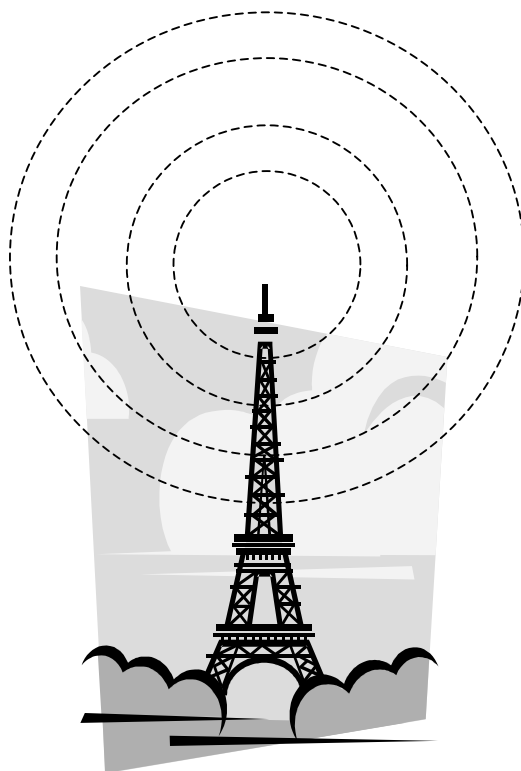


ЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ВЧ ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

СБОРНИК СТАТЕЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ СОВЕТОВ



1997 - 2012 г.

==&==

Оглавление

Предисловие.....	1
Немного теории.....	2
Расчет П-контура.....	3
Об особенностях анодного контура.....	4
Конструктивное выполнение анодного контура.....	5
О конденсаторах	6
Таблица для выбора необходимого диаметра контура.....	7
Об анодном дросселе.....	8
О выборе ламп для усилителя и их включении.	9
Источник питания	10
Выбор магнитопровода трансформатора	11
Емкость конденсатора фильтра.	12
Охлаждение ламп усилителя.	13
О накальном дросселе	14
Коммутация П-контура.	15
Максимально допустимые режимы ламп	16
Входные цепи усилителя.	17
Накальное напряжение	18
Стабильность усилителя.	19
Паразитная генерация на УКВ.	20
Автоматика. блокировка.....	21
Приборы индикации.	22
Монтаж усилителя.	23
Компоновка усилителя	24
О механической конструкции.....	25
Настройка усилителя.....	26
Помехи телевидению.....	27
Эксплуатация усилителя.....	28
Литература.....	29
Приложение -	схемы

Информация, содержащаяся в данном сборнике, получена из источников рассматриваемых, как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие или технические ошибки, автор не может гарантировать абсолютную точность и полноту приведенных сведений, и не несет ответственности за возможные ошибки, и ущерб связанные с использованием данной публикации.

Отзывы и замечания направлять **UA-3-DCT**.

Выражаю сердечную благодарность за помощь и деловые замечания по составлению сборника.

RA-3-FM. RK-3-FS. RA-3-DA. RZ-3-FD. RA-3-AFO. RK-3-DL. RU3XS .

1.Предисловие.

Каждый радиолюбитель хочет, чтобы сигналы его радиостанции были слышны как можно лучше, и как можно дальше. Для этого существуют два пути.....

- Совершенствование своего антенного хозяйства.
- Увеличение выходной мощности своего радиопередатчика.

Хорошей практикой выработано и отработано несколько типов схем линейных усилителей мощности. Которые стали классическими. Их модификации, это попытка приспособить другие условия к этим схемным решениям. В любительских условиях, не имея необходимого приборного обеспечения и базы для реализации своей конструкции не стоит изобретать ...велосипед...

все новое, это хорошо забытое старое.

Гораздо дешевле и выгоднее повторить рабочую конструкцию, чем изобретать, что-то свое. Основная проблема - отсутствие информации.

Здесь сделана попытка на основе информации, разбросанной по разным источникам, дать ответы и советы на вопросы, возникающие при изготовлении линейных усилителей мощности.

Прежде чем взяться за изготовление усилителя, взвесьте свои знания и свои материальные возможности. Сможете ли Вы его грамотно сконструировать, построить из заведомо исправных и отвечающих предъявляемым требованиям деталей. А также правильно настроить усилитель мощности вч, и эксплуатировать его.

2. Немного теории.

Шкала -S- метра проградуирована в баллах от 1 до 9. а далее в децибелах, один балл шкалы -S- равен приросту сигнала на входе радиоприемника, в два раза по напряжению, а по мощности в четыре раза. Следовательно, чтобы увеличить сигнал на входе приемника на два балла нужно увеличить напряжение в четыре раза, а по мощности в 16 раз. Потому, что 1 балл прироста сигнала = 6DB. это $2+2=4$ по напряжению, а по мощности $4 \times 4 = 16$. Отсюда можно подчитать, зная ориентировочно мощность возбудителя, мощность выходного каскада. В идеальном линейном усилителе выходное напряжение строго пропорционально входному.

Например:

при увеличении входного напряжения от 10 до 15в напряжение на выходе такого усилителя изменится точно в полтора раза (допустим от 200 до 300 В).

Если выходное напряжение увеличится, скажем, до 280 или 320 в. наблюдаются нелинейность усиления. При этом форма огибающей сигнала неизбежно искажается, т. е. появляются гармонические составляющие высшего порядка, помехи TVI.

Иногда радиолюбители удивляются, откуда же появляются на выходе передатчика SSB, высокочастотные помехи. Возникают они в процессе преобразования и особенно нелинейного усиления однополосного сигнала. Или неправильно выбранного режима, какого либо каскада передатчика-возбудителя.

Прежде, чем подключить усилитель мощности, отрегулируйте свой передатчик-возбудитель SSB так, чтобы он работал в абсолютно линейном режиме для объективной оценки работы своего усилителя мощности.

<p>Согласно нормам Международной контрольной комиссии радиосвязи (МККР) общая мощность паразитных излучений радиопередающих устройств, работающих в диапазоне от 10 кГц до 60 МГц должна быть не менее чем на 40 дБ ниже уровня основного сигнала, но не более 0.2 вт по абсолютному значению.</p>

3. Расчет анодного П - контура.

Большое влияние на линейность усилителя имеет величина анодной нагрузки лампы, в качестве которой в линейных усилителях используется настроенный контур, связанный с антенной. Контур является устройством, передающим высокочастотную энергию от усилителя к антенне. Неправильно рассчитанный или изготовленный контур резко снижает К.П.Д. усилителя особенно на высокочастотных диапазонах. Добротность контура должна быть максимально возможной и строго определенной, и не всякий готовый контур подойдет Вам. Поэтому к готовым заводским конструкциям надо подходить с критической точки зрения, а подойдет ли она. Конструктивная добротность ненагруженного контура должна быть не менее 250---450. В этом случае при включении его в схему усилителя достигается оптимальное значение добротности нагруженного на антенну контура. Хорошую фильтрацию высших гармоник и восполнение недостающей полувольты тока. Особенно это заметно на высокочастотных диапазонах. Эквивалентное сопротивление нагруженного и настроенного контура должно быть равно оптимальной величине сопротивления анодной нагрузки лампы усилителя. Ориентировочно, с приемлемой точностью, сопротивление анодной нагрузки лампового усилителя можно определить по формуле...

$$R_a = \frac{U_a}{1.57 I_a}$$

U_a = вольты. I_a = амперы. R_a = ом.

Это общеизвестная формула закона Ома, в которую введен эмпирический коэффициент использования лампы для режима **АВ**. Для использования в радиолюбительской практике она дает приемлемые результаты. Полученный результат округляется в сторону увеличения, и по приведенной таблице определяются величины анодного, антенного, конденсаторов и индуктивности катушек П-контура.

	MHz	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000	Ra
C1	3.5	420	315	252	210	180	157	126	114	
	7.0	190	143	114	95	82	71	57	52	
	14	93	70	56	47	40	35	28	25	
	21	62	47	37	31	27	23	19	17	
	28	43	32	26	21	18	16	13	12	
C2	3.5	2117	1176	1536	1532	1203	1079	875	862	
	7.0	942	783	670	583	512	451	348	341	
	14	460	382	326	283	247	217	165	162	
	21	305	253	216	187	164	144	109	107	
	28	210	174	148	128	111	97	72	70	
L1	3.5	5,73	7,46	9,17	10,86	12,53	14,19	17,48	19,18	
	7.0	3,14	4,09	5,03	5,95	6,86	7,77	9,55	10,48	
	14	1,60	2,08	2,56	3,03	3,49	3,95	4,88	5,33	
	21	1,07	1,39	1,71	2,02	2,34	2,64	3,25	3,56	
	28	0,77	1,01	1,24	1,46	1,69	1,91	2,34	2,57	

емкости в пикофарадах, индуктивность в микро генри

Таблица составлена для сопротивления нагрузки усилителя 50---75 ом.

Из таблицы видно, что оптимальное сопротивление анодной нагрузки лампового усилителя лежит в пределах от 2000 до 4000 ом. В этом случае емкости конденсаторов лежат в реальных величинах и их еще можно приобрести. Однако надо стремиться получить максимально-

возможное, оптимальное сопротивление анодной нагрузки для используемой лампы. Это особенно скажется на высокочастотных диапазонах увеличение К.П.Д. усилителя.

4. Особенности изготовления анодного контура.

От того, как Вы изготовите анодный контур, зависит половина успешной работы Вашего усилителя. Хорошей практикой установлено, что анодный контур широко диапазонного усилителя мощности, необходимо разбить на несколько катушек. Которые электрически связаны между собой, а индуктивную связь между ними имеют минимальную. В нашем случае анодный контур разбит на три части 1.9---7.0... 7.0---21.0... 28.0... и это неспроста, так как все три контура имеют разный диаметр каркаса, разный диаметр обмоточного провода, для достижения оптимальной расчетной индуктивности и ее добротности. Хорошей практикой выведены минимально допустимые диаметры обмоточных проводов и диаметров каркасов анодных контуров в зависимости от диапазона и мощности.

Мощность W	Диапазон MHz	Провод mm	Мощность W	Диапазон MHz	Провод mm
1000	28-21	4.0	150	1.8-3.5	1.0
1000	7.0-14.0	3.2	75	21-28	1.6
1000	1.8-3.5	2.6	75	7.0-14.0	1.0
500	21.0-28.0	3.2	75	1.8-3.5	0.64
500	7.0-14.0	2.0	25 или менее	21.0-28.0	1.0
500	1,8-3,5	1,6	25	14,0-7,0	0,5
150	21,0-28,0	2,0	25	1,8-3,5	0,3
150	7,0-14,0	1,6			

Еще раз обращаем Ваше внимание, что указанный диаметр провода минимально допустимый. Желательно увеличить указанные размеры в 1.5---2 раза для низкочастотных диапазонов.

От качества поверхности обмоточного провода в большой степени зависит добротность анодного контура. Особенно это сказывается на высокочастотных диапазонах 21 и 28 MHz. где недостаточная добротность контура не позволяет реализовать максимальный К.П.Д. усилителя. Идеальный случай, когда у Вас есть посеребренный провод, в случае его отсутствия не расстраивайтесь, есть выход. На диапазоны 1.8--3.5--7.0 можно контура намотать проводом ПЭЛ не трогая изоляцию, также можно поступить и с более высокочастотными диапазонами. Но, к сожалению, медные провода большого диаметра, становятся все большим дефицитом, и приходится использовать первые попавшиеся подходящие по диаметру провода. Для этого их необходимо соответствующим образом подготовить, т.е. если поверхность провода окислена и имеет шероховатости, его необходимо отполировать до зеркального блеска. Работа трудоемкая, но затраченное время на эту работу окупится сторицей, особенно на высокочастотных диапазонах. Это же следует сделать и с посеребренным проводом.

После окончательной настройки рекомендуется покрыть поверхность провода разведенным в спирте канифолью, клеем БФ-2 или аналогичным, чтобы защитить поверхность провода от окисления и грязи. Так же можно использовать медную шину, равную диаметру провода.

Максимальная добротность катушки индуктивности достигается при намотке контура, с шагом, равным диаметру обмоточного провода.

При очень низком сопротивлении анодной нагрузки лампы, меньше 250 ом, можно рекомендовать Вам использовать не перестраиваемые полосовые фильтры на каждый диапазон. Хотя это не очень хороший вариант использования лампового усилителя мощности. (Низкий К.П.Д.) .

Особо следует обратить внимание на изготовление контура на диапазон 28MHz. Его следует изготавливать с максимальным количеством витков и с минимально допустимым диаметром, эти, казалось бы, противоречивые требования легко реализуются. Мотать контур следует из максимально допустимого диаметра медного провода или еще лучше, медной трубки обработав ее поверхность, как было сказано выше.

5. Конструктивное выполнение анодного контура.

Катушка индуктивности с однорядной намоткой и воздушной изоляцией может быть рассчитана с приемлемой точностью по следующей формуле.

$$\frac{D^2 \times n^2}{45D + 100b} = L \text{ мкН}$$

L= индуктивность - мкН
D= диаметр каркаса - см
b= длина намотки - см
n= количество витков

Чтобы рассчитать количество витков по заданной индуктивности, использовать следующую формулу.

$$\sqrt{\frac{L(45D + 100b)}{D}} = n$$

Эти формулы позволяют с достаточной для практики точностью рассчитать, и пересчитать катушку индуктивности.

Было проведено много экспериментов с катушками индуктивности с целью определения наиболее конструктивно простой и вместе с тем наиболее эффективной конструкции. Было выяснено, что использование каркаса снижает общую добротность контура в полтора, два раза по отношению к бескаркасной намотке, по причине конструктивной емкости и типа материала каркаса. Самая лучшая оказалась бескаркасная намотка контура. Поэтому были выбраны две оптимальные конструкции.

1. В деревянной болванке необходимого диаметра делаются три, четыре паза, в которые вкладываются плексигласовые пластинки, которые выступают на удвоенный диаметр провода, и при намотке контура он методом сплавления закрепляет намоточный провод, с необходимым шагом. После намотки контура, обмотка снимается с болванки.
2. В плексигласовой пластине сверлятся два ряда отверстий с необходимым шагом и с требуемым по расчетам диаметром катушки. Заодно с ними, с тем же шагом сверлятся отверстия в двух полосках плексигласа, ширина этих полосок 10---15мм. Чем больше диаметр намоточного провода, тем они шире. На подходящей болванке наматывается необходимое по расчетам количество витков медного провода. Полученную спираль вкручивают в пластину и в две полоски с отверстиями так, что - бы они находились сверху и снизу пластины. После того как Вы вкрутили спираль во все отверстия пластины, необходимо промазать места соприкосновения провода с плексом клеем БФ-2 или аналогичным. После высыхания клея катушка приобретает необходимую прочность и стабильность. Для крепления катушки индуктивности необходимо оставить с двух сторон пластины хвосты, за которые с помощью стоек крепится контур на шасси усилителя. Контур на 28 мHz крепится с помощью монтажных диэлектрических стоек из керамики или фторопласта, за выводы контура т.к. они имеют необходимую механическую прочность, и это не сказывается на стабильности контура в процессе его работы в усилителе мощности.

Можно использовать готовые вариометры от промышленных радиостанций, проверив их по выше приведенной методике расчета.

6.0 конденсаторах

При выборе анодного конденсатора, переменной емкости П-контура, необходимо придерживаться следующих условий. Что бы избежать пробоя, достаточно знать, анодное напряжение и по приведенной таблице выбрать или оценить имевшийся у Вас конденсатор. Для подстраховки увеличить в полтора – два раза расстояние между пластинами.

Расстояние мм	Анодное Напряжение V	Расстояние мм	Анодное Напряжение V
0.4	1000	3.0	4500
0.5	1200	4.0	6000
0.75	1500	4.5	7000
1.3	2000	6.5	9000
1.8	3000	9.0	11000
2.0	3500	13.0	13000

При выборе антенного конденсатора переменной емкости надо исходить из того, что если выход усилителя нагружен на активное сопротивление порядка 50---750M и КСВ фидера не очень большим. 1.5...2.0 можно использовать переменные конденсаторы подходящей емкости от радиовещательных приемников. Обратив лишь только внимание на качество изоляции статорных пластин и токосъемы ротора. Желательно, чтобы изоляторы были керамические. Не желательно использовать конденсаторы, «подставки» для достижения необходимой расчетной емкости т.к. это усложняет схему коммутации и не всякий конденсатор выдержит большую мощность усилителя.

Обычные слюдяные конденсаторы серии КСО подходящей емкости и напряжения могут пропустить через себя мощность порядка **70 ватт на 28 MHz** и около **400 ватт на 3.5 MHz**.

Для этого следует использовать специальные, высокочастотные керамические конденсаторы, рассчитанные на большую реактивную мощность, типа K15Y-1 или аналогичные.

Нет ничего удивительного в том, что при неправильном выборе типа конденсаторов усилитель мощности не отдает расчетной выходной мощности на высокочастотных диапазонах, и эта разница достигает 30---50%.

Особо следует обратить внимание на качество и тип переходного анодного конденсатора т.к. этот конденсатор находится под высоким анодным и ВЧ напряжением. А так же он должен пропустить всю высокочастотную мощность в широком диапазоне частот и иметь хотя бы двух или трехкратный запас по напряжению и по реактивной мощности.

Для этого следует использовать одни из самых распространенных высокочастотных конденсаторов типа K15Y-1 или аналогичные от радиопередающих устройств.

Невыполнение этого требования ведет к резкому падению отдаваемой мощности на высокочастотных диапазонах. Минимальная емкость переходного конденсатора 1000 пф. или более, до 0.01пф в зависимости от сопротивления анодной нагрузки лампы

Таблица для выбора необходимого диаметра катушки индуктивности.

Диаметр катушки См	Витки на см	Индуктивность мкН	Диаметр катушки см	Витки на см	Индуктивность мкН
1,3	1,6(6,25) 2,4(4,1) 3,1(3,2) 3,9(2,5) 6,3(1,5) 12,6(0,8)	0,18 0,40 0,72 1,12 2,90 12,0	3,8	1,6 2,4 3,1 3,9 6,3	3,9 8,8 15,6 24,5 63,0
1,6	1,6 2,4 3,1 3,9 6,3 12,6	0,28 0,62 1,1 1,7 4,4 18	4,4	1,6 2,4 3,1 3,9 6,3	5,2 2,4 3,1 33,0 85,0
1,9	1,6 2,4 3,1 3,9 6,3 12,6	0,6 1,35 2,4 3,8 9,9 40,0	5,1	1,6 2,4 3,1 3,9 6,3	6,6 15,0 26,5 42,0 108,0
2,5	1,6 2,4 3,1 3,9 6,3 12,6	1,0 2,3 4,2 6,6 16,9 68,0	6,4	1,6 2,4 3,1 3,9	10,2 23,0 41,0 64,0
3,2	1,6 2,4 3,1 3,9 6,3	2,75 6,3 11,2 17,5 42,5	8,9	1,6 2,4 3,1 3,9	14,0 31,5 56,0 89,0

Пример...

нужно изготовить катушку индуктивности =1.1мкН

диаметр провода=4.0 мм

шаг намотки для достижения максимальной добротности равен диаметру провода т.е.4.0 мм

Выбираем подходящий для наших условий диаметр каркаса и смотрим

по таблице -витки- на см. т.е. где-то 1.6-2.4витка на см.а также индуктивность.

Если нужный диаметр и количество витков на см. приближенно соответствуют таблице, то выбираем этот диаметр, если нет, то ищем другой по таблице.

7. Об анодном дросселе.

От конструктивного исполнения этого элемента усилителя зависит очень много. К нему предъявляются противоречивые требования:

малые относительные геометрические размеры.

максимальная индуктивность

маленькая собственная емкость.

отсутствие собственного резонанса в пределах рабочего диапазона частот усилителя,

минимальное активное сопротивление для постоянного тока и вместе с тем максимальное для токов и напряжений ВЧ.

Казалось бы, противоречивые нереальные требования и их невозможно практически реализовать. Но был найден компромиссный вариант. В котором эти противоречивые требования реализованы.

Его характеристики.....

Максимально допустимый постоянный ток ---- 1.0 А

Индуктивное сопротивление на частоте....

----- 28MHz - 25k

----- 3.5MHz- 100k

Собственный резонанс----- ~12,5MHz

Собственная индуктивность ----- 110 --- 150 мкН

Сопротивление обмотки ----- 1.0 --- 1.4 оМ

Вместе с тем конструктивно он довольно таки просто выполняется.



Материал каркаса, ВЧ керамика или фторопласт, обмоточный провод ПЭЛ 0,5, зазор между обмотками ~2 – 3 мм.

Диаметр каркаса, не в ущерб электрическим характеристикам можно увеличить в полтора раза. Обмоточный провод ПЭЛ-0.5. После намотки, обмотка пропитывается клеем БФ-2. Блокировочный конденсатор на холодном конце дросселя обязательно должен быть слюдяным или керамическим с двойным рабочем напряжением.

Между холодным концом ВЧ дросселя и источником питания включить еще один дроссель с большой индуктивностью. Для предотвращения проникновения остатка ВЧ напряжения в источник анодного напряжения. Индуктивность этого дросселя не менее 2.0--3.0мН. Дроссель должен, быть рассчитан на рабочий ток лампы и более. Блокировочные конденсаторы, также должны быть слюдяными или керамическими с двойным рабочем напряжением. Не следует использовать высоковольтные конденсаторы от строчной развертки телевизоров, они имеют маленькую добротность и не могут успешно выполнять свои функции на частотах выше 1 MHz. Провод от источника анодного напряжения должен быть экранирован.

8. О выборе ламп для усилителя и их включении.

ГЕНЕРАТОРНЫЕ И МОДУЛЯТОРНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Генераторные лампы предназначены для генерирования и усиления электрических колебаний низких и высоких частот и находят широкое применение в радиосвязи, радиовещании, в промышленной электронике, атомной технике, в радиолокации, радионавигации и многих других областях техники.

Основными признаками для группировки генераторных ламп служат предельная рабочая частота и род работы.

По предельной рабочей частоте генераторные лампы подразделяются на следующие группы с присвоенными им буквенными обозначениями:

до 20 кГц — низкочастотные или модуляторные и регулирующие лампы непрерывного действия (ГМ, ГП);

до 30 МГц — длинноволновые и коротковолновые лампы непрерывного действия (ГК);

до 300 МГц — ультракоротковолновые лампы непрерывного действия (ГУ);

более 300 МГц — дециметровые и сантиметровые лампы непрерывного действия (ГС).

Кроме того, генераторные лампы классифицируются по максимальной мощности, длительно рассеиваемой анодом, назначению лампы (род работы) и виду охлаждения.

По мощности, длительно рассеиваемой анодом, генераторные лампы делятся

на маломощные — до 25 Вт,

средней мощности — до 1 кВт

и мощные — более 1 кВт.

По роду работы генераторные лампы можно разделить на следующие группы:

генераторные лампы для непрерывного режима работы;

импульсные генераторные лампы типа ГИ;

импульсные модуляторные лампы типа ГМИ.

Все импульсные лампы являются мощными высоковольтными приборами с большими токами в импульсе.

Таблица 60.2

Напряжение анода в импульсе, кВ	Ток анода в импульсе, А			
	до 10	от 10 до 50	от 50 до 100	более 100
До 1	ГИ-3, ГИ-22, ГИ-130М, ГИ-150, ГИ-11Б, ГИ-11БМ, ГИ-12Б, ГИ-13БМ, ГИ-41, ГИ-41-1, ГИ-45, ГИ-48, ГИ-49Б	—	—	—
От 1 до 10	ГИ-21Б, ГИ-25, ГИ-30, ГИ-31, ГИ-31Р, ГИ-53, ГИ-210, ГИ-66, ГИ-7Б, ГИ-7БТ, ГИ-17, ГИ-33Б, ГИ-38Б, ГИ-70Б, ГИ-70БТ, ГМИ-10, ГМИ-16, ГМИ-16Р, ГМИ-20, ГМИ-21, ГМИ-21-1	ГИ-46Б, ГМИ-6, ГМИ-26Б, ГМИ-11, ГМИ-27А, ГМИ-27Б	ГМИ-25А	—

Таблица 20.1 Классификация ламп по мощности и рабочей частоте

Максимальная мощность, рассеиваемая анодом	Предельная рабочая частота, МГц		
	до 30	от 30 до 300	более 300
До 25 Вт	—	ГУ-15, ГУ-17, ГУ-32, ГУ-32-В, ГУ-42, ГУ-63	ГС-4В, ГСС-11, ГС-11Р, ГС-13, ГС-14, ГС-19, ГС-21, ГС-20, ГС-22, ГС-25, ГС-29Б, ГС-30, ГС-32, ГС-34-2, ГС-37
От 25 Вт до 100 Вт	ГУ-13, ГП-1, ГП-3, ГП-5, ГП-8	ГУ-8, ГУ-18, ГУ-19-1, ГУ-29, ГУ-50, ГУ-64, ГУ-72	ГС-6Б, ГС-9Б, ГС-16Б, ГС-24Б, ГС-33Б, ГС-34-1, ГС-90Б
От 100 Вт до 1 кВт	ГК-71, ГМ-5Б, ПП-7Б, ГУ-60, ГУ-70, ГМ-100	ГУ-12А, ГУ-27Б, ГУ-33А, ГУ-33Б, ГУ-34Б, ГУ-34Б-1, ГУ-46, ГУ-48, ГУ-56, ГУ-69Б, ГУ-69П, ГУ-70Б, ГУ-74Б, ГУ-80, ГУ-81, ГУ-82Б	ГС-1Б, ГС-1Б-1, ГС-3Б, ГС-15Б, ГС-23Б, ГС-31Б, ГС-34, ГС-36Б, ГС-38Б, ГС-39Б, ГС-41Б, ГС-41Б-1
От 1 кВт до 10 кВт	ГУ-10А, ГУ-10Б, ГУ-89А, ГУ-89Б, ГМ-2А, ГМ-2Б, ГМ-3А, ГМ-3Б, ГМ-3П, ГМ-4Б, ГМ-51А	ГУ-5А, ГУ-5Б, ГУ-26А, ГУ-27А, ГУ-35Б, ГУ-36Б-1, ГУ-37Б, ГУ-39А, ГУ-39Б, ГУ-39П, ГУ-39Б-1, ГУ-39А-1, ГУ-39П-1, ГУ-40Б, ГУ-40Б-1, ГУ-43А, ГУ-43Б, ГУ-47А, ГУ-47Б, ГУ-58А, ГУ-58Б, ГУ-59А, ГУ-59Б, ГУ-71Б, ГУ-73Б, ГУ-73П, ГУ-75А, ГУ-75Б, ГУ-75П, ГУ-77Б, ГУ-78Б, ГУ-84Б, ГУ-86К	ГС-3А, ГС-7А, ГС-7Б, ГС-7А-1, ГС-7Б-1, ГС-17Б, ГС-18Б, ГС-35А, ГС-35Б

Для характеристики свойств и эксплуатационных режимов генераторных ламп применяются следующие параметры, термины и определения.

Ток катода — ток, равный алгебраической сумме токов всех других электродов лампы, измеренный в общей для всех электродов лампы цепи при определенных значениях напряжений на всех электродах лампы.

Ток эмиссии катода — ток с катода на соединенные вместе остальные электроды лампы (при номинальном напряжении накала и определенном напряжении на остальных электродах лампы).

Ток эмиссии катода в импульсе — среднее значение тока эмиссии катода за время действия импульса напряжения. Приложенного к соединенным вместе электродам лампы при номинальном значении напряжения накала.

Ток накала — ток, протекающий в цепи накала лампы в установившемся режиме при номинальном напряжении накала.

Ток накала пусковой — наибольшее значение тока накала во время включения холодной лампы.

Ток анода — ток, протекающий в цепи анода при номинальных напряжениях на остальных электродах лампы.

Ток анода в импульсе — значение амплитуды эквивалентного импульса тока, т. е. прямоугольного импульса, имеющего ту же длительность импульса и то же среднее значение амплитуды, что и данный импульс.

Ток сетки обратный — ток при отрицательном потенциале сетки относительно катода, обусловленный токами утечки, термоэлектронной, ионной и другими составляющими и равный их сумме.

Ток электрода — ток, создаваемый всеми свободными элементарными зарядами (электронами и ионами), попадающими на данный электрод или вылетающими из него, а также переменными магнитными полями, в которых находится электрод, и измеряемый непосредственно у вывода данного электрода.

Термоэлектронный ток сетки — ток, обусловленный потоком электронов, испускаемых сеткой вследствие ее нагревания и улавливаемых другими электродами лампы.

Ток сетки ионный (ионная составляющая тока сетки) — составляющая тока сетки, обусловленная ионами, попадающими на сетку. Обычно характеризует качество вакуума в лампе.

Ток анода ионный — составляющая тока анода, обусловленная ионами, попадающими на анод, имеющий потенциал относительно катода. Обычно характеризует качество вакуума в мощных генераторных лампах.

Ток утечки электрода — составляющая тока электрода, обусловленная активной проводимостью изоляции данного электрода относительно других электродов.

Напряжение запирающее (напряжение отсечки анодного тока) — напряжение первой сетки, при котором ток анода равен определенному значению. Обычно небольшому, которое характеризует запирающее действие сетки или свойства лампы в начале характеристики при номинальных значениях напряжений на остальных электродах.

Колебательная мощность (выходная мощность) — мощность, которую можно выделить в анодной цепи лампы при номинальном напряжении накала и наибольшем напряжении анода. Колебательная мощность определяется как разность между подводимой мощностью от источника питания и мощностью, рассеиваемой анодом. Если частота, на которой измеряется колебательная мощность, не указана в справочнике, то значение мощности относится к наибольшей рабочей частоте.

Мощность, рассеиваемая анодом, — мощность, выделяемая на аноде анодным током, без учета мощности, рассеиваемой другими электродами, подсчитывается как произведение анодного напряжения на анодный ток.

Мощность, рассеиваемая сеткой, — мощность, выделяемая на сетке ее током, подсчитывается как произведение тока сетки на напряжение сетки.

Выходная мощность в импульсе — среднее значение мощности, выделяемой в нагрузке за время импульса. Мощность в импульсе принимается равной произведению средней мощности, измеренной калориметрическим или другим методом, на скважность.

Скважность — отношение интервала времени между двумя импульсами к длительности импульса.

Коэффициент усиления — отношение приращения анодного напряжения к соответствующему приращению напряжения управляющей сетки при неизменном анодном токе и неизменных напряжениях на остальных электродах. Аналогично определяется коэффициент усиления относительно экранирующей сетки по управляющей и т. п.

Проницаемость сетки — отношение приращения напряжения сетки к соответствующему приращению напряжения анода при неизменном значении анодного тока

и неизменных напряжениях на других электродах (величина, обратная коэффициенту усиления).

Крутизна характеристики — отношение приращения тока анода в миллиамперах к соответствующему приращению напряжения управляющей сетки в вольтах.

Сопротивление изоляции электрода — сопротивление изоляции данного электрода по отношению ко всем остальным электродам при ненакаленном катоде.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Для охлаждения анодов генераторных ламп, рассеивающих значительные мощности, применяется принудительное охлаждение воздушное (В), водяное (А) или испарительное (П). Эти индексы и указываются в конце обозначения лампы (например, ГУ-5Б). Если вид принудительного охлаждения не указан, то лампа используется с естественным охлаждением. Модификации ламп, связанные с повышением надежности и улучшением эксплуатационных характеристик, имеют в конце обозначения буквы Р, В или индекс 1. Одинаковые лампы, имеющие конструктивное различное оформление для разных видов охлаждения, в справочнике объединены в группы.

Для удобства выбора генераторных ламп они приведены в сводной таблице по группам в зависимости от величины мощности, длительно рассеиваемой анодом, и диапазона частот, для которого предназначена та или иная лампа (табл. 20.1).

Импульсные генераторные и модуляторные лампы распределены по группам в зависимости от импульсного анодного напряжения и тока анода в импульсе (табл. 20.2).

Генераторные лампы для усиления низкой частоты — **модуляторные лампы** — применяются в модуляторах мощных передатчиков с амплитудной модуляцией, мощных усилителях низкой частоты, в мощных электронных стабилизаторах напряжения и других схемах. Эти лампы, как правило, используются в большинстве случаев с заходом в область положительных сеточных напряжений, т. е. с сеточными токами. Однако в этом случае сеточные токи относительно невелики и соответственно мощность, рассеиваемая на сетках, у этой группы ламп по сравнению с другими генераторными лампами также небольшая.

Генераторные лампы ультракоротковолнового и дециметрового диапазонов предназначены для генерирования и усиления колебаний СВЧ диапазона. Значительная группа этих ламп рассчитана на работу в схеме с общей сеткой, которая характерна высокой устойчивостью работы генераторов высокочастотных колебаний на триодах и устраняет необходимость нейтрализации проходной емкости. В схемах с заземленной сеткой выходной колебательный контур включен между сеткой и анодом. Выходной емкостью в этом случае является емкость между анодом и сеткой, а проходной — емкость между анодом и катодом. Так как генераторные лампы, предназначенные для работы в этих схемах, имеют, как правило, небольшую проницаемость, то возможно проходную емкость (между анодом и катодом) сделать достаточно малой, чем достигается устойчивая работа схемы на высоких частотах. Кроме того, эти лампы имеют обычно несколько выводов сетки для уменьшения индуктивности выводов. С той же целью выводы электродов генераторных ламп, предназначенных для УКВ и дециметрового диапазонов, делают коаксиальными.

Импульсные генераторные и модуляторные лампы используются в схемах импульсных СВЧ генераторов и импульсных модуляторов радиорелейных линий связи, радиолокационных станциях и других устройствах.

В качестве импульсных модуляторных ламп, как правило, используются тетроды, работающие при малом напряжении анода во время разряда накопительной емкости, а также не требующие больших сеточных напряжений для запираания ламп.

Надежность работы генераторных ламп во многом определяется правильным выбором режима работы и питающих напряжений, величиной мощности, рассеиваемой на аноде, и эффективностью охлаждения. Рассмотрим влияние этих факторов на работу генераторных ламп.

Напряжение на электродах генераторных ламп, особенно высоковольтных, не должно превышать предельных значений даже кратковременно, так как в процессе работы ламп возможно возникновение пробоев между электродами с высокой разностью потенциалов. Причинами пробоев могут быть ухудшение вакуума в лампе, вторичная эмиссия с деталей (в том числе с крепежных) и ухудшение изоляционных свойств внутри ламповых изоляторов. Особенно опасны пробои у спаев стекла с металлическими выводами электродов ламп, которые могут привести к разрушению ламп.

Напряжение накала генераторных ламп не должно превышать предельных значений, указанных в справочнике, так как это вызывает преждевременную потерю эмиссии и образование утечек по поверхности изоляторов вследствие интенсивного испарения активного покрытия катода. Например, увеличение температуры карбидированного вольфрамового катода

на 50° С (в диапазоне 1700° С) снижает срок службы мощных генераторных ламп в 2,5—3 раза. Эксплуатация ламп при напряжении накала ниже допустимого приводит к снижению эмиссии и искрению катода (при номинальном токоотборе).

Сопротивление холодного катода в генераторных лампах с вольфрамовыми и карбидированными катодами сильно отличается от сопротивления при рабочей температуре, поэтому пусковой ток накала катода может в 10 раз и более превышать нормальный. Такие большие пусковые токи создают значительные электродинамические усилия в катоде, которые могут разрушить его.

Если катод мощной генераторной лампы питается постоянным током, то вывод (и часть катода), по которому течет ток, равный сумме токов накала и катода, разогревается сильнее, чем вывод, по которому течет ток, равный разности этих токов. Поэтому необходимо периодически через 150—200 ч работы переключать выводы катода по отношению к источнику питания, в противном случае срок службы лампы существенно сокращается.

Многие параметры радиоэлектронной аппаратуры определяются стабильностью питающих напряжений. Для повышения стабильности и увеличения долговечности ламп при разработке схем рекомендуется применять автоматическую стабилизацию электрического режима и напряжений, питающих лампу.

Например, для передатчиков однополосных линий связи обязательно должны быть стабилизированы напряжения смещения и по возможности остальные питающие напряжения лампы, так как от этого существенно зависит линейность усиления.

Для генераторных ламп с экранирующей сеткой необходимо учитывать возможность возникновения динаatronного эффекта, приводящего к паразитной генерации или пробую. Поэтому в случае применения режимов с динаatronными токами необходимо либо осуществлять питание экранирующей сетки от отдельного источника с небольшим внутренним сопротивлением, либо применять делитель напряжения для питания экранирующей сетки.

Если генераторная лампа используется в усилителе звуковой частоты, усилителе видеочастоты, линейном усилителе высокой частоты, усилителе высокой частоты с сеточной модуляцией, рекомендуется применять фиксированное смещение на экранирующей и управляющей сетках. Если усилитель высокой частоты модулируется по экранирующей сетке, рекомендуется применять фиксированное напряжение на экранирующей сетке и напряжение автоматического смещения управляющей сетки.

Мощности, выделяемые на электродах, являются важнейшими параметрами, определяющими надежность и долговечность генераторных ламп. Превышение допустимой мощности, выделяемой на сетке, приводит к ее чрезмерному разогреву (из-за электронного бомбардирования), отчего повышается вероятность возникновения термоэмиссии с сетки. Особенно опасен перегрев управляющей сетки (даже кратковременный) в металлокерамических и других лампах, имеющих небольшие расстояния между электродами, так как он приводит к деформации сетки и короткому замыканию между электродами. Мощность, рассеиваемая на управляющей сетке при отсутствии динаatronного эффекта, приблизительно определяется по формуле

$$P_{C.I} \approx U_{0.I}/c,$$

где $U_{0.I}$ — напряжения возбуждения на сетке в импульсе; c — постоянная составляющая сеточного тока.

При расчете мощностей, рассеиваемых на экранирующей сетке, следует учитывать, что в схеме с общей сеткой существует электронная высокочастотная составляющая мощности. Обусловленная наличием высокочастотного потенциала экранирующей сетки относительно катода:

$$P_{C.I} = -5 \cdot U_{\text{возб}}^2 / c^2$$

где $U_{\text{возб}}$ — амплитуда напряжения возбуждения; c — первая гармоника импульса тока экранирующей сетки.

При превышении мощности, рассеиваемой анодом, вследствие его перегрева возникает опасность резкого ухудшения вакуума в лампе из-за выделения остаточных газов. Особенно часто превышение допустимой мощности, выделяемой на аноде генераторной лампы, возникает при перестройке генератора и при рассогласовании с нагрузкой, например антенной.

Поэтому указанные операции рекомендуется производить при пониженной (на 30—50 %) выходной мощности за счет снижения уровня питающих напряжений и напряжений возбуждения.

При выборе генераторной лампы по величине выходной мощности необходимо руководствоваться не максимальной мощностью, а выходной мощностью, указанной в качестве критерия долговечности. Необходимо учитывать также изменение мощности при колебаниях питающих напряжений. Рекомендуется иметь 20 — 30 %-ный запас по мощности от номинальной. Если использование ближайшей по мощности лампы нерационально, а менее

мощные лампы не дают требуемую величину мощности, то возможно применение параллельной или двухтактной схемы. При этих режимах работы необходимо применять лампы при колебательных мощностях ниже предельных, указанных в справочнике, особенно при использовании фиксированного смещения управляющей сетки. Для равномерного распределения нагрузки при параллельной работе ламп в цепь катода рекомендуется включать сопротивление для создания частичного автоматического смещения. Рабочая частота, на которой генераторные лампы могут надежно работать, не должна превышать величину, указанную в справочнике в качестве предельной, так как это ведет к следующим нежелательным явлениям:

1. Нарушается температурный режим лампы из-за возрастания высокочастотных потерь на электродах, баллоне и выводах электродов. Перегрев сетки и мест спаев стекла с металлом может привести к образованию местных механических натяжений, микротрещин, что вызывает потерю вакуума и выход лампы из строя. Общее количество тепла, выделяемого в спаях стекла с металлом и выводах электродов, пропорционально частоте в степени 2,5 и мгновенному значению квадрата разности потенциалов между анодом и сеткой.

2. Снижаются выходные параметры ламп (мощность и КПД) из-за увеличения угла пролета электронов.

3. Возрастает опасность самовозбуждения ламп из-за увеличения внутри ламповых связей.

Необходимый температурный режим работы генераторных ламп большой мощности и некоторых типов генераторных ламп средней мощности достигается при помощи одного из трех видов принудительного охлаждения — воздушного, водяного и испарительного.

Воздушное охлаждение — наиболее простое в эксплуатации и позволяет снижать температуру анода до 250° С. Применяя генераторные лампы с этим видом охлаждения, необходимо соблюдать следующие рекомендации.

Воздух для охлаждения должен быть сухим и чистым. Попадание в воздухопроводный канал воды или масла, оседающих на стекле, может вывести лампу из строя. Количество воздуха, подаваемого для охлаждения, должно быть не менее нормы, приведенной в справочнике для каждого типа лампы. Воздушный поток для охлаждения стеклянного баллона лампы и ножки должен направляться таким образом, чтобы температура стекла нигде не превышала 150° С и не создавалось зон с резкими перепадами температуры по поверхности стекла. При подаче воздуха для охлаждения от вентиляторов, расположенных в непосредственной близости от ламп, следует принимать особые меры для предохранения их от вибраций. Например присоединение воздухопроводов следует производить через гибкие соединения — мягкие резиновые или шелковые шланги и т. п.

Водяное охлаждение ламп в ряде случаев позволяет несколько увеличить мощность, рассеиваемую анодом, так как при этом виде охлаждения можно снизить температуру анода до 120° С. Мощные генераторные лампы с водяным охлаждением погружаются в бак с проточной охлаждающей водой. Расход воды на 1 кВт мощности, отводимой с поверхности анода, зависит от мощности лампы, ее конструкции и устройства бака и колеблется в пределах от 1 до 5 л/мин. Применяя генераторные лампы с водяным охлаждением, необходимо соблюдать следующие правила. Вода для охлаждения должна быть 4НСТqg и не содержать минеральных примесей. Охлаждение анодов рекомендуется производить дистиллированной водой. Вода с жесткостью, превышающей 0,17 г/л, и имеющая сопротивление меньше, чем 4 кОм на 1 см³, не должна употребляться. Для равномерного охлаждения анодов водяной поток, омывающий анод, должен быть направлен снизу вверх. При этом необходимо, чтобы плотность водяного потока вокруг всей рабочей поверхности анода была равномерной и не образовывалась воздушная подушка. Приток и отвод воды от заземленного участка трубопровода к охлаждаемым деталям лампы, находящимся под напряжением по отношению к земле, должны осуществляться по трубопроводам из изоляционного материала необходимой длины, с тем, чтобы водяной столб, помещенный в них, имел достаточно большое сопротивление и ток утечки был минимальным. Длину изолированного трубопровода обычно выбирают в зависимости от удельного сопротивления воды из расчета 0,3—0,6 м на 1 кВ напряжения.

Количество воды, подаваемой для охлаждения, должно быть достаточным и соответствовать нормам, указанным в справочнике для каждого типа лампы. Во избежание интенсивного образования накипи температура выходной воды не должна превышать 70° С.

Испарительное охлаждение, которое стали применять только в последние годы, отличается от водяного тем, что выделяемое анодом тепло идет в основном на испарение воды. Этот вид охлаждения более экономичен, так как перевод воды в паровую фазу требует большего количества тепла, чем ее нагревание от нормальной температуры до кипения. Для увеличения охлаждающей поверхности и улучшения ее смачиваемости водой радиатор анода лампы с испарительным охлаждением имеет конические зубцы. Во впадинах между зубцами

температура поверхности анода имеет наибольшую величину, и попавшая туда вода превращается в пузырьки пара, которые выбрасываются из углубления, уступая место воде, и т. д. Этот вид охлаждения позволяет отводить с 1 см² поверхности анода до 500 Вт мощности. При дальнейшем увеличении мощности образуется паровая пленка и ухудшается теплоотдача. Остальные требования при эксплуатации генераторных ламп с испарительным охлаждением аналогичны требованиям к эксплуатации генераторных ламп с водяным охлаждением,

Кроме указанных выше особенностей применения генераторных ламп необходимо соблюдать еще и следующие рекомендации по эксплуатации генераторных ламп:

Радиоустройства, в которых применяются генераторные лампы, должны предусматривать специальные устройства защиты генераторных ламп при аварийных состояниях аппаратуры (отсутствие охлаждения, значительное превышение допустимых токов и т. п.).

Следует предусмотреть, чтобы в случае отсутствия хотя бы одного из видов охлаждения отключились напряжения питания и их невозможно было включить. В системе охлаждения должны применяться гидроконтакты, реагирующие не на изменение давления, а на изменение расхода охлаждающей жидкости.

В цепях анода и сеток мощных генераторных ламп должны быть предусмотрены устройства, отключающие напряжения питания электродов при превышении максимальных значений токов в 2,5— 3 раза или ограничивающие ток разряда. В качестве таких устройств могут применяться:

- быстродействующие реле (время срабатывания — не более 100 мс), вызывающие отключение соответствующего источника питания или разрыв первичной обмотки питающего трансформатора (для установок промышленного типа мощностью не более 10—15 кВт);
- шунтирование ламп при пробое газоразрядными или другими приборами, обладающими малым внутренним сопротивлением; включение в анодную цепь ограничительного сопротивления, уменьшающего ток разряда.

Для предотвращения разрушения мощной генераторной лампы (мощностью более 15 кВт) при возникновении в ней разряда в случае использования источника питания с емкостным фильтром параллельно цепи анода необходимо устанавливать быстродействующую электронную защиту.

Во избежание перегрузок управляющей и экранирующей сеток схема защиты должна предусматривать одновременное снятие напряжения возбуждения и напряжения питания экранирующей сетки при отключении анодного напряжения. Необходимо также предусматривать изменения режимов ламп предварительных каскадов после срабатывания защиты выходного каскада.

2. Включение генераторной лампы в работу и подача напряжения на электроды должны производиться в следующей последовательности:

- после присоединения всех электродов включаются все виды охлаждения лампы и элементов аппаратуры;
- включается напряжение накала, при этом необходимо контролировать, чтобы пусковой ток не превышал величину, оговоренную в справочнике, или не превышал более чем в полтора раза номинальное значение (для генераторных ламп средней и большой мощности);
- включается напряжение, запирающее лампу.
- включается напряжение анода и экранирующей сетки лампы (плавно или ступенями в соответствии с указаниями по эксплуатации), при этом включение напряжения экранирующей сетки раньше, чем анода, категорически запрещается;
- включаются переменные напряжения (возбуждение или модуляция), и постоянные напряжения доводятся до номинальных величин.

Выключение лампы производится в обратном порядке.

Для того чтобы при снятии возбуждения постоянные напряжения не превышали предельно допустимых значений, рекомендуется их предварительно снижать в случае необходимости.

Принудительное охлаждение всех видов для генераторных ламп должно прекращаться только спустя 3—5 мин после выключения напряжения накала, если другое время не указано в технической документации на конкретный тип лампы.

Запрещается включать высокое напряжение анода и экранной сетки при включении напряжения накала, так как это может вывести лампу из строя из-за пробоя и разрушения катода.

3. Для улучшения вакуума и восстановления электрической прочности генераторных ламп в отдельных случаях применяется специальная тренировка, которую необходимо

проводить при первом включении лампы и при длительных перерывах (до 3 мес) в работе, а также периодически (1 раз в 3 мес.) при хранении, если это указано в паспорте, или этикетке на лампу. Тренировка, как правило, проводится в устройстве, в котором работает лампа. Лампа устанавливается в схему, и на нее в обычной последовательности подается напряжение накала и смещения. В этом режиме лампа выдерживается в течение 30 мин. Затем подаются напряжения на остальные электроды, равные приблизительно половине номинального их значения, из расчета, чтобы мощность, рассеиваемая на аноде и остальных электродах, составила 0,4—0,5 мощности в номинальном режиме.

По истечении 10—30 мин (в зависимости от размеров внутренней арматуры лампы) напряжение анода и остальных электродов плавно или ступенями доводится до номинального (с 5—10-минутной выдержкой на каждой ступени) и выдерживается не менее 30 мин. При появлении пробоев напряжение анода снижается до их прекращения и выдерживается в этом режиме 5—10 мин, после чего вновь повышается.

Такая тренировка проводится до исчезновения пробоев при полном рабочем анодном напряжении. Для предохранения лампы от повреждений в результате пробоев при тренировке в анодную цепь лампы включается обычно сопротивление, в несколько раз превышающее обычное ограничительное сопротивление.

4. Рабочее положение генераторных ламп, как правило, должно быть вертикальным, а для генераторных ламп средней и большей мощности это правило является обязательным.

5. В случаях соединения лампы с контуром генератора при работе с лампами в УКВ и КВ диапазонах необходимо установить надежный и равномерный электрический контакт по периметру внешней части электродов и выдержать соосность. Исключающую радиальное напряжение и изгибающие усилия в выводах и элементах крепления ламп. Кроме того, необходимо применять такую конструкцию анодного контура, которая исключала бы возникновение у диэлектрика баллона повышенной концентрации силовых линий высокочастотного поля в одном месте, так как появляющиеся в этих случаях местные перегревы могут вызвать его размягчение и «прокол» (нарушение вакуума). К такому же результату может привести плохое контактирование с выводами из-за перегрева спаев стекла с металлом.

Крепление генераторных ламп средней и большой мощности в аппаратуре должно производиться только за фланец анода, бачок или радиатор. Использовать для этой цели остальные выводы лампы запрещается, так как их конструкции, как правило, не рассчитаны на воздействие больших нагрузок.

6. Конструкцию элементов, непосредственно контактирующих с выводами лампы, следует выполнять таким образом, чтобы обеспечивать надежные электрический и тепловой контакты.

7. При эксплуатации генераторных ламп, особенно это, касается мощных ламп, следует помнить, что режим, при котором на лампу подано напряжение накала без токоотбора, является для катода более тяжелым по сравнению с нормальным рабочим режимом. Поэтому при перерывах в работе аппаратуры от 30 мин до 2 ч рекомендуется снижать напряжение накала на 15—20 % номинального значения. При более длительных перерывах напряжение накала рекомендуется выключать. После длительных перерывов в работе генераторную лампу следует вводить в режим постепенно, т. е. провести цикл тренировки.

8. При необходимости использования генераторных ламп, предназначенных для, непрерывной работы в импульсном режиме, можно исходить из следующих соображений: в интервале длительностей импульса от 0,1 мкс до 1 мс пересчет электрического режима работы ламп следует производить исходя из недопустимости превышения средних мощностей, рассеиваемых на электродах. При длительности импульса более 1 мкс пересчет может быть произведен только с учетом теплового разогрева за время прохождения импульса. Повышение постоянных напряжений на электродах генераторных ламп, предназначенных для работы в непрерывном режиме, относительно эксплуатационных значений в случае их использования в режиме с импульсной сеточной модуляцией не допускается.

9. При применении импульсных генераторных и модуляторных ламп категорически запрещается их использование в импульсных режимах, превышающих указанные в справочнике в качестве предельных, например уменьшение скважности или увеличение Длительности импульса при максимальном токе анода.

Производители ламп определяют максимальные величины, которые могут быть приложены к их продукции. Они публикуют средние величины своей продукции, которые обеспечивают хорошую эффективность и долгую жизнь лампы. Обычно превышение, какого либо режима лампы в 1,2--1,5 раза не очень сказывается на качестве работы усилителя. Просто срок службы лампы уменьшается, и она может отказать в самый неподходящий

момент. Для качественного усиления однополосного сигнала желательно использовать специально разработанные генераторные лампы и не брать что - то другое т.к. результаты могут быть плачевные. Хорошие результаты в схеме с заземленными сетками показали следующие типы ламп. ГУ-80. ГУ-13. ГК-71.ГУ-43. ГУ-74. ГС-1Б. ГИ-7Б. а также Г-811. ГУ-50. 6П45. ГУ-72. И т.д.

Рекомендуем Вам усилитель по схеме с **заземленными по ВЧ сетками**. т.к. это схемное решение наиболее экономически выгодно. снижает вероятность самовозбуждения. И с точки зрения устойчивости усилителя, эта схема более предпочтительна. Кроме того, вся мощность, которая приложена на вход усилителя поступает в антенну. Все считают, что для нормальной работы усилителя с заземленными сетками требуется большая мощность возбуждения, при правильной и корректной схеме усилителя, в зависимости от типа примененных ламп, мощность возбуждения усилителя колеблется от 10-12 до 25-30 ватт. Это схемное решение появилось после обзора литературы. Как радиолюбительской, так и технических описаний фирменных усилителей мощности ВЧ. Кроме того, на западе. и у нас существует правило. всякий товар должен быть сертифицирован, т.е. отвечать каким то техническим условиям и без этой сертификации его не допустят к продаже. и к эксплуатации. Ни одно наше радиолюбительское схемное решение не сертифицировано, Вы сами можете, убедиться в некачественной работе большинства наших радиолюбительских конструкций, послушав радиолюбительские диапазоны. Здесь сознательно не рассматриваются другие схемные решения т.к. они имеют свои плюсы и минусы.

Хорошая линейность усилителя с заземленной сеткой объясняется тем, что в его схеме осуществляется автоматически, отрицательная обратная связь по току. Величина обратной связи около бдб. Примерно на столько уменьшается уровень побочных излучений. Входное сопротивление усилительной лампы невелико, что так же увеличивает устойчивость усилителя (от нескольких десятков до сотен Ом). Следует учесть, что при параллельном включении нескольких ламп необходимо увеличивать и ток покоя. Вместе с тем изменение тока покоя, в какой то мере изменяет и входное сопротивление генераторной лампы. При параллельном включении нескольких ламп, так же, изменяется входное, и сопротивление анодной нагрузки в сторону уменьшения, что создает определенные трудности при реализации П-контура. Мощность раскачки также надо увеличивать.

Режимы некоторых генераторных ламп для усиления SSB сигнала по схеме с ОС.

Тип Лампы	Класс усиления	Ua V	Ug2 V	Ug1 V	Ja0 Ma	J a max ma V	Ампл. возб.	R in Ом	P in W	R a КОМ	P out W
ГУ-50.	В	1200	0	0	15	125	62	250	10	6	110
6П45С.	AB	600	175	-70	80	400	75	112	25	0,5	150
Г811.	В	1500	0	0	20	160	77	200	15	5	160
ГИ-7Б.	В	1000	0	-14	40	250	20	25	8	4,8	150
ГИ-7Б	В	2000	0	-28	40	250	40	50	14	4,8	300
ГУ74	AB	2000	300	-60	200	500	60	40	45	2,1	550

Проведя небольшой анализ таблицы, можно сделать вывод, что коэффициент усиления по мощности в среднем не превышает 10. Наименьший коэффициент имеет 6П45С около 6, а наибольший ГИ-7Б около 20

9. Источник питания.

Обычно для питания мощных каскадов используется бытовая сеть переменного напряжения. Колебания напряжения, в которой достигают большой величины, эти колебания недопустимы для нормальной работы усилителя мощности ВЧ. Компенсировать эти колебания можно несколькими путями.

Феррорезонансный стабилизатор.

Регулировочный автотрансформатор типа ЛАТР.

Отводы на первичной обмотке трансформатора питания.

10. Выбор магнитопровода трансформатора.

Магнитопроводы выпускаются следующих конструкций...

Броневой типа Ш или УШ.

Броневой витой из ленты разрезной. ШЛ.

Стержневой витой из ленты разрезной ПЛ.

Можно также использовать тороидальное железо от автотрансформаторов типа ЛАТР. Для наших целей нужны трансформаторы мощностью от 150 и выше ватт.

ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН, ПРИНЯТЫЕ В СПРАВОЧНИКЕ

- B — ширина (толщина) магнитопровода, мм;
 d — диаметр провода, мм;
 I_a, I_6, \dots — токи в секциях обмотки автотрансформатора, а;
 I_0 — выпрямленный ток, а;
 $I_{н.л}$ — ток накала ламп а;
 $I_{н.к}$ — ток накала кенотрона, а;
 I_{II} — ток вторичной обмотки трансформатора; для автотрансформатора ток, идущий в нагрузку, подключенную к основной обмотке, а;
 $I_{110}, I_{127}, I_{220}$ — ток, потребляемый трансформатором или автотрансформатором от электросети напряжением 110, 127 и 220 в соответственно, а;
 H — высота магнитопровода, мм;
 h_0 — высота окна магнитопровода, мм;
 $K_{ст}$ — коэффициент заполнения магнитопровода сталью;
 K_m — коэффициент заполнения окна магнитопровода медью;
 L — длина магнитопровода, мм;
 l — ширина стержня магнитопровода (среднего в броневом магнитопроводе), мм;
 l_0 — ширина окна магнитопровода, мм;
 $P_{ат}$ — габаритная мощность автотрансформатора, в а;
 P_T — габаритная мощность трансформатора, в а;
 S_0 — площадь окна магнитопровода, см²;
 $S_{ст}$ — полезная площадь сечения стали магнитопровода, см²;
 s — площадь сечения провода, мм²;
 U_0 — выпрямленное напряжение на входе фильтра, в;
 $U_{н.л}$ — напряжение накала ламп, в;
 $U_{н.к}$ — напряжение накала кенотрона, в;
 U_c — напряжение питающей электросети, в;
 U_{II} — напряжение вторичной обмотки трансформатора; для автотрансформатора — напряжение, поступающее на нагрузку, подключенную к основной обмотке, в;
 ω — число витков обмотки;
 δ — плотность тока в обмотках, а/мм²;
 η — к.п.д. трансформатора, автотрансформатора

НАЗНАЧЕНИЕ И СХЕМЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ ПИТАНИЯ

Трансформатор или автотрансформатор питания представляет собой составную часть почти всякого приемника, телевизора, усилителя, передатчика, магнитофона или иного радиоэлектронного аппарата, питаемого от электросети переменного тока.

С помощью трансформатора или автотрансформатора напряжение электросети преобразуется в напряжения других величин, необходимые для подачи на аноды кенотрона или на полупроводниковые вентили (германиевые, кремниевые или селеновые) и для накала ламп аппаратуры.

Трансформатор состоит из магнитопровода (сердечника) из листовой или ленточной трансформаторной стали, на котором расположены обмотки из медного провода.

Первичная обмотка.

Обмотка трансформатора, включаемая в электросеть, называется первичной обмоткой. Чем больше напряжение электросети, тем большее количество витков (при данном размере магнитопровода) должна иметь эта обмотка

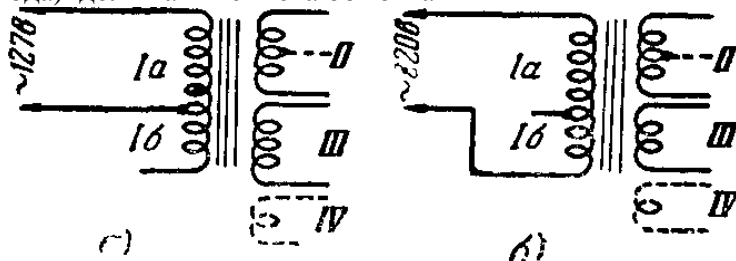


Рис. 1. Включение первичной обмотки трансформатора, состоящей из двух секций, на 127 и 220 в

Ia и Ib — секции первичной обмотки; II — вторичная повышающая обмотка. III и IV — обмотки накала

Обычно трансформаторы рассчитывают на включение в электросети с номинальными напряжениями 127 и 220 в, предусматривая при этом возможность нормальной их работы при напряжении сети 110 в. Кроме того, иногда предусматривается возможность нормальной работы трансформатора при повышении напряжения сети с 220 до 237 в.

Во всех этих случаях первичная обмотка состоит из нескольких секций (частей), различно соединяемых в зависимости от напряжения электросети (рис. 1—4).

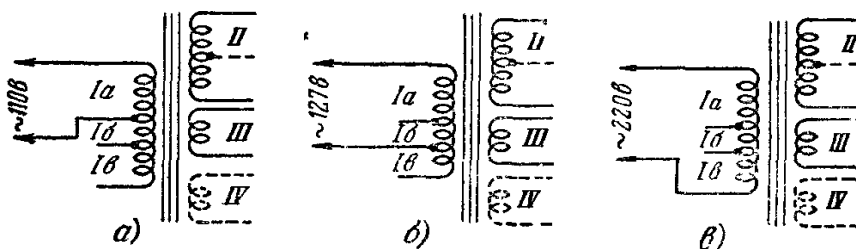
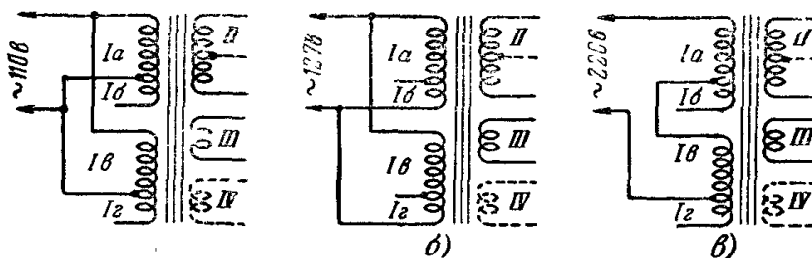


Рис. 2. Включение первичной обмотки трансформатора, состоящей из двух секций, на 110, 127 и 220 в.

Ia, Ib и Ic — секции первичной обмотки, II — вторичная повышающая обмотка, III и IV — обмотки накала.



а)

Рис. 3. Включение первичной обмотки трансформатора, состоящей из четырех секций, на различные напряжения

Ia и /в—секции первичной обмотки на 110 в, 16 и /г — секции первичной обмотки на 17 в,

II — вторичная повышающая обмотка

Иногда переключение секций по схемам, показанным на рис. 1 и 2, производят перестановкой плавкого предохранителя из одного держателя в другой.

Вторичные обмотки.

Так называют все остальные обмотки трансформатора. С одной из вторичных обмоток напряжение поступает на полупроводниковые вентили или на аноды кенотрона. Если напряжение обмотки больше напряжения электросети, то она называется повышающей. В случае кенотронного выпрямителя ее называют также анодной. Вторичная обмотка, напряжение которой используется для питания цепей накала электронных ламп, называется сокращенно обмоткой накала ламп. Чаще всего напряжение этой обмотки под нагрузкой составляет 6,3 в. Так как это напряжение меньше напряжения сети, то обмотку накала называют понижающей и имеют по несколько обмоток накала. Если переменный ток выпрямляется кенотроном, то трансформатор имеет обмотку для питания накала кенотрона (обмотка накала кенотрона). Трансформатор, питающий устройство на полупроводниковых приборах, обмоток накала не имеет. Трансформатор может иметь дополнительную обмотку, с которой напряжение подается на вентили выпрямителя, дающего напряжение фиксированного смещения. Иногда напряжение на эти вентили подают с части повышающей обмотки.

Экранирующая обмотка.

Для ослабления помех, которые могут проникать из электросети через емкость между первичной и вторичными обмотками трансформатора в питаемое им устройство, между этими обмотками обычно делают экран (экранирующую обмотку) в виде одного слоя изолированного провода или изолированной фольги. Один из концов экранирующей обмотки присоединяют к корпусу питаемого устройства, а другой остается свободным.

Коэффициент полезного действия трансформатора определяется как отношение суммы мощностей, снимаемых со всех его вторичных обмоток, к мощности, потребляемой первичной обмоткой от электросети. Полностью нагруженные трансформаторы имеют ориентировочно следующие к. п. д.

Коэффициент полезного действия трансформатора

в зависимости от мощности.

Мощность, снимаемая с трансформатора	К.П.Д. Трансформатора
10— 20	65—75
20— 50	70—80
50— 100	75—85
100—200	82—88
200—500	85—90
500—1 000	90—95

Коэффициент полезного действия недогруженных трансформаторов меньше.

Автотрансформатор

—это трансформатор, одна из обмоток которого составляет часть другой его обмотки. В автотрансформаторах питания приемников и телевизоров первичная обмотка представляет собой часть обмотки, с которой напряжение подается на вентили (случай, когда это напряжение должно быть больше напряжения электросети), или, наоборот, она представляет собой часть

первичной обмотки (когда напряжение, подаваемое на вентили, должно быть меньше напряжения электро сети). В первом случае автотрансформатор называют повышающим, а во втором — понижающим. По своей электрической схеме автотрансформатор подобен дросселю с одним или несколькими отводами (рис. 5, 6 и 7). В повышающем автотрансформаторе напряжение электросети подается на часть витков обмотки и снимается на вентили с концов обмотки. В понижающем автотрансформаторе напряжение подается на концы обмотки, а снимается с ее части. Обмотки накала в автотрансформаторе выполняются обычно изолированными от обмотки, соединяемой с электросетью.

Применение автотрансформаторов.

Автотрансформатор выпрямителя должен быть повышающим, если на входе фильтра выпрямителя нужно получить постоянное напряжение, превышающее напряжение сети в 1,1 или большее число раз в случае применения однополупериодной или мостовой схемы с селеновыми вентилями; в 1,25 или большее число раз в случае такой же схемы, но с германиевыми или кремниевыми вентилями;

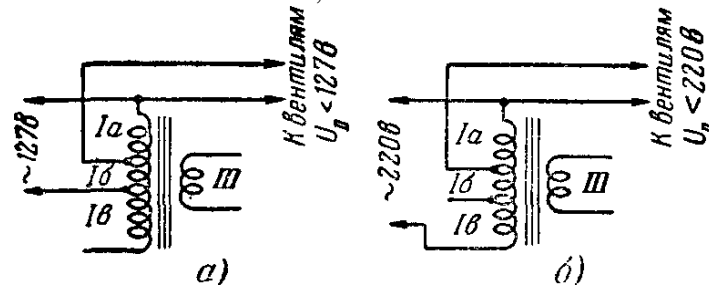


Рис. 5. Включение секций обмотки понижающего автотрансформатора на 127 и 220 в. 1а, 1б и 1в — секции общей обмотки; III — обмотка накала ламп.

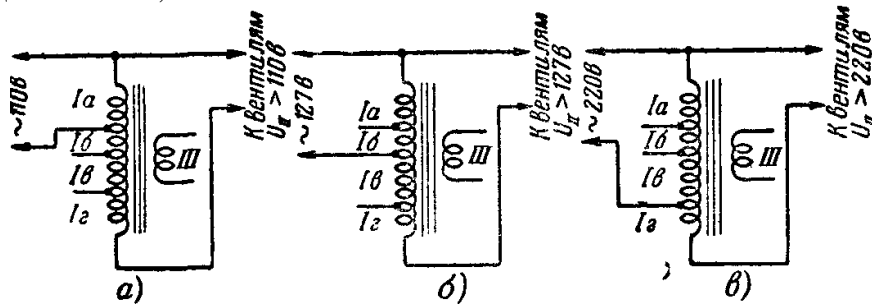


Рис. 6. Включение секций обмотки повышающего автотрансформатора на различные напряжения.

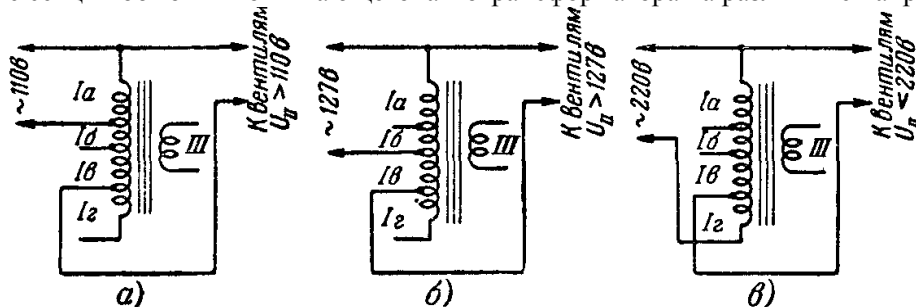


Рис. 7. Включение секций обмотки автотрансформатора, работающего как повышающий при напряжении электросети 110—127 и как понижающий, при напряжении электросети 220 в. 1а, 1б, 1в, а, б, в — секция общей обмотки; III — обмотка накала

в 2,2 или большее число раз в случае применения схемы удвоения напряжения с селеновыми вентилями; в 2,5 или большее число раз в случае схемы удвоения с германиевыми или кремниевыми вентилями,

При необходимости иметь меньшие выпрямленные напряжения (при использовании в выпрямителях тех же схем) автотрансформаторы должны быть понижающими.

Преимущество автотрансформатора перед трансформатором такой же мощности заключается в том, что размеры и вес магнитопровода автотрансформатора и общее число витков его обмоток меньше, чем у трансформатора, а к.п.д. значительно выше. Если напряжение, снимаемое с общей обмотки автотрансформатора, отличается от напряжения сети не более чем на 25%, а мощность, поступающая на нагрузку, более 50—70 Вт, то к.п.д. автотрансформатора практически можно считать близким к единице.

Основной недостаток автотрансформатора заключается в том, что устройство, питающееся от него, оказывается соединенным с электросетью. Поэтому ни одну из точек схемы устройства заземлять нельзя. Несоблюдение этого условия может привести к повреждению питаемого устройства током, проходящим из электросети в землю или к короткому замыканию электросети.

В трансформаторе первичная обмотка а, следовательно, и электросеть полностью изолированы от вторичных обмоток. Вследствие этого указанное ограничение для устройств с трансформаторами отсутствует.

МАГНИТОПРОВОДЫ

Материал для магнитопроводов.

Трансформаторы и автотрансформаторы имеют магнитопроводы, изготовленные из специальной листовой или ленточной электротехнической стали толщиной 0,35—0,5 мм.

Эти стали, содержат несколько процентов кремния и до 1% углерода. Кремний, служит для увеличения удельного сопротивления стали, что снижает потери на вихревые токи и на гистерезис и тем самым увеличивает к. п.д. трансформатора (автотрансформатора).

Для изготовления магнитопроводов трансформаторов и автотрансформаторов применяют преимущественно электротехнические стали марок ЭЭ1, ЭЭ2, ЭЭ1, ЭЭ2, ЭЭ10, ЭЭ20, ЭЭ30.

Первая цифра марки электротехнической стали, указывает средний процент содержания в ней кремния, вторая, характеризует электромагнитные свойства стали:

- 1—сталь с относительно большими потерями при частоте 50 Гц;
- 2— сталь с пониженными потерями;
- 3— с совсем малыми потерями;
- 4— с «нормальными» потерями при повышенной частоте (400 Гц).

Третья цифра марки стали «О» указывает на технологическую особенность ее производства — холоднокатаная (текстурированная) сталь.

Виды магнитопроводов.

Магнитопроводы изготавливаются следующих конструкций:

- 1. Броневые из Ш-образных пластин и замыкающих магнитную цепь прямоугольных пластин, штампованных из листовой электротехнической стали (рис 8,а, 9,а и табл. 1). Пластины собирают вперекрышку.
- 2. Броневые из пластин с просечкой, штампованных из такой же стали. Эти пластины представляют собой как бы одно целое из Ш-образных и прямоугольных пластин (рис. 8,б, 9,б и табл. 1)
- 3. Броневые витые разрезные (рис 8,а и табл. 2). Такие магнитопроводы изготавливают только в заводских условиях

На стальную оправку наматывают ленточную электротехническую сталь до требуемого размера заготовки магнитопровода. Затем ее пропитывают клеем БФ или иным. Слои ленты склеивают между собой под давлением при нагреве до температуры полимеризации клея. Полученное изделие разрезают поперек на две части, имеющие форму букв Ш. Их торцы тщательно шлифуют так, чтобы при обратном составлении их вместе между ними не было воздушного зазора

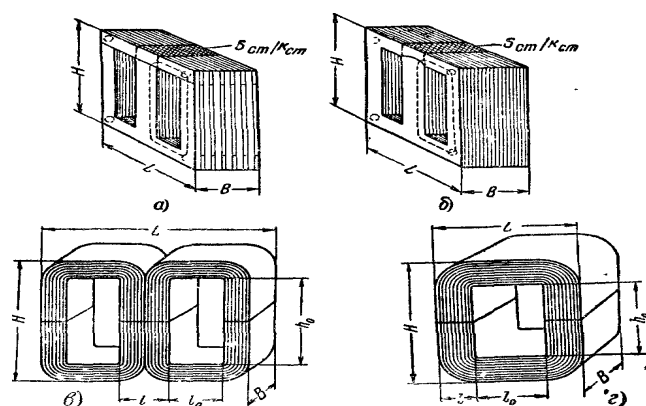


Рис. 8 Магнитопроводы

а --броневой типа Ш или УШ, собранный из штампованных пластин, б--то же из пластин типа Шпр, в -- броневой витой из ленты разрезной: г -- стержневой витой из ленты разрезной

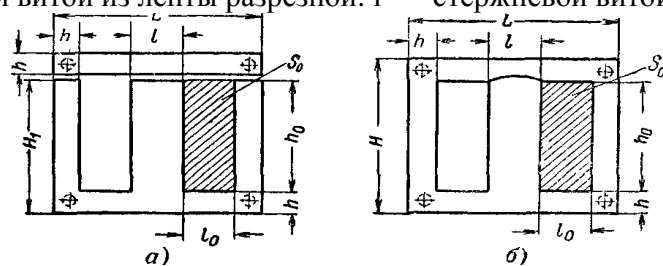


Рис. 9. Пластины для сборки броневых магнитопроводов.

а -- типов Ш, УШ, Я и УП, б -- типа Шпр

Броневые магнито

Тип магнитопровода	Габаритные размеры магнитопровода и пластин					Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}, см^2$	Размеры окна			Число пла- стин каж- дого типа в магнито- проводе	
	$L,$ мм	$H,$ мм	$H_1,$ мм	$h,$ мм	$B,$ мм		$l_0,$ мм	$h_0,$ мм	$S_0,$ см ²	Толщина пластины 0,35 мм	Толщина пластины 0,5 мм
Ш16×20	64	40	32	8	20	2,9	16	24	3,8	51	37
	64	56	48	8	20	2,9	16	40	6,4	51	37
Ш16×24	48	40	32	8	24	3,5	8	24	1,9	61	45
Ш16×25	64	40	32	8	25	3,6	16	24	3,8	63	47
	64	56	48	8	25	3,6	16	40	6,4	63	47
Ш16×32	48	40	32	8	32	4,6	8	24	1,9	83	60
	64	40	32	8	32	4,6	16	24	3,8	83	60
	64	56	48	8	32	4,6	16	40	6,4	83	60
Ш16×40	64	40	32	8	40	5,8	16	24	3,8	103	75
	64	56	48	8	40	5,8	16	40	6,4	103	75
Ш18×18	54	45	36	9	18	2,9	9	27	2,4	47	34
Ш18×27	54	45	36	9	27	4,4	9	27	2,4	70	51
Ш18×36	54	45	36	9	36	5,8	9	27	2,4	94	68
УШ19×19	67	57,5	45,5	12	19	3,2	12	33,5	4	49	36
УШ19×29	67	57,5	45,5	12	29	4,9	12	33,5	4	73	54
УШ19×38	67	57,5	45,5	12	38	6,5	12	33,5	4	98	72
Ш20×20	60	50	40	10	20	3,6	10	30	3,0	53	38
	80	50	40	10	20	3,6	20	30	6,0	53	38
	80	70	60	10	20	3,6	20	50	10	53	38
Ш20×25	80	50	40	10	25	4,5	20	30	6,0	65	47
	80	70	60	10	25	4,5	20	50	10	65	47
Шпр20×27	65	65	—	10	27	4,9	12,5	45	5,6	70	51

Таблица 1

провода из пластин

Габаритная мощность, ва,	Число витков первичной обмотки				Число витков вторич- ной обмотки			Плотность тока в обмотках b , a/mm^2
	на 220 в	на 127 в	на 110 в	на 17 в	на 1 в	на 6,3 в	на 5 в	
9—11	2 880	1 660	1 440	220	17	108	85	3,0—3,8
15—18	2 900	1 675	1 450	225	17	108	85	2,7—3,5
5—7	2 380	1 375	1 190	185	13,3	84	66	3,4—4,2
10—12	2 290	1 320	1 145	175	13	82	65	2,9—3,6
18—22	2 310	1 335	1 155	180	12,7	80	64	2,6—3,4
7—9	1 830	1 055	915	140	10,0	63	50	3,3—4,1
12—15	1 830	1 055	915	140	10,0	63	50	2,8—3,5
22—27	1 840	1 060	920	140	9,9	62	50	2,5—3,2
15—18	1 480	855	740	115	7,8	49	39	2,6—3,3
27—32	1 500	865	750	115	7,7	49	39	2,4—3,0
8—10	3 300	1 900	1 650	250	20,0	126	100	4,2—5,2
11—13	2 320	1 340	1 160	180	12,0	76	60	3,8—5,0
14—17	1 760	1 020	880	140	9,0	57	45	3,3—4,1
9,5—12	2 380	1 375	1 190	185	13,0	82	65	3,0—3,7
14—17	1 430	825	715	110	7,3	46	32	2,8—3,5
18—22	1 120	647	560	87	5,6	36	29	2,5—3,2
12—15	2 320	1 340	1 160	180	13,2	84	66	3,9—4,8
15—18	2 340	1 350	1 170	180	13,2	84	66	2,8—3,5
25—32	2 360	1 360	1 180	180	13,2	84	66	2,5—3,2
18—22	1 890	1 090	945	145	10,5	66	53	2,7—3,4
32—40	1 920	1 110	960	150	10,4	65	52	2,5—3,1
20—25	1 810	1 045	905	140	10,0	63	50	3,5—4,3

Тип магнитопровода	Габаритные размеры магнитопровода и пластин					Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}$, см ²	Размеры окна			Число пла- стин каж- дого типа в магнито- проводе	
	L , мм	H , мм	H_1 , мм	h , мм	B , мм		l_0 , мм	h_0 , мм	S_0 , см ²	Толщина пластины 0,35 мм	Толщина пластины 0,5 мм
Ш20×30	60	50	40	10	30	5,4	10	30	3,0	78	57
Ш20×32	80	50	40	10	32	5,8	20	30	6,0	83	60
	80	70	60	10	32	5,8	20	50	10	83	60
Ш20×40	60	50	40	10	40	7,2	10	30	3,0	104	75
	80	50	40	10	40	7,2	20	30	6,0	104	75
	80	70	60	10	40	7,2	20	50	10	104	75
Ш20×50	80	50	40	10	50	9	20	30	6,0	130	94
	80	70	60	10	50	9	20	50	10	130	94
Ш22×22	66	55	44	11	22	4,4	11	33	3,6	57	42
Ш22×33	66	55	44	11	33	6,6	11	33	3,6	86	63
УШ22×22	78	67	53	14	22	4,4	14	39	5,4	57	42
УШ22×33	78	67	53	14	33	6,6	14	39	5,4	86	63
УШ22×44	78	67	53	14	44	8,8	14	39	5,4	114	84
Ш25×25	100	62,5	50	12,5	25	5,6	25	37,5	9,4	65	47
	100	87,5	75	12,5	25	5,6	25	62,5	15,6	65	47
Ш25×32	100	62,5	50	12,5	32	7,2	25	37,5	9,4	83	60
	100	87,5	75	12,5	32	7,2	25	62,5	15,6	83	60
Ш25×40	100	62,5	50	12,5	40	9	25	37,5	9,4	104	75
	100	87,5	75	12,5	40	9	25	62,5	15,6	104	75
Ш25×50	100	62,5	50	12,5	50	11,3	25	37,5	9,4	130	94
	100	87,5	75	12,5	50	11,3	25	62,5	15,6	130	94
Ш25×63	100	62,5	50	12,5	63	14	25	37,5	9,4	163	118
	100	87,5	75	12,5	63	14	25	62,5	15,6	163	118

Продолжение табл 1

Габаритная мощность, ва	Число витков первичной обмотки				Число витков вторич- ной обмотки			Плотность тока в обмотках δ , a/mm^2
	на 220 в	на 127 в	на 110 в	на 17 в	на 1 в	на 6,3 в	на 5 в	
16—20	1 540	890	770	120	8,4	53	42	3,5—4,3
20—27	1 510	870	755	115	8,0	50	40	2,6—3,2
40—48	1 520	880	760	120	8,0	50	40	2,4—3,0
20—25	1 210	700	605	95	6,4	41	32	3,2—4,0
25—30	1 200	695	600	95	6,2	39	31	2,5—3,1
45—58	1 210	700	605	95	6,2	39	31	2,3—2,9
30—37	960	555	480	75	4,9	31	25	2,4—3,0
55—70	950	550	475	75	4,9	31	25	2,2—2,7
15—18	1 880	1 145	990	155	11,0	70	55	3,2—4,0
22—27	1 320	765	660	105	7,0	44	35	2,9—3,6
16—20	1 760	1 015	880	135	9,3	59	44	2,5—3,1
23—29	1 190	690	595	95	6,0	38	30	2,3—2,9
28—34	900	520	450	70	4,3	27	22	2,1—2,6
32—39	1 520	880	760	120	8,2	51	41	2,5—3,1
52—72	1 520	880	760	120	8,1	51	41	2,3—2,9
40—50	1 200	695	600	95	6,2	39	31	2,4—3,0
70—90	1 210	700	605	95	6,3	40	31	2,2—2,8
45—55	970	560	485	75	4,9	31	24	2,3—2,9
80—100	970	560	485	75	4,9	31	24	2,1—2,7
50—65	780	450	390	60	3,9	25	19	2,2—2,8
100—130	770	445	385	60	3,8	24	19	2,1—2,6
60—75	640	370	320	50	3,15	20	16	2,1—2,7
120—155	640	370	320	50	3,1	20	15,5	2,0—2,5

Тип магнитопровода	Габаритные размеры магнитопровода и пластин					Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}, см^2$	Размеры окна			Число пла- стин каж- дого типа в магнито- проводе	
	$L,$ <i>мм</i>	$H,$ <i>мм</i>	$H_1,$ <i>мм</i>	$h,$ <i>мм</i>	$B,$ <i>мм</i>		$l_0,$ <i>мм</i>	$h_0,$ <i>мм</i>	$S_0,$ <i>см^2</i>	толщина пластины 0,35 <i>мм</i>	толщина пластины 0,5 <i>мм</i>
УШ26×26	94	81	64	17	26	6,2	17	47	8	68	49
УШ26×39	94	81	64	17	39	9,3	17	47	8	102	73
УШ26×52	94	81	64	17	52	12,4	17	47	8	136	98
Ш28×28	84	70	56	14	28	7,1	14	42	5,9	73	53
Ш28×42	84	70	56	14	42	10,8	14	42	5,9	73	53
УШ30×30	106	91	72	19	30	8,1	19	53	10	78	57
УШ30×45	106	91	72	19	45	12,1	19	53	10	117	85
УШ30×60	106	91	72	19	60	16,2	19	53	10	154	113
Ш32×32	128	80	64	16	32	9,3	32	48	15,4	83	60
	128	112	96	16	32	9,3	32	80	25,6	83	60
Ш32×40	128	80	64	16	40	11,5	32	48	15,4	104	75
	128	112	96	16	40	11,5	32	80	25,6	104	75
Ш32×50	128	80	64	16	50	14,4	32	48	15,4	130	94
	128	112	96	16	50	14,4	32	80	25,6	130	94
Ш32×63	128	80	64	16	63	18	32	48	15,4	163	118
	128	112	96	16	63	18	32	80	25,6	163	118
Ш32×80	128	80	64	16	80	23	32	48	15,4	208	105
	128	112	96	16	80	23	32	80	25,6	208	105
Ш34×35	102	102	—	17	35	10,9	17	68	11,6	91	64
Ш34×52	102	102	—	17	52	16,4	17	68	11,6	136	98

Продолжение табл. 1

Габаритная мощность, ва	Число витков первичной обмотки				Число витков вторич- ной обмотки			Плотность тока в обмотках δ , а/мм ²
	на 220 в	на 127 в	на 110 в	на 17 в	на 1 в	на 6,3 в	на 5 в	
33—42	1 200	690	600	93	6,0	38	30	2,4—3,0
50—60	815	470	407	63	4,0	25,5	20	2,2—2,7
60—65	570	340	285	45	3,0	19	15	2,0—2,2
40—50	1 340	780	670	110	7,0	44	35	3,0—3,7
55—70	890	515	445	70	4,5	29	22	2,6—3,2
55—70	920	532	460	72	4,6	29	23	2,3—2,8
75—95	680	395	340	55	3,3	21	17	2,1—2,6
90—115	520	300	260	40	2,5	16	13	1,9—2,4
80—105	980	565	490	75	5,0	31	25	2,3—2,8
110—140	990	570	495	77	5,0	31	25	2,1—2,6
100—125	750	435	375	60	3,8	25	20	2,2—2,7
170—210	800	460	400	61	3,8	25	20	2,0—2,5
120—160	660	380	330	51	3,2	20	16	2,0—2,5
200—250	660	380	330	51	3,2	20	16	1,9—2,4
160—195	560	325	280	43	2,75	17,5	13,5	1,9—2,4
240—295	560	325	280	43	2,7	17	13,5	1,9—2,3
180—220	420	243	210	33	2,0	12,5	10	1,8—2,3
300—360	430	249	215	34	2,0	12,5	10	1,8—2,2
90—110	920	532	460	72	4,6	29	23	2,4—3,0
140—175	550	320	275	45	2,7	17	13,5	2,2—2,7

Тип магнитопровода	Габаритные размеры магнитопровода и пластин					Полезное сечение магнитопровода $S_{ст}, см^2$	Размеры окна			Число пла- стин каж- дого типа в магнито- проводе	
	$L,$ <i>мм</i>	$H,$ <i>мм</i>	$H_1,$ <i>мм</i>	$h,$ <i>мм</i>	$B,$ <i>мм</i>		$l_{о'},$ <i>мм</i>	$h_{о'},$ <i>мм</i>	$S_{о'},$ <i>см²</i>	толщина пластины 0,35 <i>мм</i>	толщина пластины 0,5 <i>мм</i>
УШ35×35	123	105,5	83,5	22	35	11,2	22	61,5	13,5	91	64
УШ35×52	123	105,5	83,5	22	52	16,8	22	61,5	13,5	136	98
УШ35×70	123	105,5	83,5	22	70	22,4	22	61,5	13,5	182	128
Ш35×35	130	105	87,5	17,5	35	11,2	30	70	21	91	64
Ш35×45	130	105	87,5	17,5	45	14,4	30	70	21	118	85
УШ40×40	144	124	98	26	40	14,5	26	72	18,7	104	75
УШ40×60	144	124	98	26	60	21,7	26	72	18,7	156	112
УШ40×80	144	124	98	26	80	29	26	72	18,7	208	150
Ш40×40	160	100	80	20	40	14,4	40	60	24	104	75
	160	140	120	20	40	14,4	40	100	40	104	75
Ш40×50	160	100	80	20	50	18	40	60	24	130	94
	160	140	120	20	50	18	40	100	40	130	94
Ш40×63	160	100	80	20	63	23	40	60	24	163	118
	160	140	120	20	63	23	40	100	40	163	118
Ш40×80	160	100	80	20	80	29	40	60	24	208	150
	160	140	120	20	80	29	40	100	40	208	150
Ш40×100	160	100	80	20	100	36	40	60	24	260	188
	160	140	120	20	100	36	40	100	40	260	188

Продолжение табл 1

Габаритная мощность, ва	Число витков первичной обмотки				Число витков вторич- ной обмотки			Плотность тока в обмотках δ , a/mm^2
	на 220 в	на 127 в	на 110 в	на 17 в	на 1 в	на 6,3 в	на 5 в	
100—120	720	415	360	55	3,5	22	17,5	2,1—2,6
135—170	496	286	248	38	2,35	15	12	1,9—2,4
170—210	364	210	182	28	1,7	11	8,5	1,8—2,2
180—220	840	485	420	65	3,95	25	20	1,9—2,3
220—270	620	358	310	48	3,0	19	15	1,7—2,1
170—210	560	325	280	45	2,7	17	13	1,9—2,3
250—300	390	225	195	30	1,8	11,5	9	1,8—2,2
310—380	300	174	150	24	1,41	9	7	1,7—2,1
190—240	660	380	330	50	3,3	21	16,5	2,0—2,5
300—375	670	387	335	52	3,3	21	16,5	1,8—2,3
240—300	530	305	265	40	2,6	17	13	1,9—2,4
350—450	540	312	270	42	2,6	17	13	1,8—2,2
280—350	440	255	220	35	2,2	14	11	1,8—2,3
430—540	450	260	225	35	2,2	14	11	1,7—2,1
340—430	316	182	158	24	1,5	9,5	7,5	1,8—2,2
530—660	322	186	161	25	1,5	9,5	7,5	1,6—2,0
400—500	260	151	130	21	1,25	8	6	1,7—2,1
650—800	266	156	133	23	1,25	8	6	1,5—1,9

Витые броневые

Тип магнитопровода	Габаритные размеры			Полезное сечение магнито-провода $S_{ст},$ $см^2$	Размеры окна		
	$L,$ $мм$	$H,$ $мм$	$B,$ $мм$		$l_0,$ $мм$	$h_0,$ $мм$	$S_0,$ $см^2$
ШЛ16×20	64	56	20	2,9	16	40	6,4
ШЛ16×25	64	56	25	3,6	16	40	6,4
ШЛ16×32	64	56	32	4,6	16	40	6,4
ШЛ20×20	80	70	20	3,6	20	50	10,0
ШЛ20×25	80	70	25	4,5	20	50	10,0
ШЛ20×32	80	70	32	5,7	20	50	10,0
ШЛ20×40	80	70	40	7,2	20	50	10,0
ШЛ25×25	100	87,5	25	5,6	25	62,5	15,6
ШЛ25×32	100	87,5	32	7,2	25	62,5	15,6
ШЛ25×40	100	87,5	40	9,0	25	62,5	15,6
ШЛ25×50	100	87,5	50	11,2	25	62,5	15,6
ШЛ32×32	128	112	32	9,2	32	80	25,6
ШЛ32×40	128	112	40	11,5	32	80	25,6
ШЛ32×50	128	112	50	14,4	32	80	25,6
ШЛ32×64	128	112	64	18,4	32	80	25,6
ШЛ40×40	160	140	40	14,4	40	100	40,0
ШЛ40×50	160	140	50	18,0	40	100	40,0
ШЛ40×64	160	140	64	23,0	40	100	40,0
ШЛ40×80	160	140	80	28,8	40	100	40,0

$$W = \frac{10^8 \cdot U_6}{(4,44 \cdot f) \cdot S \cdot 10^4}$$

см²

Таблица 2

магнитопроводы

Габаритная мощность, ва	Число витков первичной обмотки				Число витков вторич- ной обмотки			Плотность тока в об- мотках δ , а/мм ²
	на 220 в	на 127 в	на 110 в	на 17 в	на 1 в	на 6,3 в	на 5 в	
15—20	2 200	1 270	1 100	170	12	78	60	1,7—2,2
18—25	1 900	1 100	950	150	10,2	65	51	2,0—2,5
25—30	1 430	825	715	110	7,4	47	37	2,4—3,0
35—45	1 800	1 040	900	140	9,7	61	49	2,15—2,7
45—55	1 450	840	725	115	7,5	48	37	2,15—2,7
60—75	1 140	660	570	90	5,8	37	39	2,15—2,7
70—85	990	572	495	77	5,0	32	25	2,1—2,6
100—125	1 280	740	640	100	6,7	42	33	2,0—2,5
120—150	970	560	485	75	4,9	31	24	1,9—2,4
150—190	780	450	390	60	3,9	25	19	1,8—2,3
180—230	650	375	325	50	3,2	20	16	1,7—2,2
250—310	800	462	400	62	4,0	25	20	1,8—2,3
300—380	620	358	310	48	3,0	19	15	1,75—2,2
390—490	510	295	255	40	2,5	16	12,5	1,7—2,1
450—580	396	230	198	31	1,9	12	9,5	1,6—2,0
550—690	506	292	253	39	2,5	16	12,5	1,6—2,0
670—850	408	236	204	32	2,0	12,5	10	1,5—1,9
800—1000	314	181	157	24	1,5	9,5	7,5	1,4—1,8
950—1200	250	145	125	20	1,2	7,5	6,0	1,4—1,8

Стержневые ленточные

Тип магнитопровода	Габаритные размеры			Полезное сечение магнито-провода $S_{ст},$ $см^2$	Размеры окна		
	$L,$ $мм$	$H,$ $мм$	$B,$ $мм$		$l_0,$ $мм$	$h_0,$ $мм$	$S_0,$ $см^2$
ПЛ12,5×16-25	41	50	16	1,77	16	25	4,0
ПЛ12,5×16-32	41	55	16	1,77	16	32	5,1
ПЛ12,5×16-40	41	65	16	1,77	16	40	6,4
ПЛ12,5×16-50	41	75	16	1,77	16	50	8,0
ПЛ12,5×25-30	45	55	25	2,76	20	30	6,0
ПЛ12,5×25-40	45	65	25	2,76	20	40	8,0
ПЛ12,5×25-50	45	75	25	2,76	20	50	10,0
ПЛ12,5×25-60	45	85	25	2,76	20	60	12,0
ПЛ16×32-40	57	72	32	4,54	25	40	10,0
ПЛ16×32-50	57	82	32	4,54	25	50	12,5
ПЛ16×32-65	57	97	32	4,54	25	65	16,3
ПЛ16×32-80	57	112	32	4,54	25	80	20,0
ПЛ20×40-50	72	90	40	7,10	32	50	16,0
ПЛ20×40-60	72	100	40	7,10	32	60	19,2
ПЛ20×40-80	72	120	40	7,10	32	80	25,6
ПЛ20×40-100	72	140	40	7,10	32	100	32,0
ПЛ25×50-65	90	115	50	11,1	40	65	26,0
ПЛ25×50-80	90	130	50	11,1	40	80	32,0
ПЛ25×50-100	90	150	50	11,1	40	100	40,0
ПЛ25×50-120	90	170	50	11,1	40	120	48,0
ПЛ32×64-80	114	144	64	18,2	50	80	40,0
ПЛ32×64-100	114	164	64	18,2	50	100	50,0
ПЛ32×64-130	114	194	64	18,2	50	130	65,0
ПЛ32×64-160	114	224	64	18,2	50	160	80,0

Таблица 3

витые магнитопроводы

Габаритная мощность, ва	Число витков первичной обмотки				Число витков вторич- ной обмотки			Плотность тока в об- мотках δ , a/mm^2
	на 220 в	на 127 в	на 110 в	на 17 в	на 1 в	на 6,3 в	на 5 в	
10—12 12—15 14—18 16—20	3 410	1 960	1 705	255	20,6	136	103	3,6—4,5
20—25 25—32 32—40 40—50	2 220	1 280	1 110	170	12,3	77	61	3,2—4,0
50—62 65—80 80—100 105—130	1 290	745	645	100	6,7	42	33	2,8—3,5
130—160 160—200 200—250 250—310	832	480	415	65	4,2	26	21	2,8—3,5
300—380 360—450 440—550 550—680	552	319	276	43	3,0	19	15	2,7—3,4
700—900 900—1100 1000—1250 1300—1600	332	192	166	26	1,6	10	8	2,4—3,0

4. Стержневые витые разрезные (рис. 8,з и табл. 3).

Технология их изготовления аналогична технологии броневых витых магнитопроводов. Стержневой магнитопровод состоит из двух П-образных частей.

Роль изоляции между пластинами.

Магнитопроводы изготавливают «слоистыми» — из листовой или ленточной стали для того, что - бы увеличить их сопротивление возникающим в них вихревым токам.

В магнитопроводах из пластин это достигается тем, что поверхность каждой из них покрыта тонкой пленкой окиси, обладающей плохой электропроводностью. Применение пластин, покрытых слоем изоляционного лака или оклеенных папиросной бумагой, практически не дает заметного уменьшения потерь на вихревые токи. После окончания сборки трансформатора части магнитопроводов плотно стягивают между собой скобами. Если пластины, из которых собран магнитопровод, имеют отверстия, то его стягивают болтами, пропущенными сквозь эти отверстия. Чтобы не увеличивать потери на вихревые токи, болты изолируют от пластин втулками из бумаги или иного материала.

Обозначение пластин.

Обозначение типа Ш-образной пластины состоит из буквы Ш - или букв -УШ - и числа, выражающего ширину ее среднего стержня в миллиметрах (например, Ш-16, УШ-16). Обозначение типа прямой замыкающей пластины, состоя из буквы, -Я- или букв -УП- (к пластина УШ) и такого же числа, какое имеется в обозначении типа комплектной к ней Ш-образной пластины. Пластины с просечкой обозначают буквами -Шпр-. Число в обозначении их типа имеет такое же значение, как и в обозначении пластин типа -Ш-. Ширина каждого из боковых стержней пластины типа УШ, а также ширина комплектной к ней замыкающей пластины типа -УП- составляет примерно 2/3 от ширины среднего стержня; ширина боковых стержней пластин типов-Ш- и -Шпр- и комплектных к пластинам типа -Ш- пластин типа Я обычно составляет половину ширины среднего стержня. Пластины типа -Ш- при одинаковой ширине стержней изготавливаются с окнами различной высоты- h_0 - и ширины- l_0 .

Обозначения магнитопроводов.

Обозначение броневых магнитопроводов из Ш-образных пластин состоит из обозначения типа этих пластин, знака умножения и числа, выражающего толщину магнитопровода в миллиметрах. Так, например, магнитопровод из пластин типов Ш-25 и Я-25, имеющий толщину 40 мм, обозначают Ш-25Х40.

Обозначение витого разрезного броневых магнитопроводов состоит из букв-ШЛ-, (первые буквы слов: -Ш-Образный и ленточный) и двух разделенных знаком умножения чисел, первое из которых указывает ширину среднего стержня I , а второе—толщину магнитопровода 5 в миллиметрах.

Обозначение витого стержневого разрезного магнитопровода состоит из букв -ПЛ- и трех чисел, первое из которых указывает ширину стержня I , второе—толщину магнитопровода -В- и третье высоту окна - h -. Все размеры в миллиметрах.

Площадь сечения магнитопровода.

Вследствие того, что на поверхности пластин имеется оксидная пленка или иная изоляция между пластинами, или слоями ленты, а также из-за невозможности совершенно плотно уложить пластины или намотать ленту, полезная площадь сечения магнитопровода $S_{ст}$ всегда меньше произведения ширины стержня I на его толщину -В-. Отношение $S_{ст} / IВ$ называют коэффициентом заполнения по стали; он обозначается -К_{ст}-. Для пластин различной толщины ориентировочные его значения приведены в табл. 4. Если пластины деформированы, то коэффициент заполнения по стали меньше. Площадь сечения $S_{ст}$ и веса, указанные в табл. 1, относятся к магнитопроводам из пластин толщиной 0,35 мм, не покрытых лаком и не оклеенных бумагой. В табл. 2 и 3 приведены полезные площади сечения $S_{ст}$ и веса витых магнитопроводов из ленты такой же толщины; при этом $K_{ст} \sim 0.9$. Площадь окна S_0 магнитопровода определяется как произведение его ширины - l_0 - на высоту h_0

Таблица 4

Коэффициенты заполнения магнитопроводов по стали			
Толщина пластины <i>мм</i>	Коэффициент заполнения		
	пластины со слоем окиси	пластины, покрытые слоем лака ¹	пластины, оклеенные папиросной бумагой
0,1	0,7	0,65	—
0,2	0,85	0,76	—
0,35	0,91	0,86	0,83
0,5	0,94	0,92	0,88

¹ При толщине слоя около 10 мк.

РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ ПИТАНИЯ

Исходные данные для расчета

Таковыми являются, действующие значения напряжений и токов, которые нужно получить от трансформатора (автотрансформатора), и номинальные напряжения электросети, от которых он должен будет работать.

Конечные результаты расчета.

Путем расчета нужно получить габаритные размеры трансформатора (автотрансформатора), определяемые площадью сечения магнитопровода S_{ct} и площадью его окна S_o , числа витков его обмоток (w_1 , w_{11} и т. д.) и диаметры проводов d_1 , d_{11} и т. д.

Габаритная мощность.

Размеры магнитопровода должны быть тем больше, чем больше габаритная (типовая) мощность трансформатора. Она выражается в вольт амперах, то есть представляет собой «кажущуюся мощность». Определяется она как полу сумма кажущихся мощностей всех обмоток трансформатора (первичной и вторичных). Кажущаяся мощность каждой из обмоток определяется как произведение действующих значений в ней ток в амперах и э. Д. С. в вольтах.

Если трансформатор работает на выпрямитель, собранный по мостовой схеме или по схеме с удвоением напряжения (а также для случая трансформатора накала), то при полной нагрузке вторичных обмоток мощность, поступающая в первичную обмотку, примерно равна габаритной мощности. В случае же работы трансформатора на выпрямитель, собранный по двухполупериодной двух плечевой схеме, то есть по однополупериодной схеме, габаритная мощность трансформатора больше мощности, поступающей из сети в первичную обмотку. Габаритная мощность автотрансформатора, как правило, меньше мощности, потребляемой им от электросети. Она тем меньше, чем меньше отношение напряжения сети к снимаемому напряжению. Применение автотрансформатора особенно выгодно, когда от него нужно получить напряжение, близкое по величине к напряжению питающей электросети. В этом случае габаритная мощность автотрансформатора значительно меньше габаритной мощности, чем трансформатора такого же назначения.

Требуемые габаритные мощности трансформаторов и автотрансформаторов для выпрямителей можно вычислять по формулам, приведенным в табл. 5. Для случая полупроводникового выпрямителя на селеновых вентильях, если они полностью используются по току, при расчете следует использовать в формулах большие. Для случая выпрямителя на германиевых или кремниевых вентильях (и на селеновых вентильях при недогрузке их по току) меньшие численные коэффициенты. При расчете габаритной мощности автотрансформатора, предназначенного для работы от электросетей с различными напряжениями, в формулу нужно подставлять наименьшее напряжение сети. В случае повышающего автотрансформатора (например, величину 110 в для схемы на рис. 6) и наибольшее в случае понижающего. Если

автотрансформатор при напряжении сети 220 в (или 127 в) работает как понижающий, а при меньших напряжениях сети как повышающий (рис. 7), то нужно вычислить габаритную мощность, как для наибольшего, так и для наименьшего номинального напряжения сети и из полученных двух величин выбрать наибольшую.

Чем больше площадь полезного сечения магнитопровода $S_{ст}$ и площадь его окна S_o , тем больше габаритная мощность трансформатора (автотрансформатора), который можно изготовить на данном магнитопроводе.

Габаритная мощность трансформатора (автотрансформатора) зависит также от температуры, до которой может быть допущен его нагрев, а последний тем сильнее, чем больше плотность тока -б- в обмотках. Для трансформаторов или автотрансформаторов с обмотками из проводов марок ПЭЛ, ПВО, ПБД, ПШД, ПЭЛШО и ПЭЛШД температура нагрева не должна превышать 100°С, а с обмотками из Проводов с теплостойкой изоляцией марок ПЭВ и ПЭТ— 126° С.

Перегрев трансформаторов и автотрансформаторов.

Температура, до которой нагревается трансформатор (автотрансформатор), равна сумме температур окружающего воздуха и перегрева, т. е. температура перегрева характеризует превышение температуры трансформатора над температурой окружающего воздуха при длительной работе на нагрузку. В табл. 1, 2 и 3 указаны по два значения габаритной мощности и по два значения плотности тока в обмотках для магнитопроводов типовых размеров, выпускаемых отечественной промышленностью. Это габаритные предельные мощности, которые можно получить при намотке трансформаторов проводами ПЭЛ, ПЭВ, ПЭТ любого диаметра и ПБД диаметром более 1 мм. При использовании проводов ПШД, ПЭЛШО, ПЭЛШД и подобных им, имеющих при тех же диаметрах жилы более толстую изоляцию, габаритные предельные мощности будут меньше. Меньшие из указанных предельных мощностей и плотностей токов соответствуют перегреву не более 35°С, а большие—перегреву около 50°С.

Если трансформатор будет хорошо охлаждаться окружающим воздухом (смонтирован на открытой панели), то можно принять большие плотности тока в обмотках и соответственно иметь большие габаритные мощности. Тогда при температуре воздуха 25°С трансформатор при длительной работе будет нагреваться до температуры $25+50=76^{\circ}\text{C}$.

Формулы для расчета параметров трансформаторов и автотрансформаторов

Тип выпрямителя	Параметры трансформатора, автотрансформатора	Схема выпрямителя			
		Однополупериодная	Двухполупериодная		С удвоением напряжения
			двуплечая	мостовая	
Полупроводниковый	Габаритная мощность трансформатора	$(2,2 \div 2,5) U_0 I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$	$(2,0 \div 2,2) U_0 I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$	$(1,6 \div 1,8) U_0 I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$	$(1,6 \div 1,8) U_0 I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$
	автотрансформатора повышающего	$2,8 [(0,8 \div 0,9) U_0 - U_c] I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$	—	$2 [(0,8 \div 0,9) U_0 - U_c] I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$	$4 [(0,4 \div 0,5) U_0 - U_c] I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$
	автотрансформатора понижающего	$\times \left[1 - \frac{(0,8 \div 0,9) U_0}{U_c} \right] \times$ $\times U_0 I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$	—	$\times \left[1 - \frac{(0,8 \div 0,9) U_0}{U_c} \right] \times$ $\times U_0 I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$	$\times \left[1 - \frac{(0,4 \div 0,5) U_0}{U_c} \right] \times$ $\times U_0 I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л}$
	Действующее напряжение обмотки II, работающей на вентиль	$(0,8 \div 0,9) U_0$	$2 (0,8 \div 0,9) U_0$	$(0,8 \div 0,9) U_0$	$(0,4 \div 0,5) U_0$
	Действующий ток в обмотке II, работающей на вентиль	$2,6 I_0$	$1,3 I_0$	$1,8 I_0$	$3,6 I_0$

Продолжение табл.

3

Тип выпрямителя	Параметры трансформатора, автотрансформатора	Схема выпрямителя			
		Однополупериодная	Двухполупериодная		С удвоением напряжения
			двуплечая	мостовая	
Кенотронный	Габаритная мощность трансформатора	$2,6U_0I_0 + 1,2(U_{н.л}I_{н.л} + U_{н.к}I_{н.к})$	$2,3U_0I_0 + 1,2(U_{н.л}I_{н.л} + U_{н.к}I_{н.к})$	—	—
	автотрансформатора повышающего	$2,6(U_0 - U_c)I_0 + 1,2(U_{н.л}I_{н.л} + U_{н.к}I_{н.к})$	—	—	—
	автотрансформатора понижающего	$2,6\left(1 - \frac{U_0}{U_c}\right)U_0I_0 + 1,2(U_{н.л}I_{н.л} + U_{н.к}I_{н.к})$	—	—	—
	Действующее напряжение обмотки II (анодной)	U_0	$2U_0$	—	—
	Действующий ток в обмотке II (анодной)	$2,5I_0$	$1,2I_0$	—	—

Температура внутри ящика приемника или иного устройства вследствие выделения тепла самим трансформатором, лампами и другими элементами всегда выше температуры окружающего воздуха. Это особенно заметно в малогабаритных ламповых приемниках.

В этих случаях обмотки трансформатора следует рассчитывать на плотности тока по нижнему пределу. Если, например: температура воздуха внутри приемника будет 45°C , то трансформатор нагреется до температуры $45+35=80^\circ\text{C}$. Плотность тока во внешних обмотках (например, в обмотках накала ламп) может быть на $15—25^\circ$ больше, чем во внутренних.

При условии, что в последних плотности тока будут снижены.

Выбор магнитопровода

Магнитопровод нужно выбирать так, чтобы его габаритная мощность, вычисленная по соответствующей формуле, приведенной в табл. 5, не превышала габаритной предельной мощности (с учетом допустимого перегрева). Рекомендуется выбирать магнитопровод такого размера, чтобы требуемая габаритная мощность была на $10—20\%$ меньше предельно допустимой.

Наиболее целесообразно применять магнитопроводы с отношением толщины B к ширине стержня $-l-$ в пределах $1,5—2$ (например, Ш20Х30, УШ 30 X 60). При больших отношениях B/l затрудняется плотная намотка обмоток, так как с боковых сторон (сторон большего размера) витки ложатся недостаточно плотно (вспучиваются). Магнитопроводы с отношением $B/l = 1$ (например, Ш20Х20) и меньше следует применять лишь в тех случаях, когда габариты трансформатора имеют существенное значение.

На намотку трансформатора или автотрансформатора с магнитопроводом из пластин типа УШ расходуется примерно на 10% меньше провода, чем на трансформатор с такой же габаритной мощностью, но с магнитопроводом из пластин типа Ш.

На намотку трансформатора с витым магнитопроводом расход провода на $15—20\%$ меньше, чем на трансформатор такой же габаритной мощности, но с магнитопроводом,

собранным из штампованных пластин. При этом вес витого магнитопровода примерно в 2 раза меньше.

Расчет первичной обмотки трансформатора.

Числа витков первичных обмоток трансформаторов, выполненных на магнитопроводах типовых размеров, оказаны в табл. 1, 2 и 3. В случае выполнения первичной обмотки по схеме, приведенной на рис 1, общее число ее витков нужно брать из графы «на 220 в». Число витков секции /в—из графы «на 127 в». Если первичная обмотка выполняется по схеме на рис 2, то полное число ее витков также берут из графы «на 220 в». Число витков секции, /а из графы «на 110в» и число витков секции 1б из графы «на 17 в». В случае же выполнения первичной обмотки по схеме на рис 3 число витков секций /а и /в следует брать из графы «на 110 в». Секций 1б и /г—из графы «на 17в».

С помощью графика на рис 10 определяют ток первичной обмотки трансформатора по величине габаритной мощности, вычисленной по соответствующей формуле, приведенной в табл. 5.

Ток секции -/а - на рис 1 и секции 1б на рис 2 определяют кривой 127 в, ток секции, /а на рис 2— по кривой 110 в, а токи секции 1б на рис. 1, секции /в на рис 2 и всех секций первичной обмотки на рис 3— по кривой 220 в

Разделив величины тока в секциях первичной обмотки, найденные по графику на рис. 10, на плотность тока –б-, взятую из табл. 1, 2 или 3, получают необходимые площади сечения провода –s- для каждой из этих секций, т. е.

$$S = \frac{I_{\text{секции}}}{\delta}$$

После этого по таблицам проводов находят диаметры проводов, соответствующие вычисленным площадям сечения –s-. Если в таблице нет провода с такой площадью сечения, то выбирают провод диаметром, имеющий большую ближайшую площадь сечения.

Диаметр провода d секции первичной обмотки можно также вычислить по формуле

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{I_{\text{секции}}}{\delta}}. \quad (2)$$

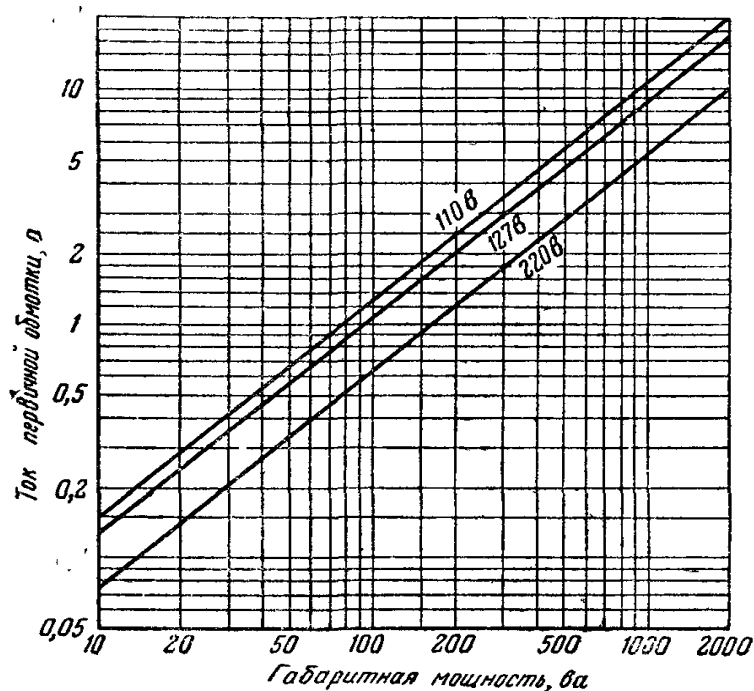


Рис. 10. График для определения тока секций первичной обмотки трансформатора при полной нагрузке.

Расчет вторичных обмоток трансформатора.

Число витков каждой из вторичных обмоток можно определить, умножив величину, указанную в графе «Число витков вторичной обмотки на 1 б» табл. 1, 2 или 3, на требуемое напряжение этой обмотки необходимое напряжение вторичной обмотки, предназначенной для подачи напряжения на вентили, предварительно вычисляют по соответствующей формуле, приведенной в табл. 5.

Числа витков обмоток накала напряжения 6,3 и 5в берут непосредственно из соответствующих граф табл. 1, 2 или 3.

Ток вторичной обмотки, предназначенной для подачи напряжения на вентили, вычисляют по соответствующей формуле, приведенной в табл. 5. Разделив величину тока вторичной обмотки на плотность тока, взятую из той же таблицы, получают необходимую площадь сечения провода. По таблицам проводов находят диаметр провода, соответствующий вычисленной площади сечения. Если в таблице нет провода с нужным сечением, то выбирают провод диаметром, имеющий большую площадь сечения. Диаметр провода можно также вычислить по формуле (2).

Расчет обмоток автотрансформатора.

При расчете обмоток автотрансформатора пользуются табл. 1, 2 или 3. Суммарное число витков секций /а, 1б и 1в автотрансформатора по схеме, приведенной на рис. 5 или 6, или секций 1а, 1б, 1в и /г автотрансформатора по схеме, приведенной на рис. 7, берут из графы «на 220 в» соответствующей таблицы. Числа витков секций 1а и 1б в случае схемы на рис. 6 или 7 берут соответственно из граф «на 110 в» и «на 17 в» той же таблицы. Суммарное число витков секций /а и 1б для схемы на рис. 5 берут из графы «на 127 в» той же таблицы.

В случае повышающего автотрансформатора общее число витков, с которых снимается напряжение на нагрузку (для схемы на рис. 5 это общее число витков секций /а, 1б, 1в и /г) определяют, умножив величину, указанную в графе «Число витков первичной обмотки на 1 б», на требуемое напряжение U_{ii} , которое вычисляют по соответствующей формуле в табл. 5. Также вычисляют число витков, от которого должен быть сделан отвод на нагрузку понижающем трансформаторе в схеме на рис. 5 (напряжение на нагрузку снимается с секции 1д).

Площади сечения и диаметры проводов секций обмотки автотрансформатора определяют следующим образом:

1. По габаритной мощности автотрансформатора, вычисленной по формулам, приведенным в табл. 5, определяют по графику на чис. 10 томи, потребляемые им от сети (/но, 1т и /220). И.
2. По соответствующей формуле (табл. 5) вычисляют ток вторичной обмотки /ii , идущий с автотрансформатора на вентили.
3. Определяют наибольшие значения токов в секциях /а, 1б, 1в и /г, которые в дальнейшем будем соответственно обозначать /а, /ii Iw 1г , в следующем порядке:

а) для понижающего автотрансформатора по схеме на рис. 5 ток секции, /а вычисляют по формулам

$$I_a = I_{110} - I_{II}, \quad (5)$$

$$I_6 = I_B = I_{II}; \quad (6)$$

в) для автотрансформатора по схеме на рис. 7 ток в секции /а вычисляют по формулам

$$\left. \begin{aligned} I_a &= I_{110} - I_{II}, \\ I_a &= I_{II}; \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

ток в секциях 1б и 1в — по формулам

$$\left. \begin{aligned} I_6 &= I_B = I_{II}, \\ I_6 &= I_B = I_{220} - I_{II} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

выбирают для использования при дальнейшем расчете большую J полученных величин; максимальные величины токов в секциях 1в и 1в равны

$$I_6 = I_{127В}, \quad I_B = I_{220В}$$

4. Разделив найденные величины тока в секциях /а, 1б, 1г и 1д на плотность тока о, взятую из табл. 1, 2 или 3 для выбранного размера магнитопровода, получают необходимые площади сечения проводов —s- для каждой из этих секций. После этого по таблицам проводов находят диаметры d проводов, соответствующие вычисленным площадям сечения s. Если в таблице нет провода с требуемой площадью сечения, то выбирают провод диаметром, имеющий большую ближайшую площадь сечения. Диаметр провода для каждой секции можно также вычислить по формуле (2).

5. Расчет обмоток накала производят по табл. 1, 2 и 3 так же, как и для трансформатора.

Каркасы катушек и изоляция между обмотками.

При конструировании трансформаторов и автотрансформаторов с напряжениями обмоток до 250в крайние щечки катушек должны иметь толщину 1,5—2,5 мм, а толщина изоляции между обмотками должна быть не менее 0,3—0,5 мм. В случае же обмоток с более высокими напряжениями (до 500—700 в) крайние щеки катушек должны иметь толщину 2,5—3,5 мм, а изоляция между обмотками должна быть не менее 0,5—0,8 мм.

Если магнитопровод трансформатора или автотрансформатора собирают из пластин типа Шпру, то высота каркаса должна быть, по крайней мере, на 3—5 мм меньше высоты окна магнитопровода.

Каркасы следует изготавливать из гетинакса, текстолита или плотного картона, склеивая его части клеем БФ или густым шеллачным лаком. Применять столярный или канцелярский клей не следует. Картонный каркас по окончании его изготовления нужно покрыть лаком или клеем БФ или же пропитать его церезином. Если трансформатор рассчитан на нагрев до температуры не выше 70°C.

При намотке трансформатора или автотрансформатора проводом в эмалевой изоляции между слоями обмоток, через каждые 40—50в следует прокладывать изоляцию толщиной 0,05—0,1 мм, например по несколько слоев конденсаторной бумаги.

Обмотки трансформатора или автотрансформатора с ленточным витым магнитопроводом типа -ПЛ- наматывают на двух каркасах, располагаемых соответственно на двух стержнях магнитопровода. Витки каждой из обмоток распределяют поровну между двумя каркасами.

Пример расчета трансформатора.

Требуется сконструировать трансформатор по схеме на рис. 3 для выпрямителя по мостовой схеме с селеновым столбом АВС-80-Й60 со следующими данными-

$$U_0=270 \text{ в}; I_0=70 \text{ ма}=0,07 \text{ а}; U_{н.л}=6,3 \text{ в}; I_{н.л}=3 \text{ а}$$

1. Согласно формуле в табл. 5

$$P_T \approx 1,8 U_0 I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л} = 1,8 \cdot 270 \cdot 0,07 + 1,2 \cdot 6,3 \cdot 3 = 57 \text{ в.а.}$$

2. По табл. 1 выбираем магнитопровод УШ26Х52.

3. Согласно этой же таблице секции /а и /в (яя 110 в) должны иметь по 285 витков, а секции 1б и 1г (на 17 в)—по 45 витков. Ток во всех этих секциях по графику на рис. 10 (линия 220 в) равен 0,39 а. Согласно табл. 1 плотность тока $j=2 \text{ а/мм}^2$, следовательно, для этих секций необходим провод сечением не менее $0,39:2=0,195 \text{ мм}^2$. Выбираем провод со стандартным диаметром 0,51 мм ($s=0,204 \text{ мм}^2$).

4. Число витков обмотки накала (по табл. 1) равно 19. Так как $j_{н.л}=3 \text{ а/мм}^2$, для нее необходим провод сечением не менее $3:2=1,5 \text{ мм}^2$. Выбираем провод диаметром 1,4 мм ($s=1,54 \text{ мм}^2$).

5. Согласно формуле в табл. 5 для мостовой схемы $U_{ii}=0,9 U_0=243 \text{ в}$ /ii = $1,8/0=1,8-0,07=0,126$ а. По табл.1 число витков на 1 б вторичной обмотки равно 3. Следовательно, повышающая обмотка должна иметь $3 \cdot 243=729$ витков. Площадь сечения ее провода (также из расчета $j=2 \text{ а/мм}^2$) $s > 0,126 \cdot 2=0,063 \text{ мм}^2$. выбираем провод диаметром 0,29 мм.

Пример расчета автотрансформатора.

Требуется сконструировать автотрансформатор для выпрямителя со следующими данными: $U_0=270 \text{ в}; I_0=70 \text{ ма}=0,07 \text{ а}$. $U_{н.л}=6,3 \text{ в}; j_{н.л}=3 \text{ а}; U_c=127 \text{ и } 220 \text{ в}$. Выпрямитель предполагается выполнить по схеме с удвоением напряжения на диодах типа Д7.

1. По формуле в табл. 5 для такой схемы $U_{ii}=0,4 U_0=110 \text{ в}$. Следовательно, автотрансформатор во всех случаях будет работать как понижающий (рис. 5).

2. По формуле в табл. 5 для схемы с удвоением напряжения

$$P_{ат} = 1,6 \left(1 - \frac{0,4 U_0}{U_c} \right) U_0 I_0 + 1,2 U_{н.л} I_{н.л} = 1,6 \left(1 - \frac{110}{220} \right) 270 \cdot 0,07 + 1,2 \times \\ \times 6,3 \cdot 3 \approx 39 \text{ в.а.}$$

3. По табл. 1 выбираем магнитопровод Ш25Х40 размерами 100Х62,5 мм. Согласно этой же таблице полное число витков обмотки для $U_c=220 \text{ в}$ должно быть 970, а отвод для $U_c=127 \text{ в}$ должен быть сделан от 560-го витка.

4. Число витков секции /а определяем из графы «Число витков первичной обмотки» по величине необходимого напряжения 110 в. Получаем 485 витков

5. По графику на рис. 10 ток $I_{127}=0,46 \text{ а}$ и ток $I_{220}=0,26 \text{ а}$. По формулам (4) токи секций 1б и 1в: $j_{1б}=I_{127}=0,46 \text{ а}$ и $j_{1в}=I_{220}=0,26 \text{ а}$. По формуле в табл. 5: $j_{ii}=3,6/0=3,6 \cdot 0,07=0,25 \text{ а}$ и по формуле (3) ток секции 1а: $j_{1а}=I_{127}-j_{1в}=0,46-0,25=0,21 \text{ а}$.

6. Согласно табл. 1 $j_{1б}=2,3 \text{ а/мм}^2$. Следовательно, для секции /а необходим провод сечением не менее $0,2:2,3=0,087 \text{ мм}^2$, для секции 1б сечением $0,46:2,3=0,2 \text{ мм}^2$ и для секции 1в сечением $0,26:2,3=0,113 \text{ мм}^2$.

Выбираем провода со стандартными ближайшими диаметрами' для секции 1а—диаметром 0,35 мм ($s=0,096 \text{ мм}^2$); для секции 1б—диаметром 0,51 мм ($s=0,204 \text{ мм}^2$); для секции 1в—диаметром 0,38 мм ($s=0,113 \text{ мм}^2$). В целях уменьшения ассортимента проводов секции 1а и 1в можно намотать проводом диаметром 0,38 мм.

7. Обмотка накала на напряжение 6,3 в согласно табл. 1 должна иметь 31 виток. Так как $I_{н.л.}=3$ а, при $b=2,3$ а/мм² провод ее должен иметь $S=3:2,3=1,3$ мм². Выбираем провод диаметром 1,3 мм ($s=1,33$ мм²).

11. Выпрямители.

В настоящее время в качестве выпрямительных элементов используют исключительно кремниевые выпрямительные диоды и столбы. Ассортимент их довольно широк. Правильный выбор экономит не только средства, но и время. Наиважнейшие параметры выпрямительных диодов...

1. Максимальное обратное напряжение.
2. Допустимый средний выпрямленный ток.
3. Максимальный ток в прямом направлении.
4. Максимальный импульсный ток через диод в прямом направлении.

Первые два параметра обыкновенно даны в справочниках, два других не менее важных, часто не упоминаются. Чтобы правильно выбрать полные данные на диод, можно пользоваться следующими основными правилами, которые важны для нормальной работы выпрямителя в аппаратуре.

1. Максимальный ток в прямом направлении, может быть принят, за 75 %, от максимальных справочных данных.

2. Можно принять, что максимальный импульсный ток в прямом направлении приблизительно в 25 раз превышает средний выпрямленный ток в прямом направлении. Отсюда следует, что диод следует подбирать не только по прямому току, но и по максимальному импульсному току. При эксплуатации выпрямителя в режимах близких к предельным, нужно предусмотреть меры для охлаждения выпрямительных диодов. При включении в сеть выпрямителя, который нагружен на конденсатор, нужно принять специальные меры для уменьшения тока, протекающего через выпрямитель, при заряде конденсатора фильтра. Так называемое **мягкое** включение. При последовательном включении диодов, их необходимо шунтировать не только резисторами, но и конденсаторами, для защиты от импульсного перенапряжения. Резистор определяется умножением паспортного обратного напряжения на 500 оМ. Конденсатор номиналом 0.01мкф с рабочим напряжением выпрямительного диода плюс 50 процентов сверху, желательно керамический. Все выпрямительные диоды должны быть одного типа.

12. Емкость конденсатора фильтра.

Независимо от того, какой фильтр Вы используете конденсаторный или индуктивный, импеданс выходного конденсатора должен быть достаточно низок. Для усилителей класса - А - емкости конденсатора в 20 мкф достаточно в большинстве случаев. Для усилителей класса -С- и -В- достаточно конденсатора емкостью не менее 20-30 мкф. Тип конденсатора может быть любой, как бумажный так и электролитический. Электролитические конденсаторы соединенные последовательно должны быть **обязательно** одного номинала и напряжения. Надо учитывать, что на емкостном фильтре напряжение после мостового выпрямителя в 1.41 раза выше напряжения вторичной обмотки трансформатора. При последовательном соединении конденсаторов их необходимо шунтировать резисторами из расчета 100оМ на один вольт, приложенный к конденсатору. Это относится не только к электролитическим конденсаторам, но и к бумажным. Эти резисторы будут работать как разрядные. Мощность резисторов обычно 2 ватта. Рабочее напряжение конденсатора фильтра, выбирают на 20-30 процентов выше максимального анодного. Если Вы, по каким то причинам, не можете получить с трансформатора необходимое напряжение, можно использовать схему удвоения напряжения, только надо учитывать, что максимальный ток с вторичной обмотки трансформатора уменьшается на коэффициент умножения напряжения.

13. Охлаждение ламп усилителя.

Для достижения долговременной работы лампы усилителя необходимо отводить излишки тепла выделяемой лампами. Лампы со стеклянным баллоном и рассеиваемой мощностью на аноде, до 50 ватт могут работать и без принудительного, воздушного охлаждения, им достаточно умеренное охлаждение через конвекцию. Для этого необходимо пробить вокруг цоколя лампы ряд отверстий диаметром 6---7мм. нормальный воздушный поток будет достаточен для отвода излишков тепла от лампы. Лампы с большей рассеиваемой мощностью, требуют форсированного отвода излишков тепла. Для этого рекомендуются использовать вентиляторы. В паспортных данных на мощные генераторные лампы указывается количество кубометров воздуха продуваемого через анодный радиатор лампы и направление потока воздуха. Необходимо следовать этим рекомендациям. Однако, эти кубометры воздуха, продуваемого через лампу, даны для режима непрерывной работы лампы 24 часа в сутки. Для радиолюбительской работы такой обдув не нужен. Цикл работы лампы в режиме усиления SSB довольно короток и во время работы усилителя лампы не успевают разогреться до критической температуры. Поэтому можно рекомендовать Вам уменьшить производительность вентилятора на 50---70 процентов, от номинала. Это имеется в виду работа настроенного и согласованного усилителя. На время настройки усилителя нужно обеспечить номинальный паспортный обдув. Вообще в усилителе должно быть предусмотрено два режима обдува. Номинальный паспортный, и повседневный. Как правило, после окончания работы усилителя, необходимо оставить обдув на несколько минут, после полного снятия анодного - экранного и накального напряжения. Особенно это касается металлокерамических ламп.

14. О накальном дросселе.

В усилителях с заземленными сетками напряжение возбуждения подается в катод лампы, который должен быть изолирован, по высокой частоте. В лампах с подогревным катодом емкость между подогревателем и катодом довольно мала, и при работе на низкочастотных диапазонах она практически не сказывается. Однако на высокочастотных диапазонах, эта емкость уже начинает оказывать свое влияние. Увеличивается утечка ВЧ напряжения. Это выражается в увеличении требуемой мощности раскачки от возбудителя. Для компенсации этой утечки, в накальную цепь лампы необходимо установить высокочастотный дроссель.

Не рекомендуется изготавливать накальный дроссель на ферритовом кольце т.к. при прохождении постоянной составляющей катодного тока, по обмотке дросселя, феррит теряет свои свойства и дроссель перестает выполнять свои функции. Дроссель в накальную цепь лампы усилителя с заземленными сетками рекомендуется изготавливать на ферритовом стержне. Например, от магнитных антенн радиовещательных приемников. Обмотка дросселя мотается в два провода, количество витков не критично, обычно 25---30. Для тока накала до 30 ампер провод диаметром 2.6 мм достаточен.

Располагать дроссель необходимо как можно ближе к накальным выводам панельки радиолампы. После намотки, обмотку дросселя, рекомендуется пропитать клеем БФ-2.

Провода от трансформатора до дросселя должны иметь как минимум полуторный запас по току, от номинала накала лампы.

При отсутствии ферритовых сердечников с не меньшим успехом можно изготовить дроссель на диэлектрическом каркасе круглого или прямоугольного сечения диаметром от 20 до 40 мм. Длина намотки 15-25 см, намотка однослойная в два провода.

15. Коммутация П-контура.

В усилителях мощности ВЧ до 50-60 ватт можно использовать обычные одиночные галетные переключатели на необходимое количество положений выполненных на керамике. С увеличением мощности, примерно до 200 ватт можно обойтись параллельным включением двух-трех галет. И то, при этом не всегда удастся получить приемлемые результаты в надежной работе этого ответственного узла усилителя мощности. Для нормальной работы - П-контура необходимо, чтобы неработающие отводы низкочастотной части -П-контура были замкнуты между собой по наикратчайшему расстоянию. Обычный галетный переключатель не может этого сделать, в силу своих конструктивных особенностей. Для этого необходимо применять не переключатели, а **замыкатели**, которые оставляют свободным рабочий участок - П контура.

Есть несколько вариантов, как обойти эту проблему....

- использовать сменные катушки на каждый диапазон.
- использование готового вариометра от промышленной р/с.
- самому изготовить на основе галетного переключателя **- замыкатель**
- использовать для коммутации -П- контура реле.
- При использовании готового вариометра нужно обязательно проверить его максимальную и минимальную индуктивность по приведенной выше формуле. В большинстве случаев приходится последовательно с вариометром подключать катушку индуктивности на диапазон 28 мГц т.к. вариометр не может в большинстве случаев обеспечить нужную добротность и индуктивность, количество витков на вариометре становится очень критичным.
- При использовании реле для коммутации -П-контура необходимо придерживаться выше приведенным рекомендациям. Контактная система реле должна выдерживать большие токи и напряжения. Иметь минимальную собственную емкость, индуктивность.
- Не рекомендуется использовать реле с наборной контактной системой.
- Очень хорошо использовать специальные высокочастотные вакуумные реле.

16. Максимально допустимые режимы ламп.

Генераторная лампа в зависимости от условий, в которых она эксплуатируется, может отдавать разную выходную мощность. Эти различия зависят от того, какую рассеиваемую на аноде мощность может эта лампа выдержать без ущерба для своей долговечности и надежности. Если в режиме CW передатчик отдает 50 ватт, то в режиме усиления однополосного сигнала, этот же передатчик отдаст 400 ватт. Это следует из теории однополосного сигнала. Вся выходная мощность передатчика концентрируется в импульсе, и судить о максимальной выходной мощности своего передатчика по стрелочному прибору нельзя. Инерционность стрелочного прибора не позволяет отследить максимальный импульсный ток выходного каскада передатчика. Он показывает, какое то минимальное усредненное его значение. И к показанию стрелочного прибора надо подходить очень осторожно. Для того чтобы увидеть импульс анодного тока необходимо использовать осциллограф, который является без инерционным прибором.

Если, к примеру, максимальная паспортная мощность лампы равна 350 ватт. То при анодном напряжении 1000 вольт, ток анода максимальный, будет равен 350 миллиампер, а уже при 2000 вольт такая же мощность будет получена уже при токе 175 миллиампер. Это надо учитывать при эксплуатации Вашего усилителя. Кроме того, по выше приведенной формуле и таблице видно, что использование максимально-допустимого анодного напряжения выгодно. Это повышает сопротивление анодной нагрузки усилителя. Облегчает конструктивную реализацию П- контура. Главное не перекачать напряжением возбуждения усилитель. Работать в абсолютно линейном режиме.

17. Входные цепи усилителя.

В настоящее время большое распространение получили выходные каскады трансиверов на транзисторах, которые требуют нормированного сопротивления нагрузки. К сожалению, входное сопротивление усилителей мощности без принятия специальных мер, далеко не соответствует, расчетным из-за конструктивных особенностей ламп, монтажа и других факторов. Отсутствие на входе усилителя специального согласующего устройства приводит к тому, что входное напряжение становится несимметричным. Так как нагрузка на возбудитель существует в один отрицательный полу период входного напряжения. Уровень побочных излучений при этом возрастает на 6-8 DB. а К.П.Д. падает на 10-15 процентов. Это явление устраняется

включением на вход усилителя согласующего устройства, -П-образного фильтра. Кроме того, это согласующее устройство в какой то мере уменьшает побочные излучения. Рассчитанный на основные радиолюбительские диапазоны это согласующее устройство позволяет без подстройки перекрыть WARC диапазоны.

Для РА с заземленными сетками

МHz	Витки	Провод мм	Индуктивность мкН	Частота среза фильтра MHz	C1-C2 PF
1.9	30	0.25	3.0-9.0	2.5	1900
3.5	14	0.5	1.64-4.58	5.05	820
7.0	10	0.5	0.96-2.32	10.1	430
14.0	7	1.3	0.44-0.74	19.5	220
21.0	5	1.3	0.28-0.52	29.2	150
28.0	4	1.3	0.17-0.34	40.0	100

Примечание: все величины указаны ориентировочно и уточняются в процессе окончательной настройки.

Диаметр каркасов контуров 6-10 мм, построечный сердечник СЦР--1. Емкости C1-C2 указаны ориентировочно, уточняются в процессе настройки усилителя. Для контуров могут подойти каркасы с сердечниками от старых телевизоров.

Для коммутации используется галетный переключатель или электромагнитные реле с двумя группами контактов /РЭС-47..48/.

18. Накальное напряжение.

Накальное напряжение на лампу с подогревным катодом, с небольшой выходной мощностью, может, изменяться плюс минус 10 процентов, от номинала, без серьезных последствий для срока жизни лампы. Но для мощных генераторных ламп с подогревным катодом требуется поддержание номинального напряжения накала с точностью как минимум 5%, от номинального. Особенно опасен для мощных генераторных ламп **пониженное** напряжение накала, при работе лампы с максимальной мощностью. В некоторых случаях лучше дать повышенное напряжение накала лампы на 3-5 % от номинального. При намотке накальной обмотки трансформатора надо учитывать падение напряжения на накальном дросселе. Накальная обмотка должна быть хорошо изолирована от массы. Провода от трансформатора до лампы должны иметь запас по току, как минимум двукратный. Можно рекомендовать Вам питать накал мощной генераторной лампы через стабилизатор напряжения.

19. Стабильность усилителя.

Линейный усилитель, работает с настроенным на одну частоту входом и выходом. Связь между входом и выходом обыкновенно сведена к минимуму. Однако в некоторых случаях, зависящих от конструктивных особенностей каждого усилителя, возникают проблемы. В режиме усиления с максимальной мощностью, Ваши коллеги-радиолюбители начинают делать Вам замечания о большой полосе занимаемой Вашим передатчиком. К ним стоит прислушаться. Это говорит о том, что Ваш усилитель мощности в режиме максимального сигнала работает неустойчиво. И в некоторых случаях даже само возбуждается. Как заставить усилитель работать устойчиво. Для этого есть два пути....

сделать схему нейтрализации или

ввести в схему отрицательно-обратную связь.

Это решение позволит Вам решить проблему не только с полосой Вашего передатчика, но и отчасти с помехами TVI и устойчивостью работы усилителя на высокочастотных диапазонах.

20. Паразитная генерация на УКВ.

Паразитная генерация на высоких частотах, может появиться во всех мощных усилителях ВЧ. Это проявляется в расширении занимаемой полосы передатчика и в сильных помехах TVI.

Как избежать этой неприятности...

- При конструировании усилителя предусмотреть хорошую экранировку входных цепей усилителя.
- Установить антипаразитные дросселя, в катодную и анодную цепь лампы.
- На всех проводах коммутации и индикации установить блокировочные конденсаторы и П-образные фильтры.
- Для нулевого провода использовать отдельную шину заземления.
- Монтаж высокочастотной части усилителя выполнять по наикратчайшему пути.

21. Автоматика, блокировка

При конструировании усилителя мощности ВЧ приходится решать целый ряд вопросов по конструированию вспомогательных устройств. Эти элементы входят как составные части усилителя мощности ВЧ. К числу таких устройств, прежде всего, относятся разного рода блокировки, обеспечивающие безопасность от поражения электрическим током во время проведения различных экспериментов и настройки усилителя. Далее должен быть установлен определенный порядок включения усилителя мощности. Известно, что в первую очередь необходимо подавать напряжение накала и отрицательное напряжение и только после прогрева катода подавать анодно-экранное напряжение. Время разогрева катода для различных типов ламп колеблется довольно в широких пределах. В справочной литературе на генераторные лампы указано время готовности лампы, на этот параметр и надо ориентироваться при подаче анодного - экранного напряжения. Чтобы соблюсти этот параметр желательно использовать простейшее реле времени. Если же Вы уверены, в своей внимательности и аккуратности можно и не использовать реле.

22. Приборы индикации.

В некоторых случаях, единственным прибором в самодельном усилителе мощности имеется прибор для измерения тока анода лампы. Иногда просто индикатор выходного напряжения или тока, что явно недостаточно для грамотной эксплуатации усилителя мощности ВЧ. В правильно сконструированном и собранном усилителе мощности ВЧ должна быть возможность контролировать не только ток анода, но и обязательно токи сеток лампы усилителя мощности. Также желательно все напряжения, имеющиеся в усилителе мощности, для оперативной оценки работоспособности усилителя мощности ВЧ. Для оценки работоспособности усилителя мощности рекомендуется включить неоновую лампу тлеющего разряда на выход. Она является без инерционным прибором. Очень желательно иметь стрелочный прибор, контролирующий выходной ток или напряжение, для подстройки П контура по максимуму отдачи мощности в антенну.

23. Монтаж усилителя.

Применяют следующие виды монтажа...

- Свободный (плоскостной) монтаж, когда все детали размешены на плоском шасси. Этот вид монтажа наиболее широко распространен.
- Объемный монтаж, когда радиодетали заполняют весь объем прибора в несколько этажей. Такой вид монтажа используют в специальной радиоаппаратуре, а в радиолюбительской применяют редко, в этом случае затруднен доступ к радиодеталям.
- Блочный монтаж характеризуется разделением всего устройства на ряд отдельных блоков. Такой монтаж применяют в сложных радиоустройствах. Внутри каждого блока монтаж может быть свободным, объемным или печатным. Часто два, или несколько видов монтажа комбинируют.

Монтаж должен выполняться весьма тщательно. Должен обладать минимальной собственной индуктивностью и емкостью.

При опробовании различных схем, следует избегать так называемых... летучих... монтажей. Очень хорошо составленная схема при этих условиях не будет работать. При высоких частотах проводники длиной 5-10 см. обладают индуктивностью соизмеримой с индуктивностью контурных УКВ катушек.

Монтажные проводники высокочастотных трактов должны быть наиболее короткими, самого оптимального сечения. Применение ленточных проводников для намотки катушек индуктивности позволяет уменьшить собственную емкость катушки. Заземления частей схем следует выполнять обязательно отдельными наиболее короткими проводниками с минимальной собственной индуктивностью.

24. Компонировка усилителя.

От того, как Вы сконструируете свою конструкцию, зависит, и как она будет работать. Есть два основных варианта компоновки.

1. блок питания и высокочастотный блок объединены в одну конструкцию

2. блок питания и высокочастотный блок собраны в разных коробках соединены между ними с помощью кабелей питания.

Эти варианты имеют свои плюсы и минусы. Каждый из этих вариантов выбирает сам конструктор. В зависимости от поставленных задач и условий эксплуатации усилителя. Только надо придерживаться следующих несложных правил, которые и определяют габаритные размеры Вашей конструкции.

- мощные генераторные лампы желательно располагать вертикально
- расстояние от анодного дросселя до анода лампы должно быть минимальным.
- расстояние от всех металлических предметов до катушек индуктивности П-контура должно быть не менее их диаметра
- соединительные провода от устройств коммутации П-контура до контуров должно быть минимальным, насколько возможно,
- расстояние от анодного и антенного конденсаторов до катушек П-контура должно быть минимальным, особенно это относится к анодному конденсатору переменной емкости. В качестве проводников желательно использовать шину.
- между переходным анодным конденсатором, дросселем и анодным переменным конденсатором использовать шину из меди или латуни шириной не менее 10...15мм и толщиной 0.7...1.0 мм для уменьшения собственной емкости и индуктивности
- всю предварительную компоновку провести несколько раз на бумаге, в натуральную величину рассматривая каждый вариант, с точки зрения удобства монтажа, расположения ручек управления на передней панели шасси, как говорится... семь раз отмерь, один раз отрежь...

25. О механической конструкции

Есть два варианта механической конструкции усилителя мощности, это использование готового заводского изготовления корпуса с шасси или самостоятельное изготовление шасси и корпуса, для своей конструкции.

При этом надо руководствоваться следующими правилами...

- наличие хорошего электрического контакта между всеми элементами шасси.
- хороший электрический контакт между корпусом и шасси усилителя мощности.
- все вентиляционные отверстия в кожухе усилителя должны быть забраны частой металлической сеткой.
- особое внимание следует обратить на хороший электрический контакт между шасси и высокочастотными разъемами входа и выхода усилителя мощности.
- все токоведущие части усилителя должны быть закрыты от случайного прикосновения.
- не рекомендуется эксплуатация усилителя мощности без экранирующего кожуха т.к. мощное электромагнитное поле усилителя мощности будет влиять на Ваше здоровье и самочувствие.

26. Настройка усилителя

Для настройки усилителя Вам потребуется следующие приборы и инструменты...

- вольтметр постоянного напряжения до 2500 вольт и более
- тестер для замера сопротивления, тока и напряжения
- высокочастотный вольтметр с большим входным сопротивлением
- эквивалент нагрузки соответствующей мощности и номиналом 50-75 ом, **безиндукционный**
- К.С.В.- метр
- SSB-возбудитель с плавной регулировкой выходной мощности до 30-40 ватт
- высокочастотный осциллограф
- двух тоновой генератор
- неоновая лампа тлеющего разряда
- палочка с латунным и ферритовым сердечником
- антенный тюнер

В случае отсутствия у Вас мощного эквивалента антенны, его можно заменить одной или несколькими лампами накаливания. Подключив их через отрезок кабеля –РК-, необходимого волнового сопротивления, длиной не менее 0,5 максимальной длины волны.

После того, как Вы закончили монтаж, наступает самый интересный этап работы, оживление и настройка Вашей конструкции. От того как этот этап работы Вы проведете, так и будет в дальнейшем работать усилитель.

Можно условно разделить эту работу на два этапа...

- предварительную
- окончательную, которая может, длиться довольно большой отрезок времени

Для первого включения усилителя желательно иметь лампу уже бывшую в эксплуатации. Чтобы не было проблем с тренировкой новой лампы. Проверка монтажа проводится по общеизвестной технологии и здесь не рассматривается.

- На первом этапе настройки устанавливается ток покоя лампы, при подаче только анодного- экранного напряжения. Ток покоя обычно устанавливают первоначально около 15-20 процентов от максимального рабочего для данной лампы.
- Второй этап, это настройка -П-контура. Для этого Вы должны подключить к выходу усилителя эквивалент нагрузки и высокочастотный вольтметр. Переключить диапазон усилителя на самый высокочастотный. Подключить минуя входные согласующие устройства, так как они требуют настройки, через антенный тюнер, к возбудителю. Поставить антенный конденсатор примерно в расчетное положение, которое Вы определили по таблице, и медленно увеличивая напряжение возбуждения, по прибору, контролирующему анодный ток добиться его небольшого увеличения, относительно тока покоя примерно на 15-20%.

Вращая анодный конденсатор, по неоновой лампе определить момент резонанса П-контура. Емкость анодного конденсатора должна приблизительно равняться табличной, если нет, то скорректировать катушку индуктивности, момент резонанса определяется по провалу анодного тока лампы, и по свечению неоновой лампы поднесенной к анодному дросселю. Одновременно контролируется ВЧ-напряжение на эквиваленте антенны.

Несовпадение минимума анодного тока и максимальной выходной мощности на диапазонах 21,0 – 28,0 mHz говорит об **отсутствии или недостаточной нейтрализации** проходной емкости радиолампы.

Подстраивая в небольших пределах антенный и анодный конденсаторы добиться максимальных показаний ВЧ вольтметра.

**Провал анодного тока и максимум ВЧ напряжения
на эквиваленте антенны должны совпадать между собой.**

Обращаем Ваше внимание еще раз, на это. Несовпадение их говорит о том, что у Вас неправильно настроен -П- контур. Таким же образом настраиваются и все остальные диапазоны усилителя.

- последовательно 28.0-21.0-14.0-7.0-3.5-1.9МГц.

Третий этап, - это настройка входного согласующего устройства, для этого Вам необходимо подать напряжение возбуждения через К.С.В.- метр и отрезок кабеля длиной не менее 0.5 максимальной длины волны усилителя на вход согласующего устройства.

Сердечники катушек вкрутить в обмотку на 20 - 25 процентов. Вместо, постоянных конденсаторов, подключить переменные, и варьируя ими добиться минимума К.С.В. и максимальной раскачки усилителя. Может так случиться, что на диапазоне 28.0МГц одного конденсатора С2 не понадобится, его заменяет емкости монтажа и лампы.

После Вы заменяете переменные конденсаторы, постоянной емкостью и сердечником контура добиваетесь минимума К.С.В. и максимума раскачки усилителя. Все эти действия Вы проводите несколько раз, добиваясь минимума К.С.В. по входу усилителя и максимума раскачки, на всех диапазонах начиная с 28.0МГц.

- Обращаю Ваше внимание, что все эти настройки проводятся при токе анода лампы не более 40 процентов от номинального паспортного.

При всех этих настройках внимательно следите не только за током анода, но и за сеточным током. Если при подаче анодного напряжения появляется сеточный ток, без напряжения возбуждения. **Ваш усилитель возбуждается.** Именно это может произойти и при каком то, определенном положении анодного или антенного конденсатора усилителя, это можно определить и по неоновой лампе поднесенной к анодному дросселю. Для устранения следуйте выше приведенными рекомендациями.

Этап предварительной настройки Вы закончили, теперь приступаем к окончательной настройке усилителя. Определяем максимальную мощность усилителя. Для этого плавно увеличиваем напряжение возбуждения, контролируя ток анода, сеточный ток и выходное напряжение на эквиваленте антенны. При этом Вам придется несколько раз подстроить -П-контур, для получения максимальной отдачи усилителя. Все эти действия должны быть не очень длительными, чтобы не перегреть анод генераторной лампы. Мощность, рассеиваемая на аноде лампы не должна превышать паспортной. Мощность, отдаваемую усилителем, в режиме несущей определяем по формуле...

$$P_w = \frac{U^2}{R}$$

U² R=мощность в ваттах
U=напряжение ВЧ на эквиваленте антенны= вольты
R=сопротивление эквивалента антенны =ом

В режиме SSB мощность в восемь раз больше, чем в АМ.

Обращаем Ваше внимание, что сеточный ток усилителя с заземленными сетками не должен превышать 20-25 процентов от тока анода, при максимальной выходной мощности усилителя, для триодного усилителя.

Для пентодного усилителя не должен превышать паспортных данных. Проверка линейности усилителя методом двух тонового сигнала проводится по общеизвестной технологии, и если нужно, то вносятся необходимые изменения в режим усилителя мощности.

Теперь можно подключить антенну к усилителю и провести первую связь с усилителем. Желательно со своим постоянным корреспондентом. Он и оценит прибавку сигнала Вашего передатчика и качественные показатели. Если есть какие-либо искажения, то необходимо еще раз проверить режимы усилителя.

Не рекомендуем Вам, давать при первых включениях усилителя, максимальное напряжение возбуждения. К максимальной выходной мощности, нужно подходить осторожно, и каждый шаг контролировать, чтобы не получить из передатчика, генератор помех. Сигнал Вашего передатчика должен монотонно спадать по краям, если наблюдается похрипывания, то Ваш передатчик работает не линейно и требует корректировки режимов. Для объективной оценки качества работы передатчика нужно набрать статистику, ко всем замечаниям о работе Вашего передатчика нужно прислушиваться и сделать соответствующие выводы. На этом этапе необходимо оставить подключенный К.С.В.метр между возбудителем и усилителем для контроля работы входного согласующего устройства.

27. Помехи телевидению.

Если в большом жилом доме появился радиопередатчик, то в 99.9 случаях у кого nibуть обязательно появится помеха. Чтобы свести это неприятное явление к минимуму необходимо провести некоторые технические мероприятия.

- Ваш радиопередатчик должен работать в линейном режиме без ограничения сигнала.
- радиопередающее устройство должно находиться в металлическом кожухе. Особенно это относится к мощным каскадам, малейшая щель в кожухе мощного каскада или плохой контакт сводит Вашу работу на нет.
- обязательное условие наличие заземления своего, отдельного, в крайнем случае, холодный водопровод, но не в коем случае не батареи отопления.
- Провод заземления должен быть сечением не менее 4.0 мм.
- на сетевые провода поставить П-образные фильтры, в крайнем случае, через ферритовое кольцо большой проницаемости и диаметра пропустить несколько витков сетевого провода. Шасси и кожуха всей Вашей аппаратуры должны быть заземлены, на общую шину заземления, но не в коем случае не последовательно.
- установить на выходе передатчика Ф.Н.Ч. с подавлением вне полосы прозрачности не менее 50-60 db и частотой среза 30МГц.
- очень желательно использование антенного тюнера, для улучшения согласования выхода передатчика с антенной, и дополнительной фильтрации гармонических составляющих Вашего передатчика.

Если же, все эти мероприятия не приносят желаемых результатов, стоит ограничить применение усилителя мощности. В большинстве случаев, помехи появляются не от гармоник передатчика, а из за большой напряженности магнитного поля, которую не могут выдержать входные каскады телевизоров и антенных усилителей. Так же из-за наводок, на промежуточные каскады телевизоров.

Дать лекарство от этой болезни практически невозможно, в каждом конкретном случае необходимо свое решение этого вопроса.

РАСЧЕТ АНТЕННЫХ ФИЛЬТРОВ

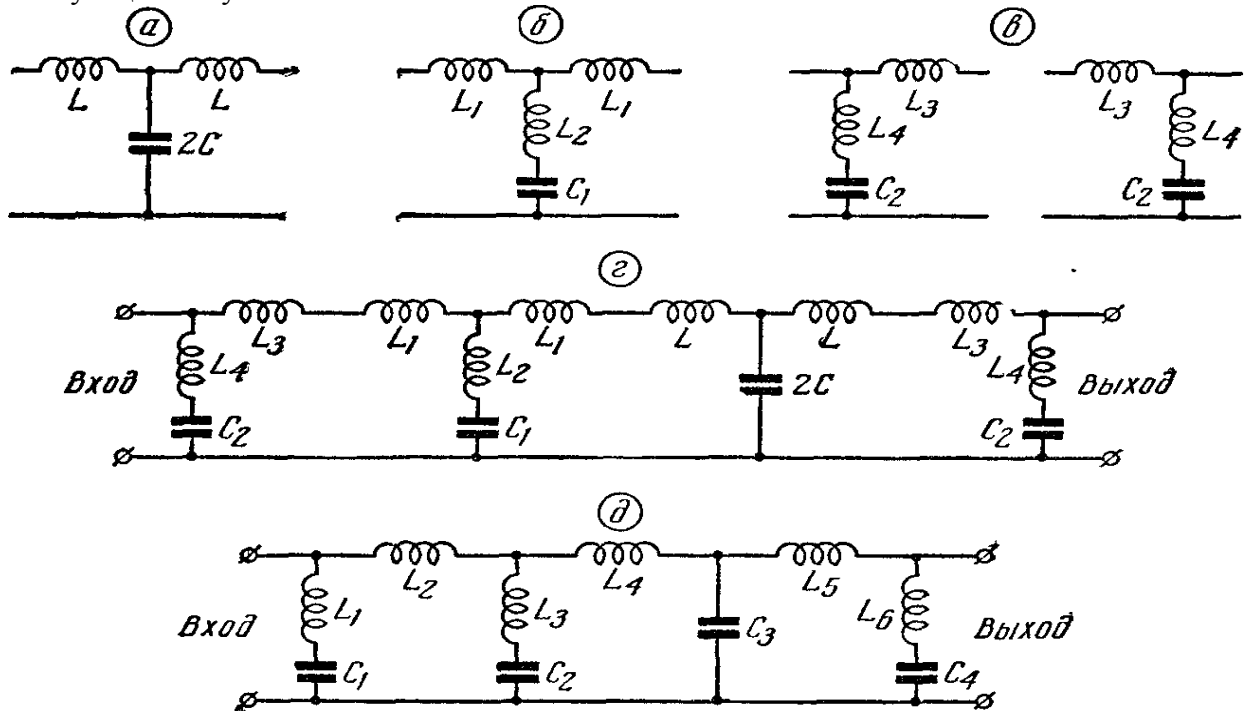
Ю. Прозоровский (UA3AW),

канд. техн. наук

Фильтры нижних частот, включаемые в цепь антенны любительских КВ передатчиков, служат для уменьшения излучения высших гармоник основной частоты, создающих помехи телевизионному приему. Антенный фильтр для любительского передатчика состоит обычно из одного или нескольких LC-звеньев, создающих повышенное затухание на частотах, превышающих граничную частоту /гр, и двух согласующих полузвеньев, включенных на входе и выходе фильтра. Упрощенный расчет таких фильтров можно произвести с помощью приведенных ниже графиков и простейших формул.

В антенных фильтрах применяют большей частью звенья типа к (рис. 1,а) и типа т (рис. 1,б); первые создают затухание, плавно возрастающее на частотах, превышающих граничную частоту, вторые обладают так называемой частотой бесконечного затухания, на которой потери энергии в фильтре особенно велики. Эту особенность звеньев можно использовать для дополнительного подавления наиболее «опасных» гармоник своего передатчика или для повышенной защиты некоторых частот, например несущей частоты сигналов передатчика изображения местного телевизионного центра.

Рис. 1 Схемы фильтров: а — звено фильтра типа к; б—звено фильтра типа т; в — согласующие полу звенья.



Оконечные полу звенья, дающие наилучшее согласование фильтра с передатчиком и антенной, выполняются также по схеме типа т (рис. 1в). И здесь в частотной характеристике полу звена имеется частота бесконечного затухания, которую мы будем использовать при расчете. Порядок расчета фильтра нижних частот для любительского передатчика покажем на примере.

Предположим, местные телевизионные центры ведут передачи в первом и третьем телевизионных каналах, собственный коротковолновый передатчик работает на любительских диапазонах 7, 14, 21, 28 МГц, характеристическое сопротивление антенного коаксиального кабеля равно 75 ом. По графику рис. 2 определяем, что в первый частотный канал (48,5— 56,5 МГц) попадают седьмая и восьмая гармоники передатчика при работе на 7 МГц диапазоне, четвертая — при работе на 14 МГц и вторая — на 28 МГц. Наиболее опасна 7-я гармоника, так как при настройке передатчика на частоту 7107 КГц она совпадает с несущей частотой видеосигнала (49,75 МГц).

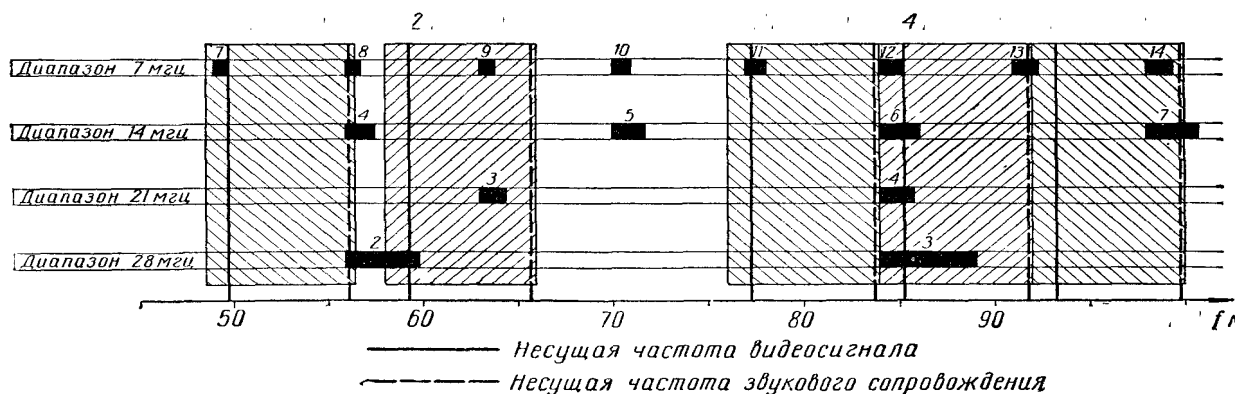


Рис. 2. Распределение гармоник передатчика

Отмечаем также, что при работе передатчика на частотах 7031, 14062, или 28125 кГц одна из гармоник совпадает со средней частотой звукового сопровождения (56,25 МГц). Третий частотный канал почти не поражается гармониками передатчика, так как 11-я гармоника диапазона 7 МГц имеет обычно малую мощность, а четные гармоники, расположенные на частотах 84 МГц и выше, оказываются в худшем случае на границе канала и поэтому создают небольшие помехи приему. Следовательно, наш фильтр должен содержать звенья с частотами бесконечного затухания 49,75 и 56,25 МГц.

Для ориентировки в свойствах различных схем фильтров и выбора типа и числа звеньев обратимся к графику (рис. 3), на котором приведены теоретически рассчитанные кривые затухания четырех фильтров; одно звено к, (кривая 1), два звена /с (2), одно звено т (3) и одно звено к, соединенное последовательно с т (4).

Кривые рассчитаны для случая, когда частоты бесконечного затухания превышают граничную частоту фильтра в 1,25 и в 2,5 раза. Здесь первый левый пик кривых создается согласующими полу звеньями, второй — звеном типа т. Для нашего случая пригодны кривые 3 и 4; выбираем фильтр типа к-т, состоящий из одного звена к. и одного звена т (кривая 4).

Выбранные нами частоты бесконечного затухания 49,75 и 56,25 МГц отнесем: первую — к согласующим полу звеньям, вторую — к звену типа т. Обозначим их через /га.з. и fm.

100 fmu. Удвоив полученное значение С, имеем параметры деталей звена типа к: $C = 107,2$ пф, $f = 0,302$ мкГц. Определим теперь параметры звена типа т, пользуясь формулами: $C_i = mC$, $Z_2 = nL$.

Значения коэффициентов т и п зависят от отношения частоты бесконечного затухания звена к граничной частоте фильтра; в нашем случае это отношение равно $56,25 : 39,6 = 1,42$.

На графике, показанном на рис. 5, из точки 1,42 на горизонтальной оси восстанавливаем перпендикуляр и доводим его до пересечения с кривой. Далее, идя по горизонтали влево, получаем значение $t = 0,7$, а вправо — $p = 0,7$. Затем вычисляем: $L_i = 0,214$ мкГн, $C_i = 38$ пф, $Y_g = 0,211$ мкГн.

Параметры согласующих полу звеньев определяются по аналогичным формулам; для этого случая $t = 0,6$, $p = 1,07$, откуда $L_3 = 0,7$ мкГн, $C_2 = 32$ пф, $L_4 = 0,323$ мкГн.

Полная схема рассчитанного нами фильтра показана на рис. 1, г. Ее можно упростить, объединив попарно индуктивности, тогда схема примет окончательный вид, показанный на рис. 1, д.

Здесь $C_i = 32$ пф, $C_s = 38$ пф; $C = 107,2$ пф, $C^* = 32$ пф; $L_i = 0,323$ мкГн; $L_a = 0,395$ мкГн; $L_g = 0,211$ мкГн; $g^* = 0,516$ мкГн; $L_s = 0,483$ мкГн; $L_e = 0,323$ мкГн.

График для вычисления параметров основного звена типа к (рис. 1, а) приведен на рис. 4 для фильтров с характеристическим сопротивлением 50,75 и 96 ом. Значение полученной граничной частоты (39,6 МГц) соединяем по вертикали со сплошной линией, соответствующей 75 ом, идя от точки пересечения влево по горизонтали, отсчитываем

$L=0,302$ мкГн. Аналогично, пользуясь пунктирной линией и идя от нее вправо, получаем $C=53,6$ пФ. Вычисляем граничную частоту фильтра по формуле $f_{гр}=0,8 f_{п.з.}=0,8 \cdot 49,75=39,6$ МГц.

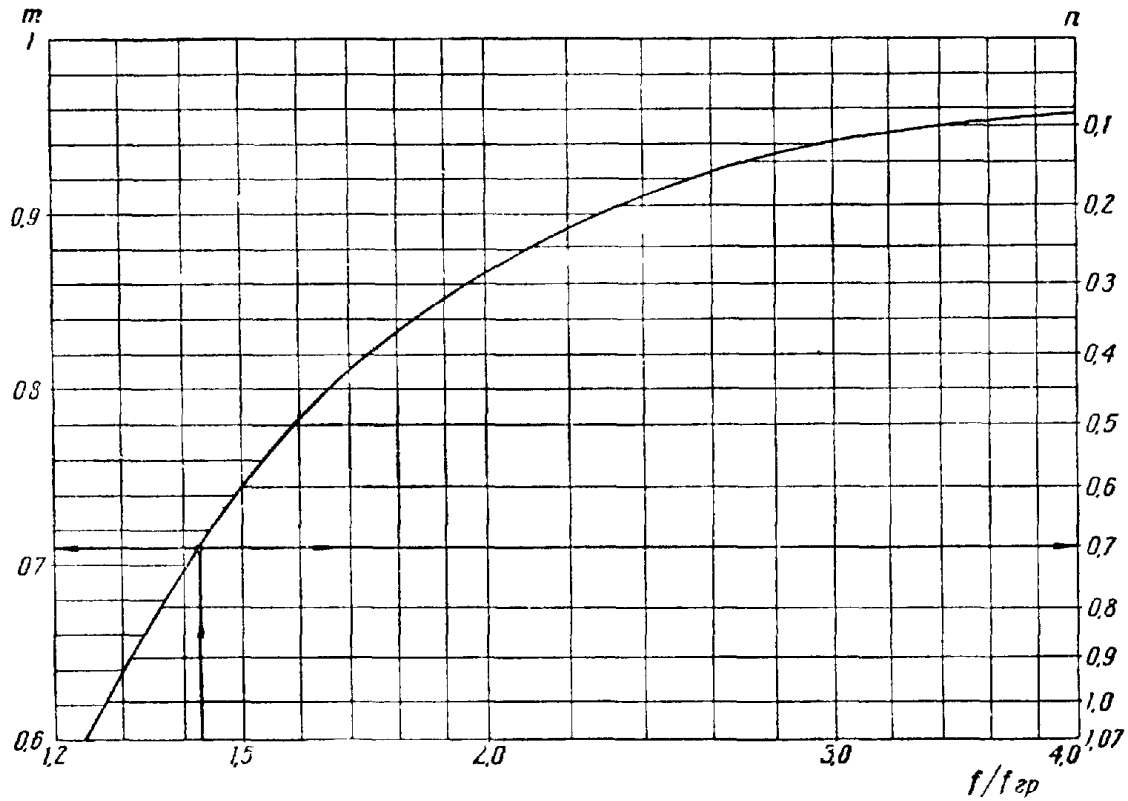


Рис. 5. График для определения коэффициентов m и n .

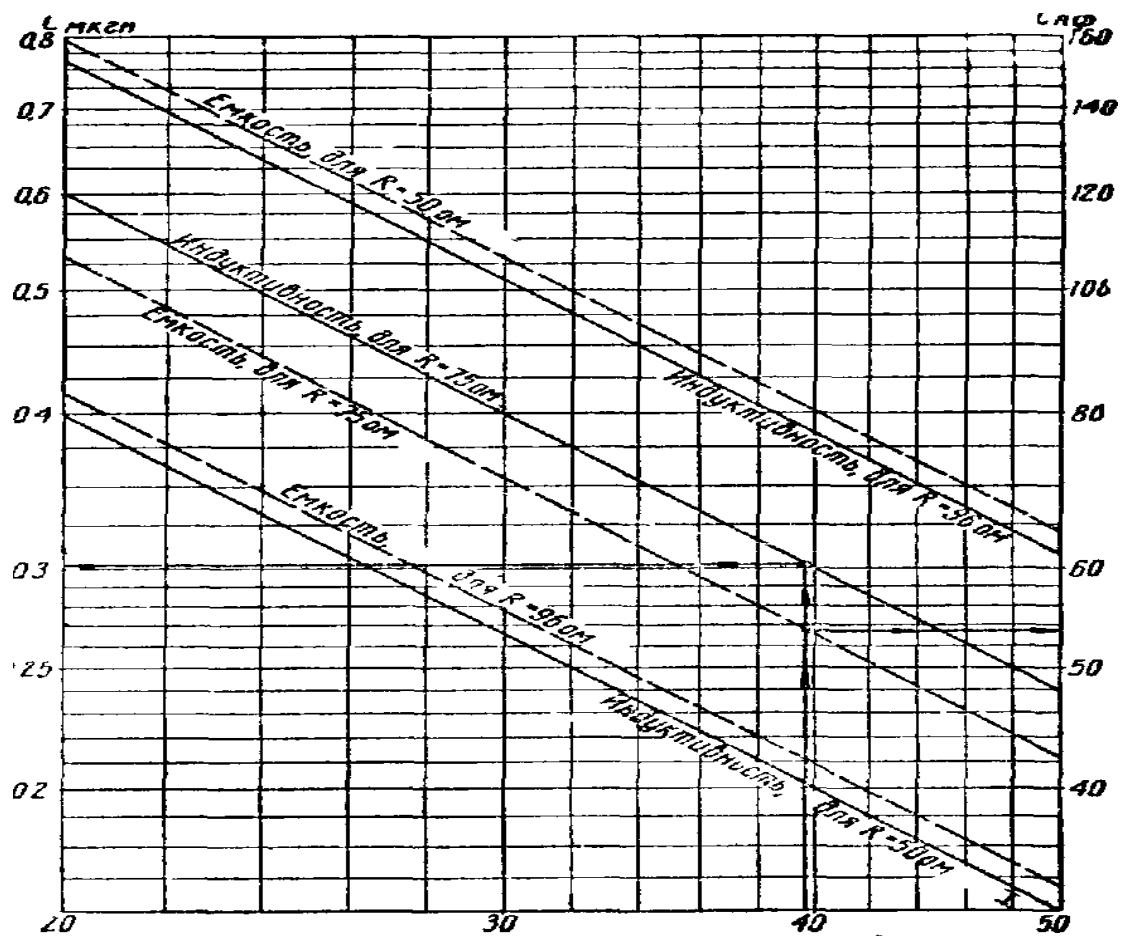


Рис. 4. График для определения параметров звена типа к

При изготовлении фильтра следует все его детали заключить в заземленную металлическую коробку, расположенную отдельно от передатчика. Входной коаксиальный разъем фильтра соединяется с выходным разъемом передатчика с помощью отрезка кабеля. Выходной разъем соединяется с антенной также коаксиальным кабелем с соответствующим характеристическим сопротивлением (в нашем примере — 75 ом).

Рекомендуется применять в фильтре высококачественные детали — катушки из голого посеребренного провода и конденсаторы с воздушным диэлектриком. Все катушки должны быть размещены в отдельных экранированных отсеках (можно вместе с соответствующими конденсаторами). Параметры катушек можно определить по известным формулам. Конденсаторы могут быть постоянными, но удобнее применить небольшие переменные. При установке их в положение, соответствующее рассчитанной емкости, следует учесть, что в конденсаторах с полукруглыми пластинами емкость в значительных пределах изменяется по линейному закону. Поэтому, измерив с помощью Q-метра или мостика емкость конденсатора при полностью введенных пластинах и при пластинах, выведенных на $2/3$, можно установить необходимую емкость, пользуясь обычным школьным транспортиром

Настройка П - контура на максимальную отдачу в нагрузку (Эквивалент или антенну) .

- Установите антенный конденсатор в положение максимальной емкости
- Подайте напряжение возбуждения на усилитель, примерно 30%.
- Медленно вращая анодный конденсатор, по прибору контролирующий анодный ток определите момент резонанса, это будет резкий спад анодного тока лампы.
- Одновременно будет изменяться и сеточный ток лампы
- Уменьшить емкость антенного конденсатора на 10 – 15 %.
- Вращая анодный конденсатор опять добиться спада анодного тока лампы, на этот раз он будет немного больше, чем раньше.
- Повторяя несколько раз процедуру уменьшения антенного конденсатора и подстройку анодного, Вы придете к моменту, когда любые изменения антенного и анодного конденсатора дают не уменьшение, а увеличение анодного тока лампы.
- увеличьте напряжение возбуждения на усилитель примерно до 75 процентов от максимального паспортного.
- подстраивая в небольших пределах антенный и анодный конденсаторы добиться по индикатору выхода максимальной отдачи.
- «провал» анодного тока и максимум отдачи должны совпадать между собой, если нет, то немного увеличить емкость антенного конденсатора, и повторить процедуру настройки до совпадения провала анодного тока и максимума отдачи.
- Если анодный контур рассчитан правильно (хотя бы по таблицам), а «провал» анодного тока и максимум выходной мощности не совпадают, то это однозначно говорит об отсутствии или недостаточной **нейтрализации** проходной емкости лампы усилителя. Самое большое «несовпадение» будет на 10 метровом диапазоне.

.

**Уменьшая емкость антенного конденсатора,
увеличиваем связь с нагрузкой,**

**при этом увеличивается мощность, отдаваемая усилителем,
и достигается оптимальное согласование.**

- проверьте показание прибора, контролирующего ток управляющей сетки, он не должен превышать расчетной величины, но для разных схемных решений он будет разный, для схемы триодного усилителя и для пентодного см. текст.
- обращаю Ваше внимание еще раз. последовательность настройки П контура. вначале **антенный**, затем **анодный** конденсаторы, а не наоборот.
- теперь Вы можете увеличить напряжение возбуждения, по показанию тока анода до максимального паспортного и немного подстройте П- контур на максимальную отдачу в нагрузку.
- Ваш усилитель отдает все, на что способен.
- очень хорошо и удобно контролировать работу усилителя по детектору линейности. Даже небольшое рассогласование усилителя им будет, показано, так же как и недокачка и перекачка напряжением возбуждения.

29. Литература.

- 1.Справочник радиолюбителя. Свердловское книжное издательство.1962г.
- 2.Справочник коротковолновика. Издательство Досааф. Москва 1959г.
- 3.Вокруг земли на радиоволне. Бензарь В.К. Леденев В.И. Минск..Полымя..1986г.
- 4.Диагностика и ремонт аппаратуры радиосвязи и радиовещания. Дж.Карр. Москва..Мир..1991г.
- 5.The radio amater-s handbook. Newington. Conn. USA.06111.1973-1995.
- 6.QST. 1975-1985.
- 7.Funkamateur.1980-1997.
- 8.Radio-amater.Casopis saveza radio-amatera jugoslavije.1975-1989.
- 9.Amaterske radio. Casopis pro elektroniku a amaterske vysilani.1974- 1988
10. Техника любительской однополосной радиосвязи. С.Г. Бунимович.
- Л.П. Яйленко. Издательство ДОСААФ. Москва – 1970г.
- 11.Электроввакуумные, электронные и газоразрядные приборы. Б.В. Кацнельсон, А.М. Калугин, А.С. Ларионов. Радио и связь. Москва -1985г.

Заповеди самодельщика.

I. СВЕРХЗАДАЧА — ПРЕЖДЕ ВСЕГО!

Обычно начинают с ближайшей цели:

хочу сделать «вот такую» машину! О своей сверхзадаче не задумываются. Но она рано или поздно выявится сама, чаще всего — на полпути, когда уже много сделано...

Разобраться в себе поможет классификация «самодельщиков».

Упрощенец.

Обычно исходит из распространенного заблуждения, что сделать дешевле, чем купить. Чем раньше он осознает, что это действительно заблуждение, тем меньше средств и усилий затратит напрасно. Особая категория упрощенцев — чаще малоквалифицированных, — пытается сделать «настоящее» устройство (то есть неотличимый от промышленного); чем раньше они поймут, что ни по пригожести, ни по потребительским качествам устройства завод не превзойдешь, тем дешевле обойдется им это заблуждение.

Максималист.

Так можно назвать тех, кто мечтает непременно поразить окружающих. Сделать такое, чтоб ни у кого... Престижное устройство! Чтоб или по форме — суперспорт, или по содержанию компьютерно-комплексно-автоматизированная.

Индивидуал.

Это тот, для кого выпускаемые промышленностью устройства не подходят, кому нужна машина специального назначения,

Творитель.

Это тот, кто не может не делать. Громадное удовлетворение получает он от самого процесса творчества. В пределе даже так: сделал, а работать — ни к чему,

Так кто же ты? Не жалея себя в самоопределении. Это поможет тебе сэкономить свой труд и время.

II. ОЗАДАЧЬСЯ!

Наберись смелости и выплесни на бумагу основные характеристики своей мечты: назначение, компоновку, габариты и вес. Проставь дату и отложи в недолгий ящик. Через недельку попробуй составить второй вариант. Третий... Седьмой...

При этом «выплескивать» рекомендуется, даже если поначалу нет ощущения, что готов к этому. Еще Д. И. Менделеев утверждал, что лучше любая гипотеза, чем никакая. Вместо ошибочной в конце концов появится другая, более правильная. Со временем проявится и ее ошибочность. Этот процесс бесконечный. Но каждая новая гипотеза, как правило, лучше предыдущей. И тут уж желаем разработчику здравого смысла, чтобы вовремя остановиться, ибо суть не в постоянном поиске, а в результате.

III. НЕ БЕРИ ТО, БЕЗ ЧЕГО МОЖНО ОБОЙТИСЬ

Что греха таить, чудеса всех увлекают. Но необыкновенными могут стать и такие основополагающие качества, либо второстепенные — например, автоматическое управление. Не перегружай свой проект обилием «цацок», за ними может исчезнуть и основная. Как только ощутишь признаки такой опасности, составь перечень того, что тебе хочется видеть в своем творении. А потом выпиши оттуда то, без чего никак не обойтись. Итогом этой работы должен стать проект, содержащего необходимый комплекс «чудес».

Остальное раздели на две части. Найди в себе силы забыть навсегда большую часть, оставив лишь то, что можно сделать потом, во вторую очередь, после того, как созданный тобой агрегат поедет. Работая машина поставит новые, пока еще неведомые проблемы. Учитывая их, ты составишь в очередности теперь уже более определенный (по степени их важности) перечень доработок.

Вообще говоря, с сиденья завершенной машины все гораздо видней!

Прежде чем браться за непосредственную работу над машиной, самое время еще раз прикинуть, стоит ли твое желание той гигантской работы, на которую ты себя обрекаешь. Да еще учти, сколько непредусмотренных огорчений ждет тебя на выбранном пути!..

А не лучше ли все же приобрести готовый аппарат? Если тебе просто хочется повозиться с «железом», купи старенький аппарат. Ну а если это не так, то от души желаем тебе успеха и мужества, ибо ты теперь вступаешь в вольное братство самодельщиков.

V. ЧЕРТИ НЕ МНОГО И НЕ МАЛО, А ПО НЕОБХОДИМОСТИ!

Одну крайность среди самодельщиков (прежде всего — инженеров различных специальностей) составляют «чертежники». Они рисуют общие виды, потом — варианты, разрабатывают конструкции, чуть ли не всех узлов и деталей. Как правило, за этим — страх браться за ножовку и дрель, молоток и зубило.

Другую крайность (это обычно гуманитарии и шоферы) составляют «тяпальщики». Поставят узлы — передний и задний, положат на них профили-лонжероны и начинают варить поперечины. Потом обнаруживается, что трансформатор туда не komponуется... Переделывать по несколько раз «тяпальщики» не стесняются. Завершив половину работы, оказываются подчас перед неразрешимой проблемой — задуманная машина не получается. Еще хуже, когда приходится уже готовую часть «одевать» в «парадное верхнее одеяние» — кузов, сработанный не по «фигуре»... Вряд ли такая машина понравится.

Приемлема, как обычно, разумная середина. Компоновка в масштабе 1 : 5, общий вид (в трех проекциях), плазовый чертеж (желательно в натуральную величину) и объемная модель в том же масштабе — вот первый исходный минимум. Причем модель необходима здесь в той же степени, что и чертеж. Ограничиваться лишь общим видом (и компоновкой) неосмотрительно.

При создании узлов все, что можно делать без чертежей, лучше делать по месту, при необходимости вырезая из картона шаблоны. Если без чертежей узлов не обойтись — выполняй их 1:1. Учти, что масштаб 1:2 — самый обманчивый, и привыкай обходиться лишь двумя — 1:5 и 1:1. Правда, общий вид можно рисовать и 1:10, и даже 1 : 20. Чертежи на детали есть смысл готовить, если только их придется где-то заказывать,

VI, И ДОМАШНЕМУ «ЗАВОДУ» НУЖЕН ДИРЕКТОР!

Прежде всего «производству» необходимо подобрать помещение для работы над машиной: оно должно быть отдельным и... теплым — в холоде тоже не работа.

Не жалея денег на инструменты. Главными станками «автозавода» должны стать верстак с большими тисками и электродрель. Неплохим подспорьем будет и электрический абразивный резак. Не бери пример с тех, кто со строительства машины переключается на коллекционирование всевозможных приспособлений, создавая своего рода музей инструмента... Как только обнаружится, что нужный ключ проще купить в магазине, чем найти в своих закромах, это будет означать, что инструментальное хозяйство превзошло «критическую массу», и его пора безжалостно сокращать. Но действующий инструмент держи в готовности: это не работа, когда нужно зубило, а оно тупое, берешь сверло, а оно щербатое.

Основные материалы — как профильные, так и листовые — надо заготовить заранее. Можно, конечно, и по ходу дела позволить себе прервать работу, чтобы 'раздобыть какой-то специальный материал или крепеж, но все же лучше рабочее время на это не тратить. Надо ценить трудовой ритм, не отвлекаться на «затыкание дыр» из-за организационных неурядиц. Если работаешь не один, а вдвоем-втроем, это еще важнее, ибо подготовка к работе идет чаще индивидуально, а коллективные простои обходятся много дороже.

VII. МОДЕЛИРУЯ! МАКЕТИРУЯ!

Внешний вид устройства — великое дело. И по общему виду отработать его не слишком просто. А ведь твое устройство будет работать рядом со «YAESU» и «KENWOOD», над которыми работали не только конструкторы, но и дизайнеры. И делали при этом десятки моделей, в том числе в натуральную величину! Поэтому совсем неплохо было бы последовать их примеру. Закончив свою модель, посмотри на нее строгим посторонним взглядом. Покажи сведущим людям. Сделай второй вариант, может быть, и третий. Ведь внешний вид, по существу, можно отработать только на этой стадии. Потом будет поздно.

Затем целесообразно взяться за макет в натуральную величину. В него можно вставлять готовые узлы, которые ты собираешься использовать

Макет необходим для уточнения взаимного расположения узлов, подходов к обслуживанию. И вообще позволяет зримо ощутить свое будущее творение.

Макетирование служит могучим средством и в создании отдельных узлов. Их предварительно воспроизводят в виде профильных шаблонов, продольного и поперечного. Может хватить и одного, достаточно характерного, для примерки.

VIII. ЧЕТЫРЕ СТОЛПА КОНСТРУИРОВАНИЯ

— КОНСТРУКЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ, ГОТОВЫЕ УЗЛЫ, МАТЕРИАЛЫ

При создании любого узла можно, конечно, исходить из чисто конструктивных соображений: сделать его функциональным и прочным, минимальной массы и габаритов. И под эту конструкцию подбирать соответствующие технологию и материалы.

Однако самодельщику в еще большей степени, чем конструктору завода, нужно предусмотреть возможность реализации своей задумки. Ведь он же сам себе отдел снабжения, сам себе технолог, рабочий. Поэтому критерий оптимальности конструкции у самодельщика особый.

Сложные в изготовлении детали не грех заимствовать. А они сразу определяют конструкцию всего узла. Можно во главу оптимизации поставить материал, который по какой-либо причине доступен.

«Четырех столбовая» устойчивость самодельщика — в гибкости использования того «столпа», который облегчает создание данного узла, перенося центр тяжести своей работы на самую сильную (в решении данной задачи) опору.

IX. ХОТЕТЬ — НЕ ДЕЛО; УМЕТЬ — ЧЕТВЕРТЬ ДЕЛА; МОЧЬ — ПОЛДЕЛА... НО ГЛАВНОЕ — ОБЛАДАТЬ ТАЛАНТОМ «ЗАВЕРШАТЕЛЯ»

Даже самое могучее желание — не сильнее неумелости. Но если слесарных навыков нет? Здесь два пути: попроще — собрать команду, в которой специалисты дополняли бы друг друга. И потяжелее, но дающий тебе независимость, — обрести квалификацию, что лучше делать тоже под чьим-нибудь руководством или в компании.

Существует еще один фактор, не менее важный. Это — последовательность, характер, воля, заставляющие сделать над собой усилие, когда усталость, физическая и моральная, одолевает тебя. Сколько слабых духом бросили свое дело на полдороги... Но и какое удовлетворение дает преодоление временной слабости! Достигнув цели, ты получишь не только свой прямой результат, но и ощутишь радость победы над собой, и это, может быть, станет самой глазной наградой.

X. ПОМНИ О ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В работе над своим творением придется осуществлять самые различные технологические операции. Некоторые небезопасны. На производстве есть специальная служба техники безопасности, а на домашнем «заводе» — только ты сам. Дисковая пила или абразивный резак могут и палец отхватить. Заточный станок — оставить без глаза, тяжелые агрегаты — придавить. А пожароопасность? Все это очень серьезно.

Не менее серьезны и элементы безопасности, необходимые в конструкции самоделки.

Учитывая жизненную важность этих вопросов, недостаточно держать их в уме. Сформулируй свои слабые места на бумаге. Найди в себе силы вовремя остеречься, если какие-то требования не выполняются, либо даже отказаться от схемы, компоновки или конструктивного решения, не обеспечивающих должной безопасности. В таком деле «авось» может плохо кончиться.