффициента связи между катушками фильтров пч состоит в повороте одной из катушек на 90° относительно другой. В этом случае пределы регулирования получаются весьма значительными, а сам фильтр пч может иметь

небольшие размеры, поскольку расстояние между катушками в процессе регулирования не меняется. Впрочем, и этой системе присущи те же недостатки, что и предыдущей.

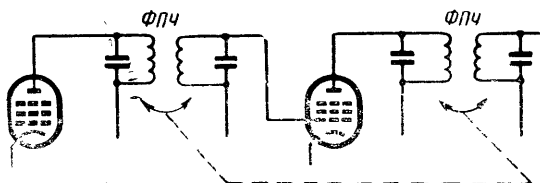


Рис. 13. Схема регулирования полосы пропускания приемника путем изменения расстояния между катушками ФПЧ

Если обе рассмотренные схемы работают за счет механических перемещений катушек фильтра пч, то две следующие, приведенные на рис. 16, используют для изменения коэффициента связи переменную емкость (а) или изменение коэффициента трансформации дополнительной катушки связи (б). Электрически обе схемы равноценны, и выбирать ту или иную следует, исходя из конструктивных особенностей приемника.

Выше было указано, что всем системам регулирования полосы

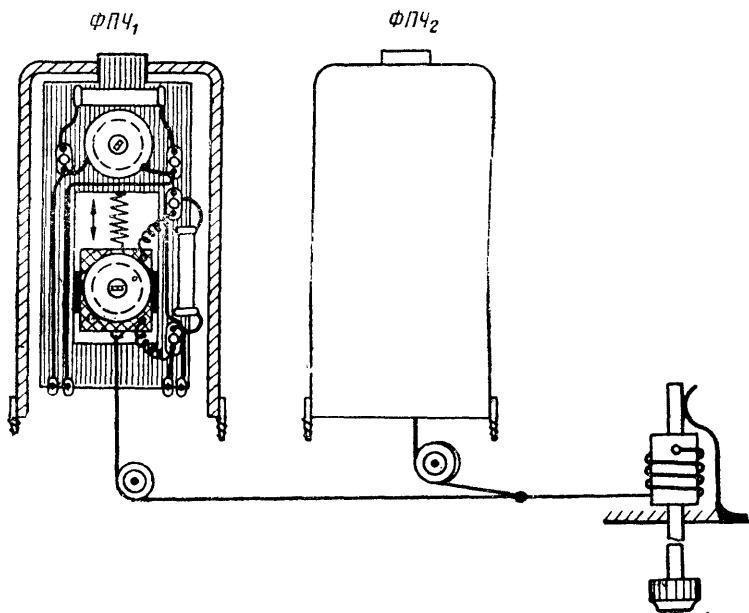


Рис. 14. Одна из возможных конструкций регулятора по схеме рис. 13

пропускания на радиочастотах свойственны одни и те же характерные недостатки, от которых полностью свободны системы изменения полосы пропускания в низкочастотном тракте (после детектора).

К сожалению, из-за сравнительной сложности этих систем, они не получили распространения в вещательной аппаратуре. Тем не менее полезно привести одну схему регулятора полосы пропускания в канале УНЧ, которую целесообразно применить в радиопремниках высокого класса.

В этой схеме (рис. 17) ограничение полосы пропускания осуществляется независимо от регуляторов тембра с помощью коммутации заранее настроенных фильтров верхних или нижних частот.

Частоты среза фильтров

выбирают, исходя из конкретных условий. Например, в радиоле или магнитоле с укв диапазоном целесообразно иметь три фильтра с фиксированными частотами среза: выше 12 кГц, выше 5 кГц и ниже 60 Гц. Первый фильтр в этом случае ограничивает максимально

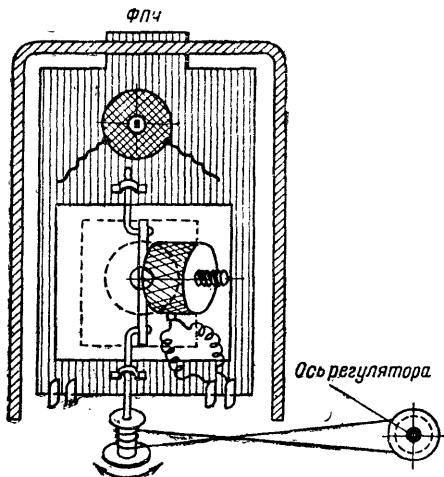


Рис. 15. Конструкция ФПЧ с поворачивающейся на 90° катушкой

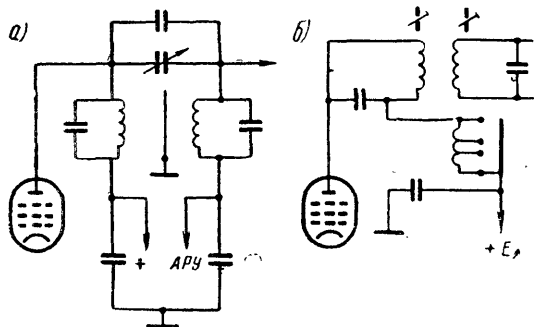


Рис. 16. Регулирование полосы пропускания УПЧ путем изменения коэффициента связи между катушками электрическим способом: а) при изменении емкости связи; б) при включении части витков одной катушки в цепь другой

необходимую полосу частот при приеме ЧМ вещания, второй — при приеме с эфира на диапазонах дв, св и кв, третий полезен при воспроизведении магнитофонных и граммофонных записей.

Примерные частотные характеристики фильтров с указанными на рис. 17 данными приведены на рис. 18.

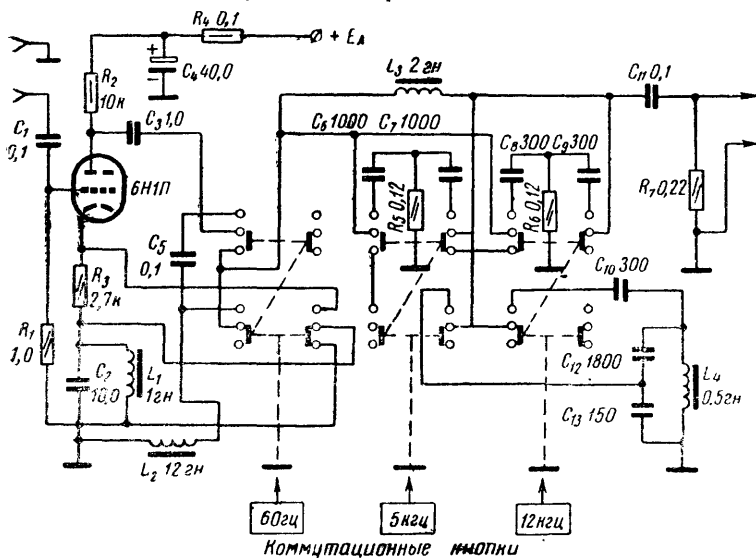


Рис. 17. Ограничение полосы пропускания УНЧ с помощью фильтров с фиксированной частотой среза

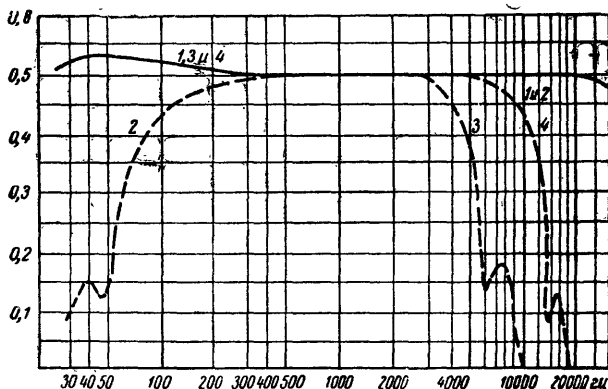


Рис. 18. Частотные характеристики УНЧ с фильтрами по схеме рис. 17

2.4. Автоматическая регулировка усиления (АРУ)

Под автоматической регулировкой усиления (АРУ) принято понимать такой процесс регулирования в радиочастотном усилителе, при котором уровень подводимого к детектору высокочастотного сигнала (выходной сигнал) не меняется или меняется в весьма небольших пределах по амплитуде при изменении уровня сигнала на входе в сотни, тысячи и даже в десятки тысяч раз, причем предполагается, что в процессе такого регулирования все остальные параметры радиочастотного сигнала (частота, форма кривой, фаза) и параметры радиоканала, пропускающего этот сигнал (форма и неравномерность частотной характеристики, избирательность, полоса пропускания и др.), остаются неизменными или меняются весьма незначительно, оставаясь в пределах норм, установленных на эти параметры.

Такое определение делает понятным отличие АРУ от обычных амплитудных ограничителей, которые неизбежно искажают форму проходящего через них сигнала.

Необходимость в системах АРУ обусловлена тем, что амплитуды сигналов разных принимаемых станций на входе любого приемника отличаются друг от друга на $3\div 4$ порядка (т. е. в тысячи и десятки тысяч раз).

Такое различие вызвано неодинаковыми мощностями передающих станций, их разным удалением от точки приема, значениями частот самих сигналов, размерами приемной антенны, условиями распространения радиоволн и еще множеством причин, поэтому устранить такое различие уровней сигналов на входе приемника невозможно ни теоретически, ни практически.

В то же время любой обычный усилитель вч или пч, не охваченный системой АРУ, имеет линейную амплитудную характеристику, не зависящую от уровня сигнала, вследствие чего уровень сигнала на его выходе прямо пропорционален уровню входного сигнала. Это, в свою очередь, значит, что радиосигналы на выходе такого усилителя будут различаться между собой на $3\div 4$ порядка, так же как и сигналы на входе радиоприемника.

Легко понять, что в этом случае приемник, принимающий без искажений сигналы мощных и близко расположенных радиостанций, будет не в состоянии принимать слабые сигналы маломощных и удаленных станций, а высокочувствительный приемник, рассчитанный на прием слабых сигналов, будет недопустимо искажать сигналы более мощных радиостанций.

Для того чтобы амплитуды сигналов на выходе усилителя при приеме любых радиостанций были одинаковыми (или, по крайней мере, одного порядка), необходимо автоматически и в широких пределах (на $3\div 4$ порядка) изменять коэффициент усиления усилителя в зависимости от величины напряжения на его входе.

Осуществить такое регулирование можно, если у усилительных элементов схемы (ламп или транзисторов) один или несколько параметров, определяющих коэффициент усиления (например, крутизна характеристики S или внутреннее сопротивление R_i), будет переменным, и если значения этих параметров будут автоматически изменяться от величины проходящего через усилитель сигнала.

На практике чаще всего в усилителях, охваченных действием системы АРУ, используют лампы с переменной крутизной харак-

теристики (типа «варимю»), у которых значение крутизны уменьшается при увеличении отрицательного напряжения на управляющей сетке.

Это позволяет довольно легко построить схему, в которой прошедший через усилитель $\nu\text{ч}$ сигнал детектируется, создавая на нагрузке детектора постоянное напряжение, пропорциональное по величине его амплитуде. Это постоянное напряжение через развязывающие цепочки подается на сетки регулируемых ламп — варимю — в виде напряжения смещения, изменяя коэффициент усиления этих ламп и осуществляя тем самым необходимое автоматическое регулирование.

По такому принципу осуществляются почти все системы АРУ в радиовещательных приемниках, хотя существующие схемы АРУ довольно разнообразны. Наиболее употребительны следующие системы АРУ:

- простая (неусиленная) АРУ с задержкой;
- усиленная АРУ с усилением по пч;
- усиленная АРУ с усилением по постоянному току;
- АРУ повышенной эффективности на одной лампе с двойным управлением;
- АРУ «вперед и назад».

Рассмотрим несколько типичных схем АРУ.

Простая АРУ с задержкой, наиболее распространена в широкополосных приемниках 2-го и более низких классов как на лампах, так и на транзисторах. Схемы этой группы отличаются предельной простотой, малым количеством деталей, не требуют настройки и регулировки, не считая установки порога ограничения, безотказны в работе. Единственный, хотя и существенный, недостаток подобных схем — невозможность получения пределов регулирования, необходимых для приемников 1-го и высшего классов и для связной профессиональной и полупрофессиональной аппаратуры.

На рис. 19 приведены две схемы этого типа для лампового и транзисторного приемников 3-го класса. Схемы просты и не требуют специального пояснения.

Усиленная АРУ, с усилением по промежуточной частоте применяется обычно в ламповых приемниках высшего и 1-го классов и обеспечивает постоянство уровня выходного сигнала в пределах 6 дБ при изменении сигналов на входе приемника на 60÷70 дБ.

На рис. 20 приведена одна из таких схем. Работает она следующим образом: сигнал промежуточной частоты с анода одной из ламп основного УПЧ через конденсатор C_1 подается на управляющую сетку лампы дополнительного усилителя пч (лампа 6К4П), в анодную цепь которого включен полосовой фильтр такого же типа, что и в основном канале УПЧ.

Вторичная обмотка ФПЧ нагружена на детектор АРУ, причем нагрузкой детектора служат соединенные последовательно резисторы R_4 , R_5 , R_8 , R_7 и R_6 . Резисторы R_4 и R_5 , кроме того, входят в катодную цепь лампы усилителя АРУ, при этом один из них R_4 — является для этой лампы источником напряжения автоматического смещения, а суммарное сопротивление резисторов R_4 и R_5 определяет начальное напряжение задержки АРУ.

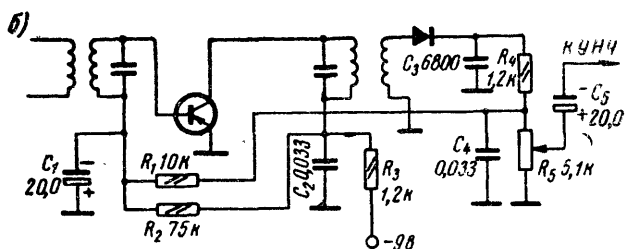
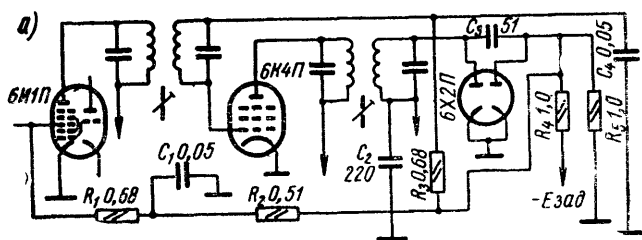


Рис. 19. Схемы простой АРУ с задержкой для приемников:

а) лампового; б) транзисторного

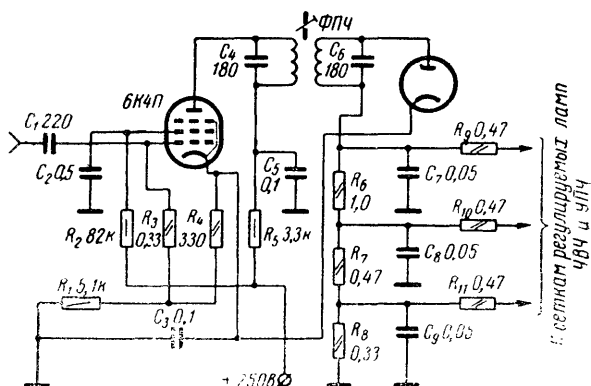


Рис. 20. Усиленная АРУ с дополнительным усилением по промежуточной частоте

Резисторы R_6 , R_7 и R_8 образуют делитель рабочего напряжения АРУ, с плеч которого снимаются управляющие напряжения на различные регулируемые каскады приемника.

Схема весьма гибка в регулировке и позволяет получить практически любые необходимые напряжения АРУ подбором величин резисторов R_4 — R_8 . При использовании в регулируемых каскадах ламп типа 6К4П (УВЧ и два УПЧ) схема обеспечивает стабильность выходного напряжения в пределах ± 3 дБ при изменении уровня сигнала на входе приемника на 66 дБ. При очевидных достоинствах схема лишена серьезных недостатков, если не считать некую ее сложность.

Усиленная АРУ с усилением по постоянному току преимущественно распространена в приемниках на транзисторах. На рис. 21 приведена схема такой АРУ с дополнительным уси-

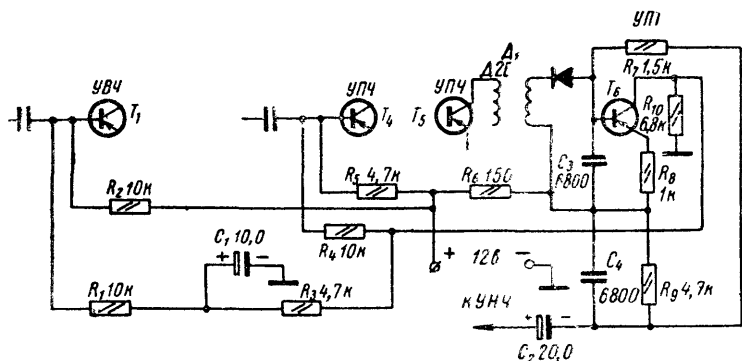


Рис. 21. Усиленная АРУ с дополнительным усилением по постоянному току

лителем постоянного тока на транзисторе T_6 . Низкочастотная составляющая протектированного сигнала через фильтр-делитель R_7 , R_9 , C_4 и разделительный конденсатор C_2 поступает на УНЧ, а его постоянная составляющая усиливается транзистором T_6 и подводится к базе транзистора T_4 УПЧ непосредственно и к базе транзистора T_1 УВЧ через фильтрующую цепочку R_3C_1 .

Схема обеспечивает изменение выходного сигнала не более чем на 6 дБ при изменении напряжения на входе приемника от 40 до 4000 мкВ (40 дБ).

На рис. 22 приведена еще одна схема усиленной АРУ с дополнительным усилением по постоянному току, использованная в промышленном профессиональном приемнике «КРУ». При охватывании системой АРУ двух каскадов (УВЧ и УПЧ) удается получить изменение сигнала на выходе, не превышающее 6 дБ при изменении входного сигнала на 60 дБ (1000 раз).

Схема работает следующим образом: при отсутствии сигнала транзистор усилителя постоянного тока (УИТ) заперт. При появлении сигнала транзистор открывается, и через сопротивление R_5

начинает протекать дополнительный ток транзистора УПТ. Поскольку потенциал базы транзистора T_4 не меняется (он определяется только напряжением батареи B), дополнительное падение напряжения в цепи эмиттера транзистора T_4 приводит к уменьшению тока

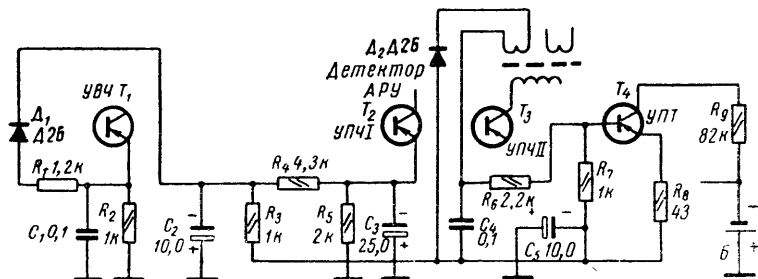


Рис. 22. Высокоэффективная усиленная АРУ для транзисторных приемников 1-го класса

через этот транзистор и, следовательно, к уменьшению усиления. При изменении тока через транзистор от 0,5 ма до нуля усиление первого каскада УПЧ изменяется в 30—40 раз. Значительная часть тока транзистора УПТ ответвляется в цепь эмиттера транзистора T_1 (УВЧ) через диод задержки D_1 , осуществляя АРУ в этом каскаде. Глубина регулирования этого каскада — около 50 раз по напряжению.

Эта схема может быть рекомендована для приемников 2 и 1-го классов с коротковолновыми диапазонами, поскольку она обладает достаточным быстродействием для борьбы с периодическими замираниями сигнала («федингом»).

АРУ повышенной эффективности на одной лампе целесообразно применять в малоламповых приемниках 3 и 4-го классов при желании повысить эффективность АРУ без существенного усложнения его схемы. В этом случае в каскаде УПЧ нужно заменить обычный пентод лампой с двухсеточным управлением. Это могут быть как специальные многосеточные частотопреобразовательные лампы типов 6Л7, 6А7, 6А2П, 6А3П и им подобные, так и обычные пентоды с выведенной отдельно противодинаatronной сеткой. Необходимо помнить только, что в последнем случае эффективность АРУ будет достаточной лишь при использовании пентодов с «удлиненной» характеристикой. Применение же пентодов с «короткой» характеристикой (например, 6Ж2П) не даст никакого выигрыша по сравнению с обычным пентодом «варимю» с односеточным управлением.

Схема такого типа приведена на рис. 23, из которого видно, что напряжение АРУ подается одновременно на две сетки. Эффективность схемы в 5—8 раз выше, чем у обычных схем с регулированием одной лампы. Единственный недостаток — необходимость применения вместо пентода более дорогой частотопреобразовательной лампы.

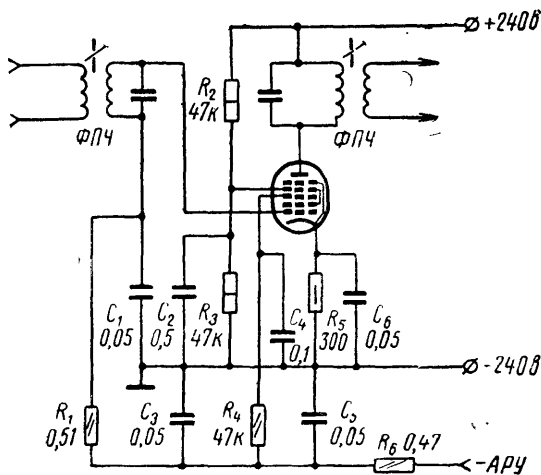


Рис. 23. АРУ повышенной эффективности без дополнительного усиления

АРУ «вперед и назад» является наиболее совершенной из всех возможных систем АРУ, обеспечивающей постоянство выходного напряжения практически при любых изменениях уровня сигнала на входе приемника.

Чтобы понять физический смысл термина «вперед и назад», нужно вспомнить, что все описанные выше системы АРУ начинают работать лишь тогда, когда повышается напряжение сигнала, подводимое к детектору АРУ, т. е., иными словами, для работы АРУ было необходимо изменение сигнала на выходе УПЧ, хотя системы АРУ вводились в приемник именно для борьбы с такими изменениями.

Это противоречие не может быть устранено никаким способом до тех пор, пока детектор АРУ находится на выходе УПЧ. В этих случаях сигнал регулирования всегда снимается на предыдущую часть схемы, т. е. назад.

Если же детектор АРУ поместить, скажем, между первым и вторым каскадами УПЧ и охватить регулированием как каскады до этого детектора, так и после него, то, очевидно, для части схемы, предшествующей детектору АРУ, сохранится в силе все, что относится к системам регулирования «назад», а вот для последнего каскада УПЧ будет иметь место одновременное воздействие усиленного сигнала пч и регулирующего напряжения АРУ.

Если характер изменения величины регулирующего напряжения АРУ будет соответствовать форме характеристики лампы последнего каскада УПЧ, то регулирование, в принципе, может быть и идеальным, т. е. коэффициент усиления лампы будет меняться прямо пропорционально величине подводимого сигнала пч, и величина выходного напряжения будет неизменной при любом входном сигнале (разумеется, в определенных пределах). А так как предыдущая часть схемы АРУ, работающая по принципу «назад», может обес-

печить стабильность сигнала на входе последнего каскада *УПЧ* в пределах $4 \div 6$ дБ на $40 \div 60$ дБ изменения сигнала в антенне, то вся схема в целом обычно обеспечивает изменение выходного сигнала не более чем на 2 дБ при изменении уровня сигнала на входе приемника до 80 дБ.

Схемы АРУ «вперед и назад» не содержат никаких специфических особенностей и отличаются от рассмотренных выше только местом включения детектора АРУ, поэтому здесь не будет приводиться отдельная схема для этого типа регулятора. Можно заметить, что применение подобных систем АРУ оправдано в сочетании со схемами усиленной АРУ и при охватывании регулированием не менее трех каскадов усиления, т. е., по существу, в приемниках высокого класса. Из промышленных отечественных приемников систему АРУ «вперед и назад» имел «Минск-55».

2.5. Автоподстройка частоты гетеродина (АПЧГ)

Автоподстройка частоты гетеродина (АПЧГ) в приемнике предназначена для компенсации в небольших пределах расстройки гетеродина (изменения его частоты), вызванной любыми причинами.

Иными словами, после точной ручной или моторной настройки на принимаемую станцию система АПЧГ автоматически поддерживает точную настройку на эту станцию даже в случае ухода собственной частоты местного гетеродина (например, из-за прогрева).

На рис. 24 приведена блок-схема наиболее типичной системы АПЧГ. В ней элементы 1, 2, 3, 5 и 6 являются обычными каскадами

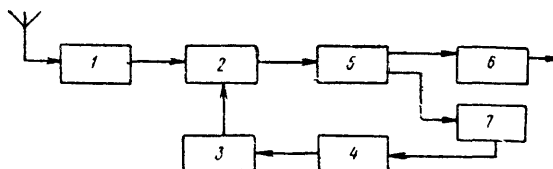


Рис. 24. Блок-схема типичной системы АПЧГ.
1 — входные цепи и УВЧ приемника; 2 — смеситель;
3 — отдельный гетеродин; 4 — реактивная лампа; 5 —
УПЧ приемника; 6 — детектор; 7 — дискриминатор системы АПЧГ

любого супергетеродина. Элемент 7 — обычный дискриминатор, напряжение на выходе которого равно нулю при точном значении средней промежуточной частоты и отличается от нуля по величине и знаку при уходе среднего значения промежуточной частоты в ту или иную сторону от номинального.

Напряжение с выхода дискриминатора подводится к так называемой реактивной лампе (элемент 4), режим которой подобран таким образом, что при изменении смещения на сетке резко меняется величина ее динамической емкости.

Реактивная лампа включена в схему приемника таким образом, что динамическая емкость входит в емкость контура гетеродина, поэтому изменение смещения на реактивной лампе приводит к изменению частоты гетеродина.

При начальной регулировке системы выбирают такое исходное смещение на сетке реактивной лампы, чтобы точной настройке на станцию при включенной системе АПЧГ соответствовал нуль напряжения на выходе дискриминатора.

Тогда при случайной расстройке гетеродина среднее значение пч отклонится от номинального, дискриминатор окажется расстроенным относительно этой новой промежуточной частоты, на его выходе появится постоянное напряжение, знак и величина которого будут соответствовать знаку и абсолютной величине расстройки гетеродина. Это напряжение, складываясь с начальным смещением реактивной лампы, изменит ее динамическую емкость, входящую в контур гетеродина, что повлечет за собой изменение частоты последнего.

Разумеется, полярность диодов дискриминатора выбирают такой, чтобы вырабатываемое ими постоянное напряжение изменяло частоту гетеродина в сторону, противодействующую произвольной расстройке.

Практические схемы АПЧГ не отличаются большим разнообразием. В качестве реактивной лампы может быть использован обычный высокочастотный пентод, пентод в триодном включении или, наконец, обычный нч триод; в качестве усилительной лампы пч, нагруженной на дискриминатор, — такой же вч пентод, что и в остальных каскадах УПЧ. Дискриминатор обычно собирают на полупроводниковых диодах, реже — на вакуумном двойном диоде. Реактивная лампа в подавляющем большинстве случаев работает как переменная емкость, хотя, в принципе, одинаково просто ее использование в режиме переменной индуктивности.

На рис. 25 приведена типичная схема АПЧГ, в которой пентод 6К4П является обычным услителем пч, пентодная часть лампы

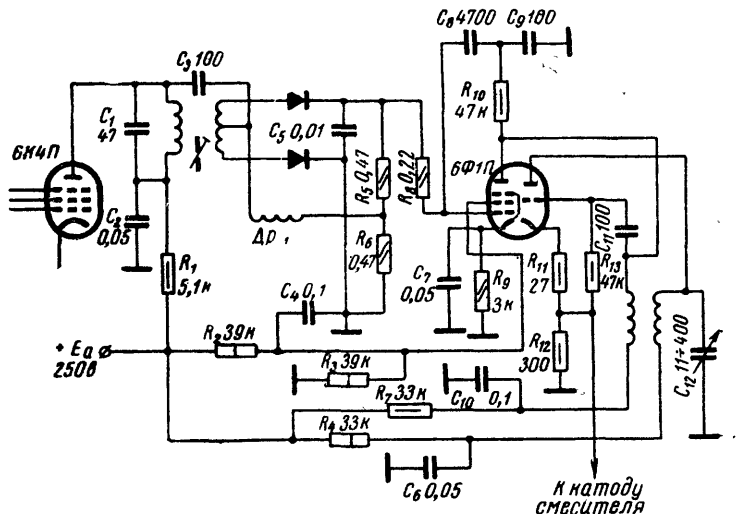


Рис. 25. Полная принципиальная схема системы АПЧГ на лампе 6Ф1П

6Ф1П работает как реактивная лампа, а триод — в качестве гетеродина.

При питании стабилизированным напряжением анодов и накала этих ламп и рациональном монтаже, исключающем значительный нагрев элементов контура гетеродина, стабильность генерируемых гетеродином колебаний даже на 13-метровом диапазоне обеспечивает так называемый «бесподстроечный» прием в течение многих часов непрерывной работы.

Здесь не будет описана работа этой схемы, так как ее принцип подробно изложен в начале этого параграфа.

Кроме усилительных ламп и транзисторов, в качестве реактивного элемента может быть использован и обычный полупроводниковый диод, однако схемы с диодом обладают по сравнению с ламповыми меньшим диапазоном регулировки (процентное отношение приращения частоты к ее абсолютному значению), поэтому такие схемы находят преимущественное распространение в телевизионных и укв приемниках. Одна из таких схем будет рассмотрена в разделе «Телевизоры».

Помимо рассмотренной чисто электрической системы АПЧГ встречаются и электромеханические системы, в которых напряжение ошибки с выхода дискриминатора после усиления используется для вращения электродвигателя, механически соединенного с осью блока переменных конденсаторов настройки. Однако такие системы всегда бывают совмещены с системой моторной настройки, поэтому электромеханическая система АПЧГ будет рассмотрена отдельно в разделе «Моторная настройка».

2.6. Электрические верньеры

Электрическими верньерами (ЭВ) называют регуляторы, позволяющие осуществлять ручную подстройку приемника в очень небольших пределах независимо от основного регулятора настройки и при любом его положении. ЭВ предназначены исключительно для повышения эксплуатационных удобств приемника, особенно на обзорных коротковолновых диапазонах. Свое название эти регуляторы получили потому, что их действие по функциональному результату сходно с действием механических регуляторов-замедлителей (верньеров), у которых один полный оборот ручки настройки изменяет угол поворота роторов блока переменных конденсаторов настройки на очень небольшой угол (порядка $1 \div 3^\circ$).

Электрические верньеры бывают или емкостными, или индуктивными. Емкостные ЭВ представляют собой переменный конденсатор без стопора (с круговым вращением), емкость которого изменяется в небольших пределах (от $3 \div 5$ до $15 \div 30$ пф). Этот конденсатор подключают параллельно гетеродинной секции блока переменных конденсаторов (независимо от обычного подстроечного триммера и помимо него), а его ось выводят на панель управления вместе с основной ручкой настройки.

Положение конденсатора ЭВ, соответствующее половине его максимальной емкости, помечается как нулевое (исходное), и первоначальная настройка приемника производится при этом нулевом положении ЭВ.

Перед любой перестройкой приемника основной ручкой настройки регулятор ЭВ нужно установить в нулевое положение, и лишь после грубой настройки основной ручкой на нужный участок диапазона точную настройку на станцию производить ручкой ЭВ.

Несоблюдение указанных правил может привести к некоторому рассогласованию преселектора, нарушению сопряжения входного и гетеродинного контуров и, как следствие, к снижению чувствительности приемника и ухудшению его избирательности.

Индуктивные ЭВ выполняют в виде небольшой катушки, состоящей из 1—2 витков, внутри которой может перемещаться сердечник из латуни или алюминия (сердечники из ферромагнитных пресс-порошков изменяют индуктивность слишком резко), причем катушка ЭВ включается последовательно с основной катушкой контура гетеродина и располагается рядом с ней.

С помощью механической системы передач сердечник катушки ЭВ может перемещаться в небольших пределах вдоль ее оси, изменяя ее индуктивность, чем и осуществляется подстройка приемника. На рис. 26 приведены схемы и варианты конструкций емкостного и индуктивного верньеров.

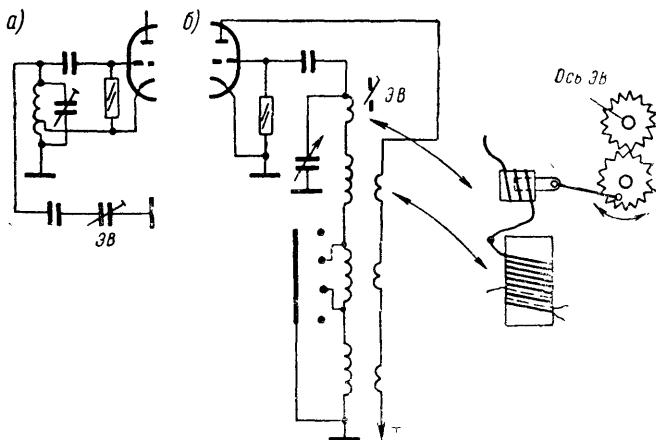


Рис. 26. Схемы электрических верньеров:

а) емкостного; б) схема и вариант конструкции индуктивного верньера

Обе схемы ЭВ равноценны по электрическим параметрам, поэтому предпочтение при выборе нужно отдавать той из них, которая конструктивно проще. На практике емкостные ЭВ чаще всего применяют в транзисторных приемниках с одним обзорным коротковолновым диапазоном, а индуктивные — в ламповых приемниках с несколькими полурастянутыми диапазонами, когда катушки контуров гетеродина всех кв диапазонов включены последовательно, хотя, разумеется, такое разделение вовсе не обязательно.

Очень интересным является открытое сравнительно недавно явление изменения емкости $p-n$ -перехода некоторых полупроводни-

ковых диодов (в частности, стабилитронов типов Д808 — Д813) при изменении величины приложенного к ним постоянного напряжения. Проведенные опыты показывают, что без труда можно сконструировать схему, в которой емкость стабилитрона будет меняться в пределах $100 \div 200 \text{ пф}$.

Если такое устройство подключить к емкостной цепи контура гетеродина через делитель, ограничивающий пределы изменения емкости стабилитрона, получится схема емкостного верньера, допускающего вынесение регулятора (в данном случае потенциометра, изменяющего постоянное напряжение на стабилитроне) на значительное расстояние от контура, что может быть с успехом использовано для дистанционной подстройки приемника.

На рис. 27 приведена схема ЭВ с использованием в качестве переменного конденсатора стабилитрона типа Д813.

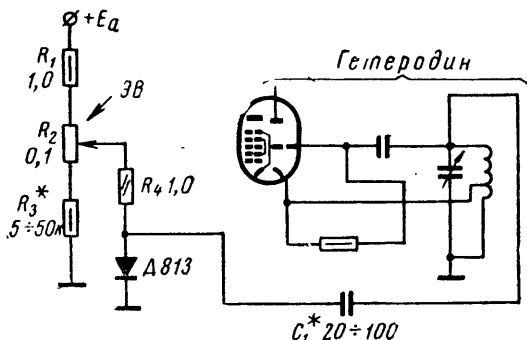


Рис. 27. Схема электронного верньера на стабилитроне

2.7. Автоматические подавители шумов и помех

Качество работы любого приемника в значительной мере зависит от условий приема, под которыми подразумевают напряженность поля в месте приема, уровень атмосферных и промышленных помех, время года и суток и т. п.

Среди условий приема наибольшее значение имеют всевозможные помехи, делающие в ряде случаев невозможным прием даже мощных местных станций, не говоря уже об отдаленных и маломощных.

Несмотря на многообразие видов помех, наиболее неприятными при приеме являются аperiodические импульсные помехи с большим уровнем, возникающие при атмосферных разрядах, замыкании и размыкании искрящих контактов, от систем автомобильного зажигания и других подобных электрических процессов.

И хотя время действия этих импульсов очень мало, их мешающий эффект значителен благодаря тому, что уровень помехи в десятки и сотни раз превосходит уровень полезного сигнала.

Импульсные помехи имеют исключительно широкий спектр, поэтому избавиться от их воздействия на приемник резонансным способом (применением фильтров, ограничителей полосы пропускания и т. п.) невозможно.

В то же время сравнительно нетрудно создать схему ограничителя амплитуды, в которой любая помеха, превосходящая по уровню некоторый порог ограничения, будет полностью подавляться (подрезаться).

Установив порог ограничения на уровне 100-процентной модуляции полезного сигнала, можно добиться того, что любая помеха не создаст на выходе детектора сигнала, превосходящего по уровню максимальный полезный сигнал.

Такие схемы получили название амплитудных ограничителей импульсных помех и применяются в профессиональных и широкоэвещательных приемниках высокого класса. Ниже будет рассмотрено несколько таких схем.

Схема на рис. 28 представляет собой простейший ограничитель, работающий следующим образом: ручкой потенциометра R_4 устанавливают некоторое начальное запирающее напряжение (порог ограничения) для диода D_2 . Поскольку это напряжение подано минусом на анод диода, он будет заперт до тех пор, пока положительное напряжение на его катоде не превысит величины отрицательного напряжения на аноде и, следовательно, в работе детектора и УНЧ эта часть схемы участвовать не будет.

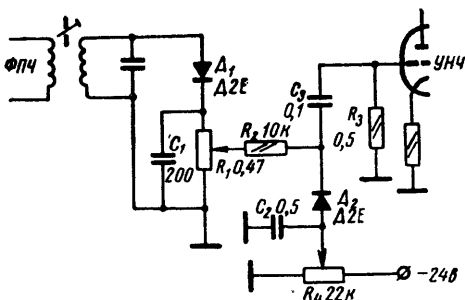


Рис. 28. Простейший ограничитель помех

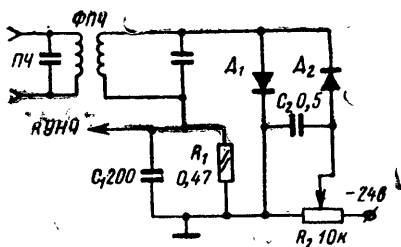


Рис. 29. Компенсационная схема ограничителя помех

Если же в приемник проникнет помеха, уровень которой превышает установленный порог ограничения, очевидно, что сигнал помехи создаст на нагрузке детектора (резистор R_1) постоянное напряжение, превышающее по абсолютной величине напряжение задержки, плюс которого будет через резистор R_2 приложен к катоду диода D_2 . При этом диод откроется, и выход детектора (или, что то же самое, вход УНЧ) окажется зашунтирован сопротивлением 10 ком резистора R_2 .

Другая схема импульсного ограничителя помех (рис. 29) работает по принципу вычитания сигнала помехи из общего протектированного сигнала и иногда называется «компенсационной». В этой схеме условия детектирования полезного сигнала и сигнала помехи при уровнях того и другого, не превышающих порога ограничения, одинаковы. Что же касается диода D_2 , то он может детектировать только напряжение импульсной помехи, так как при любом

напряжении на контуре детектора, не превышающем уровня порога ограничения, этот диод заперт постоянным напряжением задержки, действующим навстречу напряжению, снимаемому с контура. Оба диода включены так, что выпрямленные ими напряжения на резисторе R_1 вычитаются, а это приводит к тому, что напряжение на выходе схемы при любых обстоятельствах оказывается не больше максимальной величины полезного сигнала.

В этой схеме так же, как и в предыдущей, порог ограничения может регулировать оператор потенциометром R_2 в зависимости от условий приема и уровня помех.

Помимо рассмотренных схем, работающих по принципу амплитудных ограничителей помехи, существуют схемы, отключающие (или запирающие) приемник полностью на время действия импульсной помехи.

В отличие от рассмотренных выше ограничителей, в этих схемах помеха, даже «подрезанная», вообще не может проникнуть в последующую часть схемы, однако в течение этого времени на выходе схемы отсутствует наряду с помехой и полезный сигнал. В этом, как видно, состоит и достоинство и недостаток схем такого типа.

Тем не менее на практике нередко встречаются случаи, когда кратковременное отсутствие сигнала на выходе детектора предпочтительнее наличия в этом сигнале помехи. Для этих случаев можно рекомендовать схему подавителя помех, приведенную на рис. 30.

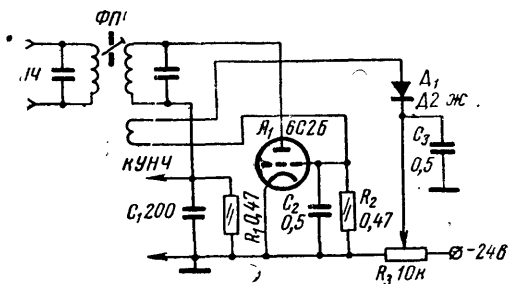


Рис. 30. Схема подавителя помех с запирающим детектора

Здесь триод (участок анод—катод) выполняет функции обычного детектора сигнала, а диод D_1 выпрямляет лишь те сигналы, уровень которых превышает напряжение задержки, т. е., по существу, является только детектором помехи.

При отсутствии помехи напряжение на резисторе R_2 равно нулю, а следовательно, равно нулю и напряжение на сетке триода по отношению к его катоду, т. е. триод работает как «чистый» диод в схеме детектора полезного сигнала.

При наличии импульса помехи, превышающего уровень задержки, диод D_1 открывается, на резисторе нагрузки в его цепи появляется постоянное напряжение, равное по величине амплитуде помехи, минус которого приложен к сетке триода, триод запирается,

и детектирование сигнала прекращается до тех пор, пока конденсатор C_3 , заряженный импульсом помехи, не разрядится до напряжения, равного уровню задержки. Лишь после этого триод откроется, и процесс нормального детектирования возобновится.

Эта схема может быть незначительно изменена таким образом, чтобы выработанное детектором помехи постоянное напряжение запирало ни детектор сигнала, а лампу первого каскада *УНЧ*. Однако запирание лампы *УНЧ* приводит к возможности появления больших нелинейных искажений при больших уровнях помехи, поэтому чаще рекомендуется схема рис. 30, хотя она и требует применения в детекторе триода вместо диода.

2.8. Системы «бесшумной» настройки

Рассмотренные в предыдущем параграфе схемы позволяют более или менее успешно бороться с помехами, носящими импульсный характер и мешающими нормальному приему, когда приемник уже настроен на нужную станцию. Однако наряду с интенсивными импульсными помехами в приемной антенне любого приемника всегда индуцируются эдс огромного количества помех другого рода, объединяемых общим названием «шумы».

В понятие «шумы» обычно включаются все виды флуктуационных помех, «тихие» атмосферные разряды (т. е. разряды, не сопровождающиеся искровым пробоем воздуха), космические и галактические радиопомехи, ионизационные процессы и много, много других.

Все эти помехи создают на входе приемника постоянный «белый шум» с очень широким спектром, но, в отличие от импульсных помех, с уровнем, много меньшим, чем уровень полезного сигнала большинства принимаемых станций.

Это обстоятельство приводит к тому, что эти шумы бывают отчетливо слышны лишь тогда, когда приемник не настроен ни на одну из станций. В этом случае полезный сигнал на детекторе отсутствует, АРУ не вырабатывает сигнала управления, коэффициент усиления управляемых ламп становится максимальным, чувствительность приемника возрастает до предельной, и он начинает эффективно принимать все виды шумов. При этом если приемник достаточно чувствительный (1 или 2-го класса), то уровень шумов на его выходе бывает сравним с уровнем полезного сигнала при приеме станций.

Однако, как указывалось выше, описанный процесс происходит лишь тогда, когда приемник не настроен на достаточно мощную станцию. При настройке на станцию ее сигнал, в несколько раз превышающий уровень белого шума, создаст на детекторе АРУ заметное управляющее напряжение, система АРУ соответственно уменьшит чувствительность приемника, и уровень шумов также понизится в несколько раз. Практически сигналы станций, создающих в антенне приемника эдс порядка $50 \div 100$ мкв, полностью «подавляют» белый шум.

Таким образом, наличие шумов на входе приемника не создает помех нормальному приему, однако процесс перестройки и поиска станций обычно сопровождается весьма неприятными шумами, трес-

ками и шорохами, уровень которых порой бывает довольно значительным.

Это привело к созданию специальных систем, выключающих (запирающих) низкочастотную часть приемника на время перестройки и вновь включающих ее только после настройки на очередную, достаточно мощную, станцию.

Такие системы получили общее название «системы бесшумной настройки» (СБН) и нередко применяются в промышленных приемниках высокого класса. Имеются такие системы и в отечественных радиовещательных приемниках («Мир», «Беларусь-53», «Ленинград-Л-50» и др.).

Поскольку почти все СБН работают по одному принципу, можно рассмотреть одну, наиболее типичную схему (рис. 31). В ней лам-

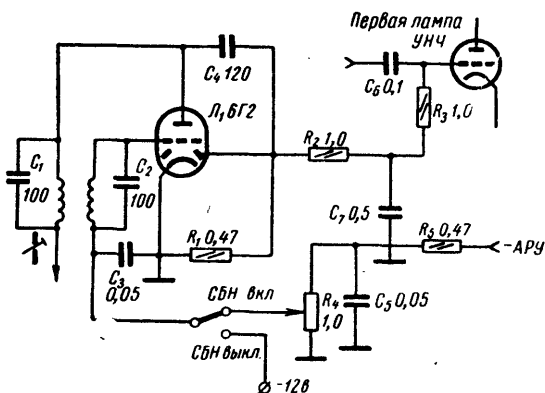


Рис. 31. Схема «бесшумной» настройки

па L_1 представляет собой обычный вч генератор, причем как тип генератора, так и частота, на которой он работает, не имеют принципиального значения. Важными являются следующие требования, предъявляемые к схеме:

1. Амплитуда вч сигнала на детекторе СБН должна быть возможно больше (порядка десятков вольт).

2. Генератор должен легко управляться постоянным напряжением на сетке, причем в идеальном случае должны быть возможны лишь два состояния: генерация сорвана (лампа заперта) или генератор работает, генерируя вч сигнал номинальной амплитуды.

3. Перепад постоянных управляющих напряжений на сетке генератора при срыве и возникновении генерации должен быть минимальным и не превышать $1 \div 2$ в.

4. Инерционность генератора должна быть достаточно малой, чтобы полное время установления запирающего напряжения на выходе схемы после исчезновения управляющего сигнала на сетке генератора СБН не превышало $50 \div 100$ мсек.

Когда приемник настроен на достаточно мощную станцию, напряжение АРУ через фильтр $R_5 C_5$ подводится к сетке генераторной

лампы и запирает ее, срывая генерацию. В этом случае напряжение на нагрузке детектора СБН равно нулю, первая лампа *УНЧ* открыта и пропускает полезный сигнал.

При перестройке приемника, как только исчезнет сигнал принимавшейся до этого станции, исчезнет и напряжение АРУ, лампа генератора СБН отойдет, возникнет генерация, вч сигнал, продетектированный детектором СБН, создаст на конденсаторе C_7 большое постоянное напряжение, которое надежно «запрет» первый каскад *УНЧ*, препятствуя прохождению через нч тракт шумовых помех.

Лампа 1-го каскада *УНЧ* откроется вновь лишь после того, как приемник будет настроен на следующую станцию, уровень сигнала которой окажется достаточным для выработки такого напряжения АРУ, которое сорвет генерацию лампы СБН.

Обычно наряду с автоматическим управлением лампой СБН в приемнике предусматривается и ручное управление, назначение которого установить порог срабатывания системы СБН, т. е. тот минимальный уровень полезного сигнала, который будет в состоянии «открыть» нч тракт приемника. Совершенно очевидно, что станции, уровень сигнала которых ниже этого порога, не будут приниматься приемником. Именно поэтому ручной регулятор порога срабатывания СБН необходим, чтобы иметь возможность изменять этот порог в зависимости от условий приема. Очень часто этот регулятор бывает спарен с выключателем, отключающим СБН.

Было указано, что принципиально частота генератора СБН не имеет значения, однако во всех случаях выбор ее должен быть связан с условием создания минимальных помех приему как на данном, так и на окружающих, соседних, приемниках.

Именно поэтому обычно генератор СБН имеет частоту порядка $80 \div 120$ кГц, т. е. ниже длинноволнового вещательного диапазона, или $2 \div 3$ МГц, т. е. в промежутке между средне- и коротковолновыми диапазонами.

2.9. Системы моторной настройки

Моторная настройка (МН) представляет собой электромеханическую систему, сводящую процесс перестройки приемника со станции на станцию и выбор станции по всему диапазону к простому нажатию кнопки управления двигателем системы.

Моторная настройка применяется либо в наиболее дорогих моделях вещательных приемников высокого класса, где ее назначение—создание комфорта при пользовании приемником, либо в профессиональной аппаратуре, где необходимо дистанционное (на расстоянии) управление настройкой приемника.

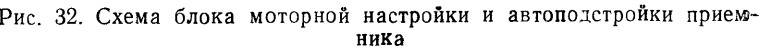
Принцип моторной настройки чрезвычайно прост. Ось блока переменных конденсаторов настройки с помощью редуктора соединена с осью электродвигателя, направление вращения которого в общем случае зависит от полярности или фазы приложенного к нему напряжения.

С помощью двух кнопок, коммутирующих обмотки электродвигателя, можно осуществить правое или левое вращение его оси. Чтобы в крайних положениях блока конденсаторов двигатель не

На практике, однако, система МН оказывается, как правило, намного сложнее. Это объясняется тем, что из-за неизбежной инерционности двигателя бывает почти невозможно остановить систему точно при настройке на нужную станцию, что влечет за собой необходимость либо ручной подстройки приемника (первый способ), либо введения в систему МН еще и автоматической подстройки частоты гетеродина (второй способ). Первый способ, по существу, сводит на нет все преимущества МН, поэтому обычно используют второй способ.

Для облегчения понимания принципа работы схема на рис. 32 несколько упрощена путем исключения элементов, не имеющих прямого отношения непосредственно к механизму МН и АПЧГ; упрощенно показана и система коммутации.

REMARKS: 0117



Одновременно на эту сетку через цепочку R_2C_2 и замкнутые пары контактов 11—10 и 8—7 подводится напряжение с частотой 50 гц и определенной фазой от секции IIIa обмотки силового трансформатора (Tr_1).

Вследствие одновременного воздействия этих двух сигналов и соответствующего выбора рабочей точки лампы в ее анодной цепи напряжение пч оказывается промодулированным, помимо основной низкочастотной составляющей принимаемого сигнала, еще и напряжением с частотой 50 гц.

Однако при точной настройке приемника на станцию, когда фактическое значение пч точно соответствует частоте настройки контуров дискриминатора, модулирующее напряжение на его нагрузке будет отсутствовать, а следовательно, не будет никакого переменного напряжения и на сетке лампы L_2 (6П14П), анодный ток лампы не будет содержать переменной составляющей, и двигатель ЭД, одна из обмоток которого (управляющая) включена в анодную цепь лампы L_2 , останется неподвижным.

Пусть теперь частота гетеродина по какой-либо причине несколько отклонится от своего номинального значения. В этом случае дискриминатор окажется расстроенным относительно нового, фактического значения пч, на его выходе появится напряжение ошибки с частотой 50 гц, причем его величина будет пропорциональна абсолютной величине расстройки гетеродина, а фаза—зависеть от направления расстройки, т. е. от того, понизилась или повысилась частота гетеродина.

Это напряжение ошибки через конденсатор C_{12} попадет на сетку лампы L_2 , усилится и окажется приложенным к управляющей обмотке двигателя ЭД, ось которого через редуктор соединена с осью блока переменных конденсаторов настройки.

Очевидно, что двигатель начнет вращаться, причем направление его вращения будет определяться фазами напряжений на его обмотках. Фаза на обмотке I будет всегда неизменной, а на обмотке II, как легко видеть, будет зависеть от знака расстройки гетеродина.

А это значит, что если при сборке приемника правильно выбрать фазу модулирующего напряжения на обмотке IIIa, то система АПЧГ будет всегда противодействовать произвольной расстройке гетеродина и удерживать приемник в положении точной настройки на любой станции.

Так осуществляется в этой системе автоподстройка частоты гетеродина. Можно проследить теперь, что произойдет при нажатии любой из клавиш моторной настройки (допустим, вправо). Если на время отвлечься от действия системы АПЧГ и не обращать внимания на сигнал, который вырабатывает эта система при попытке расстроить приемник (т. е. при начале перестройки со станции на станцию), то легко видеть, что в этом случае на сетку лампы L_2 независимо от системы АПЧГ через конденсатор C_{11} и замкнувшиеся при нажатии клавиши контакты 5—6 поступит напряжение с частотой 50 гц от секции IIb обмотки силового трансформатора Tr_1 , причем фаза напряжения на этой обмотке выбирается такой, чтобы двигатель вращался вправо.

При нажатии вместо клавиши *Вправо* клавиши *Влево* напряжение на сетку лампы L_2 будет поступать уже через контакты 2—3 от секции IIa, напряжение на которой, как видно из схемы, про-

тивофазно напряжению на секции IIб, вследствие чего двигатель начнет вращаться влево.

Клавиша МН конструктивно выполнена так, что одновременное замыкание правой и левой групп контактов исключается, а в редукторе двигателя предусмотрен фрикцион, позволяющий двигателю продолжать вращаться, если ротор блока переменных конденсаторов повернулся до упора, а оператор еще не отпустил кнопку системы МН.

Так осуществляется моторная настройка, если не учитывать сигнала ошибки, который вырабатывает система АПЧГ. Если же этот сигнал учитывать, то легко увидеть, что при попытке расстроить приемник кнопкой МН, допустим вправо, система АПЧГ немедленно выработает сигнал ошибки, который будет противодействовать расстройке приемника, т. е. будет стремиться повернуть двигатель влево.

Такое противоречие будет существовать всегда при попытке расстроить приемник в любую сторону, если не принять специальных мер. Самой простой мерой является замыкание (шунтирование) или отключение выхода дискриминатора при нажатии любой из клавиш МН. Такая система, например, использована в отечественных приемниках «Фестиваль» и «Симфония». Однако в рассматриваемой схеме использован другой принцип, позволяющий использовать сигнал ошибки системы АПЧГ и при работе МН.

Как было указано, при отпущенной клавише МН напряжение с частотой 50 гц на сетку лампы L_1 снимается с секции IIIа обмотки силового трансформатора, фаза которой выбрана так, чтобы система АПЧГ противодействовала произвольной расстройке приемника. Если теперь внимательно проследить эту цепь по схеме, то легко видеть, что при нажатии клавиши МН *Влево* напряжение на сетку лампы L_1 будет поступать через замкнутые контакты 11—10 и 8—9 уже с секции IIIб, а при нажатии клавиши *Вправо* — через замкнутые контакты 11—12, но также с секции IIIб.

Однако, как видно из схемы, напряжение на секции IIIб противофазно напряжению на секции IIIа, а это значит, что если при отпущенной клавише МН система АПЧГ противодействовала расстройке приемника, то при нажатии этой клавиши в любую сторону (вправо или влево) система АПЧГ вырабатывает сигнал противоположного знака, т. е. ускорит расстройку приемника, как бы «поможет» системе МН «стронуть» приемник с принимаемой станции.

Таким образом в этой схеме осуществляется так называемый «ускоренный старт» системы МН. В дальнейшем, по мере ухода от принимаемой станции, сигнал ошибки системы АПЧГ будет ослабевать и, наконец, исчезнет совсем, и дальнейшее вращение двигателя будет определяться только напряжением от системы МН.

Когда при дальнейшем вращении двигателя приемник начнет «настраиваться» на следующую станцию, по мере приближения к точной настройке на эту новую станцию система АПЧГ вновь начнет вырабатывать сигнал ошибки, однако, в силу того, что при нажатой клавише МН система АПЧГ стремится воспрепятствовать точной настройке, то окажется, что обе системы (АПЧГ и МН) опять противодействуют, так как одна из них (например, МН) вращает двигатель вправо, в сторону настройки на новую станцию, а другая (АПЧГ) стремится не допустить точной настройки и вырабатывает сигнал, соответствующий вращению двигателя влево.

Поскольку вначале, при отдаленной настройке, сигнал МН по величине больше, чем сигнал АПЧГ, система продолжает настраиваться на новую станцию, однако по мере приближения к точной настройке сигнал АПЧГ увеличивается, а так как эти сигналы противофазны и взаимно вычитаются, то вращение двигателя замедляется и при достаточно сильном сигнале станции может даже прекратиться совсем.

Если теперь в момент замедления или остановки двигателя отпустить клавишу МН, то фаза напряжения на сетке лампы L_1 снова изменится на обратную и система АПЧГ осуществит точную подстройку на новую станцию.

При следующем нажатии на кнопку МН (в любую сторону) процесс повторится вновь, и приемник снова «рывком» уйдет уже с новой станцией в поисках третьей и т. д.

Описанная система, помимо очевидных эксплуатационных достоинств, имеет, как, впрочем, и любая электромеханическая система, весьма существенный недостаток. Он состоит в том, что система АПЧГ здесь хорошо работает лишь при больших расстройках или при приеме очень мощных станций, когда напряжение ошибки на выходе дискриминатора существенно отличается от нуля.

Однако по мере вращения двигателя в сторону точной настройки управляющее напряжение уменьшается, а соответственно уменьшается и напряжение на двигателе, снижается скорость его вращения и возрастает тормозящий момент сил трения как в самом двигателе, так и в редукторе, в системе передачи, в блоке переменных конденсаторов и в стрелочно-шкальном механизме.

А так как в процессе приближения к точной настройке движущая сила постоянно убывает, стремясь к нулю, а силы трения, напротив, возрастают, то в какой-то момент эти силы уравниваются и двигатель останавливается, не дойдя до положения точной настройки.

Чтобы предельно уменьшить эту неизбежную ошибку, применяют различные меры. В данной схеме для питания анодной цепи лампы L_2 используют нефильтованное выпрямленное напряжение, содержащее переменную составляющую с частотой 100 гц (рис. 32, точка «А»). Эта переменная составляющая заставляет постоянно вибрировать ротор двигателя, что значительно снижает момент трения покоя и соответственно повышает точность настройки при работе системы АПЧГ.

Наряду с рассмотренным типом системы МН, совмещенной с АПЧГ, существуют и другие, более простые системы, однако они значительно меньше распространены, поэтому здесь их не рассматривают. В то же время существуют и более сложные системы, однако в них, как правило, за основу принята описанная система с различного рода добавлениями.

Так, например, в приемнике «Saba Automatik» клавиша МН имеет две степени нажатия. При относительно слабом нажатии в любую сторону система МН работает точно так же, как и описанная выше, а при более сильном нажатии на эту же клавишу система АПЧГ отключается совсем, и двигатель вращает блок переменных конденсаторов ускоренно, без замедления у промежуточных станций, до тех пор, пока оператор не перестроит приемник на выбранную станцию или стрелка указателя не дойдет до конца шкалы.

Существуют также различные блокировочные устройства при

перестройке до конца шкалы, системы, совмещенные с запирающим унч приемника в процессе перестройки, и т. п.

2.10. Системы моторного переключения диапазонов

Моторное переключение диапазонов (МПД) целесообразно использовать только в многодиапазонных приемниках высшего класса, в аппаратах с дистанционным управлением, а также при необходимости одновременного переключения диапазонов в нескольких приемниках (например, при так называемом «разнесенном» приеме на два или три автономных магистральных приемника).

Применение отдельной системы МПД в вещательных приемниках 1-го и более низких классов нецелесообразно ни экономически, ни эксплуатационно, так как наиболее логично сочетать МПД с другими системами автоматического регулирования (МН, АПЧГ, СБН и др.) и дистанционным управлением.

При МПД наиболее часто применяют систему «барабанного» типа, при которой все контуры одного диапазона располагаются на одной планке, на внешней стороне которой на строго фиксированных расстояниях друг от друга и по одной прямой расположены посеребренные выводные контакты для всех выводов катушек.

Эти планки, в свою очередь, располагаются рядом друг с другом на специальном барабане по его окружности, а на кронштейне барабана размещены выводные токосъемные контакты. Фиксатор барабана устроен таким образом, что при повороте его оси на некоторый угол он автоматически фиксируется только в таких положениях, при которых выводные контакты одной из диапазонных планок точно совпадают с пружинными токосъемными контактами.

При такой системе все элементы схемы преселектора постоянно соединены только с токосъемными контактами, а выводы катушек любого из поддиапазонов подключаются к ним лишь при повороте барабана на определенный угол (в нужное положение). Все остальные катушки других поддиапазонов в это время от схемы полностью отключены.

При МПД элементы управления системой (кнопки, клавиши и т. п.) оказываются полностью разгруженными от непосредственного переключения ламелей, контактных групп, ползунков и обычно коммутируют всего одну пару контактов, включающих и выключающих электродвигатель. Это позволяет сделать переключатель очень компактным, а усилия, прилагаемые к клавишам переключателя, — минимальными.

Системы электрической коммутации двигателя при произвольной последовательности включения диапазонов могут быть самыми разнообразными, однако чаще всего на ось барабана насаживается специальный контактный селектор, вращающийся вместе с барабаном и осуществляющий включение и выключение двигателя МПД в заданных положениях.

В качестве примера рассматривается система МПД на семь диапазонов, использованная в отечественном приемнике «Фестиваль» (рис. 33). Схема довольно проста и не требует подробных разъяснений.

В исходном состоянии, когда ни одна кнопка не нажата, двигатель обесточен независимо от того, в каком положении (на каком

диапазоне) находится барабан переключателя. Для включения двигателя необходимо, чтобы на его управляющую обмотку было подано переменное напряжение, причем от фазы этого напряжения будет зависеть направление вращения двигателя.

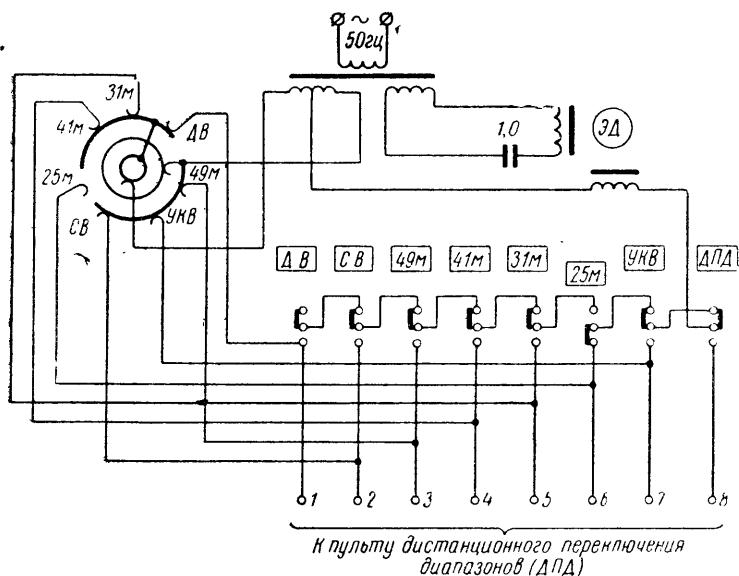


Рис. 33. Схема блока моторного переключения диапазонов приемника «Фестиваль»

Селектор МПД имеет два изолированных полукольца с зазорами между ними. Полукольца постоянно соединены с противофазными концами обмотки силового трансформатора, питающей управляющую обмотку электродвигателя, и, кроме того, касаются пружинных скользящих контактов, соединенных с клавишным переключателем диапазонов (т. е. с органом управления системы МПД).

Через эти контакты замыкается цепь питания управляющей обмотки электродвигателя. При замыкании какого-нибудь контакта клавишным переключателем двигатель начинает вращать барабан переключателя диапазонов вместе с диском селектора до тех пор, пока соответствующий данному диапазону скользящий контакт не сойдет с полукольца и попадет в зазор. При этом двигатель обесточивается, а фиксатор барабана, о котором упоминалось выше, обеспечивает точное совпадение контактных групп катушек данного диапазона и токосъемных ламелей переключателя.

Направление вращения двигателя будет зависеть в каждом случае от того, к какой из половин обмотки силового трансформатора подключена управляющая обмотка двигателя. Поскольку один из диапазонов всегда включен, его контакт находится в зазоре между

полукольцами, а контакты остальных шести диапазонов равномерно распределены по обоим полукольцам (по три контакта на каждом полукольце). Это значит, что при нажатии клавиши любого диапазона его включение произойдет при повороте барабана на угол, не превышающий 180° , т. е. эта система обеспечивает наикратчайший путь переключения барабана.

Описанная система хороша еще и тем, что позволяет очень легко дублировать пульт управления МПД, т. е. подключать к приемнику, помимо основного переключателя, и выносной для дистанционного управления приемником. Для этого, помимо имеющихся последовательно включенных контактных групп пульта управления, на нем предусматривают дополнительную группу, включенную также последовательно с основными и коммутируемую дополнительной клавишей ДПД (дистанционное переключение диапазонов).

При нажатии этой клавиши вместо основного коммутатора включается полностью аналогичный пульт ДУ (дистанционного управления), который может быть отнесен на значительное расстояние от приемника.

Наконец, еще одним из достоинств этой схемы является наличие блокировки, исключающей поломку механизма при одновременном нажатии нескольких клавиш сразу. Так как все контактные группы включены последовательно, то при одновременном нажатии нескольких клавиш будет включаться диапазон, соответствующий нажатой клавише, расположенной на схеме справа.

К недостаткам системы можно отнести только ее сложность и достаточно высокую стоимость.

2.11. Дистанционное управление приемником

Дистанционное управление (ДУ) приемником представляет собой систему, позволяющую ряд регулировок приемника производить не на самом приемнике, а на некотором удалении от него с помощью специального пульта ДУ, на котором расположены органы управления соответствующими регуляторами.

В частных случаях на самом приемнике могут и отсутствовать регулировки, осуществляемые дистанционно, однако в подавляющем большинстве случаев пульт ДУ лишь дублирует основные регулировки приемника, причем чаще всего не все, а только некоторые из них.

Здесь будут анализироваться только те системы ДУ, которые широко распространены в вещательной и специальной радиоаппаратуре. К ним, в первую очередь, следует отнести дистанционное переключение диапазонов, дистанционную настройку приемника, дистанционную регулировку громкости и дистанционное включение и выключение приемника.

Дистанционное управление телевизорами и магнитофонами будет рассмотрено в последующих главах.

Принципиально любая из указанных дистанционных регулировок может быть осуществлена с помощью кабельной системы связи между приемником и пультом ДУ или с помощью беспроводной связи.

Первый способ выгоднее экономически, значительно надежнее и, по существу, не ограничивает количества регулировок, осуществ-

вляемых дистанционно, однако наличие постоянно включенного многожильного кабеля между приемником и пультом делает систему ДУ немобильной и неудобной для бытовых радиоприемников.

Второй способ так называемого беспроводного ДУ может быть реализован с помощью радиочастотного, ультразвукового или светового передатчика на некоторое количество фиксированных команд, когда передатчик расположен на полностью автономном пульте ДУ, а приемник, дешифратор и исполнитель команд — в самом управляемом радиоприемнике.

Однако все без исключения системы второго типа настолько сложны, что представляют собой устройства, порой не менее сложные, чем сам управляемый приемник. Этот факт ограничивает применение беспроводных систем ДУ лишь некоторыми магистральными профессиональными приемниками, а также наиболее дорогими моделями телевизионных приемников. В связи с этим здесь будут рассмотрены только типичные проводные (кабельные) системы ДУ.

Дистанционное переключение диапазонов (ДПД). Любая система ДПД обычно базируется на имеющемся в приемнике моторном переключении диапазонов (МПД) и представляет собой дублирование этой системы с некоторого расстояния.

Поскольку в предыдущем параграфе была подробно рассмотрена система МПД радиоприемника «Фестиваль», целесообразно рассмотреть и систему ДПД этого же приемника. Для удобства рассмотрения схема ДПД на рис. 34 имеет ту же нумерацию выводов, что и схема МПД на рис. 33.

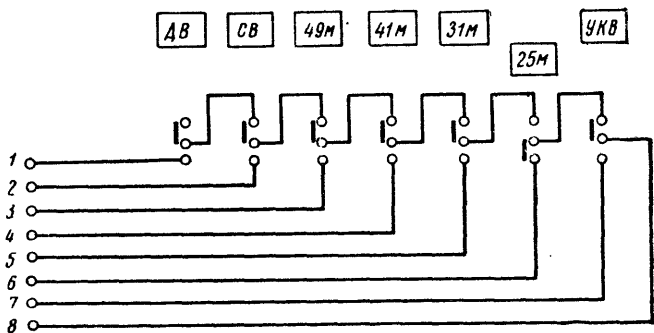


Рис. 34. Дистанционное управление схемой (рис. 33) моторного переключения диапазонов

Из сопоставления этих схем видно, что при отпущенной клавише ДПД на основном переключателе диапазонов приемника цель контакта 8 соединительного кабеля будет разорвана, и переключение диапазонов может осуществляться только на самом приемнике. При нажатии на клавишу ДПД, напротив, отключенным окажется основной переключатель диапазонов, и управление двигателем системы МПД будет возможно лишь с пульта ДУ.

Эта система ДПД обладает теми же достоинствами и недостатками, что и основная система МПД.

Дистанционная настройка приемника (ДН) обычно также базируется на уже имеющейся в приемнике системе моторной настройки (МН), однако возможны и такие схемы ДН, которые не связаны с МН и могут существовать независимо от наличия или отсутствия в приемнике системы МН. Здесь рассматриваются обе такие системы.

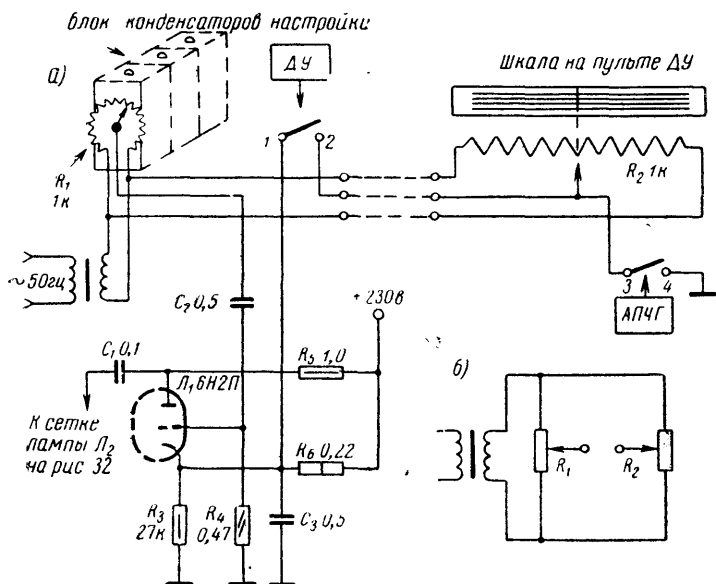


Рис. 35. Блок непосредственной и дистанционной моторной настройки приемника:

а) принципиальная схема блока; б) схема моста, поясняющая принцип действия системы

Дистанционная настройка, базирующаяся на моторной настройке приемника, представляет собой обычно балансную систему, имеющую на выходе нулевой сигнал при точной настройке и вырабатывающую напряжение рассогласования соответствующей величины и знака при вращении ручки регулятора ДН в любую сторону.

Это напряжение рассогласования подается на управляемую лампу системы МН и заставляет вращаться двигатель блока переменных конденсаторов настройки до тех пор, пока напряжение рассогласования не станет равно нулю.

Для уяснения принципа действия такого типа ДН рассматривается конкретная схема (рис. 35а). Резисторы R_1 и R_2 — одинаковые проволочные потенциометры: первый (круглый) — неподвижно укреплен на станине блока переменных конденсаторов, а его движок соединен с осью блока и вращается вместе с блоком; второй

выполнен в виде длинной полоски, длина которой соответствует длине шкалы на пульте ДУ и движок которого соединен одновременно со стрелкой-указателем и ручкой настройки системы ДН.

Концы обоих потенциометров соединены параллельно и подключены к специальной 12-вольтовой обмотке силового трансформатора. Совершенно очевидно, что если движки обоих потенциометров находятся в одинаковых положениях, например точно посередине, то напряжение между ними равно нулю (рис. 35б). Если теперь передвинуть движок потенциометра R_2 в любую сторону от этого положения равновесия, то между движками R_1 и R_2 появится переменное напряжение с частотой 50 гц, причем его величина будет пропорциональна углу отклонения, а фаза определяется направлением поворота движка R_2 . Ясно также, что вращая после этого движок потенциометра R_1 , всегда можно найти такое его положение, при котором баланс будет восстановлен, т. е. напряжение между движками потенциометров вновь станет равно нулю. Этот принцип и использован в данной системе ДН.

Когда кнопка ДУ на основном пульте управления отпущена (контакты 1—2 разомкнуты), то пульт ДН фактически отключен, а лампа L_1 заперта, поскольку напряжение на ее сетке равно нулю, а на катode составляет +30 в. В этом случае система ДН не влияет на работу приемника.

При нажатии на кнопку ДУ на основном пульте поведение системы ДН будет зависеть от того, включена или выключена на пульте ДУ кнопка АПЧГ. Если АПЧГ выключена (контакты 3—4 замкнуты), то движок потенциометра R_2 и вместе с ним катод лампы L_1 окажутся заземлены, а движок потенциометра R_1 через конденсатор C_2 подключен к сетке лампы L_1 . Поскольку катод лампы оказался заземлен, лампа отойдет.

Если к этому моменту движки потенциометров R_1 и R_2 находятся в таких взаимных положениях, что переменное напряжение между ними равно нулю, то не будет напряжения и на сетке лампы L_1 и вся система останется неподвижной.

Если же теперь повернуть ручку настройки на пульте ДУ в любую сторону, то вместе с ней подвинется и движок R_2 , баланс моста нарушится и на сетку лампы L_1 поступит переменное напряжение, величина и фаза которого будут зависеть от величины и направления поворота ручки ДН на пульте ДУ. Это напряжение усилится лампой L_1 и через конденсатор C_1 попадет на сетку лампы L_2 (рис. 32, система МН, совмещенная с АПЧГ). Это напряжение, как и в случае нажатия клавиши МН, заставит вращаться двигатель, связанный с блоком переменных конденсаторов настройки, а заодно и жестко связанный с его ротором движок потенциометра R_1 . Фазу напряжения на обмотке, питающей потенциометры R_1 и R_2 , выбирают такой, чтобы вращение блока настройки происходило в сторону восстановления баланса моста.

Так осуществляется грубая настройка на станцию с помощью системы ДН. Если теперь после такой грубой настройки нажать клавишу АПЧГ, то контакты 3—4 разомкнутся, к катоду лампы L_1 вновь окажется приложенным напряжение +30 в, лампа заперется, а система АПЧГ приемника осуществит точную подстройку на станцию.

При запертой лампе L_1 можно перемещать указатель настройки на пульте ДУ, не перестраивая при этом приемник с работающей

станции. Выбрав по надписи на шкале новую станцию, отключают систему АПЧГ кнопкой на пульте ДУ. При этом сработает система ДН, приемник перестроится на заранее выбранную станцию, после чего повторным нажатием на кнопку АПЧГ можно осуществить точную подстройку на новую станцию.

Другая система ДН, не связанная с моторной настройкой, может быть выполнена по принципу, использованному в схеме электрического верньера со стабилитроном в качестве переменной емкости (см. рис. 27).

В этом случае используют две или три независимые схемы, аналогичные схеме рис. 27 (в зависимости от количества перестраиваемых контуров), оси всех потенциометров, регулирующих напряжение на стабилитронах, соединяют вместе и сочленяют с общей ручкой настройки; емкостные делители, ограничивающие пределы изменения емкости стабилитронов, исключают, а режим стабилитронов выбирают таким, чтобы обеспечивалось наибольшее изменение их емкости при изменении на них постоянного напряжения.

Такие схемы имеют один серьезный недостаток: если система ДН дублирует основной орган настройки приемника, то каждая из настроек будет полноценно работать лишь в том случае, когда другая установлена в положение минимальной емкости. По этой же причине точная градуировка шкал обоих органов настройки обеспечивается только в том случае, когда нерабочий орган настройки установлен в положение минимальной емкости.

Дистанционная регулировка громкости в приемнике (ДРГ) также может осуществляться либо электромеханическим способом с помощью специального электродвигателя, либо чисто электрически с использованием специальных схем. Непосредственное вынесение потенциометра регулировки громкости на пульт ДУ в обычных схемах невозможно из-за очень значительных наводок на соединительные провода регулятора, находящегося, как правило, на входе УНЧ, т. е. в точке, наиболее чувствительной к наводкам.

Моторная система ДРГ чрезвычайно проста. Ось регулятора громкости через фрикцион и редуктор соединена с осью специального электродвигателя, направление вращения которого зависит от фазы напряжения на его управляющей обмотке. На пульте ДУ имеются две кнопки или переключатель типа «Джек» с нейтральным и двумя рабочими положениями.

При нажатии той или иной кнопки на управляющую обмотку двигателя подается напряжение прямой или обратной фазы, что вызывает вращение двигателя и связанного с ним регулятора громкости вправо или влево. При отпускании кнопки двигатель останавливается. Скорость вращения регулятора всегда постоянна и зависит от данных редуктора и величины управляющего напряжения.

Эта схема не имеет недостатков, если не считать ее сравнительно высокую стоимость.

Электрические системы ДРГ значительно меньше распространены, хотя они в общем случае дешевле электромеханических. Это связано с тем, что при использовании в качестве управляющего элемента лампы или транзистора из-за нелинейности их характеристики в процессе регулирования громкости нередко возникают недопустимые нелинейные искажения.

Специальные схемы, свободные от этого недостатка, как правило, весьма сложны и экономически не всегда оправданы. Ниже приводятся в качестве примера две подобные схемы.

В схеме рис. 36 Tr_1 — выходной трансформатор, причем, помимо основной вторичной обмотки (II), на нем намотана точно такая же дополнительная обмотка (III). Если они намотаны в одну сторону, то при сборке схемы нужно точно руководствоваться маркировкой выводов (начало и конец), как указано на рисунке.

В нижнем по схеме положении потенциометра ДРГ обмотка III и сам потенциометр не участвуют в работе выходной цепи, и громкость максимальна. При перемещении движка потенциометра вверх в цепь громкоговорителя вводится активное сопротивление, максимальная величина которого в 10 раз превышает сопротивление громкоговорителя и одновременно переменное напряжение звуковой частоты, фаза которого обратна фазе напряжения на основной (II) обмотке.

В верхнем по схеме положении потенциометра ДРГ обе обмотки (II и III) полностью включаются в цепь громкоговорителя, а суммарное напряжение звуковой частоты на нем в силу равенства и противофазности напряжений на вторичных обмотках равно нулю.

Таким образом, эта схема, в отличие от других схем с регуляторами громкости в цепи громкоговорителя, позволяет изменять динамический диапазон приемника в полных пределах — от максимального до нулевого.

К недостаткам схемы, помимо необходимости изготовления специального выходного трансформатора с двумя вторичными обмотками, нужно отнести резкое изменение величины нагрузки на выходной трансформатор в процессе регулирования, что делает невозможным охватывание трансформатора цепью глубокой отрицательной обратной связи по напряжению.

Кроме того, при пользовании основным регулятором громкости потенциометр ДРГ должен быть обязательно установлен в нулевое положение (закорочен), а при пользовании ДРГ основной регулятор громкости должен стоять в положении максимального усиления.

Вторая схема (рис. 37) требует специально для ДРГ введения в УНЧ дополнительной лампы катодного повторителя, напряжение на сетку которой снимается с основного ручного регулятора громкости, а резистор R_4 является потенциометром ДРГ.

Второй каскад (правый триод) работает с заземленной сеткой и поэтому мало восприимчив к наводкам. Несмотря на это, желательно провода от ДРГ поместить в экранирующую оплетку, заземленную со стороны лампы. Емкость экрана в этом случае не отразится на частотной характеристике усилителя из-за низких величин входного и выходного сопротивлений схемы.

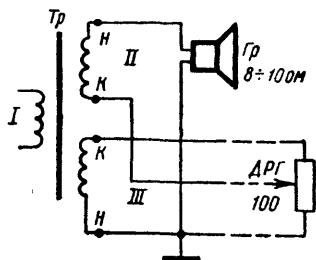


Рис. 36. Простейшая схема дистанционного регулятора громкости

К недостаткам схемы, помимо ее очевидной сложности, можно отнести довольно низкий (при наличии двух усилительных ламп) коэффициент передачи. Лучшие результаты могут быть получены, если в этой схеме вместо ламп применить транзисторы.

Дистанционное включение и выключение приемника лучше всего осуществлять по классической трехпроводной схеме с двумя выключателями, позволяющей осуществлять включение и выключение

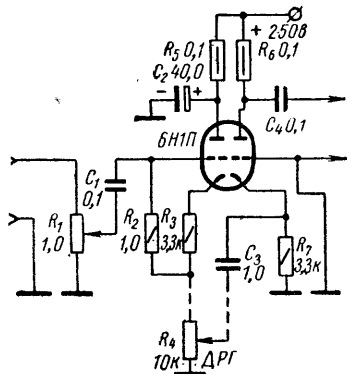


Рис. 37. Схема дистанционного регулятора громкости с дополнительной лампой

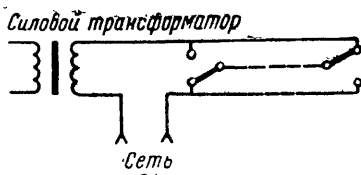


Рис. 38. Схема дистанционного включения и выключения приемника

приемника независимо как с основного пульта, так и с пульта ДУ (рис. 38). Применять для этой цели другие схемы (например, с использованием реле) не рекомендуется.

2.12. Регулирование баланса в стереофонических усилителях

Регуляторы стереобаланса (РС) являются специфическими регуляторами, присущими лишь стереофоническим многоканальным установкам. В общем случае, когда число каналов в стереофоническом тракте превышает два, РС может представлять собой довольно сложное самостоятельное устройство по типу многоканальных микшеров. Однако такие многоканальные установки пока что являются узко специальными и применяются в основном в широкоэкранном и панорамном кино и при звукофикации некоторых больших аудиторий (например, Кремлевский театр).

В радиовещании на сегодня распространена простейшая двухканальная стереофония, поэтому здесь будут рассматриваться лишь РС, предназначенные для таких систем.

В любом случае РС предназначен для выравнивания усиления обоих каналов стереоустановки или для искусственного изменения относительных коэффициентов усиления каналов, причем в последнем случае почти всегда увеличение усиления одного канала происходит одновременно с таким же по величине уменьшением усиления другого.

На рис. 39 приведены три наиболее распространенные схемы РС. В первой схеме (рис. 39а) РС представляет собой, по суще-

ству, обычный дополнительный регулятор громкости, причем потенциометры его включены противофазно, т. е. если при вращении ручки РС в одну сторону усиление одного канала увеличивается, то другого — уменьшается.

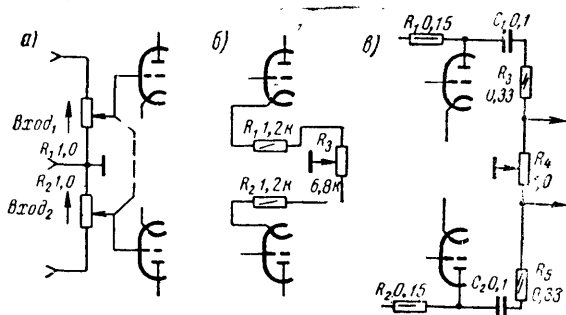


Рис. 39. Схемы регуляторов стереобаланса в цепях:

а) сетки лампы; б) катода; в) анода

Регулятор имеет очень широкие пределы регулировки — от максимально возможного усиления до нуля, однако ему присущи два серьезных недостатка. Во-первых, для него необходим сдвоенный потенциометр, а во-вторых, чувствительность усилителя в нулевом положении РС (т. е. при балансе усиления) вдвое ниже, чем без РС.

Вторая схема (рис. 39б) собрана на одиночном потенциометре и работает по принципу изменения величины отрицательной обратной связи, а следовательно, и коэффициента усиления поочередно в обоих каналах. Однако эта схема имеет сравнительно небольшие пределы регулировки и не позволяет уменьшать усиление каждого канала до нуля.

Третья схема (рис. 39в) полностью свободна от недостатков двух предыдущих, сохраняя их достоинства. Ее можно смело рекомендовать для любых стереофонических усилителей, УНЧ приемников и т. п.

3. ТЕЛЕВИЗОРЫ

3.1. Системы АРУ

АРУ в телевизорах существенно отличается от АРУ в обычных вещательных приемниках, причем это различие обусловлено особенностями телевизионного сигнала по сравнению с радиосигналами обычных вещательных радиостанций.

В обычном приемнике к детектору подводится несущая частота принятой станции (то, что она преобразована в промежуточную частоту, — не существенно), симметрично промодулированная низкочастотным звуковым сигналом.

Любая передающая радиовещательная станция, даже самая широкополосная, всегда модулирует несущую частоту некоторым низкочастотным спектром, который, однако, никогда не лежит в области ниже 50 гц. Это означает, что продетектированный приемником сигнал на нагрузке детектора разлагается, по крайней мере, на два типа сигналов: постоянную составляющую, уровень которой определяется только напряженностью поля в точке приема, и сигналы модулирующих частот, спектр и уровень которых постоянно меняются в зависимости от содержания передач. Низкочастотная составляющая на выходе детектора может и совсем отсутствовать в паузах и перерывах передачи, тогда как постоянная составляющая будет присутствовать всегда, вне зависимости от наличия или отсутствия и содержания передачи, причем уровень ее никак не связан с уровнем полезного нч сигнала.

Это обстоятельство позволяет в обычных приемниках легко использовать постоянную составляющую в качестве управляющего напряжения системы АРУ.

В телевизионном приемнике для сохранения верности передачи среднего уровня освещенности (средней яркости изображения) при смене кадров или изменении их содержания необходимо выделять на детекторе всю полосу модулирующих частот, в том числе и наиболее низких, вплоть до постоянного тока.

Поскольку средняя яркость экрана определяется самыми низкими частотами (буквально единицами и даже долями герц), то ясно, что разделить постоянные составляющие, полученные детектированием несущей и являющиеся продуктом демодуляции самых низких частот сигнала, оказывается невозможным, вследствие чего уровень постоянной составляющей на детекторе телевизора, в отличие от приемников, будет зависеть от содержания передачи. Если

эту постоянную составляющую использовать в качестве управляющего напряжения АРУ, то усиление радиоканала (а это в конечном счете есть не что иное, как контрастность изображения) будет зависеть от содержания передачи и меняться от кадра к кадру, что совершенно недопустимо.

Эта особенность телевизионного сигнала заставляет искать иные пути для получения управляющего сигнала системы АРУ. Эти пути могут быть различными. Здесь рассматриваются наиболее распространенные из них.

Использование для АРУ постоянной составляющей в цепи сетки амплитудного селектора широко применялось в промышленных телевизорах ранних выпусков. Принцип работы этих систем состоит в следующем: для того чтобы отделить импульсы синхронизации от общего телевизионного сигнала, протектированный и усиленный видеосигнал, содержащий, как известно, и импульсы синхросмеси, через разделительный конденсатор большой емкости (C_1 на рис. 40а) в положительной полярности подводится к управляющей

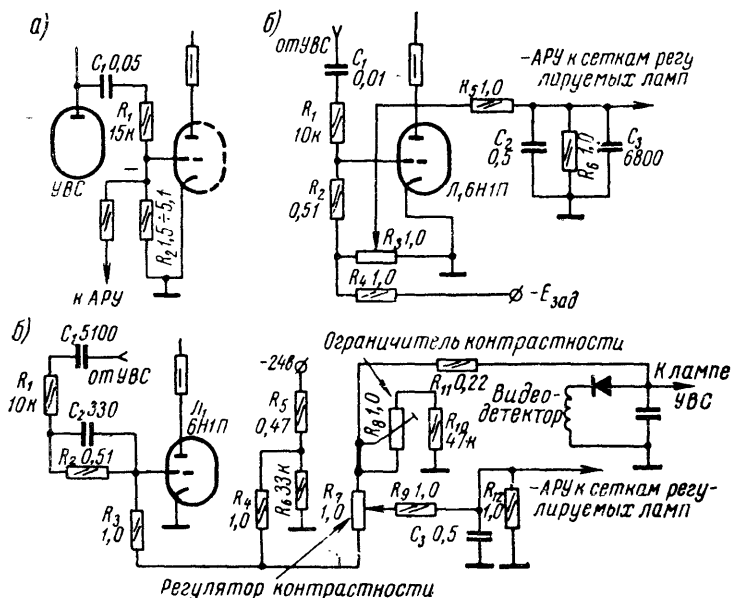


Рис. 40. Схемы непосредственной АРУ в телевизорах:
а) упрощенная схема; б) полная некомпенсированной АРУ;
в) с компенсацией

сетке амплитудного селектора, работающего без начального смещения. Резистор утечки сетки лампы (R_2) выбирают довольно большим (от 1,5 до 3÷5 Мом), поэтому сеточный ток создает на нем большое падение напряжения, заряжающее конденсатор C_1 .

Напряжение это приложено минусом к сетке лампы и по величине равно амплитуде наибольшего из сигналов, подводимых к лампе. А так как наибольшими по амплитуде всегда являются гасящие и синхронизирующие импульсы (они всегда и заведомо превышают самые большие сигналы модуляции, т. е. собственно изображения), то напряжение смещения на сетке лампы селектора пропорционально амплитуде этих импульсов и мало зависит от уровня полезного сигнала, т. е. от содержания изображения.

В то же время уровень синхросигналов жестко связан с уровнем несущей, поэтому при изменении величины сигнала на входе телевизора будет меняться и величина смещения на сетке селекторной лампы. Таким образом, напряжение автоматического смещения на сетке селекторной лампы является тем же, что и постоянная составляющая на нагрузке детектора радиовещательного приемника, поэтому это напряжение может быть непосредственно использовано как управляющее в схеме АРУ.

Практические схемы таких селекторов приведены на рис. 40. Схема рис. 40б — одна из простейших и не требует пояснений. Она применялась в промышленном телевизоре «Темп-2». К сказанному выше можно только добавить, что резистор утечки сетки лампы селектора здесь разбит на два, один из которых — R_3 — переменный. Им можно произвольно устанавливать величину напряжения на сетках регулируемых ламп и тем самым регулировать контрастность изображения, причем независимо от положения его движка (кроме, разумеется, нулевого, когда он заземлен) сохраняет автоматизм регулирования системы АРУ.

Однако, несмотря на то, что напряжение АРУ вырабатывается в этой схеме от импульсов синхронизации, его величина все же в некоторой степени зависит от содержания изображения и неодинакова для преимущественно «светлой» и преимущественно «темной» картинок.

Чтобы устранить влияние содержания изображения на величину напряжения АРУ, в некоторых телевизорах (например, «Темп-3») применяют метод компенсации (рис. 40в), при котором в цепь АРУ одновременно с напряжением из сеточной цепи селекторной лампы вводят постоянную составляющую с видеодетектора, имеющую противоположную полярность и зависящую по уровню от содержания передачи. Благодаря частичной взаимной компенсации этих двух составляющих напряжение АРУ на выходе схемы практически одинаково для кадров с любым содержанием.

И хотя все схемы АРУ, использующие в качестве управляющего отрицательное напряжение в цепи синхроселектора, достаточно эффективны, всем им присущ один существенный недостаток. При появлении любой импульсной помехи, превышающей уровень максимального полезного сигнала, ее импульс попадает на сетку селекторной лампы и создает на ней выброс постоянной составляющей напряжения, который оказывается приложенным и к цепям управления АРУ.

Если импульс помехи достаточно велик, то и соответствующий ей «минус» превысит среднее значение напряжения АРУ и контрастность изображения резко снизится. А так как система АРУ достаточно инерционна, то даже после кратковременной импульсной помехи напряжение в системе АРУ будет довольно долго возвращаться к исходному значению. Таким образом, импульсные помехи

будут создавать ярко выраженные колебания контрастности изображения.

От этого органического недостатка полностью свободны схемы так называемой «ключевой АРУ», работающие по совершенно иному принципу. Для уяснения его вначале рассматривается упрощенная схема (рис. 41а).

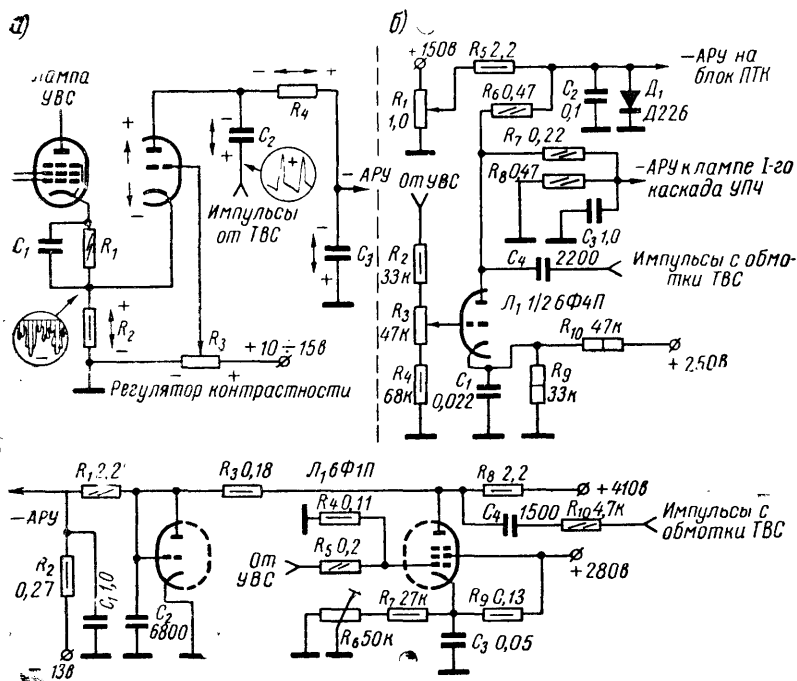


Рис. 41. «Ключевые» системы АРУ в телевизорах:

а) упрощенная схема, иллюстрирующая принцип действия системы; б) полная практическая схема на триоде с дополнительным полупроводниковым диодом задержки; в) схема на пентоде с дополнительным ламповым диодом задержки

Здесь пентод — обычный каскад УВС, у которого в цепь катода, помимо цепочки автоматического смещения R_1C_1 , включен резистор R_2 , являющийся существенным элементом схемы ключевой АРУ. В кружочке на схеме показана форма телевизионного сигнала на этом резисторе. Такое же напряжение будет, разумеется, и на катоде триода Λ_2 , являющегося специальной лампой схемы ключевой АРУ.

С помощью потенциометра R_3 лампу Λ_2 можно запереть. Действительно, когда движок этого потенциометра стоит в левом по схеме положении, то на сетке лампы относительно «земли» напря-

жение равно нулю, а на катоде оно положительно за счет падения напряжения на резисторе R_2 , вызванного протеканием постоянной составляющей анодного тока лампы L_1 (УВС).

Внимательно рассмотрев схему, можно увидеть, что на анод лампы L_2 не подается постоянного положительного напряжения. Таким образом, ток через лампу L_2 не протекает по двум причинам: из-за отсутствия анодного напряжения и из-за того, что сетка лампы заперта отрицательным (относительно своего катода) напряжением смещения.

Анод лампы L_2 через конденсатор небольшой емкости C_2 подключен ко вторичной обмотке выходного трансформатора строчной развертки, на которой во время обратного хода развертки, т. е. в промежутках между передачей содержания изображения вдоль строк, вырабатываются большие по величине импульсы положительной полярности. Таким образом, в течение этих коротких промежутков времени к аноду лампы L_2 оказывается приложенным положительное анодное напряжение, и через лампу в эти моменты может протекать анодный ток, если, разумеется, она будет открыта по сеточной цепи.

Следует снова вернуться к рассмотрению катодно-сеточной цепи этой лампы. Из рисунка в кружочке видно, что в момент передачи строчного синхроимпульса падение напряжения на резисторе R_2 от переменной составляющей будет максимальным, а полярность его противоположна полярности постоянной составляющей, т. е. минус напряжения от синхроимпульсов будет приложен к катоду, а плюс — к «земле».

Если напряжения переменной и постоянной составляющих будут равны между собой по величине, то в этот момент напряжение на резисторе R_2 станет равно нулю, а следовательно, станет равно нулю и разность потенциалов между сеткой и катодом лампы L_2 , и последняя «откроется».

А так как передача строчного синхроимпульса по времени совпадает с возникновением положительного импульса на обмотке ТВС, то именно в эти (и только в эти) моменты лампа L_2 будет проводить ток, величина которого, с одной стороны, будет зависеть только от амплитуды синхроимпульсов на ее катоде, а с другой стороны, — от уровня напряжения запирающего по сетке, устанавливаемого вручную потенциометром R_3 .

В момент протекания тока через лампу происходит заряд конденсатора C_2 , причем полярность напряжения на нем соответствует указанной на схеме, а величина зависит от тока лампы, т. е. в конечном итоге от величины синхроимпульса на резисторе R и от положения регулятора контрастности (R_3).

После прекращения тока через лампу ее внутреннее сопротивление становится практически бесконечным, и конденсатор C_2 начинает разряжаться по единственно возможному пути — через R_4 и C_3 . Конденсатор C_3 при этом будет заряжаться, и полярность напряжения на нем будет такой, как указано на схеме.

Таким образом, видно, что напряжение АРУ на конденсаторе C_3 будет всегда пропорционально уровню синхроимпульсов телевизионного сигнала, совершенно не будет зависеть от содержания изображения, так как во время передачи изображения лампа L_2 заперта и напряжение АРУ не вырабатывается и может регулироваться вручную регулятором контрастности.

Однако самым существенным достоинством «ключевой АРУ» является то, что она совершенно не подвержена воздействию импульсных и регулярных помех, поскольку во время передачи содержания изображения система АРУ не работает.

Практические схемы «ключевой АРУ» могут быть довольно разнообразны, однако принцип их действия одинаков. Не приводя анализа их работы, читателю предлагаются две наиболее типичные практические схемы «ключевой АРУ», использованные в отечественных телевизорах типа «УНТ» (рис. 41б) и «Волна» (рис. 41в).

3.2. Системы автоподстройки частоты гетеродина (АПЧГ)

При рассмотрении АПЧГ в вещательных приемниках приводился подробный анализ работы этих систем автоматической регулировки, поэтому в разделе «Телевидение» будут лишь рассмотрены наиболее типичные конкретные схемы АПЧГ, применяемые в телевизорах, и объяснено назначение основных элементов этих схем.

Схема рис. 42 применена в промышленном телевизоре «УНТ-59», где использован специальный блок ПТК-7. В этой схеме специальная лампа 6Ж5П используется дважды: как каскад УПЧ, работающий на дискриминатор схемы АПЧГ, и как усилитель постоянного тока.

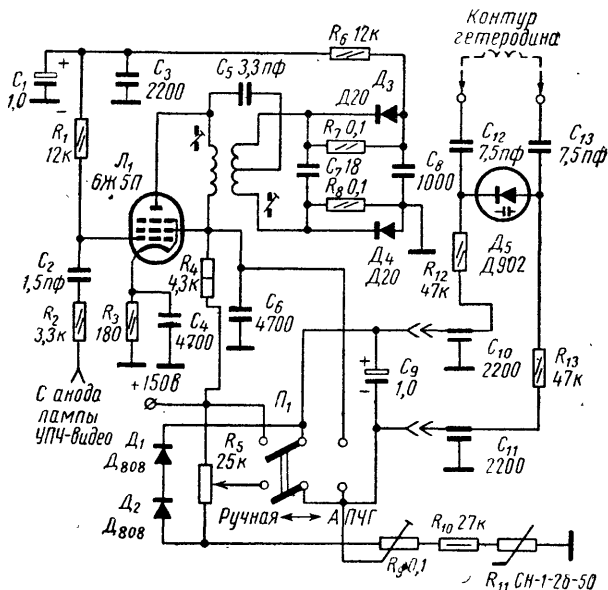


Рис. 42. Практическая схема АПЧГ телевизора с применением в качестве управляющего элемента варикапа

для выделенного дискриминатором сигнала ошибки (рассогласования).

После усиления сигнал ошибки подается на схему сравнения, представляющую собой сбалансированный мост, плечи которого составлены из резистора R_4 , являющегося нагрузкой для лампы в режиме усилителя постоянного тока, внутреннего сопротивления R_i этой лампы, потенциометра R_5 и последовательной цепочки из резисторов R_9 , R_{10} и R_{11} .

В диагональ моста включен варикап D_5 типа Д902, являющийся управляющим элементом системы АПЧГ. Стабилитроны D_1 и D_2 включены в схему моста для предотвращения пробоя варикапа.

Так как напряжение на одном конце варикапа (правом по схеме) стабилизировано варистором R_{11} , то напряжение на самом варикапе, а следовательно, и величина его емкости, будут зависеть только от напряжения на его левом конце, являющегося функцией расстройки системы АПЧГ.

Потенциометр R_5 предназначен для первоначального выбора частоты гетеродина, которую должна поддерживать неизменной система АПЧГ, а потенциометр R_5 — для изменения частоты гетеродина вручную при выключенной АПЧГ.

На рис. 43 приведена еще одна полная схема АПЧГ для телевизора с использованием в качестве управляющего элемента реактивной лампы.

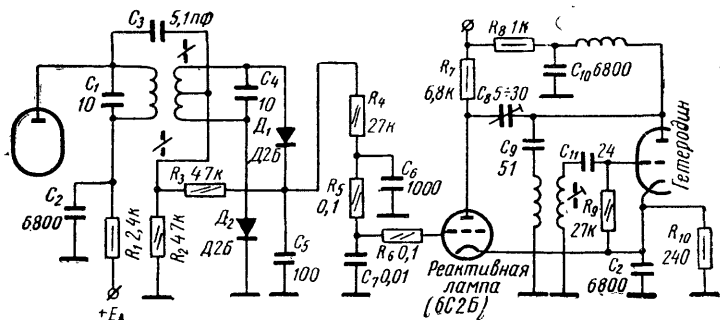


Рис. 43. Схема АПЧГ с использованием в качестве управляющего элемента реактивной лампы

байнах как при приеме телепередач, так и при приеме укв ЧМ радиовещания. В блоке ПТК и в блоке укв ЧМ для этой схемы лучше использовать один из сверхминиатюрных триодов, например 6С2Б. Принцип работы схемы и назначение ее элементов просты и не требуют пояснений. Полоса захвата системы — около 1 Мгц в первом телевизионном диапазоне.

3.3. Регулировка контрастности

Контрастность телевизионного изображения представляет собой отношение яркостей наиболее светлой и наиболее темной частей изображения, несущих информацию. Самому темному изображению,

очевидно, соответствует полное отсутствие свечения кинескопа или, иначе, такое напряжение сигнала, при котором кинескоп полностью запирается.

Поскольку в СССР принята негативная система модуляции на передающем конце телевизионного тракта, то темным участкам изображения соответствует наибольший по величине видеосигнал. Если при передаче такого сигнала установить в телевизоре ручкой Яркость порог записания кинескопа, то яркость, которая получится при отсутствии сигнала, будет максимальной и соответствовать наиболее светлым местам изображения.

Очевидно также, что чем меньше максимальная величина передаваемого сигнала, тем меньше и контрастность изображения. Отсюда становится понятным, что регулировка контрастности в телевизоре должна сводиться к изменению любым способом усиления радиоканала, причем принципиально совершенно безразлично, в каком месте схемы и каким образом осуществлять такую регулировку.

Существует очень много схем ручной регулировки контрастности. Часть из них так или иначе связана с системой АРУ. Часть схем, основанных на использовании АРУ, уже была рассмотрена. Здесь рассматриваются регуляторы, использующие другие принципы.

Регуляторы контрастности, приведенные на рис. 44, изменяют усиление приемника по высокой или промежуточной частоте, т. е. до детектора. Первые две имеют то преимущество, что регулятор кон-

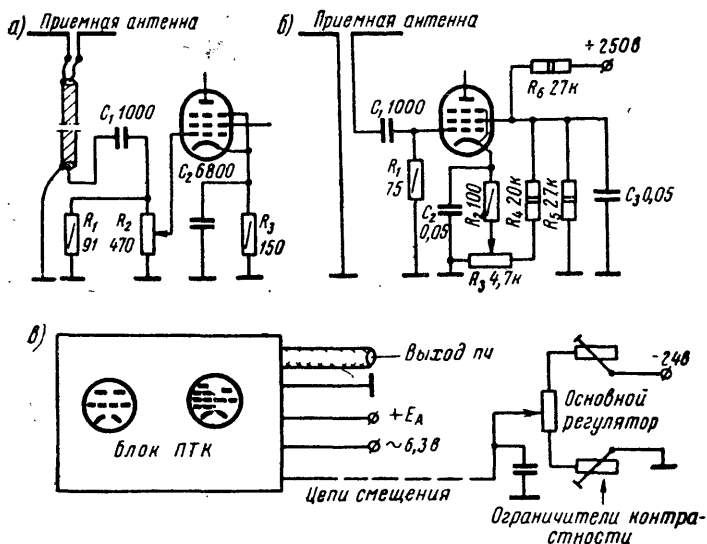


Рис. 44. Регуляторы контрастности во входных цепях телевизора:

а) потенциометрический делитель в антенне; б) регулятор усиления лампы УВЧ; в) регулятор смещения входной лампы блока ПТК

трастности в них находится перед усилительным трактом, поэтому во всех случаях исключается перегрузка ламп чрезмерным сигналом, и, следовательно, его искажения.

Однако этим схемам присущи и серьезные недостатки, в силу которых они практически перестали применяться в промышленных телевизорах. В схеме рис. 44а при регулировании контрастности меняется величина входного импеданса, что приводит к нарушению согласования волнового сопротивления кабеля с входным сопротивлением телевизора и, как следствие, к появлению отраженных сигналов, видимых на экране в виде повторов и многоконтурности изображения.

Вторая схема (рис. 44б), хотя и свободна от этого недостатка, но эффективно работает лишь при использовании в первом каскаде пентода с удлиненной характеристикой (типа «варимю»), поэтому она не применяется в телевизорах со стандартными блоками ПТК, где УВЧ выполнен по каскадной схеме на двух триодах.

В телевизорах с автономными блоками высокой частоты типов ПТП и ПТК может быть применена схема рис. 44в, причем источником напряжения для регулятора в этом случае может служить как низковольтный «минусовой» выпрямитель, так и система АРУ.

Схемы регуляторов, приведенные на рис. 45, изменяют контрастность за счет изменения коэффициента усиления лампы видео-

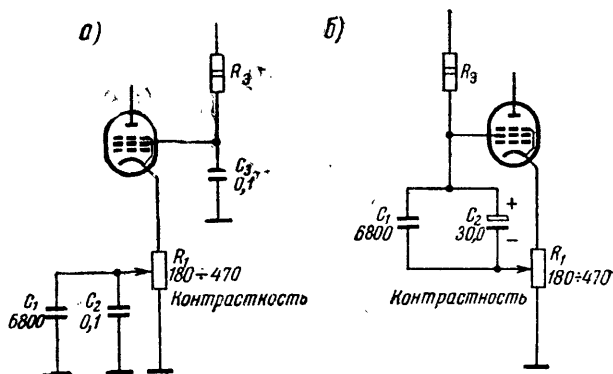


Рис. 45. Регулировка контрастности в цепях видео-усилителя с помощью:

а) обратной связи по току; б) обратной связи по напряжению на экранирующей сетке

усилителя, причем в первой из них усиление лампы меняется из-за величины отрицательной обратной связи по току в катод лампы, а во второй — из-за изменения обратной связи в катодно-сеточной цепи (по экранирующей сетке).

К недостаткам обеих схем относится ограниченный предел регулирования, опасность возникновения фазовых искажений при регулировании и невозможность получения «нулевой» контрастности.

К достоинствам схем, помимо их исключительной простоты, относится полное отсутствие влияния регулировки контрастности на форму частотной характеристики видеоканала.

3.4. Регулировка четкости

Если регулировку контрастности изображения в телевизоре можно в какой-то мере сравнить с регулировкой громкости звука в приемнике, то регулировку четкости изображения можно в такой же мере сравнить с регулированием тембра.

Действительно, любая система регулирования четкости тем или иным способом изменяет форму частотной характеристики видеотракта, его полосу пропускания.

Изменение полосы пропускания легче всего осуществить перестройкой в небольших пределах того контура УПЧ изображения, на склоне характеристики которого находится несущая промежуточной частоты изображения. Если при вращении регулятора четкости несущая частота будет перемещаться по склону характеристики УПЧ, как это показано на рис. 46, то соответственно будет



Рис. 46. Влияние регулятора четкости на частотную характеристику УПЧ канала изображения

меняться и полоса пропускания УПЧ. Пунктирная кривая соответствует более широкой полосе и, следовательно, большей четкости, так как в этом случае высшие модулирующие частоты (точка «А») больше подняты по отношению к несущей (точка «Б»).

Практические схемы регуляторов четкости, построенные на этом принципе, приведены на рис. 47. В первой из них (рис. 47а) регулирующим элементом служит переменный конденсатор небольшой емкости, подключаемый параллельно одному из контуров УПЧ. Недостатком этой схемы является необходимость размещения переменного конденсатора непосредственно возле перестраиваемого контура во избежание самовозбуждения УПЧ, что требует использования гибких или карданных механических передач для выведения ручки управления регулятором на панель управления.

Вторая схема использует принцип изменения емкости полупроводникового диода при регулировании подводимого к нему постоянного напряжения. В этой схеме роль конденсатора выполняет диод, а органом управления четкостью является потенциометр R_2 , кото-

рый полностью развязан по высокой частоте и поэтому может быть вынесен в любое место без опасности самовозбуждения усилителя.

Регулирование четкости можно осуществить и путем изменения

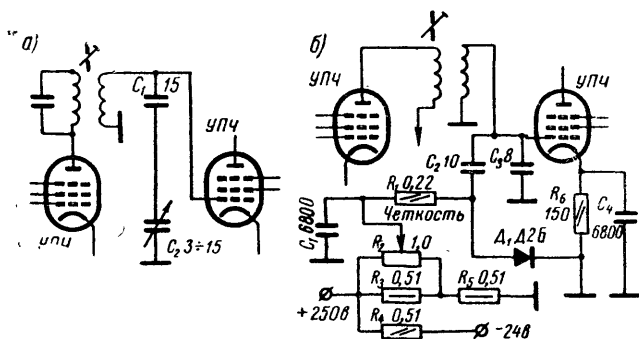


Рис. 47. Схемы регуляторов четкости:

а) с переменным конденсатором; б) с дополнительным диодом и потенциометром

полосы пропускания УВС. Две такие схемы приведены на рис. 48. Первая из них использует принцип частотнозависимой отрицательной обратной связи, вторая — шунтирование нагрузки видеоусилителя

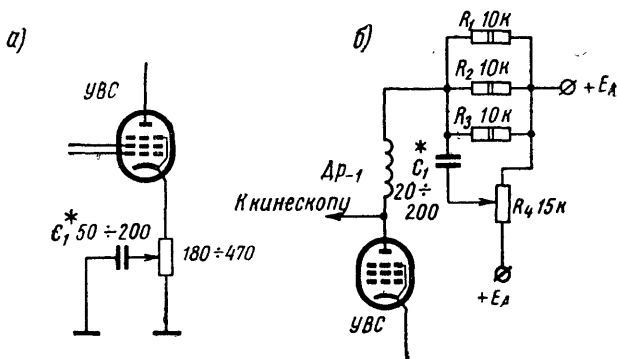


Рис. 48. Регуляторы четкости в видеоусилителе:

а) в катод лампы УВС; б) в аноде лампы УВС

на высших частотах. Во второй схеме потенциометр регулятора четкости нельзя удалять от лампы УВС из-за опасности самовозбуждения усилителя и увеличения выходной емкости каскада.

3.5. Регулировка яркости

Яркость свечения кинескопа при прочих равных условиях зависит от величины напряжения на его управляющей сетке по отношению к катоду, поэтому ее можно регулировать, изменяя постоянное напряжение на любом из этих электродов.

Совершенно безразлично, какой из этих электродов выбрать в качестве управляющего, поэтому на практике встречаются схемы обоих видов. На рис. 49 приведены наиболее распространенные схе-

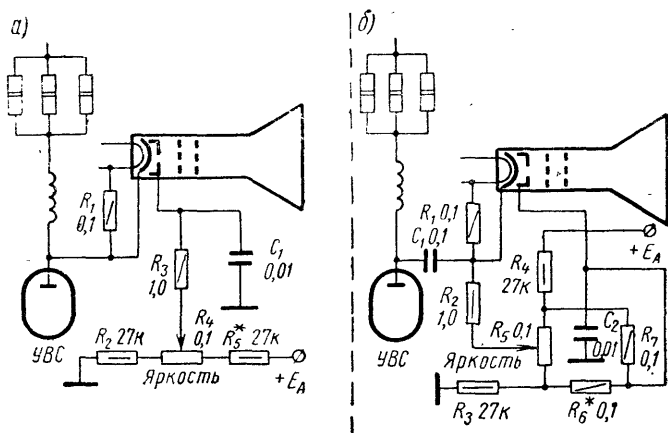


Рис. 49. Схемы регуляторов яркости в цепях:
а) сетки кинескопа; б) катода кинескопа

мы ручных регуляторов яркости, позволяющие оператору произвольно устанавливать интенсивность свечения кинескопа в зависимости от содержания передачи, условий приема, освещенности помещения.

Однако в большинстве случаев в процессе передачи неоднократно возникает необходимость изменять первоначально выбранную яркость. Это объясняется, в первую очередь, тем, что в процессе передачи контрастность изображения не остается постоянной: она непрерывно меняется от кадра к кадру. Как было указано выше, увеличение контрастности может происходить только за счет увеличения размаха сигнала в сторону «черного» (видеосигнал является однополярным и минимальному сигналу соответствуют самые светлые места изображения).

Таким образом, при увеличении контрастности средняя яркость изображения уменьшается, и возникает зрительная, субъективная потребность увеличить яркость изображения и наоборот. В телевизорах ранних выпусков это приходилось делать с помощью ручного регулятора яркости.

В более поздних моделях в схему телевизора стали вводить, помимо ручной, и автоматическую регулировку яркости, позволяющую сохранять относительную яркость изображения при изменении его контрастности.

Принцип действия большинства таких регуляторов формально схож с действием АРУ в телевизорах. Сигнал изображения с выхода УВС подается на дополнительный пиковый детектор (рис. 50, Д₁),

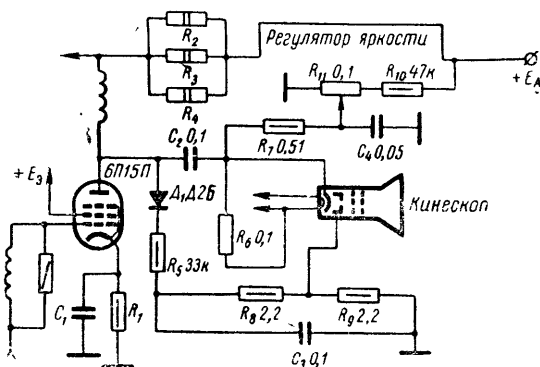


Рис. 50. Автоматический регулятор яркости (АВЯ)

через который конденсатор C_3 заряжается до максимального, пикового, значения видеосигнала. А поскольку это значение всегда соответствует уровню передачи синхроимпульсов (они больше любого сигнала изображения), то и напряжение на конденсаторе C_3 зависит только от уровня синхросигнала или в конечном итоге от величины полного телевизионного сигнала, т. е. от контрастности изображения. Чем больше контрастность, тем выше постоянное напряжение на конденсаторе C_3 .

Постоянное напряжение на катодe кинескопа, как видно из схемы, фиксировано, не зависит от уровня сигнала и может изменяться только при вращении ручного регулятора яркости. Постоянное напряжение на сетке кинескопа, снимаемое с делителя R_8R_9 , напротив, зависит от напряжения на конденсаторе C_3 , т. е. от уровня контрастности, и при ее увеличении возрастает, увеличивая при этом и яркость свечения кинескопа. Таким образом, яркость свечения кинескопа оказывается автоматически связана с контрастностью изображения.

Существуют и другие схемы автоматической регулировки яркости, например «ключевые», работающие по такому же принципу, что и системы «ключевой АРУ», однако, будучи намного сложнее описанной, они обладают лишь незначительными преимуществами, экономически не целесообразны и поэтому пока широко не распространены. Здесь эти схемы рассматриваться не будут

3.6. Автоматическая регулировка яркости и контрастности в зависимости от внешней освещенности

Всем хорошо известно, что если в темной комнате, где смотрят телепередачу, зажечь яркий свет, то зрителям покажется, что яркость и контрастность телевизионного изображения уменьшились, хотя на самом деле и интенсивность свечения кинескопа и уровень сигнала, определяющий контрастность изображения, не изменились. Точно так же летом, при ярком солнечном свете, изображение на экране кинескопа кажется «вялым», неярким, неконтрастным.

Это объясняется тем, что, во-первых, глаз воспринимает не абсолютные, а относительные величины яркости и контрастности, а во-вторых, тем, что яркостная чувствительность глаза и его динамический диапазон восприятия различных яркостей не абсолютны, а зависят от общего количества света, раздражающего сетчатку. Причем с увеличением освещенности сетчатки ее чувствительность и динамический диапазон уменьшаются приблизительно по логарифмическому закону. Поэтому при засветке глаза посторонним источником света кажущиеся яркость и контрастность телевизионного изображения уменьшаются.

Для борьбы с этим явлением в последнее время в наиболее дорогие модели телевизоров высокого класса вводят специальную автоматическую регулировку. Принцип ее действия чаще всего состоит в том, что, помимо описанной выше обычной системы АРЯ, в телевизор добавляют фотоэлемент или фоторезистор, размещаемый на передней панели телевизора в плоскости экрана и включаемый в цепь высокоомного делителя напряжения обычного регулятора контрастности таким образом, чтобы при уменьшении его сопротивления контрастность изображения увеличивалась.

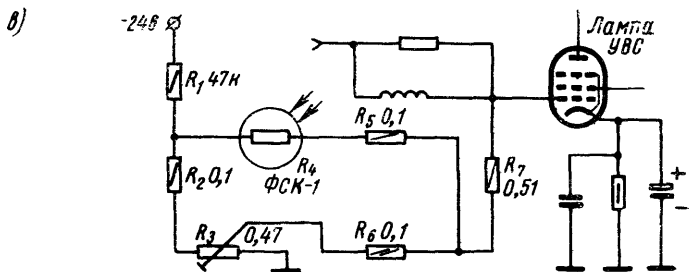
Если теперь при некоторой освещенности помещения отрегулировать вручную яркость и контрастность изображения, то при увеличении этой освещенности увеличится и количество света, падающего на фотоэлемент или фоторезистор, а его сопротивление уменьшится. Это повлечет за собой увеличение контрастности, а при увеличении контрастности схема АРЯ соответственно увеличит и яркость свечения кинескопа.

И наоборот, при выключении света в помещении, сопротивление фоторезистора возрастет, контрастность изображения уменьшится и, соответственно, уменьшится и его яркость. Путем соответствующего подбора величин схемных элементов эту зависимость можно сделать достаточно линейной в широком диапазоне освещенностей помещения.

Практические схемы подобных систем автоматического регулирования приведены на рис. 51. Схема рис. 51а может быть применена в любом готовом телевизоре, использующем для АРУ напряжение, получаемое в сеточной цепи лампы синхроселектора.

Фоторезистор в этом случае включают, как указано на схеме. Тогда при освещении фоторезистора его сопротивление уменьшается и соответственно уменьшается «минус», снимаемый в цепь регулируемых ламп, что равносильно увеличению контрастности.

Схема рис. 51б может быть введена в телевизор, где применена ключевая схема АРУ. Указанные на схеме величины элементов оптимальны при использовании фоторезистора типа ФСК-1. При ис-



а) с обычной системой АРУ; б) с «ключевой АРУ»; в) при включении регулятора в цепь сетки лампы УВС

3.7. Регулировка размера изображения по горизонтали

72

но, и от колебаний напряжения сети), от величины нагрузки на ТВС и т. п.

Таким образом, в различных экземплярах телевизоров, да и в одном и том же телевизоре при различных условиях, размер изображения по горизонтали может меняться в довольно широких пределах. В то же время геометрические размеры кинескопа и обрамляющей его маски всегда неизменны и однозначно определяются при конструировании данной модели телевизора.

Из этого следует, что фактический размер изображения будет оптимальным только в том единственном случае, когда он точно соответствует размеру маски — обрамления или лобового стекла кинескопа (при отсутствии маски). В остальных случаях изображение либо не будет использоваться полностью, когда фактический размер картинки больше отверстия маски, и часть картинки оказывается закрыта маской, либо будет обрамлено темными полосами справа и слева. Отсюда вытекает органическая потребность иметь в любом телевизоре специальный регулятор размера изображения по горизонтали (сокращенно РРС — регулятор размера строк), позволяющий произвольно изменять размер изображения по горизонтали в соответствии с условиями работы телевизора.

Но поскольку оптимальный размер изображения всегда однозначен, потребительская полезность ручной регулировки размера, как было установлено в первой главе, равна нулю, и поэтому желательно во всех случаях, где это возможно, вместо ручного РРС применять автоматический.

Однако схемы автоматических РРС значительно сложнее ручных, поэтому ручные РРС встречаются еще очень часто, преимущественно в более дешевых массовых моделях телевизоров.

Схемам автоматических регуляторов размеров изображения будет посвящен отдельный параграф, здесь же будут рассмотрены наиболее типичные ручные РРС.

Схема рис. 52 использует принцип дополнительного увеличения нагрузки на ТВС с помощью индуктивного шунта, подключаемого параллельно одной из его обмоток. Шунт выполнен в виде катушки, внутри которой может в значительных пределах перемещаться ферритовый сердечник. Индуктивность катушки шунта при этом меняется в 3—5 раз и во столько же раз меняется ее реактивное сопротивление, шунтирующее ТВС.

Эта схема, позволяющая изменять размер изображения по горизонтали в весьма широких пределах, применялась в большинстве промышленных телевизоров выпуска 1953—1963 годов. К недостаткам ее можно отнести сильную зависимость других параметров от положения РРС, и, в первую очередь, — величины ускоряющего напряжения на аноде кинескопа, приводящую к изменению яркости изображения и его частичной расфокусировке.

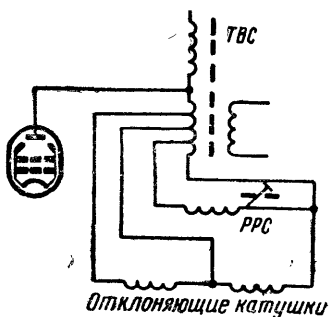


Рис. 52. Регулирование размера изображения по горизонтали с помощью индуктивного шунта

Схема на рис. 53 использует другой принцип — изменение анодного напряжения на оконечной лампе строчной развертки. Действительно, в большинстве случаев при повседневной эксплуатации телевизора изменение горизонтального размера изображения вызывается

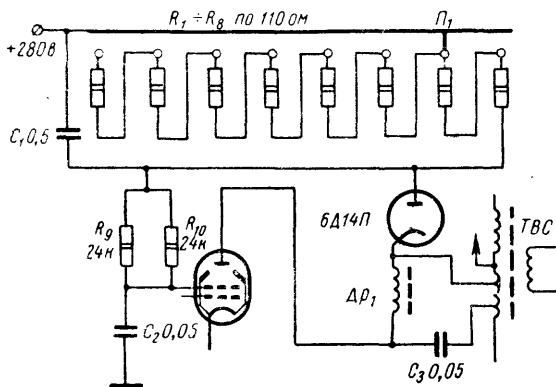


Рис. 53. Регулирование размера изображения по горизонтали с помощью изменения анодного напряжения оконечной лампы строчной развертки

изменением напряжения питающей сети и пропорциональным изменением анодного напряжения в телевизоре, которое в первую очередь и больше всего сказывается именно на режиме оконечной лампы строчной развертки.

Здесь регулятор представляет собой ступенчатый переключатель постоянных резисторов — по существу, обычный реостат, включаемый последовательно в анодную цепь оконечной лампы. Переключением секций регулятора изменяют величину дополнительного сопротивления и, соответственно, падения напряжения на нем.

Явное достоинство этой схемы состоит в том, что при изменении внешних условий первоначальный размер изображения достигается при таком положении РРС, когда анодное напряжение на оконечной лампе будет равно номинальному. Это означает, что номинальному размеру изображения всегда соответствует и номинальное анодное напряжение оконечной лампы, а, следовательно, и все остальные параметры строчной развертки оказываются неизменными.

К недостаткам схемы нужно отнести дискретность регулирования и, следовательно, невозможность плавного изменения размеров изображения и получения его любых произвольных значений, а также довольно низкую надежность из-за обгорания и окисления контактов переключателя и значительного нагрева гасящих резисторов.

Схема рис. 54 предложена автором этой книги и свободна от недостатков предыдущих схем. Здесь для регулировки размера изо-

бражения используется воздействие на анодный ток оконечной лампы отрицательной обратной связи по экранной сетке.

При всяком произвольном изменении анодного тока, независимо от вызвавших это изменение причин, с помощью регулятора возвращают величину анодного тока к исходной, поэтому все остальные параметры развертки сохраняются неизменными.

В то же время регулирование осуществляется по цепи, не потребляющей мощности, поэтому надежность системы оказывается весьма высокой. Кроме того, схема регулятора исключительно проста и не содержит никаких дорогостоящих или специальных деталей. Потенциометр регулятора — обычное переменное сопротивление типа СП.

Другие схемы ручных РРС не получили широкого распространения, поэтому здесь они рассматриваться не будут.

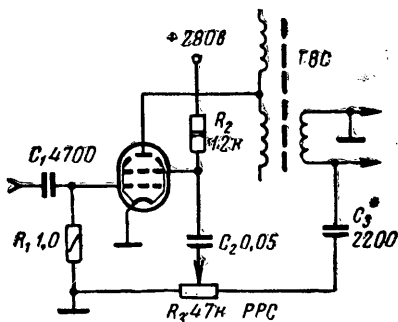


Рис. 54. Регулирование размера изображения по горизонтали с помощью отрицательной обратной связи по экранирующей сетке оконечной лампы строчной развертки

3.8. Регулировка размера изображения по вертикали

Размер изображения по вертикали в телевизоре не остается неизменным так же, как и горизонтальный размер, причем в этом случае действуют все те же причины, которые были рассмотрены в предыдущем параграфе.

Однако существуют и другие, специфические особенности, влияющие на размер изображения по вертикали в большей степени, чем на размер по горизонтали. К ним относятся в первую очередь различие в режимах работы оконечных ламп и различие в частотах генераторов разверток.

Если в строчной развертке оконечная лампа работает по существу в режиме ключа и имеет два рабочих положения — закрытое (ток равен нулю) и полностью открытое (максимальный ток лампы), то оконечная лампа кадровой развертки работает скорее как усилитель мощности и, для нее существенны величина и форма анодного тока во все время прямого хода развертки.

Кроме того, низкая частота кадровой развертки требует больших значений индуктивности либо самих отклоняющих катушек, либо первичной обмотки выходного трансформатора. Последнее обстоятельство вынуждает изготавливать эти катушки или трансформатор с большим числом витков и, следовательно, с большим активным сопротивлением ($R_{акт}$). Это сопротивление так или иначе включено последовательно в цепь полезной нагрузки, и на нем бесполезно теряется часть мощности отклоняющего тока.

В процессе работы телевизора большинство узлов развертки (и, в частности, ОС, ТВС, ТВК) нагреваются до температуры $50 \div 70^\circ \text{C}$, что приводит к заметному увеличению сопротивления потерь. А так как на $R_{\text{акт}}$ падает полезная мощность отклонения, то при прогреве телевизора величина бесполезно теряемой мощности становится больше, а полезной — на столько же меньше, что приводит к дополнительному уменьшению размера изображения даже при неизменных прочих факторах. Это делает совершенно необходимым введение в схему телевизора регулятора размера изображения по вертикали.

Так как оконечная лампа кадровой развертки работает в усилительном режиме, оказывается возможным регулировать размер изображения по вертикали путем изменения размаха пилообразного напряжения на ее управляющей сетке. При таком способе процесс регулирования не связан с затратами мощности и почти не влияет на остальные параметры развертки.

На рис. 55 приведены две схемы ручных регуляторов размера кадров (РРК), использующие этот принцип. Электрические схемы

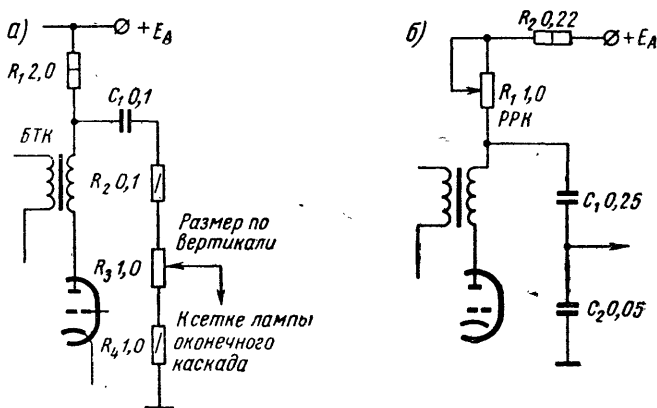


Рис. 55. Регулирование размера изображения по вертикали:

а) с помощью потенциометрического делителя сигнала на сетке оконечного каскада кадровой развертки; б) путем изменения нагрузки блокинг-генератора кадров

равноценны, поэтому обе встречаются одинаково часто. Значительно реже применяются схемы РРК, использующие другой принцип. В качестве примера можно назвать телевизор «Рембрандт», где регулятор включен последовательно в анодно-экранную цепь оконечного каскада кадровой развертки и изменяет величину постоянного напряжения на этих электродах.

3.9. Стабилизация размера изображения по горизонтали

Стремление к автоматизации процесса регулировки горизонтального размера изображения привело к созданию специальных схем, выполняющих эту операцию. Такие схемы получили общее название стабилизаторов размера изображения (СР) и широко применяются в большинстве современных моделей телевизоров.

Несмотря на многочисленность практических схем СР и различные принципы получения управляющего сигнала, в их основе лежит общий компенсационный метод управления анодным током оконечной лампы блока строчной развертки путем изменения смещения на ее управляющей сетке.

Метод основан на том, что при любых прочих условиях величина анодного тока оконечной лампы, а следовательно, и полезная мощность отклоняющего тока, жестко связанная с размером изображения, являются некоторой функцией отрицательного напряжения на сетке оконечной лампы.

Если величину смещения на этой сетке сделать зависящей от величины отклоняющего тока и правильно выбрать количественную сторону этой зависимости, то можно получить систему автоматического регулирования, имеющую в некоторых пределах нулевую (или очень малую) ошибку.

В практических схемах СР обычно за регулируемый параметр принимают не величину отклоняющего тока, а размах импульсов на одной из обмоток ТВС во время обратного хода. Такая замена возможна потому, что величины этих параметров практически строго пропорциональны, а схема СР в последнем случае получается значительно проще.

Рассмотрим подробнее принцип работы СР на конкретных схемах. В схеме на рис. 56, использованной в промышленном телевизоре «Беларусь-110», триод Λ_1 работает в качестве специальной лампы СР по уже известному нам «ключевому» принципу. Напряжение на катоде лампы стабилизировано газовым стабилизовольтом типа СГ2-П и поэтому остается неизменным при любых изменениях (разумеется, в определенных пределах) как питающих напряжений,

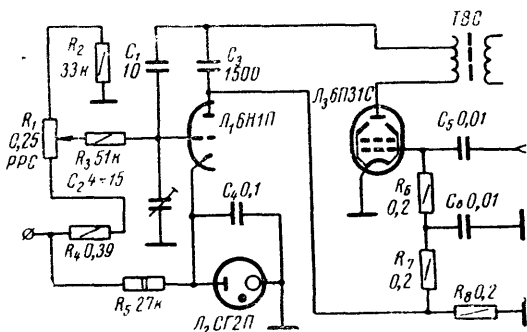


Рис. 56. Схема стабилизации размера изображения по горизонтали

так и различных параметров блока развертки. Постоянное напряжение на сетке лампы может регулироваться потенциометром R_1 , причем от его положения зависит запирающее напряжение, а следовательно, и величина анодного тока лампы.

И анод и сетка триода через конденсаторы C_3 и C_1 подключены к обмотке ТВС, с которой во время обратного хода развертки снимаются положительные импульсы напряжения, открывающие ключевую лампу СР.

Легко видеть, что величина импульса тока через лампу будет прямо пропорциональна величине импульсов напряжения на обмотке ТВС. В свою очередь, от величины импульсов анодного тока будет зависеть заряд конденсатора C_3 , и, следовательно, величина напряжения на нем, минус которого и является сигналом ошибки, используемым непосредственно для регулирования оконечной лампы строчной развертки.

Ясно, что чем больше импульс на обмотке ТВС, тем больше и минус на сетке оконечной лампы, увеличение которого приводит к уменьшению ее анодного тока и, как следствие, к уменьшению импульсов напряжения на обмотках ТВС. Такой же автоматизм процесса, но в обратной фазе, сохраняется и при уменьшении импульсов напряжения на обмотках ТВС.

От положения потенциометра R_1 зависит исходная величина импульсов анодного тока ключевой лампы, а следовательно, и первоначальная величина минуса на выходе СР, поэтому с его помощью оказывается возможным регулировать размер изображения вручную, не нарушая при этом автоматизма работы СР.

С помощью полупеременного конденсатора C_2 подбирают величину управляющих импульсов на сетке ключевой лампы или, что то же самое, степень компенсирующего действия схемы, добываясь неизменности размера изображения в возможно более широком интервале колебаний питающих напряжений и остальных параметров развертки.

При указанных на схеме величинах резисторов и конденсаторов система обеспечивает стабилизацию размера изображения и величины ускоряющего напряжения на аноде кинескопа в пределах $\pm 2\%$ при нестабильности питающих напряжений до $\pm 10\%$.

К недостаткам схемы следует отнести необходимость применения отдельной дополнительной лампы и газового стабилизатора напряжения.

Схема на рис. 57 свободна от указанных недостатков. Здесь преобразователем импульсов напряжения на ТВС в постоянное напряжение смещения оконечной лампы служит специальное нелинейное сопротивление — варистор, характеристика которого на одном из участков рабочих напряжений имеет «диодный» характер.

Это позволяет одновременно использовать варистор и как выпрямитель импульсов, и как стабилизатор постоянного положительного напряжения, подводимого к нему от источника «подпитки» блока строчной развертки.

В остальном принцип действия схемы подобен описанному в начале параграфа. Импульсы положительной полярности с обмотки ТВС выпрямляются варистором и заряжают конденсатор C_2 до некоторой величины, пропорциональной размаху импульсов, причем минус выпрямленного напряжения подается на «холодный» конец

резистора утечки сетки оконечной лампы строчной развертки, осуществляя управление ее анодным током.

Хотя теоретически первая схема может обеспечить более близкое к идеальному регулирование, чем вторая, на практике обе схе-

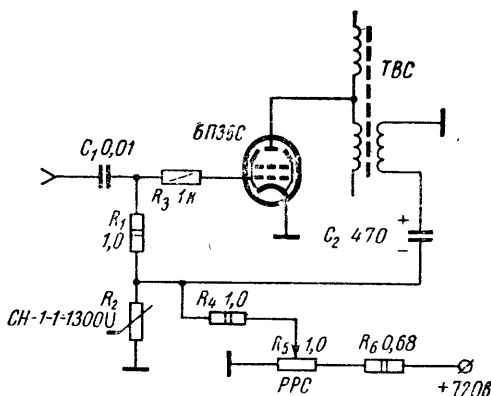


Рис. 57. Стабилизация размера изображения по горизонтали с помощью варистора

мы позволяют получить требуемую степень стабилизации размера изображения, в силу чего вторая схема, как более простая, получила и большее распространение.

Нет смысла рассматривать другие схемы СР, которых существует очень много, так как все они отличаются от других описанных не методом, а лишь типом ламп и варисторов и способами их включения.

3.10. Стабилизация размера изображения по вертикали

Способы стабилизации вертикального размера изображения в телевизорах несколько отличаются от описанных в предыдущем параграфе. Дело в том, что, как уже говорилось, оконечная лампа блока кадровой развертки работает в значительной мере как усилитель мощности пилообразного напряжения, подводимого к его сетке, что позволяет осуществить стабилизацию выходного сигнала, используя в качестве сигнала ошибки его часть.

Для этого сигнал ошибки, амплитуда которого строго пропорциональна величине главного регулируемого параметра — пилообразного тока в отклоняющих катушках — после предварительного дополнительного усиления и инверсирования по фазе подается во входную (сеточную) цепь оконечной лампы таким образом, чтобы он, складываясь с основным, полностью компенсировал изменение отклоняющего тока независимо от вызвавших его причин.

Это последнее обстоятельство делает регуляторы подобного типа особенно ценными, поскольку они реагируют на любые внешние

причины, прямо или косвенно влияющие на величину отклоняющего тока.

Если не считать сложности схем этого рода и наличия в них дополнительной лампы, они вполне современны и достаточно совершенны для телевизоров самого высокого класса.

На рис. 58 приведена полная схема блока кадровой развертки телевизора «Темп-7М». Здесь правая половина лампы Λ_1 работает

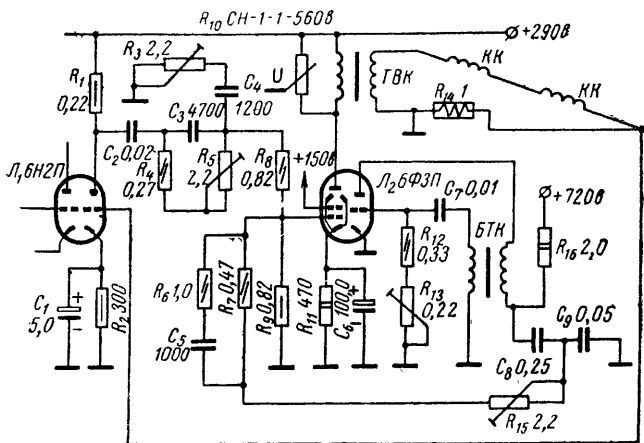


Рис. 58. Схема блока кадровой развертки телевизора «Темп-7М»

усилителем в системе автоматической регулировки размера изображения по вертикали.

Проволочный резистор R_{14} величиной 1 ом включен последовательно в цепь кадровых отклоняющих катушек ОО, поэтому форма напряжения на нем в точности повторяет форму отклоняющего тока, а величина его строго пропорциональна амплитуде отклоняющего тока.

Это и есть напряжение ошибки системы автоматического регулирования. Оно приложено к сетке лампы Λ_2 , усиливается ею, изменяется по фазе и вновь подается на сетку оконечной лампы кадровой развертки вместе с основным напряжением раскачки.

Если параметры схемы выбраны соответствующим образом, то она обеспечивает почти идеальное автоматическое регулирование (около 1% при изменении питающего напряжения на 10%).

Однако нетрудно заметить, что эта схема обеспечивает стабильность величины отклоняющего тока, но не размера изображения, поскольку размер изображения является функцией двух переменных: отклоняющего тока и полного сопротивления отклоняющих катушек.

А уже было указано, что полное сопротивление отклоняющих катушек может значительно изменяться от прогрева телевизора. Таким образом, для компенсации изменения $Z_{\text{полн}}$ кадровых катушек

нужно применять дополнительные меры, наиболее эффективной из которых можно считать включение в цепь катушек специальных терморезисторов — термисторов.

Термистор представляет собой активное сопротивление с отрицательным температурным коэффициентом. Это означает, что при нагревании термистора его сопротивление не увеличивается, как у обычных резисторов, а уменьшается.

Принцип использования терморезистора в схеме стабилизации чрезвычайно прост: в цепь кадровых отклоняющих катушек КК последовательно включают терморезистор, сопротивление которого при комнатной температуре составит 15÷25% от сопротивления холодных кадровых катушек. Терморезистор лучше всего разместить внутри отклоняющей системы непосредственно на кадровых катушках.

При включении телевизора, когда катушки и терморезистор еще холодные, устанавливают нужный размер изображения с помощью установочного ручного регулятора РРК. В дальнейшем по мере прогрева отклоняющей системы сопротивление отклоняющих катушек будет возрастать, а сопротивление термистора — уменьшаться. Если эти изменения сопротивления будут равны между собой по абсолютной величине, то значение отклоняющего тока и размах отклонения луча будут оставаться неизменными.

Если не удастся подобрать термистор с нужным законом изменения сопротивления, необходимо применить термистор с возможно большей крутизной характеристики, и в зависимости от характера его компенсирующего действия (недокомпенсация или перекомпенсация) включить параллельно этому термистору либо другой термистор, либо обычный резистор соответствующей величины.

Во всех случаях при использовании термистора необходимо, чтобы схема кадровой развертки обеспечивала первоначальный размер изображения, на 40÷60% превышающий номинальный, без заметного увеличения нелинейности, поскольку при введении термистора начальный размер изображения по сравнению с нестабилизированной схемой заметно уменьшается.

3.11. Регулировка линейности по горизонтали

Телевизионное изображение всегда нелинейно. Это значит, что при воспроизведении геометрически правильной испытательной тест-таблицы отдельные ее элементы будут воспроизводиться с искажениями: круги — в виде эллипсов или, даже, яйцевидной формы, часть квадратов — в виде прямоугольников и т. п. Однако эти искажения не всегда бывают заметны на глаз.

При передаче тест-таблицы или так называемого «шахматного поля» специалист замечает нелинейность порядка 3÷4%, тогда как обычный зритель при передаче подвижных изображений любого содержания (кроме печатного текста и правильных геометрических фигур) не замечает искажений порядка 6÷8% по вертикали и 9÷12% по горизонтали.

Нелинейные искажения обуславливаются многими факторами, однако их непосредственной причиной всегда является неодинаковая скорость движения луча во время одного периода прямого хода развертки.

Если же вспомнить, что равномерное движение луча возможно только при строго пилообразной форме отклоняющего тока, то становится понятным, что нелинейность изображения так или иначе связана с искажениями формы отклоняющих токов и напряжений.

Действительно, если рассмотреть графики искаженной формы строчного отклоняющего тока (рис. 59), то можно сказать, что в первом случае (рис. 59а) ток в начале периода растет весьма быст-

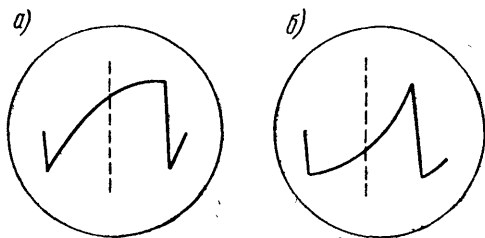


Рис. 59. Искажения формы строчного отклоняющего тока:
нелинейность в конце периода (а) и в начале периода (б)

ро, а начиная с половины периода (с середины строки), его рост замедляется. Это значит, что до середины строки луч движется быстрее, чем после середины. Во втором случае (рис. 59б) наблюдается обратная картина.

Если при этом вдоль строки передаются равные по длительности чередующиеся темные и светлые отрезки, то в первом случае левые отрезки будут длиннее правых, а во втором — правые длиннее левых.

Для устранения или хотя бы уменьшения нелинейных искажений в развертках телевизора желательно иметь регуляторы линейности, позволяющие нужным образом влиять на форму отклоняющих токов и напряжений. Рассмотрим схемы наиболее типичных из них.

Схема рис. 60 работает за счет изменения параметров зарядно-разрядной цепи, причем изменение величины резистора R_5 позволяет менять линейность по строкам с правой стороны, а резистора R_4 — в середине раstra. При этом следует иметь в виду, что вращение потенциометра R_4 одновременно с линейностью изображения меняет в некоторых пределах и частоту строчной развертки, поэтому при регулировке линейности нужно каким-нибудь другим элементом схемы одновременно корректировать изменение частоты задающего генератора.

Совершенно по иному принципу работает регулятор линейности, изображенный на рис. 61. Здесь в цепь строчных отклоняющих катушек включены последовательно две небольшие катушки индуктивности, намотанные на общем ферритовом стержне, возле которых помещается подвижный постоянный магнит в форме цилиндра или бруска квадратного сечения. Изменение положения магнита относительно этих дополнительных катушек изменяет их индуктивность и, следовательно, реактивное сопротивление, что, в свою очередь,

вызывает изменение относительных размеров правой и левой половин изображения, т. е. изменение линейности по горизонтали.

Единственный недостаток схемы рис. 61 — некоторое снижение первоначального размера изображения по горизонтали за счет падения пилообразного напряжения на катушках линейности.

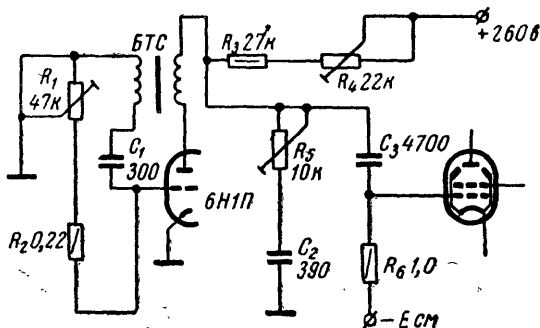


Рис. 60. Регулирование линейности по горизонтали изменением формы пилообразного напряжения на сетке оконечной лампы строчной развертки

Резисторы R_1 и R_2 , шунтирующие эти катушки, предотвращают возникновение свободных колебаний в строчной развертке во время обратного хода.

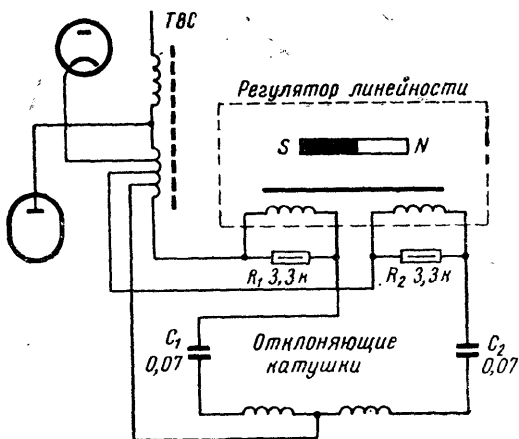


Рис. 61. Регулирование линейности по горизонтали постоянным магнитом

высшие частоты будут ослабляться в большей степени, чем нижние, но одновременно уменьшится действие отрицательной обратной связи, что приведет к некоторому увеличению общего размера изображения. Это положение регулятора соответствует сжатию изображения в верхней части раstra.

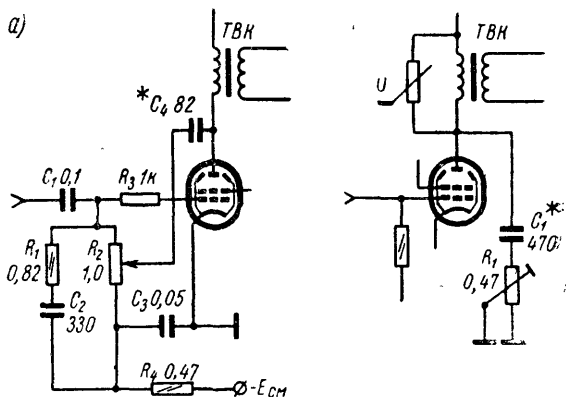


Рис. 63. Регуляторы линейности верхней части изображения с помощью цепи отрицательной обратной связи (а) и реактивно-емкостного шунта (б)

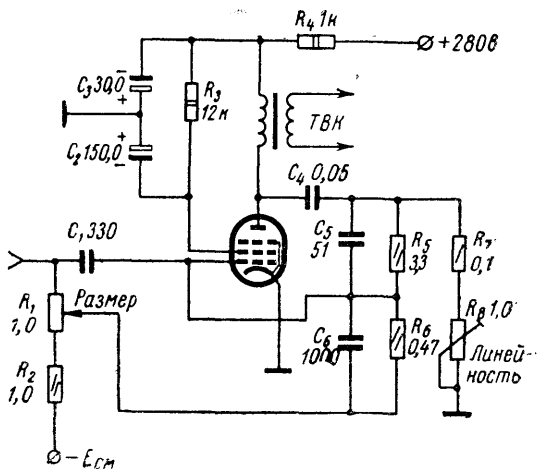


Рис. 64. Схема регулирования линейности по вертикали путем «перекачивания» изображения

При вращении регулятора из среднего положения в противоположную сторону высокие частоты будут ослабляться меньше, а глубина отрицательной обратной связи увеличится, что приведет к уменьшению общего размера изображения и одновременному растягиванию верхней части изображения.

Таким образом, вращая регулятор в одну сторону, как бы изменяют линейность верхней части, «перекачивая» изображение вниз, а при вращении регулятора в другую сторону растягивают верхнюю часть изображения, т. е. «перекачивают» изображение вверх.

3.13. Системы центровки изображения

Необходимость введения в телевизор специальных органов центровки изображения вызывается, во-первых, неидеальной юстировкой электронного прожектора кинескопа, приводящей к смещению неотклоненного луча от геометрического центра экрана, а, во-вторых, неточным изготовлением отклоняющей системы. Наконец, немаловажно влияние на положение изображения на экране кинескопа положения магнита ионной ловушки, постоянных магнитных полей от магнитной системы громкоговорителя и других подобных причин.

Изображение на экране телевизора можно смещать в разных направлениях с помощью совершенно различных систем. Например, на рис. 65 показана схема, позволяющая совершенно независимо

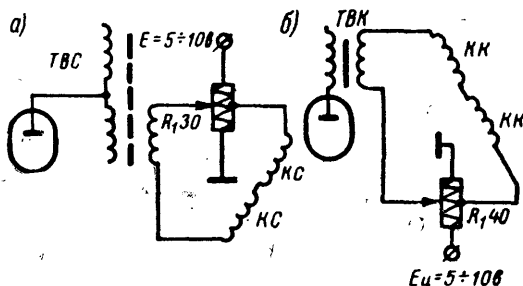


Рис. 65. Регуляторы центровки изображения по строкам (а) и кадрам (б)

друг от друга и отдельно осуществлять смещение изображения вправо и влево, а также вверх и вниз. Смещение изображения в этой схеме происходит из-за того, что в цепь отклоняющих катушек, помимо пилообразного отклоняющего тока, вводится постоянный ток, величина которого зависит от угла поворота регулятора центровки, а полярность — от направления поворота. Наличие двух таких регуляторов в телевизоре позволяет всегда осуществить точную установку изображения по центру экрана (или по центру обрамляющей маски).

Тем не менее эта, некогда очень распространенная, система центровки сейчас практически уже не применяется. Объясняется это тем, что она требует использования двух нестандартных проволо-

ных потенциометров, наличия специального источника постоянного тока (или, по крайней мере, отдельного делителя напряжения с хорошей фильтрацией), и, что самое главное, эта система может быть с успехом заменена более дешевой системой магнитной центровки.

Магнитный способ центровки изображения основан на введении в пространство вокруг электронно-оптической системы кинескопа дополнительного поля от специального постоянного магнита центровки, надеваемого на горловину кинескопа непосредственно позади отклоняющей системы. Дополнительное поле формируется специальным ярмом (магнитопроводом), причем важно, чтобы цепь магнитопровода в одном месте была разорвана, так как при замкнутых магнитных силовых линиях поле вокруг трубки будет равномерным, и такой магнит не будет вызывать смещения изображения.

Вращение магнита центровки вызывает одновременное смещение изображения и по горизонтали и по вертикали, в результате чего при повороте ручки центровки изображение обычно перемещается по диагонали из одного угла экрана в другой. Это несколько затрудняет установку изображения точно в центре экрана.

Магнитной системе присущ и другой недостаток, от которого свободна электрическая система: центровка магнитом иногда сопровождается появлением затемнения одного из углов кинескопа и частичной расфокусировкой изображения.

3.14. Фокусирование изображения

Фокусирование изображения в телевизоре сводится к фокусированию электронного луча кинескопа точно на поверхности люминофора, т. е. к превращению проекции луча на экране из пятна в точку. Это оказывается возможным при воздействии на луч постоянным электрическим или магнитным полем определенной конфигурации и интенсивности.

В кинескопах с магнитной фокусировкой фокусирующее поле создается специальной катушкой — соленоидом, надеваемой снаружи на горловину кинескопа непосредственно за отклоняющей системой, а в кинескопах с электростатической фокусировкой — специальным фокусирующим электродом, вводимым в конструкцию электронного прожектора кинескопа. И в том и в другом случае конфигурация фокусирующего поля определяется конструкцией и размерами соленоида или фокусирующего электрода, а процесс фокусирования сводится к изменению величины постоянного тока через соленоид (при магнитной фокусировке) или постоянного напряжения на фокусирующем электроде (при электростатической фокусировке).

На рис. 66 приведены схемы регуляторов фокусировки обоих типов. В первой схеме фокусирующую катушку и регулятор фокусировки удобнее всего включить в разрыв минусовой цепи общего выпрямителя питания телевизора, так как при этом отпадает необходимость в специальном источнике постоянного напряжения для схемы фокусировки. В качестве регулятора приходится использовать довольно мощный проволочный потенциометр, что является одним из недостатков магнитной системы.

У кинескопов с электростатической фокусировкой луча изменение напряжения на фокусирующем электроде даже в очень боль-

ших пределах вызывает незначительное изменение фокусировки, поэтому в качестве регулятора обычно используют высокоомный потенциометр (порядка $0,5 \div 1,5 \text{ Мом}$), к которому подводят напряжение порядка $600 \div 800 \text{ в}$ от источника «вольтодобавки» строчной развертки. По этой же причине работу электростатического регулятора фокусировки лучше проверять по тест-таблице, а не на чистом растре или во время передачи.

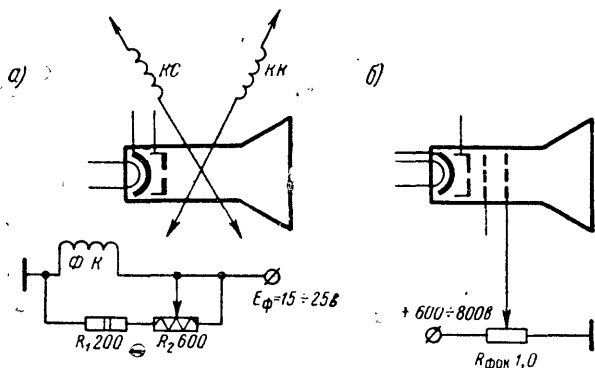


Рис. 66. Регуляторы фокусировки кинескопов с магнитной (а) и электростатической (б) фокусирующими системами

Если окажется, что наилучшая фокусировка получается при нулевом напряжении на фокусирующем электроде, рекомендуется несколько изменить напряжение на экранирующей сетке кинескопа таким расчетом, чтобы наилучшая фокусировка луча получалась ближе к среднему положению регулятора фокусировки.

3.15. Регулировка частоты строк и кадров

Ручная регулировка частоты строк в настоящее время почти во всех телевизорах осуществляется изменением постоянной времени RC цепочки в задающем генераторе, причем в подавляющем большинстве случаев регулируемым элементом является резистор. Схемы регулирования частоты строк не отличаются никакими особенностями, не критичны к месту включения регулятора и по электрическим данным совершенно равноценны. Единственный параметр любого ручного регулятора частоты строк — частотный диапазон регулирования — определяется соотношением сопротивлений потенциометра регулятора и ограничительного резистора, включаемого последовательно с основным регулятором. Подбором величины ограничительного резистора устанавливают необходимый предел регулировки частоты строк.

Типичные схемы регуляторов частоты строк приведены на рис. 67. Все сказанное выше полностью распространяется и на ручные регуляторы частоты кадров, отличающиеся от регуляторов частоты строк в основном лишь величинами элементов схем. Практические

схемы регуляторов частоты кадров с указанием номиналов всех деталей приведены на рис. 68.

Вопрос о правильном выборе пределов регулирования частоты строк и кадров подробно рассмотрен в параграфе 1.4.

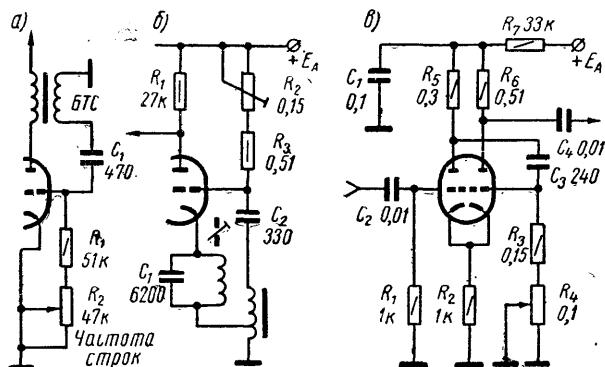


Рис. 67. Регуляторы частоты строк для схем блокинг-генераторов (а, б) и схемы мультивибратора (в)

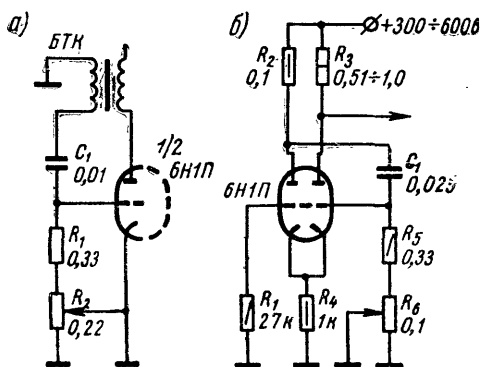


Рис. 68. Регуляторы частоты кадров для блокинг-генератора (а) и мультивибратора (б)

3.16. Системы автоподстройки частоты строк

Поскольку регулировка частоты строк в телевизоре не является функционально необходимой, а призвана лишь компенсировать неизбежные самопроизвольные изменения собственной частоты задающего генератора, во всех случаях желательно ручную регулировку частоты строк заменять автоматической.

Принципиально возможно создание систем автоподстройки, использующих различные принципы и физические процессы, однако на практике больше распространены системы автоподстройки частоты и фазы задающего генератора (АПЧиф), использующие принцип сравнения собственных колебаний генератора развертки со строчными синхроимпульсами, выработки постоянного напряжения ошибки и управления с помощью этого напряжения частотой задающего генератора путем изменения величины смещения на сетке его лампы.

Такие системы в различных модификациях применяются в большинстве современных телевизоров, поэтому здесь будет рассмотрен подробнее принцип работы этих схем.

В анодную цепь усилителя строчных синхроимпульсов рис. 69 (лампа L_1) включена первичная обмотка специального импульсного трансформатора Tr_1 , вторичная обмотка которого имеет отвод от средней точки.

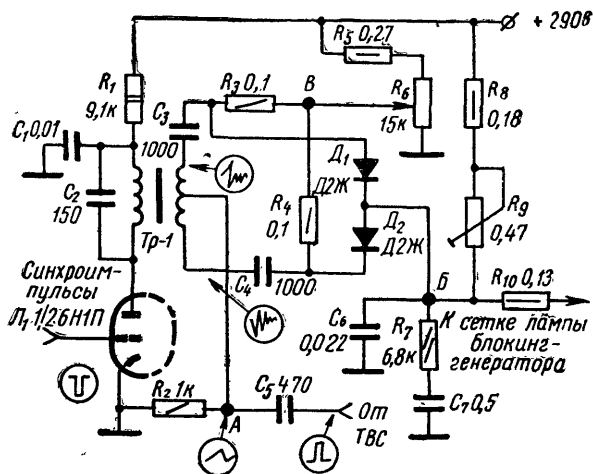


Рис. 69. Схема АПЧиф строчной развертки телевизора с импульсным фазовращающим трансформатором

Ясно, что по отношению к этому отводу сигналы на концах обмотки будут равны по величине и противоположны по фазе, как это показано на схеме. Поскольку, кроме того, равны между собой величины сопротивлений резисторов нагрузки и емкости разделительных конденсаторов, то и результирующее напряжение на выходе фазового детектора равно нулю.

Однако из схемы видно, что к средней точке вторичной обмотки трансформатора Tr_1 через дифференцирующую цепочку R_2C_5 подводятся еще и импульсы со вторичной обмотки выходного трансформатора строчной развертки (ТВС).

Известно, что при дифференцировании импульсов, возникающих на обмотке ТВС, можно получить напряжение, близкое по форме к пилообразному, причем направление наклона этой пилы зависит от полярности подаваемых импульсов. В частности, при дифференцировании положительных импульсов наклон «пилы» будет таким, как показано на рис. 69 в кружочке.

Поскольку это напряжение само не содержит постоянной составляющей, напряжение на средней точке вторичной обмотки Tr_1 будет равно нулю в середине периода «пилы», а в начале и в конце периода оно будет либо положительным, либо отрицательным, однако среднее постоянное напряжение в точке A в целом за период (а следовательно, и за любое количество периодов) будет равно нулю.

Таким образом, если частота следования синхроимпульсов совпадает с серединой периода пилообразного напряжения на выходе дифференцирующей цепочки R_2C_5 , что возможно лишь при совершенно точном (с точностью до фазы) совпадении собственных частот задающих генераторов развертки на телецентре и в телевизоре, то постоянное напряжение на выходе схемы сравнения (в точке B) будет равно нулю.

Если же синхроимпульсы будут опережать нулевое значение пилообразного напряжения или отставать от него, картина изменится. Допустим, что синхроимпульс поступил на дискриминатор, когда пилообразное напряжение создает в точке A положительный потенциал. Тогда разность потенциалов между анодом и катодом диода D_1 уменьшится, а диода D_2 — увеличится на величину пилообразного напряжения в момент прихода синхроимпульса.

Это приведет к тому, что ток через диод D_1 окажется меньше тока через диод D_2 , что приведет к неодинаковым падениям напряжения на резисторах нагрузки диодов и появлению результирующего напряжения ошибки в точке B .

Поскольку точка B гальванически связана с сеткой задающего генератора, имеющей в нормальных условиях значительный отрицательный потенциал, в схему АПЧиФ вводят дополнительную регулируемую цепочку R_8, R_9 , позволяющую при регулировке схемы устанавливать в точке B нулевой потенциал в момент точной синхронизации задающего генератора.

Цепочка R_5, R_6 позволяет аналогично изменять начальное напряжение в точке B и тем самым осуществлять ручную регулировку частоты строк.

Конденсатор C_6 и цепочка R_7, C_7 являются фильтром нижних частот, предотвращающим попадание на сетку задающего генератора переменной составляющей с выхода системы АПЧиФ.

В некоторых схемах для получения разнополярных импульсов синхронизации вместо специального импульсного трансформатора применяют каскад с разделенными нагрузками (рис. 70), однако эти схемы не имеют существенных преимуществ перед трансформаторными. На приведенной схеме, кроме того, вместо дифференцирования импульса с ТВС применено его интегрирование, что изменяет наклон получаемого пилообразного напряжения на обратный.

Обе рассмотренные схемы являются сбалансированными, т. е. управляющее напряжение в выходной точке схемы относительно шасси в момент точного совпадения частот равно нулю. Кроме них, существуют и несбалансированные схемы, однако принцип их работы

не отличается от рассмотренного выше, поэтому здесь не будут рассматриваться такие схемы.

Если задающий генератор строчной развертки является синусоидальным, то напряжение с выхода систем АПЧиФ подается на обычную реактивную лампу, которая и осуществляет управление частотой генератора.

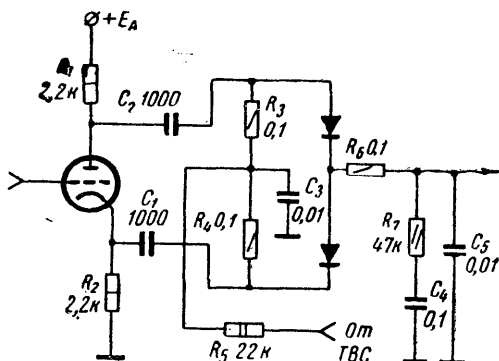


Рис. 70. Схема АПЧиФ строчной развертки телевизора с фазоинвертором на триоде

3.17. Системы автоподстройки частоты кадров

Все приведенные в предыдущем параграфе соображения о целесообразности автоматической подстройки частоты строк в телевизоре полностью распространяются и на генератор частоты кадров, однако соображения по выбору схем для систем автоподстройки частоты кадров оказываются несколько иными.

Дело в том, что из-за низкой частоты кадровой развертки обычная система АПЧиФ оказывается довольно громоздкой и дорогой из-за необходимости иметь трансформатор с большими индуктивностями обмоток и цепочки RC с большими постоянными времени.

В то же время задающий генератор кадровой развертки в меньшей мере подвержен влиянию собственных шумов и внешних помех, чем строчный задающий генератор, поэтому от ручного регулятора частоты кадров можно было бы отказаться даже и при непосредственной (импульсной) синхронизации, если бы удалось в достаточной мере расширить по частоте пределы удержания генератора в синхронизме.

Однако известно, что импульсная синхронизация блокинг-генератора и мультивибратора может осуществляться лишь в том случае, когда частота свободных колебаний задающего генератора ниже частоты следования синхрои́мпульсов. Поэтому полоса захвата при импульсной синхронизации лежит только по одну сторону от рабочей частоты генератора, а именно в сторону ее понижения.

Если собственная частота генератора почему-либо повысилась, генератор выпадает из синхронизма, и возникает необходимость в ручной регулировке частоты кадров.

Сравнительно несложное устройство позволяет устранить этот специфический недостаток импульсной системы синхронизации и

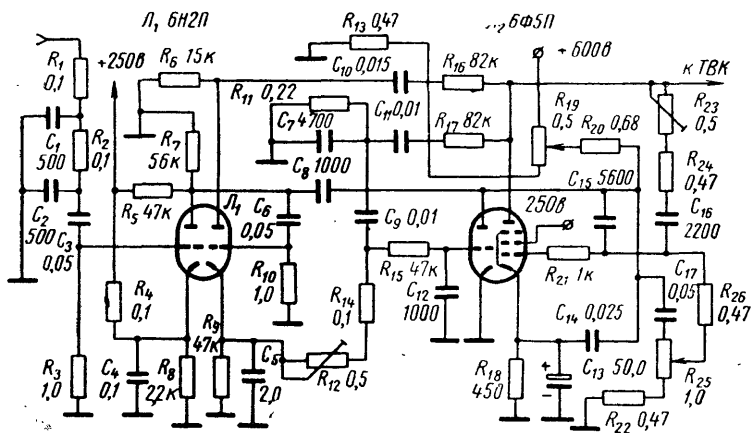


Рис. 71. Система АПЧ задающего генератора кадровой развертки

исключить из схемы телевизора ручной регулятор частоты кадров.

В схеме рис. 71 (схема приводится из брошюры И. Н. Баскира и В. Ф. Костинова «Автоматические регулировки в телевизорах») на сетку левого триода Λ_1 в положительной полярности поступают проинтегрированные кадровые синхрои́мпульсы, которые усиливаются им и затем снимаются с его анода одновременно на сетку лампы каскада совпадений (правый триод, лампа Λ_1) и на анод задающего генератора кадров (в данном случае — мультивибратора, лампа Λ_2), осуществляя его непосредственную импульсную синхронизацию.

На анод правого триода подаются с анода оконечного каскада кадровой развертки продифференцированные импульсы обратного хода.

Когда мультивибратор засинхронизирован, этот импульс совпадает по времени с отрицательным синхрои́мпульсом на сетке того же триода, а так как величина синхрои́мпульса превышает напряжение запира́ния триода, ток через лампу должен отсутствовать.

Однако, в силу того, что длительность импульса обратного хода (1÷1,5 мсек) в 3—5 раз превышает длительность синхрои́мпульса, запи́рание будет неполным, и через лампу потечет некоторый ток, который создаст на резисторе R_9 некоторое падение напряжения. Это напряжение вводится в цепь сетки лампы мультивибратора и будет влиять на частоту последнего.

При понижении частоты свободных колебаний задающего генератора его синхронизация будет осуществляться обычным путем, с помощью синхрои́мпульсов, снимаемых с анода левого триода.

Если же частота свободных колебаний мультивибратора превысит номинальную, импульсы на анод лампы каскада совпадений начнут приходить в отсутствие запирающих импульсов на ее сетке, ток лампы резко возрастет, увеличится падение напряжения на резисторе R_9 , что немедленно приведет к снижению собственной частоты мультивибратора до значения, при котором возобновится импульсная синхронизация.

Эта схема позволяет удерживать мультивибратор в синхронизме при изменении частоты его свободных колебаний в диапазоне $44 \div 56$ гц, что вполне позволяет отказаться от ручного регулятора частоты кадров.

Весьма интересна работающая по совершенно иному принципу схема автоподстройки частоты кадров, предложенная И. Т. Акулиничевым (рис. 72). В ней L_1 и L_2 — тиратроны с холодным катодом

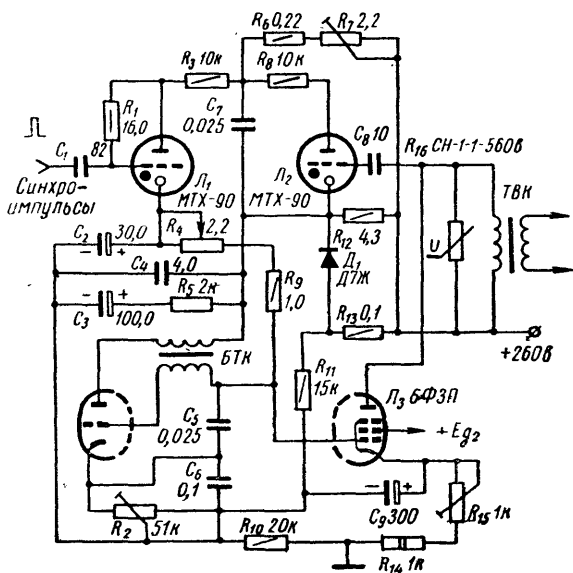


Рис. 72. Система АПЧ задающего генератора кадровой развертки с фазовым детектором на тиратронах типа МТХ-90

дом типа МТХ-90, работающие в схеме фазового детектора. Отпирание правого тиратрона осуществляется положительными импульсами обратного хода, снимаемыми с анода оконечной лампы кадровой развертки, левого тиратрона — положительными кадровыми синхроимпульсами.

Нагрузка у обоих тиратронов общая (резисторы $R_6 + R_7$), через нее осуществляется заряд конденсатора C_7 . Разряд этого конденсатора происходит через тиратроны, причем разряжается он преиму-

щественно через более открытый тиратрон. В свою очередь, степень открытия и время начала открытия тиратрона, как видно из схемы, зависят от величины открывающих импульсов и времени их прихода.

Ток через тиратроны создает на резисторах в их катодных цепях падения напряжения, одно из которых используется для управления частотой блокинг-генератора по его анодной цепи, другое — по сеточной.

Таким образом, при повышении собственной частоты блокинг-генератора отпирающие импульсы на правый тиратрон будут поступать раньше, чем на левый, вследствие чего конденсатор C_7 будет преимущественно разряжаться через правый тиратрон, понижая частоту задающего генератора.

При понижении частоты генератора раньше отопрется левый тиратрон, так как частота синхроимпульсов при этом окажется выше собственной частоты генератора, и конденсатор C_7 , разряжаясь через левый тиратрон, выработает сигнал ошибки, ведущий к повышению собственной частоты генератора.

Схема имеет довольно большую область захвата и удержания, однако она не защищена от воздействия импульсных помех и критична к стабильности питающих напряжений. Кроме того, система очень инерционна, и поэтому вхождение в синхронизм происходит очень медленно.

3.18. Дистанционное проводное управление

Дистанционное управление (ДУ) телевизором преследует исключительно одну цель — создание комфорта при пользовании им. В то же время есть и объективная причина, вызвавшая появление систем ДУ. Это — рост размеров изображения. Дело в том, в телевизорах с диагональю экрана до 23 см расстояние наилучшей видимости между зрителем и экраном не превышало протянутой руки, поэтому зритель мог беспрепятственно пользоваться всеми органами управления телевизора.

С ростом размеров экрана увеличивалось и расстояние наилучшей видимости, которое, как показывает опыт, лежит в пределах от четырех до шести диагоналей экрана, причем первая цифра соответствует одному-двум, а вторая — пяти и более зрителям.

Это расстояние является оптимальным потому, что с меньшего расстояния уже отчетливо просматривается строчная структура раstra, а при большем расстоянии теряются наиболее мелкие детали изображения. Сказанное наглядно иллюстрирует таблица 1.

Из таблицы видно, что при размерах экрана, превышающих 40 см, зритель находится от экрана на расстоянии, превышающем длину вытянутой руки, поэтому при необходимости произвести какую-либо регулировку в телевизоре он должен встать и подойти к телевизору, что, безусловно, неудобно.

Для устранения этого неудобства применяют кабельные и беспроводные системы ДУ. Кабельные системы представляют собой небольшой пульт, легко уменьшающийся в руке, связанный с телевизором грех-, пятижильным кабелем и имеющий 2—4 регулятора, дублирующие некоторые основные органы управления самого те-

ТАБЛИЦА 1

Тип телевизора	Диагональ экрана, см	Расстояние наилучшей видимости при количестве зрителей, м	
		1-3	5 и более
КВН-49	18	0,7	—
«Т-2 Ленинград»	23	1,0	—
«Луч», «Зенит»	31	1,3	2,0
«Рекорд», «Старт»	35	1,5	2,2
«Темп», «Темп-2»	40	1,7	2,5
«Рубин-102»	43	1,8	2,6
«Темп-6М», «УНТ-47»	47	2,0	3,0
«Темп-7М»	59	2,4	3,5
«Темп-8»	65	2,7	4,0

левизора. К ним обычно относятся регуляторы яркости, громкости и контрастности.

Кабельные системы ДУ весьма просты, не требуют почти никаких изменений и дополнений схемы самих телевизоров и могут быть применены почти во всех промышленных телевизорах.

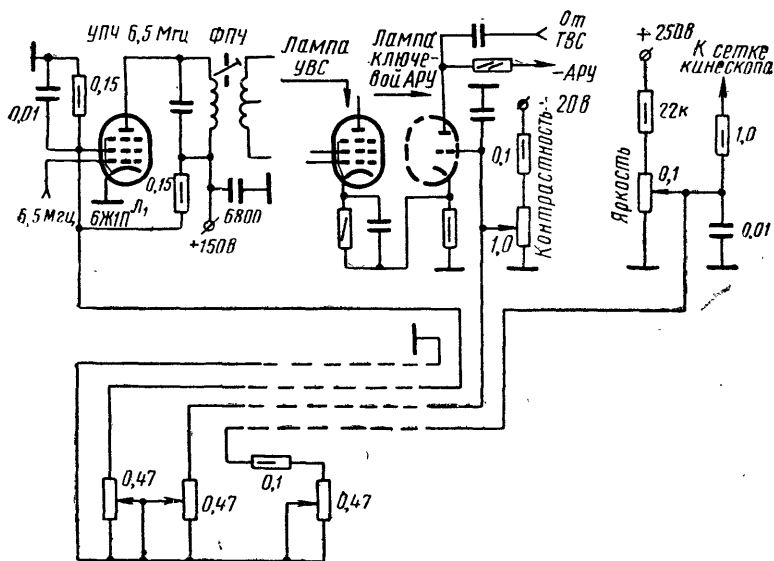


Рис. 73. Схемы регуляторов громкости, яркости и контрастности в кабельной системе дистанционного управления телевизором

К недостаткам кабельных ДУ относятся наличие неудобного и некрасивого кабеля, а, главное, взаимозависимость основных и дистанционных регуляторов. Это приводит к необходимости устанавливать ручки основных регуляторов телевизора в определенное положение перед включением пульта ДУ, а при пользовании основными ручками отключать его.

Электрические схемы наиболее распространенных регулировок в системе кабельного ДУ приведены на рис. 73. Дистанционная регулировка громкости осуществляется в них путем изменения режима экранирующей сетки последнего каскада УПЧ звука, контрастности — регулированием минуса в цепи АРУ, а яркости — путем шунтирования одного плеча основного регулятора.

3.19. Дистанционное беспроводное управление

Дистанционное беспроводное управление (ДБУ) телевизором возможно на основе ультразвукового, радиочастотного или светового воздействия на специальную телемеханическую исполнительную систему. Она представляет собой самостоятельное устройство с приемной, преобразовательной и командной частями и выдает сигналы управления на соответствующие системы регулировки телевизора.

Системы ДБУ очень сложные: содержат много ламп, транзисторов, реле, электродвигателей, редукторов и систем механических передач, поэтому они широко не распространены даже в телевизорах высшего класса.

Такие системы применяются лишь в самых дорогих установках — телекомбайнах, имеющих ограниченный спрос. В отечественных промышленных телевизорах системы ДБУ до сих пор не применялись.

Поскольку практические схемы ДБУ содержат большое число чисто вспомогательных элементов (различные усилители, частотные различители, катодные повторители, преобразователи и т. п.), здесь будут рассмотрены лишь блок-схемы таких устройств, из которых будет понятен принцип их действия (рис. 74).

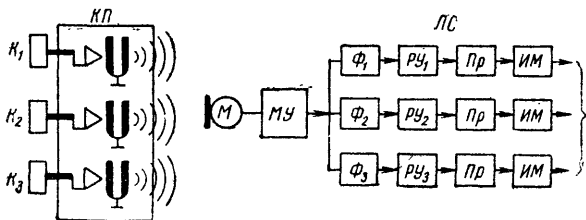


Рис. 74. Блок-схема трехкомандной беспроводной системы дистанционного управления. На рисунке

приняты обозначения:

КП — командный пульт; **ЛС** — логическая схема; **М** — ультразвуковой микрофон; **МУ** — микрофонный усилитель; **K₁, K₂, K₃** — кнопки команд дистанционного управления; **Ф₁, Ф₂, Ф₃** — частоторазделительные фильтры; **РУ** — резонансные усилители; **Пр** — преобразователи видов сигналов; **ИМ** — исполнительные механизмы

Ультразвуковая система ДБУ состоит из командного пульта (КП) и логической схемы (ЛС). Командный пульт представляет собой небольшую пластмассовую коробочку с нажимными кнопками, число которых равно числу рабочих команд. Внутри пульта имеются ультразвуковые камертонные (или другие) излучатели, возбуждаемые при нажатии соответствующей кнопки курковым спуском.

Возбужденный камертон излучает мощный импульс затухающих ультразвуковых колебаний, которые улавливаются специальным ультразвуковым микрофоном в приемнике ЛС, усиливаются им и подаются на избирательную схему, представляющую собой резонансные усилители, число которых соответствует числу рабочих команд, и частоты которых совпадают с частотами камертонов.

Ясно, что сигнал каждого из камертонов может вызвать появление электрического сигнала лишь на выходе того резонансного усилителя, который настроен на частоту соответствующего камертона. Таким способом в ЛС осуществляется разделение команд.

Дальнейшее преобразование выделенной команды зависит от типа дистанционной регулировки. Так, например, для переключения каналов ЛС вырабатывает импульсы, запускающие электродвигатель моторного переключения диапазонов (МПД), причем сама система МПД почти не отличается от описанной выше в главе «Радиоприемники».

Дистанционное включение и выключение звука осуществляется путем подачи управляющего импульса на ждущий мультивибратор, который каждый раз «опрокидывается» от следующего импульса той же полярности.

Если в ЛС остается постоянно «дежурное» питание, то так же просто можно осуществить включение и выключение телевизора с КП.

Радиочастотная и световая системы ДБУ отличаются от ультразвуковой только тем, что на КП вместо камертонов имеются транзисторные вч генераторы, питающиеся от автономного источника питания (батарейки), или обычные лампочки накаливания от карманного фонарика с соответствующими светофильтрами, а в приемнике ЛС входное устройство рассчитано на прием радиосигналов или световых лучей. Остальная часть ЛС по принципу действия не отличается от описанной выше.

Каждой из трех систем свойственны свои достоинства и недостатки. Ультразвуковая система имеет простейший КП, не требующий источника питания, но, как легко видеть, может выдавать только импульсные сигналы, что позволяет осуществлять в телевизоре лишь дискретные регулировки (т. е. в основном — переключения). Эта система не позволяет плавно регулировать яркость, контрастность, громкость.

Две другие системы могут выдавать непрерывные сигналы любой длительности (пока нажата соответствующая кнопка), что позволяет ЛС вырабатывать сигналы длительного воздействия на электродвигатели, которыми можно снабдить практически любой регулятор в телевизоре.

Световая система не имеет преимуществ по сравнению с радиочастотной и в то же время она менее экономична по расходу энергии от автономного источника КП, является остронаправленной системой, в силу чего она не нашла практического применения. Предпочтение все-таки отдается радиочастотной системе.

3.20. Автоматическое выключение телевизора

Автоматическое выключение телевизора по окончании передачи является не только комфортабельным дополнением к системе дистанционного управления, но и в значительной мере служит защитным устройством, предотвращающим возможный выход телевизора из строя, если зритель забудет выключить его из сети по окончании передачи.

Существуют несколько разных способов отключения телевизора от сети. Здесь будет рассмотрена одна из схем, предложенная автором (рис. 75).

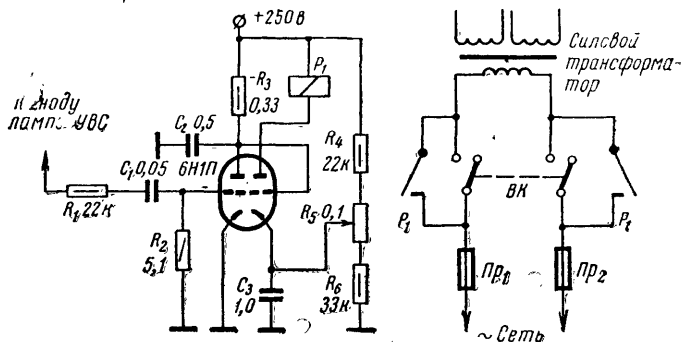


Рис. 75. Схема автоматического выключения телевизора по окончании передачи

Лампа L_1 — двойной триод схемы автоматического выключения. Сеточная цепь левого триода в точности повторяет сеточную цепь лампы синхроселектора. При наличии телевизионного сигнала на сетке лампы возникает большое отрицательное напряжение (порядка десятка вольт), почти полностью запирающее ее.

Незначительный анодный ток лампы создает и незначительное падение напряжения на резисторе нагрузки, поэтому анодное напряжение ее лишь немного отличается от напряжения источника анодного питания.

Это постоянное напряжение приложено непосредственно к сетке второго триода, в анодной цепи которого включено реле P_1 . Потенциометром R_5 можно устанавливать положительное напряжение на катоде лампы в пределах от нуля до $+120 \div 150$ в относительно шасси.

Поскольку напряжение на сетке в этом случае выше, чем на катоде, через лампу течет большой ток, реле сработает и его контакты замкнут контакты обычного выключателя сети. Если теперь выключить телевизор ручным выключателем сети, он все равно будет продолжать работать, поскольку контакты выключателя останутся заблокированы контактами реле.

Если телевизионный сигнал исчезнет, то не будет минуса на сетке левого триода, его анодный ток резко возрастет, напряжение на аноде уменьшится и станет ниже, чем напряжение на катоде


правого триода. Правый триод запрется, и реле в его аноде обесточится, что приведет к размыканию контактов реле и отключению телевизора от сети.

Для повторного включения телевизора понадобится вновь замкнуть контакты ручного выключателя.

Легко видеть, что пока ручной выключатель остается включенным, система автоматического отключения **не** будет работать, поэтому после включения телевизора и появления нормального изображения нужно перевести ручной выключатель в положение **Выключено**. При этом система автоматического отключения будет задействована.

С другой стороны из схемы видно, что телевизор с подобной системой после включения уже нельзя никаким образом выключить, пока идет нормальная телепередача, однако это затруднение чисто кажущееся. Для выключения телевизора достаточно разомкнуть контакты ручного выключателя, а затем переключить блок ПТК в положение любого неработающего канала.

Поскольку схема требует наличия дополнительной лампы и реле, ее применение оправдано лишь в наиболее дорогих моделях телевизоров.



4. МАГНИТОФОНЫ

4.1. Системы стабилизации скорости протяжения ленты

Поддержание постоянства скорости протяжения ленты в магнитофоне — одна из важнейших задач при необходимости точного сохранения тональности воспроизводимых записей. При жестких требованиях к качеству работы магнитофона задача эта оказывается трудноразрешимой, поэтому полезно рассмотреть основные моменты этой проблемы.

Для этого чтобы оценить необходимую степень поддержания постоянства скорости протяжения ленты, нужно знать способность человеческого уха к дифференцированию звуков по частоте и зависимость частоты воспроизводимого тона от скорости протяжения ленты в магнитофоне.

При изменении частоты человек различает на слух ничтожную разницу между двумя соседними тонами разной высоты, порядка 0,3%. Это значит, что частоты в 1000 и 1005 гц могут быть уверенно различены любым нетренированным слушателем. Правда, способность уха различать соседние по высоте тона не остается постоянной для всех участков частотного диапазона, тем не менее она весьма высока даже на краях диапазона слышимых частот. Рисунок 76 иллюстрирует зависимость изменения чувствительности уха к изменениям частоты $\Delta f/f$ на различных участках диапазона.

Изменение же частоты на 5–6% (например, воспроизведение тона с частотой 240 гц вместо записанного тона 256 гц) приведет к тому, что вместо записанного «среднего ДО» можно услышать ноту «СИ» предыдущей октавы, т. е. запись окажется недопустимо искаженной (смещенной в другую тональность).

С другой стороны, высоту воспроизводимого тона (его частоту) в магнитофоне можно в первом приближении считать прямо пропорциональной скорости движения ленты, откуда становится понятным, что скорости протяжения ленты при записи и воспроизведении должны различаться между собой не более, чем на единицы процентов в массовой аппаратуре широкого применения и на доли процента для студийной и профессиональной аппаратуры.

ГОСТ № 8088—62 установлены следующие предельные отклонения средней скорости движения ленты от номинальной: для профессиональных магнитофонов при скорости протяжения ленты 33,1 и 19,05 см/сек — не более $\pm 0,5\%$, для бытовых магнитофонов при скоростях протяжения ленты 19,05 и 9,53 см/сек — не более $\pm 2\%$,

для бытовых магнитофонов при скоростях протяжения ленты 4,76 и 2,38 см/сек — на более $\pm 3,0\%$.

В то же время существует целый ряд причин, по которым стабилизация скорости протяжения ленты на протяжении всей катушки оказывается затруднительной. Точность протягивания ленты с заданной скоростью зависит в основном от сохранения ведущим валом номинального числа оборотов, равномерности натяжения ленты перед прижимным роликом и непосредственно после него, стабильности питающего напряжения, вида механической характеристики двигателя, точности изготовления ведущего узла и равномерности его хода, правильности расчета и конструирования элементов привода с учетом проскальзывания и допусков на передаточные отношения и ряда других причин.

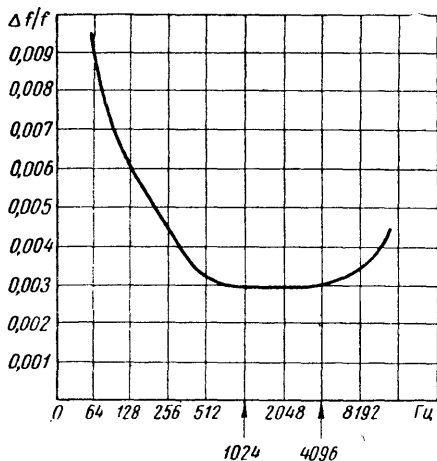


Рис. 76. Кривая зависимости изменения чувствительности уха к изменениям частоты на различных участках спектра звуковых частот

Один перечень этих причин показывает, насколько трудной оказывается задача поддержания стабильной скорости протяжения ленты, и в то же время он определяет пути достижения требуемой стабильности.

Поскольку анализ механо-кинематических систем выходит за рамки данной книги, здесь будут лишь рассмотрены те моменты, которые имеют непосредственное отношение к теме данной книги, т. е. к вопросам регулирования.

Это, прежде всего, регулирование числа оборотов ведущего двигателя, которое может осуществляться либо путем введения в схему магнитофона электронного блока, на вход которого подается в той или иной форме сигнал ошибки (т. е. сигнал, пропорциональный отклонению числа оборотов двигателя от номинального), а на выходе вырабатывается сигнал, изменяющий число оборотов двигателя (функция частоты или амплитуды), либо путем жесткой стабилизации числа оборотов, при которой на него не влияет величина питающего напряжения и механической нагрузки (разумеется, в определенных пределах).

Первый способ обеспечивает почти идеальную стабильность скорости протяжения ленты, однако, он, как правило, сложен и дорог, и поэтому в массовых магнитофонах не применяется. Второй способ наиболее применим в батарейных транзисторных магнитофонах, так как в них напряжение питания изменяется особенно резко.

На рис. 77 приведена предложенная Д. А. Кругликовым схема регулятора числа оборотов с фотоэлектрическим датчиком. На вал

ведущего двигателя устанавливают специальный непрозрачный диск с равномерно расположенными по его периферии отверстиями. С одной стороны диска устанавливается лучевой источник света (например, обычная сигнальная лампочка в чехле с точечным отверстием), с другой стороны — светоприемник (например, фоторезистор или фотодиод типа ФД-1).

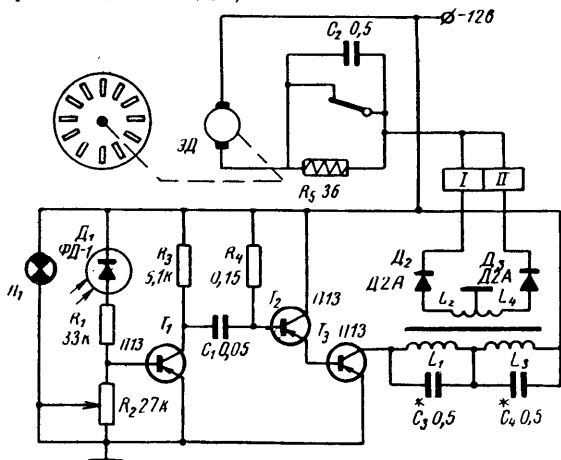


Рис. 77. Система фотоэлектрического регулятора числа оборотов двигателя

При вращении диска фотодиод периодически освещается сигнальной лампой, и в его цепи возникает пульсирующий ток, частота повторения импульсов которого F связана с числом оборотов двигателя соотношением:

$$F = \frac{n}{60} N,$$

где n — число оборотов двигателя в минуту, а N — число отверстий (щелей) на диске. Если ширина щелей равна ширине промежутков между ними, в коллекторной цепи транзистора T_3 формируются симметричные П-образные импульсы тока. В эту цепь включены два контура L_1C_3 и L_3C_4 , настроенные на частоты F_1 и F_2 , одна из которых на 5% выше, а другая — на 5% ниже частоты $F_{ном}$, соответствующей номинальному числу оборотов.

Выпрямленный сигнал ошибки с двух половин вторичной обмотки трансформатора Tr_1 подается на две обмотки поляризованного реле, замыкающего и размыкающего добавочный гасящий резистор R_5 в цепи обмотки двигателя.

Принцип действия этого регулятора такой же, что и у любого автоматического регулятора, использующего дискриминатор в качестве преобразователя сигнала ошибки, поэтому здесь не будут детально анализированы процессы, происходящие в схеме при изменении числа оборотов двигателя. При тщательной настройке кон-

туров дискриминатора и регулировке контактов поляризованного реле, среднем числе оборотов двигателя 1800 в минуту и диске с 60 отверстиями удается обеспечить стабильность числа оборотов двигателя лучше $\pm 1\%$.

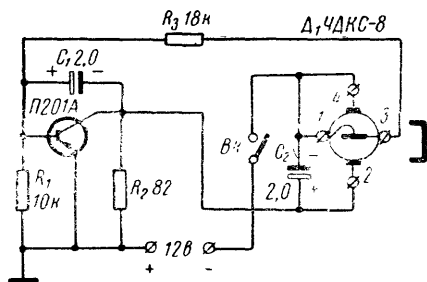


Рис. 78. Электронный стабилизатор числа оборотов двигателя на транзисторе

питающего напряжения на $10 \div 15\%$, однако, как и всякие схемы на транзисторах, чувствительны к изменению температуры окружающей среды

На рис. 78 изображена схема стабилизации напряжения питания на двигателе. Схемы этого типа рассчитаны на использование низковольтных двигателей постоянного тока и применяются в большинстве транзисторных магнитофонов (например, «Яуза-20»). Они обеспечивают стабильное число оборотов при изменении

4.2. Системы реверсирования, переключения и регулирования скорости вращения двигателя

Для обеспечения стабильного протяжения ленты, как было видно выше, возникает необходимость в некоторых пределах изменять скорость вращения ведущего двигателя. В двух-, трех- и многоскоростных магнитофонах, кроме того, необходимо иметь возможность дискретно изменять скорость вращения двигателя в кратное число раз. Наконец, в некоторых специальных и студийных магнитофонах нужно иметь регулятор для плавного изменения числа оборотов ведущего двигателя. Эти задачи решаются с помощью систем регулирования, некоторые из которых здесь будут рассмотрены.

Дискретное изменение скорости двигателя в целое число раз может быть осуществлено в однофазных синхронных и асинхронных двигателях переключением числа пар полюсов, в трехфазных двигателях, питающихся от однофазной сети с фазосдвигающим конденсатором — переключением с треугольника на звезду. Реверсирование двигателя производят изменением полярности включения фазосдвигающей обмотки.

Первый способ используется в многоскоростных двигателях и позволяет получить пять синхронных скоростей (3000, 1500, 1000, 750 и 500 $\frac{\pi}{30}$ рад/сек) при частоте питающей сети 50 гц. Примером может служить трехскоростной двигатель типа ДМ-3.

Второй способ, обеспечивающий получение двух скоростей путем электрической коммутации обмоток двигателя, использован в промышленном магнитофоне «Мелодия». В качестве примера на рис. 79 приведена одна из таких схем.

При необходимости плавного изменения скорости вращения ведущего двигателя можно применить систему, блок-схема которой приведена на рис. 80. Принцип действия регулятора основан на том, что скорость вращения асинхронных и синхронных двигателей можно регулировать как изменением числа пар полюсов, так и изменением частоты питающей сети.

Здесь источником питания двигателя служит не сеть, а специальный мощный УНЧ, на вход которого подается синусоидальное напряжение от отдельного задающего генератора, частоту которого можно плавно менять в пределах $35 \div 70$ гц. Грубая регулировка числа оборотов двигателя достигается переключением числа пар полюсов статора, плавная — изменением частоты задающего генератора.

Для поддержания постоянства скорости задающий генератор должен быть стабилизированным или иметь систему АПЧ.

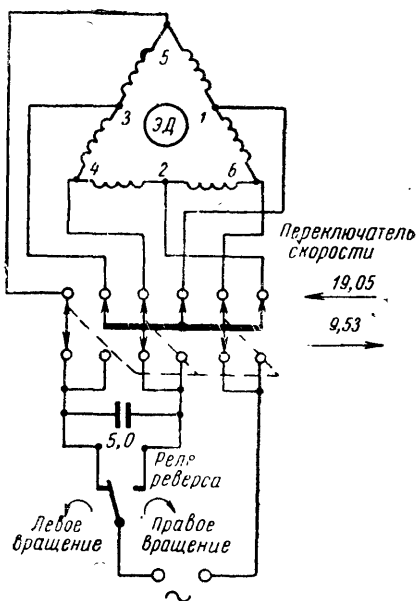


Рис. 79. Схема переключения обмоток двигателя для получения двух скоростей вращения

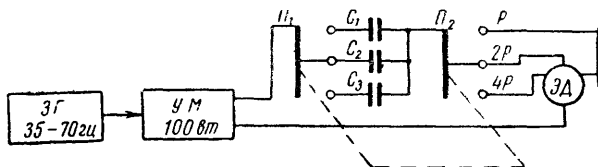


Рис. 80. Блок-схема комбинированного регулятора числа оборотов двигателя магнитофона

4.3. Системы форсирования двигателя в момент пуска и при перемотке ленты

Чтобы до предела сократить время разгона ведущего двигателя магнитофона в момент пуска, очень часто используют системы автоматического форсирования двигателя на время разгона. Эти системы,

как правило, построены на том, что с валом двигателя тем или иным образом соединен центробежный регулятор-переключатель, с помощью которого в период разгона либо увеличивается напряжение питания двигателя, либо увеличивается емкость конденсатора его фазосдвигающей обмотки.

И в том и в другом случае значительно ($1,5 \div 2,5$ раза) увеличивается потребляемая двигателем электрическая мощность и, соответственно, механическая мощность на валу и пусковой момент.

Схемы таких устройств приведены на рис. 81. В первом случае (рис. 81а) номинальная (рабочая) емкость фазосдвигающего конденсатора равна $2,0 \text{ мкф}$, а пускового (добавочного) — 10 мкф .

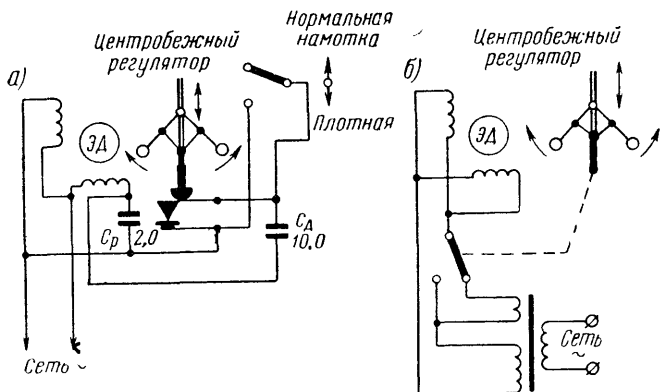


Рис. 81. Схемы форсирования режима двигателя при разгоне увеличением пусковой емкости (а) и увеличением напряжения на его обмотках (б)

Оба конденсатора должны быть рассчитаны на утроенное напряжение питания двигателя. Во втором случае (рис. 81б) номинальное напряжение на двигателе равно 170 в , пусковое — 240 в .

Оставлять постоянно включенными повышенное напряжение на двигателе или большую емкость в цепи фазосдвигающей обмотки нельзя, так как при этом двигатель будет недопустимо перегреваться.

Некоторые типы двигателей, применяемые в промышленных магнитофонах (например, ДМ-2), имеют встроенный центробежный регулятор, к толкателю которого достаточно лишь подключить контактную группу, которая будет коммутировать схему форсирования.

Поскольку после разгона двигателя до номинального числа оборотов центробежный регулятор обязательно автоматически переключается с режима форсирования на облегченный режим, в некоторых студийных магнитофонах предусматривают, кроме автоматического, еще и ручной переключатель режима двигателя.

Если с его помощью, к примеру, оставить двигатель в форсированном режиме на время ускоренной перемотки рулона ленты, намотка получается очень плотной, что бывает особенно важно для бескассетных километровых рулонов.

Переключатели такого рода обычно имеют два маркированных положения: *Нормальная намотка* и *Плотная намотка*. Электрическое включение такого регулятора ясно из рис. 81.

Разумеется, что сказанное относится к ведущему двигателю лишь для одномоторных аппаратов. Если в магнитофоне перемотка осуществляется отдельным двигателем, то для получения плотной намотки нужно форсировать именно этот двигатель, а не ведущий.

4.4. Системы «автостопа» при обрыве или окончании проигрывания ленты

К приспособлениям, повышающим эксплуатационные удобства пользования магнитофоном, относятся системы, отключающие лентопротяжный механизм при окончании рулона ленты или в случае ее обрыва.

Принципиально такие системы могут быть электрическими, электромеханическими или оптическими. Наиболее просто осуществляется электрическая система. Направляющую металлическую колонку на выходе тракта протяжения ленты либо делают составной из двух изолированных друг от друга половин, либо после нее помещают вторую колонку, причем одна из них бывает заземлена, а вторая изолирована от корпуса магнитофона.

Обе колонки (или две половины разрезной колонки) включают в цепь исполнительного механизма или релейной схемы таким образом, чтобы при их замыкании отключался прижимной механизм магнитофона или, в крайнем случае, обесточивался ведущий двигатель.

На каждую катушку ленты в конце рулона (а для двухдорожечных лент — и в начале рулона) наклеивают со стороны рабочего слоя полоски фольги длиной 5—10 см. По окончании рулона ленты фольга протягивается по направляющим колонкам и, замыкая их, вызывает срабатывание механизма автоматической остановки.

Очевидные недостатки этой системы — необходимость наклейки станиолевых наконечников на все ленты и невозможность остановки механизма при обрыве ленты в середине катушки.

Две другие системы хотя и несколько сложнее конструктивно, но свободны от обоих указанных недостатков. В электромеханической системе (рис. 82) в качестве датчика используется рычаг с пружиной, верхняя часть которого расположена над панелью и при работе магнитофона удерживается в определенном положении за счет силы натяжения транспортируемой ленты.

Нижний конец расположен под панелью и соединен с электрическим выключателем, который включен в цепь прижимного электромагнита или двигателей. При обрыве или окончании ленты пружина отводит рычаг; при этом с помощью выключателя разрывается цепь прижимного электромагнита или двигателей.

Другое приспособление (рис. 83) построено по принципу фотоэлектрического контроля. Здесь датчиком обрыва или окончания ленты служит фотоэлемент.

Пока лента цела, она преграждает путь световому лучу от лампы к светочувствительному элементу, функции которого может выполнять фотодиод, фотоэлемент или фоторезистор. Конструкция приспособления может быть любой. Важно лишь, чтобы на фото-

элемент не попадал посторонний свет, а интенсивность светового потока лампочки и чувствительность преобразующей схемы обеспечивали четкое срабатывание всей системы.

Электрическая часть автомата может содержать простейший ламповый или транзисторный усилитель и реле, коммутирующее цепь питания прижимного электромагнита или двигателей.

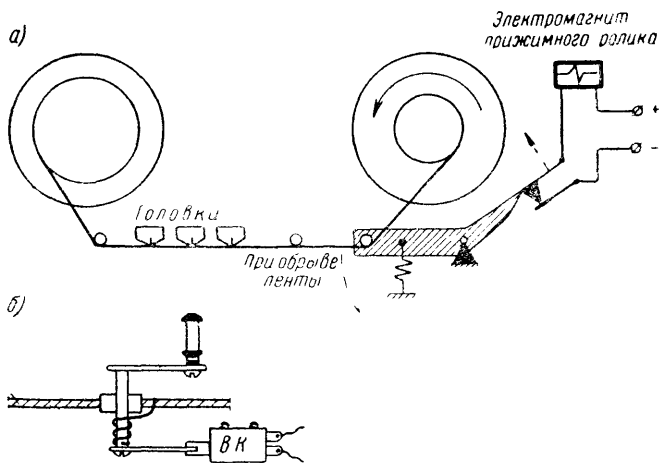


Рис. 82. Схема механического автомата-выключателя лентопротяжного механизма при обрыве или окончании ленты.

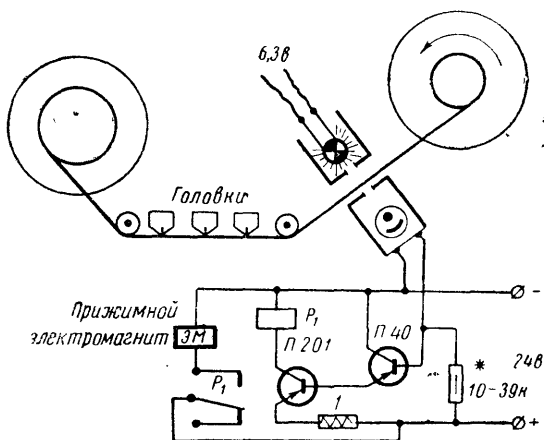


Рис. 83. Схемы фотоэлектрического автомата-выключателя лентопротяжного механизма при обрыве или окончании ленты

4.5. Системы коррекции частотных характеристик усилителей записи и воспроизведения

Частотные характеристики каналов записи и воспроизведения любого магнитофона для одной скорости протяжения ленты неизменны и регулируются лишь один раз при настройке магнитофона в процессе производства. Однако в двух- и многоскоростных аппаратах возникает необходимость изменять форму указанных характеристик при переключении скоростей.

Как правило, частотные характеристики обоих каналов для каждой скорости формируются заранее, а в магнитофоне предусматривают связанный непосредственно с рычагом переключения скоростей переключатель или отдельное реле, с помощью которого осуществляют коммутацию элементов схемы, формирующих частотную характеристику.

Схемы самих корректирующих ячеек могут быть самыми разнообразными и могут использовать как принцип частотнозависимых делителей с реактивными элементами, так и частотнозависимую обратную связь. Так же успешно могут быть применены и схемы обычных регуляторов тембра, подробно рассмотренные во второй главе.

Как правило, для формирования характеристик с монотонными подъемами и спадами на границах полосы пропускания используют *RC* фильтры, и лишь для получения избирательных подъемов и завалов на отдельных частотах внутри полосы, а также для выравнивания отдельных участков характеристики применяют резонансные *LC* контуры и режекторные фильтры.

При коммутировании элементов корректирующих фильтров с помощью галетного переключателя необходимо саму коммутирующую плату располагать вблизи соответствующих ламп или транзисторов, а рычаг переключателя сочленять с ручкой переключения скоростей с помощью механической передачи.

При использовании для коммутации электромагнитного реле нужно питать его обмотку хорошо отфильтрованным постоянным током, не содержащим пульсаций с частотами 50 и 100 *Гц*, и, кроме того, экранировать контактные группы реле от его обмотки стальным экраном.

На рис. 84 приведены наиболее простые схемы коррекции для усилителей записи и воспроизведения на три скорости протяжения ленты и соответствующие этим схемам частотные характеристики. Разумеется, количественные показатели этих характеристик будут зависеть от величин входящих в схемы элементов, которые должны подбираться опытным путем.

4.6. Регуляторы токов стирания и подмагничивания

Стирание старых записей (размагничивание ленты) и подмагничивание ленты в процессе записи в подавляющем большинстве магнитофонов осуществляют с помощью токов высокой частоты ($30 \div 100$ *кГц*) от специального *вч* генератора.

Известно, что наилучшему качеству записи и надежному стиранию старых записей соответствуют вполне определенные, оптимальные токи подмагничивания и стирания. Для того чтобы обес-

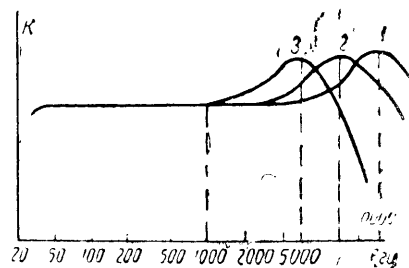
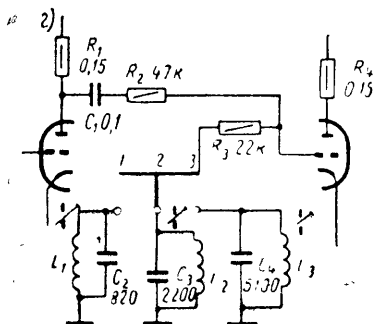
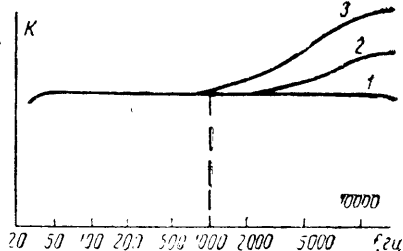
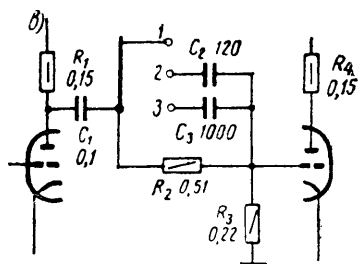
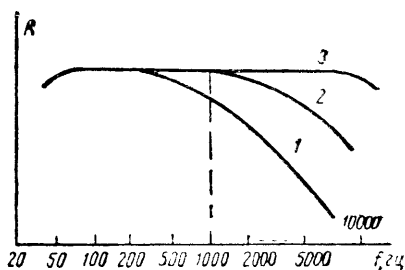
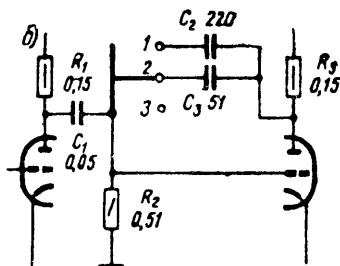
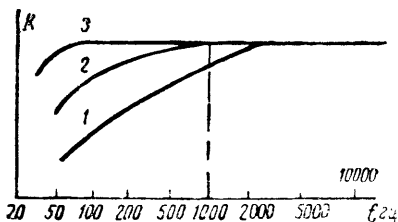
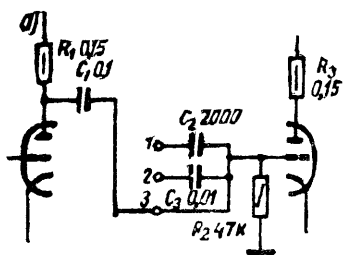


Рис. 84. Простейшие схемы коррекции частотных характеристик УВ и УЗ для трехскоростных магнитофонов и соответствующие частотные характеристики

печить получение таких оптимальных токов, в магнитофонах предусматривают соответствующие ручные регуляторы.

Поскольку уровень выбранных токов в процессе эксплуатации остается неизменным, регуляторы эти не выводят на панель управления и пользуются ими лишь при регулировках и ремонтах магнитофона. До сих пор такие регуляторы еще не рассматривались (так называемые «установочные» или подстроечные регуляторы), однако дело в том, что выбранный оптимальный уровень токов стирания и подмагничивания является оптимальным лишь для одного типа ленты.

Для лент других типов потребуется найти другие оптимальные значения этих токов. В промышленных бытовых и многих полупрофессиональных магнитофонах уровни токов стирания и подмагничивания устанавливают неизменными из расчета на наиболее употребительный тип ленты, тогда как для студийных и других аппаратов высшего класса такая интеграция недопустима.

В этих случаях на панель управления магнитофоном выводят специальный дополнительный переключатель *Тип ленты*, с помощью которого коммутируют ручные регуляторы токов стирания и подмагничивания.

В свою очередь, эти ручные регуляторы при регулировке магнитофона устанавливаются в положения, оптимальные для нескольких наиболее употребительных типов лент, и остаются в этих положениях постоянно.

Одна из наиболее простых систем такого типа, рассчитанная на три типа ленты (тип «2», «6» и «CR»), показана на рис. 85.

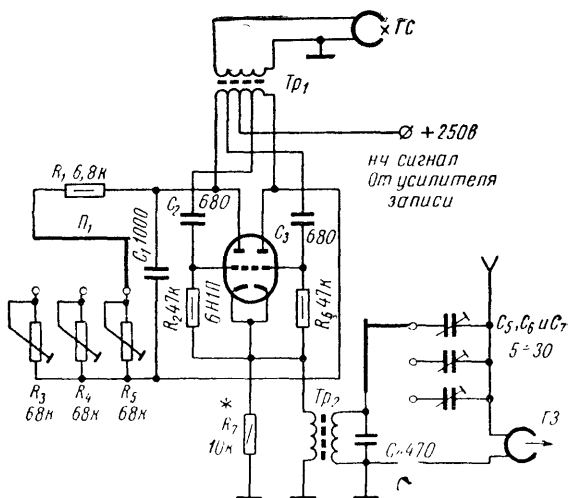


Рис. 85. Двухтактный генератор токов стирания и подмагничивания с трехпозиционным переключателем «тип ленты»

Вначале с помощью потенциометров R_3 , R_4 и R_5 устанавливаются оптимальные токи стирания для каждого из типов ленты, а после этого с помощью полупеременных конденсаторов C_5 , C_6 и C_7 —оптимальные токи подмагничивания.

4.7. Дополнительные регуляторы при записи по системе наложения

При осуществлении первичной записи на магнитофоне как в профессиональных, так и в любительских условиях возникает необходимость микширования, т. е. смещения сигналов от различных источников. При этом часто оказывается нужным в процессе записи изменять соотношения уровней сигналов этих разных источников, либо кратковременно уменьшать уровень основного сигнала для осуществления дикторских и авторских ремарок, вставок и т. п.

Эти регулировки осуществляются по-разному в различной аппаратуре, однако можно выделить несколько наиболее употребительных приемов, которые стоит рассмотреть подробно. Лучший из них — это применение в канале записи магнитофона отдельного специального микшерного блока (МБ). Схема одного из таких блоков приведена на рис. 86.

Триодная часть лампы 6Ф1П работает катодным повторителем. Сделано это для того, чтобы сам микшерный блок вместе с регуляторами уровней, входными разъемами, штеккерами и системой коммутации можно было конструктивно объединить в отдельную автономную систему, располагаемую в наиболее удобном для оператора месте, без опасности возникновения наводок и фона.

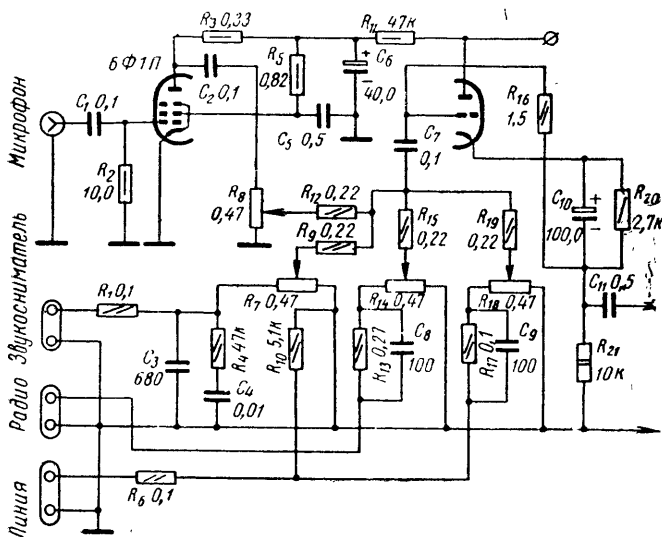


Рис. 86. Схема выносного четырехканального микшера для магнитофона высокого класса

Сигнал с выхода катодного повторителя, имеющего **никакое** выходное сопротивление, подводится к усилителю записи экранированным кабелем, поэтому также не возникает условий для появления наводок. Сетка его через разделительные резисторы R_9 , R_{12} , R_{15} и R_{19} подключена к движкам потенциометров R_7 , R_8 , R_{14} и R_{18} , служащих индивидуальными регуляторами уровня соответственно адаптерного, микрофонного, детекторного и линейного входов магнитофона. Назначение разделительных резисторов — уменьшить влияние каждого из индивидуальных регуляторов на остальные, а также предотвращение интермодуляционных искажений в цепи сетки при чрезмерно больших входных сигналах.

Каждый из индивидуальных регуляторов уровня является, в свою очередь, нагрузкой специальных частотнокорректирующих фильтров, назначение которых — скорректировать частотную характеристику соответствующего источника или сигнала до уровня некоторой средней характеристики, общей для всего канала записи.

На выходе МБ имеется еще один регулятор уровня, позволяющий изменять уровень полного смешанного сигнала.

При этой системе очень просто осуществлять наложение одних записей на другие, плавно и в широких пределах изменять уровень сигнала любого из перечисленных источников, при необходимости быстро или постепенно сводить на нет любой из сигналов, т. е. иначе говоря, осуществлять произвольное микширование записываемых сигналов и регулировать их общий уровень.

Пентодная часть лампы усиливает подлежащий микшированию сигнал от микрофонного канала, поскольку он, по крайней мере, на порядок ниже уровня сигналов остальных каналов.

В отличие от регуляторов громкости, регуляторы уровня записи нельзя делать с тонкомпенсацией. Их частотная характеристика должна быть линейной во всем диапазоне рабочих частот, так же, как и амплитудная характеристика, поэтому для регуляторов уровня нужно применять потенциометры с линейной зависимостью (типа «А»).

Весь монтаж микшерного блока, включая лампу и все регуляторы, должен быть заключен в стальной экран, предотвращающий наводки на входную часть блока как со стороны силовой части блока питания, так и со стороны цепей питания двигателей и элементов их коммутации.

Очевидным достоинством описанной схемы являются большая гибкость в режиссерских решениях при записи и эксплуатационные удобства. К недостаткам можно отнести заметное усложнение схемы магнитофона и необходимость исключительно тщательного монтажа с соблюдением всех правил и требований по монтажу входных цепей УНЧ во избежание увеличения собственного фона магнитофона.

Другой способ совмещения двух записей на одной ленте получил название «трюковые записи» или сокращенно «трюк». Этот способ нельзя применять при первичной записи. Его основное назначение — наложение новой первичной записи на уже записанную фонограмму. В качестве основной фонограммы чаще всего используется музыкальное сопровождение, а накладываемые на нее записи обычно представляют собой пояснительный (дикторский) текст или авторские ремарки, хотя возможны и иные сочетания.

Для осуществления трюковых записей в магнитофон добавляют дополнительный регулятор, схема которого приведена на рис. 87а. Он представляет собой несложный коммутатор, состоящий из двухпозиционного тумблера фода записи («нормальная запись» — «трюк») и кнопки наложения («трюк»).

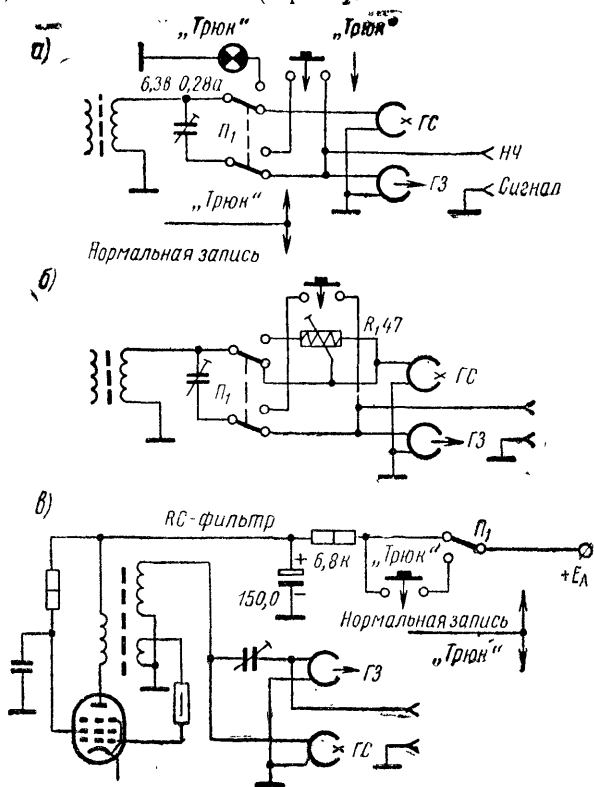


Рис. 87. Схемы регуляторов для записи методом наложения:

- а) простейшая «трюковая»; б) схема, позволяющая плавно сводить на нет основную запись при наложении новой; в) схема, предотвращающая появление щелчков при нажатии и отпускании кнопки «трюк»

Работа системы основана на том, что если на магнитофон установить ленту с готовой записью и, отключив предварительно стирающую головку, начать производить новую запись, то за счет тока подмагничивания старая запись окажется по уровню наполовину стертой, а новая «наложится» на нее так, что на участках с вновь произведенной записью окажутся слышными обе записи — и старая, и новая.

Техника трюковой записи также очень проста. Для наложения тумблер Π_1 ставят в положение *Трюк*. Места, на которые нужно сделать накладку, находят путем предварительного прослушивания и отмечают по счетчику ленты, либо с помощью бумажных закладок.

Магнитофон с заранее отрегулированным положением регулятора уровня записи включают в режим *Запись* и при отпущенной кнопке *Трюк* ждут, пока помеченный участок ленты не подойдет к записывающей головке. В этот момент нажимают кнопку *Трюк* и немедленно начинают новую запись. Также немедленно по окончании наложения новой записи кнопку *Трюк* необходимо отпустить, иначе дальнейший участок первой (основной) записи окажется наполовину стертым.

Помимо указанных выше недостатков, «трюковая» система не позволяет осуществлять плавную регулировку соотношения уровней старой и новой записей, а также микшировать на одном участке ленты больше двух сигналов, зато она несравненно проще микшерного блока и может быть без труда добавлена почти в любой готовый магнитофон.

При необходимости схему «трюка» можно несколько видоизменить, добавив в нее дополнительный регулятор уровня ослабления старой записи. Из схемы рис. 87б видно, что в этом случае при переключении тумблера Π_1 в положение *Трюк* стирающая головка не отключается совсем, а в ее цепь включается последовательно гасящий резистор — проволочный реостат R_1 .

Если старую запись в процессе наложения нужно постепенно свести на нет, то сначала ручку реостата R_1 устанавливают в положение наибольшего сопротивления, а после нажатия кнопки *Трюк* плавно вращают ее до нулевого положения (реостат закорочен), при котором стирающая головка оказывается полностью подключена к выходу генератора тока стирания и подмагничивания.

Описанным системам «трюк» свойственен один существенный недостаток: при нажатии кнопки уровень старой записи уменьшается резко, скачком, что на слух воспринимается в виде щелчка. Такой же щелчок сопровождает и отпускание кнопки.

Чтобы избежать это, можно изменить схему, и вместо отключения и подключения вторичной обмотки вч генератора кнопкой *Трюк* коммутировать анодную цепь лампы генератора через RC фильтр с большой постоянной времени (порядка $0,5 \div 1,0$ сек). В этом случае нарастание тока подмагничивания от нуля до номинального значения будет происходить плавно в течение указанного времени, и щелчков на записи не будет. Такая схема коммутации «трюка» показана на рис. 87в.

4.8. Использование одного регулятора для выполнения разных функций при записи и воспроизведении

В некоторых магнитофонах для экономии места на лицевой панели один и тот же регулятор используют по-разному при записи и воспроизведении. Например, регулятор уровня записи, не являющийся одновременно и регулятором громкости, при воспроизведе-

нии работает как регулятор тембра высших частот, а регулятор тембра низких частот при этом способе может в процессе записи использоваться как дополнительный регулятор в системе «трюк».

Вообще принципиально можно «привязывать» к одной ручке управления самые разнообразные регуляторы. Существуют два способа построения схем регуляторов с различными функциями.

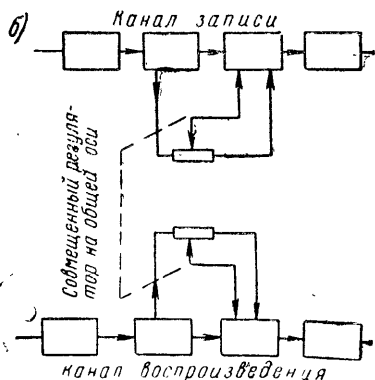
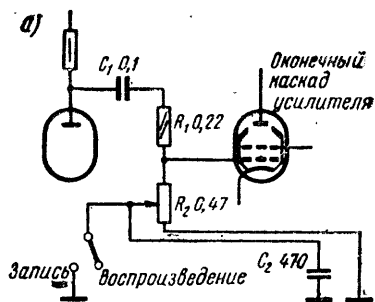


Рис. 88. Использование одного регулятора для выполнения двух функций: схемы с одним потенциометром (а) и сдвоенным потенциометром (б)

потенциометр, а два (или три, четыре и т. д.), каждый из которых подключается к своему участку схемы. Ясно, что в этом случае сами потенциометры могут иметь разные величины, а в более общем случае одной ручкой можно управлять одновременно и потенциометром, и переменным конденсатором, и сердечником катушки индуктивности.

Поскольку целесообразность сочетания регуляторов с разными функциями целиком определяется индивидуальными особенностями

При первом из них регулятором является обычный одиничный потенциометр (или в более общем случае — любой регулирующий элемент), который с помощью контактных групп переключателя рода работ *Запись — воспроизведение* подключается к тому или иному участку схемы. Примером такого регулятора может служить совмещенный регулятор *Уровень записи — тембр вч*, схема которого приведена на рис. 88а.

Недостатком схем подобного рода является то, что они могут использоваться лишь в случаях, когда электрическая величина (номинал) потенциометра одинакова для обоих регуляторов. Это обстоятельство значительно ограничивает возможности сочетания функций в одном регуляторе.

Схема на рис. 88б хотя и построена на том же принципе, но имеет неограниченные возможности сочетания функций и даже допускает комбинацию трех, четырех и более функций в одном органе управления при различных режимах работы.

Это оказывается возможным потому, что здесь на одной оси находится не один по-

конкретных аппаратов (здесь не приводятся другие схемы), автор ограничился лишь рассмотрением самого принципа таких совмещенных регуляторов.

4.9. Дистанционное управление магнитофоном

К дополнительным устройствам в магнитофоне могут быть отнесены и различные системы дистанционного управления. Подавляющее большинство их использует принцип электромагнитного управления лентопротяжным механизмом, поэтому дистанционное управление наиболее целесообразно применять в аппаратах, где узел прижимного механизма, узлы подмотки, электродвигателя и тормоза управляются с помощью электромагнитных муфт и соленоидов. В аппаратах с механическим (рычажным) управлением осуществить дистанционное управление очень трудно.

На рис. 89 приведена несложная схема, позволяющая дистанционно включать и выключать лентопротяжный механизм в режиме воспроизведения, а также осуществлять прямую и обратную уско-

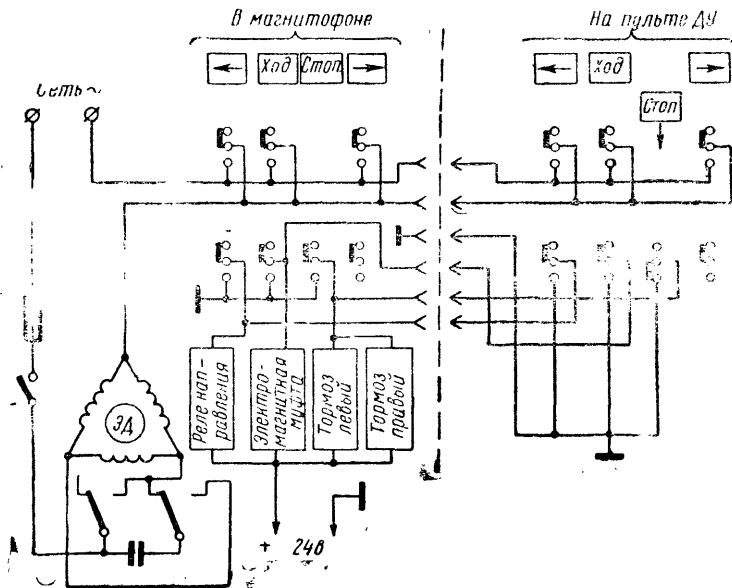


Рис. 89. Схема дистанционного управления лентопротяжным механизмом магнитофона

ренную перемотку ленты и останавливать лентопротяжный механизм. Связь пульта дистанционного управления с магнитофоном осуществляется с помощью многожильного кабеля.

Осуществлять дистанционно другие регулировки, помимо коммутационных, в магнитофоне сложнее, поскольку регуляторы громкости и уровня записи нельзя непосредственно выносить за пределы магнитофона из-за возникновения наводок и фона.

При желании сделать эти регуляторы дистанционными, можно использовать либо моторную систему, снабдив каждый из них отдельным микродвигателем, управляемым с пульта ДУ, либо применив одну из схем, рассмотренных в параграфе 2.11.

Для дистанционного включения и выключения магнитофона можно применять те же схемы, которые были рекомендованы для радиоприемников и телевизоров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно указать, что все конкретные схемы, рассмотренные в книге, не являются чем-то окончательным, неизменным, однозначно определенным. Каждый читатель, пользуясь приведенными в книге материалами и рекомендациями, сможет, видоизменяя и совершенствуя приводимые схемы, получать более высокие электрические характеристики либо, сочетая отдельные регуляторы и используя элементы разных схем, построить новые, более гибкие и совершенные.

Разумеется, что схемы, рекомендованные, например, для радиоприемников, с успехом могут быть использованы при конструировании телевизоров, а системы, рассмотренные в главе «магнитофоны», могут найти применение в радиоприемниках и т. д.

Во всех случаях, когда читатель найдет в этой книге что-либо новое и полезное для себя, автор будет считать свою задачу выполненной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баскир И. Н., Костиков В. Ф. Автоматические регулировки в телевизорах. М., Изд-во «Связь», 1966 г.
2. Веденеев Г. М., Вершин В. Е. Радиоприемник с электронной настройкой. Госэнергоиздат, 1963 г.
3. Гендин Г. С. Советы по конструированию радиолюбительской аппаратуры. Изд-во «Энергия», 1967 г.
4. Гендин Г. С. Высококачественные любительские усилители низкой частоты. Изд-во «Энергия», 1965 г.
5. Гинкин Г. Г. Справочник по радиотехнике. ГЭИ, 1963 г.
6. Колищук В. Т., Травников Е. Н. Конструирование и расчет магнитофонов. Изд-во «Техника», Киев, 1965 г.
7. Кругликов Д. А. Электрические схемы портативных магнитофонов. Изд-во «Энергия», 1966 г.
8. Куликовский А. А. Новое в технике любительского радиоприема. Госэнергоиздат, 1954 г.
9. Куликовский А. А., Болошин И. А., Потрясай В. Ф. Основы учебного проектирования радиоприемников. Госэнергоиздат, 1956 г.
10. Флейшер С. М. Автоматическая настройка радиоприемника. Изд-во «Энергия», 1956 г.



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	Стр. 3
1. Общие сведения о системах регулирования	
1.1. Назначение ручных регулировок	4
1.2. Назначение автоматических регулировок	4
1.3. Основные параметры систем регулирования	5
1.4. Выбор пределов регулирования	6
1.5. Непосредственное и косвенное регулирование	8
1.6. Общий принцип автоматического регулирования	8
1.7. Электрические системы регулирования	9
1.8. Электромеханические системы регулирования	10
2. Радиоприемники и усилители	
2.1. Регулирование громкости	12
2.2. Регулирование тембра	15
2.3. Регулирование полосы пропускания	23
2.4. Автоматическая регулировка усиления (АРУ)	28
2.5. Автоподстройка частоты гетеродина (АПЧГ)	34
2.6. Электрические верньеры	36
2.7. Автоматические подавители шумов и помех	38
2.8. Системы «бесшумной» настройки	41
2.9. Системы моторной настройки	43
2.10. Системы моторного переключения диапазонов	48
2.11. Дистанционное управление приемником	50
2.12. Регулирование баланса в стереофонических усилителях	56
3. Телевизоры	
3.1. Системы АРУ	58
3.2. Системы автоподстройки частоты гетеродина (АПЧГ)	63
3.3. Регулировка контрастности	64
3.4. Регулировка четкости	67
3.5. Регулировка яркости	69
3.6. Автоматическая регулировка яркости и контрастности в зависимости от внешней освещенности	71
3.7. Регулировка размера изображения по горизонтали	72
3.8. Регулировка размера изображения по вертикали	75
3.9. Стабилизация размера изображения по горизонтали	77
3.10. Стабилизация размера изображения по вертикали	79

3.11. Регулировка линейности по горизонтали	81
3.12. Регулировка линейности изображения по вертикали	84
3.13. Системы центровки изображения	86
3.14. Фокусирование изображения	87
3.15. Регулировка частоты строк и кадров	88
3.16. Системы автоподстройки частоты строк	89
3.17. Системы автоподстройки частоты кадров	92
3.18. Дистанционное проводное управление	95
3.19. Дистанционное беспроводное управление	97
3.20. Автоматическое выключение телевизора	99

4. Магнитофоны

4.1. Системы стабилизации скорости протяжения ленты	
4.2. Системы реверсирования, переключения и регулирования скорости вращения двигателя	101
4.3. Системы форсирования двигателя в момент пуска и при перемотке ленты	104
4.4. Системы «автостопа» при обрыве или окончании проигрывания ленты	105
4.5. Системы коррекции частотных характеристик усилителей записи и воспроизведения	107
4.6. Регуляторы токов стирания и подмагничивания	109
4.7. Дополнительные регуляторы при записи по системе наложения	109
4.8. Использование одного регулятора для выполнения различных функций при записи и воспроизведении	112
4.9. Дистанционное управление магнитофоном	115
Заключение	117
Литература	118

Геннадий Семенович Гендин

АВТОМАТИЧЕСКИЕ И РУЧНЫЕ РЕГУЛИРОВКИ В РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ

Редактор В. А. Лазарева

Техн. редактор С. Ф. Романова

Корректор З. Н. Коростылева

Сдано в набор 22/IV 1968 г.

Подписано в печ. 1/VII 1968 г.

Форм. бум. 84×108/32 3,75 печ. л.

6,3 усл.-п. л. 7,55 уч.-изд. л.

T-03198 Тираж 60 000 экз.

Зак. изд. 13139 Цена 31 коп.

Издательство «Связь», Москва-центр, Чистопрудный бульвар, 2

Типография издательства «Связь» Комитета по печати при Совете Министров СССР, Москва-центр, ул. Кирова, 40. Зак. тип. 208
Отпечатано в типографии Министерства торговли РСФСР Зак. 3138