

Валерий Марценюк

Усилители мощности

для радиолюбителей

*по страницам публикаций из газеты
«Радиоинформ»*

Винница, 2020 год

Под редакцией к.т.н. Валерия Марценюка

Усилители мощности для радиолюбителей: по страницам публикаций из газеты «Радиоинформ» за 2002 – 2020 год. — Винница.: Радиоинформ — 2020 — 216 с.

ISBN 098-966-2375-08-4

В большинстве случаев работы в эфире радиолюбители стран СНГ отказываются от использования самодельной приемно-передающей аппаратуры и переходят на современные импортные трансиверы. Как известно, стандартом для таких трансиверов является обеспечение выходной мощности на уровне 5-100 ватт. В случае необходимости увеличить выходную мощность до уровня указанного в лицензии (от 200 ватт до 1500 вт для разных стран) приходится применять дополнительные импортные усилители мощности, стоимость которых в некоторых случаях даже превышает стоимость самого трансивера. Выходом из этого положения является построение усилителей мощности изготовления «home made» (т.е. в домашних условиях), параметры которых мало уступают их зарубежным аналогам. Иногда это диктуется дороговизной искомых устройств, но чаще всего здесь преобладает желание собрать что-то своими собственными руками.

ББК 84 Укр6

ISBN 978-966-2375-08-4

© Марценюк В.П.

© Изд. «Радиоинформ»

Содержание

Глава 1. Основы построения и эксплуатации УМ

1.1. О построении ламповых УМ.....	5
1.2. Об особенностях конструкций ламповых УМ..	24
1.2.1. О конструкциях шасси УМ.....	28
1.2.2. О покраске, монтаже и настройке УМ.....	31
1.3. О проблемах использования УМ на КВ.....	38

Глава 2. Элементы для построения УМ

2.1. Генераторные лампы и их эксплуатация.....	46
2.2. Жестчение генераторных ламп.....	49
2.3. Фильтры и ШПУ для УМ.....	51
2.4. Анодные дроссели в ламповых УМ.....	56

Глава 3. Усилители мощности для КВ

3.1. Усилители мощности на генераторных лампах	
3.1.1. Усилители мощности на лампах ГИ-7Б.....	63
3.1.2. Об усилителях повышенной мощности на лампах ГУ-10Б, ГУ-35Б, ГУ-43Б.....	68
3.1.3. Усилители мощности на лампах ГМИ-11...	71
3.1.4. Усилители мощности на лампах ГУ-13.....	78
3.1.5. Усилители мощности на лампах ГУ-19 (29)	82
3.1.6. Усилители мощности на лампе ГС-35.....	85
3.1.7. Усилители мощности на лампах ГУ-50.....	96
3.1.8. Усилители мощности на лампах ГУ-72.....	103
3.1.9. Усилители мощности на лампе ГУ-74Б.....	108
3.1.10. Усилители мощности на лампах ГУ-78Б...	119
3.1.11. Усилители мощности на лампе ГУ-81.....	121
3.1.12. Усилители мощности на лампах Г-811.....	136
3.1.13. Усилители мощности на лампе ГУ-91Б....	140
3.2. Усилители мощности на бытовых лампах	
3.2.1. Усилители мощности на лампах 6ПЗС.....	142
3.2.2. Усилители мощности на лампах 6П15П.....	143
3.2.3. Усилители мощности на лампах 6П42С.....	145

3.2.4. Усилители мощности на лампах 6П45С	147
3.3. Усилители мощности на транзисторах	
3.3.1. Усилители мощности на БП транзисторах...	149
3.3.2. Усилители мощности на полевиках.....	156

Глава 4. Усилители мощности для УКВ

4.1. Усилители мощности на 144 мГц	
4.1.1. Усилитель мощности на лампе ГИ-7Б.....	161
4.1.2. Усилитель мощности на транзисторах.....	166
4.2. УМ на 430 мГц.....	168

Глава 5. Устройства согласования

5.1. Тюнера для УМ импортных трансиверов.....	171
5.2. Расчет и настройка П-контуров в УМ.....	182

Глава 6. Из практики настройки УМ

6.1. Об измерении параметров импортных УМ.....	189
6.2. Двухтоновый генератор для настройки УМ....	192
6.3. Об измерении выходной мощности.....	201
6.4. Об измерении КСВ.....	205

Глава 7. Вспомогательные элементы УМ

7.1. Стабилизация напряжения экранной сетки...	212
7.2. Блок питания для УМ.....	213.

Глава 1. Основы построения и эксплуатации УМ

1.1. О построении ламповых УМ

В работе [1] утверждается, что, немногие из радиолюбителей работают QRP, большая же часть рано или поздно начинает мечтать об увеличении мощности передатчика. Однако необходимо отдавать себе отчет — чтобы корреспондент заметил изменение силы сигнала на один балл шкалы S (6 дБ), выходную мощность передатчика необходимо увеличить в четыре раза. При этом не имеет значения, местная ли это связь или же QSO с DX.

Чтобы разница составляла два балла по шкале S (12 дБ), выходная мощность должна возрасти шестнадцатикратно! Владелец устройства с выходной мощностью 100 Вт должен был бы в первом случае построить усилитель с подводимой мощностью в 800 Вт, а во втором — 3,2 кВт! Увеличение мощности передатчика в два раза, т.е. на полбалла по шкале S, не имеет особого значения для увеличения силы сигнала. Так, например, повышение мощности передатчика с 75 мВт до 150 мВт или же с 75 Вт до 150 Вт корреспондент практически не заметит.

Известно, что стоимость буржуйских усилителей мощности (в дальнейшем УМ) очень высока, и многим не по карману. С каждым годом всё трудней найти комплектующие для построения УМ, да и цены на них заоблачные. Поэтому изготовление УМ в домашних условиях, становится всё более проблематичным. Однако такой усилитель обойдется вам все же гораздо дешевле, чем фирменный. Если же хорошо постараться, то можно изготовить УМ ничуть не уступающий промышленному как по внешнему виду, так и внутреннему дизайну.

Усилители мощности могут использовать обладатели трансиверов выходной мощностью от 5 до 100 Вт.

Использование дополнительных усилителей мощности особенно актуально для тех операторов, которые предпочитают работать цифровыми видами связи, когда передатчик работает на полную мощность в течение нескольких минут. Во время такой работы современные трансиверы, имеющие небольшие размеры, сильно нагреваются. Использование же внешнего усилителя мощности приведет к тому, что нагреваться будет устройство, которое гораздо дешевле промышленного трансивера.

Из доступных ламп для изготовления усилителей мощности можно попробовать начать с телевизионных ламп 6П45С, поскольку у них есть отдельный вывод третьей сетки. Обнаружилось, что при рассеиваемой на аноде мощности 50 Вт, после десяти минут работы некоторые участки анода становятся слегка коричневыми. Сравнение старых ламп, взятых из телевизоров с неизвестным сроком эксплуатации, с новыми не выявило различия в величине анодных токов. Одним из недостатков этой лампы является ее большая выходная емкость (25 пФ), однако, это вполне допустимо для УМ на низкочастотные КВ диапазоны..

При сравнении с аналогичным усилителем на лампах ГУ-50, оказалось, что лампы ГУ-50 имеют меньшее усиление по мощности. При одной и той же входной мощности, в усилителе на ГУ-50 можно было получить примерно 60% той мощности, которую давали лампы 6П45С.

Для усилителей с повышенной выходной мощностью необходимо использовать передающие лампы с соответствующей мощностью рассеяния. Для "стеклянных" ламп может даже потребоваться воздушное охлаждение. Анодный колпачок должен быть изготовлен в форме радиатора, а соединительный провод должен припаиваться тугоплавким припоем. Для увеличения срока службы ламп желательно использовать двухступенчатое включение накала (для ограничения броска тока через холодную нить накала). В любительских условиях лампа

очень часто включается/выключается, номинальный ток накала может быть более 10 А. Холодная же нить лампы имеет в 6...7 раз меньшее сопротивление, так что импульсы тока ограничиваются только сопротивлением обмоток трансформатора. Анодное напряжение необходимо прикладывать только после разогрева катода.

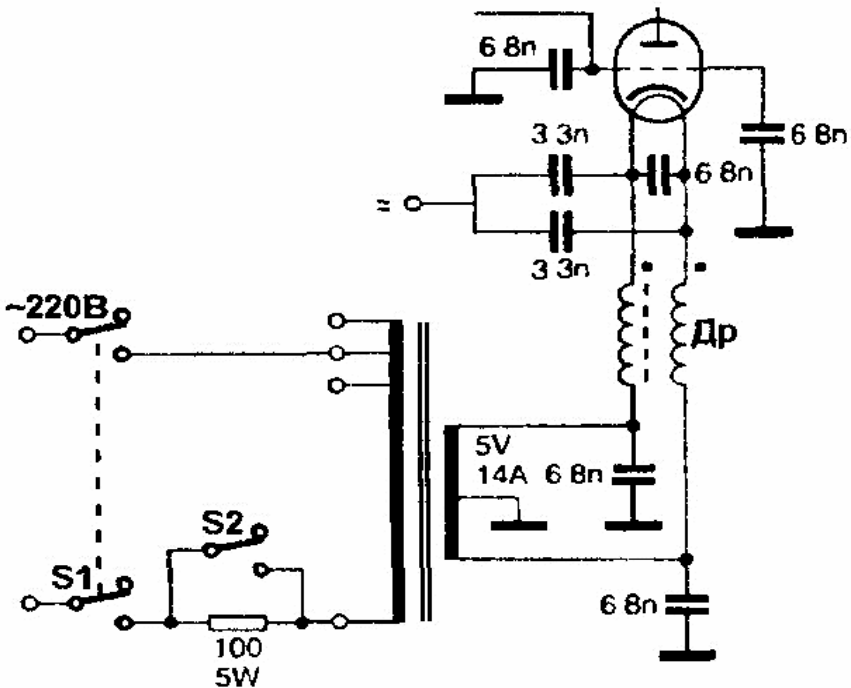


Рис.1.1. Упрощенная схема включения лампы в УМ

Чтобы в цоколе лампы не возникали механические напряжения (в результате чего баллон может треснуть), необходимо использовать только специальные ламповые панельки. Контакты выводов нити накала должны быть надежными, они не должны разогреваться током накала. Оба вывода накала необходимо соединить друг с другом

через керамический конденсатор 10 нФ для шунтирования ВЧ-токов. Середина трансформаторной накальной обмотки должна быть заземлена (смотри рис.1.1).

Естественно, что для любительской работы лампа не обязательно должна быть новой. Можно использовать и лампу, которая уже выработала свой ресурс в профессиональном устройстве. При использовании керамических тетродов, например, типа ГУ-74Б необходимо обязательное принудительное воздушное охлаждение. Учитывая конструкцию радиатора этой лампы, воздушный поток необходимо пропустить через фильтр. В противном случае лампу необходимо будет периодически доставать и удалять пыль из каналов радиатора. Все лампы передатчика желательно устанавливать в вертикальном положении. Кроме того, металлокерамические лампы с анодным радиатором устанавливаются в небольшой вытяжной трубе из изоляционного материала (керамики, тефлона), которая будет направлять весь поток воздуха через радиатор лампы.

Если лампа долго хранилась, то перед использованием ее необходимо прогреть в течение примерно одного часа, включив накал без анодного напряжения. Это особенно актуально для металлокерамических ламп. Для новых ламп период прогрева необходимо увеличить не менее чем до десяти – двенадцати часов.

Маломощный усилитель может запитываться от одного силового трансформатора, дающего напряжения накала, питания реле и вентилятора (если он установлен), отрицательное напряжение для запираения лампы во время приема и анодное напряжение. Мощность такого трансформатора может составлять 200...300 ВА. Вряд ли можно рассчитывать на приобретение готового трансформатора. Можно использовать какой-либо старый трансформатор, перемотав вторичную обмотку, или любой другой, намотанный на сердечнике сечением 15...18 см.

Обмотка накала должна обеспечивать напряжение и ток, необходимые для данной лампы (ламп). Такие же обмотки обеспечивают питание реле и вентилятора. Обмотка выпрямителя отрицательного напряжения служит для запираания лампы усилителя во время приема, и в эти моменты практически не потребляет ток. В маломощных усилителях она обеспечивает напряжение -20...-50 В, в мощных минус 100...-150 В.

Анодное напряжение маломощного усилителя в режиме покоя необходимо взять равным 1000...1400 В. Эта величина связана с возможностью использования электролитических конденсаторов в фильтре анодного выпрямителя. Четыре конденсатора 200 мкФ/350В включаются последовательно. Это соответствует эффективной величине напряжения анодной обмотки 350...500 В для схемы удвоителя напряжения, и, соответственно, 700...1000 вольт для мостовой схемы.

Трансформатор необходимо рассчитать так, чтобы все пространство, оставшееся после изготовления указанных выше обмоток, было использовано для анодной обмотки, и чтобы ее можно было намотать как можно более толстым проводом. Обмотка для схемы удвоителя требует в два раза меньшего числа витков, но более толстого провода, наматывать который легче. Чем больше поперечное сечение провода этой обмотки, тем надежнее блок питания. Диаметр провода анодной обмотки может находиться в пределах 0,45...0,6 мм. Для работы в режиме SSB это не так важно, поскольку средняя мощность передатчика составляет около 30%, а пики полной мощности очень кратковременны. Однако при работе цифровыми видами связи анодное напряжение, в зависимости от величины анодного тока лампы усилителя, будет снижаться вплоть до эффективной величины напряжения трансформатора.

Для усилителей большой мощности необходимо предусмотреть отдельные трансформаторы: один — для косвенного накала, второй — анодный. С учетом

необходимости использования электролитических конденсаторов в фильтре, анодное напряжение не должно превышать значение 2700В — т.е. шесть конденсаторов по 100 мкФ/450В, включенных последовательно. Напряжение вторичной обмотки трансформатора для схемы удвоителя будет равно 960 В.

Для выходной мощности 750Вт можно принять следующие условия работы лампы: рабочее анодное напряжение — 2400В, ток — 310мА, эквивалентное сопротивление нагрузки лампы — 4000 Ом. Анодный трансформатор должен подключаться двухступенчато: вначале — через резистор, ограничивающий ток через диоды выпрямителя, заряжающего конденсаторы фильтра, а через минуту — полное напряжение сети.

Для выпрямления анодного напряжения в усилителях обоих типов можно использовать высоковольтные кремниевые диоды, например, типа 1N4007. Количество диодов зависит от типа выпрямителя и величины напряжения. На практике можно принять для каждой ветви удвоителя напряжения или для каждого плеча мостового выпрямителя по одному диоду на каждую тысячу вольт выпрямленного напряжения. В схеме удвоителя напряжения это будет 2,82 эффективного напряжения анодного трансформатора, в мостовом выпрямителе — 1,42 эфф этой же обмотки.

К включенным последовательно диодам должны быть параллельно подключены резисторы такой величины, чтобы обратное анодное напряжение, приложенное к каждой из ветвей моста, вызывало в них протекание тока около 1 мА. Это необходимо для гарантированного равномерного распределения обратного напряжения между включенными последовательно диодами. Пробой одного из них приведет к повреждению других. При обратном напряжении в 1000 Вольт, приходящемся на один диод, требуется установить резистор 1 МОм мощностью не менее одного ватта. Для предохранения диодов от импульсных

перенапряжений они шунтируются конденсаторами 1000 пФ/1000 В.

Эквивалентное сопротивление анодной нагрузки каскада усилителя мощности определяется анодными напряжением и током в соответствии с выражением:

$$R_3 = U_a / 2I_a.$$

От величины этого сопротивления зависят номиналы элементов анодного П-контура.

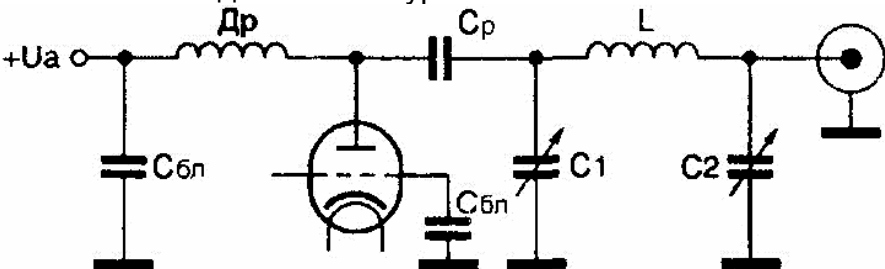


Рис.1.2. Схема подключения анодной цепи УМ

На практике выгодно выбирать условия работы лампы так, чтобы эквивалентное сопротивление нагрузки находилось в пределах 2000...4500 Ом. Малое сопротивление нагрузки означает работу при низком напряжении и большом анодном токе, что требует большой мощности возбуждения. Следовательно, КПД усилителя будет мал. Высокий КПД получается в случае высокого напряжения и малого анодного тока, однако это, в свою очередь, приводит к трудностям с реализацией П-контура в диапазоне 28 МГц. Например, нецелесообразно использовать 4 лампы ГУ-50 в режиме с анодным напряжением 500 В и током 500 мА (подводимая мощность — 250 Вт). Эквивалентное сопротивление такого каскада составляет 500 Ом, необходимая мощность возбуждения превышает 50 Вт, а выходная мощность — около 125 Вт (слабое использование анодного напряжения). Гораздо эффективнее будет работа такого усилителя на двух лампах

при напряжении 1000 В и токе 250 мА. При той же выходной мощности сопротивление нагрузки будет 2000 Ом, необходимая мощность возбуждения уменьшится, поэтому для излучения той же самой мощности будет использоваться меньше энергии.

Для настройки анодного контура усилителя с П-контуром необходимы два конденсатора переменной емкости с воздушным диэлектриком. Они различаются величиной максимальной емкости и требованиями к расстоянию между пластинами ротора и статора. Как следует из нижеприведенной Таблицы, максимальная емкость конденсатора С1, включенного со стороны анода лампы (смотри рис.1.2), может в крайнем случае (для $R_3 = 1000$ Ом и диапазона 3,5 МГц) составлять 520 пФ. Минимальная емкость должна быть как можно меньше, а рекомендуемый зазор между пластинами — 1 мм на каждые 400 вольт анодного напряжения.

Теоретически, на этом конденсаторе будет удвоенная величина напряжения, поэтому пробивное напряжение воздуха принимается равным 800 В/мм. Однако на практике это напряжение может быть и несколько меньше. Для усилителей с небольшой мощностью можно использовать переделанные сдвоенные КПЕ от старых радиоприемников. Для этой цели годятся только конденсаторы с одинаковыми секциями, т.е. с пластинами ротора и статора одинаковой формы и с одинаковыми расстояниями между пластинами. Переделка заключается в осторожном удалении каждой второй пластины роторов и статоров; после этого статоры выпаиваются и впаиваются заново так, чтобы между пластинами ротора и статора с обеих сторон было одинаковое расстояние. Переделанный таким образом конденсатор с расстоянием между пластинами больше 1 мм, можно использовать в усилителях с анодным напряжением до 1400 В. Поскольку емкость конденсатора уменьшится примерно до 100 пФ на секцию, используются

	обе	секции
--	-----	--------

конденсатора

Параметры элементов П-контура

Диапазон, МГц	$R_{об}, \text{Ом}$	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	6000
3,5	C1, пФ	520	360	280	210	180	155	135	120	110	90
7,0		260	180	140	105	90	76	68	60	56	45
10		180	124	97	73	62	53	47	41	38	31
14		130	90	70	52	45	34	30	30	28	23
18		101	70	55	40	35	29	26	23	22	18
21		85	60	47	35	31	25	23	20	19	15
24		74	51	40	29	26	22	19	17	16	13
28		65	45	35	26	23	19	17	15	14	11
3,5	L1, пФ	4,5	6,5	8,5	10,5	12,5	14	15,5	18	20	25
7,0		2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7	7,8	9	10	12,5
10		1,52	2,22	2,9	3,6	4,3	4,85	5,4	6,22	6,9	8,65
14		1,1	1,6	2,1	2,6	3,1	3,5	3,9	4,5	5	6,2
18		0,86	1,25	1,64	2,03	2,42	2,74	3,05	3,5	3,9	4,85
21		0,73	1,0	1,38	1,7	2,05	2,3	2,6	3	3,3	4,1
24		0,63	0,91	1,2	1,48	1,77	2,0	2,22	2,66	2,85	3,55
28		0,55	0,8	1,05	1,28	1,55	1,7	1,95	2,25	2,5	3,1
3,5	C2, пФ для $R_{н} = 50 \text{ Ом}$	2400	2100	1800	1550	1400	1250	1100	1000	900	700
7,0		1200	1060	900	760	700	630	560	500	460	350
10		830	770	620	524	483	435	386	345	318	242
14		600	530	450	380	350	320	280	250	230	175
18		468	414	352	289	274	259	218	195	137	129
21		400	350	300	250	230	210	185	165	155	120
24		332	302	256	217	199	188	169	142	131	100
28		300	265	225	190	175	160	140	125	115	90
3,5	C2, пФ для $R_{н} = 75 \text{ Ом}$	1650	1450	1230	1070	970	860	760	690	620	485
7,0		830	730	620	525	485	435	385	345	316	242
10		580	500	430	367	335	300	265	238	218	168
14		415	365	310	263	242	222	194	172	158	121
18		325	285	242	206	173	152	139	136	124	95
21		275	242	207	188	158	145	128	124	107	83
24		236	208	177	150	138	126	111	100	90	69
28		208	183	155	131	121	111	97	86	79	62

Очень важно, чтобы скользящий контакт, отводящий ток с ротора конденсатора на общий провод, был надежным; нельзя забывать, что здесь протекает очень большой ток резонансного контура, которым является П-контур.

Для усилителя большой мощности желательно раздобыть конденсатор заводского изготовления (от военных радиостанций) с расстоянием между пластинами 2...3 мм и толщиной пластин 2 мм, причем пластины должны иметь закругленные края. Если края будут острыми, то, несмотря на большое расстояние между пластинами, может возникнуть т.н. дуговой разряд. В крайнем случае, можно использовать переменный конденсатор меньшей емкости, чем это необходимо для диапазона 3,5 МГц (с необходимым расстоянием между пластинами), а на указанном диапазоне подключить к нему соответствующий конденсатор постоянной емкости. Однако такое решение усложняет конструкцию переключателя диапазонов. В качестве дополнительных параллельных конденсаторов можно использовать только слюдяные конденсаторы (например, КСО) на напряжение $2U_a$. Керамические конденсаторы имеют большой термический коэффициент, и, разогрев протекающим ВЧ-током, приводит со временем к изменению их емкости.

Конденсатор С2 П-контура должен иметь в крайнем положении максимальную емкость 2400 пФ (см. таблицу), однако требования к расстоянию между пластинами для него в десять раз менее жесткие, чем для конденсатора С1. Поэтому здесь можно использовать переменный конденсатор от радиоприемников без всяких переделок. Для усилителей большой мощности лучше использовать конденсаторы старых типов, у которых расстояние между пластинами больше.

Это могут быть двух- или, еще лучше, трехсекционные конденсаторы. Недостающую емкость для диапазона 3,5 МГц легко можно дополнить

конденсатором постоянной емкости, который подключается переключателем диапазонов при выборе этого диапазона. Здесь также рекомендуется использовать слюдяные конденсаторы типа КСО на рабочее напряжение 500 В. Лучше применить два или три конденсатора меньшей емкости, включенные параллельно.

Величины индуктивности катушек П-контура для отдельных диапазонов, в зависимости от величины анодного сопротивления лампы и от сопротивления антенны, приведены в таблице. Вследствие значительной мощности усилителя, в катушке резонансного контура, каковым является П-контур, протекает очень большой ток. Поскольку на указанных частотах ток течет только по поверхности проводника, то чтобы он не перегревался, его диаметр должен быть достаточно большим.

На практике для усилителя небольшой мощности диапазонов 3,5 и 7 МГц катушку можно намотать эмалированным проводом диаметром 1,5 мм, а для диапазонов 10, 14 и 18 МГц — диаметром 2,5 – 3мм. Для диапазонов 21 и 28 МГц необходимо использовать посеребренные трубки диаметром 4 мм. Катушку для диапазонов 3,5 и 7 МГц можно намотать на трубке диаметром 45 - 50 мм, виток к витку. Катушки для диапазонов от 10 до 18 МГц необходимо наматывать на трубке диаметром около 40 мм, виток к витку, затем катушка снимается и слегка растягивается — так, чтобы расстояние между витками было равно половине диаметра провода. Если используется провод большого диаметра, и катушка имеет небольшое число витков, нет необходимости в каком-либо каркасе. Катушки для диапазонов 21 - 28 МГц наматываются аналогичным образом, но имеют диаметр около 30 - 35 мм и несколько большее расстояние между витками.

Для усилителя большой мощности диаметры используемых проводов необходимо соответствующим образом увеличить. Так, например, для диапазонов 3,5 - 7

МГц диаметр провода — 3 мм, 10 - 18 МГц — 5 мм и 21 - 28 МГц — от 8 до 10 мм. В двух последних случаях катушки лучше изготовить из посеребренной медной трубки.

Диаметры катушек могут быть несколько меньше, что обеспечит такую же индуктивность при меньшей длине катушки, обусловленной большим диаметром провода (трубки). Все катушки, намотанные в одном и том же направлении, можно крепить на переключателе диапазонов навесным способом. Катушки диапазонов 10, 14 МГц и 18, 28 МГц, соединенные соосно, образуют одну катушку с отводами. Катушки диапазонов 3,5 и 7 МГц могут быть расположены как соосно, так и под некоторым углом — в зависимости от наличия места в корпусе усилителя. Подключение отводов катушки к переключателю диапазонов необходимо выполнить посеребренным проводом диаметром 1,5 мм для усилителей небольшой мощности, и более толстым проводом — для усилителей большой мощности. Провода должны быть как можно короче, особенно для высокочастотных диапазонов.

При переключении на более низкочастотный диапазон индуктивность катушки будет равна сумме индуктивностей всех ее фрагментов. Полная индуктивность будет равна индуктивности, требуемой для диапазона 3,5 МГц для заданного эквивалентного сопротивления.

Для усилителей небольшой мощности можно использовать керамические или, в крайнем случае, гетинаксовые переключатели. Для повышения надежности контактов необходимо соединить параллельно две галеты. Если возникает необходимость использовать старый переключатель, необходимо проверить, чтобы его контакты не были слишком изношенными. Если на скользящем контакте на глаз видны борозды с просвечивающейся латунию, переключатель использовать нельзя. Собственно говоря, это главная причина износа старого радиооборудования. Для усилителей большой мощности использовать такой переключатель не

рекомендуется. Поиск соответствующего переключателя в хорошем состоянии для усилителя большой мощности может оказаться очень трудной задачей.

В усилителе мощности с общей сеткой (ОС) используются три типа высокочастотных дросселей — анодный, катодный и накальный. У ламп прямого накала накальный дроссель является одновременно и катодным дросселем. Поскольку все эти дроссели работают в различных условиях, они имеют различную конструкцию. Больше всего хлопот доставляет изготовление анодного дросселя, который работает в высокоомной цепи лампы усилителя. На нем возникает наибольшее переменное ВЧ-напряжение, и в случае последовательного резонанса на рабочей частоте усилителя происходит "отсасывание" энергии и сильный разогрев корпуса дросселя.

Если дроссель намотан на керамическом каркасе, этот разогрев можно и не заметить. Для намотки дросселя можно использовать эмалированный провод диаметром 0,25 - 0,30 мм. После закрепления начала обмотки, на расстоянии 10 мм от края каркаса наматывается провод с расстоянием между витками, равным диаметру провода, длина этой секции — около 10 мм. Затем на длине около 10 мм расстояние между витками постепенно уменьшается, а дальше, до конца, вся обмотка наматывается виток к витку. Начало и конец обмотки необходимо склеить клеем, чтобы витки не смещались. Полная длина обмотки составляет примерно 10 см. На обоих концах каркаса необходимо изготовить контактные выводы, например, из посеребренного провода диаметром 1 мм (рис.1.3). К ним припаиваются выводы катушки. Вывод дросселя, имеющий более редкую намотку, подключается к аноду лампы. В случае неудачного изготовления анодного дросселя, эффект будет сразу заметен — обугливание изоляции на отдельных участках, появление дыма или, в крайнем случае, возгорание. При проявлении подобных эффектов необходимо изменить диаметр каркаса и/или длину обмотки.

Катодный дроссель работает при низком входном импедансе усилителя с ОС, поэтому гораздо менее критичен к качеству изготовления. Эксперименты с дросселями различной конструкции не обнаружили заметных изменений в работе усилителя. Индуктивность катодного дросселя может быть гораздо меньше, чем анодного. Соответственно можно уменьшить и его размеры. Катодный дроссель можно намотать на таком же каркасе, как и анодный, но диаметром 10 - 12 мм и длиной 60 мм, и тем же проводом, намотка — виток к витку.

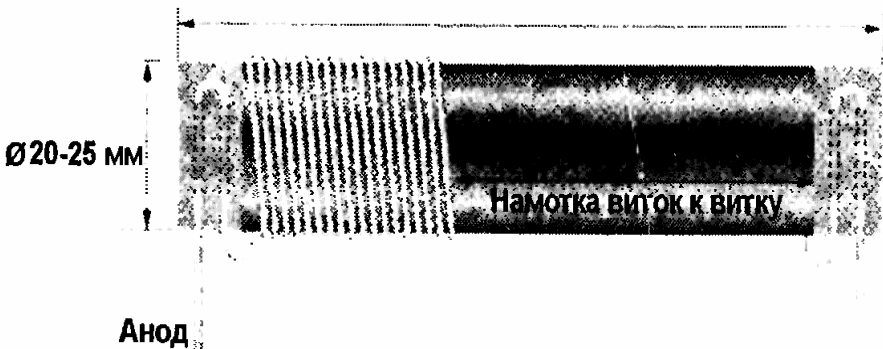


Рис.1.3. Конструкция анодного дросселя

Для ламп с косвенным накалом накальный дроссель можно не применять. Обычно он используется для устранения шунтирующего влияния емкости катод-подогреватель лампы. Учитывая, что по его виткам течет большой ток накала лампы, во избежание значительного падения напряжения накала, дроссель необходимо наматывать достаточно толстым проводом. Для увеличения индуктивности его необходимо наматывать на ферритовый сердечник. Для этой цели подойдет стержень ферритовой антенны диаметром около 10 мм от старого радиоприемника длиной около 80 мм. При токе 2,5 А обмотку можно наматывать двойным проводом (бифилярно) диаметром 0,8 мм. Концы витков закрепляются тонким шпагатом и проклеиваются. Бифилярная обмотка не

вызывает намагничивания сердечника сильным током накала и обеспечивает большое сопротивление для токов высокой частоты.

При токе накала более 10 А, катодно-накальный дроссель для ламп прямого накала наматывается аналогично, но на стержень длиной около 150 мм или на два таких ферритовых стержня, сложенные вместе; используется эмалированный медный провод диаметром 1,5 мм. При таком большом токе накала необходимо учитывать падение напряжения накала лампы на этом дросселе. В связи с этим необходимо предусмотреть более высокое напряжение обмотки накала, а также возможность его точной регулировки с помощью отводов на первичной обмотке трансформатора (рис.1.1).

Для переключения режимов работы усилителя используются электромагнитные реле. В режиме приема сигнал с антенного разъема подается через нормально замкнутые контакты реле на входной разъем усилителя и далее коаксиальным кабелем к антенному разъему трансивера. При передаче управляющий сигнал с трансивера вызывает срабатывание реле, а мощный ВЧ-сигнал подается тем же кабелем на входной разъем усилителя и далее, через контакты реле на катод лампы. Одновременно лампа открывается, а вторая группа контактов реле подключает выход П-контура к антенному разъему усилителя. В принципе, для этой цели необходимо использовать реле с малой емкостью между контактами. Существуют реле с удлиненными контактами и, соответственно, с увеличенным расстоянием между пружинами и меньшей проходной емкостью.

Такие реле можно использовать в маломощных усилителях или же в качестве входного реле мощных усилителей. Для питания катушек реле можно использовать напряжение 12В непосредственно от трансивера, или же применить специальный блок питания, а напряжение от

трансивера использовать только для управления автоматикой.

Усилитель должен быть снабжен хотя бы одним измерительным прибором с переключателем, дающим возможность измерять величину выходного ВЧ-сигнала на антенном разъеме, а также анодный ток. Величина ВЧ-сигнала может быть определена по величине напряжения на резисторе делителя напряжения или же по величине выходного тока. Первый способ более легок в реализации. Эксперименты с трансформатором тока на кольцевых сердечниках с разной проницаемостью (внешним диаметром 10 мм) приводили к тому, что трансформатор "горел".

Измерение ВЧ-сигнала не является измерением величины сигнала с какой-то определенной точностью, а представляет собой только индикацию, служащую для настройки П-контура. Величина этого сигнала может различаться на разных диапазонах, а поэтому должна быть возможность регулировки величины отклонения стрелки прибора (чувствительности) с лицевой панели усилителя. Измерение величины анодного тока необходимо обеспечить с достаточной точностью. Ток необходимо измерять в отрицательном проводе анодного блока питания, используя небольшой резистор, выполняющий роль шунта, подобранного в соответствии с параметрами измерительной головки, так чтобы рабочий анодный ток лампы обеспечивал отклонение стрелки на половину шкалы.

Для этой цели можно использовать измерительные приборы магнитоэлектрического типа с чувствительностью от 100 до 500 мкА. Если использовать традиционный трехпозиционный переключатель, можно еще реализовать измерение тока сетки лампы. Измерение этого параметра не имеет особого значения для работы усилителя, однако дает кое-какую информацию о величине мощности возбуждения. Если же кто-нибудь захочет использовать два отдельных измерительных прибора — анодный и антенный — без переключателя, то ни в коем

случае нельзя включать измерительный прибор в высоковольтный положительный провод блока питания!

Лампы линейных усилителей мощности (как с общим катодом, так и с общей сеткой) работают, как правило, в режимах класса В или АВ. При большой величине входного сигнала лампа в этих режимах работает нелинейно, в результате, две полуволны сигнала возбуждения усиливаются несимметрично. По этой причине в ламповых звуковых усилителях мощности используется двухтактная схема с выходным трансформатором, в котором компенсируются эти искажения. В усилителях ВЧ-мощности эту функцию выполняет анодный резонансный контур, в нашем случае — П-контур. Эффективность работы этого контура зависит от его нагруженной добротности. При малой добротности выходной сигнал усилителя не будет симметричным. При слишком высокой добротности изменения колебаний в контуре не успевают за изменениями тока лампы, а поэтому не повторяют точно форму входного сигнала. В ранее приведенной таблице указаны номиналы элементов П-контура для оптимальной добротности $Q = 12$.

Рабочая точка лампы в классе АВ зависит от величины начального напряжения смещения на первой сетке. В зависимости от типа лампы, напряжение смещения может быть как положительным, так и отрицательным, или даже нулевым.

Так как через первую сетку лампы в положительные полупериоды течет ток величиной от нескольких десятков до нескольких сотен миллиампер (в зависимости от мощности возбуждения), сопротивление этого контура должно быть мало, чтобы на нем не создавалось дополнительное напряжение смещения рабочей точки лампы. Для усилителей с общим катодом недопустима работа в режиме с током первой сетки, поскольку это приводит к нелинейным искажениям, проявляющимся "хрипением" в более широкой полосе, чем занимает SSB-сигнал (3 кГц). Правда,

модуляция такого перегруженного усилителя маскируется QRM и получает хвалебные отзывы корреспондентов, которые не замечают искажений. Поэтому должна быть возможность измерения тока первой сетки, чтобы, наблюдая за его появлением, ограничивать напряжение возбуждения лампы усилителя. Можно также использовать схему ALC (Automatic Level Control), которая автоматически уменьшает мощность возбуждения при появлении тока сетки.

Впрочем, такую неправильную работу должен легко заметить и сам оператор, наблюдая за индикатором антенного сигнала, который должен быть отрегулирован так, что при полной мощности однотонового сигнала (например, свист в микрофон) стрелка отклонялась на всю шкалу, а при модуляции речью — на 25...30% шкалы. Колебания стрелки индикатора, превышающие 50% шкалы, являются несомненным признаком того, что усилитель, не имеющий спич-процессора, перегружен. Различные способы смещения и запираания на время приема лампы усилителя показаны на рис.1.4.

Часто используемая в любительских конструкциях усилителей лампа ГУ-50 работает без предварительного смещения. Однако, при этом ток покоя при анодном напряжении 1100 В составляет 8-10 мА, что очень мало. Поэтому в режиме передачи желательно подать напряжение смещения +4 В, а в режиме приема — отрицательное напряжение запираания минус 20 В.

Для лампы 6П45С при анодном напряжении 1100 В первая сетка лампы должна иметь напряжение смещения около минус 9 В, а для запираания необходимо минус 24 В. При анодном напряжении 1400 В напряжение смещения этих ламп равно минус 13 В, а напряжение запираания составляет не менее минус 30 В. Усилитель с ОС на тетроде может использовать стандартную схему включения лампы, не считая того, что мощность возбуждения подается в

катод.

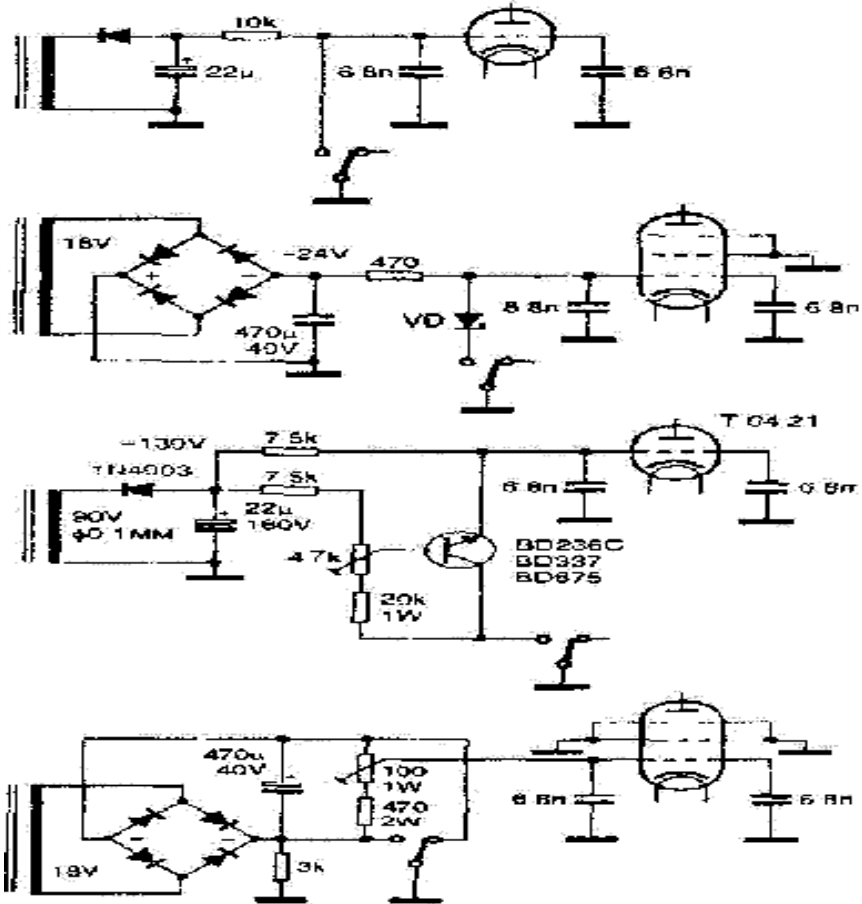


Рис.1.4. Различные способы смещения

В зависимости от типа лампы, коэффициент усиления такого усилителя составляет от 20 до 50. Определенным недостатком такого решения является необходимость дополнительного источника питания для второй сетки, который должен быть стабилизированным, так как ток второй сетки лампы усилителя класса В изменяется в очень широких пределах — от нескольких миллиампер в

режиме покоя до нескольких десятков миллиампер при наличии мощности возбуждения. Такое же решение можно было бы использовать и для ламп ГУ-50 при напряжении второй сетки +250 В и соответствующем смещении первой сетки отрицательным напряжением около -50 В в режиме передачи, и напряжением запирающего - 100 В в режиме приема.

Хотя входной импеданс усилителя с ОС мал, он все же больше 50 Ом — той величины, которая характерна для приемно-передающих устройств. В связи с этим, если просто соединить кабелем выход трансивера с усилителем, т.е. с катодом лампы, схема АLC трансивера ограничит выходную мощность. Правильное согласование можно осуществить, например, с помощью П-контура, включенного между контактами реле и катодом лампы; в этом случае он будет работать как преобразователь импеданса. Однако для каждого диапазона необходим свой контур, что требует применения дополнительного переключателя.

Точная настройка фильтров осуществляется с помощью измерителя КСВ, включенного между трансивером и входом усилителя. Кроме того, согласовать выход трансивера с входом усилителя можно с помощью антенного тюнера, включенного на входе усилителя, за измерителем КСВ. Кабель, соединяющий тюнер с усилителем, должен быть как можно короче.

1.2. Об особенностях конструкций ламповых УМ

В работе [2] утверждается, что в любой конструкции, будь это трансивер, УМ, согласующее устройство или другое изделие, прежде всего, должен быть хороший внешний вид. Это то, что сразу бросается в глаза. Но внешний вид может быть обманчив. С виду вроде все нормально, снимаешь корпус, а там тяп-ляп, пайка

холодная (всё на скрутках), шасси не обработано и т.д. Сразу видно, что сделано временно, но зачастую то, что сделано временно, остаётся в работе надолго, а иногда и постоянно. Виновата лень матушка, не более того. Иногда наоборот, грамотно выполнен монтаж, настроено всё по уму, но внешний вид ужасный.

Итак, с чего начать, прежде чем делать УМ. Начинаем с комплектующих, прежде всего, с лампы, или ламп, в зависимости от планируемой мощности. Существует мнение, что одна лампа – что она есть, что ее нет. Две лампы – это уже что-то, а три лампы – можно смело начинать творить. Если есть возможность выбрать, то лучше приобретать лампы из одной партии. Хоть и бытует мнение, что раньше делали лучше, но согласитесь, лампа, выпущенная в 60 – 70-х годах и пролежавшая неизвестно где и в неизвестных условиях, особой радости, кроме прострелов и головной боли вам не принесёт.

Пока у вас нет УМ, и неизвестно когда он будет готов, лампы проверить негде. Поэтому хорошо запомните того человека, у которого вы брали лампы или возьмите гарантию, чтобы потом можно было предъявить претензии.

Почему минимум три лампы? Одна из причин, это заводской брак, одна из ламп может оказаться негодной. Вторая причина, это момент настройки УМ, где вы будете давать лампе "жару" и она может приказать долго жить, пока будете искать резонанс и согласовывать П-контур с антенной. И третья – у вас всегда есть возможность заменить лампу, которая вышла из строя, или сравнить выходную мощность стоящей в УМ лампы с новой. Тем самым можно убедиться насколько лампа пригодна для дальнейшей эксплуатации.

К примеру, вы остановили свой выбор на лампе ГУ-74Б и хотите получить выходную мощность порядка 500вт. Подбираем на эту мощность комплектующие, это, прежде всего трансформатор для блока питания, диоды и

электролиты. КПЕ в горячий и холодный конец П-контра, переключатель диапазонов, антенное реле и реле на входе УМ, реле для коммутации режимов усилителя, выходной контур и анодный дроссель, измерительные приборы и прочая мелочь, согласно электрической схемы.

Если всё это есть в наличии, начинаем с учётом размера комплектующих, формировать шасси будущего УМ. Перед этим надо определиться (если нет готового заводского корпуса) каким будет шасси, в ширину или в глубину. Это немаловажный момент, так как УМ выполненный в глубину, занимает меньше места на столе. Можно так же уменьшить размеры УМ, выполнив блок питания в отдельном корпусе и поместить его под столом.

Неоднократно приходится видеть конструкции, которые занимали весь стол, но у нас не царские палаты, и зачастую рабочий кабинет радиолюбителя находится на кухне, а места там, сами знаете, мало, поэтому ищем оптимальный вариант. Вооружаемся листом ватмана, газетой или куском обоев и располагаем их на столе.

Представим вид сверху на шасси и расположим трансформатор 1квт (как минимум для этой лампы) справа, ближе к задней стенке УМ. Почему к задней? Да потому, что на задней стенке будут отверстия для вентиляции, а также в корпусе УМ, что обеспечит хорошее охлаждение трансформатора. Можно расположить и слева, разницы нет, как вам удобней. Располагаем трансформатор так, чтобы он меньше занимал места на шасси, но не вплотную к задней стенке, а отступив 10 – 20мм. Слева располагаем панель с лампой ГУ-74Б и анодный дроссель. Лампу можно располагать как вертикально, так и горизонтально. Для примера, располагаем лампу вертикально, анодом вверх. В подвале шасси будет стоять вентилятор для обдува лампы. Глубина шасси должна быть как минимум 60 – 70мм. Там же будут размещаться диодные мосты и электролиты, стабилизаторы и автоматика, и прочее.

Отступив от трансформатора 10 - 20мм, планируем перегородку поперёк шасси и ещё одну, между лампой и трансформатором. Таким образом, экранируем трансформатор, с одной стороны от лампы, с другой от колебательной системы. Итак, у нас осталась часть шасси, где надо установить КПЕ в горячем и холодном конце П-контур, антенное реле, сам П-контур и переключатель диапазонов. Проводники, соединяющие П-контур с КПЕ и переключателем должны быть короткими. Это гарантия от самовозбуждений и прочих наводок. Поэтому на этот момент, следует обратить особое внимание.

Оси КПЕ и переключателя выводят на переднюю панель УМ. Надо продумать дизайн передней панели, предусмотреть место для прибора, одного или двух. Иногда попадаются конструкции, где на передней панели установлено по 3 – 4 прибора. Во-первых, это не красиво, такой УМ напоминает щитовую, а во-вторых - не рационально. Можно поставить переключатель на один прибор и коммутировать нужные режимы измерений.

Особое внимание надо обратить на органы управления УМ. Маленькие ручки не будут смотреться на передней панели, так же как и мелкие приборы и кнопки. Представьте себе переднюю панель 190x320 и на ней прибор с магнитофона «Весна-3». Конечно здесь прибор нужен как минимум 80x80 мм, ручки диаметром 30 - 40мм и т. д.

Итак, примерно расположили КПЕ и переключатель диапазонов, чтобы и на передней панели смотрелось, и к П-контурю оптимально было. Делаем зарисовку расположения компонентов на бумаге и не спешим резать дюраль. Как говорится, хорошая мысль, приходит опосля. Вы можете заняться подготовкой плат для диодных мостов и стабилизаторов, а спустя пару дней, снова вернуться к компоновке УМ. Если вам ничего другого в голову не пришло, и Вы считаете, что это то, что надо, тогда на баррикады.

1.2.1. О конструкциях шасси УМ

Перед изготовлением шасси посмотрите конструкцию готового УМ, чтобы иметь представление, как оно выглядит [2]. Главное, чтобы шасси было достаточно прочным, так как вес УМ в одном корпусе с БП довольно приличный. Нужно сделать заготовки для передней и задней панели, 2-х перегородок, 2-х боковин для подвала шасси, верхней крышки на шасси и фальшпанели, а также для двух прутков диаметром 8 - 10мм. Этими прутками стягивается вверху передняя и задняя панель, для придания прочности шасси УМ.

Конфигурация шасси может быть любой, на ваше усмотрение. Наилучшим является шасси, где все можно разместить компактно, есть хороший доступ к радиоэлементам как сверху шасси, так и снизу. Из дюралюминия, как минимум 3 - 4мм, делаем выкройку шасси так, чтобы как можно меньше материала ушло в отходы, С помощью линейки, треугольника и чертилки, делаем разметку на листе дюралюминия.

Не спешите резать дюраль на куски. Проверьте ещё раз размеры начерченных фрагментов шасси, соответствие их на прямоугольность и перпендикулярность, чтобы не было «сикось – накось». Лист дюралюминия, большого размера, можно отрезать резакон, изготовленным из рапитового полотна, предварительно закрепив его на столе струбцинами. Можно также использовать обычную ножовку по металлу, деля пропил 25 - 27 см, потом взять ножовку без рамки и аккуратно, не спеша, распустить лист дальше.

Если есть возможность разрубить лист на производстве, а затем обработать на фрезерном станке, это вообще песня. А в домашних условиях, вооружаемся драчёвым напильником и начинаем обрабатывать распиленные куски дюрала. При этом дружим с таким инструментом как, линейка и угольник, периодически проверяя обрабатываемые детали на предмет

параллельности и перпендикулярности. Да, тяжёлая работа, и не на один час. Но мысленно представьте, какой красавец УМ стоит на вашем столе, и полсотни радиолюбителей стоят в очереди, чтобы сработать с вами. Итак, детали шасси обработаны, всё ровненько, фаски сняты и вы готовы к новым подвигам,.

Не будем вдаваться в подробности сборки шасси, их много, и каждый исходит из своих возможностей. В зависимости от толщины дюрала, шасси можно собирать с помощью уголков. Или, если у вас есть опыт, не дрожат руки и вы можете просверлить в торец дюраль, толщиной 3мм и нарезать в ней резьбу М2, то вам нет цены!. Не делайте глубоких царапин чертилкой, потом, при обработке шасси шлифмашинкой, их тяжело выводить.

Размечая шасси под установку комплектующей, прежде чем просверлить, гденибудь отверстие, убедитесь, что разметка сделана правильно. На задней панели обычно располагается ВЧ разъёмы для антенны и для выхода с трансивера, разъём для педали или управления с трансивера, клемма заземления УМ, сетевой предохранитель. Могут быть предохранители на все напряжения, которые есть в БП и т д. После разметки задней панели, для этих элементов, делаем разметку для вентиляционных отверстий. Они могут быть любой формы, квадратные, продольные или круглые. Легче, конечно, делать круглые отверстия, обычно 5-6 мм, на расстоянии 12 - 15 мм друг от друга, в зависимости от, размеров панели. Вся разметка под отверстия, обязательно кернится, чтобы не повело сверло. Если сразу просверлить отверстие сверлом диаметром 6 мм, оно может получиться овальной формы.

Эта процедура делается в три шага. Сначала сверлом, диаметром 2 - 2,5 мм, потом 4,5 - 5 мм, и только после этого, сверлом 6 мм. Немного дольше получается, но зато класс. Не забудьте снять фаску с обеих сторон, сверлом 8 - 10 мм и при малых оборотах дрели.

Особое внимание надо уделить передней панели, это лицо УМ, а лицо должно выглядеть на все 100%, Чтобы скрыть следы всех крепежных элементов на передней панели, делается фальшпанель. Она может быть толщиной 1 - 2 мм и крепиться к передней панели, четырьмя декоративными болтами. Её можно легко снять с готовой конструкции, если понадобится какая - то модернизация УМ, для покраски и т. д. На переднюю панель выводятся ручки от КПЕ, кнопки или переключатели управления УМ, переключатель диапазонов, измерительные головки, одна или две, индикация режимов работы УМ,

В настоящее время, в УМ измерительные головки прячут за передней панелью, оставляя окошко только для шкалы прибора. Поэтому заранее надо предусмотреть место для прибора.

Когда выполнена сборка шасси и установлены компоненты, некоторые начинают делать монтажные работы. Это только примерка, не торопитесь, шасси надо ещё обработать и сделать для него корпус. Самый простой вариант, это П - образный корпус, который можно выполнить из железа, толщиной 0,8 - 1,0 мм, Делаем замеры шасси, высоту, ширину и глубину. В старых конструкциях, в корпусах аппаратуры, применялся козырёк в виде напуска на переднюю панель 5 - 6 мм. Поэтому, при разметке корпуса, нужно предусмотреть это расстояние, а также дать допуск в местах изгиба корпуса. По бокам корпуса нужно тоже дать допуск 1 - 2 мм, так как низ шасси будет закрываться крышкой, на толщину этой крышки. В местах изгиба корпуса, делаем продольные пропилы рапитовым полотном, на глубину 0,3 - 0,5 мм, в зависимости от толщины железа.

После этого делаем разметку отверстий для вентиляции и керним. Чтобы не повело метал, во время сверления, начинать сверлить надо сверлом диаметром 2 - 2,5 мм, затем 4 ~ 4,5 мм и уже потом 6 мм, делая

небольшие перерывы, тем самым давая остыть металлу. Снимаем фаски с обеих сторон, обрабатываем поверхность шлифмашинкой. Чтобы согнуть корпус, по месту изгиба ложим уголок 20 x 20 или 30 x 30 мм, крепим к столу струбциной и начинаем равномерно сгибать боковину, чтобы угол между боковиной и крышкой был 90 градусов. Такую же процедуру проделываем со второй боковиной.

Итак, если вы правильно сделали разметку и дружили с линейкой и угольником, то корпус легко оденется на шасси. Если есть немного перекося, в пределах 1-2 мм, то можно попытаться его устранить с помощью напильника. Крепим корпус к боковинам шасси и делаем разметку нижней крышки, предусматриваем отверстия для вентиляции и крепления ножек.

Технология сверления и обработки такова же, как и для корпуса. Крепим крышку к шасси. На этом слесарные работы заканчиваются, и идет покраска (о ней немного позже),

Несколько слов о намотке трансформатора БП. Скупой платит дважды, не мотайте высоковольтную обмотку трансформатора проводом БУ. В крайнем случае, после намотки и проверки трансформатора, пропитайте его лаком МЛ-92 или ему подобным и высушите при температуре 80-100 градусов. Итак, у вас на столе красавец УМ, сверкающий краской, радующий глаз и душу, правда, пока без признаков жизни. Не спешите, всему своё время.

1.2.2. О покраске, монтаже и настройке УМ

Обезжириваем корпус растворителем и красим [2]. В настоящее время продаётся много разнообразной краски в баллончиках, инструкция к ним прилагается. Вам необходимо выбрать цвет краски для корпуса и передней панели, а также такого состава как краска, взять баллончик

бесцветного лака, для покрытия передней панели, после нанесения надписей.

Наносить краску нужно равномерно, чтобы не было подтёков, дать ей возможность 5-10 минут подсохнуть и нанести следующий слой. Пока сохнет корпус, разбираем шасси. Обрабатываем дюраль шлифмашинкой, выводя все царапины, до получения однотонной поверхности. Берём ванночку или тазик, по размеру шасси, насыпаем 0,5 стакана стирального порошка и наливаем 1-1,5 литра доведённой до кипения воды. Опускаем все дюралевые детали шасси в ванночку и оставляем минут на 10. После чего, вооружаемся одежной щёткой и начинаем стирать фрагменты шасси. После стирки, детали промываем под проточной водой, даём 2-3 минуты, чтобы вода стекла и ставим их вертикально, для сушки. Есть и другие способы отбеливания, но этот проще.

После того, как передняя (фальшпанель) и задняя панель высохли, обезжириваем их растворителем и красим. Заднюю панель красим таким же цветом как и корпус, а для передней, выбираем такой цвет (вопрос чисто индивидуальный), чтобы нанесённые потом надписи, были чётко видны.

Следующий этап, это нанесение надписей на передней и задней панели. Обычно используется переводной шрифт, в зависимости от размера панели, выбираем и размер шрифта. Аккуратно делаем надписи, обязательно проверяем их на наличие ошибок, и после этого вскрываем бесцветным лаком, который по составу, должен быть таким же, как и краска. Наносим небольшой слой лака и даём подсохнуть минут 5-10, затем равномерно покрываем панель лаком, до получения блеска, и оставляем сушить. Пока сохнут панели, готовим крепёжный материал, который желательнее промыть в ацетоне, это касается болтиков, шайбочек, гаечек, стоек и пр.

Наступает ответственный момент, это сборка шасси. Все детали шасси у вас белоснежные, поэтому периодически мойте руки, или оденьте перчатки, дабы не оставлять грязных пятен и отпечатков пальцев на шасси. Если нарезана резьба в дюрале, будьте осторожны, не прикладывайте больших усилий при закручивании болтов, иначе можно сорвать резьбу. Собрав шасси, начинаем установку радиоэлементов. Желательно заранее, перед установкой, пропаять неудобные места, чтобы потом, лишний раз не пришлось снимать ту или иную деталь.

Перед установкой радиоэлементов, необходимо сделать ревизию, будь то реле, КПЕ или трансформатор. Проверить на работоспособность реле, переключатели, КПЕ - на отсутствие замыкания между пластинами и т. д. Если КПЕ имеет обшарпанный вид, желательно покрасить корпус КПЕ, а так же трансформатор. Магнитопровод чёрным или серым цветом, арматуру - зелёным.

УМ начинается с блока питания, с него и начнем. Берем сетевой шнур, по сечению соответствующий данной конструкции, длиной 1,5 - 2 метра с вилкой на конце. Разделяем второй конец шнура и заводим через изолирующую втулку на задней панели в УМ. Один конец паяем к предохранителю, а второй к сетевому выключателю, установленному на передней панели. От второй клеммы выключателя и предохранителя, прокладываем провода к сетевой обмотке трансформатора. Если на трансформаторе нет колодки, ее можно установить на шасси УМ, ближе к выводам трансформатора. Паяем вывода трансформатора к колодке, предварительно пронумеровав их и сделав отметки в схеме. Провода должны быть соответствующего сечения.

Укладку и монтаж надо делать аккуратно, не прокладывать провода близко к источнику ВЧ. Итак, у вас подключен сетевой шнур, через предохранитель и сетевой

выключатель к трансформатору. Убедившись, что остальные выводы трансформатора распаяны на колодке и нигде не закорочены, подключаем его к сети. Если ничего не горит и не стреляет, вы на правильном пути.

Меряем напряжение на колодке, проверив тем самым правильность распайки. Не забывайте о технике безопасности, так как дело имеем с высоким напряжением, а оно бьет всех (вернее ток), даже крутых, и уходит незаметно, по пути наименьшего сопротивления. Отключаем УМ от сети и продолжаем распайку.

Начинаем с низковольтной части БП, это накал лампы и питание реле (12в или 24в). Провод для подключения накала, должен быть соответствующего сечения, рассчитанный на потребляемый лампой ток. Соединяем выводы обмотки трансформатора 12в или 24в с диодным мостом и делаем распайку стабилизатора. Включаем БП в сеть и проверяем наличие напряжения накала и напряжения 12в или 24в. Согласно электрической схемы УМ, делаем разводку по 12в или 24в на реле и сигнальные лампы, не забывая при этом шунтировать их емкостями 0,01 - 0,05мкф.

Опробуем в работе подключенные реле и сигнальные лампы. Если в УМ предусмотрено питание управляющей и экранных сеток, распаиваем эти стабилизаторы, проверяем в работе и пока не подключаем к лампе. Это относится и к высоковольтному источнику питания анода лампы. Не забывайте при этом разрядить емкости высоковольтных выпрямителей.

П-контур, анодный и антипаразитный дроссели, должны быть намотаны в одном направлении. Ни в коем случае не располагать катушки ВЧ и НЧ диапазонов параллельно, рядом друг с другом. Расстояние от П-контура к фрагментам шасси надо делать как можно больше, на сколько позволяет данная конструкция. Переходная емкость с анода на П-контур, должна иметь 3-

х кратный запас прочности, как по току, так и по напряжению.

Отводы от П-контура к переключателю, делать голым одножильным проводом, диаметром не меньше, чем провод на контуре или шиной 5x0,8мм. Отводы должны быть минимальной длины, хорошо пропаяны, или прикручены болтами и пропаяны. Это касается также КПЕ, антенного разъема и реле. Антенное реле обычно располагается вблизи П-контура, а входное - в подвале УМ, ближе к управляющей сетке или катоду лампы, в зависимости от схемотехники УМ. Это относится и к ФНЧ.

Обязательное наличие земляной шины, медь или латунь, шириной 10 - 15мм и толщиной 0,5-0,8мм, которую надо проложить по всему шасси, от входного до выходного разъема и как можно надежнее соединить с фрагментами шасси. Распайку земляных выводов ламп ГУ-50, ГУ-72, ГМИ-11, ГМИ-83 проводить медным голым проводом диаметром не менее 1 - 1,5мм или шиной, шириной 4-5мм и толщиной 0,5-0,8мм, по периметру панелек ламп, кратчайшим путем. Блокировочные конденсаторы с накала и экранных сеток, а так же по минусу в управляющих сетках, как можно кратчайшим путем соединить с общей шиной заземления. Ни в коем случае, не соединять на одну клемму несколько выводов, это чревато самовозбуждением.

Земляные клеммы располагать вокруг лампы. В зависимости от применяемой лампы или ламп, нужно сконфигурировать переключатель рода работ. Если взять лампу ГУ-43Б, то сначала включается обдув, потом подается напряжение накала и смещение, потом анодное напряжение и последнее, напряжение на экранную сетку.

Для того, чтобы случайно не включить анодное напряжение, при выключенном накале, необходимо предусмотреть блокировку, используя при этом реле, галетные переключатели, кнопки и прочую элементную базу, имеющуюся в наличии.

В целях личной безопасности, никогда не ставьте измерительные головки в высоковольтных цепях. Для измерения тока лампы, достаточно поставить прибор в минус диодного моста высоковольтного выпрямителя, соответственно зашунтировав его емкостью, непосредственно на передней панели УМ. Учитывая то, что ваш диодный мост связан с землей через прибор, контакт с заземляющей шиной должен быть на должном уровне.

В зависимости от применяемых в УМ ламп, существует методика их обкатки перед включением в работу. В любом случае, какого бы года выпуска не была лампа, ее нужно подвергнуть тренировке, при этом нужно помнить, что частое включение и выключение накала лампы, приводит к перегоранию последнего. При этом негативно сказывается как повышенное напряжение накала, так и заниженное. Поэтому на этот момент надо обратить особое внимание и следовать указаниям инструкции на лампу.

Итак, к примеру, надо обкатать лампу ГУ-43Б. Подключаем к антенному разъему эквивалент 50 или 75 ом, делаем распайку стабилизаторов экранной сетки, управляющей и подводим напряжение к аноду лампы.

1. Включаем обдув.
2. Подаем напряжение на накал и оставляем на 1 - 2 часа.
3. Подаем напряжение на первую сетку (минус) - 10 - 20 мин.
4. Подаем напряжение на анод (желательно ступенчато, начиная с 500в)
5. Подаем напряжение на экранную сетку.

Выключение производится в обратной последовательности, обдув должен выключаться не ранее 5 минут, после того как выключен накал. Если лампа ведет себя спокойно (нет прострелов), не подавая возбуждения на лампу, выставить ток покоя лампы 250 -

300ма, вращаем КПЕ в аноде и в антенне на всех диапазонах, контролируя ток. Если ток остается неизменным, значит самовозбуда нет.

Подключаем трансивер к УМ и проверяем вновь, на всех диапазонах, на наличие самовозбуда. Бывают такие случаи, что при подключении трансивера, образуется паразитная связь. Устанавливаем выходную мощность трансивера 5 – 10 вт и включаем все это хозяйство на передачу. Настраиваем П-контур УМ в резонанс, контролируя ток анода и экранной сетки, добиваясь оптимального согласования на всех диапазонах. Возможно, потребуется подбор витков П-контура в процессе настройки.

Доводим раскачку УМ до 30 - 50вт, подстроив вновь П-контур и убедившись, что УМ не возбуждается, а выходная мощность заметно увеличивается на вашем индикаторе выхода. Подключаем антенну к УМ, настраиваем П-контур в резонанс (при этом выбрав чистую частоту) ищем свободные уши на диапазоне. Просим корреспондента оценить качество вашего сигнала с УМ и без него, а также силу сигнала с УМ и без него.

И если с качеством сигнала все в порядке, оно не меняется, а сила сигнала на 1,5 - 2 бала громче с УМ, то можете смело праздновать победу, предварительно поработав в эфире 1 - 2 часа, тем самым проверив на прочность Ваш вновь испеченный УМ, а так же его воздействие на окружающие телевизионные антенны и прочую бытовую технику.

Схемотехнику УМ можно найти как в Интернете, так и в печатных изданиях. В зависимости от ваших возможностей, знаний и опыта, выберите схему, которая больше всего вам понравилась

1.3. О проблемах использования УМ на КВ

В работе [3] приведены некоторые мысли по поводу практики использования современных трансиверов с внешними усилителями мощности (РА). Речь идет об усилителях с мощностью не менее 500 ватт и с заземленными сетками, что само собой подразумевает отсутствие склонности усилителя к самовозбуждению. Также в таких усилителях нет опасности перекачки, что часто бывает, в случае использования РА с раскачкой в сетку.

Суть проблемы в том, что современные трансиверы при работе с РА хотя бы в 500 ватт неизменно сталкиваются с наводками от того же РА. А это приводит к нестабильной работе синтезатора частоты трансивера. О том, как выглядит стандартная наводка от РА в режиме SSB на тракт НЧ знают многие радиолюбители. В первую очередь, это проявляется в виде характерных хрипов и "завязки" на пиках.

Все ранее сказанное полностью относится и к работе в цифре, когда трансивер используется в режиме управления от USB-порта. Последствия наводок на синтезатор довольно сложно определить. В случае экстремального влияния, когда видно как начинает дергаться частота на шкале трансивера, все и так понятно. Но, при наводках, которые находятся на грани влияния, это на качестве передачи практически не заметно. Тем не менее, это неизбежно приводит к расширению передаваемой полосы сигнала. Такой случай не следует путать с простой перекачкой SSB сигнала, когда тянутся "хвосты" в их привычном понимании (сплэтеры).

Влияние РА на трансивер сразу заметно в виде расширения принимаемой корреспондентом полосы сигнала. Чаще всего это выглядит, как шумовая помеха, модулированная в такт передаваемому сигналу. При этом нет особой разницы в зависимости от моды - это SSB, CW или цифровой сигнал. Такие искажения особенно заметны

при ближнем приеме. Если вы создаете проблемы вашим соседям на расстояние в 5-6 километров, то такая ситуация однозначно связана с эффектом наводок.

Рассмотрим примеры нескольких типичных ситуаций. Например, ваш Шэк находится в непосредственной близости от антенны. При этом, используется антенна Дельта 80 метрового диапазона (имеем ввиду, что она вполне приемлемо будет работать и на всех высокочастотных диапазонах). На 80-ке КСВ такой антенны 1.2 и строится она по току. В этом случае обсуждаемые выше проблемы обычно отсутствуют!

Но, при использовании этой же «дельты» в диапазоне 40 метров картина резко изменится. КСВ на всем участке 40 метров будет явно завышен. При этом - сама антенна будет настраиваться по пучности напряжения. Вывод – в кабеле снижения явно присутствует высокий уровень отраженной волны, а в Шэке – значительные наводки по ВЧ. Уровень таких наводок может достигать несколько десятков и даже сотню вольт. Имеющиеся наводки неизбежно попадают на все периферийные кабели. Причем, никакие ферритовые "запоры" уже не помогают!

Иногда в нескольких метрах от «дельты» расположены одна, или несколько УКВ антенн, например, на 6 м, 2м и 70 см.. Кабеля от них тоже подключены непосредственно к трансиверу, так как УКВ радиостанция обычно запитана от того же блока питания что и КВ трансивер. В итоге – в ваш шэк по всем этим «тропам» возвращается значительная часть мощности, излучаемой усилителем. Процесс упрощенно напоминает сюжет с микрофонным эффектом при использовании усилителей НЧ и колонок в зале. Для сравнения – там тоже есть четко выраженный момент, когда даже незначительное увеличение уровня громкости приводит к резкому фону и свисту – т.е. микрофонному эффекту. И там, также приходится постоянно контролировать уровень

превышения громкости (мощности), чтобы не «свалиться в штопор».

Для лучшего понимания, приведем некоторые наблюдения UX0FF, проживающего в частном секторе и имеющего сравнительно небольшой приусадебный участок. В 13 метрах от трансивера расположен вертикал на 160 м. Этот же вертикал используется с довесками на диапазонах 3,5 - 7 - 10 мГц. Сначала высота этого вертикала составляла 28 метров и при работе с мощным РА в руке спокойно зажигалась неонка МН-3 с порогом зажигания 70 вольт!

Горела неонка и на раковине из нержавейки на кухне! При этом КСВ антенны был на уровне 1.01. Но, этот вертикал не дотягивал до $\frac{1}{4}$ длины волны (лямбда) и поэтому строился по пучности напряжения. Затем UX0FF добавил одиннадцатиметровую удлиняющую линию (по проекту ON4UN) и получилось, что электрическая длина антенны достигла около 40 метров (т.е. натурально - $\frac{1}{4}$ лямбда). При этом КСВ был все тот же - 1.01. Как результат все вышеописанные наводки исчезли. Неонка перестала светиться, даже на металлическом заборе. Забор находится в четырех метрах от штыря. Хотя до этого - там даже дуга тянулась!

После того, как этот вертикал трижды заламывали ураганы и гололед, UX0FF пришлось его укоротить до 23 метров. При этом, конструктивно он его удлинил с помощью четырех шестиметровых лучей в виде "зонтика" на верхушке. Это оказалось эквивалентно опять же заветным $\frac{1}{4}$ лямбда. КСВ также подстроен до 1.01. При этом мощность РА, необходимая для уверенной работы, в эфире была значительно снижена.

Хотя «неонка» уже не горит во всех ранее описанных местах, но проблемы с наводкой так до конца UX0FF не поборол. Вначале он столкнулся с ситуацией, когда на 160 м при работе в CW периодически частота трансивера начинала скачкообразно в такт с манипуляцией смещаться

на несколько сотен Гц. А это приводило к невозможности работы вообще. При этом – сам трансивер TS-2000 вполне соответствует высоким техническим требованиям по обеспечению внутренних экранировок и межблочных развязок. Для борьбы с этими явлениями UX0FF предпринял обычные классические меры. Все подводящие кабеля были продеты по 5-6 витков через нормальные полноценные ферритовые кольца. Для справки - использование стандартных разборных из двух половинок ферритовых "боченков", как показал опыт, вообще в таком случае бесполезно.

Но, проблема видимых наводок UX0FF так полностью и не устранил. Например, если он забывал отключить со второго трансивера антенну на 144 мгц, то при нажатии на ключ, компьютер и трансивер просто заводились. Вследствие этого на прием уже невозможно было перейти иначе, кроме как выключив питание!

А при передаче на диапазоне 160 метров в цифре – невозможно было пользоваться клавиатурой. Пока идет передача - компьютер полумертвый, и что-то с ним сделать можно лишь после перехода на «прием». UX0FF нашел метод – он стал использовать пластину (экран), на которую устанавливается клавиатура. Пластина - подключена к качественному радиочастотному заземлению. По всему участку проложены лучи из антенного канатика 5 мм в диаметре и длиной больше 15 метров, глубина расположения лучей - 70 сантиметров. Вся аппаратура также заземлена отдельными проводами с хорошим сечением.

Для визуального контроля уровня наводок в Шэке можно использовать примитивный индикатор напряженности поля. Изготовить его сможет каждый. Для этого берем микроамперметр, например, на 100 Мка с диодным мостом. Диоды лучше использовать серии Д18 или КД503. В качестве антенны для индикатора берем несколько отрезков провода – скажем по одному метру.

Для более комфортной работы с индикатором его стоит оснастить регулировочным потенциометром. Проще всего – подключить переменный резистор один килоом параллельно микроамперметру. Это позволит визуально понимать степень наводок в месте установки трансивера и РА.

Методом подбора длины приемных лучей индикатора напряженности поля, добиваются максимального отклонения стрелки при полной мощности. И, любые отклонения в уровнях наводимого поля сразу заметны. При этом можно остановиться на главном критерии - предел мощности (наводок) при котором нет проблем. Визуально можно видеть предел той раскачки, когда трансивер работает устойчиво. Плавно повышая раскачку, вы можете наблюдать и плавное повышение напряженности поля. В тот момент, когда трансивер начнет «заводится» от наводок РА можно наблюдать резкий скачок напряженности поля. Этот момент заметен и при наблюдении за шкалой выходной мощности трансивера – там тоже будет наблюдаться скачок.

Использование индикатора напряженности поля еще и удобный вариант визуального сравнения уровня выдаваемого вашим РА. При работе с РА устанавливаем полное отклонение шкалы. Затем включаем «обход» РА и трансивер переводим в режим максимальной мощности. Если в итоге стрелка микроамперметра отклонится не более чем на 10 процентов – значит ваш РА отдает хотя бы 500 ватт. Этим простейшим прибором можно наблюдать и уровень «влетающих» в Шэк наводок по кабелям других антенн. Для этого достаточно лишь поднести его «антенны»-«усы» к любому источнику. Стандартные методы контролирования КСВ – для этих целей малопригодны.

Момент, когда начинают работать наводки от РА можно контролировать и на отдельном приемнике. Важно

чтобы он имел глубокую регулировку уровня принимаемого сигнала по ВЧ. А это позволит принимать (естественно без антенны) ваш сигнал на уровне 59 – не выше! Надо просто отстроить его на 20-30 кГц от передаваемой частоты. Плавно увеличивая мощность, нужно ждать момента, когда появятся побочные излучения.

Первостепенно важно, чтобы все входящие в Шеек (и не используемые в данный момент кабеля от других антенн) были максимально удалены от трансивера и компьютера. А кабель от РА к трансиверу крайне важно использовать с хорошим экраном. Лучше всего – диаметром 9 -11 мм. Например, RG-213, RG-8. Кабеля заполонившие наши просторы с экраном в виде алюминиевой фольги и нескольких медных жилок – категорически не годятся!

Аппаратура должна быть заземлена! Этому моменту надо уделить серьезное внимание. Стандартное заземление - это не лучший вариант. Лучше сделать радиочастотную "землю". В частном секторе это конечно проще. В многоквартирных домах нужно хотя бы протянуть максимально короткий провод с сечением не меньше 6 кв. мм от контура в доме. Но здесь есть опасность, что сам контур загружен теми, кто ворует электроэнергию. Поэтому сделайте простой замер напряжения между нулевым проводом в вашей квартире и контуром. Если напряжение больше 5-6 вольт – то таким контуром лучше вообще не пользоваться! Как крайний вариант для многоквартирных домов – присоединитесь к ближайшей арматуре на балконе. Но надо по возможности визуально оценить ее качественный и количественный состав.

Все блоки аппаратуры должны заземляться отдельными проводами с хорошим сечением. При этом – надо помнить о проходных конденсаторах в блоках питания и все подключения делать при отключенных из сети вилках. Иначе можно что-то подпалить - и в

трансивере и в компьютере. Все подключенные к трансиверу и компьютеру кабеля обязательно пропустить по 5-6 витков через ферритовые кольца с проницаемостью НН 1000 - 2000. Диаметр колец определяется самими кабелями. Скажем - для клавиатуры с PS разъемом подойдет кольцо с внутренним диаметром 25 мм. Для разъема USB – кольцо должно быть немного побольше.

Опытным путем проверить максимально возможную мощность, когда не будет видимых наводок просто. С невидимыми - намного сложнее. Но методика простая - любой из ваших соседей может их проконтролировать у себя дома слушая ваш сигнал. Лучше всего - просто передавать серию точек в CW. Для тех кто "присел" в основном на цифру - подойдет заведомо не перекачанный сигнал в режиме PSK63.

Повторюсь еще раз - цена аппарата в данном случае ничего не значит. Самый стабильный к наводкам от РА трансивер был один - FT1000. Там конструкторы уделили этому вопросу весьма много внимания. А в последнее время тенденция экономить медь при любом удобном случае возобладала. Теперь даже элементарных (указанных на платах) фильтров - просто не ставят! Вместо них - стоят перемычки. Не говоря уже о качественных экранах самых важных блоков и плат.

Более того, все знают, как работают современные аппараты в случае использования антенн с плохим КСВ и даже без РА. Простые «завязки» по микрофонному тракту – это для них норма. Однако иногда слышно, как какой-то радиолобитель вещает с жуткой частотной девиацией. А это однозначно указывает на наводки на синтезатор.

Литература к Главе 1:

1. А.Янковский, Об особенностях построения ламповых УМ, Спецвыпуски газеты Радиоинформ №5, 6, 7 за 2011 год.

2. И.Калашников (UX7MX), Заметки
конструктора УМ, Радиоинформ №№8,9,10 за 2014 год.

3. Н.Лаврека, UX0FF, О проблемах использования РА
на КВ диапазонах, Радиоинформ №№2,3 за 2018 год.

Для справки.

Определенная часть материалов на тематику усилителей мощности для работы в эфире уже публиковалась в предыдущей книге издательства «Радиоинформ», которая вышла в 2017 году под названием «**Простые радиоловительские конструкции для работы в эфире и быта**»:

Ниже приведено **Содержание Главы 2** из этой книги.

Глава 2. Усилители мощности КВ и УКВ

2.1. Широкополосный усилитель мощности.....	29
2.2. Усилитель мощности на лампах Г-807.....	32
2.3. Усилитель мощности на ГК71.....	34
2.4. Усилитель мощности к «Карату».....	40
2.5. УКВ усилитель мощности на ГИ-21Б.....	42
2.6. Усилитель мощности на 144 мГц.....	44
2.7. УКВ усилитель мощности на КТ931.....	46
2.8. Простой составной УМ.....	48
2.9. Реле времени для УМ.....	49
2.10. Эквивалент нагрузки в масле.....	55
2.11. Об изготовлении анодного дросселя.....	57
2.12. О работе УМ на параллельных лампах.....	60
2.13. Об устранении помех ТВ от УМ.....	62

С целью формирования будущих типографских заказов тиражей принимаются предварительные заказы на книги издательства «Радиоинформ». Перечень книг приведен по ссылке:

Предварительные заявки принимаются до 1 июля 2020 года за телефонами 096-890-50-29 КС, 050-677-34-27 ВД или по email =radioinform@ua.fm=

