


В помощь
РАДИО
любителям

Р. М. Малинин

П И Т А Н И Е
Л Ю Б И Т Е Л Ь С К И Х
К О Р О Т К О В О Л Н О В Ы Х
Р А Д И О С Т А Н Ц И Й



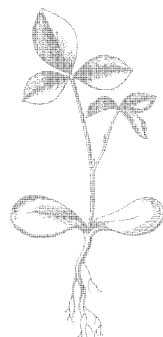
Издательство Досааф · Москва

ВСЕСОЮЗНОЕ ДОБРОВОЛЬНОЕ ОБЩЕСТВО
СОДЕЙСТВИЯ АРМИИ, АВИАЦИИ И ФЛОТУ

Р. М. МАЛИНИН

ПИТАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ КОРОТКОВОЛНОВЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ
МОСКВА — 1951



Scan AAW

ПРЕДИСЛОВИЕ

Радиоловитель при конструировании и постройке ламповых радиовещательных приемников обычно не встречается серьезных затруднений в разрешении вопросов питания этих приемников. Во многих пособиях для радиоловителей и в статьях журнала «Радио» есть много указаний, по каким схемам можно собирать выпрямители к таким приемникам или какие следует применять батареи, если нет электросети.

Приступая к постройке коротковолновой приемно-передающей радиостанции и к работе на ней, радиоловитель должен конструировать и применять для ее питания более сложные устройства, дающие более высокие напряжения и большие мощности. Ему приходится сталкиваться с такими электропитающими устройствами, как газотронные выпрямители, умформеры, автоматические стабилизаторы напряжения и т. д., по которым радиоловительской литературы еще очень мало.

Предлагаемая книга ставит целью познакомить радиоловителя-коротковолновика досаафовца с различными источниками питания любительских коротковолновых приемно-передающих радиостанций, сообщить ему ряд сведений о принципах их действия, помочь сознательно подойти к вопросам их конструирования и работы с ними. В основном книга рассчитана на начинающего радиоловителя-коротковолновика, строящего коротковолновый приемник и маломощный передатчик.

Особое внимание в этой книге уделено питанию коротковолновой аппаратуры от сети переменного тока с применением кенотронных, газотронных и селеновых выпрямителей и стаби-

лизаторов, так как этот вид питания является наиболее распространенным.

При составлении этой книги учтена также необходимость широкого развертывания коротковолнового радиолобительского движения в сельских районах, которые еще не электрифицированы. Здесь радиолубители встречаются с существенными затруднениями в обеспечении электропитанием коротковолновых радиоприемников, особенно радиопередатчиков.

Учитывая важность развития коротковолнового радиолубительства на селе, автор включил в книгу сведения о питании от гальванических и аккумуляторных батарей с применением вибропреобразователей и умформеров (мотор-генераторов). Эти сведения могут быть полезны также коротковолновикам, строящим передвижные (носимые, возимые) радиостанции и работающим на них.

Автор приносит благодарность лауреату Сталинской премии И. Х. Геллеру, А. Ф. Камалягину, Н. В. Казанскому, Ю. Н. Прозоровскому, В. И. Шамшуру и К. А. Шульгину, давшим ценные советы по содержанию и построению книги.

Все отзывы по этой книге просьба направлять по адресу: Москва, 66, Ново-Рязанская ул., д. 26, Издательство Досааф.

ВВЕДЕНИЕ

Радиолобительские коротковолновые радиостанции могут получать питание от различных источников электро-энергии. Основными из них являются: 1) электросети переменного тока, 2) аккумуляторы и 3) гальванические элементы.

Питание от электросети переменного тока является наиболее удобным в эксплуатации и экономически выгодным для стационарных приемных и передающих радиостанций, а также позволяет эксплуатировать коротковолновые передатчики с любой мощностью, применяемой радиоклубами, радиокружками и отдельными радиолюбителями.

Для коротковолновых приемников обычно требуется анодное напряжение в 100—250 в, которое можно получить от электросети переменного тока с помощью таких же кенотронных или селеновых выпрямителей, какие применяются и для питания радиовещательных приемников.

Питание от электросети переменного тока простого одно-двухступенного передатчика третьей категории (передатчика начинающего коротковолновика) можно осуществить с помощью этих же выпрямителей, так как для работы такого передатчика достаточно иметь выпрямленное напряжение до 250—300 в. По этой же причине возможно питание простого передатчика начинающего коротковолновика и приемника от общего выпрямителя.

Если передатчик содержит две или большее число ступеней, анодное напряжение и напряжение экранирующей сетки лампы его задающего генератора должны быть стабилизированы с помощью газовых стабилизаторов—стабилитронов или специальных схем с электронными лампами. Иногда питание задающего генератора осуществляют от отдельного кенотронного или селенового выпрямителя, напряжение которого также стабилизируется. Эти мероприятия улучшают стабильность частоты передатчика, так как при таком способе питания изменение анодного напряжения последующих ступеней, вызванное телеграфной манипуляцией, почти не вызы-

вает колебаний анодного напряжения задающего генератора.

В некоторых случаях в передатчике третьей категории применяют еще отдельный выпрямитель для подачи отрицательного смещения на управляющие сетки ламп.

В той местности, где напряжение электросети нестабильно, питание коротковолновых передатчиков должно производиться через регулировочные автотрансформаторы, а еще лучше — через феррорезонансные стабилизаторы напряжения, автоматически обеспечивающие постоянство питающих напряжений при изменении напряжения электросети в широких пределах. С этой же целью можно применять барреторы. Стабилизация питающих напряжений приемников осуществляется теми же способами.

В передатчиках коротковолнников второй, а особенно первой категории, работающих на всех любительских коротковолновых диапазонах, применяются значительно более сложные устройства электропитания. В таких передатчиках задающий генератор, как правило, работает при низком анодном напряжении (порядка 100 в) и питается от отдельного кенотронного или селенового выпрямителя с применением стабилвольта. Это обеспечивает необходимое постоянство частоты без применения кварцевой стабилизации.

В радиостанциях второй категории от того же выпрямителя часто осуществляют питание всех промежуточных ступеней передатчика. В радиостанциях же первой категории на выпрямитель задающего генератора нагружают иногда только первую буферную ступень, следующую за задающим генератором, а питание остальных промежуточных ступеней производят от другого выпрямителя.

Большинство электронных ламп, применяемых в высокочастотных выходных ступенях таких коротковолновых передатчиков, требует довольно высоких анодных напряжений при значительном расходе тока от выпрямителя: в передатчиках второй категории до 400—800 в и в передатчиках первой категории до 1200—1500 в (см. таблицу 1). Этим определяется применение отдельного выпрямителя для питания выходной ступени передатчика. В передатчике первой категории этот выпрямитель почти всегда работает с газотронами, а в передатчике второй категории — либо с газотронами, либо с кенотронами; в последнем случае в выпрямителе можно использовать и селеновые вентили.

В промежуточных ступенях передатчиков первой и второй категорий (усилителях и умножителях частоты) применяются лампы, требующие на аноды и на экранирующие сетки меньше напряжения, чем рабочие анодные напряжения выходных ступеней, но большие, чем напряжения, необходимые для обеспечения стабильной работы задающих генераторов.

Таблица 1

Способы питания стационарных любительских приемно-передающих коротковолновых радиостанций от электросети переменного тока

	Радиостанции с передатчиками мощностью до 5 Вт (3-я категория)		Радиостанции с передатчиками мощностью до 20 Вт (2-я категория)		Радиостанции с передатчиками мощностью до 100 Вт (1-я категория)	
	Задающий генератор и промежуточные ступени	Выходная ступень	Задающий генератор и промежуточные ступени	Выходная ступень	Задающий генератор, промежуточные ступени и модулятор	Выходная ступень
Генераторные и усилительные лампы, применяемые в передатчике	6Ж7, 6Ж8, 6С5, 6С2С, 6П6С, 6ПЗ, 6Л6С	6П6С, 6ПЗ, 6Л6С	6Ж7, 6Ж8, 6С5, 6С2С, 6П6С, 6ПЗ, 6Л6С	Г-411, ГК-13, 807, 1625, 6ПЗ, 6Л6С, ГК-1	6Ж7, 6Ж8, 6С5, 6С2С, 6П6С, 6ПЗ, Г-411, Г-837, П-15, 6Л6С, Г-411, 807	ГУ-13, ГКЭ-100, Г-414, Г-440А, ГК-71, ГУ-27Б
Необходимые анодные напряжения, В	100—250	250—300	100—400	400—800	100—750	1200—1500
Типы выпрямителей	Кенотронные или селеновые		Кенотронные или селеновые	Кенотронный, селеновый или газотронный	Кенотронные или селеновые	Газотронный (можно селеновый)
Кенотроны и газотроны, применяемые в выпрямителях	5Ц3С, 5Ц4С, 5У3С, 30Ц6С, ВО-188		5Ц3С, 5Ц4С, 5У3С, ВО-188	5Ц3С, (5У4Г), 5У3С, ВГ-161, ВО-239, ВО-188	5Ц3С, 5Ц4С, 5У3С, ВО-239, ВО-188	ВГ-129

Примечание. Питание накала всех ламп передатчиков и приемников производится от понижающих обмоток силовых трансформаторов; при применении кенотрона 30Ц6С возможно включение всех ламп с током накала 0,3 А последовательно с сопротивлением в сеть (бестрансформаторное питание).

Это показывает техническую и экономическую целесообразность питания промежуточных ступеней, особенно в передатчике первой категории, от самостоятельного выпрямителя (кенотронного или селенового), который должен давать напряжение 300—750 в. Если на экранирующую сетку лампы выходной ступени передатчика требуется напряжение примерно такой же величины, его целесообразно подавать от того же выпрямителя, который питает цепи анодов и экранирующих сеток ламп промежуточных ступеней.

Необходимо отметить, что в передатчиках наших коротковолнников пока очень редко используются стабилизаторы напряжения с электронными лампами. Однако применение таких устройств позволяет осуществить питание анодных цепей и цепей экранирующих сеток всех ламп передатчика второй категории от одного выпрямителя. При этом последние ступени передатчика должны получать напряжение непосредственно от выпрямителя, а первые одна-две ступени — через стабилизатор.

Такая схема питания передатчика может исключить влияние изменений напряжения на частоту задающего генератора при телеграфной манипуляции.

Подобный же способ питания может быть применен и в радиостанции первой категории для подачи напряжений на все высокочастотные ступени, кроме выходной. Выходную ступень, требующую достаточно высокого анодного напряжения, приходится питать от отдельного выпрямителя.

Выпрямитель отрицательного смещения является неотъемлемой частью всякого передатчика первой и второй категорий. Следует указать, что этот выпрямитель должен работать наиболее надежно, так как случайное прекращение подачи смещения на управляющие сетки работающих электронных ламп передатчика не только нарушает их режим и правильность работы ступеней передатчика, но может привести к выходу этих ламп из строя.

Такое явление может иметь место, например, при перегорании кенотрона выпрямителя смещения. Селеновые вентили, если правильно выбрать их режим работы, обеспечивают более длительное и надежное действие выпрямителей, чем кенотроны. Кроме того, селеновые выпрямители начинают давать напряжение немедленно после включения переменного напряжения на них. Поэтому, если в передатчике применить питание смещения от селенового выпрямителя, а напряжение на аноды и экранирующие сетки ламп получать от выпрямителей с кенотронами (или газотронами), которые, как известно, способны давать выпрямленное напряжение только после разогрева их ламп, мы автоматически обеспечим подачу отрицательных смещений на управляющие сетки ламп

раньше, чем появятся напряжения на анодах и экранирующих сетках ламп. Из этих соображений желательно, чтобы выпрямитель смещения коротковолнового любительского передатчика был селеновым.

Если в передатчике радиолюбителя-коротковолновика первой категории применена модуляция на анод лампы выходной ступени высокочастотного канала, модулирующая ступень должна, как известно, отдавать значительную мощность низкой частоты, требуя высокого анодного напряжения. Это напряжение может быть получено от того же выпрямителя, который питает выходную высокочастотную ступень. Напряжения на аноды и экранирующие сетки ламп предварительных ступеней модуляционного усилителя могут быть поданы от выпрямителя, питающего промежуточные ступени высокочастотного канала передатчика. Тот же выпрямитель может быть использован и для питания модулирующей ступени передатчика с модуляцией на управляющую или защитную (антидисторбную) сетку. Иногда модуляционное устройство питается от отдельного выпрямителя.

Некоторые схемы электронных манипуляторов требуют отдельного выпрямителя. При использовании этих схем в передатчик, следовательно, добавляется еще один выпрямитель.

Сложность схемы электропитания современных любительских коротковолновых передатчиков (особенно первой категории) заставляет конструкторов применять в них сложную коммутацию с использованием элементов релейной автоматики. При этом важно, чтобы коммутация, во-первых, исключала возможность включения анодного напряжения на лампы передатчика, если не подано смещение на управляющие сетки, во-вторых, не допускала бы включения высокого напряжения на газотроны с непрогретыми катодами, в-третьих, при нарушении нормальной работы передатчика снималось бы высокое анодное напряжение с ламп и т. п.

Для работы реле системы автоматики требуется постоянное напряжение, которое может быть получено от низковольтного селенового выпрямителя.

Таким образом, электропитающее устройство современного любительского коротковолнового передатчика может содержать в себе до 5—6 выпрямителей, между включением, выключением и работой которых должна быть обеспечена определенная взаимосвязь. Распределение нагрузок (питаемых ступеней) между этими выпрямителями решает конструктор, в каждом отдельном случае руководствуясь технической и экономической целесообразностью, а также наличием кенотронов, газотронов, конденсаторов, трансформаторов и других деталей.

От сети постоянного тока легко осуществить питание при-

Источники и способы питания стационарных (в сельских местностях) и подвижных любительских коротковолновых приемно-передающих станций

	Радиостанции с передатчиками мощностью около 1—3 вт			Радиостанции с передатчиками мощностью до 10 вт**	Радиостанции с передатчиками мощностью до 20 вт*
	1-й вариант	2-й вариант*	3-й вариант*		
Приемные, усилительные и генераторные лампы, применяемые в радиостанции	2К2М, 2Ж2М, СБ-242, СО-257, 2П1П, 1К1П	2К2М, 2Ж2М, СБ-242, СО-257, 6Ж7, 6С5, 6Ж8, 6П6С	2К2М, 2Ж2М, СБ-242, СО-257, 6Ж7, 6Ж8, 6П6С	6Ж7, 6Ж8, 6С5, 6Ж5, 6П6С, 6П3, 6П6С	6Ж7, 6Ж8, 6С5, 6Ж5, 6П6С, 6П3, 6П6С
Напряжения накала, в	1,2 или 2	2 или 6,3	2 или 6,3	6,3	6,3
Анодные напряжения, в	100—240	100—240	100—220	200—240	400—700
Источник напряжения накала	Сухая гальваническая батарея***	Аккумуляторная батарея 2—6 в	Аккумуляторная батарея 12—26 в	Аккумуляторная батарея 6,3 в Аккумуляторная батарея 200—240 в	Аккумуляторная батарея 12—26 в Умформер на 400—700 в****
Первичный источник анодного питания	Сухая гальваническая батарея				
Преобразователь для получения анодного напряжения	—	Вибропреобразователь на 100—240 в	Умформер на 200—220 в	—	Умформер на 400—700 в****

* Только для местностей, где обеспечена возможность зарядки аккумуляторов.

** Только стационарные — для местностей, где обеспечена возможность зарядки аккумуляторов.

*** Вместо гальванической батареи для накала можно применять аккумулятор.

**** Анодные напряжения для питания приемника в этом случае получают с помощью отдельного умформера, дающего напряжение 200—240 в, или от сухих батарей.

емников и передатчиков при мощности их в несколько ватт (когда на аноды ламп требуются напряжения, не превышающие напряжения сети). Нити накала ламп при этом включаются последовательно в электросеть через сопротивления.

Питание приемно-передающих радиостанций от гальванических и аккумуляторных батарей имеет смысл только для стационарных приемно-передающих станций в тех местах, где отсутствуют электросети переменного тока, а также для подвижных (носимых, возимых) радиостанций.

Различные возможные способы питания любительских радиостанций от гальванических или аккумуляторных батарей сведены в таблицу 2.

1. ВЫПРЯМИТЕЛИ

1. Типы вентиляй, применяемые в выпрямителях

Выпрямитель служит для преобразования переменного тока в ток постоянного направления. Такое преобразование осуществляется в два этапа. Сначала переменный ток с помощью электрического вентиля преобразуется в ток постоянного направления, обладающий значительными пульсациями, т. е. периодически заметно меняющийся по величине. Этот процесс носит название выпрямления переменного тока.

Затем с помощью фильтра пульсации выпрямленного тока уменьшаются, или, как говорят, сглаживаются. В результате получается практически постоянный ток, или, точнее, ток постоянного направления с очень малыми пульсациями.

Для получения постоянного напряжения, превышающего по величине напряжение электросети, выпрямитель, как правило, имеет трансформатор или автотрансформатор, повышающий (увеличивающий) напряжение сети до необходимой величины. Такой трансформатор (автотрансформатор) называют **с и л о в ы м**.

Нередко применяются выпрямители с умножением выпрямленного напряжения, в которых увеличение напряжения производится после выпрямления без помощи трансформаторов, путем применения специальных схем включения вентиляй и других элементов выпрямителя.

В качестве вентиля может работать любой прибор, обладающий односторонней проводимостью, т. е. имеющий относительно малое сопротивление для электрического тока, если приложить к нему напряжение одного направления, и обладающий большим сопротивлением, когда к нему приложено напряжение обратного направления.

Желательно, чтобы проводимость вентиля для тока прямого направления была наилучшей. Чем больше будет проводимость вентиля, т. е. чем меньше будет его внутреннее сопротивление для тока прямого направления, тем меньше будет потеря напряжения на вентиле и тем выше будет к.п.д. выпрямителя. Наилучшими являются вентили, у которых со-

противление для тока обратного направления бесконечно велико, т. е. совершенно не пропускающие через себя ток в обратном направлении (кенотроны и газотроны).

Кенотроны. Простейший кенотрон представляет собой двухэлектродную лампу (диод), содержащую катод (подогретый или прямым накалом) и анод. Как мы увидим дальше, в схемах двухполупериодных выпрямителей и выпрямителей с «удвоением напряжения» необходимо иметь по два кенотрона. Для уменьшения размеров таких выпрямителей и упрощения их конструкции выпускаются так называемые двуханодные кенотроны, представляющие собой электронные лампы, содержащие в каждом баллоне по два диода.

Большинство типов кенотронов (см. таблицу 3) рассчитано на работу в выпрямителях при напряжениях 250—400 в. К ним относятся двуханодные кенотроны типа 5Ц4С, с помощью которых можно получить выпрямленное напряжение при токе до 120 ма. Применяя двуханодный кенотрон типа 5Ц3С (5U4C), можно получить выпрямленное напряжение до 450 в при токе до 225 ма. Выпрямители с перечисленными кенотронами могут питать передатчики мощностью до 15—20 вт, работающие на лампах типов 6ПЗ, 6ЛС, Г-411, а также радиоприемники. Кроме этих кенотронов, наша промышленность выпускает специально для бестрансформаторных выпрямителей маломощные кенотроны — двуханодный 30Ц6С и одноанодный 30Ц1М, которые предназначены для выпрямителей, дающих выпрямленное напряжение не свыше 225 в при токе до 90 ма. Такие выпрямители могут обеспечить питание приемников и передатчиков с мощностью не более 5 вт при работе на лампах 6Л6, 6ПЗ, 6П6С, 6Ф6 и других типов еще меньшей мощности. В выпрямителях для питания маломощных передатчиков и приемников можно использовать двуханодный кенотрон 6Ц5С, хотя в основном он предназначен для применения в вибропреобразователях.

Необходимо отметить, что указанные в таблице 3 максимальные эффективные напряжения на анодах двуханодных кенотронов и получаемые от них максимальные выпрямленные напряжения относятся к случаям, когда в схемах двухполупериодного выпрямления (см. ниже) работает по одному кенотрону.

Однако с двуханодными кенотронами можно получить и большее выпрямленное напряжение, подав на их аноды соответственно большее переменное напряжение. Для этого выпрямитель нужно выполнить на двух одинаковых кенотронах, используя по одному кенотрону в каждом плече двухполупериодной схемы. Оба анода каждого из кенотронов при этом должны быть соединены между собой накоротко. При этом следует включать высокое напряжение на аноды кено-

Параметры кенотронов

Тип (обозначение) кенотрона	Система кенотрона	Накал		Максимальное выпрямленное напряжение в	Максимальный ток выпрямленный ма	Максимальное эффективное напряжение на аноде в	Максимальная амплитуда обратного напряжения в	Максимальный допустимый импульсный анод. тока ма	Размеры	
		Напря- жение в	Ток а						Высота мм	Максим. диаметр мм
ВО-230	Одноанодный прямого накала	4	0,7	—	50	300	900	—	118	41
ЭОЦ1С(30Ц1М)	Одноанодный подогревный	30	0,3	225*	90	250	500	500	85	33
5Ц4С	Двуханодный подогревный	5,0	2,0	420**	125	350×2	1400	375	112	46
5Ц3С(5У4С)	Двуханодный прямого накала	5,0	3,0	450***	225	450×2	1500	700	135	53
5У3С	"	5,0	2,0	330***	125	350×2	1400	375	85	33
6Ц5С(6Х5С)	Двуханодный подогревный	6,3	0,6	370***	70	325×2	1250	275	105	40
ВО-188	Двуханодный прямого накала	4	2,1	500***	150	500×2	1400	500	145	52
30Ц6С	Двуханодный с прямого накала с разделен. катодами	30	0,3	225***	90	250	500	250	115	42
6Х6	"	6,3	0,3	—	8	150	420	48	45	33
ВО-239	Одноанодный прямого накала	4	2,1	—	180	850	1400	—	150	52

* При емкости входного конденсатора фильтра $C_1 = 25$ мкф.** При емкости входного конденсатора фильтра $C_1 = 8$ мкф.*** При емкости входного конденсатора фильтра $C_1 = 4$ мкф.**** В схеме однополупериодного выпрямления при емкости входного конденсатора фильтра $C_1 = 16$ мкф.

тронов только тогда, когда их катоды полностью прогреются.

При таком включении кенотрон ВО-188 по своим свойствам равноценен кенотрону типа ВО-239. На аноды выпрямителя с двумя кенотронами ВО-188, включенными указанным способом, можно подавать эффективное переменное напряжение до 2×850 в и получать выпрямленное напряжение до 700—800 в при токе около 300 ма. Соответственно на аноды такого выпрямителя с двумя кенотронами 5Ц3С (5U4G) можно подавать эффективное переменное напряжение до 2×600 в и получать выпрямленное напряжение около 600 в при таком же токе.

Повышение напряжения для одноламповых выпрямительных схем сверх указанных в таблице ведет к существенному сокращению срока службы кенотронов.

Газотроны. В выпрямителях для питания более мощных передатчиков, когда требуются напряжения порядка тысячи вольт и большие токи, могут быть применены специальные типы одноанодных газотронов. Однако преобразование больших напряжений и токов с помощью кенотронов ведет к значительным бесполезным потерям мощности в выпрямителях. Поэтому в выпрямителях такого назначения в качестве вентилей чаще всего применяются газотроны.

Газотрон, как и кенотрон, представляет собой стеклянный баллон (рис. 1), в который заключены анод и катод (прямого накала или подогревный). Катод прямого накала обычно выполняется из никелевой оксидированной ленты, свернутой в спираль. Для нормального накала катода газотрона ВГ-129, наиболее часто применяемого радиолюбителями-коротковолновиками, требуется напряжение 2,5 в. Концы катода газотрона ВГ-129¹ выводятся к цоколю с винтовой нарезкой (такому же, как у осветительных ламп накаливания), а его анод соединен с металлическим колпачком, расположенным в верхней части стеклянной колбы. Внутри баллона имеется небольшое количество ртути, которая создает ртутные пары, наполняющие газотрон.

¹ Газотроны обозначаются буквами ВГ, за которыми следуют цифры, указывающие его заводской тип. В соответствии с вводимым в ближайшее время Государственным общесоюзным стандартом (ГОСТ-5461-50) газотроны новых типов, наполненные парами ртути, обозначаются буквами ГР, а газотроны с инертным газом — буквами ГГ. После этих букв в обозначение входит число в виде дроби, числитель которой указывает среднее значение тока в амперах, а знаменатель — наибольшее допустимое амплитудное значение обратного напряжения в киловольтах.

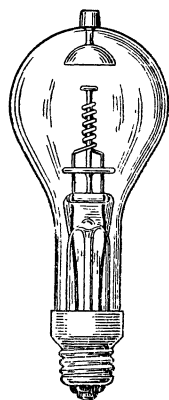


Рис. 1. Общий вид газотрона ВГ-129

Работает газотрон следующим образом. Когда его катод накален, а к его аноду приложен положительный потенциал, электроны от катода летят к аноду. При напряжениях на аноде около 12—15 в электроны приобретают настолько большую скорость, что при столкновении с молекулами ртутных паров «выбивают» из атомов ртути часть содержащихся в них электронов — происходит ионизация ртутных паров.

Электроны, выделившиеся из атомов ртути, также летят к аноду, резко увеличивая анодный ток. Такое увеличение анодного тока называется *зажиганием газотрона*, а напряжение, при котором возникает зажигание, — *напряжением зажигания газотрона*.

Зажигание газотрона характеризуется возникновением голубовато-зеленого свечения в его баллоне. Чем больше идет ток между анодом и катодом газотрона, тем интенсивнее это свечение. Из расщепленных молекул ртути выделяются, кроме электронов, еще и положительные ионы. Под действием положительного напряжения на аноде и отрицательного напряжения на катоде ионы отталкиваются анодом и притягиваются катодом. На своем пути к катоду ионы встречают окружающее его электронное облачко. Электроны этого облачка соединяются с положительными ионами и снова образуют молекулы ртути. Следовательно, ток в анодной цепи газотрона представляет собой движение электронов от катода и электронов, выбитых из молекул ртути. Поэтому через газотрон может пройти более сильный ток, чем через кенотрон.

Так как в нормально работающем газотроне падение напряжения значительно меньше, чем в кенотроне, мощность, теряемая бесполезно в газотроне, также меньше. Для нормальной работы газотрона необходимо, чтобы давление ртутных паров внутри его баллона имело величину порядка тысячной доли миллиметра. Это давление зависит главным образом от температуры нагрева нижней части (горловины) баллона, в которой скапливается ртуть. Чем выше температура, тем выше будет и давление ртутных паров. Если давление ртутных паров в баллоне будет меньше некоторого критического, получится увеличенное против нормы падение напряжения в газотроне.

Практически необходимое рабочее давление в баллонах газотронов обеспечивается при температуре помещения, в котором они работают, в пределах 15—30°С. При температуре окружающей среды ниже 5—10°С газотрон работать не может.

Чем больше будет падение напряжения в газотроне, тем с большими скоростями под действием этого напряжения будут лететь ионы к катоду. При очень больших скоростях ионы могут прорваться сквозь электронное облачко и разрушить катод. Поэтому анодное напряжение никогда не включают на газотрон одновременно с напряжением накала. Включив накал,

необходимо подождать 5 минут¹, пока баллон прогреется. Если включить анодное напряжение при недостаточном прогреве газотрона, то ионы не встретят на пути к катоду достаточно густого электронного облачка, что приведет к усиленной бомбардировке катода и разрушению его.

Время, необходимое для прогрева нового газотрона, должно быть равно 1 часу¹. Такой продолжительный прогрев необходим главным образом для того, чтобы удалить с поверхностей катода и анода капельки ртути, которые могли попасть на него во время перевозки или переноски газотрона. Кроме того, нельзя выключать напряжение накала газотрона, не выключив предварительно анодное напряжение, и снижать напряжение накала газотрона больше чем на 5 процентов. Повышение напряжения накала газотрона выше нормы не должно превышать 10 процентов во избежание перекала катода и сокращения срока его службы. Желательно поддерживать напряжение накала с точностью $\pm 0,1$ в.

Газотрон может перегреться при высокой температуре окружающего воздуха или при прохождении через него тока большей величины, чем указано в паспортных данных.

Чрезмерная высокая температура нагрева газотрона способствует возникновению так называемого обратного зажигания в нем, что может привести к гибели газотрона.

Обратное зажигание объясняется так. Когда на аноде газотрона действует отрицательное напряжение, анод притягивает к себе положительные ионы, которые его бомбардируют и выбивают из него электроны. Обычно электроны начинают вылетать из места загрязнения анода каплями ртути или частицами оксида, попавшими с катода. У загрязненного места увеличивается плотность тока, эта точка еще больше разогревается, ток обратного направления еще больше усиливается. Увеличение температуры ртутных паров, как мы уже говорили выше, приводит к увеличению давления в газотроне, что усиливает ионизацию пространства внутри баллона из-за увеличения числа столкновений электронов с молекулами ртутных паров.

В результате ток обратного направления достигает значительной величины, и вместо ионного разряда в баллоне газотрона возникает дуговой разряд. Он проявляется в виде вспышки внутри баллона газотрона, сопровождающейся резким увеличением тока в его анодной цепи. Если дуговой разряд в баллоне газотрона будет длительным, он разогреет электроды газотрона и выведет его из строя. Кратковременное

¹ Указанное время достаточно для газотронов типа ВГ-129, применяемых на любительских станциях. Более мощные газотроны требуют обычно большего времени прогрева. С другой стороны, если газотрон нагружается не полностью, промежуток времени между включением накала и анодного напряжения может быть несколько сокращен.

обратное зажигание полезно тем, что при нем происходит так называемый процесс жестчения. Этот процесс заключается в том, что посторонние газы, находящиеся в баллоне, поглощаются электродами и стеклом, а осевшие на аноде частички бария, оксида и ртути испаряются. В результате напряжение, при котором в дальнейшем возможно будет обратное зажигание газотрона, повышается.

Чтобы защитить газотрон от длительных обратных зажигания, а также от перегрузок, в его анодную цепь включается плавкий предохранитель. При случайном возникновении обратного зажигания этот предохранитель перегорит быстрее, чем произойдет опасное нагревание электродов газотрона.

Газотрон типа ВГ-129 может дать выпрямленное напряжение до 2000 в. Используя в выпрямителе два газотрона ВГ-129 по двухполупериодной схеме, можно получить от такого выпрямителя ток до 1 а. Следовательно, выпрямители с газотронами ВГ-129 обеспечивают питание передатчика мощностью в 50—100 вт, работающего на лампах ГКЭ-100, Г-414, Г-440А, 807, 1625 и подобных им по мощности.

Селеновые вентили. В последние годы в качестве вентиляей для выпрямления переменного тока значительное распространение получили селеновые столбики. С их помощью можно получить выпрямленный ток любой силы при любом напряжении, который может потребоваться для питания любительских приемно-передающих коротковолновых станций.

Важнейшими частями селенового столбика являются стальные или алюминиевые шайбы. Одна сторона каждой шайбы покрыта тонким слоем селена (рис. 2). Поверх селена нанесен слой из легкоплавкого сплава висмута, кадмия и олова. Этот слой называется верхним электродом. Сама шайба носит название нижнего электрода.

Если приложить положительный потенциал к нижнему электроду, а отрицательный потенциал — к верхнему, то через слой селена пойдет ток значительно большей силы (примерно в тысячу раз), чем тогда, когда электрические потенциалы будут приложены в противоположном направлении. Таким образом, шайба обладает свойствами электрического вентиля, анодом которого является нижний электрод (точнее слой селена), а катодом — верхний электрод, который часто называют катодным сплавом. Вентильное действие шайбы имеет место между сло-

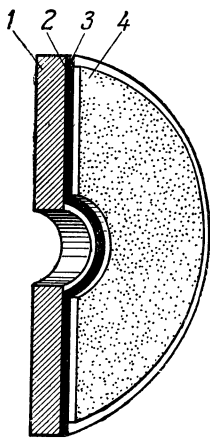


Рис. 2. Устройство селеновой шайбы (в разрезе): 1 — нижний электрод; 2 — слой селена; 3 — запорный слой; 4 — верхний электрод

ем селена и нанесенным на него катодным сплавом.

Сразу после включения напряжения на селеновый вентиль наблюдается повышенная величина обратного тока. От действия проходящего тока происходит «формовка» селенового вентиля, и обратный ток уменьшается до нормальной величины в течение 3—5 минут, причем вначале ток падает резко, а потом медленнее. Если селеновые вентили долгое время не были в работе, то «формовка» продолжается.

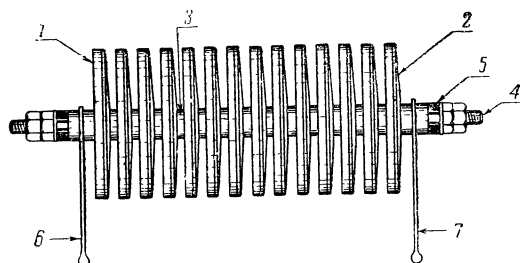


Рис. 3. Селеновый столбик:
1 — шайба с селеном; 2 — контактная пружинящая шайба; 3 — промежуточная металлическая шайба; 4 — стяжной болт; 5 — изоляционная шайба; 6 — вывод анода;
7 — вывод катода

Сборку селенового столбика производят на металлическом стержне с резьбой на концах (рис. 3). На стержень надевают изоляционную трубку, внешний диаметр которой равен диаметру внутреннего отверстия селеновой шайбы. На изоляционную трубку надевают шайбу со слоем селена, пружинящую металлическую шайбу, малую шайбу, опять шайбу со слоем селена и т. д. Каждая пружинящая шайба осуществляет контакт верхнего электрода одного селенового элемента через малую металлическую шайбу с нижним электродом соседнего селенового элемента. Таким образом, все селеновые шайбы столбика соединяются между собой последовательно, образуя как бы один вентиль, анодом которого является нижний электрод крайней в столбе селеновой шайбы, а катодом — находящаяся на противоположном конце столба пружинящая шайба, дающая контакт с катодным сплавом соседней с ней селеновой шайбы. Столб включается в схему выпрямителя через металлические «лесточки», имеющие контакт с крайними шайбами. Для получения плотного контакта между соседними шайбами и крайних шайб с лепестками весь столб стягивается с помощью гаек, навинчиваемых на концы металлического стержня. Изоляционные шайбы препятствуют короткому замыканию между крайними элементами столба через стягивающий стержень.

Обозначения селеновых столбиков, выпускаемых отечественной радиопромышленностью и собранных из стальных шайб, состоят из букв ВС (выпрямитель селеновый) и цифр, указывающих диаметр примененных в столбике шайб. К обо-

значению столбика иногда добавляется вторая группа цифр— заводской номер модели столбика. Таким образом, наименование столбика ВС-35-13 расшифровывается так: выпрямитель селеновый, из шайб диаметром 35 мм, модель № 13. Если в столбике применены алюминиевые шайбы, впереди обозначения ставится буква «А».

Чем больше диаметр селеновых шайб, из которых составлен столбик, тем большей силы выпрямленный ток дает выпрямитель с таким столбиком.

В таблице 4 указано, какой величины можно получить выпрямленные токи с помощью селеновых шайб различных диаметров, имеющих наибольшее применение в выпрямителях для питания радиолюбительских приемников и передатчиков с указанием наибольшего выпрямленного тока.

Таблица 4

Селеновые выпрямительные шайбы

Диаметр шайбы	Максимальное значение выпрямленного тока на шайбу в плече		Максимальное количество шайб в столбе
	при однополупериодной схеме	при двухполупериодной и мостовой схемах	
мм	ма	ма	шт.
18	32	60	36
25	60	120	36
35	120	240	36
45	240	480	32
100	1200	2400	26

Количество последовательно включенных селеновых вентилях в столбике определяется величиной переменного напряжения, которое подводится к столбику для выпрямления. В выпрямителях, имеющих фильтры с конденсаторным входом, число элементов в столбике должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы на каждую шайбу приходилась амплитуда напряжения не более 22—24 в. При этом шайбы меньшего диаметра выдерживают относительно большие напряжения в указанном пределе.

Если не придерживаться этого правила, выпрямительное действие шайб может быть нарушено.

Все данные таблицы 4 относятся к случаям работы селеновых столбиков при температуре не выше +35°C и беспрепятственном их охлаждении.

Преимуществом селеновых столбиков является то, что они потребляют меньше электроэнергии (нет цепей накала) и дольше служат, чем кенотроны.

2. Схемы выпрямителей

Двухполупериодные выпрямители. Наиболее распространенными для питания любительских приемников и передатчиков являются выпрямители по двухполупериодной схеме. По этой схеме строятся кенотронные, газотронные и селеновые выпрямители¹.

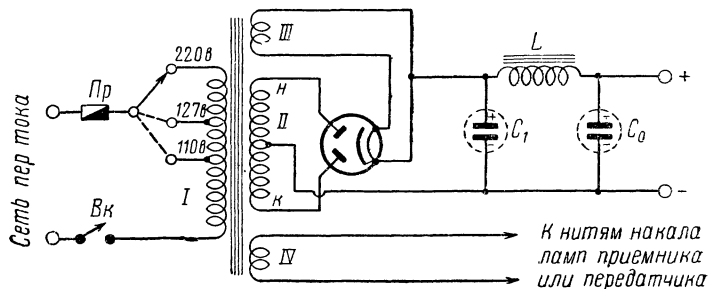


Рис. 4. Схема двухполупериодного кенотронного выпрямителя

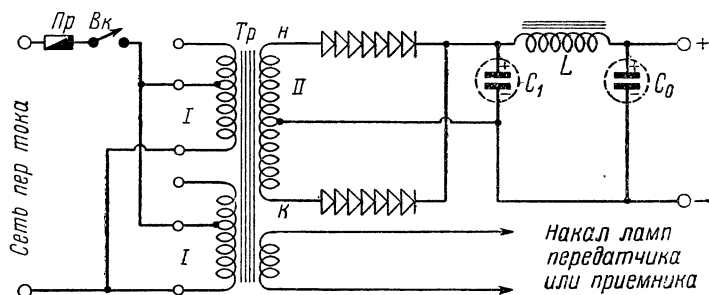


Рис. 5. Схема двухполупериодного селенового выпрямителя

Кенотронные и селеновые выпрямители обычно содержат по одному силовому трансформатору Tr (рис. 4 и 5). При включении выключателем $Вк$ переменного напряжения сети на первичную обмотку трансформатора I одновременно с обмотки IV подается напряжение на накал ламп приемника или передатчика, с обмотки II — напряжение на аноды вентилей (кенотронов или селеновых столбиков), а в кенотрон-

¹ Кроме того, существуют купроксные, ртутные и другие выпрямители. Поскольку они не имеют широкого распространения в практике питания радиолубительской коротковолновой аппаратуры, мы на них останавливаться не будем.

ном выпрямителе (рис. 4) с обмотки *III*, кроме того, подается напряжение на накал кенотрона.

В схему кенотронного выпрямителя, питающего передатчик, если его кенотроны работают в близком к максимальному или в несколько форсированном режиме, вводится еще один выключатель между средней точкой вторичной обмотки *II* силового трансформатора и минусом выпрямленного напряжения. В такой схеме при замыкании выключателя *Вк* в цепи первичной обмотки силового трансформатора включаются накал кенотрона и лампы передатчика. Второй выключатель замыкается после того, как прогреются катоды этих ламп. При такой последовательности включения кенотроны не работают до тех пор, пока их катоды не достигнут рабочей температуры. Этим обеспечивается большая длительность работы кенотронов.

При подаче напряжения на аноды кенотронов одновременно с включением накала между анодами и катодами кенотронов возникают токи, когда кенотроны еще не полностью прогрелись. Если катоды кенотронов недостаточно прогреты, их внутреннее сопротивление имеет величину больше нормальной, и между их анодами и катодами получается увеличенное против нормы падение напряжения. Когда на кенотроны подается напряжение, близкое по величине к максимально допустимому, или кенотроны поставлены в форсированный режим, падение напряжения на кенотронах в этот промежуток времени может быть настолько большим, что это напряжение способно быстро разрушить катод. Указанный способ включения выпрямителя в два приема предохраняет от этих неприятных явлений.

Для увеличения выпрямленного тока, отдаваемого выпрямителем передатчику, часто применяют параллельное включение кенотронов. Иногда вместо одного кенотрона в каждое плечо схемы включают отдельный двуханодный кенотрон. В этом случае его аноды соединяют между собой и подключают к началу *H* или к концу *K* вторичной повышающей обмотки *II* силового трансформатора.

В некоторых селеновых выпрямителях между выводами начала *H* и конца *K* вторичной (повышающей) обмотки *II* силового трансформатора (рис. 5) и анодами выпрямительных селеновых столбиков включают сопротивления величиной порядка десятков ом. Роль этих сопротивлений заключается в следующем. Мы знаем, что при подаче напряжения на селеновый столбик через него вначале проходит обратный ток повышенной силы, в течение короткого времени спадающий вследствие «формовки» его шайб. Электролитические конденсаторы в момент подачи на них выпрямленного напряжения также обладают повышенной утечкой, быстро

уменьшающейся от действия этого напряжения. Благодаря этому тотчас же после включения выпрямителя в сеть через селеновый столбик может пройти значительный ток, создающий между слоем селена и катодным сплавом каждой шайбы настолько большое падение напряжения, что шайбы столбика будут повреждены (произойдет пробой вентиля электрическим напряжением).

Сопروتивление, включенное последовательно со столбиком, ограничивает силу тока, проходящего через него в момент включения; часть напряжения вторичной (повышающей) обмотки силового трансформатора падает на этом сопротивлении, и опасность повреждения селеновых вентилях уменьшается. Когда же селеновые шайбы и электролитические конденсаторы отформуются и через столбик установится рабочий ток нормальной величины, на последовательно включенном небольшом сопротивлении будет незначительное падение напряжения.

Если обмотки трансформатора обладают значительным сопротивлением, включение указанных сопротивлений последовательно с селеновыми столбиками необязательно, так как в момент включения будет достаточное падение напряжения на самих обмотках.

Следует отметить, что, если в схеме электропитания коротковолнового передатчика необходимо иметь несколько селеновых или кенотронных выпрямителей, часто применяют общий силовой трансформатор для двух выпрямителей. Такой трансформатор должен иметь две повышающие вторичные обмотки и соответствующее количество обмоток накала. Указанное объединение выпрямителей позволяет сократить размеры электропитающего устройства любительского радиопередатчика.

Газотронный выпрямитель (рис. 6), как правило, содержит два трансформатора *Тр-а* и *Тр-н*. Этим обеспечивается возможность раздельного включения накала газотронов и анодного напряжения (таким же способом можно осуществить раздельное включение накала и анодного напряжения в кенотронных выпрямителях, дающих большое напряжение). Иногда в устройствах с газотронными выпрямителями (а также и кенотронными с двухступенным включением) применяют реле времени, обеспечивающее невозможность включения анодного напряжения на лампы до тех пор, пока они полностью не прогреются. Практические схемы включения реле времени электропитающих устройств действующих радиолубительских передатчиков приведены в конце книги.

Селеновые выпрямители можно строить по так называемым мостовым схемам (рис. 7, 8 и 9): Если от выпрямителя по мостовой схеме нужно получить напряжение, примерно равное по величине напряжению питающей электросети, при-

менять трансформатор обязательно. В этом случае селеновые вентили включаются непосредственно в электросеть, как показано на рис. 9. Если необходимо более высокое выпрямленное напряжение, в селеновом выпрямителе можно применить как трансформатор (рис. 7), так и автотрансформатор (рис. 8).

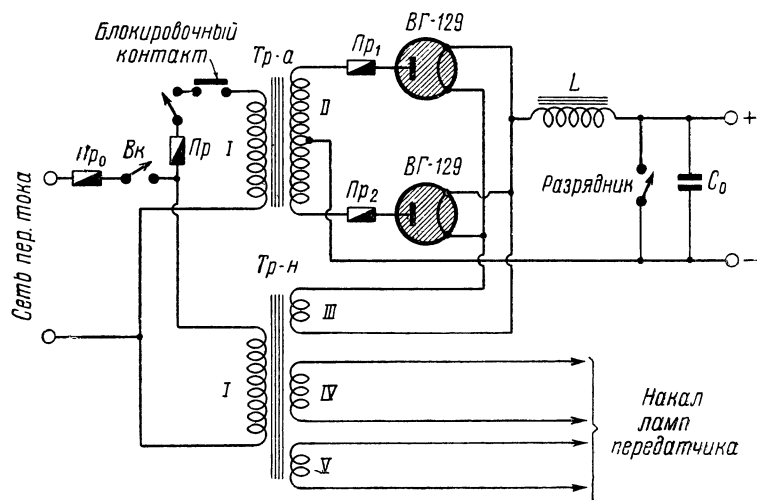


Рис. 6. Схема двухполупериодного газотронного выпрямителя

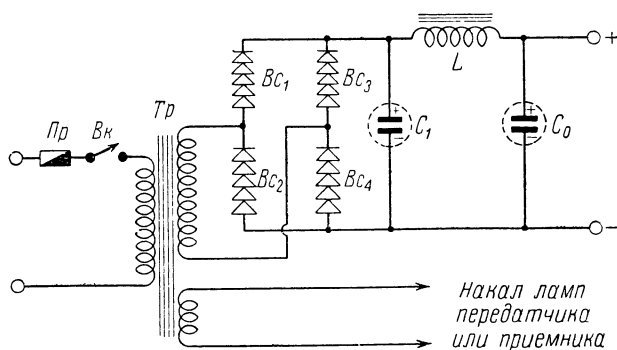


Рис. 7. Двухполупериодный селеновый выпрямитель по мостовой схеме с трансформатором

Следует отметить, что для мостовой схемы нужен трансформатор меньшего размера и с вдвое меньшим числом витков во вторичной обмотке, чем для обычной схемы двухполупериодного выпрямления. На изготовление автотрансформатора к выпрямителю по мостовой схеме идет меньше стали и обмоточного провода, чем на изготовление трансформатора.

Однополупериодные — кенотронные и селеновые (рис. 10 — 13) — выпрямители применяют в тех случаях, когда требуется выпрямленный ток порядка нескольких десятков миллиампер. Однополупериодный селеновый выпрямитель имеет в два раза меньше шайб в схеме, чем двухполупериодный.

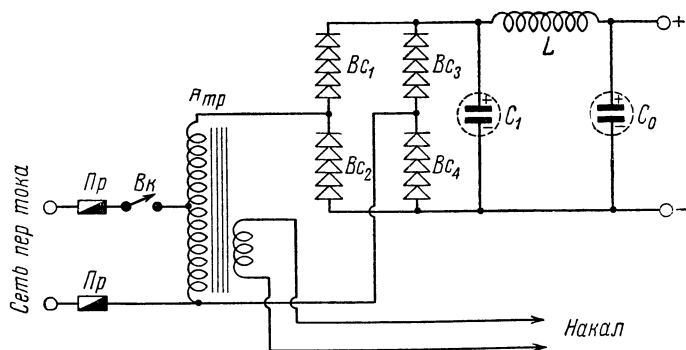


Рис. 8. Двухполупериодный селеновый выпрямитель по мостовой схеме с автотрансформатором

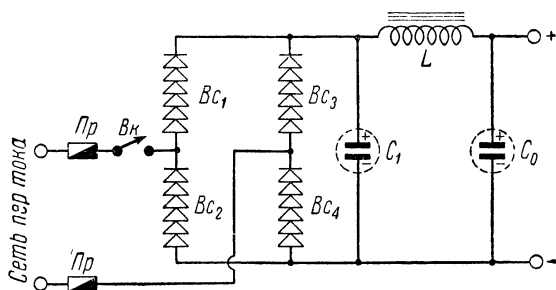


Рис. 9. Схема бестрансформаторного двухполупериодного селенового выпрямителя по мостовой схеме

Если требуется выпрямленное напряжение, примерно равное напряжению электросети, можно обойтись в выпрямителе без трансформатора или автотрансформатора. Во всех других случаях в схеме однополупериодного выпрямителя должен применяться силовой трансформатор или автотрансформатор.

На рис. 14—17 приведены бестрансформаторные схемы с удвоением выпрямленного напряжения.

Следует особо отметить, что во всех схемах бестрансформаторных выпрямителей всегда существует непосредственное соединение электрической схемы питаемой ими аппаратуры с электросетью. Это является существенным недостатком таких выпрямителей: в них нельзя заземлять об-

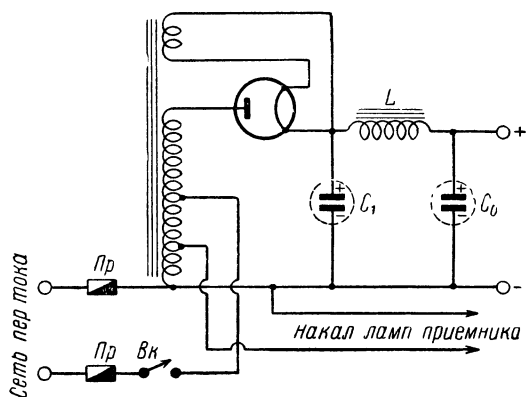


Рис. 10. Однополупериодный кенотронный выпрямитель с автотрансформатором

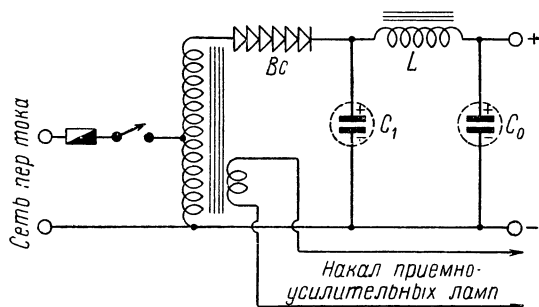


Рис. 11. Однополупериодный селеновый выпрямитель с автотрансформатором

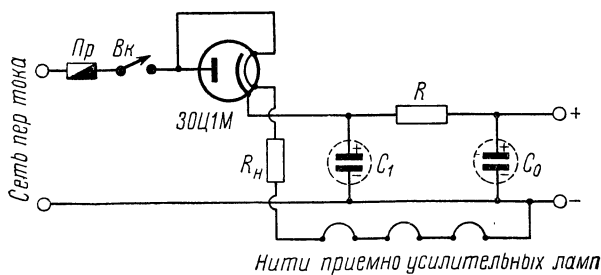


Рис. 12. Кенотронный выпрямитель для малоламповых приемников. Вместо сопротивления R иногда включают дроссель

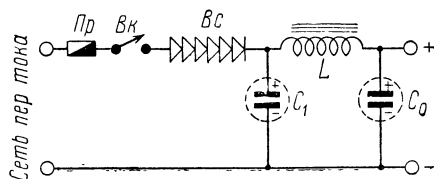


Рис. 13. Схема простейшего селенового выпрямителя.

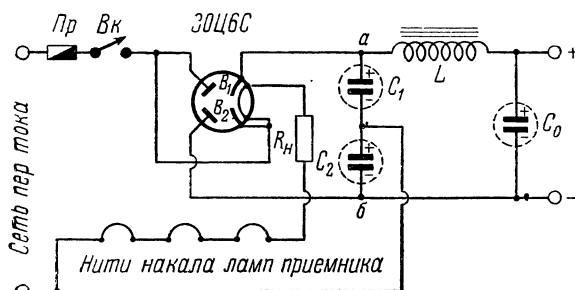


Рис. 14. Мостовая схема кенотронного выпрямителя с удвоением напряжения

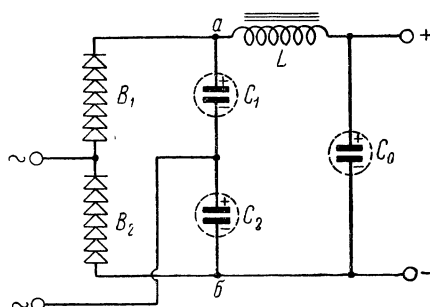


Рис. 15. Мостовая схема селенового выпрямителя с удвоением напряжения

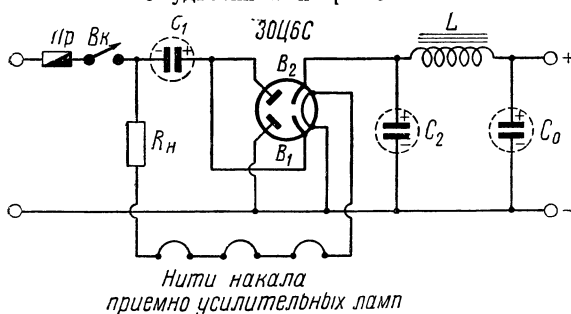


Рис. 16. Последовательная схема кенотронного выпрямителя с удвоением напряжения для питания малоламповых приемников

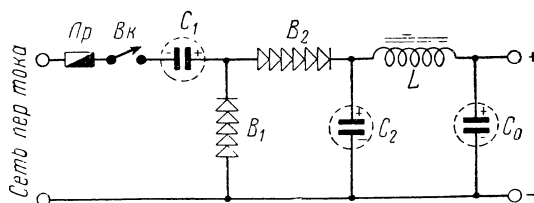


Рис. 17. Последовательная схема селенового выпрямителя с удвоением напряжения

щий минус питающих напряжений. Если же минус соединить с землей, через схему на землю пойдет переменный ток от сети, могущий повредить аппаратуру.

Схемы фильтров. Выпрямители классифицируются также по типу применяемых в них фильтров. Кенотронные и селеновые выпрямители чаще всего имеют фильтры, начинающиеся с конденсатора, которые также называют фильграми с конденсаторным входом (такие фильтры показаны на рис. 4, 5 и 7—13). Кроме конденсаторов, фильтры обычно имеют дроссели с сердечниками из трансформаторной стали. В выпрямителях, служащих для питания малоламповых приемников и для подачи смещения на управляющие сетки и в случаях, когда от выпрямителя потребляется небольшой выпрямленный ток (не свыше нескольких десятков миллиампер), вместо дросселя в фильтре иногда применяют активное сопротивление (рис. 12). В некоторых случаях применяют в выпрямителях многоячеечные фильтры.

Если исключить из схем выпрямителей, показанных на рис. 4, 5, 7—11, конденсаторы C_1 , то мы получим так называемые фильтры с дроссельным входом (фильтры, начинающиеся с дросселей). При заданном напряжении на вторичной обмотке трансформатора фильтр с дроссельным входом дает меньшее выпрямленное напряжение, чем фильтр, начинающийся с конденсатора. Преимуществом фильтра с дроссельным входом является меньшее влияние величины тока, отбираемого от выпрямителя, на величину выпрямленного напряжения.

В качестве примера на рис. 18 приведены нагрузочные характеристики двухполупериодного выпрямителя, работающего с кенотроном типа 5Ц4С, при подаче на аноды последнего с повышающей обмотки силового трансформатора различных напряжений $U_{эф}$. Сплошными линиями здесь начерчены нагрузочные характеристики в случае применения фильтра, начинающегося с конденсатора емкостью 4 и 8 мкф, а пунктирными линиями — нагрузочные характеристики выпрямителя с фильтром, начинающимся с дросселя, обладающего индуктивностью 5 гн. Меньший наклон характеристик, показанных пунктиром, по сравнению с характеристиками, начерченными сплошными линиями, и указывает на меньшую зависимость выпрямленного напряжения от силы отбираемого тока в выпрямителе с дроссельным входом. Из рис. 18 также видно, что в выпрямителе, имеющем фильтр с конденсаторным входом, влияние тока, идущего через нагрузку на выпрямленное напряжение, уменьшается с увеличением емкости входного конденсатора C_1 ; кроме того, в таком выпрямителе можно получить большее выпрямленное напряжение при том же напряжении на вторичной (повышающей) обмотке силового трансформатора.

Фильтры с дроссельным входом в кенотронных и селеновых выпрямителях применяются редко.

Газотронные выпрямители всегда работают на фильтр с дроссельным входом (рис. 6). Применение в этих выпрямителях фильтров с конденсаторным входом недопустимо потому,

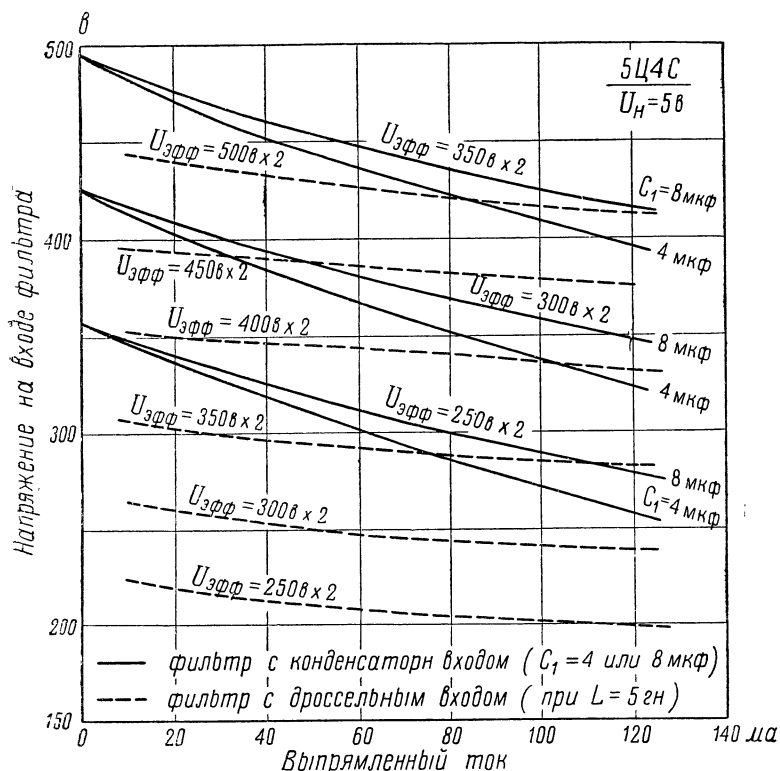


Рис. 18. Нагрузочные характеристики выпрямителей с кенотронами 5Ц4С, работающих с фильтрами, имеющими конденсаторный и дроссельный входы

что в момент включения переменного напряжения на аноды газотронов через них на зарядку конденсатора, включенного до дросселя, пройдет очень большой ток, который может быть не безопасен для газотрона.

3. Работа выпрямителей

Однополупериодный выпрямитель. Рассмотрим, как работает наиболее простой выпрямитель — однополупериодный. В те полупериоды, когда напряжение на верхнем проводе, подводящем ток от сети при бестрансформаторной схеме (рис. 12 и 13), или на верхнем конце обмотки автотрансформатора

(рис. 10 и 11) положительное и соответственно положительное напряжение приложено к аноду вентиля, через последний будет проходить электрический ток, заряжая конденсатор C_1 со знаком «плюс» на верхней обкладке. Во время других полупериодов, когда на аноде вентиля напряжение отрицательное, ток через кенотрон не пойдет (через селеновый вентиль в этом случае пройдет ничтожно малый ток).

Следовательно, ток через вентиль будет иметь импульсный характер: он будет создавать на конденсаторе электрический заряд с плюсом на верхней обкладке и минусом на нижней. Через дроссель L или заменяющее его сопротивление R заряд также будет проходить на конденсатор C_0 .

Если конденсаторы не имеют утечки и к зажимам «+» и «—» не включено никакого сопротивления (нагрузки), электрическая энергия, накапливаемая через вентиль конденсаторами, расходоваться не будет. В результате конденсаторы C_1 и C_0 от некоторого количества импульсов полностью зарядятся и импульсы тока через вентиль прекратятся. Происходит это потому, что напряжение на конденсаторах достигает амплитудного значения переменного напряжения, т. е. положительный потенциал на аноде вентиля никогда не превышает потенциала на верхней обкладке конденсатора C_1 . Так как амплитудное значение синусоидального напряжения в 1,41 раза больше его эффективного значения, на конденсаторах C_1 и C_0 появится постоянное напряжение, в 1,41 раза превышающее по величине эффективное значение переменного напряжения. Так, например, при включении выпрямителей по схемам рис. 12 и 13 в 220-вольтовую сеть конденсаторы зарядятся до напряжения $220 \times 1,41 = 310$ в.

Если же присоединить к зажимам «+» и «—» выпрямителя нагрузку, например, анодные цепи ламп приемника, через нее за счет разряда конденсаторов C_1 и C_0 пойдет электрический ток, и напряжение на конденсаторах уменьшится.

Через вентиль снова начнут проходить импульсы тока, восполняющие запас энергии конденсаторов C_1 и C_0 и частично ответвляющиеся через нагрузку. Можно считать, что в те моменты, когда вентиль пропускает через себя ток, ток через нагрузку проходит за счет энергии этих импульсов; в перерывах же между импульсами тока через нагрузку будет идти только разрядный ток конденсаторов. Вследствие этого напряжение на конденсаторах C_1 и C_0 и на нагрузке, а также и ток через нагрузку будут непрерывно изменяться.

Двухполупериодные выпрямители (кенотронные и селеновые). Схему двухполупериодного кенотронного (рис. 4) или селенового выпрямителя (рис. 5) можно рассматривать, как составленную из двух одинаковых однополупериодных схем, но с общими конденсаторами C_1 и C_0 , причем на каждый вентиль поступает напряжение с одной половины вторичной об-

мотки II трансформатора Tr . Во время полупериодов переменного тока, когда напряжение на начале H вторичной обмотки II трансформатора положительно, импульсы тока проходят через верхний клапан, заряжая конденсаторы C_1 и C_0 . Во время других полупериодов, когда положительное напряжение возникнет на конце K обмотки II , импульсы тока проходят через нижний клапан, сообщая конденсаторам C_1 и C_0 заряды того же знака. Следовательно, клапаны в двухполупериодной схеме проводят ток поочередно, пополняя заряд конденсаторов дважды в течение каждого периода переменного напряжения. Между двумя следующими друг за другом импульсами тока через клапаны напряжение на конденсаторе падает меньше, чем в однополупериодной схеме, т. е. пульсация напряжения также получается меньше (при условии равенства в обоих случаях сопротивлений нагрузок). Частота пульсаций напряжения, даваемого двухполупериодным выпрямителем, получается в два раза больше, чем при однополупериодном выпрямлении.

Мостовые схемы. В мостовых схемах работают по четыре группы селеновых выпрямительных элементов ВС-1, ВС-2, ВС-3 и ВС-4 (рис. 7, 8 и 9). В каждой диагонали моста должно быть по равному числу одинаковых шайб. К одной из диагоналей подводится переменное напряжение, с другой — снимается пульсирующее напряжение.

При выпрямлении напряжений до 125—150 в все селеновые элементы могут быть собраны в один столбик. При выпрямлении напряжений до 250—300 в в схеме выпрямителя применяются два столбика с равным четным числом шайб в каждом. В один из них входят группы селеновых элементов ВС-1 и ВС-2, а в другой — ВС-3 и ВС-4. Наконец, для выпрямления напряжений выше 250—300 в в каждое плечо мостовой схемы должен быть включен отдельный столбик или даже несколько столбиков последовательно¹.

Работают схемы мостовых выпрямителей следующим образом. Во время одного полупериода переменного напряжения происходит заряд конденсатора C_1 за счет тока, проходящего через группы селеновых шайб BC_1 и BC_4 . Группы селеновых шайб BC_2 и BC_3 в это время тока через себя практически не пропускают. Во время полупериода переменного напряжения другого знака конденсатор заряжается током, проходящим через группы селеновых шайб BC_2 и BC_3 . При этом группы селеновых шайб BC_1 и BC_4 не пропускают через себя тока.

¹ В мостовой схеме могут применяться и кенотроны. В таком случае понадобится четыре одноанодных или два двуханодных кенотрона с разделенными катодами типа 30Ц6С. Такие схемы получаются громоздкими, неэкономичными и поэтому они не нашли практического применения.

Во вторичной обмотке трансформатора мостовой схемы протекает ток во время обоих полупериодов переменного напряжения, в то время как в обычной двухполупериодной схеме каждая половина этой обмотки работает только во время одного полупериода.

Мостовая бестрансформаторная схема удвоения. Мостовую схему удвоения (рис. 14 и 15) можно рассматривать, как состоящую из двух однополупериодных выпрямителей. В одном из этих выпрямителей работает вентиль B_1 с конденсатором C_1 , а в другом — вентиль B_2 с конденсатором C_2 . Конденсаторы C_1 и C_2 имеют одинаковую емкость. Так как катод вентиля B_2 соединен с анодом вентиля B_1 , эти вентили пропускают через себя ток поочередно. Во время одного полупериода переменного напряжения, когда положительное напряжение появится на аноде вентиля B_1 и катоде вентиля B_2 , ток проходит через вентиль B_1 и заряжает конденсатор C_1 . Через другой вентиль в это время ток пройти не может, так как его катод положителен. Во время другого полупериода на аноде вентиля B_1 имеется отрицательное напряжение, и этот вентиль не работает; но в это время положительное напряжение поступает через конденсатор C_2 на анод вентиля B_2 , а отрицательное — на его катод. Ток проходит через вентиль B_2 и заряжает конденсатор C_2 . Конденсаторы C_1 и C_2 соединены последовательно: отрицательно заряженная обкладка конденсатора C_1 соединена с обкладкой конденсатора C_2 , имеющей положительный заряд. Вследствие этого между точками схемы a и b получается примерно вдвое большее напряжение, чем при однополупериодном выпрямлении. Через дроссель L заряд передается конденсатору C_0 , который в результате получает напряжение, почти равное суммарному напряжению на конденсаторах C_1 и C_2 ¹.

Последовательные схемы удвоения напряжения. В этих схемах (рис. 16 и 17) два вентиля и два конденсатора C_1 и C_2 соединены между собой иначе, чем в мостовой схеме с удвоением. Во время одного полупериода, когда на нижнем зажиме питающей электросети напряжение положительно, а на верхнем зажиме — отрицательно, анод вентиля B_1 находится под положительным напряжением, и через него прохо-

¹ В некоторых случаях мостовая схема удвоения напряжения применяется в выпрямителях для питания высоким напряжением передатчиков. В этом случае к схеме подводится переменное напряжение со вторичной высоковольтной обмотки силового трансформатора. Выгода последней схемы заключается в том, что в ней нужно иметь напряжение на вторичной (повышающей) обмотке вдвое меньше, чем при однополупериодной схеме, и в четыре раза меньше, чем при двухполупериодной схеме. К тому же вторичная обмотка трансформатора не имеет вывода от средней точки.

Такая схема может служить для питания любительского передатчика с лампами, требующими больших анодных напряжений.

дит ток, заряжающий конденсатор C_1 . Заметим, что положительно заряженная обкладка конденсатора C_1 соединена с анодом вентиля B_2 . Поэтому, когда данный полупериод переменного напряжения закончится, конденсатор C_1 начнет передавать запасенную им энергию конденсатору C_2 через вентиль B_2 . Но с началом следующего полупериода на анод вентиля B_2 через конденсатор C_1 от питающей сети будет также поступать положительное напряжение. Следовательно, на аноде вентиля B_2 будет действовать суммарное напряжение конденсатора C_1 и сети переменного тока. В результате конденсатор C_2 получит примерно вдвое большее напряжение, чем напряжение на конденсаторе C_1 . Во время последующих периодов переменного напряжения описанные процессы будут повторяться. Через дроссель L удвоенное напряжение с конденсатора C_2 получит и конденсатор C_0 .

Выпрямитель с утроением напряжения. На том же принципе, что и схема рис. 17, могут быть принципиально построены схемы бестрансформаторных селеновых выпрямителей, дающих выпрямленное напряжение в три, четыре и большее число раз по сравнению с однополупериодной схемой. На рис. 19 приведена схема, дающая «утроенное» напряжение, т. е. позволяющая от сети с напряжением 120 в получить выпрямленное напряжение, равное 300—400 в, в зависимости от нагрузки со стороны потребителя постоянного тока.

Работает эта схема следующим образом. Во время полупериодов одного знака, когда на верхнем сетевом зажиме напряжение положительно, через группу селеновых элементов B_1 проходит ток, заряжающий конденсатор C_1 ; в то же время проходит ток через конденсатор C_2 и группу селеновых элементов B_3 , сообщая заряд конденсатору C_3 . Пути и направления токов, проходящих во время этих полупериодов, показаны на рис. 19 стрелками со светлым оперением.

Во время полупериодов противоположного знака, когда положительное напряжение получается на нижнем сетевом зажиме, через конденсатор C_1 и группу селеновых элементов B_2 проходит

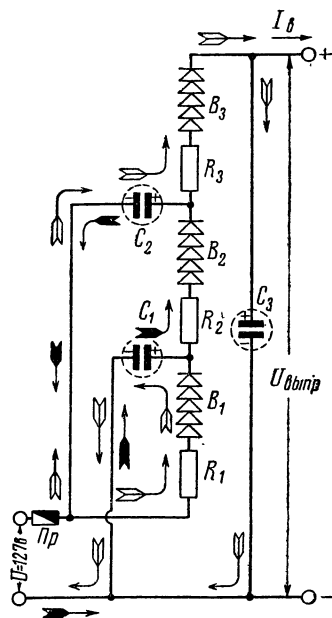


Рис. 19. Селеновый выпрямитель с утроением напряжения. (Дроссель и выходной конденсатор сглаживающего фильтра на схеме не показаны)

ток, заряжающий конденсатор C_2 . Направление этого тока показано стрелками с темным оперением. Из схемы видно, что в эти моменты напряжение сети оказывается включенным последовательно с постоянным напряжением на конденсаторе C_1 , причем оба эти напряжения имеют во время данных полупериодов одинаковое направление. Следовательно, ток, проходящий через группу селеновых элементов B_2 и заряжающий конденсатор C_2 , образуется не только за счет энергии электросети, но и за счет энергии, отдаваемой разряжающимся конденсатором C_1 . В результате на конденсаторе C_2 получается примерно вдвое большее постоянное напряжение, чем напряжение на конденсаторе C_1 .

Выше мы говорили, что во время тех полупериодов, когда положительное напряжение имеется на верхнем сетевом зажиме, ток проходит через группу селеновых элементов B_3 , заряжая конденсатор C_3 . Но так как между верхним сетевым зажимом и группой селеновых элементов B_3 включен конденсатор C_2 , обладающий зарядом с вдвое большим напряжением, чем конденсатор C_1 , очевидно, что конденсатор C_3 будет заряжаться через группу селеновых элементов B_3 до суммарного напряжения сети и конденсатора C_2 , т. е. примерно до вдвое большего напряжения, чем дает обычная однополупериодная или мостовая автотрансформаторная схема.

Емкость конденсатора C_3 должна быть тем больше, чем больше сила выпрямленного тока, отбираемого от выпрямителя. Конденсаторы C_1 и C_2 могут быть взяты такой же или большей емкости. Номинальное рабочее напряжение каждого из конденсаторов должно соответствовать фактически действующему на нем напряжению. В целях повышения надежности работы выпрямителя и сокращения количества типов применяемых в нем деталей все три конденсатора целесообразно брать на рабочее напряжение 450—500 в (при питании от сети 120 в).

Эффективное значение силы тока, потребляемого от сети утраивающим выпрямителем, примерно в шесть раз больше постоянной слагающей тока, отбираемого нагрузкой от выпрямителя.

Двухфазная схема учетверения напряжения (рис. 19,а). При напряжении питающей сети 120—127 в с помощью такой схемы можно получить выпрямленное напряжение около 500—600 в. Эта схема состоит по существу из двух удваивающих выпрямителей по последовательной схеме, образующих совместно мостовую схему удвоения уже удвоенных напряжений. В первой половине схемы работает столбик $B_1 B_2$ со средним выводом, содержащий 28—32 селеновые шайбы, и конденсаторы C_1 и C_2 ; во второй половине работает такой же селеновый столбик $B_3 B_4$ и конденсаторы C_3 и C_4 .

Во время полупериодов одного знака, когда положительное напряжение на нижнем сетевом зажиме, проходят токи (показанные стрелками со светлым оперением) через группы селеновых элементов B_1 и B_3 , которые заряжают конденсаторы C_1 и C_3 . Во время полупериодов противоположного знака токи (показанные стрелками с темным оперением) проходят через группы селеновых элементов B_2 и B_4 . Из работы удваивающего выпрямителя по последовательной схеме (рис. 17) видно, что каждый конденсатор C_1 и C_4 в отдельности заряжается до напряжения примерно вдвое большего, чем конденсаторы C_2 и C_3 . Так как конденсаторы C_1 и C_4 по отношению к нагрузке соединены между собой последовательно, то на нагрузку поступает в четыре раза большее напряжение. Вследствие же того, что группы селеновых элементов B_1 и B_4 пропускают через себя токи в течение полупериодов переменного напряжения различных знаков, конденсатор C_1 подзаряжается во время одной половины периода, а конденсатор C_4 — во время другой половины периода, частота пульсации напряжения на нагрузке получается вдвое большей, чем частота питающего переменного тока. Другими словами, в отношении частоты пульсации выпрямитель по схеме рис. 19,а обладает свойствами двухполупериодного выпрямителя, пульсации которого легче сгладить, чем пульсации напряжения, даваемого однополупериодным выпрямителем.

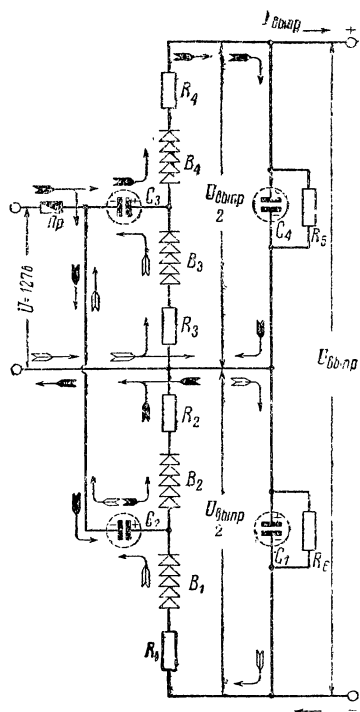


Рис. 19,а. Селеновый выпрямитель с учетверением напряжения. Дроссель и выходной конденсатор сглаживающего фильтра на схеме не показаны

4. Сглаживание пульсаций

Коэффициент пульсаций. Периодически изменяющиеся по величине, но неизменные по знаку напряжение и ток, отдаваемые выпрямителем, носят название, как мы уже говорили, пульсирующих, а сам процесс изменения их величины называется пульсацией. Число максимальных (или минимальных) значений напряжения тока в секунду носит название **частоты**

ты пульсации. Частота пульсации выпрямленного напряжения и тока, даваемого однополупериодным выпрямителем, равна 50 гц, т. е. частоте переменного тока, питающего этот выпрямитель, так как запас энергии конденсаторов его фильтра пополняется за счет импульса тока через вентиль один раз за период. Такая же частота пульсации получается и в выпрямителе, выполненном по последовательной схеме удвоения или по схеме утроения. В выпрямителе по обычной или мостовой двухполупериодной схеме, по мостовой схеме с удвоением и с учетверением напряжения мы получаем импульсы тока через вентили дважды в течение одного периода переменного напряжения. Следовательно, при частоте тока сети в 50 гц конденсаторы фильтра будут подзаряжаться сто раз в секунду, и частота пульсации будет 100 гц.

Пульсирующее напряжение можно представить как сумму одновременно действующих в цепи напряжений: а) постоянного, б) переменного, имеющего частоту 50 гц — при однополупериодном выпрямлении и $50 \times 2 = 100$ гц — при двухполупериодном выпрямлении и в) ряда напряжений с частотами, в целое число раз больших этой частоты, т. е. при однополупериодном выпрямлении — $50 \times 2 = 100$ гц, $50 \times 3 = 150$ гц, $50 \times 4 = 200$ гц и т. д., а при двухполупериодном выпрямлении — $100 \times 2 = 200$ гц, $100 \times 3 = 300$ гц, $100 \times 4 = 400$ гц и т. д. Постоянное напряжение в этом случае обычно называется постоянной слагающей, а переменные напряжения — переменными слагающими выпрямленного напряжения. При этом амплитуды слагающих с частотами в 100 гц и больше при однополупериодном выпрямлении и 200 гц и больше при двухполупериодном обычно настолько малы, что их можно не принимать в расчет, учитывая наличие только одной переменной слагающей напряжения, имеющей частоту 50 или 100 гц в зависимости от схемы выпрямления. Эта слагающая называется основной частотой пульсации. То же можно сказать о постоянной и переменных слагающих тока, текущего через нагрузку выпрямителя.

Величину пульсации чаще всего оценивают не по амплитудному значению напряжения переменной слагающей (в вольтах), а с помощью так называемого коэффициента пульсации p . Коэффициентом пульсации называется число, показывающее, какую часть от величины постоянной слагающей U_0 составляет амплитуда переменной слагающей U_m . Его можно вычислить по формуле:

$$p = \frac{U_m}{U_0} . \quad (1)$$

Соответственно обозначив I_0 величину тока постоянной

слагающей и I_m амплитуду тока переменной слагающей, будем иметь:

$$p = \frac{I_m}{I_0}. \quad (2)$$

Чем больше емкость конденсаторов фильтра и чем меньше величина тока, отбираемого от выпрямителя, тем меньше в течение каждого полупериода будет изменяться выпрямленное напряжение, тем меньше будет амплитуда переменной слагающей и меньше будет коэффициент пульсации.

С первого взгляда может показаться, что безразлично, какую емкость конденсатора C_1 взять (рис. 4, 5 и 7—13) и какова будет пульсация выпрямленного напряжения на нем, так как выпрямленный ток проходит через фильтр, который можно принципиально рассчитать таким образом, чтобы получить выпрямленное напряжение с каким угодно малым коэффициентом пульсации. Однако такое предположение неверно.

Дело в том, что в кенотронных и селеновых выпрямителях применяются почти исключительно электролитические конденсаторы, которые могут нормально работать только в том случае, если коэффициент пульсации выпрямленного напряжения не превышает некоторой определенной величины. Если амплитуда переменной слагающей напряжения больше допустимой, то возрастает утечка тока через конденсатор, он нагревается и в конце концов сравнительно быстро приходит в негодность.

Электролитические конденсаторы с рабочими напряжениями от 150 до 450 в могут нормально работать при условии, если коэффициент пульсации действующего на них напряжения не превышает 5—6 процентов. Поэтому конденсатор должен обладать емкостью, при которой получается выпрямленное напряжение с пульсациями, не превышающими указанной величины.

Промышленность выпускает электролитические конденсаторы с рабочими напряжениями не свыше 450 в. Эта предельная величина определяется физическими свойствами оксидной пленки, образующей диэлектрик конденсаторов этого типа.

Если же нужно построить выпрямитель, который может давать выпрямленное напряжение, превышающее 450 в, электролитические конденсаторы одинаковой емкости можно включать в схему фильтра последовательно. Так, например, если выпрямитель для питания передатчика должен давать выпрямленное напряжение 700 в, следует соединить два электролитических конденсатора одинаковой емкости на рабочее напряжение 450 в. При этом общая емкость этих двух конденсаторов будет, очевидно, вдвое меньше емкости каждого из них, а общее наибольшее рабочее напряжение каждой такой пары конденсаторов составит $2 \times 450 = 900$ в, т. е. мы

будем иметь некоторый запас надежности работы этих конденсаторов.

Каждый из последовательно включенных конденсаторов нужно шунтировать непроволочным сопротивлением типа ВС или ТО величиной порядка 100 тыс. *ом*, причем абсолютные величины обоих сопротивлений должны быть одинаковыми. Дело в том, что различные экземпляры одинаковых по емкости и рабочему напряжению конденсаторов обладают различной утечкой; если их не шунтировать сопротивлениями, постоянное напряжение может распределиться между ними на две неравные части, на одном из конденсаторов может получиться напряжение больше рабочего, и он будет пробит. Вслед за этим произойдет и пробой второго конденсатора. Шунтирование последовательно включенных электролитических конденсаторов сопротивлениями способствует равномерному распределению напряжения между ними и предохраняет, таким образом, конденсаторы от пробоя. Это определяется тем, что если величины шунтирующих сопротивлений будут меньше сопротивлений утечки, распределение напряжения между конденсаторами будет обуславливаться в основном шунтирующими сопротивлениями.

Тип сопротивлений должен быть выбран с таким расчетом, чтобы рассеиваемая на каждом сопротивлении мощность, определяемая как частное от деления квадрата напряжения на конденсаторе на величину данного шунтирующего сопротивления, не превышала допустимой для него величины.

Чем большее напряжение дает выпрямитель и чем меньше емкости шунтируемых электролитических конденсаторов, тем больше должны быть величины этих сопротивлений (во избежание чрезмерно большого непроизводительного расхода тока на эти сопротивления).

Подобным же образом можно поступить в тех случаях, когда в распоряжении конструктора нет электролитических конденсаторов с большим рабочим напряжением. Так, например, в фильтре выпрямителя для питания приемника или маломощного передатчика, требующего анодного напряжения 250 *в*, можно включать последовательно по два конденсатора с рабочим напряжением 150 *в*. Шунтирование их сопротивлениями и здесь, конечно, обязательно.

Действие фильтра. Входные конденсаторы фильтров выпрямителей обеспечивают значительное сглаживание пульсаций токов, проходящих через вентили. В тех же случаях, когда входного конденсатора C_1 нет, коэффициент пульсации напряжения до дросселя получается значительно большим. Так, например, в двухполупериодном газотронном выпрямителе (рис. 6) коэффициент пульсации до дросселя составляет 67 процентов. Такой же коэффициент пульсации будет у двухполупе-

риодного кенотронного или селенового выпрямителя, если из него выключить входной конденсатор фильтра C_1 . При однополупериодном выпрямлении коэффициент пульсации при отсутствии входного конденсатора фильтра достигает 157 процентов.

Дроссель L совместно с выходным конденсатором фильтра C_0 уменьшает пульсацию выпрямленного напряжения до величины, при которой фон переменного тока становится незаметным.

Сглаживающее действие этих элементов фильтра можно вкратце объяснить следующим образом.

Сглаживание пульсаций дросселем L происходит потому, что он препятствует изменению тока через него. Когда ток нарастает, дроссель задерживает увеличение тока, а когда ток уменьшается, он стремится поддержать его, т. е. «мешает» ослаблению тока.

Сглаживание пульсаций конденсатором происходит потому, что в моменты повышения напряжения конденсатор подзаряжается, накапливая дополнительную энергию, а в те моменты, когда приходящее напряжение уменьшается, конденсатор расходует часть накопленной энергии на нагрузку, и напряжение на ней уменьшается медленнее, чем напряжение, заряжающее конденсатор.

Практически допустимые коэффициенты пульсации. Для анодного напряжения выходной ступени передатчика, работающего только телеграфом, допустим коэффициент пульсации до 2—6 процентов; при работе же в радиотелефонном режиме коэффициент пульсации анодного напряжения этой ступени не должен превышать 0,1—0,3 процента. Для напряжения, питающего анодные цепи ламп промежуточных ступеней и цепь экранирующей сетки лампы выходной ступени радиотелеграфного передатчика, можно допустить коэффициент пульсации до 0,2—0,5 процента; когда же передатчик работает и радиотелефоном, коэффициент пульсации указанных питающих напряжений должен быть не более 0,03—0,1 процента. Такая же величина пульсации допустима и для анодного напряжения ступеней усиления высокой и промежуточной частоты, а также преобразователя частоты радиоприемника.

Анодное напряжение задающего генератора передатчика может иметь коэффициент пульсации не более 0,003 процента. Амплитуда пульсации анодного напряжения ступеней усиления низкой частоты, в том числе и ступеней, входящих в модуляционные усилители передатчиков, не должна превышать 0,5—1 процента от величины полезного сигнала, действующего в анодной цепи данной ступени. Исключение составляет двухтактная выходная низкочастотная ступень (двухтактный анодный модулятор любительского радиотелефонного пере-

датчика), анодное напряжение которой может иметь коэффициент пульсации до 2—4 процентов. Пульсации напряжений на экранирующих сетках пентодов и лучевых тетродов должны быть примерно в 10 раз меньше, чем пульсация напряжения на анодах этих ламп. Следовательно, пульсация напряжения на экранирующих сетках ламп выходной ступени может быть примерно равна пульсации анодных напряжений промежуточных ступеней. Необходимое снижение пульсаций на экранирующих сетках может быть обеспечено тем, что напряжения от общих источников анодного питания подаются на эти сетки через сопротивления, а сетки блокируются на землю конденсаторами. Указанные сопротивления с конденсаторами служат одновременно фильтрующими ячейками.

Коэффициент пульсации напряжения смещения выходной ступени передатчика не должен превышать 0,02—0,05 процента.

Если экранирующие сетки пентодов и тетродов выходной ступени передатчика и предыдущие ступени питать от общего выпрямителя, можно тем самым обеспечить более низкие пульсации напряжения на экранирующих сетках выходной ступени по сравнению с пульсациями ее анодного напряжения.

5. Расчет сглаживающих фильтров

Коэффициент сглаживания. Свойство фильтра сглаживать пульсации выпрямленного напряжения характеризуются так называемым коэффициентом сглаживания s , который показывает, во сколько раз амплитуда переменной составляющей напряжения на выходе фильтра U_m меньше амплитуды на входе U_m , т. е.

$$s = \frac{U'_m}{U_m} \quad (3)$$

или

$$s = \frac{p}{p_0} \cdot \frac{U'_0}{U_0}, \quad (4)$$

где p_0 и p — коэффициенты пульсации напряжения соответственно на выходе и на входе фильтра, U_0 и U'_0 — соответственно постоянные слагающие выпрямленного напряжения на выходе и входе фильтра.

Величина U_0 всегда меньше величины U'_0 , так как часть постоянного выпрямленного напряжения всегда теряется на активном сопротивлении обмотки дросселя фильтра.

Преобразуя формулу (4), получим, что

$$p_0 = \frac{U'_0 p}{U_0 s}. \quad (4')$$

Отметим, что входом фильтра считают точки, присоединенные к обкладкам конденсатора C_1 (рис. 4, 5 и 7—13), а выходом — точки, присоединенные к обкладкам конденсатора C_0 . Если конденсатор на входе фильтра отсутствует, например, при газотронном выпрямителе (рис. 6), одной входной точкой фильтра будут катоды вентилях (газотронов), а другой — средний вывод от повышающей вторичной обмотки силового трансформатора.

Расчет сглаживающего действия фильтра, начинающегося с конденсатора (для кенотронного или селенового выпрямителя), разделяется на два этапа: сначала нужно определить коэффициент пульсации напряжения на входе фильтра p при данной емкости входного конденсатора $C=C_1$ (или, наоборот, необходимую емкость входного конденсатора C , обеспечивающую определенную величину p), а затем величину индуктивности L дросселя и емкости C_0 выходного конденсатора фильтра по заданной величине коэффициента пульсации p_0 на выходе фильтра. Если же известны индуктивность L и емкость C_0 , образующие фильтр, на втором этапе расчета определяют фактически получающуюся величину коэффициента пульсации на выходе фильтра p_0 .

Если применен фильтр с дроссельным входом (например, к газотронному выпрямителю), первый этап расчета отпадает, так как здесь коэффициент пульсации напряжения на входе фильтра p является уже известной величиной. Мы говорили, что в случае двухполупериодного выпрямителя он равен 67 процентам и в случае однополупериодного — 157 процентам. Для упрощения вычислений обычно принимают для двухполупериодного выпрямления коэффициент пульсации $p=70$ процентам и для однополупериодного выпрямления $p=160$ процентам.

Расчет пульсации на входе фильтра, начинающегося с конденсатора. В фильтре, начинающемся с конденсатора, как мы знаем, получается существенно меньший коэффициент пульсации p на входе, т. е. входной конденсатор фильтра сам уже обеспечивает значительное сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения.

Коэффициент пульсации напряжения p на входе такого фильтра можно рассчитать с помощью графика на рис. 20.

Но перед тем, как пользоваться этим графиком, нужно определить несколько вспомогательных величин. Прежде всего следует вычислить эквивалентное сопротивление нагрузки, приведенное ко входу фильтра, которое обозначим буквой R .

$$R = \frac{1000 \cdot U'_0}{I_0} = \frac{1000 \cdot U_0}{I_0} + R_L, \quad (5)$$

где U'_0 — постоянная слагающая напряжения на входном конденсаторе фильтра в вольтах;

U_0 — то же на выходе фильтра;

I_0 — выпрямленный ток, отдаваемый выпрямителем на нагрузку в миллиамперах;

R_L — сопротивление обмотки дросселя фильтра в омах¹.

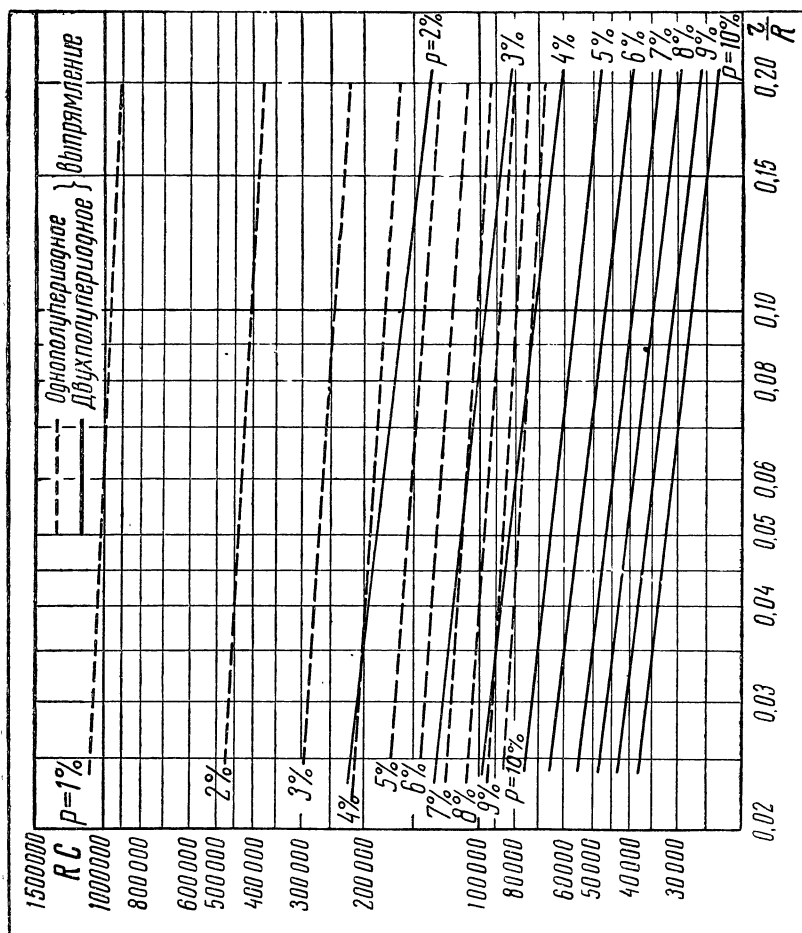


Рис. 20. График для расчета коэффициента пульсации на входном конденсаторе фильтра

¹ Если такой расчет производится в процессе проектирования выпрямителя и сопротивление дросселя фильтра неизвестно, его величиной при определении пульсации можно пренебречь без особого ущерба для точности конечного результата.

Далее вычисляется внутреннее сопротивление выпрямителя r . Его величина складывается из внутреннего сопротивления вентиля r_v и активного сопротивления трансформатора со стороны его вторичной повышающей обмотки r'_{II} . Опытным путем установлено, что такое сопротивление для схемы двухполупериодного выпрямления составляет от 3 до 6 процентов и для схемы однополупериодного выпрямления — от 1 до 3 процентов от величины эквивалентного сопротивления нагрузки.

Следовательно, можно принять для двухполупериодного выпрямителя, что величина его внутреннего сопротивления

$$r \approx r_v + r'_{II} \approx r_v + (0,03 \div 0,06) R \quad (6)$$

и для однополупериодного выпрямителя

$$r \approx r_v + r'_{II} \approx r_v + (0,01 \div 0,03) R \quad (7)$$

Бóльшие численные коэффициенты в скобках принимаются при расчете выпрямителя относительно малой мощности и наоборот.

Для бестрансформаторных однополупериодных выпрямителей принимают $r = r_v$.

При расчете кенотронного выпрямителя в формулу следует подставлять следующие величины r_v : для кенотрона 5Ц4С — 180 ом, для 5Ц3С (5U4G) — 280 ом, для 6Ц5С (6X5G) — 325 ом, для ВО-188 — 180 ом, для ВО-239 — 90 ом, для 30Ц1С — 130 ом, для ВО-230 — 220 ом и для 30Ц6С — 300 ом. В случаях, если аноды двуханодных кенотронов соединяются между собой (для работы в однополупериодной схеме или когда в каждое плечо двухполупериодной схемы ставится отдельный кенотрон), приведенные для них выше величины r_v следует уменьшать вдвое.

Для селеновых выпрямителей

$$r_v = r_{ш} \cdot n, \quad (8)$$

где $r_{ш}$ — внутреннее сопротивление одной шайбы;

n — общее число селеновых шайб в однополупериодном выпрямителе, число шайб в каждом плече обычной двухполупериодной схемы или число шайб в двух плечах мостовой схемы.

Селеновые шайбы диаметром 18 мм имеют $r_{ш} \approx 14$ ом, 25 мм — около 7 ом, 35 мм — около 4 ом и 45 мм — около 2 ом.

Когда вычислены эквивалентное сопротивление нагрузки R и внутреннее сопротивление выпрямителя r , находят отношение $\frac{r}{R}$ и произведение RC , где C — емкость входного конденсатора фильтра. По данным $\frac{r}{R}$ и RC по графику на рис. 20 определяют в процентах коэффициент пульсации напряжения на входном конденсаторе фильтра.

Если на входе фильтра включен электролитический конденсатор и расчет показывает, что коэффициент пульсации напряжения на нем превышает 5 процентов, т. е. недопустимо велик (см. стр. 37), следует включить вместо него конденсатор большей емкости и снова рассчитать указанным выше способом коэффициент пульсации на нем.

Когда же требуется выбрать емкость входного конденсатора фильтра для получения заданной величины пульсации на нем, поступают следующим образом. Вычислив отношение $\frac{r}{R}$, по графику рис. 20 находят, какое произведение RC соответствует выбранному коэффициенту пульсации p , и найденную величину RC делят на эквивалентное сопротивление нагрузки R . Полученный результат и будет минимально-необходимой величиной емкости входного конденсатора фильтра C в $\mu\text{кф}$. Практически на вход фильтра нужно включить конденсатор, обладающий ближайшей большей типовой емкостью. После этого, вычислив фактическую величину RC , можно определить, какая в действительности будет пульсация на входе фильтра (так как мы округлили расчетную величину емкости в сторону увеличения, действительный коэффициент пульсации будет несколько меньше предварительно-выбранного).

Если необходимые для подстановки в формулу (5) величина постоянной слагающей напряжения и сопротивление обмотки дросселя фильтра неизвестны, но известно эффективное напряжение вторичной повышающей обмотки силового трансформатора U_{II} (либо напряжение на концах обмотки автотрансформатора, либо напряжение сети в случае бестрансформаторной схемы), то постоянная слагающая напряжения на входе фильтра может быть вычислена по формуле:

$$U'_0 = 1,41 \left(U_{II} - \frac{A I_0 r_B}{1000} \right). \quad (9)$$

Все величины, входящие в эту формулу, за исключением коэффициента A , нам известны либо могут быть определены, как указано выше. Коэффициент A зависит от емкости входного конденсатора C фильтра и может быть найден из следующей таблицы (для всех случаев питания выпрямителя от электросети с частотой тока 50 гц):

Емкость входного конденсатора C ($\mu\text{кф}$)	= 5	10	20	30	40
--	-----	----	----	----	----

При однополупериодном выпрямлении A	= 6,7	5,3	4,55	4,4	4,35
---------------------------------------	-------	-----	------	-----	------

При двухполупериодном выпрямлении A	= 3,45	2,55	2,15	2,0	1,97
---------------------------------------	--------	------	------	-----	------

Для обычной двухполупериодной схемы за величину U_{II} следует принимать напряжение одного плеча повышающей обмотки силового трансформатора, а для мостовой двухполу-

периодной схемы, так же как и для однополупериодной схемы, — напряжение на концах этой обмотки. Для бестрансформаторных схем U_{II} берется равным напряжению питающей электросети.

Расчет ячейки фильтра из дросселя и выходного конденсатора. После того, как определен коэффициент пульсации на входе фильтра p и выбран коэффициент пульсации на выходе фильтра p_0 , по формуле (4) вычисляют коэффициент сглаживания, который должен обеспечить дроссель совместно с выходным конденсатором фильтра.

При данной индуктивности дросселя L , выраженной в генри, и емкости C_0 выходного конденсатора, выраженной в мкф, состоящая из них ячейка фильтра обладает коэффициентом сглаживания (для всех случаев работы выпрямителя от сети с частотой тока 50 гц) при двухполупериодном выпрямлении.

$$s = 0,4 LC_0 - 1 \quad (10)$$

и при однополупериодном выпрямлении

$$s = 0,1 LC_0 - 1. \quad (11)$$

Так как на входе фильтра газотронного двухполупериодного выпрямителя, питающего выходную ступень передатчика, работающего в телеграфном режиме, допустим коэффициент пульсации до 2—6 процентов, то этот фильтр должен обладать коэффициентом сглаживания s порядка 40—15 (что соответствует произведению LC_0 порядка 100—40). Такой коэффициент сглаживания без особых затруднений может быть обеспечен фильтром, состоящим из одного дросселя и одного выходного конденсатора.

Соответственно при работе передатчика телефоном, когда коэффициент пульсации анодного напряжения этой ступени не может превышать 0,1—0,3 процента, этот фильтр должен обеспечивать коэффициент сглаживания s порядка 800—250. Для получения такого большого коэффициента фильтр иногда приходится усложнять — делать его двухячеечным (подробнее см. ниже).

Учитывая сглаживающее действие входного конденсатора фильтра, дроссель совместно с выходным конденсатором кенотронного или селенового двухполупериодного выпрямителя, питающего промежуточные ступени передатчика, должны обеспечивать уменьшение пульсаций в 350—100 раз (произведение LC_0 порядка 900—250). При этом на выходе фильтра получается напряжение с допустимой для этих ступеней пульсацией (см. стр. 39).

Если мы от этого же выпрямителя будем питать задающий генератор с помощью газового стабиловольта (см. ниже стр. 116), то последний может обеспечить снижение пульсаций на этой ступени передатчика до допустимой для нее величины.

Особо следует сказать о питании простых маломощных телеграфных передатчиков (третьей категории) от общих для всех ступеней кенотронных или селеновых выпрямителей. Когда в таких фильтрах работают электролитические конденсаторы, уже по условиям их применения (см. стр. 37) емкость входных конденсаторов нужно выбирать такую, чтобы коэффициент пульсации на этих конденсаторах не превышал 5—6 процентов. А такой коэффициент пульсации для анодных напряжений выходных ступеней телеграфных радиопередатчиков вполне допустим. Следовательно, напряжение на аноды ламп входных ступеней вполне возможно подавать с входных конденсаторов фильтра.

В то же время через дроссель фильтра нужно пропускать ток, идущий на экранирующую сетку лампы выходной ступени и на предварительные ступени передатчика, другими словами,—подавать напряжение на эти ступени с выходного конденсатора фильтра. Этим будут обеспечены лучшее сглаживание пульсаций напряжения, питающего предварительные ступени, и достаточно хороший тон сигналов на приеме.

Казалось бы, что необходимое сглаживание пульсаций можно получать при любом соотношении L и C_0 , лишь бы их произведение обеспечивало требуемый коэффициент сглаживания s . Однако в действительности выбор величин L и C_0 определяется еще рядом дополнительных условий.

Фильтры для выпрямителей радиотелеграфных передатчиков. К расчету сглаживающих фильтров выпрямителей, питающих радиотелеграфные передатчики, следует подходить, руководствуясь еще и следующими соображениями. Оказывается, что если в таких фильтрах применять дроссели с индуктивностью, превышающей для каждого данного случая некоторую определенную величину, и выходные конденсаторы недостаточно большой емкости, сигналы этих передатчиков будет трудно или даже невозможно принимать вследствие «искажения формы кривой» отдельных знаков, составляющих эти сигналы.

Эти искажения появляются вследствие нестационарных процессов в фильтре выпрямителя, имеющих место при нажатии и отжатии телеграфного ключа. Посмотрим, почему возникают эти нестационарные процессы.

В современных любительских коротковолновых передатчиках в момент нажатия телеграфного ключа потребление анодного тока их ступенями увеличивается. В ступенях, следующих за манипулируемыми, если они работают в режиме класса С, анодные токи и токи в цепях экранирующих сеток, когда ключ не нажат, не существуют. Очевидно, что одновременно с нажатием телеграфного ключа должен резко возрасти и постоянный ток, протекающий через дроссель фильтра. Но, обладая большой индуктивностью, дроссель фильтра

препятствует такому увеличению, и поэтому вначале токи анода и экранирующих сеток образуются главным образом за счет энергии, накопленной выходным конденсатором сглаживающего фильтра. В результате этого выходной конденсатор, не получая должного пополнения энергии через дроссель, разряжается, и напряжение на нем снижается. Чем больше индуктивность дросселя и чем меньше емкость выходного конденсатора, тем больше упадет напряжение на последнем. Соответственно с изменением анодного напряжения изменяется и ток в антенне передатчика. В момент нажатия телеграфного ключа этот ток достигает максимального значения, потом быстро спадает до минимума, величина которого зависит от степени падения напряжения на выходном конденсаторе; с ростом напряжения на этом конденсаторе, спустя определенный промежуток времени, ток в антенне снова достигает своей нормальной величины. В результате в точках и тире, составляющих телеграфные сигналы, могут образоваться «провалы». Если эти «провалы» будут очень «глубокими», будет наблюдаться «дробление» точек и тире при приеме.

При очень большой скорости телеграфной передачи может даже оказаться, что продолжительность передачи точки будет меньше того времени, которое необходимо для восстановления нормального напряжения на выходном конденсаторе сглаживающего фильтра и для установления нормального тока в антенне.

Теперь посмотрим, что происходит в сглаживающем фильтре при отжатии телеграфного ключа. В этот момент ток через дроссель должен прекратиться или существенно уменьшиться. Однако дроссель опять препятствует резкому изменению тока. В результате выходной конденсатор продолжает заряжаться, не имея возможности в это время нормально разряжаться, и напряжение на нем повышается. К моменту следующего нажатия ключа напряжение на нем может по этой причине сделаться больше нормального.

Чтобы телеграфный сигнал заметно не искажался и на выходном конденсаторе фильтра не возникали бы большие перенапряжения, обычно при расчете принимают, что уменьшение напряжения на выходном конденсаторе фильтра при нажатии телеграфного ключа, а также увеличение этого напряжения при отжатии ключа не должны превышать 10—15 процентов от нормальной величины напряжения на выходе фильтра. Практически для этого необходимо, чтобы емкость выходного конденсатора фильтра была достаточно велика, а индуктивность дросселя не превышала бы некоторой определенной величины. В то же время они совместно должны обеспечивать необходимое сглаживание пульсаций.

С учетом скорости радиотелеграфной передачи, практикуемой радиолюбителями, выходной конденсатор сглаживающего фильтра двухполупериодного выпрямителя для радиотелеграфного передатчика должен иметь емкость:

$$C_0 = 10 \frac{I_{0н} - I_{0о}}{U_0} \sqrt{s}, \quad (12)$$

а дроссель фильтра — индуктивность:

$$L = 0,25 \frac{U_0}{I_{0н} - I_{0о}} \sqrt{s}, \quad (13)$$

где s — необходимый коэффициент сглаживания;

$I_{0н}$ — ток в *ма*, потребляемый от выпрямителя при нажатом телеграфном ключе;

$I_{0о}$ — то же, но при отжатом ключе;

U_0 — нормальное (рабочее) постоянное напряжение в вольтах на выходе сглаживающего фильтра.

Вычисление емкости выходного конденсатора и индуктивности дросселя сглаживающего фильтра двухполупериодного газотронного выпрямителя (фильтр которого начинается с дросселя), предназначенного для питания выходной ступени передатчика первой категории, может быть выполнено по формулам:

$$C_0 = 135 \frac{I_{0н} - I_{0о}}{U_0 \sqrt{p_0}}, \quad (14)$$

$$L = 1,35 \frac{U_0}{(I_{0н} - I_{0о}) \sqrt{p_0}}. \quad (15)$$

Отметим, что вычисленная по формулам (12) и (14) емкость выходного конденсатора фильтра является минимально необходимой, а индуктивность дросселя, полученная по формулам (13) и (15), — максимально допустимой для фильтра выпрямителя, питающего радиотелеграфный передатчик, если в самой схеме передатчика не будут приняты специальные меры к улучшению формы сигнала.

Номинальное рабочее напряжение конденсаторов, применяемых в сглаживающих фильтрах, должно быть по крайней мере на 20 процентов выше напряжения, которое нужно иметь на выходе его фильтра. Исключение составляют фильтры селеновых выпрямителей, а также тех кенотронных выпрямителей, в которых применяется раздельное включение накала и анодного напряжения на кенотроны. Номинальное рабочее напряжение конденсаторов, применяемых в их фильтрах, должно быть не менее чем в полтора раза выше напряжения, получаемого на входном конденсаторе фильтра во время нормальной работы выпрямителя. Такой запас по рабочему напряжению необходим не только потому, что напряжение на конденсаторах изменяется при отжатии и нажатии телеграфного ключа, но и в связи с тем, что в моменты включения и выключения переменного напряжения на аноды вентилей (селеновых столбиков, кенотронов, газотронов) также имеют место нестационарные процессы.

Если в распоряжении конструктора имеется готовый дроссель с индуктивностью несколько меньшей, чем получается при вычислении по формуле (13) или (15), его можно применить в фильтре. При этом необходимо для обеспечения выбранного коэффициента сглаживания увеличить емкость выходного конденсатора во столько раз, во сколько фактическая индуктивность дросселя меньше расчетной либо допустить несколько больший коэффициент пульсации напряжения, подаваемого на передатчик.

При заданной индуктивности дросселя L (гн) и заданном коэффициенте сглаживания s выходной конденсатор фильтра должен иметь емкость C_0 (мкф):

$$C_0 = \frac{2.5(s+1)}{L}. \quad (16)$$

Если же имеется конденсатор с некоторой определенной емкостью (большей, чем это получается по формуле (12) или (14)), то для получения необходимого коэффициента сглаживания s дроссель должен будет обладать индуктивностью.

$$L = \frac{2.5(s+1)}{C_0}. \quad (17)$$

Формулы (16) и (17) относятся только к случаям двух-полупериодного выпрямления.

Другие способы улучшения формы телеграфных сигналов. С целью уменьшения искажения формы сигналов за счет промежуточных ступеней многоступенных передатчиков на управляющие сетки ламп этих ступеней подаются отрицательные смещения, величина которых зависит как от катодных токов ламп (автоматическое смещение), так и от их сеточных токов (смещение «от гридлика»). При этом можно подобрать такие режимы работы этих ламп, что их анодные токи и токи экранирующих сеток будут относительно плавно нарастать при нажатии телеграфного ключа и сравнительно меньше будут изменяться при отжатии ключа. Соответственно более плавно будет нарастать анодный ток выходной ступени передатчика, лучше будет и форма сигнала в антенне.

Все это несколько смягчает происходящие при телеграфной манипуляции нестационарные явления в сглаживающих фильтрах выпрямителей, питающих эти ступени, позволяя применять выходные конденсаторы с меньшей емкостью, а дроссели — с большей индуктивностью, чем это показывает приведенный выше расчет.

В некоторых случаях, чтобы уменьшить разницу в токах, потребляемых от выпрямителя при нажатом и отжатом телеграфном ключе, радиолюбители нагружают выпрямитель. Для этого включают на него постоянное «балластное» сопротивление, потребляющее ток, соизмеримый по величине с током, идущим на питание ламп передатчика при нажатом ключе. Однако такой способ «стабилизации» выходного напряжения

выпрямителя является экономически и технически нецелесообразным, так как при его применении на этом «балластном» сопротивлении бесполезно расходуется значительная энергия, а выпрямитель соответственно приходится рассчитывать на отдачу большей мощности.

Заметим, что когда выходная ступень маломощного передатчика питается с входного, а его предварительные ступени — с выходного конденсатора фильтра, последний может иметь значительно меньшую емкость, а дроссель значительно большую индуктивность, чем при питании всех ступеней передатчика через дроссель фильтра. Это происходит потому, что ток через дроссель изменяется в меньших пределах.

Существенного улучшения формы сигналов можно добиться путем включения в цепь телеграфного ключа или в схему электронного манипулятора передатчика (в зависимости от схемы манипуляции) специальной цепи (фильтра ключа), состоящей из конденсатора и сопротивления (или дросселя). Такая цепь обеспечивает при нажатии ключа более плавное нарастание анодных токов ступеней передатчика, следовательно, и более плавное нарастание амплитуды тока в антенне. Передатчик, работающий с такой формой сигнала, обладает лучшим музыкальным тоном, более благоприятным для слухового приема.

Применяя такое включение телеграфного ключа и одновременно описанный выше комбинированный способ подачи смещения на управляющие сетки ламп промежуточных ступеней, можно применять выходной конденсатор фильтра с емкостью до двух раз меньше расчетной, а дроссель с пропорционально большей индуктивностью.

Фильтр газотронного выпрямителя для телеграфно-телефонного передатчика. Радиолюбительские коротковолновые передатчики первой категории обычно являются телеграфно-телефонными, причем телефонная модуляция чаще всего осуществляется в их выходных ступенях.

Сглаживающий фильтр газотронного выпрямителя, рассчитанный по приведенным выше формулам (12), (13), (14) и (15), непригоден для радиопередатчика, работающего в телефонном режиме, потому что при данном расчете фильтра мы допускаем значительный коэффициент пульсации анодного напряжения его выходной ступени, неприемлемый при работе телефоном.

Для того, чтобы радиотелефонная передача не сопровождалась существенным фоном, напряжение, подаваемое на анод лампы выходной ступени такого передатчика, должно обладать коэффициентом пульсации по крайней мере в 20—40 раз меньшим, чем мы допускаем для телеграфной работы (см. стр. 39).

Рассчитывать же такой фильтр, который при обоих видах

работы обеспечит коэффициент пульсации, допустимый для радиотелефонной передачи, экономически невыгодно, так как в нем придется применять выходной конденсатор очень большой емкости (в этом легко убедиться, подставляя большие коэффициенты сглаживания s в формулу (12) и дроссель со

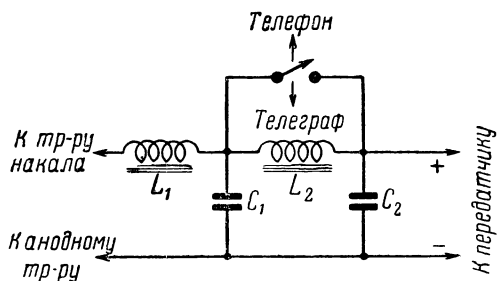


Рис. 21. Двухячеечный фильтр к газотронному выпрямителю телеграфно-телефонного передатчика

значительным сечением сердечника и с большим числом витков.

Фильтр газотронного выпрямителя для питания выходной ступени телеграфно-телефонного радиопередатчика лучше всего делать из двух дросселей и двух конденсаторов, составляя из них две ячейки (рис. 21). Когда передатчик работает в телефонном режиме, используют все детали фильтра, обеспечивая необходимый для этого режима коэффициент сглаживания. Когда же передатчик должен работать телеграфом, с помощью переключателя (или реле) замыкают накоротко дроссель L_2 ; при этом в фильтре работает только один дроссель L_1 , а выходная емкость фильтра образуется двумя включенными параллельно конденсаторами C_1 и C_2 , т. е. $C_0 = C_1 + C_2$.

К расчету этого фильтра следует подходить, руководствуясь такими соображениями.

Когда передатчик работает телефоном, анодный ток его выходной ступени содержит переменную составляющую низкой частоты. Эта переменная составляющая проходит через сглаживающий фильтр выпрямителя, создавая на нем падение напряжения. Это ведет к демодуляции, т. е. к уменьшению глубины модуляции передатчика. Чтобы это падение напряжения было невелико, а демодуляция практически незаметной, выходной конденсатор фильтра C_2 должен иметь емкость не меньше некоторой определенной величины. С выбора этой емкости и следует начинать расчет фильтра к газотронному выпрямителю для питания выходной ступени телеграфно-телефонного передатчика.

Минимально необходимая емкость этого конденсатора C_2 может быть определена по формуле:

$$C_2 \geq 800 \frac{I_{0T}}{U_0 \cdot f_n}, \quad (18)$$

где I_{0T} — анодный ток в телефонной точке передатчика (ма);

U_0 — напряжение на выходе фильтра (в);

f_n — низшая частота модуляции передатчика (гц).

Из этой формулы видно, что чем выше нижняя граница полосы частот, пропускаемых передатчиком, тем меньше может быть емкость выходного конденсатора фильтра.

Далее по формуле (15) определяем выходную емкость фильтра C_0 , при которой телеграфный сигнал будет искажаться не более, чем это допустимо. В данном случае выходная емкость фильтра при работе передатчика в телеграфном режиме образуется двумя конденсаторами C_1 и C_2 , следовательно:

$$C_1 = C_0 - C_2. \quad (19)$$

Полученные по формулам (18) и (19) результаты округляем в сторону увеличения до величин емкостей, которыми обладают типовые конденсаторы, выпускаемые промышленностью.

Следует отметить, что наиболее выгодно выбирать конденсаторы C_1 и C_2 с одинаковой емкостью, тогда потребуются дроссель фильтра L_2 с наименьшей индуктивностью.

Рабочее напряжение конденсаторов C_1 и C_2 выбирается из тех же соображений, как и при расчете фильтра выпрямителя к телеграфному передатчику.

После того, как будут выбраны конденсаторы фильтра, определяем минимально необходимую индуктивность дросселя L_1 по формуле (18), подставляя в нее фактическую (т. е. полученную в результате округления результатов расчета) величину $C_0 = C_1 + C_2$ и коэффициент пульсации, допустимый при телеграфной работе.

Наконец, вычисляем индуктивность дросселя L_2 по формуле:

$$L_2 = \frac{440}{L_1 C_1 C_2 p_{от}}, \quad (20)$$

где $p_{от}$ — коэффициент пульсации на выходе фильтра, выбранный для режима телефонной работы.

Фильтры к выпрямителям, питающим приемники. При расчете фильтра к кенотронному или селеновому выпрямителю, питающему радиоприемное или модуляционное устройство, выбор емкости выходного конденсатора и индуктивности дросселя фильтра должен производиться только с учетом нестационарных процессов, возникающих в фильтре при включении и выключении выпрямителя. Чтобы в фильтре двухполупери-

одного выпрямителя такого назначения перенапряжения не достигали опасных величин, выходной конденсатор фильтра должен иметь емкость

$$C_0 = \frac{6,25 I_0 \sqrt{s}}{U_0} \quad (21)$$

и дроссель—индуктивность

$$L = \frac{0,4 U_0 \sqrt{s}}{I_0}. \quad (22)$$

Для случая однополупериодного выпрямления можно пользоваться этими же формулами, но только в формулу (21) вместо коэффициента 6,25 следует подставлять коэффициент 12,5, а в формулу (22) вместо 0,4 — коэффициент 0,8.

При расчете ячейки фильтра, состоящей из выходного конденсатора C_0 и активного сопротивления R_Φ , задаются величиной этого сопротивления с учетом допустимого (или необходимого) падения напряжения на нем и вычисляют необходимую емкость выходного конденсатора C_0 для двухполупериодного выпрямителя по формуле:

$$C_0 = \frac{1600 (s+1)}{R_\Phi}. \quad (23)$$

Для однополупериодного выпрямления (рис. 12) в формулу (23) вместо коэффициента 1600 подставляют коэффициент 3200. Эта формула используется также при расчете емкости блокировочного конденсатора экранирующей сетки. В данном случае сопротивление R_Φ является понизительным, обеспечивая одновременно вместе с блокировочным конденсатором необходимое ослабление пульсаций напряжения на экранирующей сетке. Рабочие напряжения конденсаторов выпрямителей к приемникам выбираются из указанных выше соображений.

Отметим еще следующее явление, имеющее место при включении выпрямителей. При включении анодного напряжения на вентили через них (и соответственно в цепи первичной обмотки силового трансформатора) возникает кратковременный ток по величине больше нормального рабочего — «переток». Одной из причин перетока является повышенный расход энергии на зарядку конденсаторов фильтра, напряжение на которых до этого было равно нулю. В мощных выпрямителях профессиональной радиоаппаратуры принимают специальные меры для ограничения перетока, который может быть небезопасен для дальнейшей исправной работы вентиля и других деталей выпрямительных схем. Переток может сжечь предохранители в цепи первичной обмотки силового трансформатора. Переток можно ограничить путем постепенного повышения напряжения, подаваемого на первичную обмотку анодного трансформатора выпрямителя. В любительских относительно маломощных устройствах обычно нет необ-

ходимости применять какие-либо специальные меры для ограничения перетоков.

6. Конструкции трансформаторов, автотрансформаторов и дросселей

Сердечники. Трансформаторы, автотрансформаторы и дроссели выпрямителей для питания приемно-передающих станций чаще всего выполняются на сердечниках из Ш-образных пластин (рис. 22), изготовленных из листов трансформаторной

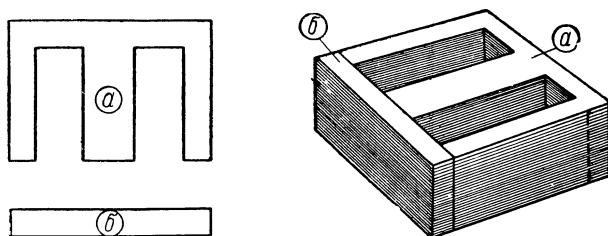


Рис. 22. Ш-образные пластины (а), пластины-перемычки к ним (б) и броневого сердечник, собранный из таких пластин

стали толщиной 0,35—0,5 мм, и пластинок-перемычек к ним из того же материала. Такие сердечники называются Ш-образными, или броневыми. Кроме изображенных на рисунке пластин без отверстий, выпускаются также пластины такой же формы, но с отверстиями.

Пластины типов Ш-16, Ш-18, Ш-19 и Ш-20 применяются для трансформаторов и автотрансформаторов мощностью до 25—30 вт. Для трансформаторов мощностью от 30 до 100 вт пригодны пластины типов Ш-25, Ш-26, Ш-28 или Ш-30. В трансформаторах мощностью 100—200 вт применяются пластины Ш-30, Ш-32 или большего размера.

Сердечники дросселей для выпрямителей, питающих радиоприемники, чаще всего собираются из пластин типов Ш-16, Ш-18, Ш-19 и Ш-20. В дросселях выпрямителей для питания передатчиков применяются пластины от Ш-25 до Ш-30.

Стержневые или О-образные сердечники, собранные из Г-образных или прямоугольных пластин (рис. 23,а и 23,б), применяются в трансформаторах для выпрямителей передатчиков.

Толщина набора (пакета) пластин сердечника обычно берется равной или большей, чем ширина средней части Ш-образной пластины или ширины Г-образной или прямоугольной пластины.

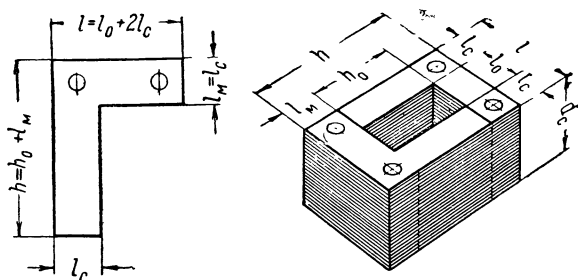


Рис. 23,а. Г-образные пластины и собранный из них стержневой сердечник

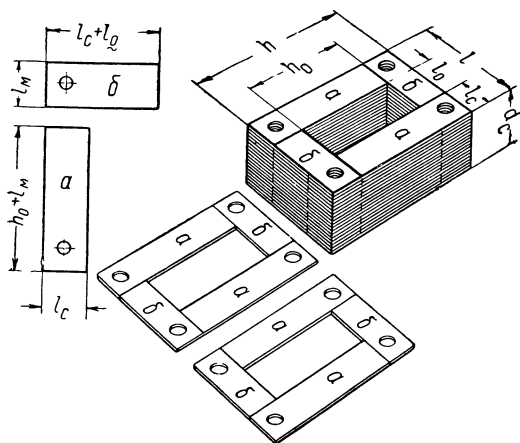


Рис. 23,б. Прямоугольные пластины и собранный из них стержневой сердечник

Каркасы и обмотки. Каркасы для обмоток изготавливаются из плотного картона, гетинакса или другого листового изоляционного материала (рис. 24). Когда напряжения трансформатора не превышают 1000 в, толщина этого материала выбирается главным образом из соображений необходимой механической прочности. Для средней прямоугольной трубки обычно достаточна толщина стенки в 1—2 мм. Боковые щечки каркаса имеют толщину до 2—3 мм. При напряжениях вторичной обмотки силового трансформатора свыше 400—600 в рекомендуется каркас делать секционированным (рис. 24,б). Каркасы автотрансформаторов и дросселей обычно не секционируются.

Длина каркаса должна быть примерно на 1—3 мм меньше высоты окна сердечника. Высота щечки каркасов для О-образного сердечника должна быть меньше половины ширины окна такого сердечника. Ширину окна каркаса следует делать примерно на 1 мм больше ширины среднего вы-

ступа Ш-образной пластины или ширины Г-образной или прямоугольной пластины. Высота окна каркаса должна быть на 1,5—2 мм больше толщины набора пластин сердечника, иначе при сборке трудно будет вложить в окно каркаса все необходимое количество пластин.

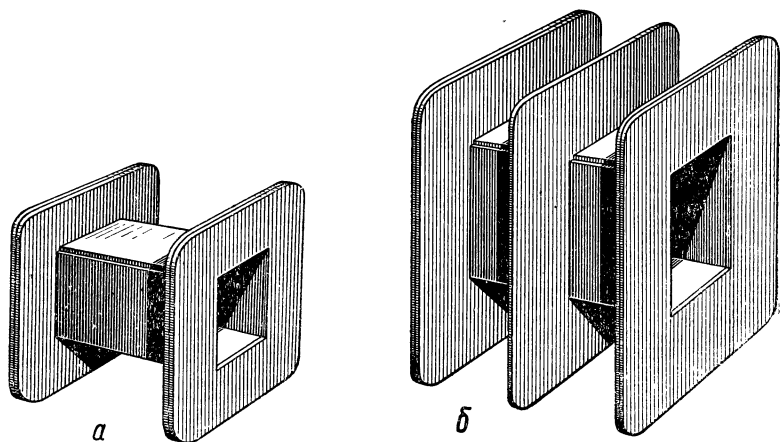


Рис. 24. Каркасы для намотки трансформаторов, автотрансформаторов и дросселей

Каркас покрывают изоляционным (шеллачным, бакелитовым) лаком.

Первичная обмотка трансформатора, как правило, наматывается первой. Поверх нее наматываются обмотки накала ламп приемника или передатчика, повышающая вторичная обмотка и, наконец, обмотка накала кенотрона. При таком расположении обмотки накала ламп одновременно являются экранами между первичной и повышающей обмотками. Между обмотками следует прокладывать по 2—3 слоя тонкого полотна, пропитанного изоляционным лаком. Полотно можно заменить плотной, но не толстой бумагой, пропитанной парафином или изоляционным лаком. Края прокладок должны плотно прилегать к щечкам каркаса, не допуская проваливания витков верхних обмоток в пространство, занятое нижними обмотками.

Между слоями одной и той же обмотки, особенно если она наматывается проводом в эмалевой изоляции, рекомендуется прокладывать по одному слою тонкой пропарафинированной бумаги. Такие прокладки улучшают изоляцию между слоями и облегчают возможность аккуратной намотки следующих слоев. Для этой цели можно применять бумагу от испорченных бумажных конденсаторов, но нельзя применять куски такой бумаги со следами пробоя.

При секционированном каркасе в каждую из секций укладывают сначала по половине витков первичной обмотки. После этого в обе секции укладывают обмотки накала, в одну секцию наматывают половину вторичной повышающей обмотки, каркас переворачивают и в другую секцию наматывают другую половину вторичной обмотки. После переворачивания каркас при намотке должен вращаться в ту же сторону, что и при намотке первой половины обмотки. Нижние концы половинок вторичной обмотки соединяются между собой, образуя ее среднюю точку. Каждую обмотку накала рекомендуется по возможности располагать в одной секции каркаса.

Выводы от начала, конца и от промежуточных витков первичной и повышающей обмоток делаются из гибких изолированных проводников с сечением не меньше сечений обмоточных проводов. Припайку выводов, а также пайку концов обмоточного провода нужно производить без применения кислоты. Выводы обмоток накала обычно осуществляются тем же проводом, из которого они намотаны.

Каркасы и обмотки трансформаторов к газотронным выпрямителям, работающих с напряжениями свыше 1000 в, выполняются обычно иначе. Намотка их первичных обмоток производится на отдельных каркасах с низкими боковыми щечками (бортиками) или вообще без последних. Высота этих щечек выбирается такой, чтобы верхний слой первичной обмотки был вровень с краями щечек. Размеры окон этих каркасов выбираются так же, как и в описанных выше каркасах для трансформаторов на более низкие напряжения.

Вторичные обмотки, несущие высокие напряжения, наматываются на других каркасах. Размеры окон этих каркасов должны быть такими, чтобы в эти окна можно было вставить каркасы с первичными обмотками. При этом между верхней поверхностью первичной обмотки и внутренними стенками трубки каркаса вторичной обмотки должен быть воздушный зазор. После того, как обмотки уложены на свои места, каркас с первичной обмоткой вводится внутрь каркаса первичной обмотки, а в промежутки между каркасами вставляются с трением четыре узких планки из гетинакса или другого изоляционного материала. Таким образом, каркасы первичной и вторичной обмоток скрепляются между собой, и в то же время между ними получается воздушный промежуток.

Внешние размеры каркасов вторичных обмоток трансформаторов, собираемых на Ш-образных сердечниках, должны быть такими, чтобы между краями этих каркасов и ближайшими частями сердечников были зазоры не менее 1,5—2 мм на каждую тысячу вольт. Когда же трансформатор выполняется на О-образном сердечнике, расстояние между катушками вторичной обмотки должно быть вдвое больше указан-

ной величины. Применяя покрытие вторичных обмоток из хорошего изоляционного материала, указанную величину зазора можно уменьшить.

Каркасы вторичных высоковольтных обмоток таких трансформаторов должны быть секционированы с таким расчетом, чтобы на каждую секцию приходилось эффективное напряжение не более 300—400 в. Все эти меры обеспечивают необходимую электрическую прочность высоковольтных трансформаторов.

Трансформаторы накала газотронов выполняются подобным же образом. Так как их вторичные обмотки обычно имеют небольшое число витков из провода большего диаметра, каркасы этих обмоток могут вообще не иметь щечек. Такие каркасы можно сделать в виде карточных трубок соответствующего сечения, закрепив на них концы обмоток накала с помощью шпагата или тесьмы.

Если трансформатор накала газотронов предполагается использовать одновременно и как трансформатор накала ламп передатчика (рис. 6), то обмотки, питающие эти лампы, могут быть расположены на каркасе первичной обмотки и изолированы от нее, как указано выше при описании трансформаторов на относительно низкие напряжения.

Необходимо отметить, что выводы вторичных высоковольтных обмоток анодных трансформаторов газотронных выпрямителей, а также их трансформаторов накала не должны соприкасаться с сердечниками трансформаторов, с выводами первичных обмоток или с какими-либо другими частями выпрямительного устройства; выводы следует располагать по возможности дальше от них. Это необходимо во избежание электрического пробоя с выводов обмоток. Обычно эти выводы подводят к зажимам, установленным на фарфоровых или иных опорных изоляторах. Полезно нанизывать на такие выводы стеклянные или фарфоровые бусы. Стеклянные бусы в крайнем случае можно сделать из коротких отрезков стеклянной трубки соответствующего диаметра.

Намотка автотрансформаторов и дросселей проще, чем намотка силовых трансформаторов. Для обеспечения их электрической прочности между слоями обмоток рекомендуется прокладывать тонкую бумагу. Выводы обмоток делаются так же, как и в трансформаторах.

Катушки трансформаторов, автотрансформаторов и дросселей после намотки следует пропитать изоляционным составом. Эти меры удлиняют срок их службы и предохраняют от пробоя.

Дело в том, что при намотке не всегда удается добиться совершенно плотной укладки всех витков. В моменты включения выпрямителя и при телеграфной манипуляции могут быть

некоторые перемещения неплотно лежащих витков вследствие взаимодействия между возникающими или изменяющимися по величине магнитными полями этих витков и соседних с ними, а также магнитным полем сердечника. Такие перемещения, в конце концов, приводят к повреждению изоляции обмоточного провода и к коротким замыканиям между витками. В короткозамкнутых витках трансформаторов индуцируется значительный ток, витки сильно нагреваются и этим ухудшают и повреждают изоляцию окружающих витков. В результате трансформатор приходит в негодность.

Другой причиной повреждения непропитанных обмоток является их электрохимическая коррозия. В нитяной изоляции обмоток, в прокладках между слоями и в каркасе всегда имеется влага. Она действует на целлюлозу (бумагу, картон), образуя органические соединения, разъедающие провод. Казеиновый клей, шеллачный и другие лаки, которыми склеивают каркасы, содержат в себе кислоты, которые также действуют разрушающе на провод. Очагами электрохимической коррозии обычно являются места повреждения изоляции провода, например, трещины или потертости у провода с эмалевой изоляцией.

Если же пропитать обмотку изоляционным веществом, то промежутки между витками заполняются, витки не могут перемещаться, и влага внутрь обмоток проникнуть не сможет.

Часто применяют для пропитки компаунд, состоящий из 70 процентов церезина или воска и 30 процентов канифоли. Наилучшим является компаунд, состоящий из 95 процентов церезина и 5 процентов чистого вазелина. Температура плавления канифольно-церезинового компаунда около 65°C . В крайнем случае для пропитки может быть применен парафин, однако он обладает худшей теплостойкостью, его температура плавления около $45\text{—}55^{\circ}\text{C}$.

Пропитку производят следующим образом. Каркас с обмотками просушивают и опускают в расплавленный компаунд (кипение компаунда не допускается). В процессе пропитки каркас поворачивают. Пропитку можно закончить, когда прекратится выделение из катушки пузырьков воздуха. Тогда ее вынимают из компаунда, дают стечь излишку и приступают к сборке сердечника.

Для пропитки катушек, намотанных проводом в бумажной или шелковой изоляции, можно применить масляно-асфальтовые лаки марок Л-1100 и Л-1110.

После пропитки каркас с обмоткой снова сушат 3—4 часа при температуре около $100\text{—}105^{\circ}\text{C}$. Можно производить горячую сушку при меньшей температуре, но для этого потребуются больше времени.

Для пропитки катушек, намотанных проводами с бумажной и шелковой оплеткой, можно применить компаунд, состоящий из смеси 85—90 процентов битума с 10—15 процентами трансформаторного масла. Этот компаунд плавится при температуре 130—144°C. Пропитка производится так же, как и восковым или канифольным компаундом.

Чтобы каркасы в процессе пропитки и во время сушки не покособились, их следует на это время зажимать между двумя дощечками, туго связывая их между собой шпагатом.

Сборка сердечника. Сборка сердечника заключается в том, что в окно его каркаса закладывают средние выступы Ш-образных пластин (Г-образные или прямоугольные пластины — при сборке стержневого сердечника).

Сердечник трансформатора или автотрансформатора собирается «вперекрышку», т. е. нечетные пластины вставляют в окно каркаса с одной стороны, а четные — с другой (рис. 25,а). Концы Ш-образных пластин замыкаются пластинками-перемычками. Порядок укладки прямоугольных пластин при сборке О-образного сердечника понятен из рис. 23,а и 23,б.

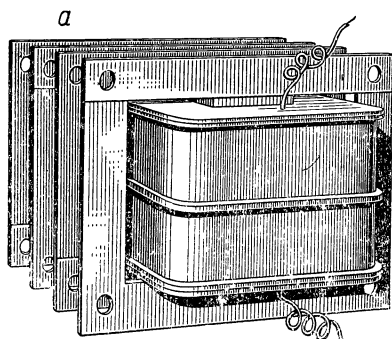


Рис. 25,а. Сборка сердечника трансформатора или автотрансформатора «вперекрышку»

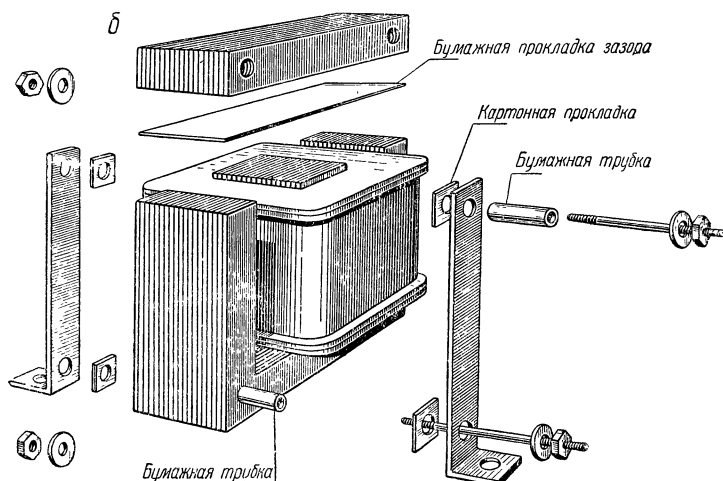


Рис. 25,б. Сборка сердечника дросселя с зазором

При сборке дросселя все Ш-образные пластины закладывают в окно каркаса с одной стороны (рис. 25,б). На концы пакета Ш-образных пластин накладывают бумажную прокладку и поверх нее — пакет из пластинок-перемычек.

При сборке сердечника трансформатора или дросселя необходимо полностью заполнить окно каркаса пластинами; в противном случае трансформатор будет чрезмерно нагреваться, и индуктивность дросселя может оказаться недостаточной.

В процессе сборки концы пакета пластин нужно время от времени зажимать в тиски, способствуя, таким образом, плотному прилеганию пластин друг к другу. Последние пластины вставлять в окно довольно трудно. Их уже приходится «вгонять» в окно, прибегая к помощи деревянного молотка. Чтобы не повредить картонного каркаса, последние пластины следует «вгонять» между ранее вставленными пластинами.

Пластины сердечника трансформатора после сборки должны быть очень хорошо стянуты, иначе во время работы трансформатора вследствие перемагничивания они будут колебаться, и трансформатор будет гудеть, мешая приему радиосигналов. После того, как все пластины сердечника трансформатора вставлены в окно каркаса, полезно забить между стенкой трубки каркаса и крайней пластинкой тонкую гетинаксовую или деревянную полосу с клиновидным краем. Этим достигается лучшее сжатие пластин и исключается гудение трансформатора во время работы.

На рис. 25,б показаны детали, с помощью которых соединяют и стягивают отдельные части сердечника, если он собран из пластин, имеющих отверстия. С помощью таких же деталей стягивают сердечник трансформатора или автотрансформатора. Если же пластины сердечника не имеют отверстий, его скрепляют металлической обоймой.

Если трансформатор или дроссель предназначается для работы в атмосфере с повышенной влажностью, рекомендуется после сборки и стягивания сердечника покрыть весь трансформатор или дроссель целиком слоем компаунда.

Покровный компаунд можно составить по одному из следующих рецептов:

- 1) битум — 85—90 %, гипс — 15—10 %,
- 2) галовакс¹ — 70—80 %, церезин — 30—20 %,

¹ Галовакс — смесь хлоропроизводных нафталина со средней степенью хлорирования. Имеет кристаллическую мелкозернистую структуру. Цвет — белый, серый, кремовый или фисташковый. Обладает слабым ароматическим запахом.

- 3) галовакс — 80 %, битум — 20 %,
- 4) галовакс — 90 %, канифоль — 10 %,
- 5) галовакс — 85—83 %, канифоль — 15—17 %,
- 6) галовакс — 40 %, канифоль — 10 %, тальк — 50 %.

Все эти компаунды плавятся при температурах около 90—100°C.

Собранный трансформатор или дроссель погружается в расплавленный компаунд, который покрывает все внешние поверхности каркаса, обмотки и сердечники. Компаунд, после того как трансформатор или дроссель вынут, быстро застывает. Такое покрытие является стойким не только к влаге, но и к низкой температуре. Только при температуре — 50—60°C наблюдается растрескивание покрытий.

Хорошую защиту от влаги можно получить, поместив собранный трансформатор или дроссель в металлическую коробку и залив все свободное пространство в ней компаундом.

Эти мероприятия также уменьшают гудение трансформатора.

Металлическая коробка, являясь экраном трансформатора, ослабляет влияние его магнитного поля на другие детали конструкции и этим способствует уменьшению фона радиотелефонного передатчика, а также фона на выходе приемного устройства радиостанции.

Дроссели фильтров газотронных выпрямителей должны обязательно монтироваться на изоляторах.

Практические данные трансформаторов и дросселей к выпрямителям. Силовой трансформатор к выпрямителю для полного питания передатчика коротковолновика третьей категории либо для питания задающего генератора и промежуточных ступеней передатчика второй и первой категорий, либо для питания приемника, дающего выпрямленное напряжение 250 в при токе до 100 ма, может быть изготовлен по следующим данным.

Сердечник — из пластин Ш-32; высота пакета сердечника — 40 мм. Первичная обмотка состоит из двух частей по 460 витков проводов ПЭЛ 0,31 мм; в каждой из них сделан отвод от 400-го витка (схему такой первичной обмотки см. на рис. 5). Сопротивление каждой половины обмотки постоянному току — 17—20 ом.

Вторичная повышающая обмотка должна иметь 1050 + 1050 витков провода ПЭЛ 0,2 мм (напряжение обмотки 250 + 250 в, сопротивление всей обмотки постоянному току около 450 ом). Обмотка накала кенотрона должна состоять из 21 витка провода ПЭЛ 0,8—1,1 мм. Обмотка накала ламп на напряжение 6,3 в должна содержать 27 витков провода ПЭЛ 1,16 мм. От нее можно брать ток до 3 а.

Для питания от 110-вольтовой сети 400-витковые секции первичной обмотки должны соединяться между собой параллельно (как показано на рис. 5), а для питания от сети с напряжением 220 в — последовательно; при работе от 127-вольтовой сети включаются параллельно полностью обе части первичной обмотки (конец с концом, начало с началом).

Этот трансформатор рассчитан для работы с кенотроном типа 5Ц4С.

Входной конденсатор фильтра должен иметь емкость не менее 20 мкф при рабочем напряжении не ниже 300 в.

Кенотрон в выпрямителе можно заменить четырьмя селеновыми столбиками типа ВС-25-14 (включая последовательно по два столбика в каждое плечо схемы).

Обмотку накала кенотрона на силовой трансформатор наматывать в этом случае не нужно; вместо нее из провода диаметром 0,8 мм можно намотать дополнительную обмотку для накала ламп передатчика (или приемника) из 27 витков провода диаметром 0,8 мм. С этой обмотки можно получать ток до 1,5 а.

Вместо того, чтобы изготовлять самостоятельно силовой трансформатор с указанными выше данными, можно использовать в таком выпрямителе силовой трансформатор заводского изготовления, например, от приемника «Урал-49», «Восток-49» и др.

Силовой трансформатор к выпрямителю для питания промежуточных ступеней передатчика первой или второй категории, дающему постоянное напряжение 400 в при токе до 200 ма, может быть изготовлен по следующим данным. Сердечник из пластин Ш-40 (размер окна 20×60 мм); высота пакета пластин — 65 мм. Секция первичной обмотки, включаемая в сеть с напряжением 110 в (см. рис. 4), имеет 200 витков провода ПЭЛ 0,8 мм, добавочная секция до 127 в имеет 31 виток такого же провода и вторая добавочная секция до 220 в — 169 витков провода ПЭЛ 0,6 мм. Вторичная повышающая обмотка содержит 630 + 630 витков провода ПЭЛ 0,3 мм (напряжение 332 + 332 в). Обмотка накала ламп передатчика на 6,3 в состоит из 12 витков провода ПЭЛ или ПБД 1,5 мм. Последняя обмотка рассчитана на нагрузку током до 5 а. Обмотка накала кенотронов на 5 в (в данном случае должны быть применены два соединенных в параллель кенотрона типа 5Ц4С) должна иметь 10 витков провода ПЭЛ или ПБД 1,5 мм.

Сердечник дросселя фильтра к такому выпрямителю может быть собран из пластин Ш-20 (размер окна 10×30 мм); высота пакета пластин — 20 мм; толщина прокладки зазора — 0,1—0,15 мм. Обмотка дросселя должна содержать

1400 витков провода ПЭЛ 0,3 мм; сопротивление обмотки постоянному току — 46 ом. Входной и выходной конденсаторы фильтра должны иметь емкость не менее чем по 20 мкф; их рабочее напряжение — 450—500 в.

Анодный трансформатор к выпрямителю на 1500 в при токе до 0,5 а, работающему с двумя газотронами ВГ-129 и предназначенному для питания выходной ступени передатчика, может быть изготовлен по следующим данным. Сердечник из пластин Ш-40; высота пакета пластин—60 мм. Намотка производится на двухсекционном каркасе.

Первичная обмотка состоит из двух частей по 196 витков провода ПБД 1,16 мм; в каждой из них сделан отвод от 170-го витка (схему такой первичной обмотки см. на рис. 5). Для питания от сети с напряжением 110 в большие (170-витковые) секции обмотки должны соединяться между собой параллельно, а для питания от 220-вольтовой сети — последовательно; при работе от 127-вольтовой сети включаются параллельно полностью обе части первичной обмотки (конец с концом, начало с началом).

Вторичная обмотка должна иметь 3000+3000 витков провода ПЭШО 0,35 мм (напряжение обмотки 1900+1900 в). Поверх первичной обмотки наматываются два-три слоя лакированного полотна и укладывается экранирующая обмотка — один слой провода ПЭШО 0,35 мм (около 280 витков). Между слоями вторичной обмотки, как обычно, делаются изоляционные прокладки из тонкой пропарафинированной бумаги.

Сердечник трансформатора накала газотронов ВГ-129 может быть собран из пластин Ш-40 (окно 20×60 мм.); высота пакета пластин — 60 мм. Секция первичной (сетевой) обмотки на 110 в имеет 205 витков провода ПЭЛ 0,86 мм, добавочная секция до 127 в — 31 виток такого же провода и вторая добавочная секция до 220 в — 179 витков ПЭЛ 0,64 мм. (Схему такой первичной обмотки см. на рис. 4). Обмотка накала газотронов, дающая напряжение 2,5 в, содержит 5 витков. Намотка ее производится проводом ПБД 1,81 мм, сложенным вдвое. Вывод средней точки можно сделать только от одного из проводов обмотки. Кроме того, на этом же трансформаторе можно расположить обмотки накала ламп выходной и других ступеней передатчика, с которых можно снять мощность до 90 вт. Число витков этих обмоток должно быть взято из расчета двух витков на вольт. Так, например, обмотка для накала ламп ГК-71 (Г-471), работающих при напряжении накала 20 в, должна иметь 40 витков.

Дроссель фильтра такого выпрямителя может быть собран на таком же сердечнике, как и трансформатор накала. Его обмотка должна иметь 3500 витков ПЭЛ 0,41 мм.

Конденсатор фильтра выпрямителя должен быть бумажно-парафиновым или бумажно-масляным и иметь емкость не менее 8 мкф при рабочем напряжении не менее 1500 в (например, типа КБМ).

Такой выпрямитель при полной отдаче мощности потребляет от сети мощность в 1 кВт .

Расчет силовых трансформаторов. В случае, если нужно иметь выпрямители, дающие напряжения и токи, отличающиеся от тех, которые получаются при трансформаторах с приведенными выше данными, или если в распоряжении конструктора нет трансформаторных пластин, из которых можно собрать сердечник по готовым данным, приходится рассчитывать силовые трансформаторы.

Даем расчет силового трансформатора, полагая, что для сборки его сердечника радиолюбитель будет пользоваться наиболее распространенными Ш-образными пластинами.

При расчете следует задаться: выпрямленными напряжением U_0 и током i_0 , необходимым для нагрузки; сопротивлением обмотки дросселя сглаживающего фильтра R или заменяющего его активного сопротивления; напряжением и током, потребляемыми цепями накала ступеней, для питания которых этот трансформатор рассчитывается, и напряжением питающей электросети.

На основе этих данных нужно определить эффективные значения напряжения повышающей обмотки и тока в ней, число витков всех его обмоток и диаметры их проводов, мощность трансформатора, тип пластин, из которых должен быть собран его сердечник, и высоту (толщину) пакета этих пластин.

В процессе расчета выбирается также тип кенотрона, газотрона или диаметр шайб, из которых должен состоять селеновый столбик, а также число таких шайб в выпрямителе.

Для кенотронного выпрямителя выбираем по таблице 3 лампу, с которой можно получить выпрямление, напряжение и ток не меньше требуемых. Если какой-либо кенотрон обеспечивает получение нужного напряжения, но не подходит по силе тока, можно два таких кенотрона соединить в параллель. Руководствуясь данными, приведенными на стр. 43, находим внутреннее сопротивление кенотрона r_a .

В случае расчета селенового выпрямителя по таблице 4 выбираем шайбы, допускающие получение выпрямленного тока не менее заданного. Число таких шайб в столбике однополупериодного выпрямителя или каждого плеча схемы двухполупериодного выпрямителя должно быть

$$n \geq \frac{U_0}{8}. \quad (24)$$

Для мостовой схемы число шайб в каждом ее плече может быть вдвое меньше.

Полученный по формуле (24) результат округляем до ближайшего большего целого числа, если предполагается собирать селеновый столбик из отдельных шайб, или выбираем готовый столбик с большим числом шайб в группе. По формуле (8), приведенной на стр. 43, и сопровождающим ее данным определяем эквивалентное внутреннее сопротивление группы селеновых шайб $r_{\text{в}}$.

Теперь можно определить необходимое напряжение повышающей вторичной обмотки силового трансформатора кенотронного или селенового выпрямителя, фильтр которого начинается с конденсатора, по формуле:

$$U_{\text{II}} = 0,71 U_0 + \frac{I_0 (0,71 R_L + A r_{\text{в}})}{1000}. \quad (25)$$

Коэффициент A в этой формуле зависит от емкости входного конденсатора фильтра и от схемы выпрямителя (см. стр. 43). Если выпрямитель выполнен по однополупериодной или по мостовой двухполупериодной схеме, вычисленное по этой формуле напряжение представляет собой эффективное напряжение на концах повышающей обмотки, а при обычной двухполупериодной схеме является напряжением половины этой обмотки (напряжением одной фазы), т. е. напряжение между ее концами должно быть вдвое больше. Этой же формулой можно пользоваться и при расчете двухполупериодного выпрямителя по мостовой схеме с удвоением напряжения. Здесь вместо численных коэффициентов 0,71 нужно подставлять коэффициенты 0,36, а коэффициент A выбирать по емкости конденсатора одного плеча схемы, как для случая однополупериодного выпрямления.

Напряжение одной половины повышающей обмотки анодного трансформатора двухполупериодного газотронного выпрямителя вычисляется по формуле:

$$U_{\text{II}} = 1,11 \left(U_0 + \frac{I R_L}{1000} + 15 \right). \quad (26)$$

В этой формуле число 15 выражает падение напряжения на газотроне в вольтах.

Газотроны ВГ-129, как уже сказано выше, при работе в двухполупериодной схеме удовлетворяют практически всем случаям радиолюбительской практики, когда нужно иметь выпрямленное напряжение не более 1500 в при токе до 1000 ма. Также применяют газотроны ВГ-236, с помощью которых можно получить напряжение до 2500 в при токе до 2,5 а (также в двухполупериодной схеме).

Эффективное значение тока во вторичной повышающей обмотке I_{II} двухполупериодного газотронного выпрямителя равно $0,71 I_0$. Для кенотронных или селеновых выпрямителей, фильтры которых начинаются с конденсаторов, число, пока-

зывающее, во сколько раз эффективное значение тока во вторичной обмотке I_{II} больше выпрямленного тока, отбираемого от выпрямителя при разных отношениях внутреннего сопротивления вентиля r_v к сопротивлению нагрузки R , может быть найдено из таблицы 5.

Таблица 5

Тип схемы	$-\frac{r_v}{R} -$	=	0,02	0,05	0,1	0,2
Двухполупериодная	$-\frac{I_{II}}{I_0} -$	=	1,4	1,3	1,1	1,0
Мостовая	$-\frac{I_{II}}{I_0} -$	=	2,1	1,8	1,6	1,5
Однополупериодная	$-\frac{I_{II}}{I_0} -$	=	2,6	2,3	2,1	1,9
Мостовая с удвоением	$-\frac{I_{II}}{I_0} -$	=	3,7	3,3	3,0	2,8

Величины $-\frac{I_{II}}{I_0}$ для промежуточных значений $-\frac{r_v}{R}$ легко найти простым интерполированием.

Мощность силового трансформатора для двухполупериодного выпрямителя с трансформатором, имеющим вывод от средней точки, определяется по формуле:

$$P_T = 1,2 (1,41 U_{II} I_{II} + U_{III} I_{III} + U_{IV} I_{IV} + U_V I_V), \quad (27)$$

где U_{III} , U_{IV} , U_V , I_{III} , I_{IV} и I_V — соответственно напряжения и токи обмоток накала.

При меньшем числе обмоток накала из скобок в формуле исключается соответствующее число членов; если же трансформатор должен служить только для питания анодов (будет иметь только вторичную повышающую обмотку), в скобках остается только первый член $1,41 U_{II} I_{II}$; наоборот, если рассчитывается трансформатор накала, из скобки этот член исключается.

Расчет селенового трансформатора для однополупериодного выпрямителя может быть также произведен с помощью формулы (27), но только вместо коэффициента 1,41, входящего в первый член в скобках, нужно ставить коэффициент 1,2. При расчете же выпрямителя по мостовой схеме с удвоением или без него принимаем коэффициент в первом члене, равный 1.

Во всех случаях мощность трансформатора получится в ваттах, если напряжения всех обмоток выразить в вольтах, а их токи в амперах.

Размер пластин для сердечника трансформатора выбирают в зависимости от его расчетной мощности, руководствуясь указаниями, приведенными выше (стр. 54). Выбрав размер по таблице 6, находят площадь окна этих пластин $Q_1 = l_1 h_0$. Далее задаются коэффициентом заполнения окна медью κ_m , т. е. отношением суммарного сечения меди витков всех обмоток и площади окна Q_0 .

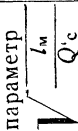
Типовые Ш-образные пластины и сердечники для

Тип сердеч- ника	Ширина среднего выступа	О к н о			Средняя дли- на магнитной силовой линии	Типовые	
		ширина	высота	площадь		толщина	сечение среднего выступа
		l_0	h_0	Q_0		d_c	Q_c
	$л_с$	$л_0$	$л_0$	$см^2$	$см$	$мм$	$см^2$
Ш-16	16	8	24	1,92	9,7	16	2,56
Ш-18	18	9	27	2,43	10,9	18	3,24
Ш-19	19	17	46	7,81	14,3	19	3,62
"	"	"	"	"	"	27	5,12
"	"	17	56	9,52	16,3	19	3,62
Ш-20 ук.	20	18	30	5,40	10,86	20	4,00
"	"	"	"	"	"	30	6,00
Ш-20	"	18	56	10,07	15,46	20	4,00
"	"	"	"	"	"	30	6,00
"	"	10	30	3,00	12,1	20	4,00
"	"	17	46	7,81	16,2	20	4,00
"	"	"	"	"	"	30	6,00
Ш-21	21	19	33	7,22	11,8	27	5,68
"	"	"	"	"	"	43	9,03
Ш-22	22	11	33	3,63	13,4	22	4,84
Ш-24	24	12	36	4,32	14,6	24	5,76
Ш-25	25	31,5	58	18,2	23,0	25	6,25
"	"	25	60	15,0	18,75	25	6,25
"	"	"	"	"	"	35	8,75
"	"	"	"	"	"	40	10,0
"	"	"	"	"	"	50	12,5
"	"	"	"	"	"	65	16,2
Ш-26	26	13	39	5,07	15,8	26	6,76
Ш-28	28	14	42	5,88	17,0	28	7,84
"	28	23,5	50	11,7	19,6	40	11,2
Ш-30	30	15	45	6,75	18,2	30	9,0
"	"	"	"	"	"	60	1~0
"	"	27	54	14,6	16,7	38	11,4
"	"	"	"	"	"	60	18,0
Ш-32	32	16	48	7,68	19,4	32	10,24
"	"	36	72	25,9	28,4	35	11,20
Ш-36	36	18	54	9,72	21,9	36	12,96
Ш-40	40	20	60	12,0	24,3	40	16,0
"	"	30	70	21,0	28,0	40	16,0
"	"	"	"	"	"	80	32,0

Примечания: 1) пластины и перемычки без отверстий и
 2) пластины и перемычки с отверстиями для
 3) пластины и перемычки с пазами для

Таблица 6

силовых трансформаторов и дросселей фильтров

пакеты			Средняя длина витка обмотки	Ширина боко- вых выступов и перемычек	Габаритные размеры		Примечания
чистое сечение стали	общий объем стали	параметр 			ширина (длина перемычки)	высота	
Q'_c	V_c		l_v	l_6	l	h	
см ²	см ³		см	мм	мм	мм	
2,25	21,5	2,07	8,85	8	48	40	1
2,85	31,0	1,95	10,0	9	54	45	1
3,07	57,1	2,16	12,95	11	75	68	2
4,36	81,5	1,81	14,55	"	"	"	2
3,07	62,0	2,35	12,95	11	75	78	2
3,40	59,5	1,79	13,1	13	82	56	2
5,10	89,5	1,46	15,65	"	"	"	2
3,40	80,0	2,13	13,1	"	82	82	2
5,10	120,0	1,75	15,65	"	"	"	2
4,0	43,0	1,75	11,14	10	60	50	1
3,6	60,0	2,12	13,35	11	75	68	2
5,4	90,0	1,74	15,35	"	"	"	2
4,93	119,9	1,55	15,72	16	91	70	2
7,85	181,5	1,23	18,95	"	"	"	2
4,55	58,0	1,71	12,3	11	66	55	2,3
5,3	78,0	1,65	13,4	12	72	60	2,3
5,4	152,0	2,06	19,9	16	120	90	2
5,4	137,0	1,87	17,85	15	105	90	2
7,44	192,0	1,59	19,85	"	"	"	2
8,50	219,0	1,49	20,85	"	"	"	2
10,63	274,0	1,33	22,85	"	"	"	2
13,81	356,6	1,17	25,85	"	"	"	2
6,3	99,0	1,59	14,5	13	78	65	2,3
6,9	116,2	1,57	15,6	14	84	70	2,3
10,0	206,0	1,40	21,0	15	105	80	2
7,9	142,0	1,53	16,7	"	90	75	2,3
15,8	284,0	1,08	22,7	"	"	"	2,3
9,7	282,0	1,31	21,9	20	124	94	2
15,3	446,0	1,05	26,45	"	"	"	2
9,0	173,0	1,47	17,8	16	96	80	2,3
10,0	295,0	1,69	24,7	18	140	108	2
11,5	280,0	1,38	20,1	"	108	90	2,3
15,0	410,0	1,27	22,3	20	120	100	2,3
14,5	400,0	1,39	25,4	—	—	—	2
29,0	800,0	0,98	33,5	—	—	—	2

пазов для стягивания (сердечник стягивается скобой);
 стягивания с помощью сквозных болтов с гайками;
 стягивания.

Сразу сделать правильный выбор величины κ_m очень затруднительно, так как нам пока еще неизвестны ни числа витков обмоток, ни диаметры проводов, из которых эти обмотки намотаны. Поэтому величину κ приходится брать ориентировочно. Так, например, для трансформатора мощностью 60—100 *вт* можно задаться $\kappa_m = 0,2—0,35$, если обмотки будут выполняться проводами марки ПЭ, и $\kappa = 0,15—0,25$, если будут применены провода марки ПЭШО или ПШД. При мощности трансформаторов около 200 *вт* следует принимать $\kappa_m = 0,25—0,4$ для проводов марки ПЭ и не более 0,2—0,3, если применяются провода в хлопчатобумажной изоляции. Вообще же, чем больше мощность трансформатора, тем большие величины κ_m следует принимать; с другой стороны κ_m получается тем меньше, чем больше напряжение повышающей обмотки при данной мощности трансформатора. Последующей проверкой на возможность размещения обмоток в окне сердечника устанавливается, правильно ли был выбран коэффициент заполнения. Если такая проверка покажет, что мы задались слишком большой величиной κ_m , то трансформатор придется пересчитать заново.

После того, как определена мощность трансформатора P_T и выбран предварительно коэффициент заполнения медью, определяют минимально необходимую толщину пакета сердечника d_c по формуле:

$$d_c = \frac{0,5 P_T}{I_c Q_{\kappa_m}}, \quad (28)$$

где l_c — ширина среднего выступа пластины.

Обычно величину l_c округляют до ближайшей большей типовой величины, указанной в таблице 6, и находят в соответствующей строке необходимое для дальнейших расчетов сечение сердечника трансформатора Q_c .

Теперь можно приступить к расчету обмоток трансформатора. Расчет первичной обмотки будем вести применительно к наиболее распространенной схеме, показанной на рис. 5, т. е. будем рассчитывать обмотку, состоящую из двух 110-вольтных и двух 17-вольтных секций, позволяющую, как известно, включать трансформатор в электросети с напряжением 110, 127 и 220 *в*.

Число витков в каждой 110-вольтной секции определяем по формуле:

$$w_{110} = \frac{5300}{Q_c} \quad (29)$$

и число витков 17-вольтной по формуле:

$$w_{17} = \frac{820}{Q_c}. \quad (30)$$

Диаметр провода всех секций

$$d_1 = 0,06 \sqrt{P_T}. \quad (31)$$

Число витков вторичных обмоток вычисляются по формулам:

$$\omega_{II} = \frac{52 U_{II}}{Q_c}; \quad \omega_{III} = \frac{52 U_{III}}{Q_c} \text{ и т. д.} \quad (32)$$

Напоминаем, что при расчете двухполупериодного выпрямителя со средней точкой во вторичной повышающей обмотке силового трансформатора мы принимаем U_{II} равным половине напряжения между концами этой обмотки. Следовательно, величина ω_{II} , полученная по формуле (32), будет соответствовать числу витков в каждой секции вторичной обмотки.

Диаметр провода повышающей обмотки

$$d_{II} = 0,03 \sqrt{I_{II}}, \quad (33)$$

где I_{II} — эффективный ток обмотки в *ма*,
а диаметры проводов обмоток накала

$$d_{III} = 0,9 \sqrt{I_{III}}; \quad d_{IV} = 0,9 \sqrt{I_{IV}} \text{ и т. д.}, \quad (34)$$

где I_{III} , I_{IV} и т. д. токи накала кенотронов или ламп другого назначения в амперах.

Если полученные по расчету диаметры проводов не соответствуют типовым, следует применять провода с ближайшими большими типовыми диаметрами.

После того, как будут определены число витков и диаметры проводов обмоток, следует произвести проверочный расчет возможности размещения их на каркасах в окнах обмотки. Для этого подсчитывают, сколько витков каждой обмотки укладывается в одном слое на каркасе, сколько потребуются слоев, сколько места по высоте займут обмотки и прокладки между ними. Все эти расчеты являются элементарными арифметическими, основанными на простых геометрических построениях, и поэтому здесь их приводить не будем. Если окажется, что обмотки не могут разместиться на каркасе в окне, значит неточно выбран коэффициент заполнения κ_m и, следовательно, придется применить сердечник с большим сечением и большим окном.

Расчет дросселя. Зная необходимую индуктивность дросселя L в генри и постоянную слагающую проходящего через него тока I_0 (*ма*), можно определить минимально необходимый объем его сердечника V_s (*см³*), число витков ω , диаметр провода его обмотки d и толщину немагнитной прокладки в его зазоре l_3 по формулам:

$$V_s \geq \frac{L I_0^2}{D}, \quad (35)$$

$$\omega = F \sqrt{\frac{L I_m}{Q'_c}}, \quad (36)$$

$$d = 0,03 \sqrt{I_1}, \quad (37)$$

$$l_3 = 7 \cdot 10^{-7} I_0 \omega. \quad (38)$$

Порядок расчета дросселя по этим формулам следующий. Задаваясь ампервитками дросселя в пределах 15—30, находим соответствующие выбранному числу ампервитков aw_0 вспомогательные коэффициенты D и F , необходимые для формул (35) и (36) по таблице:

aw_0	=	10	15	20	25	30
D	=	220	425	660	875	980
F	=	675	725	780	840	930

После того, как по формуле (35) вычислен минимально-необходимый объем сердечника, по таблице 6 выбираем типовой сердечник с объемом, равным расчетному V_c , или несколько больше его. Из той же таблицы берем площадь сечения Q_c , среднюю длину магнитной силовой линии l_m этого сердечника и подставляем эти величины в формулу (36). Порядок вычислений по формулам (37) и (38) пояснений не требует. Если обмотка дросселя должна обладать сопротивлением не более заданной величины RL , ее следует наматывать из провода диаметром не менее

$$d = 0,015 \sqrt{\frac{w l_b}{RL}}. \quad (39)$$

Средняя длина витка обмотки l_b берется для данного сердечника из той же таблицы 6.

В последнем случае нужно будет принять больший из диаметров провода, полученных при вычислениях по формулам (37) и (39).

Наконец, нужно прикинуть, сколько витков провода укладывается в одном слое намотки и сколько таких слоев надо уложить на каркасе дросселя, чтобы общее число витков было равно рассчитанному по формуле (36). Если при этом окажется, что расчетное число витков не умещается в окне сердечника, надо уменьшить величину aw_0 , найти соответствующие ей коэффициенты D и F и произвести расчет обмотки дросселя заново.

7. Мероприятия по безопасности

При постройке и эксплуатации выпрямителей не следует забывать о том, что высокое напряжение опасно для жизни. Поэтому выпрямители нужно монтировать в закрытых каркасах или ящиках, исключающих возможность прикосновения к деталям, работающим под напряжением. С наружной стороны конструкций не должно быть никаких токонесущих зажимов или иных выводов. Металлические каркасы необходимо надежно заземлять. Если выпрямитель монтируют отдельно

от передатчика или приемника, соединение с последними должно осуществляться проводами с надежной изоляцией. Съемные стенки или открывающиеся дверки каркасов должны быть снабжены блокировочными контактами, разрывающими цепь первичной обмотки силового трансформатора или цепь первичной обмотки анодного трансформатора газотронного выпрямителя; трансформатор накала может оставаться при этом включенным. В выпрямителях, дающих напряжение свыше 1000 в, кроме того, желательно применять приспособления (разрядники), замыкающие накоротко конденсаторы фильтра после выключения выпрямителя. Если такого приспособления нет, то, прикоснувшись к токонесущим частям внутри конструкции выпрямителя, даже при выключенном сетевом питании, можно получить опасный электрический удар за счет остаточного заряда высокого напряжения на конденсаторах фильтра.

II. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ (ПЕРВИЧНЫЕ) ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ¹

1. Сухие элементы и батареи

Электрическая энергия выделяется гальваническим элементом за счет происходящих в нем химических реакций при замыкании внешней цепи. Получающийся от разложения воды водород скапливается в виде мельчайших пузырьков на поверхности угольного электрода, образуя на ней газовую пленку, препятствующую прохождению электрического тока от электролита к углю. Это явление носит название *поляризации* элемента. Чтобы элемент мог нормально работать, необходимо непрерывно уничтожать эту пленку, поглощать образующий ее водород, или, как говорят, осуществлять *деполяризацию* элемента.

С этой целью угольный электрод сухого элемента помещают в смесь двуокиси марганца с графитом — агломерат. Двуокись марганца содержит в себе большое количество кислорода, который легко вступает в химическое соединение с водородом на поверхности угля. В результате этой реакции снова образуется вода. Такие элементы называются *элементами с марганцовой деполяризацией* стаканчикового типа.

Элементы этого типа изготавливаются с расчетом на разряд током не свыше 0,1—0,2 а и могут применяться для составления батарей накала. В таблице 7 приведены технические данные некоторых отечественных сухих элементов, применяемых для питания любительских приемно-передающих радиостанций.

Анодные батареи из элементов малого размера. Наиболее распространены анодные батареи БАС-80, состоящие из 60 последовательно соединенных стаканчиковых элементов, — 80-вольтовые батареи (начальное напряжение их равно 90—100 в) и батареи БАС-60, состоящие из 40 последова-

¹ Подробнее об устройстве гальванических элементов и батарей см. в книге Г. Г. Морозова и С. А. Гантман «Химические источники тока для питания средств связи». Воениздат, Москва, 1949 г.

Основные данные гальванических элементов и батарей накала

№№ п/п	Наименование	Начальная ЭДС (в)	Начальное напряжение (в)	Емкость номинальная не менее а-ч	Срок сохранности (месяцы)	ЭДС в конце срока хранения (в)	Емкость в конце срока хранения (а-ч)	Количество саморазрядившихся элементов к концу хранения не более %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1КС-л-3	1,65	1,60	3,5	12	не норм.	2,5	3
2	1КС-х-3	1,65	1,60	3,2	9	"	2,5	3
3	3С-МВД-45	1,40	1,35	45	12	"	36	не норм.
4	6С-МВД	1,40	1,30	150	9	1,4	110	"
5	БНС-100	1,54	1,50	100	10	—	70	"
6	БНС-500	1,40	1,30	500	9	—	320	—

Примечание. Номинальная емкость указанных в таблице элементов и батарей определяется при температуре плюс 20°C в режиме разряда на сопротивление 10 ом, за исключением элементов 6С-МВД и батареи БНС-500, разряжаемых на сопротивление в 5 ом. Емкость считается исчерпанной, когда напряжение понижается до 0,7 в (для батарей БНС-100 до 0,8 в). На величину номинальной емкости указывает число, стоящее в конце обозначения элемента. Наличие в обозначении элементов букв «МВД» указывает, что это элементы с марганцово-воздушной деполяризацией.

Батарея накала БНС-500 состоит из четырех элементов типа 6С-МВД, заключенных в общую картонную коробку.

тельно соединенных элементов, — 60-вольтовые батареи, фактически имеющие начальное напряжение 60—70 в.

В таблице 8 приведены основные технические данные отечественных анодных батарей.

Наша отечественная промышленность выпускает сухие элементы и батареи с марганцовой деполяризацией типов «Л», «Х» и «У». Для работы летом в южных широтах лучше всего применять элементы и батареи типа «Л». Для работы летом в горах Средней Азии, где наблюдаются значительные изменения температуры, наиболее пригодны батареи и элементы типа «У». Для эксплуатации в нормальной комнатной температуре пригодны элементы и батареи любого типа.

Существенным недостатком сухих элементов и батарей является их саморазряд. На сухих элементах и батареях обычно ставятся даты выпуска их с завода. При получении со складов или при покупке сухих элементов и батарей всегда нужно обращать внимание на эти надписи. Если срок хранения элементов и батарей истек, от них нельзя ожидать продолжительной работы.

Основные данные анодных гальванических батарей

№№ п/п	Наименование	Начальная ЭДС (э)	Начальное на- пряжение (э)	Номинальная емкость не ме- нее а-ч	Конечное напря- жение при исчер- пани данной емкости (э)	Срок сохране- ния (месяцы)	Емкость в конце срока хранения а-ч
1	2	3	4	5	6	7	8
1	МВД-45	49	48	16	30	12	12
2	МВД-50	55	53	10	35	10	6
3	БАС-60-л-0,4	62	60	0,42	40	9	0,28
4	БАС-60-х 0,5 и						
	БАС-60-у-0,5	70	68	0,5	40	10	0,3
5	БАС-Г-60-л-1,3	74	71	1,3	40	12	0,95
6	БС-70	75	73	7	35	10	4,9
7	БАС-Г-80	96	95	0,8	60	12	0,6
8	БАС-80-л-0,9	94	92	0,85	60	10	0,65
9	БАС-80-х 1 и						
	БАС-80-у-1	104	102	1,05	60	15	0,70
10	БАС-Г-80-л-2,1	104	102	2,1	60	12	1,55

Примечание. Номинальная емкость батарей МВД-45 и МВД-50 определяется при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ в режиме разряда током 20 ма, емкость батарей БС-70 — в режиме разряда током 10 ма, емкость батарей БАС-60 всех типов — в режиме разряда на сопротивление 4680 ом и батарей БАС-80 всех типов — в режиме разряда на сопротивление 7000 ом.

2. Элементы и батареи с марганцово-воздушной деполяризацией

В элементах с марганцово-воздушной деполяризацией деполяризация осуществляется не только за счет кислорода, содержащегося в двуокиси марганца, но также за счет кислорода воздуха, поступающего к положительному электроду.

Из элементов с марганцово-воздушной деполяризацией в любительской практике наиболее распространены элементы типа 6С-МВД, батареи накала БНС-100, БНС-500, анодные батареи БС-70, МВД-45 и МВД-50 (таблицы 7 и 8).

Сухие элементы и батареи с марганцово-воздушной деполяризацией работоспособны только при температурах от -10 — 12°C и до $+40$ — 50°C .

3. Галетные элементы и батареи

Кроме анодных батарей, составленных из стаканчиковых элементов малого размера, выпускаются анодные батареи из так называемых галетных элементов. При тех же размерах

галетные батареи обладают емкостью примерно в 2—2,5 раза большей, чем батарея из элементов стаканчикового типа, но вес галетной батареи на 10—15 процентов больше.

Галетные батареи выпускаются только типа «Л».

4. Эксплуатация гальванических элементов и батарей

От гальванических элементов или батарей обычно питаются только приемно-передающие радиостанции, работающие на малогабаритных «двухвольтовых» лампах или на лампах «пальчиковой» серии прямого накала.

Для определения максимального тока, который можно брать от элемента (или от батареи), если он не указан в приводимых таблицах или на этикетке, следует разделить среднее напряжение этого элемента (батареи) при разряде на сопротивление внешней цепи R , указанное для него в примечаниях к таблицам 7 и 8.

Среднее напряжение элемента (батареи) $U_{\text{ср}}$ обычно принято приближенно определять по формуле Морозова-Лызова:

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{н}} + 2U_{\text{к}}}{3}, \quad (40)$$

где $U_{\text{н}}$ — начальное напряжение,

$U_{\text{к}}$ — конечное напряжение.

Если брать от элемента (или батареи) больший ток, то отдаваемая им емкость будет меньше номинальной. Если же снимать меньший ток, чем показывает расчет, элемент (батарея) при разряде до конечного напряжения отдает емкость несколько больше номинальной.

Так, например, от элемента 6С-МВД следует брать ток не свыше 120—150 *ма*. Если цепь накала приемника или передатчика требует большего тока, необходимо применять параллельное соединение элементов. Так, например, супергетеродин, содержащий в себе смеситель СБ-242 и четыре лампы 2Ж2М и 2К2М, потребляет на накал ток около 0,4 *а*. Очевидно, для питания такого приемника нужна батарея накала, в которой соединены в параллель по три элемента 6С-МВД. Можно применить элемент БНС-500, представляющий собой четыре элемента 6С-МВД, заключенных в общую коробку.

В приемниках и передатчиках с батарейным питанием обычно применяются «пальчиковые» лампы с напряжением накала 1,2 *в* или малогабаритные лампы с номинальным напряжением накала 2 *в*. Один элемент или группа параллельно соединенных сухих элементов дают начальное напряжение 1,3—1,6 *в*, т. е. достаточное для накала пальчиковых ламп. Однако оно мало для нормального накала ламп двух-

вольтовой серии. Для обеспечения накала этих ламп соединяют последовательно два элемента или две группы параллельно соединенных элементов. Начальное напряжение такой батареи, в зависимости от типа применяемых в ней элементов, будет 2,6—3,2 в. Пока элементы свежие, излишек напряжения должен поглощаться реостатом накала, включенным последовательно с нитями ламп. Когда элементы разрядятся до напряжения 1 в каждый, т. е. батарея будет давать напряжение 2 в, реостат накала должен быть полностью выведен. При дальнейшем разряде такой батареи нити накала ламп будут получать напряжение ниже номинального.

Работа электронных ламп обычно существенно не ухудшается при напряжении накала на 10 процентов ниже номинального. Поэтому при работе с двухвольтовыми лампами можно допустить снижение напряжения батареи накала до 1,8 в, в крайнем случае — до 1,7 в, т. е. когда напряжение каждого элемента упадет до 0,9—0,85 в.

Но элементы отдают номинальную емкость при условии разряда до напряжения 0,7 в на элемент, т. е. радиоаппаратура не будет нормально работать, хотя элементы еще полностью не разрядились. Практически при разряде до напряжения 0,9—0,85 в элементы отдают только 40—60 процентов своей номинальной емкости. Чтобы полнее исчерпать емкость батареи, можно вместо одного (или одной из групп параллельно соединенных элементов) включить свежий элемент такого же типа (группу элементов). Когда напряжение такой наполовину обновленной батареи станет снова меньше допустимой, выключают разряженный элемент (элементы) и заменяют его элементом, ранее снятым с работы. Если батарея составлена из двух групп, в каждой по три параллельных элемента, после того, как элементы разрядятся до напряжения 0,85—0,9 в, можно их пересоединить таким образом, чтобы получились три группы по два параллельных элемента в каждой. Батарею с таким соединением элементов можно разряжать до напряжения 1,8 в, т. е. до напряжения 0,6 в на каждый элемент.

Следует иметь в виду, что батарея из трех последовательно соединенных групп элементов после перерывов в работе дает напряжение больше 3 в. Поэтому перед включением нужно полностью вводить реостат накала, устанавливая с его помощью нормальный накал ламп, а в процессе работы, по мере падения напряжения батареи, уменьшать его сопротивление.

Когда аппаратура работает на пальчиковых лампах, вначале для питания их накала следует применять батарею из параллельно соединенных элементов.

После того, как элементы будут разряжаться, следует переходить на схему последовательного (или смешанного) соединения элементов, чтобы удвоить даваемое ими напряжение.

При этом элементы можно разряжать до напряжения 0,55—0,6 в каждый.

Для питания накала ламп приемников и передатчиков станций лучше всего применять батареи типа БНС-500 или элементы 6С-МВД. Эти типы батарей и элементов служат дольше других и стоимость их эксплуатации получается минимальной. Практика показывает, что если элементам и батареям после каждых нескольких часов работы «давать отдых», то многие из них отдают емкость на 20—25 процентов больше, чем емкость, гарантируемая заводом.

Если для питания приемника или передатчика требуется напряжение большей величины, чем может дать одна сухая анодная батарея, соединяют две или несколько анодных батарей последовательно.

В анодных батареях типа БАС-80 и БАС-60 предусмотрены отводы, позволяющие включать на питание радиоприбора при свежей батарее только часть ее элементов, а когда напряжение будет падать, — включать все элементы полностью.

Для стационарных приемно-передающих станций выгоднее всего применять анодные батареи типов МВД-45 или МВД-53, которые обладают большой емкостью и могут отдавать наибольший ток по сравнению со всеми другими типами анодных батарей.

III. КИСЛОТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

1. Типы аккумуляторов и их назначение

Батареи для накала ламп. Специально для накала электронных ламп, работающих в радиоаппаратуре, применяют аккумуляторы различных емкостей типов РНП, РНЭ, НС и НП.

Таблица 9
Основные данные низковольтных кислотных аккумуляторов,
применяемых для накала ламп

Т и п	Число элементов в батарее	Номинальное напряжение (в)	Напряжение после полного заряда (в)	Напряжение в конце разряда (в)	Максимальный зарядный ток (а)	Количество электролита (см ³)
1	2	3	4	5	6	7
РНП-60	1	2	2,6—2,8	1,8	6	—
ЗРНЭ-40	3	6	7,8—8,4	5,4	4	—
ЗРНЭ-60	3	6	7,8—8,4	5,4	6	—
ЗРНЭ-80	3	6	7,8—8,4	5,4	8	—
ЗСТМ-80	3	6	7,8—8,4	5,4	8	2 100
ЗСТП-80	3	6	7,8—8,4	5,4	8	2 100
ЗНС-90	3	6	7,8—8,4	5,4	9	—
ЗСТМ-100	3	6	7,8—8,4	5,4	10	2 460
ЗСТП-100	3	6	7,8—8,4	5,4	10	2 460
ЗСТЭ-112	3	6	7,8—8,4	5,4	14	2 400
ЗСТП-112	3	6	7,8—8,4	5,4	14	2 400
ЗСТМ-112	3	6	7,8—8,4	5,4	14	2 850
ЗСТМ-126	3	6	7,8—8,4	5,4	14	3 000
ЗСТП-126	3	6	7,8—8,4	5,4	14	3 000
ЗСТП-142	3	6	7,8—8,4	5,4	18	3 400
ЗНП-160	3	6	7,8—8,4	5,4	16	—
6СТЭ-128	6	12	15,6—16,8	10,8	16	5 100
6СТЭ-144	6	12	15,6—16,8	10,8	18	6 000

Кроме того, для питания накала электронных ламп применяются стартерные (автомобильные) аккумуляторные батареи из трех элементов типов СТЭ, СТП или СТМ. Основные

Таблица 10

Режимы разряда низковольтных кислотных аккумуляторов, применяемых для накала ламп

Т и п	10-часовой		20-часовой		50 часовой	
	Ток (а)	Емкость (а-ч)	Ток (а)	Емкость (а-ч)	Ток (а)	Емкость (а-ч)
РНП-60	6	60	—	—	1,5	75
ЗРНЭ-40	4	40	—	—	1,0	50
ЗРНЭ-60	6	60	—	—	1,5	75
ЗРНЭ-80	8	80	—	—	2,0	100
ЗСТМ-80 }	7	70	4	80	—	—
ЗСТП-80 }						
ЗНС-90	9	90	—	—	2,25	112,5
ЗСТМ-100 }	8,4	84	5	100	—	—
ЗСТП-100 }						
ЗСТЭ-112 }	9,8	98	5,6	112	—	—
ЗСТП-112 }						
ЗСТМ-112 }	11	110	6,3	126	—	—
ЗСТП-126 }						
ЗСТП-142	12,3	123	7,1	142	—	—
ЗНП 160	16	160	—	—	4	200
6СТЭ-128	10,6	106	6,4	128	—	—
6СТЭ-144	12,6	126	7,2	144	—	—

электрические характеристики этих аккумуляторов приведены в таблицах 9 и 10.

Для питания умформеров могут применяться стартерные батареи 6СТЭ-128 и 6СТЭ-144. Батареи из трех элементов (ЗНС-90, ЗСТМ-100, ЗНП-160, ЗСТП-126 и т. п.) используются для питания цепей накала ламп, имеющих напряжение накала 6,3 в. Для питания ламп двухвольтовой серии и пальчиковых ламп может служить аккумуляторный элемент РНП-60.

Анодные батареи. Как видно из таблиц 11 и 12, наша промышленность выпускает несколько типов 20-вольтовых блоков различной емкости с буквенными обозначениями РАДАН и АС, предназначенных для составления анодных батарей. При последовательном соединении батарей для получения напряжения свыше 100 в каждый блок нужно установить на изоляторы.

Сроки службы аккумуляторов. Заводы-изготовители гарантируют следующие сроки службы аккумуляторных батарей накала при условии правильной их эксплуатации: для батарей РНП старого типа—150 десятичасовых циклов (зарядов-разрядов) при общей продолжительности работы 1 год; для батарей накала НС нового типа—250 циклов при работе 1,5 года

Таблица 11

Основные технические данные анодных кислотных аккумуляторов

Т и п	Число элементов в батарее	Номинальное напряжение (в)	Напряжение батареи после полного заряда (в)	Напряжение в конце разряда (в)	Максимальный зарядный ток (в)
10РАДАН-5	10	20	25—28	18	0,4
10РАДАН-10	10	20	25—28	18	0,8
10РАДАН-30	10	20	25—28	18	2,5
10АС-12	10	20	25—28	18	1,0
10АС-20	10	20	25—28	18	1,8

Таблица 12

Режимы разряда анодных кислотных аккумуляторов

Т и п	10-часовой		25 часовой		125-часовой	
	Ток (а)	Емкость (а-ч)	Ток (а)	Емкость (а-ч)	Ток (а)	Емкость (а-ч)
10РАДАН-5	—	—	0,16	4,0	0,04	5,0
10РАДАН-10	—	—	0,32	8,0	0,08	10
10РАДАН-30	2,5	25	1,08	27	0,24	30
10АС-12	1,0	10	0,48	12	—	—
10АС-20	1,8	18	0,8	20	—	—

и для батарей НП—160—150 циклов при работе 2 года. Срок службы стартерных аккумуляторов гарантируется в 70 — 90 циклов. Что касается аккумуляторных батарей 10РАДАН-5 и 10РАДАН-10, то для них заводы гарантируют срок службы в 100 десятичасовых циклов при общей продолжительности работы 1 год, для аккумуляторов 10РАДАН-30—60 циклов на такой же срок и, наконец, для блоков 10АС-12 и 10АС-20 — 150 циклов в течение 1,5 лет. Концом срока службы по техническим условиям считается снижение емкости до 75 процентов от гарантированной.

Срок хранения кислотных батарей, не бывших в работе, равен двум годам, если батареи находятся в отепленном помещении, защищенном от атмосферных осадков и прямых солнечных лучей.

2. Заливка и зарядка кислотных аккумуляторов

Приготовление электролита. Для приготовления электролита следует применять качественную аккумуляторную серную кислоту и дистиллированную воду. Техническую серную кис-

лоту употреблять нельзя. Можно применять воду, получаемую от таяния чистого снега, или дождевую, но собранную не с железных крыш. Электролит можно составлять только в свинцовой, эбонитовой или керамической посуде. Стеклоянная посуда для приготовления электролита непригодна, так как раствор при составлении сильно нагревается и сосуд может лопнуть.

Для приготовления электролита нужно налить в сосуд необходимое количество воды, а затем вливать в нее небольшими дозами серную кислоту, непрерывно перемешивая раствор стеклянной палочкой. Нельзя лить воду в серную кислоту, так как при этом происходит разбрызгивание кислоты, которая может причинить сильные ожоги.

При приготовлении электролита из крепкой серной кислоты раствор сильно разогревается, а заливать аккумуляторы горячим электролитом недопустимо. При пуске в эксплуатацию батареи РНП, НС, НП, АС и РАДАН заливают электролитом плотностью 1,21 за исключением батарей 10РАДАН-30, которые заливают электролитом плотностью 1,25. Стартерные аккумуляторные батареи заливают электролитом плотностью 1,12, за исключением батарей с маркой ПАЗ, которые заливают электролитом плотностью 1,29. Температура электролита, заливаемого в аккумуляторы, не должна превышать 30°C.

Плотность электролита определяют ареометром — прибором, представляющим собой стеклянную трубку, по внешнему виду напоминающую термометр. Ареометр опускается в электролит. Чем меньше плотность электролита, тем на большую глубину погружается ареометр.

Плотность электролита читают по делению, находящемуся на уровне поверхности электролита.

Заливка аккумуляторов. Уровень электролита должен быть на 10—15 мм выше верхних краев пластин. Если пластины не полностью покрыты электролитом, то на их обнаженных частях от действия воздуха образуются крупные кристаллы сульфата свинца, и емкость аккумуляторов понижается.

После заливки аккумуляторы должны постоять от 2 до 6 часов, чтобы их пластины хорошо пропитались электролитом.

Первый заряд. Первый заряд батарей накала типов РНП, НС и НП производится максимальным током, указанным в таблице 9, в течение 36 часов, после чего делается 3-часовой перерыв, и заряд продолжается еще 12 часов тем же током.

Анодные батареи 10РАДАН-5, 10РАДАН-10, 10АС-12 и 10АС-20 заряжаются сначала полным током, указанным в таблице 11, в течение 48 часов и после 3-часового перерыва — таким же током еще в продолжение 12 часов.

Если после этого напряжение всех элементов батарей не достигнет величины 2,65 в, делают опять 3-часовой перерыв и продолжают заряжать тем же током до достижения постоянства напряжения.

Первый заряд анодной батареи 10РАДАН-30 проводится током 2,5 а в течение 6—8 часов и еще 24—30 часов током 1,7 а — до получения постоянства напряжения.

Первый заряд стартерных батарей типов ЗСТЭ-112, ЗСТМ-112, ЗСТП-112, 6СТЭ-128 и 6СТЭ-144 производится вдвое меньшим током, а первый заряд батарей ЗСТП-80, ЗСТМ-80, ЗСТП-10, ЗСТМ-100, ЗСТП-126, ЗСТМ-126 и ЗСТП-142 — 60-процентным током по сравнению с указанным в таблице до достижения напряжения 2,4 в на каждый элемент. Затем ток уменьшается вдвое, и батареи заряжаются дальше — до достижения напряжения, указанного в таблице.

Плотность электролита во всех батареях в конце зарядки должна достигнуть 1,24 (в батареях 10РАДАН-30 плотность должна быть 1,25). Если фактическая плотность получается ниже, аккумуляторы нужно долить кислотой большей плотности до получения нормальной плотности. Окончание зарядки кислотных аккумуляторов можно установить по сильному газовыделению на их пластинах («кипение аккумуляторов»).

Заряд аккумуляторов всегда нужно производить при открытых пробках.

Последующие заряды производятся током, указанным в таблицах, до установления постоянства напряжения 2,65 в на каждом элементе.

Такое напряжение на батареях накала получается обычно через 12 часов и на анодных батареях — через 25—30 часов.

Для того, чтобы батареи не портились, заряд должен начинаться не позднее, чем через сутки после окончания [заряда. Заряды должны производиться не реже одного раза в два месяца, если даже батареи в это время не работали.

Полная емкость батарей, указанная в таблицах, обычно получается лишь после 10-го заряда.

Чтобы не было большого саморазряда батарей, необходимо их поверхность протирать влажной тряпкой при закрытых пробках до полного удаления следов кислоты.

Перезаряд. Чтобы избежать появления в батареях плохо работающих элементов и привести все элементы к одинаковому состоянию по плотности электролита и емкости, следует один раз в 3—4 месяца делать перезаряд батарей. Перезаряд заключается в следующем. После нормального заряда производят еще ряд зарядов током в 20—25 процентов от нормального с 1—2-часовым перерывом между ними до тех пор, пока не получится хорошее газообразование во всех элементах батареи немедленно после включения ее на заряд.

Перезаряд следует делать также в том случае, если аккумуляторы стояли разряженными более 24 часов или если их несколько раз не полностью заряжали.

3. Меры безопасности при работе с кислотными аккумуляторами

Нельзя забывать, что серная кислота может причинить сильные ожоги и испортить одежду. Поэтому при работе с аккумуляторами, при составлении и заливке электролита нужно надевать защитные очки (или шлем от противогаса), резиновый фартук, резиновые перчатки и калоши. Если кислота попала на кожу или на одежду, это место нужно немедленно смочить 10-процентным раствором нашатырного спирта или двууглекислой соды и затем промыть водой. Раствор нашатырного спирта или соды должен быть всегда под рукой, когда работают с кислотой или аккумуляторами.

При ожогах от действия серной кислоты необходимо обращаться к врачу.

IV. ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

1. Типы щелочных аккумуляторных элементов и батарей и их применение

Типы щелочных аккумуляторных элементов, выпускаемых отечественной промышленностью, перечислены в таблице 13.

Назначение и применение батарей. Батареи 32АКН-2,25 и 64АКН-2,25 являются анодными. Батареи 2НКН-24, 2НКН-45 и 2НКН-52 предназначаются для питания накала ламп двухвольтовой серии. С той же целью в переносных радиостанциях могут быть использованы фонарные батареи 2ФКН-8-I и 2ФКН-8-II. Для накала ламп шестивольтовой серии могут применяться батареи 5НКН-10-1, 5НКН-45, 5НКН-60, 5НКН-100м, 6НКН-45м. При использовании в схеме батареи 6НКН-45м нужен реостат накала. Для питания накала аппаратуры с «пальчиковыми» лампами следует применять одиночные элементы. Наконец, батареи 10НКН-60м, 10НКН-100 и 10НКН-100м применяются для питания умформеров, требующих на стороне низкого напряжения 12 в.

Выбор типа батарей. Выбирая батарею для питания приемно-передающей станции, следует руководствоваться требуемым напряжением. Кроме того, необходимо, чтобы ток, отбираемый от батарей, не превышал нормального разрядного тока, указанного в таблице для данного типа батарей. Практически невыгодно применять батареи большой емкости, когда нужно отбирать от них разрядный ток меньше нормального. В этом случае не удастся полностью использовать емкость батарей, так как на саморазряд будет расходоваться значительный процент энергии.

Самозаряд. При нормальной температуре кадмиево-никелевые аккумуляторы за пять суток разряжаются примерно на 20 процентов, за один месяц — на 40—60 процентов, а за два месяца — почти полностью. Бездействие заряженных аккумуляторов приводит к снижению их номинальной емкости.

Таблица 13

Основные данные щелочных аккумуляторных элементов

Т и п	Номиналь- ная емкость (а-ч)	Номиналь- ный заряд- ный ток (а)	Номиналь- ный разряд- ный ток (а)	Количество электролита (см³)
Кадмиево-никелевые				
АКН-2,25	2,25	0,56	0,28	42
НКН-10	10	2,5	1,25	120
НКН-22	22	5,5	2,75	270
НКН-45	45	11,25	5,65	450
НКН-60	60	15,0	7,5	750
НКН-100	100	25,0	12,5	1 200

Таблица 14

Основные данные щелочных аккумуляторных батарей

Т и п	Число аккумуля- торов в ба- таре	Номинальное напряжение (в)	Напряжение заряженной батареи (в на- чале разряда) (в)	Напряжение в конце нормального разряда (в)	Номинальная емкость (а-ч)	Нормальный зарядный ток (а)	Нормальный разрядный ток (а)
32АКН-2,25м	32	40	43,2	35,2	2,25	0,56	0,28
64АКН-2,25	64	80	86,4	70,4	2,25	0,56	0,28
2ФКН-8-1	2	2,5	2,7	2,2	8	2,3	1,0
2ФКН-8-П	2	2,5	2,7	2,2	8	2,3	1,0
5НКН-10-1	5	6,25	6,75	5,5	10	2,5	1,25
10НКН-22м	10	12,5	13,5	11,0	22	5,5	2,75
17НКН-22	17	21,25	22,95	18,7	22	5,5	2,75
2НКН-24	2	2,5	2,7	2,2	24	5,15	3,0
2НКН-45	2	2,5	2,7	2,2	45	11,25	5,65
5НКН-45	5	6,25	6,75	5,5	45	11,25	5,65
6НКН-45м	6	7,5	8,1	6,6	45	11,25	5,65
2НКН-52	2	2,5	2,7	2,2	52	11,1	6,5
5НКН-60	5	6,25	6,75	5,5	60	15,0	7,5
10НКН-60м	10	12,5	13,5	11,0	60	15,0	7,5
5НКН-100м	5	6,25	6,75	5,5	100	25,0	12,5
10НКН-100м } 10НКН-100	10	12,5	13,5	11,0	100	25,0	12,5

Емкость кадмиево-никелевых аккумуляторов после одно-месячного саморазряда снижается примерно на 20 процентов. Их емкость обычно может быть восстановлена путем глубокого разряда с последующим усиленным перезарядом. При понижении температуры емкость щелочных аккумуляторов уменьшается.

2. Электролит для щелочных аккумуляторов

Какие электролиты лучше всего применять. Кадмиево-никелевые аккумуляторы, работающие при температуре от -15°C до $+40^{\circ}\text{C}$, следует заливать раствором едкого калия с добавкой твердого моногидрата едкого лития в количестве 20—25 г на литр электролита. Электролит должен иметь плотность 1,19—1,21. Применение такого «составного» электролита увеличивает срок службы кадмиево-никелевых аккумуляторов в два-три раза по сравнению со сроком службы при электролите из чистого едкого калия.

Если нельзя достать моногидрат едкого лития, при температуре от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$, кадмиево-никелевые аккумуляторы можно эксплуатировать с раствором едкого натрия (НОН), т. е. каустической соды (сорт А по ГОСТ 5254)¹. Плотность такого электролита должна быть 1,17—1,19.

Если кадмиево-никелевые аккумуляторы приходится эксплуатировать при высокой температуре от $+40^{\circ}\text{C}$ до $+60^{\circ}\text{C}$, следует применять раствор едкого натрия той же плотности, но с добавкой 30 г на литр моногидрата едкого лития.

Раствор едкого калия без примесей едкого лития рекомендуется применять только в тех случаях, когда кадмиево-никелевые аккумуляторы работают все время на морозе при температуре ниже -15°C . Такой «зимний» электролит должен иметь плотность 1,26—1,30.

Если в результате систематической эксплуатации кадмиево-никелевых аккумуляторов с раствором едкого калия при нормальной комнатной температуре будет замечено снижение их емкости, она может быть восстановлена путем двукратной смены раствора едкого калия на раствор едкого натрия, с сообщением двух усиленных зарядов после каждой смены электролита.

В каждый аккумуляторный элемент следует вливать несколько кубических сантиметров вазелинового масла или такое же количество керосина. Масло или керосин покрывает поверхность электролита тонким слоем, препятствуя доступу воздуха к электролиту.

Порядок приготовления электролита. Для приготовления электролита обычно применяют дистиллированную или дождевую воду, собранную с чистой поверхности в чистый сосуд, или растаявший чистый снег. Можно также использовать

¹ В довоенные годы считалось, что для приготовления электролита необходимо применять химические чистые щелочи. Возможность применять щелочи высшего сорта и сорта А без ущерба для аккумуляторов доказана советскими специалистами в 1941 г.

грунтовую, речную и озерную воду, годную для питья. Минеральные воды применять нельзя.

Раствор едкого натрия или едкого калия нужно готовить в железной, чугунной или эмалированной посуде. Нельзя пользоваться оцинкованной, луженой, алюминиевой, медной и свинцовой посудой, так как электролит с примесями цинка, олова, алюминия, меди или свинца приводит к уменьшению емкости аккумуляторов. Совершенно недопустимо готовить растворы щелочей в сосудах, применяемых для электролита кислотных аккумуляторов, так как даже небольшое количество кислоты, попавшее в щелочные аккумуляторы, разрушает их.

Электролит приготавливают следующим образом. Вскрывают банку с едким калием или едким натрием. Куски щелочи отбивают стальным зубилом, стальными щипцами кладут их в приготовленный сосуд, заливают водой и, помешивая стальной или стеклянной палочкой, добиваются полного растворения. После того, как раствор остынет, его плотность измеряют ареометром. Если плотность раствора велика, добавляют воду; если же плотность мала, доливают раствор большей плотности.

Если для электролита взята естественная (речная, озерная и др.) вода, раствору нужно дать отстояться 8—12 часов. Осветлившуюся часть раствора нужно слить, чтобы осадок остался в сосуде. Слои раствора, содержащего осадок, применять для заливки аккумуляторов нельзя. Если осадок занимает большой объем, его можно отфильтровать через вату.

Заливку аккумуляторов можно производить электролитом, имеющим температуру не более $+30^{\circ}\text{C}$. После заливки аккумуляторы должны стоять 2 часа, чтобы их пластины хорошо пропитались электролитом. По истечении этого срока нужно проверить вольтметром каждый аккумуляторный элемент. Если вольтметр не покажет напряжения, нужно дать аккумулятору постоять еще часов десять. Если и после этого срока какой-либо аккумуляторный элемент не покажет напряжения, его следует исключить из батареи, заменив другим.

Прежде чем ставить аккумуляторы на зарядку, нужно проверить в них уровень электролита; он должен быть на 5—12 мм выше верхнего края пластин.

Смена электролита. Когда в аккумуляторах применяется раствор едкого калия с добавкой лития, смена электролита, как правило, производится не чаще одного раза в год; если же аккумуляторы работают с длительными перерывами и их емкость не восстанавливается двумя-тремя усиленными зарядами, электролит нужно сменить. Раствор едкого натрия должен сменяться через каждые 100 зарядов, но не реже одного раза в год.

При изменении температурных условий работы аккумуляторов их электролит следует менять в соответствии с данными выше рекомендациями.

Перед каждой сменой электролита аккумуляторы нужно разряжать нормальным током до напряжения 1 в на элемент. После удаления старого электролита аккумуляторы надо промыть подщелоченной и отстоенной от мути водой, сильно встряхивая, чтобы удалить из сосуда всю грязь, которая могла туда попасть.

Немедленно после промывки аккумуляторы заливают новым электролитом, плотно закрывают пробками, через 2 часа проверяют плотность электролита и дают усиленный заряд.

Доведение плотности электролита. Если взятые из аккумуляторов пробы электролита показывают, что плотность его не соответствует нормальной, электролит нужно вылить, довести его плотность до нормальной и снова залить в аккумуляторы. Если плотность электролита чрезмерно велика, его разбавляют водой; если же плотность ниже нормы, в него нужно добавить раствор щелочи большей плотности.

Корректировка плотности также необходима после промывки аккумуляторов водой, так как некоторое количество воды остается в аккумуляторных сосудах. Чтобы избежать этого, аккумуляторы следует заливать электролитом с плотностью примерно на 0,02—0,03 выше нормальной, учитывая, что за счет остатков воды плотность понизится примерно на такую величину.

Через 2 часа после заливки следует проверить плотность электролита.

3. Зарядка щелочных аккумуляторов

Для зарядки щелочных аккумуляторов необходимо иметь источник постоянного тока с напряжением

$$U = (1,8 \div 1,9) n, \quad (41)$$

где n — число аккумуляторных элементов в батарее, т. е. на каждый элемент батареи при зарядке нужно иметь напряжение $1,8 \div 1,9$ в¹.

Если источник не имеет устройства для регулирования напряжения и тока, последовательно с аккумулятором включается реостат. Контроль зарядного тока производится по амперметру.

Зарядку щелочных аккумуляторов производят в трех режимах: нормальном, ускоренном и усиленном. На время заря-

¹ При зарядке на морозе нужно иметь напряжение 2,0—2,2 в на каждый аккумуляторный элемент.

да аккумуляторов пробки из сосудов должны быть вывернуты.

Нормальный заряд щелочных аккумуляторов производится током, численно равным одной четверти номинальной емкости аккумулятора. Такой ток называют *н о р м а л ь н ы м з а р я д н ы м т о к о м*. Например, для аккумулятора типа НКН-60 с номинальной емкостью в 60 *а-ч* нормальный зарядный ток составляет 15 *а*. Первые 100—150 зарядов аккумулятора следует производить в течение 7 часов, так как новые аккумуляторы, как правило, отдают емкость больше номинальной. Следовательно, при первых зарядах аккумулятору нужно давать до 175 процентов номинальной емкости. Последующие заряды производятся по 6 часов каждый, т. е. аккумуляторам сообщается 150 процентов номинальной емкости. 7-часовой заряд рекомендуется также после того, как аккумуляторы разряжались 20-часовым или более длительными режимами. При длительных режимах аккумуляторы отдают емкость больше номинальной, а поэтому для восстановления нормального состояния им нужно дать больше 150 процентов номинальной емкости.

Первые 2,5 часа заряд кадмиево-никелевого аккумулятора происходит (при нормальной температуре) при напряжении 1,4—1,45 *в* на каждый аккумуляторный элемент, к концу 5-го часа заряда напряжение возрастает до 1,78 *в* и до конца заряда остается на этом уровне или незначительно повышается. Следовательно, по напряжению щелочных аккумуляторов нельзя судить о том, что они полностью заряжены.

Ускоренный заряд. В необходимых случаях щелочные аккумуляторы можно заряжать за 4,5 часа. Для такого ускоренного заряда нужен источник тока, способный давать ток, численно равный половине номинальной емкости аккумулятора. Такой ток пропускается через аккумулятор в течение 2,5 часа, по истечении которых его уменьшают до нормального, поддерживая в течение остальных 2 часов. В начале ускоренного заряда напряжение на каждом аккумуляторном элементе равно 1,52—1,53 *в*, возрастая за первые 2,5 часа до 1,84 *в*. После снижения зарядного тока напряжение падает до 1,77 *в* и за остальные 2 часа возрастает до 1,78—1,8 *в*. Ускоренных зарядов щелочным аккумуляторам желательно не давать, так как это сокращает срок их службы.

Наименьшее напряжение для зарядки кадмиево-никелевых аккумуляторов составляет 1,50—1,55 *в*. Конечно, при этом зарядка аккумуляторов будет происходить очень долго.

Усиленный заряд. С целью удлинения срока службы щелочного аккумулятора через каждые 10 зарядов, а при несистематической эксплуатации аккумуляторов — один раз в месяц нужно производить усиленный заряд в течение 6 часов то-

ком, равным одной четверти номинальной емкости, и еще 6 часов током, равным одной восьмой номинальной емкости.

За первые 6 часов напряжение на аккумуляторе изменяется так же, как и при нормальном заряде. После снижения тока напряжение уменьшается с 1,78 до 1,73 в и в последующие 6 часов вновь возрастает до 1,78 в.

В начале заряда напряжение аккумуляторов необходимо контролировать каждые 2 часа, а в конце заряда — через 30 минут.

По окончании заряда в любом режиме и отключении зарядного источника каждый кадмиево-никелевый элемент дает ЭДС 1,44 в, которая быстро падает до устойчивого значения 1,35 в. До тех пор, пока ЭДС не установилась, аккумулятор ставить на разряд не следует.

Тотчас по окончании заряда во все элементы должны быть ввернуты пробки. Если аккумуляторы имеют резиновые пробки, их закупоривать можно через 3—4 часа после окончания заряда.

Напряжение щелочных аккумуляторов всегда нужно измерять под нагрузкой. Дело в том, что если аккумулятор, от которого уже отобрана часть емкости, некоторое время «отдохнул» после работы, его ЭДС возрастает почти до величины, получающейся после заряда (около 1,3 в), а при включении нагрузки она быстро падает.

4. Меры предосторожности при работе со щелочными аккумуляторами

При работе со щелочными аккумуляторами следует принимать такие же меры предосторожности, как и при работе с кислотными аккумуляторами. Если на кожу или одежду все же попадет щелочь, облитые места необходимо немедленно обмыть двухпроцентным раствором борной кислоты или сильной струей воды.

V. ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

1. Асинхронные вибропреобразователи

Классификация вибропреобразователей. Вибропреобразователи служат для превращения постоянного тока низкого напряжения от аккумуляторов в более высокие постоянные напряжения, необходимые для питания анодных цепей радиоприемников или радиопередатчиков малой мощности.

Существуют два типа вибропреобразователей: асинхронный и синхронный.

Асинхронный вибропреобразователь состоит из электромагнитного вибрационного механизма — вибратора, трансформатора со стальным сердечником, кенотрона и фильтров (рис. 26). Вместо кенотрона в асинхронном вибропреобразователе применяются также селеновые выпрямительные столбики (рис. 27). **Синхронный вибропреобразова-**

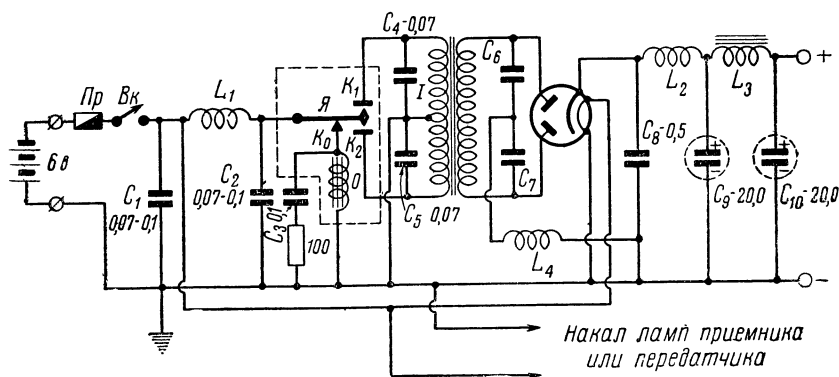


Рис. 26. Схема асинхронного вибропреобразователя с кенотроном

тель содержит в себе те же элементы, за исключением кенотрона или селеновых столбиков.

Устройство и работа асинхронного вибропреобразователя. Электромагнитный механизм (вибратор) всякого вибропреобразователя по своему устройству подобен пищику (зуммеру).

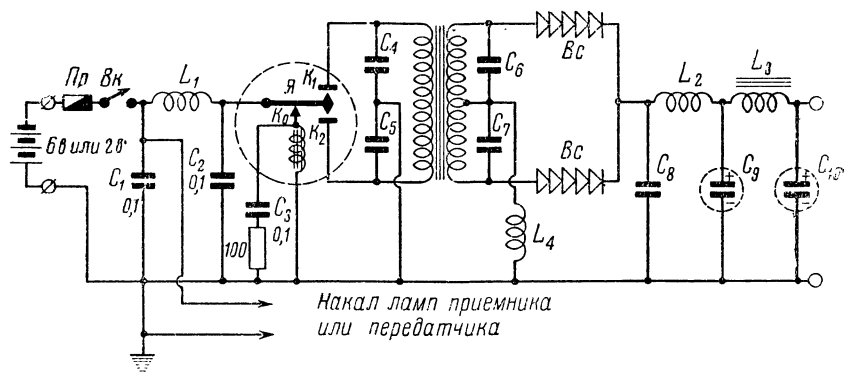


Рис. 27. Схема асинхронного вибропреобразователя с селеновым выпрямителем

Основными его частями являются катушка из изолированной проволоки с сердечником из мягкой стали и якорь $Я$ с прерывателем. Кроме контактов прерывателя K_0 , находящихся в цепи катушки, вибратор имеет еще дополнительные контакты K_1 и K_2 , замыкающиеся и размыкающиеся при вибрации якоря.

Рассмотрим, как работает асинхронный вибропреобразователь. При прохождении тока от аккумулятора через обмотку вибратора якорь вибрирует вследствие периодического прерывания тока между неподвижным контактом K_0 и контактом на самом якоря $Я$.

Дополнительные контакты на вибрирующем якоря попеременно с частотой колебания якоря прикасаются к контактам K_1 и K_2 , включая положительный полюс аккумулятора то на один, то на другой конец первичной обмотки трансформатора. К средней точке этой обмотки постоянно присоединен отрицательный полюс аккумулятора. В результате ток от аккумулятора проходит попеременно то через одну, то через другую половину первичной обмотки трансформатора, сердечник трансформатора перемагничивается и во вторичной обмотке трансформатора возникает переменная ЭДС, имеющая частоту перемагничивания сердечника, т. е. частоту колебаний якоря электромагнитного механизма.

Переменное напряжение со вторичной обмотки трансформатора подается на аноды кенотрона (или аноды селеновых выпрямительных столбиков). Накал кенотрона питается от того же аккумулятора, от которого получают ток катушка электромагнитного механизма и первичная обмотка трансформатора.

Так как плюс выпрямленного напряжения получается на катоде кенотрона, последний должен обязательно иметь изо-

лированный от нити накала подогревный катод. Такое устройство имеет кенотрон типа 6Ц5С, выпускаемый специально для применения в вибропреобразователях. Если нужно иметь выпрямленный ток не более 10—15 *ма* при напряжении около 100—120 *в*, в качестве кенотрона может быть использован двойной диод типа 6Х6С.

Переменное напряжение, выпрямленное кенотроном или селеновыми столбиками (по обычной схеме двухполупериодного выпрямления), сглаживается фильтром, состоящим из дросселя низкой частоты L_3 и конденсаторов C_9 и C_{10} . Кроме того, в цепи первичной и вторичной обмоток трансформатора, а также в цепь питания электромагнитного вибрационного механизма включают высокочастотные фильтры, состоящие из катушек L_1 , L_2 и L_4 и конденсаторов C_1 , C_2 , C_8 . При размыкании контактов вибратора между ними проскакивают искры, создающие токи высокой частоты, мешающие радиоприему. Высокочастотные фильтры вибропреобразователя препятствуют прохождению помех в приемник как через анодные цепи, так и через цепи накала. Конденсатор C_3 является искрогасительным.

Силовой трансформатор асинхронного вибропреобразователя по схеме рис. 26 с кенотроном 6Ц5С (6Х5), питаемого от 6-вольтового аккумулятора и отдающего выпрямленное напряжение 240—250 *в* при токе 50—60 *ма*, должен иметь сердечник из пластин Ш-28 при высоте пакета 30 *мм*¹. Его первичная обмотка должна содержать 45+45 витков провода ПЭЛ 1,2 *мм*, а вторичная — 2400+2400 витков провода ПЭЛ 0,2 *мм*. Потребление тока от 6-вольтового аккумулятора таким вибропреобразователем составляет 4—5 *а*. Конденсаторы, шунтирующие половины обмоток трансформатора, должны иметь емкость по 0,07—0,1 *мкф*.

Высокочастотный дроссель L_1 в цепи низкого напряжения должен быть намотан в один слой на цилиндрическом каркасе диаметром 15 *мм* и иметь 40—50 витков провода ПЭЛ 10 *мм*.

Высокочастотные дроссели L_2 и L_4 в цепи высокого напряжения должны иметь по 500 витков провода ПЭШО 0,2 *мм*; намотка типа «Универсаль».

Дроссель L_3 сглаживающего фильтра может быть собран на сердечнике из пластин Ш-19 или Ш-20 при высоте пакета 20 *мм*. Его обмотка должна иметь 5000 витков провода ПЭЛ 0,2 *мм*.

Коэффициент полезного действия такого вибропреобразователя составляет 50—60 %.

Данные деталей вибропреобразователя с селеновым выпрямителем (рис. 27) могут быть такими же. Столбики могут быть собраны из шайб диаметром 25—35 *мм*.

¹ По данным журнала «Радио», № 4 за 1947 год.

склеивается из картона. Якорь $Я$ изготавливается из пружинной стали (например, из часовой или патефонной пружины) толщиной 0,15—0,25 мм, ширина его 15—20 мм. Наконечник якоря $Н$, прикрепленный к верхнему концу якорной пружины, изготавливается из мягкой стали. Контакты вибратора K_1 , K_1 , K_2 и $K_{п2}$ должны быть вольфрамовыми или серебряными. Вольфрамовые контакты более долговечны.

Поверхности контактов должны быть отшлифованы до зеркального блеска. Если на поверхности контактов будут неровности или царапины, контакты быстро изнашиваются. Подвижные контакты якоря вклепываются в пружинки из фосфористой бронзы или гартованной латуни.

Эти пружинки в свою очередь приклепываются к стальной пружине якоря. Неподвижные контакты K_1 и K_2 , соединяемые с концами первичной обмотки трансформатора, изготавливаются из стали или твердой латуни. Из такого же (но более толстого) материала изготавливаются регулировочные P_1 и P_2 и упорные $У_1$ и $У_2$ пластинки. Якорь, неподвижные контактные, регулировочные и упорные пластинки собираются в пакет.

Между якорем и металлическими пластинками прокладываются пластинки $И$ из изоляционного материала и стальные пластинки.

Сквозь стойку и весь пакет пластинок пропускаются два сквозных винта, которые с помощью гаек стягивают этот пакет и крепят его к стойке.

Регулировочный винт прерывателя электромагнита $PВ$ делают из латуни и его конец снабжают серебряным наконечником. Обмотка электромагнита такого вибропреобразователя должна иметь 1100—1300 витков провода ПЭЛ 0,16 мм.

Во время работы вибратор создает значительный шум. Для уменьшения шума на вибратор надевают кольца из пористой резины и весь механизм помещают в металлический стакан, который одновременно является экраном, ослабляющим помехи, создаваемые вибратором.

2. Синхронные вибропреобразователи

Синхронный вибропреобразователь отличается от асинхронного тем, что в его схеме нет ни кенотрона, ни селенового выпрямителя, а его вибратор имеет два дополнительных неподвижных контакта K_3 и K_4 , присоединенных к концам вторичной обмотки трансформатора (рис. 29). Выпрямление переменного напряжения, возникающего на вторичной обмотке, осуществляется в синхронном вибропреобразователе с помощью дополнительных контактов K_3 и K_4 . Якорь вибратора вместе с переключением направления тока в первичной обмотке производит переключение сглаживающего фильтра с одного конца вторичной обмотки на ее другой конец. В ре-

зультате конденсаторы фильтра, независимо от направления напряжения на вторичной обмотке трансформатора, получают два раза за время полного колебания якоря заряды одного и того же знака.

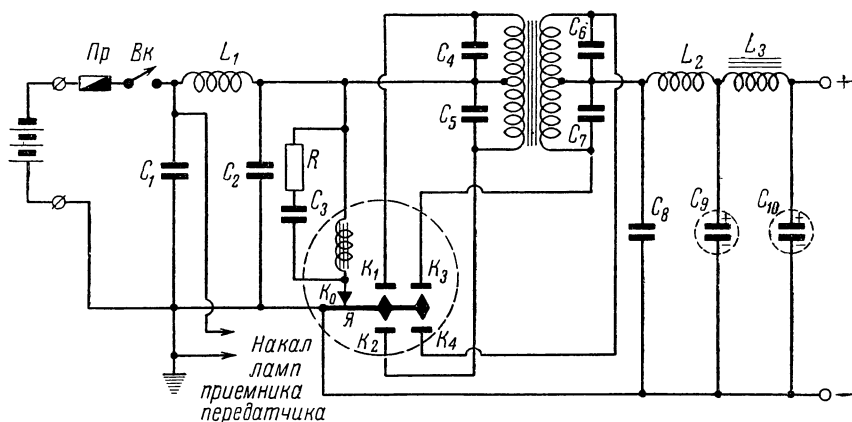


Рис. 29. Схема синхронного вибропреобразователя

Конденсаторы и дроссели, обозначенные на рис. 29 так же, как и на рис. 26 и 27, имеют одинаковое назначение.

Силовой трансформатор синхронного вибропреобразователя (рис. 29), питаемого от 6-вольтового аккумулятора и отдающего выпрямленное напряжение 200 в при токе около 50—60 ма, должен иметь следующие данные¹. Сердечник из пластин Ш-19; высота пакета 30 мм. Первичная обмотка имеет 25+25 витков провода ПЭЛ 1,4 мм. Вторичная обмотка содержит 1550+1550 витков провода ПЭЛ 0,19. Такой вибропреобразователь потребляет от 6-вольтового аккумулятора ток около 4 а. К.п.д. его равен примерно 40%.

Высокочастотный дроссель L_1 в цепи низкого напряжения должен иметь 50 витков провода ПЭЛ 1,5 мм при диаметре намотки 20 мм, а высокочастотный дроссель L_2 в цепи высокого напряжения — 550 витков провода ПЭЛ 0,2 мм. Наматывается дроссель L_2 внавал между щечками на каркасе диаметром 10 мм.

Дроссель сглаживающего фильтра L_3 имеет следующие данные: сердечник из пластин Ш-12; высота пакета — 15 мм; зазор в сердечнике — 0,1 мм; обмотка содержит 2000 витков провода ПЭЛ 0,2 мм.

Конденсаторы C_1 и C_2 — емкостью по 0,5 мкф; C_3 , C_4 и C_5 — по 0,1 мкф; C_6 , C_7 и C_8 — по 0,015 мкф; C_9 и C_{10} — не менее чем по 10 мкф, электролитические.

¹ По материалам журнала «Радио» № 9 за 1950 год.

VI. УМФОРМЕРЫ

1. Устройство и применение умформеров

Умформеры служат для преобразования низшего напряжения (12—26 в) от аккумуляторной батареи в постоянный ток более высокого напряжения (200—750 в) и предназначаются для питания анодов ламп радиоприемников и передатчиков. Умформер представляет собой электрическую машину, являющуюся комбинацией электрического двигателя с динамомашиной (генератором) постоянного тока. Обмотки электродвигателя и генератора уложены в пазы общего якоря, а шунтовая обмотка двигателя одновременно служит обмоткой возбуждения генератора (рис. 30). С одной стороны якоря на его оси расположен коллектор низшего напряжения, к которому подводится напряжение от аккумулятора, а с другой стороны — коллектор для отвода тока высшего напряжения. Шунтовая обмотка двигателя включается параллельно коллектору низшего напряжения на источник электропитания (аккумулятор).

Весь умформер заключен в металлический корпус (рис. 31 и 32), который предохраняет обмотки, коллекторы и другие

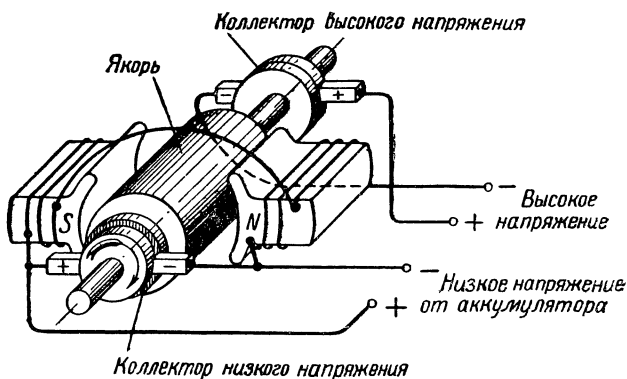


Рис. 30. Устройство умформера

части умформера от попадания на них пыли, влаги, а также является электрическим экраном, защищающим приемное устройство от помех, создаваемых искрением коллекторов. Кожухи некоторых умформеров имеют закрытые сетками отвер-

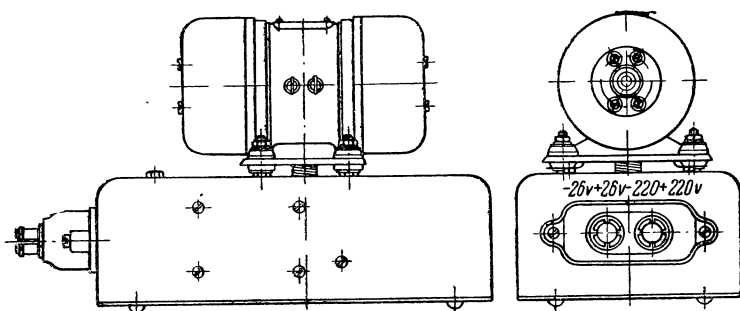


Рис. 31. Общий вид умформера РУ-11А

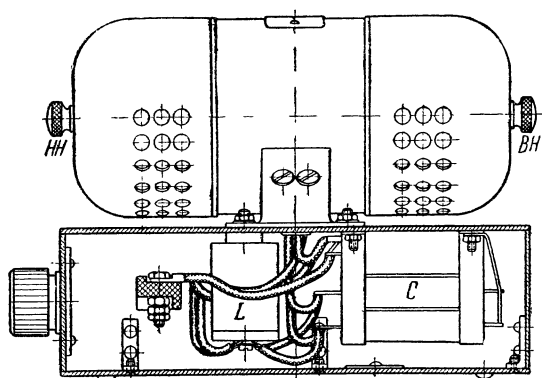


Рис. 32. Общий вид умформера РУН-75.
Коробка фильтров показана в разрезе

ствия (рис. 32), служащие для охлаждения умформера при его работе.

Непосредственная подача напряжения с коллектора высшего напряжения на аноды ламп невозможна, так как умформер дает пульсирующее напряжение с коэффициентом пульсации в несколько процентов. Поэтому снимаемое с коллектора высокое напряжение всегда пропускается через сглаживающий фильтр, снижающий пульсацию. Кроме того, в цепи умформеров включают высокочастотные фильтры, предохраняю-

щие приемники от помех, вызванных прерыванием контактов между коллекторами и щетками. Некоторые типы умформеров снабжаются сглаживающими и высокочастотными фильтрами при выпуске их с заводов. Такие фильтры монтируются в металлических коробках, которые одновременно служат подставками под умформеры. Если умформер не имеет заводского фильтра, для применения его в приемно-передающей станции необходимо изготовить фильтр. Частота пульсации напряжения, даваемого умформером, зависит от числа ламелей на коллекторе K и от числа оборотов якоря в минуту и может быть определена по формуле:

$$f = \frac{K \cdot n}{60}. \quad (42)$$

Коэффициент пульсации высшего напряжения у исправного умформера не превышает обычно 3—4 процентов.

Обозначение умформера состоит из букв РУ, что означает радиоумформер, или РУН, что означает радиоумформер нормальный, и числа, показывающего мощность умформера в ваттах. Иногда после числа стоит еще буква, обозначающая разновидность типа умформера.

Таблица 15

Основные электрические данные умформеров

Т и п	Сторона низшего напряжения			Сторона высшего напряжения						К.П.Д.		Число оборотов в минуту
	напряже- ние	ток	мощность	напряже- ние без фильтра	напряже- ние после фильтра	ток	мощность до фильтра	мощность с учетом потерь в фильтре	без фильтра	с фильтром		
	в	а	вт	в	в	ма	вт	вт	%	%		
РУН-10	12	2,9	35	212	200	50	10,5	10	33	29	6 000	
РУН-10А	24	1,45	35	212	200	50	10,5	10	33	29	6 000	
РУ-11А	26	1,3	34	232	220	50	11,5	11	31	29	8 500	
РУ-11Б	12	2,8	34	232	220	50	11,5	11	31	29	8 500	
РУН-30	12	6,3	76	—	450	70	—	31	—	41	6 000	
РУН-45Б	12	8,9	107	—	450	100	—	45	—	42	8 000	
6				215 ± ± 245		60 ± ± 70						
РУН-75	12	13,5	163	765	750	100	76,5	75	47	46	10 000	
РУ-75А	24	6	144	765	750	100	76,5	75	51	49	8 500	
РУ-75Б	12	12	144	765	750	100	76,5	75	51	49	8 500	
РУ-75В	12	12	144	450	—	160	—	72	51	—	8 500	

В таблице 15 приведены электрические характеристики наиболее распространенных умформеров отечественного произ-

водства. Умформеры типов РУН-10 и РУ-11 предназначаются в основном для питания радиоприемников, но могут служить и для питания маломощных радиопередатчиков, лампы которых могут иметь анодное напряжение около 200 в при расходе тока не более 50 *ма*. Все прочие виды умформеров, указанные в таблице, выпускаются для питания радиопередатчиков. Но они также могут быть использованы и для питания приемников, если к ним подвести со стороны низковольтного коллектора напряжение меньше нормального. Так, например, умформер РУН-45Б, нормально работающий от 12-вольтового аккумулятора и отдающий напряжение в 450 в при токе до 100 *ма*, при питании от 6-вольтового аккумулятора дает напряжение несколько больше 200 в при токе 60—70 *ма*, т. е. при таком использовании он вполне пригоден для питания приемника. Необходимо отметить, что, когда умформер работает при пониженных напряжениях и пониженных числах оборотов, он гораздо медленнее изнашивается.

Приводим данные дросселей, используемых в фильтрах наиболее распространенных умформеров.

Высокочастотные дроссели L_2 и L_3 в фильтрах умформеров РУН-10 и РУ-11 (рис. 33) имеют по 100 витков провода ПЭЛ 0,25 мм; индуктивность каждого дросселя — по 100 мкГн и сопротивление — по 2,5 Ом. Каждый высокочастотный дроссель в фильтрах умформеров РУН-75, РУ-75А и РУ-75Б (рис. 34) намотан на семисекционном каркасе по 325—400 витков провода ПЭЛ 0,25 в каждой секции; сопротивление дросселя 45—65 Ом.

Дроссель L_1 в цепи низкого напряжения умформеров РУН-10 и РУ-11Б имеет сердечник из пластин Ш-11; толщина пакета — 15 мм; обмотка — 80 витков ПЭБО или ПЭЛ 1,56; индуктивность обмотки — 3,7 мГн; сопротивление — 0,064 Ом. Тот же дроссель в фильтре умформеров РУН-10А и РУ-11А имеет такой же сердечник, но обмотка его состоит из 160 витков, ПЭБО 1,16; индуктивность обмотки — 14,3 мГн; сопротивление — 0,231 Ом.

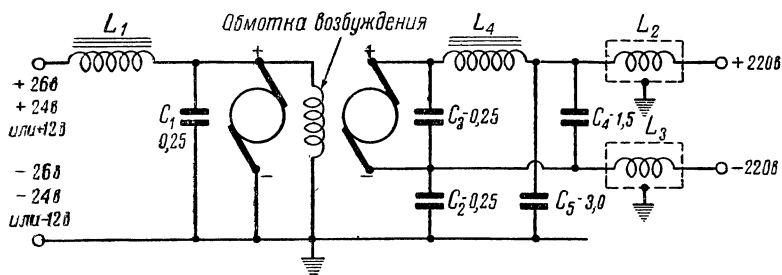


Рис. 33. Электрическая схема умформеров РУН-10 и РУ-11 с фильтрами

Дроссель L_1 , сглаживающий пульсации высокого напряжения всех типов умформеров РУН-10 и РУ-11, имеет такой же

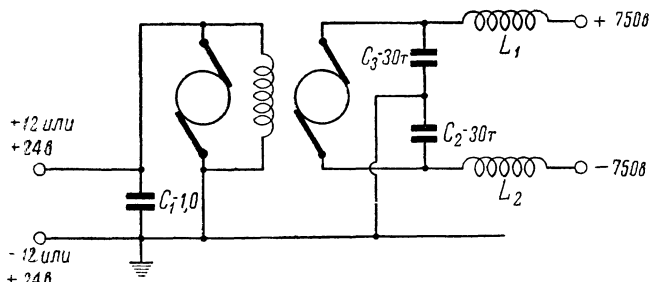


Рис. 34. Электрическая схема умформера РУ-75 и РУН-75 с фильтрами

сердечник. Обмотка его имеет 4500 витков ПЭЛ 0,25; индуктивность — 10 μH ; сопротивление — 170 Ω .

Данные конденсаторов фильтров приведены на рис. 33 и 34.

2. Эксплуатация умформеров

Умформер устанавливается в горизонтальном положении. Включение аккумуляторной батареи на умформер должно производиться с соблюдением полярности.

От части батареи, питающей умформер, может осуществляться накал ламп передатчика и приемника (рис. 35). При этом отдельные элементы батареи будут разряжаться неравномерно. Чтобы избежать этого, рекомендуется в схеме приемно-передающей станции предусмотреть возможность переключения цепей накала на различные секции батареи.

Если в радиоприемнике или передатчике применено не-

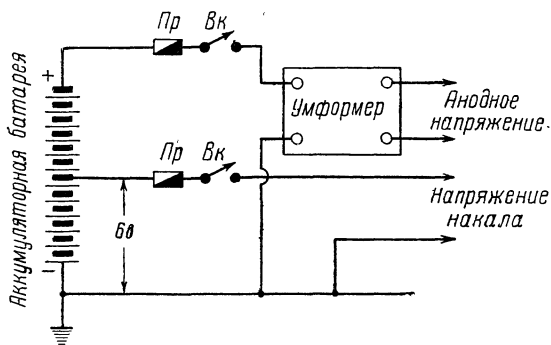


Рис. 35. Питание умформера и накала ламп приемника или передатчика от общего аккумулятора

сколько электронных ламп с одинаковым током накала, их нити рекомендуется соединять в последовательные группы. При этом суммарное напряжение накала ламп, входящих в каждую группу, должно быть равно низшему напряжению умформера (напряжению питающего аккумулятора). Так, например, когда умформер питается от 12-вольтовой батареи, нужно включать в каждую группу по две шестивольтовых или по шесть двухвольтовых ламп с одинаковым током накала, а при питании от 24—26-вольтовой батареи в каждую группу включают по четыре шестивольтовых лампы. Такая схема питания накала обеспечивает равномерный разряд всех аккумуляторных элементов, образующих батарею.

В процессе эксплуатации умформера необходимо время от времени снимать с него крышки и систематически осматривать его внутренние части, обращая особое внимание на состояние коллекторов, щеток и щеткодержателей. Загрязненный коллектор, плохо притертые к нему щетки, слишком сильный или слишком слабый нажим щеток на коллектор, заедание щеток или слишком свободное перемещение их в щеткодержателях приводят к ненормальной работе коллектора и щеток и могут вывести умформер из строя. Ненормальная работа какой-либо щетки обычно определяется по постоянному искрению между коллектором и этой щеткой. Как только искрение будет замечено, умформер необходимо немедленно выключить и проверить, достаточен ли нажим щетки на коллектор и насколько свободно ходят щетки в щеткодержателе. Если щетка в щеткодержателе заедает, нужно найти место заедания и осторожно подшлифовать щетку мелкой стеклянной бумагой или личным напильником. Значительное стачивание граней щетки недопустимо, так как может вызвать искрение.

Сработавшиеся щетки следует заменять новыми. Щетка считается негодной для дальнейшей работы, если ее высота уменьшилась примерно до 9 мм. При установке новых щеток нужно прежде всего убедиться, что она свободно движется в щеткодержателе. После этого необходимо щетки притереть к коллектору. Притирка производится следующим образом. Отрезают от листа мелкой стеклянной бумаги или стеклянного полотна марки 00 полосу шириной, равной ширине коллектора, и, вынув щетки из щеткодержателей, накладывают эту полосу на коллектор порошком наружу так, чтобы она охватывала коллектор приблизительно на половину окружности (рис. 36). Далее вставляют щетки на их места и передвигают полосу стеклянной бумаги в направлении вращения якоря. При обратном движении бумаги щетку приподнимают. Эту операцию продолжают до тех пор, пока щетка не будет всей своей поверхностью прикасаться к коллектору. Во время притирки нежелательно допускать стачивание щетки более чем

на 0,5 мм против ее первоначальной высоты. Применение наждачной бумаги или наждачного полотна для притирки щеток недопустимо.

Для окончательной шлифовки щеток следует запустить умформер холостую. При этом необходимо отрегулировать нормальный нажим щеток на коллектор. После притирки щеток умформер необходимо прокрутить, чтобы удалить из него остатки щеточной пыли.

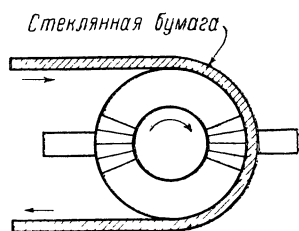


Рис. 36 Пришлифовка щеток к коллектору

По мере покрытия коллектора налетом от оседания на нем частиц изнашивающихся щеток необходимо во время остановки умформера протирать коллектор чистой тряпочкой, слегка смоченной в бензине. Необходимо также регулярно очищать мягкой кисточкой и выдувать из умформера пыль, образующуюся от износа коллектора и щеток и оседающую на щеткодержателях и других внутренних частях умформера.

Если подгар и загрязнение коллектора не удается удалить тряпкой, коллектор можно очистить мелкой стеклянной (ни в коем случае не наждачной) бумагой марки 00. Удобнее всего это делать плоской деревянной палочкой, оклеенной с обеих сторон стеклянной бумагой. Очистку коллектора производят во время холостого хода умформера. При прочистке коллектора нужно лишь слегка касаться его поверхности, не допуская сильного нажима на него.

Не реже одного раза в год в подшипники нужно добавлять смазку марки ГСА. При этом необходимо тщательно следить за тем, чтобы вместе со смазкой в подшипник не попали металлические стружки, опилки и пр. Смазка не должна переполнять подшипников. Если положить в подшипники смазки больше, чем следует, она может проникнуть внутрь умформера на коллектор и щеткодержатели и нарушить нормальную работу. Не реже одного раза в два года необходимо умформер разбирать (в соответствии с инструкцией по его эксплуатации), промывать подшипники бензином и заправлять их свежей смазкой. Вообще же разборку умформера следует производить только в исключительных случаях, когда в нем появилась неисправность, которую нельзя устранить без разборки. Не имея достаточного опыта в ремонте электрических машин, не следует заниматься самостоятельно разборкой и ремонтом умформеров.

VII. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ПИТАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ

1. Необходимость стабилизации

Изменения питающих напряжений особенно неприятны в задающих генераторах передатчиков и в гетеродинах приемников. Как увеличение, так и уменьшение напряжений накала, анода и сеток ламп ведут к изменению частоты генерируемых колебаний. В результате тон и громкость принимаемого сигнала изменяются. При приеме слабо слышимой станции по этой причине может полностью прекратиться слышимость корреспондента.

Недокал ламп передатчика и понижение напряжения на анодах и экранирующих сетках его ламп приводят, кроме того, к уменьшению мощности, излучаемой антенной передатчика, а снижение питающих напряжений ламп приемника — к уменьшению усиления, даваемого различными его ступенями, и к снижению мощности, отдаваемой оконечным усилителем. При радиотелефонной передаче уменьшение питающих напряжений как ступеней передатчика, так и приемника может привести к возникновению искажений в передаче.

Увеличение питающих напряжений передатчика или приемника сверх нормы, особенно увеличение напряжения накала, прежде всего уменьшает срок службы работающих в них электронных ламп и, кроме того, может привести к ряду других неприятных последствий: к повреждению деталей радиоаппаратуры вследствие их перегрева, к усилению фона переменного тока и т. п.

При громком приеме нестабильность анодного напряжения первого гетеродина приемника может вызвать следующее явление: в некоторые моменты времени анодный ток, потребляемый лампой оконечной ступени приемника от выпрямителя, возрастает, от этого уменьшается отдаваемое им напряжение, а вместе с ним и анодное напряжение гетеродина. Частота гетеродина несколько изменяется, приемник расстраивается и громкость приема ослабевает; анодный ток оконечной лампы уменьшается, напряжение, даваемое выпрямителем на ге-

теродин, возрастает, и настройка приемника снова приближается к оптимальной. Вследствие этого напряжение выпрямителя снова уменьшается, и дальше повторяются те же явления.

В результате сила приема непрерывно изменяется, причем это возрастание и уменьшение силы приема могут повторяться много раз в секунду, сливаясь в сплошной «вой». Чтобы избежать этого явления, приходится уменьшать громкость работы приемника, т. е. отказываться от использования максимальной мощности, которую может отдать оконечная ступень.

Недокал лампы смесителя и понижение его анодного напряжения могут привести к прекращению работы гетеродина и, следовательно, к полному молчанию приемника.

Для поддержания неизменными напряжений накала и анода радиолюбители применяют секционированные автотрансформаторы, через которые включаются приемники в питающую сеть, либо делают секционированную первичную обмотку силового трансформатора приемника. Как только слушатель обнаружит увеличение или уменьшение напряжения питающей сети, он переключает секции обмотки трансформатора или автотрансформатора и таким образом восстанавливает нормальный режим работы ламп выпрямителя и питаемого от него приемника или передатчика.

Этот способ регулировки питающих напряжений не обеспечивает быстрого восстановления нормальных напряжений, а при быстрых и значительных изменениях напряжений не страхует от неприятностей, о которых мы говорили выше.

Поэтому иногда желательно иметь автоматические стабилизаторы питающих напряжений.

Ниже мы рассмотрим следующие типы автоматических стабилизаторов:

1. Барреторы — приборы, обеспечивающие почти неизменные токи накала ламп приемников при значительных изменениях напряжений в питающей сети; кроме того, барреторы ослабляют «броски» тока через нити накала электронных ламп в момент включения аппаратуры, чем увеличивают долговечность этих ламп. Применение барреторов является наиболее простым и доступным способом стабилизации накала ламп приемников с «универсальным» (бестрансформаторным) питанием.

2. Схемы стабилизации анодных напряжений и напряжений на экранирующих сетках электронных ламп с помощью специальных ионных приборов — стабилотов.

3. Схемы для поддержания постоянства анодных напряжений экранирующих сеток с использованием электронных ламп совместно со стабилотами, так называемые схемы электроно-ионной стабилизации.

4. Силовые трансформаторы особой конструкции, обеспечивающие стабильность переменных напряжений на их вторичных обмотках, т. е. дающие возможность стабилизировать одновременно как напряжения накала ламп, так и анодные напряжения и напряжения на сетках (феррорезонансные стабилизаторы).

2. Применение барреторов

При применении барретора нити накала всех ламп приемника соединяются между собой и с барретором последовательно и включаются в питающую электросеть (рис. 37). При этом в питаемой схеме должны быть применены лампы с одинаковым током накала. Например, можно включать последовательно нити накала ламп 6А8, 6К7, 6С5, 30Ц1М и другие, имеющие один и тот же ток накала — 0,3 а, но нельзя включать вместе с ними лампу 6П3 (6Л6С), имеющую ток накала 0,9 а, лампу 6Ф6 с током накала 0,7 а или лампу 5Ц4С с током накала 2 а.

Устройство и действие барретора. Барретор представляет собой стеклянный баллон, наполненный водородом, внутри которого помещена тонкая вольфрамовая или железная проволока (нить). Баллон смонтирован на стандартном октальном цоколе от электронной лампы (рис. 38), с помощью двух ножек которого нить барретора включается последовательно с нитями накала всех ламп приемника или усилителя (рис. 37). При прохождении тока через барретор от нагревания увеличивается сопротивление нити, причем это увеличение почти прямо пропорционально увеличению напряжения, действующего на барреторе. Другими словами, при увеличении напряжения в сети падение напряжения на барреторе увеличивается. В результате, несмотря на изменения напряжения в сети в некоторых пределах, сила тока через бар-

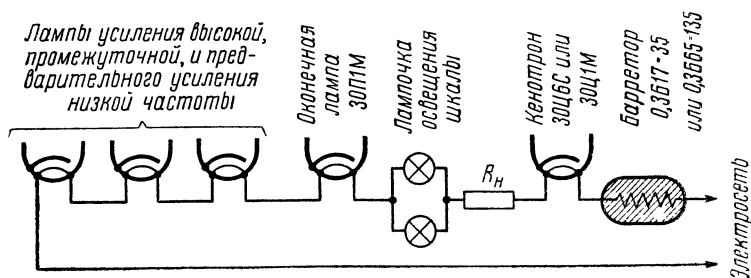


Рис. 37. Включение барретора в цепь накала ламп приемника с универсальным питанием

ретор остается почти неизменной и нити лампы приемника сохраняют нормальный накал.

Параметры барретора. Обычно к барретору предъявляется требование, чтобы при изменении напряжения на нем в задан-

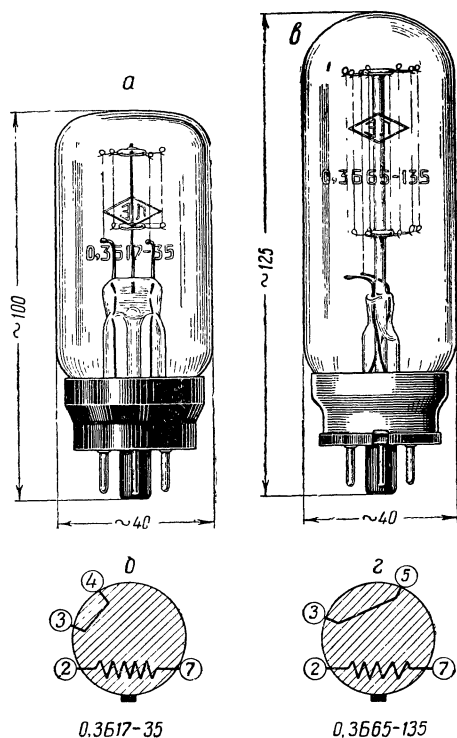


Рис. 38 Схемы цоколевки и общие виды барреторов 0,3Б17-35 и 0,3Б65-135

ных пределах сила тока через него изменялась не более чем на ± 10 процентов. Минимальное напряжение на нити барретора, на которое он рассчитан, называется напряжением накала барретирования, а максимальное расчетное напряжение на нити — напряжением конца барретирования. Соответственно сила тока, проходящая через барретор при напряжении начала барретирования, носит название тока начала барретирования, а сила тока, протекающего через барретор при напряжении конца барретирования, называется током конца барретирования.

Отечественные барреторы. Для стабилизации режима накала электронных ламп с силой тока накала 0,3 а нашей промышленностью выпускаются два типа барреторов. Число 0,3 в

обозначении барреторэв указывает на среднюю величину силы тока, на которую эти барреторы рассчитаны. Буква «Б» обозначает барретор, а цифры в конце — напряжения начала и конца барретирования. Барретор 0,3Б17-35 рассчитан на барретирование при изменении напряжения на нем от 17 до 35 в.

Другими словами, барретор 0,3Б17-35 может стабилизировать ток накала при изменении в сети напряжения на 18 в, поглощая 17 в при наименьшем напряжении сети, 26 в — при некотором среднем напряжении и 35 в — при наибольшем допустимом для него напряжении. Его ток начала барретирования равен 0,275—0,280 а (примерно на 7 процентов ниже нормального), а ток конца барретирования — 0,33 а (на 10 процентов выше нормального).

Второй тип барретора — 0,3Б65-135 — рассчитан на барретирование при изменениях напряжения на нем от 65 до 135 в, т. е. поддерживает стабильность тока накала ламп при изменениях напряжения в сети в больших пределах — на 70 в, но он поглощает на своем сопротивлении и большие напряжения: 65 в при самом низком напряжении в сети и 135 в при наибольшем допустимом для него напряжении сети. Его ток начала барретирования — 0,270—0,275 а (на 8—10 процентов меньше нормального) и ток конца барретирования — 0,310—0,325 а (примерно на 3—8 процентов больше нормального).

Барретор 0,3Б17-35 применяется преимущественно при питании от сети с напряжением 120—127 в, а барретор 0,3Б65-135 — преимущественно при питании от 220-вольтовой сети. В некоторых схемах барретор 0,3Б65-135 может быть использован при питании и от 120-вольтовой сети.

Расчет цепи накала с барретором. По таблице 16 можно определить, при каком напряжении сети и количестве последовательно соединенных ламп (по накалу) нужно применить тот или иной тип барретора и какой величины нужно включить добавочное сопротивление R_n последовательно с барретором. Кроме указанных в таблице электронных ламп, предполагается наличие в цепи двух параллельно соединенных лампочек освещения шкалы приемника (рис. 37); ими могут быть лампочки для карманного фонарика на 3,5 в, 0,25 а. При таком включении эти лампочки будут гореть с неполным накалом, но света для освещения шкалы будет достаточно, а срок их службы значительно увеличивается против нормального.

Пределы напряжений барретирования и мощности, на которые должны быть рассчитаны добавочные сопротивления, указаны в таблице в округленных цифрах.

Как видно из таблицы 16, переключение любого из вариантов от № 1 до № 24 схемы цепи накала с питания от 120-воль-

товой сети на питание от 220-вольтовой сети можно производить простой заменой барретора типа 0,3Б17-35 на барретор 0,3Б65-135.

Так как напряжение в электросети чаще всего изменяется в сторону уменьшения от нормальной величины, обычно в цепь накала включают добавочное сопротивление с величиной, указанной в вариантах №№ 1—12 таблицы. Сопротивления с величинами, указанными в вариантах №№ 13—24 таблицы, следует включать в тех случаях, когда наблюдается систематический перекал ламп электрического освещения, т. е. когда напряжение в сети повышается сверх нормы.

Необходимо отметить, что применение барретора существенно улучшает работу приемника и при изменении напряжения в сети в больших пределах, чем это указано в таблице. Дело в том, что и при уменьшении напряжения на барреторе ниже напряжения начала барретирования сопротивление нити барретора продолжает уменьшаться. В результате ток в цепи накала ослабляется меньше, чем в отсутствие барретора (когда последовательно с нитями накала ламп включено только поглощающее сопротивление соответствующей величины). Точно так же при увеличении напряжения на барреторе выше напряжения конца барретирования сопротивление нити барретора продолжает возрастать, ограничивая рост силы тока в цепи накала. Практически можно считать, что в любой схеме приемника или усилителя при использовании вариантов №№ 1—12 таблицы барретор 0,3Б17-35 обеспечивает достаточную стабилизацию питания накала ламп при изменениях напряжения в сети от 75—80 до 125—130 в, а барретор 0,3Б65-135 — при изменениях напряжения в сети примерно от 140 до 230 в.

Дополнительные переключения с помощью перемычек в цоколях барреторов. Как видно из рис. 38, цоколи барреторов имеют по два короткозамкнутых перемычками штырька, не соединенных с нитями. Заменяя барретор 0,3Б17-35 барретором 0,3Б65-135, можно тем самым производить дополнительные переключения в схеме, требующиеся при перемене напряжения питающей сети, путем замыкания перемычками в цоколе различных гнезд ламповой панели, в которую вставляется барретор.

На рис. 39 для примера приведена одна из простейших возможных схем использования перемычек в цоколях барреторов для переключений в схеме питания. Здесь при питании от электросети с напряжением 120 в включается барретор типа 0,3Б17-35. Перемычка между его штырьками 3 и 4 замыкает накоротко сопротивление R между катодом кенотрона

Данные сопротивлений в цепи накала и типов барретторов для различных схем и напряжений сети

№ варианта	Комплект ламп			Добавочное сопротивление		Питание от 120-вольтовой сети		Питание от 220-вольтовой сети	
	30П6С или 30П1М	30П1М	с 0,3- вольт. накалом	ом	вт	Тип барретора	Пределы барретиро- вания	Тип барретора	Пределы барретиро- вания
1	1	1	1	50—55	6	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220
2	1	1	2	30—35	4	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220
3	1	1	3	10—15	2	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220
4	1	1	4	нет	—	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220
5	1	1	5	"	—	0,3Б17-35	105—125	0,3Б65-135	155—225
6	1	1	6	"	—	0,3Б17-35	110—130	0,3Б65-135	160—230
7	Селеновый выпрямитель	1	1	140—150	15	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220
8		1	2	120—130	13	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220
9		1	3	100—110	11	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220
10		1	4	80—90	9	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220
11		1	5	60—70	8	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220
12		1	6	50—55	6	0,3Б17-35	100—120	0,3Б65-135	150—220

№ варианта	Комплект ламп				Добавочное сопротивление		Питание от 150-вольтовой сети		Питание от 220-вольтовой сети	
	30П6С или 30П1М	30П1М	с 6,3- вольтов. накладом	1	ом	вт	Тип барретора	Пределы баретиро- вания	Тип барретора	Пределы баретиро- вания
13	1	1	1	1	100—110	11	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
14	1	1	2	2	80—90	9	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
15	1	1	3	3	60—70	8	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
16	1	1	4	4	50—60	6	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
17	1	1	5	5	30—40	4	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
18	1	1	6	6	10—20	2	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
19	Селеновый выпрямитель				190—210	20	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
20					170—190	18	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
21					150—170	17	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
22					140—150	15	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
23					120—130	13	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
24	1	1	6	6	100—110	11	0,3Б17-35	120—140	0,3Б65-135	170—240
25	1	1	1	1	нет " " " "	—	0,3Б65-135	100—170	—	—
26	1	1	2	2		—	0,3Б65-135	105—175	—	—
27	1	1	3	3		—	0,3Б65-135	112—180	—	—
28	1	1	4	4		—	0,3Б65-135	118—185	—	—

и конденсатором фильтра, благодаря чему на сглаживающий фильтр, состоящий из конденсаторов C_B , C_Φ и сопротивления R_Φ , подается полное напряжение, выпрямленное кенотроном. Если при питании от 220-вольтовой сети в схему вклю-

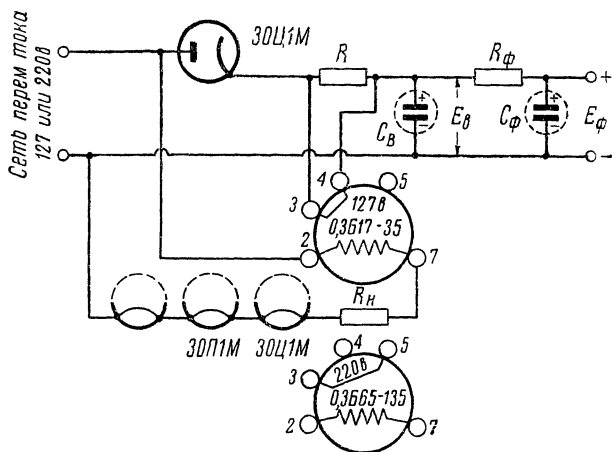


Рис. 39. Использование перемычек в барреторах для переключения в схеме выпрямителя

чается барретор 0,3Б65-135, перемычка между его штырьками 3 и 5 не замыкает сопротивления и часть выпрямленного кенотроном напряжения падает на сопротивлении R . Эту схему можно применять в тех случаях, когда в фильтре используются конденсаторы на рабочее напряжение 150 в, которые будут пробиты, если на них дать полное выпрямленное напряжение при питании от сети с напряжением 220 в. Величина сопротивления R зависит от силы выпрямленного тока, потребляемого приемно-усилительными лампами. Сопротивление должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы на нем получалось падение напряжения 90—100 в при переключении на питание от 220-вольтовой сети. Недостатком этой схемы является возможность пробоя конденсаторов фильтра C_B и C_Φ в случае обрыва в общей анодной цепи приемно-усилительных ламп.

На рис. 40 показан возможный способ изменения схемы выпрямителя путем замены барреторов при переключении со 120-вольтовой на 220-вольтовую сеть. При напряжении сети 120 в, когда включается барретор 0,3Б17-35, образуется схема выпрямителя с удвоением напряжения, использующая обе половины кенотрона 30Ц6С. При переключении на питание от 220-вольтовой сети включается барретор 0,3Б65-135. При этом выключается из схемы верхняя часть кенотрона, замыкается накоротко конденсатор C_1 в 35 мкф и выпрямитель ра-

ботает по обычной однополупериодной схеме. В результате как при напряжении сети 120 в, так и при напряжении сети 220 в на питание анодов приемно-усилительных ламп подается выпрямленное напряжение около 200 в.

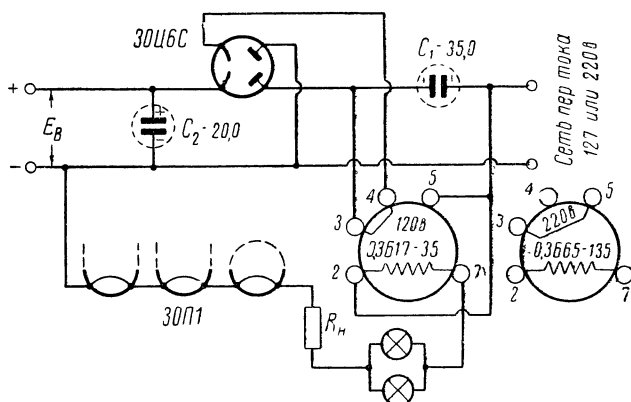


Рис. 40. Использование перемычек в барреторах для изменения схемы выпрямителя при перемене напряжения питающей сети

Барретеры в цепи первичной обмотки трансформатора.

Барретеры могут быть приспособлены также для стабилизации напряжения, подаваемого от сети на первичную обмотку силового трансформатора выпрямителя, путем включения их по схеме рис. 41. При этом достигается одновременно стабилизация как постоянного напряжения, даваемого выпрямителем, так и напряжения накала ламп, питаемых от низковольтных обмоток силового трансформатора.

Приведем пример использования барретеров в такой

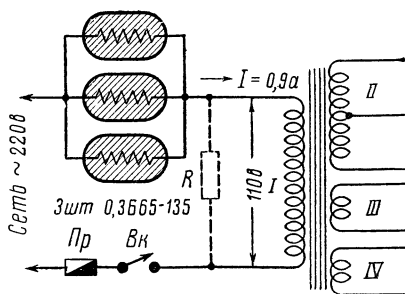


Рис. 41. Включение барретеров в цепь первичной обмотки силового трансформатора

схеме. Предположим, что трансформатор потребляет от сети 100 в. При включении его первичной обмотки на 110 в через нее должен идти ток $100 \text{ в} : 110 \text{ в} \approx 0,9 \text{ а}$. Каждый из известных нам барреторов рассчитан на ток 0,3 а. Следовательно, для стабилизации тока в 0,9 а нужно включить параллельно три барретора. Включив первичную обмотку трансформатора на 110 в через барретеры типа 0,3Б6Б-

135 в сеть переменного тока с напряжением 220 в, мы обеспечим стабильное напряжение на первичной обмотке трансформатора при изменении напряжения в сети от 175 до 245 в. При нормальном напряжении в сети 220 в на барреторах будет падать напряжение 110 в и на первичной обмотке трансформатора также будет напряжение 110 в. При уменьшении напряжения сети до 175 в падение напряжения на барреторе будет приближаться к его нижнему пределу барретирования — 65 в, а при повышении напряжения до 245 в падение напряжения на барреторе будет возрастать, приближаясь к верхнему пределу барретирования — 135 в.

Если нормальный ток первичной обмотки трансформатора не кратен величине 0,3 а, нужно включить параллельно количество барреторов, соответствующее ближайшему большему числу, кратному величине 0,3 а, а излишек тока пропустить через сопротивление, включенное параллельно первичной обмотке силового трансформатора (это сопротивление показано на рис. 41 пунктиром).

В заключение отметим, что в схеме рис. 41 вместо барреторов могут быть применены обыкновенные осветительные лампочки накаливания. Их нити также обладают свойством увеличивать свое сопротивление от увеличения напряжения на них. Количество лампочек и их мощности нужно подобрать практически в зависимости от тока, который необходимо стабилизировать. Стабилизирующее действие этих лампочек, конечно, хуже, чем специальных барреторов.

3. Применение стабилотовольтов

Стабилотовольт представляет собой стеклянный баллон, наполненный инертным газом, внутри которого расположены два холодных электрода—анод и катод (рис. 42). Простейшая схема включения стабилотовольта показана на рис. 43,а. Здесь ток от источника (например, выпрямителя) на нагрузку идет через сопротивление R . Стабилотовольт включен параллельно нагрузке. Если между анодом и катодом стабилотовольта приложить напряжение некоторой величины не ниже так называемого напряжения зажигания, между этими электродами возникает ионный (газовый) разряд и через лампу начинает проходить ток. Возникновение разряда (зажигание) проявляется как свечение газа внутри баллона стабилотовольта. Как только произойдет зажигание стабилотовольта, напряжение на аноде лампы падает до величины, носящей название рабочего напряжения стабилотовольта.

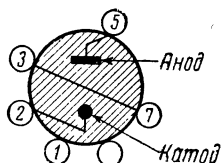


Рис. 42. Схема цоколевки стабилотовольтов

При изменении величины напряжения, даваемого источником, ток, текущий через стабилитрон, будет изменяться. Однако газовый разряд, существующий в нем, обладает ценным свойством: при уменьшении тока через стабилитрон сопротивление промежутка анод-катод увеличивается, а при усилении тока — уменьшается. Вследствие этого при измене-

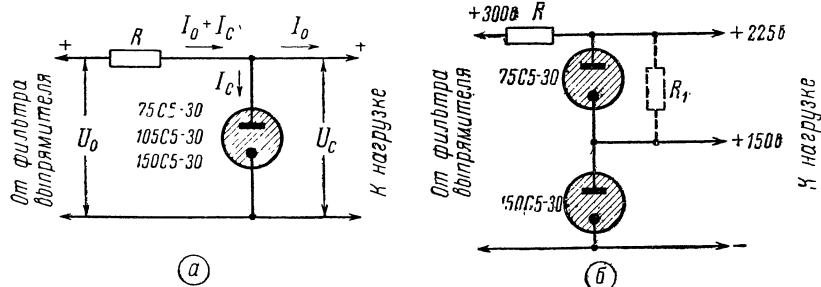


Рис. 43. Схемы включения стабилитронов

нии напряжения источника напряжение на стабилитроне изменяется незначительно. Такое же явление имеет место при изменениях тока, идущего через нагрузку: при увеличении или уменьшении этого тока будет изменяться ток, текущий через сопротивление R ; падение напряжения на нем будет увеличиваться или уменьшаться, что приведет соответственно к уменьшению или увеличению тока через стабилитрон, но напряжение на нем останется почти неизменным.

Наша промышленность выпускает стабилитроны четырех типов: СГ2С (75С5-30; VR-75); 90С10-40; СГ3С (105С5-30; VR-105) и СГ4С (150С5-30; VR-150). Стабилитрон поддерживает среднюю величину рабочего напряжения в вольтах с точностью от ± 1 до ± 2 в при изменении проходящего через них тока в установленных рабочих пределах.

Характеристики стабилитронов приведены в таблице 17.

Таблица 17

Тип стабилитрона	СГ2С	90С10-40	СГ3С	СГ4С
Постоянное рабочее напряжение, поддерживаемое стабилитроном, в в	75	90	105	150
Постоянное напряжение зажигания в в	100	100	115	160
Минимальное напряжение источника, необходимое для зажигания, в в	105	130	133	185
Предельные значения рабочего тока через стабилитрон в ма	5—40	10—40	5—40	5—40
Наибольшие отклонения напряжения на стабилитроне в в при изменении тока от 5 до 30 ма (для стабилитрона 90С10-40 от 10 до 40 ма)	3	4,5	1	2

Для обеспечения наилучшей стабилизации напряжения необходимо, чтобы при среднем напряжении источника питания через стабилитрон проходил ток 15—20 *ма*, а ток, потребляемый нагрузкой, не превышал бы этих же величин. Тогда при изменениях тока через стабилитрон в допустимых рабочих пределах он будет поддерживать напряжение на нагрузке при изменениях напряжения источника как в сторону повышения, так и в сторону понижения.

Необходимая величина последовательного сопротивления R может быть вычислена по формуле:

$$R = \frac{1000(U_0 - U_c)}{I_0 + I_c}, \quad (43)$$

где U_0 — среднее напряжение, даваемое источником питания, в *в*;

U_c — напряжение на нагрузке — рабочее напряжение стабилитрона в *в*;

I_0 — ток через нагрузку в *ма*;

I_c — средний ток через стабилитрон в *ма*.

После того, как схема со стабилитроном собрана, следует проверить ток через него, включив миллиамперметр в разрыв цепи между его катодом и минусом. Если миллиамперметр покажет ток больше заданного при расчете сопротивления (15—20 *ма*), величину сопротивления R нужно будет увеличить; если ток через стабилитрон будет меньше, чем нужно, последовательное сопротивление придется уменьшить.

Параллельное включение стабилитронов для получения большей величины стабилизированного тока применять нельзя, так как различные экземпляры стабилитронов имеют не вполне одинаковые напряжения зажигания. В момент включения зажигается только стабилитрон с наименьшим напряжением зажигания, а остальные стабилитроны в работу так и не вступают. Поэтому при стабилизации напряжения на нагрузке, потребляющей ток больше 15—20 *ма*, следует эту нагрузку разделить на части и каждую ее часть снабжать своим стабилитроном с индивидуальным последовательным сопротивлением R . Наибольшее применение стабилитроны имеют в схемах любительских передатчиков для стабилизации напряжений на аноде и экранирующей сетке лампы задающего генератора, а также в схемах супергетеродинных приемников для стабилизации напряжения, подаваемого на первый гетеродин. Для каждой такой схемы вполне достаточен один стабилитрон. Напряжения на анодах и экранирующих сетках электронных ламп других ступеней приемников и передатчиков обычно таким способом не стабилизируются.

Для стабилизации напряжений, превышающих рабочие напряжения стабилитронов, их можно включать последовательно. Так, например, чтобы получить стабилизированное напряже-

ние в 225 в, можно применить стабилитроны СГ2С и СГ4С (рис. 43, б); чтобы получить стабилизированное напряжение в 300 в, следует включить последовательно два стабилитрона типа СГ4С. При отсутствии специальных стабилитронов радиолюбители часто применяют вместо них обыкновенные неоновые лампочки. Для такого использования неоновых ламп необходимо удалить или замкнуть накоротко находящиеся в их штангелях добавочные сопротивления.

В заключение этого раздела отметим, что стабилитроны уменьшают пульсацию напряжения на нагрузке, т. е. как бы выполняют роль дополнительного сглаживающего фильтра.

4. Стабилизаторы постоянного напряжения с электронными лампами

Одноламповые схемы. Простейшая схема стабилизатора постоянного напряжения с электронной лампой показана на рис. 44. Здесь ток от выпрямителя на нагрузку идет через сопротивление R_1 . К плюсу нагрузки подключен анод лучевой тетроды Л и к минусу — его катод. Кроме того, параллельно нагрузке включен делитель напряжения из сопротивлений R_3 и R_4 . С делителя напряжение подается на экранирующую сетку лампы. Сопротивление R_2 является утечкой сетки лампы. О роли конденсатора C_1 скажем несколько позднее.

Работает эта схема следующим образом. При увеличении напряжения $U_{\text{выпр}}$, поступающего от выпрямителя, увеличивается напряжение на нагрузке и соответственно на экранирующей сетке лампы. Анодный ток лампы и ток через сопротивление R_1 при этом возрастают, падение напряжения на этом сопротивлении увеличивается и на зажимах нагрузки напряжение уменьшается. Таким образом, за счет увеличения падения напряжения на сопротивлении R_1 компенсируется увеличение напряжения, даваемого выпрямителем.

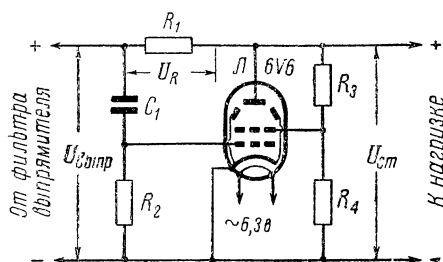


Рис. 44. Стабилизатор постоянного напряжения с параллельно включенной электронной лампой

При уменьшении тока, отбираемого нагрузкой, напряжение на ней и на делителе напряжения также увеличивается, приводя, как сказано выше, к увеличению падения напряжения на сопротивлении R_1 .

Наоборот, при уменьшении напряжения, даваемого выпрямителем, или при увеличении тока че-

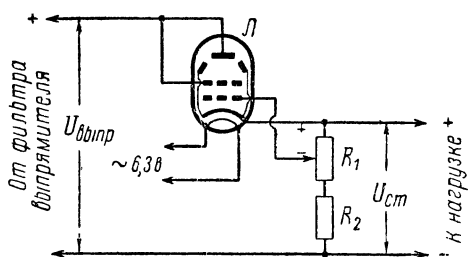


Рис. 45. Стабилизатор постоянного напряжения с последовательно включенной электронной лампой

рез нагрузку напряжение на экранирующей сетке уменьшается, анодный ток лампы ослабевает, падение напряжения на сопротивлении R_1 становится меньше, приводя к возрастанию напряжения на нагрузке.

Через конденсатор C_1 , включенный между плюсом выпрямителя и управляющей сеткой

лампы, на сетку попадает переменная слагающая выпрямленного напряжения. При положительном полупериоде переменной слагающей анодный ток лампы L увеличивается и падение напряжения на сопротивлении R_1 также увеличивается, уменьшая напряжения на нагрузке. При отрицательном полупериоде переменной слагающей анодный ток лампы уменьшается, от этого уменьшается падение напряжения на сопротивлении R_1 и увеличивается напряжение на нагрузке. Таким образом, подача на управляющую сетку лампы переменной слагающей выпрямленного напряжения способствует сглаживанию пульсаций напряжения и на нагрузке.

Другая простая схема стабилизатора с электронной лампой дана на рис. 45. Здесь через лампу L проходит весь ток, идущий от выпрямителя на нагрузку. Если возрастает напря-

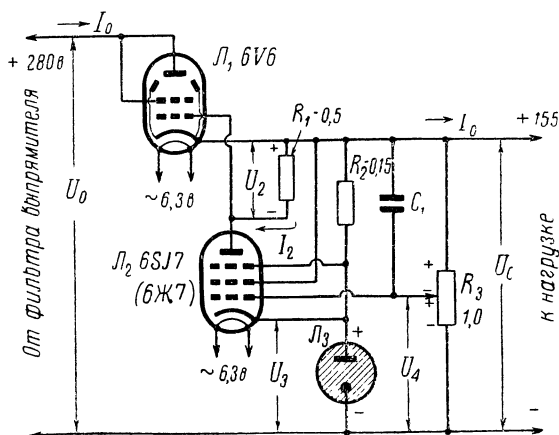


Рис. 46. Схема стабилизатора с двумя электронными лампами

жение, отдаваемое выпрямителем, или уменьшается ток, отбираемый нагрузкой, напряжение на делителе $R_1 R_2$ возрастает, и отрицательный потенциал на сетке лампы увеличивается. Это вызывает уменьшение проводимости между анодом и катодом лампы и увеличение падения напряжения на ней, что приводит к уменьшению напряжения на нагрузке, т. е. к компенсации увеличения напряжения, вызванного нестабильностью работы выпрямителя. При уменьшении напряжения, даваемого выпрямителем, или при увеличении тока нагрузки происходят обратные явления. В последней схеме также достигается дополнительное сглаживание пульсаций от действия переменной слагающей напряжения на сетку лампы.

В связи с тем, что катод лампы L в схеме рис. 45 находится под полным напряжением, подаваемым на нагрузку, ея нить накала должна питаться от отдельной обмотки трансформатора, имеющей надежную изоляцию от земли. Эта схема позволяет также производить ручную регулировку напряжения на нагрузке изменением положения движка потенциометра R_1 .

Обе описанные одноламповые схемы, уменьшая колебания напряжения на нагрузке, вызванные нестабильностью напряжения, отдаваемого выпрямителем, или изменениями тока, потребляемого нагрузкой, не всегда обеспечивают практически необходимую степень стабильности питания схемы передатчика или приемника.

Схема с двумя электронными лампами. Лучшие результаты дает схема, показанная на рис. 46. Здесь, кроме лампы L_1 , включенной последовательно с нагрузкой, имеется лампа L_2 , выполняющая роль усилителя постоянного тока. Применение лампы L_2 делает схему более чувствительной к изменениям напряжения, а напряжение на нагрузке — более стабильным.

Чтобы понять действие схемы рис. 46, рассмотрим сначала, как получается смещение на сетках ламп. Между сеткой и катодом лампы L_1 включено сопротивление R_1 . Через это сопротивление и стабилитрон L_3 идет анодный ток I_2 лампы L_2 . Таким образом, на управляющей сетке лампы L_1 получается отрицательное смещение U_2 , величина которого находится в зависимости от тока I_2 .

Теперь рассмотрим, каким образом создается смещение на управляющей сетке лампы L_2 . Между ее катодом и минусом выпрямленного напряжения включен стабилитрон L_3 , через который идут анодный и экранный токи лампы L_2 , а также ток, пропускаемый через сопротивление R_2 . На стабилитроне получается устойчивое напряжение U_3 , которое с отрицатель-

ным знаком поступает через потенциометр R_3 на управляющую сетку \mathcal{L}_2 . С нижней части потенциометра R_3 на сетку лампы \mathcal{L}_2 поступает положительное напряжение U_4 . Следовательно, смещение на управляющей сетке лампы \mathcal{L}_2 равно разности напряжений $U_3 - U_4$. С помощью потенциометра R_3 смещение на управляющей сетке лампы \mathcal{L}_2 можно изменять.

Экранирующая сетка лампы соединена с плюсом нагрузки и получает положительное напряжение.

Действует эта схема следующим образом. В случае увеличения напряжения на нагрузке (вследствие нестабильности напряжения, отдаваемого выпрямителем, или тока, потребляемого нагрузкой) смещение на сетке \mathcal{L}_2 изменяется в сторону положительного потенциала, ток от анода к катоду этой лампы и через сопротивление R_1 увеличивается, вызывая увеличение отрицательного смещения на сетке лампы \mathcal{L}_1 . Это ведет к увеличению падения напряжения между анодом и катодом \mathcal{L}_1 и к уменьшению напряжения на нагрузке, т. е. к компенсации увеличения напряжения на ней вследствие нестабильности напряжения выпрямителя или тока нагрузки.

В случае же уменьшения напряжения на нагрузке более перевешивает стабилизированное отрицательное смещение со стабилизовольта \mathcal{L}_3 , анодный ток лампы \mathcal{L}_2 уменьшается, отрицательное смещение на управляющей сетке лампы \mathcal{L}_1 также уменьшается, проводимость лампы \mathcal{L}_1 увеличивается, что ведет к увеличению напряжения на нагрузке.

С помощью потенциометра R_3 можно изменять величину стабилизованного напряжения на нагрузке.

Через конденсатор C_1 на управляющую сетку лампы \mathcal{L}_2 с зажима «плюс» нагрузки поступает переменная слагающая пульсирующего напряжения, чем достигается, так же как в схеме рис. 44, значительное снижение пульсации напряжения на нагрузке.

Так как катод лампы \mathcal{L}_1 в схеме рис. 46 соединен с плюсом стабилизованного напряжения, его нить накала должна питаться от отдельной обмотки трансформатора, имеющей надежную изоляцию от его сердечника и других обмоток.

Сила тока I_0 , которая может быть получена от стабилизатора по схеме рис. 46, ограничивается эмиссионным током и максимально допустимой мощностью, рассеиваемой на аноде лампы \mathcal{L}_1 . Чтобы увеличить ток, пропускаемый стабилизатором, можно применить более мощную лампу \mathcal{L}_1 , а также вместо одной лампы \mathcal{L}_1 включить две или большее число ламп, соединенных между собой параллельно.

5. Феррорезонансные стабилизаторы

Феррорезонансный стабилизатор представляет собой трансформатор особой конструкции, обмотки которого размещены на двух или трех его стержнях различного сечения. На рис. 47 схематически показано устройство двухстержневого транс-

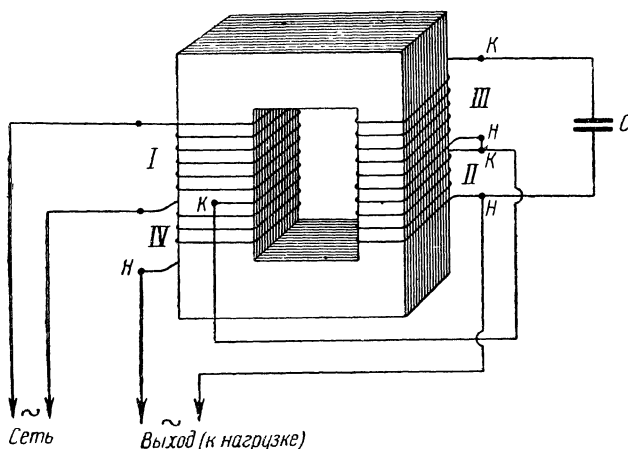


Рис. 47. Схема феррорезонансного стабилизатора с двухстержневым (О-образным) сердечником

форматора (сердечник О-образного типа), а на рис. 48 — устройство трехстержневого трансформатора (с сердечником Ш-образной формы).

На стержне большого сечения размещается первичная обмотка *I*, к которой подводится напряжение сети, а на стержне (стержнях) меньшего сечения—вторичная обмотка *II*, на которой получается стабилизированное напряжение. По первичной обмотке протекает ток, достаточный для насыщения магнитными силовыми линиями стержня малого сечения.

Индуктивность обмоток *II* и *III* совместно с конденсатором *C* образуют колебательный контур, настроенный в резонанс с частотой электросети. Этот контур увеличивает устойчивость работы стабилизатора¹.

При изменении тока в первичной обмотке стабилизатора вследствие изменения напряжения в питающей сети величина

¹ Для применения в феррорезонансном стабилизаторе пригодны только конденсаторы с бумажным диэлектриком. Электролитические конденсаторы совершенно непригодны.

магнитного потока в насыщенном стержне малого сечения изменяется незначительно по сравнению со стержнем большего сечения. Благодаря этому изменение напряжения на вторичной обмотке будет очень невелико.

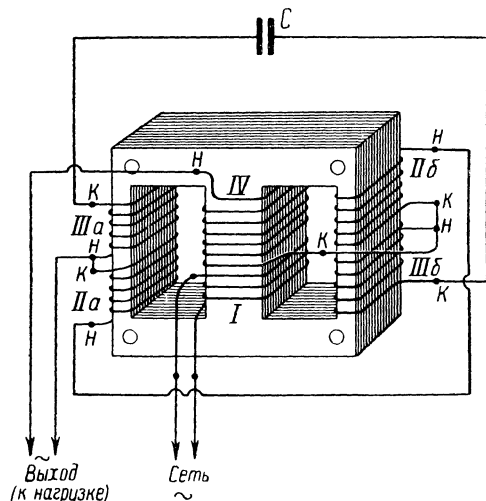


Рис. 48. Схема феррорезонансного стабилизатора с Ш-образным сердечником

На стержне большого сечения, кроме первичной обмотки *I*, намотана еще дополнительная обмотка *IV*, называемая компенсационной. Эта обмотка включена последовательно со вторичной обмоткой *II* и дает на нагрузку напряжение, противоположное по фазе напряжению обмотки *II*. Поэтому даже при больших изменениях напряжения сети напряжение на нагрузке, равное разности напряжений, даваемых вторичной *II* и компенсационной *IV* обмотками, изменяется очень незначительно. Тщательно изготовленный и настроенный феррорезонансный стабилизатор поддерживает на своем выходе (на нагрузке) напряжение с точностью до ± 1 процента при изменении напряжения питающей сети на ± 30 процентов.

Достоинством феррорезонансного стабилизатора является то, что уменьшение или увеличение тока, потребляемого нагрузкой, мало сказывается на его работе. К тому же такой стабилизатор хорошо переносит кратковременные перегрузки. К.п.д. феррорезонансного стабилизатора достигает 80—85 процентов при хорошем коэффициенте мощности.

Стабилизатор на 70 в. На рис. 49 показана конструкция феррорезонансного стабилизатора мощностью 70 в. Сердечник его изготавливается из пластин Ш-25; длина всех их язычков укорачивается до 48 мм, а боковые язычки, кроме того,

уменьшаются и по ширине до 8 мм. Толщина набора сердечника — 50 мм. Сборка сердечника производится «вперекрышку».

Обмотки стабилизатора размещаются на трех каркасах, размеры которых обозначены на рис. 49.

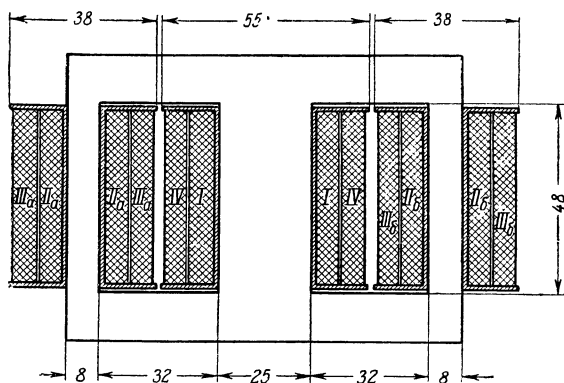


Рис 49. Конструкция стабилизированного трансформатора на 70 в

Для стабилизации напряжения 120-вольтовой сети первичная обмотка *I* должна иметь 450 витков провода ПЭ 0,8—0,82, секции вторичной обмотки *IIa* и *IIб* — по 328 витков такого же провода, секции обмотки *IIIa* и *IIIб* должны иметь по 292 витка провода ПЭ 0,6—0,65 и компенсационная обмотка *IV* — 265 витков такого же провода с отводами от 225, 235, 245-го витков. Порядок размещения обмоток на каркасах виден на рис. 49. Количество включаемых витков компенсационной обмотки последовательно с нагрузкой подбирается опытным путем при регулировке стабилизатора.

Феррорезонансный стабилизатор с указанными данными поддерживает на своем выходе напряжение в пределах 118—122 в при изменении напряжения питающей сети от 80 до 140 в.

Для стабилизации напряжения 220-вольтовой сети первичная обмотка *I* такого стабилизатора должна иметь 825 витков провода ПЭ 0,55—0,6, секции вторичной обмотки *IIa* и *IIб* — по 600 витков провода ПЭ 0,7—0,75, секции обмоток *IIIa* и *IIIб* — по 20 витков провода ПЭ 0,6—0,65 и компенсационная обмотка *IV* — 460 витков провода ПЭ 0,4—0,45 с отводами от 380, 400, 420 и 440-го витков.

Такой стабилизатор поддерживает выходное напряжение в пределах 217—223 в при изменениях напряжения питающей сети от 180 до 250 в. При соединении обмоток стабилизатора

между собой, с сетью и с нагрузкой следует руководствоваться рис. 48. Емкость конденсатора C резонансного контура — 5 мкф как при питании от сети с напряжением 120 в, так и при питании от сети 220 в. Рабочее напряжение конденсатора должно быть не менее 500 в.

Стабилизатор на 100 в. Конструкция феррорезонансного стабилизатора на мощность 100 в_а показана на рис. 50. Для сборки его сердечника нужно нарезать из трансформаторной стали прямоугольные пластины четырех размеров: 18×88 мм, 30×88 мм, 30×72 мм и 30×60 мм. Всего нужно нарезать такое количество пластин, чтобы из них можно было собрать

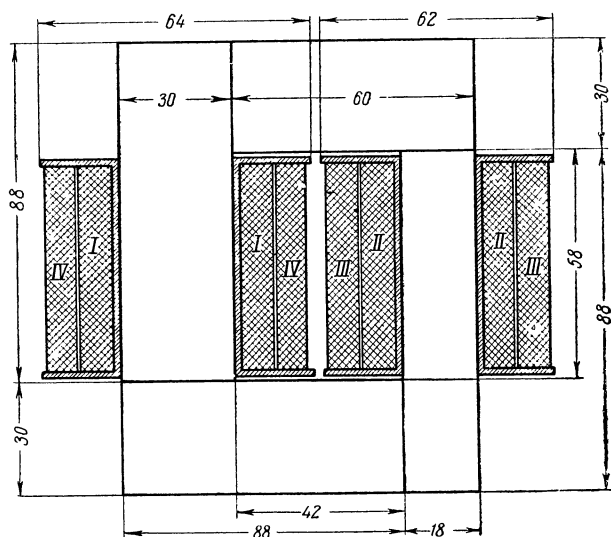


Рис. 50. Конструкция стабилизированного трансформатора на 100 в_а

пакет толщиной 60 мм. Сборку сердечника производят «вперекрышку». Обмотки стабилизатора наматывают на двух каркасах. Размещение и порядок намотки обмоток видны на рис. 50.

Для работы от 120-вольтовой сети первичная обмотка стабилизатора *I* должна иметь 335 витков провода ПЭ 1,05—1,1, вторичная обмотка *II* — 490 витков провода ПЭ 0,9—1,0, обмотка *III* — 446 витков и компенсационная обмотка *IV* — 192 витка с отводами от 172, 177, 182 и 187-го витков. Последние две обмотки наматывают проводом ПЭ 0,75—0,8. Такой стабилизатор поддерживает на своем выходе напряжение 118—122 в при изменениях напряжения в питающей сети в пределах от 70 до 140 в.

Для работы от 220-вольтовой сети первичная обмотка *I* этого стабилизатора должна иметь 640 витков провода ПЭ 0,7—0,75, обмотка *II* — 900 витков провода ПЭ 0,9—0,95, обмотка *III* — 36 витков провода ПЭ 0,75—0,8 и обмотка *IV* — 335 витков ПЭ 0,55—0,6 с отводами от 295, 305, 315 и 325-го витков. Стабилизатор с такими данными обмоток поддерживает на своем выходе напряжение в пределах 217—223 в при колебаниях напряжения в питающей сети от 170 до 220 в.

Конденсатор контура *C* стабилизатора на 100 ва должен иметь емкость 7 мкф при рабочем напряжении не менее 500—600 в. При монтаже стабилизатора надлежит руководствоваться рис. 47.

Сборка и налаживание стабилизаторов. Изоляцию между обмотками и между слоями обмоток необходимо осуществлять так же, как и при изготовлении обычного трансформатора. Намотанные катушки нужно хорошо пропитать.

Для того, чтобы феррорезонансный стабилизатор не гудел при работе, пластины его сердечника должны быть плотно набиты в окна каркасов и хорошо стянуты. После сборки сердечника полезно между гильзой каркаса и пластинами забить деревянный клин, способствующий сжатию пластин между собой.

При монтаже стабилизатора нужно особенно внимательно производить соединение концов обмоток, руководствуясь рис. 47 и 48.

Прежде чем ставить стабилизатор на эксплуатацию, его нужно тщательно наладить. Для этого на выход стабилизатора включается нагрузка, на которую он рассчитан (например, лампочка накаливания на соответствующие напряжение и мощность); параллельно входу и выходу стабилизатора включаются вольтметры переменного тока. Первичная обмотка стабилизатора включается в электросеть через реостат, потенциометр или автотрансформатор. Изменяя с их помощью напряжение, подаваемое на стабилизатор, и число включенных витков компенсационной обмотки, нужно добиться, чтобы напряжение на выходе стабилизатора было постоянным при изменениях напряжения на первичной обмотке в указанных пределах.

При налаживании стабилизатора обычно приходится опытным путем подбирать емкость конденсатора *C* колебательного контура, так как фактические емкости конденсаторов могут отличаться от обозначенных на них.

Стабилизатор не следует располагать близко к аппаратуре, дающей большое усиление, так как при этом может от действия значительных магнитных потоков рассеивания появиться фон в каналах усиления.

VIII. ПРИМЕРНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ РАДИОСТАНЦИЙ

1. Выпрямитель для передатчика третьей категории

Простой передатчик начинающего коротковолновика (третьей категории) с выпрямителем для электропитания разработан Центральным радиоклубом Досаафа (конструктор О. Туторский).

Этот передатчик, предназначенный для связи на всех любительских диапазонах (160, 40, 20, 14 и 10 м), содержит три лампы. Его мощность в антенне — порядка 5 вт.

Первая лампа передатчика — пентод 6П9 (6AG7) — является задающим генератором, причем роль его анода выполняет экранирующая сетка. Вторая лампа 6П6С (6V6G) работает в ступени умножения частоты и третья 6ПЗС — в выходной ступени передатчика.

Выпрямитель передатчика выполнен по двухполупериодной схеме и работает с кенотроном 5Ц4С (рис. 51). Напряжение на анод лампы выходной ступени передатчика (300 в) подается со входного конденсатора сглаживающего фильтра, а на питание экранирующей сетки этой ступени и остальных ступеней передатчика (250 в) — через дроссель с конденсатором C_2 . Анодное напряжение задающего генератора поддер-

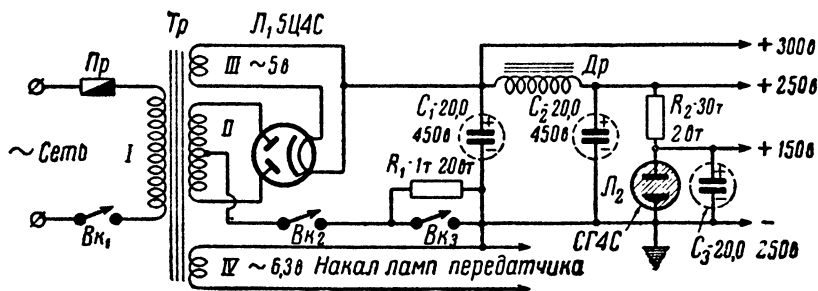


Рис. 51. Принципиальная схема кенотронного выпрямителя для питания коротковолнового любительского передатчика третьей категории

живается постоянным на уровне 150 в с помощью газового стабиловольта типа СГ4С (150С50-30, VR-150).

Накал всех ламп передатчика осуществляется от обмотки IV силового трансформатора Tr . При замыкании выключателя BK_1 подается переменное напряжение на первичную обмотку I силового трансформатора. После того, как прогреются катоды кенотрона и ламп передатчика, подаются напряжения на аноды и экранирующие сетки замыканием выключателя BK_2 .

Размыканием выключателя BK_3 можно включить в общую цепь выпрямленного напряжения сопротивление R_1 . При этом постоянные напряжения, подаваемые на лампы передатчика, уменьшаются. Это необходимо во время настройки передатчика, а также для работы его пониженной мощностью.

2. Устройство электропитания коротковолновой любительской радиостанции второй категории

Интересное электропитающее устройство любительской коротковолновой радиостанции второй категории применено в радиостанции советского коротковолновика А. А. Талвет (г. Таллин).

Несколько упрощенная принципиальная схема этого устройства показана на рис. 52. Оно содержит в себе четыре выпрямителя, два из которых снабжены автоматическими стабилизаторами выпрямленного напряжения, и отдельный трансформатор накала Tr_1 . В схеме устройства широко применена релейная автоматика.

Двухполупериодный выпрямитель с анодным силовым трансформатором Tr_2 , двуханодным кенотроном \mathcal{L}_1 типа 5Ц3С (5U4G) и фильтром, состоящим из дросселя Dp_1 и электролитических конденсаторов C_1 , C_2 , C_3 и C_4 , обеспечивает питание высоким напряжением анодных цепей и цепей экранирующих сеток всех ступеней передатчика. На выходную и предооночную ступени передатчика, работающих соответственно с лампами RL12P35 и RL12P10, напряжение в 600 в подается непосредственно с выходных конденсаторов фильтра C_3 и C_4 . Возбудитель передатчика, состоящий из задающего генератора с лампой LD-1, буферной ступени, работающей на лампе 6Ж4 (6AC7), и двух удвоителей частоты с лампами LV-1, получает постоянное напряжение 450 в через стабилизатор напряжения, работающий с электронными лампами \mathcal{L}_2 и \mathcal{L}_3 и стабиловольтом \mathcal{L}_4 . В качестве регулируемой лампы \mathcal{L}_2 автор конструкции применил пентод RL12P35 в триодном включении, а в качестве регулирующей лампы — пентод RV12P2000. Контроль величины стабилизованного напряжения производится по вольтметру со шкалой 0—450 в (на схеме этот вольтметр не показан). Накал всех ламп передатчика,

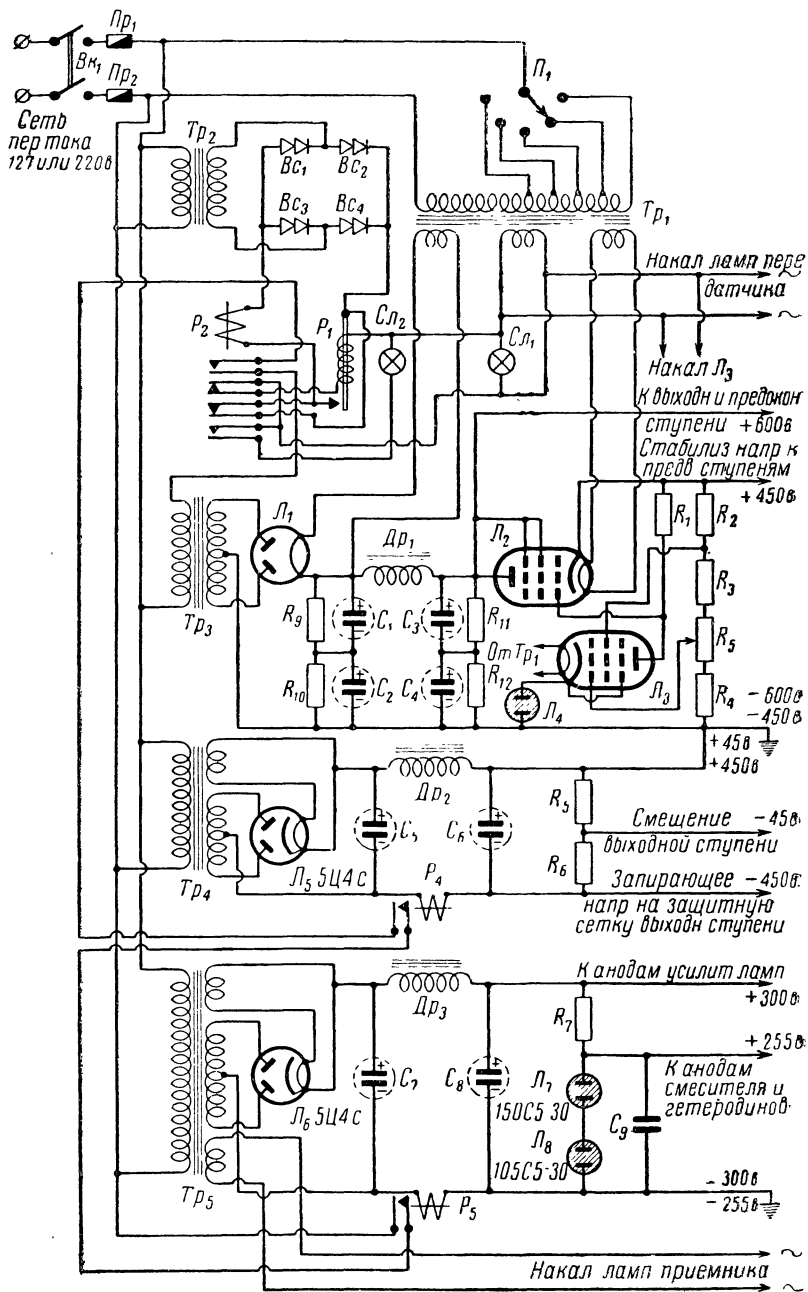


Рис. 52. Принципиальная схема устройства электропитания коротковолновой любительской радиостанции второй категории (конструкция А. А. Талвет)

кенотрона L_1 и ламп L_2 и L_3 стабилизатора осуществляется от вторичных обмоток трансформатора накала Tr_1 .

Данные деталей этого выпрямителя со стабилизатором следующие.

Вторичная обмотка анодного трансформатора Tr_3 рассчитана на напряжение 2×500 в при токе 200 ма.

Дроссель Dr_1 обладает индуктивностью 25 гн. Входные конденсаторы фильтра C_1 и C_2 имеют емкость по 8 мкф, а выходные C_3 и C_4 — по 16 мкф. Шунтирующие их сопротивления — по 0,3 мгом.

Сопротивления в схеме стабилизатора имеют следующие величины: $R_1 = 0,5$ мгом, $R_2 = 10\,000$ ом, $R_3 = 25\,000$ ом и $R_4 = 5000$ ом. Потенциометр R_5 для регулировки смещения на управляющей сетке лампы имеет сопротивление 10 000 ом.

В самом возбудителе передатчика имеется еще один стабилит, обеспечивающий дальнейшее улучшение стабильности напряжений на анодах и экранных сетках ламп.

Второй кенотронный двухполупериодный выпрямитель с силовым трансформатором Tr_4 , фильтром, состоящим из дросселя Dr_2 с индуктивностью 20 гн и двух электролитических конденсаторов C_5 и C_6 емкостью по 16 мкф, нагружен на потенциометр R_5 R_6 , с которого подается отрицательное смещение минус 60 в (или 45 в) на управляющую сетку выходной ступени, и запирающее отрицательное напряжение минус 450 в на защитные (противодинатронные) сетки ламп выходной и предоконечной ступеней передатчика¹.

Третий кенотронный выпрямитель также выполнен по обычной двухполупериодной схеме, содержащей трансформатор Tr_5 , двуханодный кенотрон L_6 типа 5Ц4С и сглаживающий фильтр (дроссель Dr_3 с индуктивностью 25 гн и электролитические конденсаторы $C_7 = 8$ мкф и $C_8 = 32$ мкф), и служит для питания коротковолнового радиоприемника. Этот выпрямитель также имеет в своем составе стабилиты².

Все три описанные выше выпрямителя связаны между собой элементами автоматики, исключающей возможность подачи высокого напряжения на лампы передатчика, если на сетки ламп его выходной и предоконечной ступеней не поступают напряжения отрицательного смещения, а также если не работает выпрямитель приемника. В случае повреждения в

¹ Когда ключ не нажат, лампы выходной и предоконечной ступеней заперты этим напряжением. При нажатии ключа защитные сетки этих ламп заземляются; этим обе ступени ставятся в рабочий режим.

² Эту часть схемы мы даем в несколько видоизмененном виде, чем она существует в действительности в конструкции А. А. Талвета, а именно со стабилитами СГ4С (150С5-30) и СГЗС (105С5-30) отечественной конструкции. В оригинальной схеме А. А. Талвета применен другой стабилит.

выпрямителе смещения или в выпрямителе приемника (например, перегорание кенотрона) высокое напряжение с передатчика автоматически выключается. Этим лампы передатчика страхуются от недопустимо большой мощности рассеивания на аноде, которая может вывести их из строя, а также исключается работа на передатчике, если не работает приемник.

Автоматика исключает также возможность подачи высокого напряжения на лампы передатчика до тех пор, пока не прогреются катоды его ламп и катод кенотрона L_1 .

Питание автоматики осуществляется от собранного по мостовой схеме выпрямителя с селеновыми вентилями BC_1 , BC_2 , BC_3 и BC_4 . Переменное напряжение величиной 8 в подается на них со вторичной обмотки специального силового трансформатора Tr_2 .

Рассмотрим действие цепей включения питания и автоматики описываемого электропитающего устройства. Замыканием выключателя BK_1 напряжение из сети переменного тока через предохранители Pr_1 и Pr_2 подается на первичные обмотки трансформатора накала Tr_1 , трансформатора селенового выпрямителя Tr_2 и силовых трансформаторов Tr_4 — выпрямителя смещения передатчика и Tr_5 — питания приемника.

При этом загорается сигнальная лампа Sl_1 , включенная на одну из вторичных обмоток трансформатора накала Tr_1 , указывая на то, что напряжение накала на лампы передатчика и его высоковольтного выпрямителя подано.

Первичная обмотка трансформатора накала секционирована. Ее отводы подведены к переключателю $П_1$, с помощью которого можно установить нормальное напряжение накала ламп, пользуясь вольтметром, подключенным параллельно нитям ламп передатчика (на схеме рис. 52 этот вольтметр не показан).

Как только будет замкнут выключатель BK_1 , появляется ток от обмотки накала ламп передатчика через обмотку биметаллического термореле P_1 (реле времени). От нагревания, производимого этим током, биметаллическая пластинка термореле начинает изгибаться. Через 25 секунд (время прогрева катодов ламп) контакт термореле замыкается и включает ток от селенового выпрямителя на обмотку электромагнитного реле P_2 . Последнее срабатывает, и пара его верхних (по схеме) контактов замыкает цепь первичной обмотки анодного силового трансформатора Tr_3 . В то же время срабатывают реле P_4 (от действия проходящего через него тока на потенциометр смещения) и реле P_5 — от действия тока, идущего через него на питание приемника. Контакты последних двух реле включены последовательно с упомянутыми выше контактами реле P_2 . В результате через все эти контакты включается ток на первичную обмотку силового трансформатора Tr_3 ,

и выпрямитель с кенотроном L_1 подает напряжение на передатчик. В случае перегорания кенотрона в выпрямителе смещения или в выпрямителе приемника или при другом каком-либо повреждении в них, когда прекращается ток через обмотки реле P_4 или P_5 , цепь первичной обмотки анодного силового трансформатора разрывается, и лампы передатчика лишаются высокого напряжения.

Рассмотрим теперь назначение и функции остальных контактов реле P_2 .

Нижняя (по схеме) пара контактов этого реле при его срабатывании замыкается и включает ток от вторичной обмотки трансформатора Tr_1 на сигнальную лампочку $Сл_2$. Зажигание этой лампочки, следовательно, свидетельствует о срабатывании термореле P_1 и электромагнитного реле P_2 и указывает на то, что на передатчик включено высокое напряжение.

Вторая снизу пара контактов электромагнитного реле P_2 при его срабатывании шунтирует контакты термореле, т. е. теперь ток через обмотку электромагнитного реле P_2 идет не только через контакты термореле, но и через контакты самого реле P_1 (как говорят, электромагнитное реле самоблокируется). Однако одновременно размыкается третья снизу пара контактов реле P_2 , через которую до его срабатывания проходил ток, нагревающий обмотку термореле P_1 . Следовательно, когда электромагнитное реле P_2 срабатывает, ток через обмотку термореле P_1 прекращается. Вследствие этого биметаллическое реле остывает, его контакты размыкаются, и при дальнейшей работе передатчика прохождение тока через обмотку электромагнитного реле P_2 обеспечивается только замкнутыми его контактами (вторая пара снизу). Другими словами, термореле находится под током очень короткое время — от момента включения накала до момента включения высокого напряжения. Все остальное время термореле не работает. Благодаря этому, если передатчик будет выключен даже на очень короткое время, недостаточное для остывания и размыкания термореле, то при повторном включении передатчика остывшее термореле обеспечит необходимую выдержку времени между включением накала и включением высокого напряжения на лампы передатчика.

Кенотронный выпрямитель питания передатчика со стабилизатором выпрямленного напряжения выполнен конструктивно в общем блоке с трансформатором накала Tr_1 и селективным выпрямителем, питающим цепи автоматики. В этом же блоке смонтированы термореле P_1 и электромагнитное реле P_2 .

Кенотронный выпрямитель, вырабатывающий смещение для ламп передатчика, и кенотронный выпрямитель питания приемника смонтированы в другом, отдельном блоке.

3. Устройство электропитания коротковолнового радиолубительского передатчика первой категории

В качестве примера электропитающего устройства радиолубительского коротковолнового передатчика первой категории рассмотрим устройство коллективной радиостанции радиоклуба в г. Сталино конструктора В. К. Цаценкина.

За эту конструкцию В. К. Цаценкин получил на 9-й Всесоюзной выставке творчества радиолубителей-конструкторов диплом I степени и приз.

Передатчик содержит в высокочастотном канале пять ступеней. Его задающий генератор работает с пентодом 6Ф6, вторая ступень — с лучевым тетродом 6П6С (6V6С), третья — с лучевым тетродом 6ПЗС, четвертая — с лампой Г-807 и пятая выходная — с лампой ГК-71 (Г-471). Промежуточные ступени передатчика в зависимости от рабочего диапазона волн (160, 40, 20, 14 или 10 м) выполняют либо функции умножителей частоты, либо работают в режиме усиления. Телеграфная манипуляция осуществляется изменением напряжения на экранирующей сетке задающего генератора с помощью электронного реле на лампе 6С5. Мощность передатчика в телеграфном режиме — до 260 вт.

Телефонная модуляция осуществляется на защитную (антидинатронную) сетку лампы ГК-71 выходной ступени высокочастотного канала. Модуляционный усилитель — трехступенный. В его первой ступени работает лампа 6А7 (6SA7), во второй — 6Ж8 (6SJ7) и в третьей — 6П6С.

Принципиальная схема электропитающего устройства передатчика Сталинского радиоклуба приведена на рис. 53. Это устройство содержит в себе пять выпрямителей и регулируемый автотрансформатор *Атр*, с помощью которого можно поддерживать постоянство питающих напряжений при колебаниях напряжения в питающей сети от 140 до 240 в.

В схеме электропитающего устройства передатчика имеются также элементы автоматики и сигнализации, повышающие оперативные возможности радиостанции и облегчающие обнаружение неисправностей в ней.

Двухполупериодный выпрямитель, показанный в нижней части схемы (рис. 53), содержащий в себе силовой трансформатор *Тр*₅, двуханодный кенотрон *Л*₄ типа 5Ц4С и фильтр из двух дросселей *Др*₃, *Др*₄ и электролитических конденсаторов *С*₉, *С*₁₀ и *С*₁₁, дает постоянные напряжения 300 и 150 в и служит для питания высоким напряжением первых двух ступеней передатчика и всех ламп модуляционного усилителя. Анодные напряжения пентода 6Ф6 задающего генератора и триода 6С5 манипулятора (через который подается напряжение на экранирующую сетку лампы 6Ф6), а также напря-

жение на экранирующей сетке лампы 6П6 второй высокочастотной ступени автоматически поддерживаются постоянными на уровне 150 в с помощью газового стабиловольта L_5 типа СГ4С (150С5-30, VR-150). Напряжение (300 в), подаваемое на анод лампы второй высокочастотной ступени и на питание ламп модуляционного усилителя, автоматической стабилизации не имеет.

Накал этих ламп передатчика питается от отдельной понижающей обмотки IV силового трансформатора Tr_5 .

Второй двухполупериодный выпрямитель с силовым трансформатором Tr_4 , с двуханодным кенотроном 5П3С (5U4G) и фильтром, состоящим из дросселя Dr_2 и электролитических конденсаторов C_7 и C_8 , дает выпрямленное напряжение 400 в и служит для питания ламп третьей и четвертой высокочастотных ступеней передатчика (ламп 6П3С и Г-807), а также используется для подачи напряжения на экранирующую сетку лампы ГК-71 выходной ступени передатчика. От низковольтных обмоток IV и V силового трансформатора Tr_4 питается переменным током накал ламп 6П3С, Г-807, ГК-71, а с обмотки VI подается напряжение на лампочки $L_{12} — L_{16}$ указателя рабочего диапазона передатчика

Эти два выпрямителя выполнены конструктивно в общем блоке передатчика (рис. 54).

Третий выпрямитель, газотронный, представляющий собой самостоятельный блок передатчика (рис. 55), дает напряжение на анод лампы ГК-71 выходной высокочастотной ступени передатчика. В его схеме работают трансформатор накала газотронов Tr_2 , анодный трансформатор Tr_3 , дроссель фильтра Dr_1 и конденсатор фильтра C_6 . В этом выпрямителе могут быть применены газотроны ВГ-129 (в описываемой конструкции применяются газотроны RGQ-10/4). При подаче на первичную обмотку I анодного трансформатора Tr_3 нормального сетевого напряжения 220 в на выходе фильтра получается выпрямленное напряжение 1500 в. Схемой передатчика предусмотрена возможность снижения анодного напряжения лампы ГК-71 выходной ступени до 1000 в путем подачи на обмотку I трансформатора Tr_3 напряжения 140 в. Пониженное анодное напряжение на лампу ГК-71 подается тогда, когда передатчик работает на 10- и 14-метровом диапазоне с целью облегчения режима работы этой лампы на таких высоких частотах.

Если нет необходимости работать полной выходной мощностью передатчика на других диапазонах (20-, 40- и 160-метровом), его мощность в антенне может быть снижена тем же путем (о коммутации, с помощью которой осуществляется уменьшение напряжения на первичной обмотке I анодного трансформатора Tr_3 , расскажем ниже).

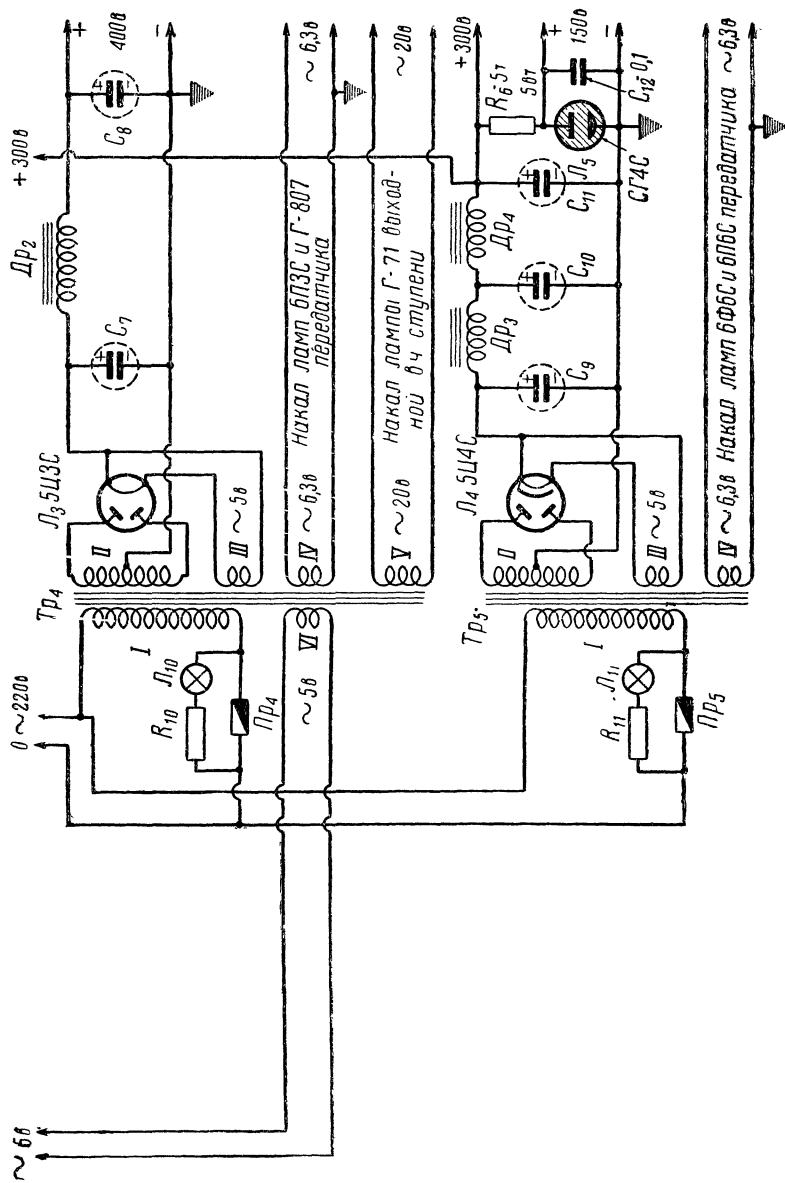


Рис. 53. Принципиальная схема электропитающего устройства коротковолнового любительского радиопередатчика первой категории (конструкция В. К. Цценкина)

Четвертый выпрямитель электропитающего устройства передатчика служит для подачи напряжений отрицательного смещения на управляющие сетки ламп от второй до пятой высокочастотной ступени передатчика, а также напряжения на защитную (антидинатронную) сетку лампы ГҚ-71 его выходной ступени.

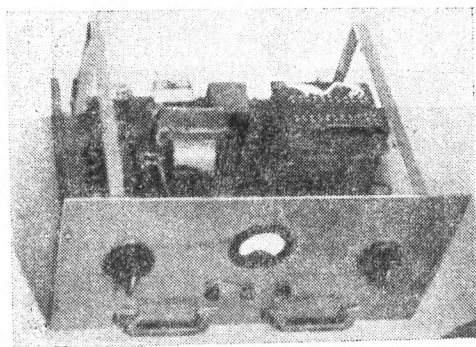


Рис. 54. Блок кенотронных выпрямителей на 300 и 400 в с автотрансформатором передатчика конструкции В. К. Цаценкина

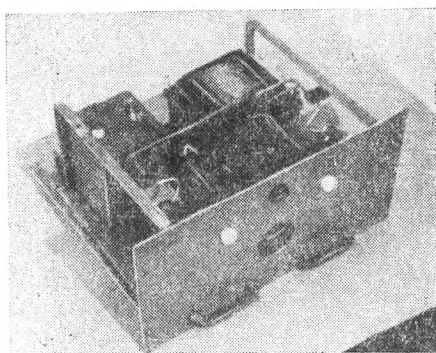


Рис. 55. Блок газотронного выпрямителя, питающего анодную цепь выходной ступени передатчика конструкции В. К. Цаценкина

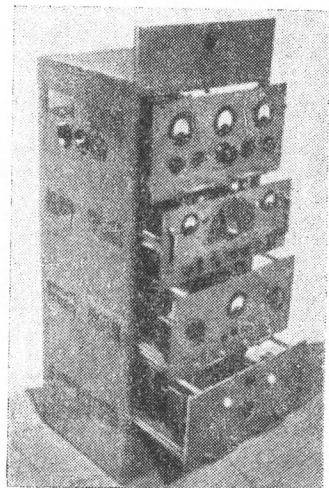
Этот выпрямитель работает с селеновым столбиком Bc_1 по схеме удвоения напряжения и имеет сглаживающий фильтр, состоящий из электролитических конденсаторов C_3 , C_4 и дросселя Dp_1 . Выпрямитель нагружен на делитель напряжения, образованный сопротивлениями $R_1 — R_5$. Переменное напряжение на этот селеновый выпрямитель подается со вторичной обмотки III силового трансформатора Tr_1^1 .

Указанные на схеме напряжения с секций делителя используются следующим образом. Отрицательное напряжение 20 в подается на управляющую сетку лампы 6П6С (6V6C) второй высокочастотной ступени, отрица-

¹ В связи с тем, что постоянное напряжение, требуемое от выпрямителя смещения, невелико и в устройстве имеется силовой трансформатор, выполнение этого выпрямителя по схеме с удвоением напряжения является технически неоправданным. Здесь вполне возможно применить обычную схему двухполупериодного выпрямителя или мостовую схему с селеновыми вентилями, изменив соответственно число витков обмотки III силового трансформатора.

тсельное напряжение 50 в — на управляющие сетки ламп 6П13С и Г-807 третьей и четвертой ступеней, отрицательное напряжение 80 в — на управляющую сетку лампы ГК-71 (Г-471) выходной высокочастотной ступени, а также и на ее

Рис. 56. Общий вид коротковолнового передатчика первой категории конструкции В. К. Цаценкина. Блоки показаны частично выдвинутыми из шкафа. В самом низу находится блок высоковольтного газотрснного выпрямителя. Над ним — блок, содержащий выпрямители на 300 и 400 в, а также регулировочный автотрансформатор. Далее расположен блок задающего генератора и промежуточных ступеней, в котором находятся селеновые выпрямители смещения и питания реле. Самый верхний блок содержит выходную высокочастотную ступень передатчика



антидинаatronную (защитную) сетку, когда передатчик работает в телефонном режиме. Наконец, положительное напряжение 50 в подается на указанную антидинаatronную сетку при работе передатчика телеграфом.

Этот выпрямитель смонтирован в общем блоке с первыми четырьмя высокочастотными ступенями передатчика и его модуляционным усилителем (рис. 56).

От обмотки II силового трансформатора Tn_2 осуществляется накал лампы 6С5 манипулятора передатчика, а напряжения обмоток IV и V используются для питания его цепей автоматики и сигнализации.

Рассмотрим теперь действие системы коммутации питающих напряжений, содержащей элементы автоматики.

Напряжение питающей электросети через переключатель $П_1$ поступает на автотрансформатор $Атр$. Изменяя положение переключателя, можно установить нормальное напряжение 220 в на первичных обмотках всех силовых трансформаторов.

С помощью переключателя $П_5$ можно включить вольтметр переменного тока V либо на измерение напряжения электросети, либо на измерение напряжения, подаваемого на первичные обмотки силовых трансформаторов.

В момент включения сетевого напряжения на автотрансформатор появляются переменные напряжения и на первичных обмотках силовых трансформаторов Tr_1 , Tr_2 , Tr_4 и Tr_5 .

При этом выпрямитель смещения подает отрицательные напряжения смещения на сетки ламп, начинается разогрев катодов ламп передатчика, газотронов L_1 , L_2 и кенотронов L_3 и L_4 . Когда кенотроны разогреются, поступают напряжения на аноды всех ламп высокочастотного канала передатчика, кроме лампы выходной ступени, и на экранирующие сетки ламп всех без исключения высокочастотных ступеней.

Как только произойдет включение переменного напряжения на трансформатор Tr_1 , начинает протекать ток от обмотки IV этого трансформатора через нагревающую обмотку биметаллического реле времени P_1 . Это реле отрегулировано так, что по прошествии времени, необходимого для прогрева катодов ламп передатчика, кенотронов и газотронов, контакты реле замыкаются, и переменное напряжение с обмотки V подается на выпрямитель с селеновым столбиком Bc_2 . Этот выпрямитель дает постоянное (пульсирующее) напряжение около 24 в, которое с помощью системы переключателей может быть подано на обмотки электромагнитных реле P_2 , P_3 и P_4 . Срабатывание термореле P_1 и начало работы выпрямителя, питающего остальные реле, фиксируется зажиганием сигнальной лампочки L_{17} , которая также получает напряжение 40 в от обмотки V трансформатора Tr_1 .

Рассмотрим теперь назначение и взаимодействие переключателей P_2 , P_3 , P_4 , P_6 , P_7 , P_8 , P_9 ¹ и электромагнитных реле P_2 , P_3 и P_4 . Переключатель P_2 является «переключателем мощности», переключатель P_3 — переключателем диапазонов, а переключатель P_4 служит для перевода передатчика с работы телеграфом на работу телефоном и обратно («переключатель рода работы»). Ручки последних трех переключателей расположены на передней панели передатчика. Переключатели P_6 — P_9 являются выносными (расположены вне передатчика на столе оператора) и служат для дистанционного управления работой передатчика.

При замыкании переключателей P_6 и P_7 ток от выпрямителя с селеновым столбиком Bc_2 проходит через обмотки электромагнитных реле P_2 или P_3 , которые включают переменное напряжение на первичную обмотку I анодного трансформатора Tr_3 газотронного выпрямителя. Тем самым подается анодное напряжение на выходную высокочастотную ступень передатчика. Если переключатель мощности P_2 установлен в положение «полная мощность», переключатель P_3 установлен для работы на 160-, 40- или 20-метровом диапазоне, а переключатель рода работы P_4 — в положение «теле-

¹ Переключатели P_7 и P_9 механически связаны между собой; при замыкании одного из них размыкаются контакты другого. Эти переключатели дают возможность, не нажимая телеграфного ключа K_1 , контролировать частоту передатчика при выключенной выходной высокочастотной ступени.

граф» или «телефон», ток от указанного выпрямителя пройдет через эти переключатели и обмотку электромагнитного реле P_2 . Последнее включит на первичную обмотку трансформатора Tr_3 напряжение 220 в, и на анод лампы выходной ступени будет поступать напряжение 1500 в. Это включение сигнализируется загоранием лампы L_7 .

Если же переключатель P_2 перевести в положение «малая мощность», тем самым прекратив подачу тока выпрямителя на обмотку реле P_2 и переключив ток на обмотку реле P_3 , сработает последнее реле и включит на первичную обмотку трансформатора Tr_3 переменное напряжение со 140-вольтовой секции автотрансформатора. При этом лампа выходной ступени получит от газотронного выпрямителя анодное напряжение около 1000 в. Если переключатель P_3 поставить для работы на 10- или 14-метровом диапазоне, то будет работать реле P_3 и соответственно газотронный выпрямитель будет давать пониженное напряжение независимо от положения переключателя P_2 .

Теперь рассмотрим схему коммутации, осуществляющей переключение передатчика с работы телеграфом на работу телефоном. Когда переключатель рода работы P_4 стоит в положении «телеграф», через обмотку электромагнитного реле P_4 тока нет, и на защитную сетку ламп (по проводу АС на схеме рис. 53) через контакты этого реле с делителя напряжения селенового выпрямителя поступает положительное напряжение 50 в. Нижняя пара контактов реле при этом разомкнута, и на лампы модуляционного усилителя высокое напряжение не поступает. Если же переключатель P_4 перевести в положение «телефон», ток от выпрямителя с селеновым столбиком $Вс_2$ пройдет через контакты P_{4a} этого переключателя и через обмотку реле P_4 , и реле сработает. При этом верхняя группа его контактов отключит защитную сетку лампы выходной ступени от секции делителя напряжения, имеющей потенциал плюс 50 в, и включит ее через вторичную обмотку II модуляционного трансформатора Tr_6 на секцию делителя с потенциалом минус 80 в. Этим самым выходная ступень переводится в телефонный режим. Одновременно через замкнувшуюся нижнюю пару контактов реле будет подано напряжение 300 в от выпрямителя с кенотроном L_4 на лампы модуляционного усилителя (на принципиальной схеме рис. 53 L_6 обозначена лампа выходной ступени модуляционного усилителя).

Параллельно плавким предохранителям Pr_1 , Pr_2 , Pr_3 , Pr_4 и Pr_5 , находящимся в цепи первичных обмоток силовых трансформаторов, включены через индивидуальные сопротивления R_7 , R_8 , R_9 , R_{10} и R_{11} лампочки L_{17} , L_8 , L_9 , L_{10} и L_{11} на 6 в и 0,04 а.

Когда предохранители исправны, они замыкают накоротко эти лампочки с сопротивлениями, и лампочки не горят. В случае перегорания какого-либо предохранителя через соответствующую ему лампочку появляется ток. Лампочка загорается, указывая на то, какой именно предохранитель перегорел. Это значительно облегчает нахождение неисправного предохранителя.

В качестве лампочек, сигнализирующих о перегорании предохранителей, лучше использовать маленькие неоновые.

Если перегорает предохранитель Pr_2 в цепи первичной обмотки силового трансформатора Tr_1 и, следовательно, прекращается действие выпрямителя, создающегося напряжения смещения на управляющих сетках ламп высокочастотного канала передатчика, одновременно перестает работать и выпрямитель, питающий электромагнитное реле. Вследствие этого автоматически прекращается подача напряжений на первичную обмотку трансформатора Tr_3 и соответственно на анод лампы выходной высокочастотной ступени передатчика.

Однако на лампах промежуточных ступеней передатчика, лишившихся отрицательного смещения на сетках, остаются положительные напряжения на анодах и экранирующих сетках. Такое же явление будет и при любой другой неисправности в выпрямителе смещения. Это обстоятельство является недостатком схемы автоматики, применяемой в описываемом передатчике.

Другим недостатком схемы является то, что термореле P_1 находится в рабочем (горячем) состоянии все время, пока работает передатчик. Первый из этих недостатков частично устранен конструктором В. Цеценкиным. Он исключил из схемы предохранитель Pr_2 вместе с сигнальной лампочкой L_8 и сопротивлением R_8 . При таком изменении в схеме в случае неисправности в выпрямителе сеточного смещения или в выпрямителе, питающем реле, может перегореть главный предохранитель Pr_1 , обесточив этим всю схему передатчика. В полной мере первый недостаток можно устранить, если накал кенотронов L_3 и L_4 перевести на питание от отдельного трансформатора накала и осуществить включение анодных напряжений на эти кенотроны с помощью дополнительных электромагнитных реле, обмотки которых питаются от выпрямителя с селеновым столбиком Vc_2 . Второй недостаток можно устранить путем спаривания термореле с самоблокирующимся электромагнитным реле подобно тому, как это сделано А. Талветом в описанном выше устройстве электропитания передатчика.

В передатчике конструкции В. К. Цеценкина предусмотрена электрическая блокировка безопасности: при вынимании из шкафа любого из блоков разрывается цепь электросети.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	5
I. Выпрямители	
1. Типы вентиляей, применяемые в выпрямителях	12
2. Схемы выпрямителей	21
3. Работа выпрямителей	29
4. Сглаживание пульсаций	35
5. Расчет сглаживающих фильтров	40
6. Конструкции трансформаторов, автотрансформаторов и дросселей	54
7. Мероприятия по безопасности	72
II. Гальванические (первичные) элементы и батареи	
1. Сухие элементы и батареи	74
2. Элементы и батареи с марганцово-воздушной деполяризацией	76
3. Галетные элементы и батареи	76
4. Эксплуатация гальванических элементов и батарей	77
III. Кислотные аккумуляторы	
1. Типы аккумуляторов и их назначение	80
2. Заливка и зарядка кислотных аккумуляторов	82
3. Меры безопасности при работе с кислотными аккумуляторами	85
IV. Щелочные аккумуляторы	
1. Типы щелочных аккумуляторных элементов и батарей и их применение	86
2. Электролит для щелочных аккумуляторов	88
3. Зарядка щелочных аккумуляторов	90
4. Меры предосторожности при работе со щелочными аккумуляторами	92
V. Вибропреобразователи	
1. Асинхронные вибропреобразователи	93
2. Синхронные вибропреобразователи	97
VI. Умформеры	
1. Устройство и применение умформеров	99
2. Эксплуатация умформеров	103
VII. Автоматическая стабилизация питающих напряжений	
1. Необходимость стабилизации	106
2. Применение барреторов	108
3. Применение стабилитров	116
4. Стабилизаторы постоянного напряжения с электронными лампами	119
5. Феррорезонансные стабилизаторы	123
VIII. Примерные схемы электропитающих устройств любительских радиостанций	
1. Выпрямитель для передатчика третьей категории	128
2. Устройство электропитания коротковолновой любительской радиостанции второй категории	129
3. Устройство электропитания коротковолнового радиолюбительского передатчика первой категории	134
	143

Редактор В. ШАМШУР Техн. редактор Н. РУШКОВСКИЙ

* * *

Г-51314. Сдано в производство 29/XI 1950 г. Подп. в печ. 27/X 1951 г.

Бумага $60 \times 92 \frac{1}{16} = 4 \frac{1}{2}$ бумажного = 9 печатн. лист.

Заказ 1186/176

* * *

Типография издательства Досаафа, г. Тушино

Цена 3 руб. 50 коп.