

УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ НА ГУ-43Б С ДРАЙВЕРом НА ДВУХ 6Э5П

При разработке КВ-усилителя мощности, была поставлена задача, создать аналог блока передатчика Р-140, но более легкий и компактный. Кроме того, предлагаемый усилитель работает от однофазной сети переменного тока, не требует применения схемы нейтрализации и мало уступает прототипу в выходной мощности и надежности работы.

Усилитель имеет следующие параметры:

- входное сопротивление - 75 Ом;
- входное напряжение - 0,7...1,2 В;
- выходная мощность - 500...800 Вт

(зависит от сопротивления нагрузки драйвера и отрицательного смещения на управляющей сетке ГУ-43Б, т.е. от конкретного экземпляра лампы)

- сопротивление нагрузки (антенны) - 50 Ом.

Этот усилитель был разработан для совместной работы с трансивером RA3AO, в котором отсутствует блок А21 (транзисторный широкополосный усилитель мощности). Таким образом, сигнал на драйвер усилителя мощности ([рис. 1](#))

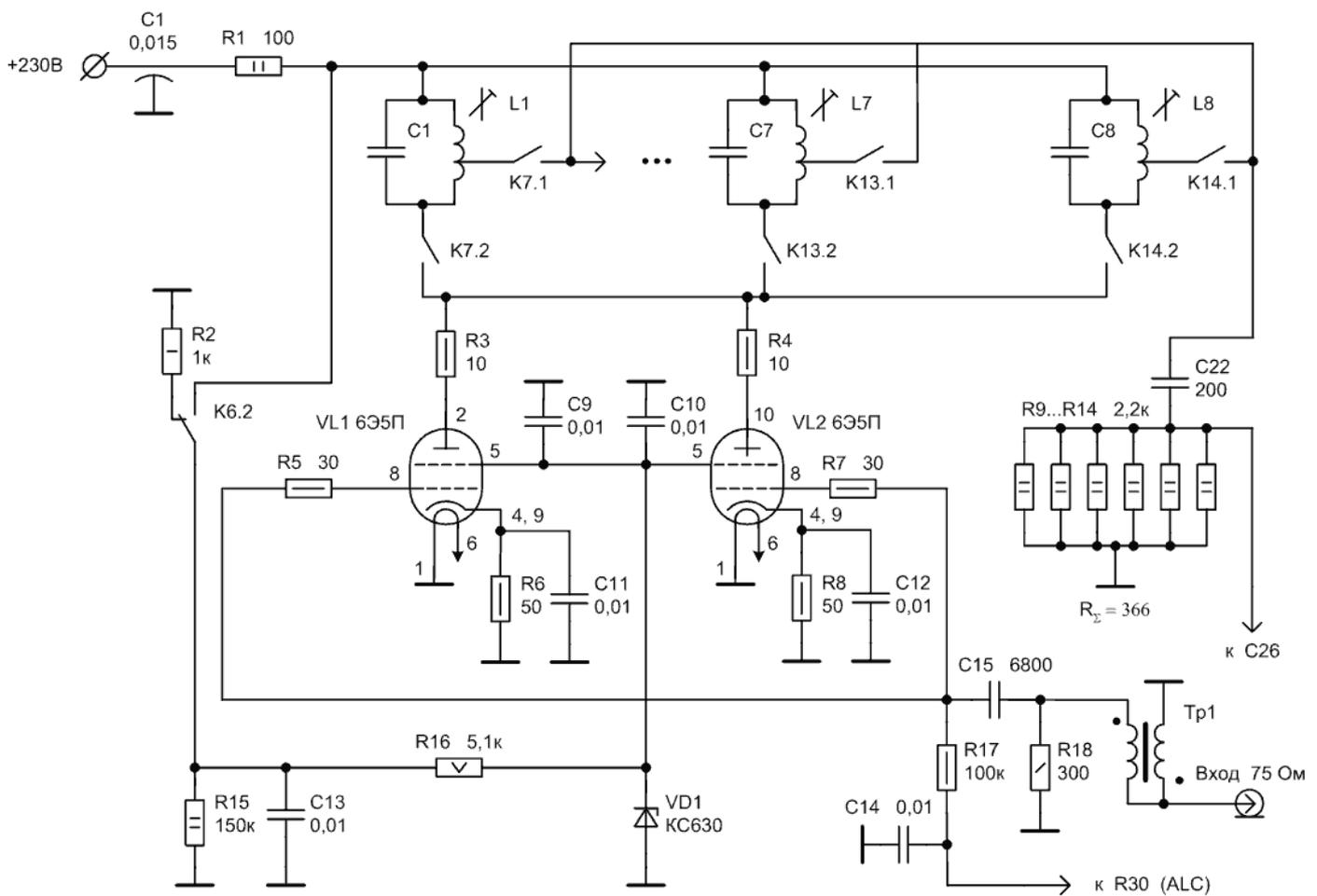


Рис. 1

подается с выхода полосовых фильтров трансивера. Почему в устройстве применен драйвер на лампах, а не ШПУ на транзисторах? Дело в том, что в анодах ламп драйвера стоят контура с достаточно высокой добротностью, которые эффективно фильтруют побочные сигналы, способные "просочиться" через полосовые фильтры, применяемые в трансивере RA3AO. На мой взгляд, эффективность ПФ RA3AO оставляет желать лучшего. По-видимому, отсутствие экранировки между контурами фильтра, ведет к уменьшению затухания за пределами полосы пропускания. Кроме того, для улучшения электромагнитной совместимости, усилитель эксплуатируется совместно с внешними сетевым и антенным фильтрами. Хотя при некотором увеличении габаритов устройства, ничто не мешает установить их внутри корпуса. Полосовые фильтры передающей части трансивера RA3AO имеют характеристическое сопротивление 300 Ом, поэтому на выходе установлен согласующий

трансформатор 4:1 (аналогичный Тр1 на [рис. 1](#)). Трансивер и усилитель мощности соединены между собой 75-омным кабелем.

Лампы драйвера, две штуки 6Э5П включены параллельно и работают в классе А усиления мощности при достаточно низкоомной нагрузке, поэтому выходной каскад на лампе ГУ-43Б не требует нейтрализации. Данные контуров драйвера приведены в [табл. 1](#)

Табл.1

Диапазон, МГц	Количество витков	Отвод	Диаметр провода, мм	Емкость конденсатора, пФ
28	3	1	1,0	-
21	8	3	0,8	-
18	11	4	0,8	10
14	13	5	0,8	36
10	17	6	0,5	82
7	24	9	0,5	120
3,5	45	15	0,5	240
1,9	57	18	0,4	470

Перевод драйвера с передачи на прием производится по цепи экранной сетки при помощи реле К6.2. Резистор R2 предотвращает броски напряжения при подаче стабилизированного напряжения посредством VD1 на экранные сетки ламп драйвера. Коммутация диапазонов релейная и осуществляется при помощи реле К7...К14. В случае, если частота первого гетеродина в трансивере на всех диапазонах выше частоты принимаемого сигнала, а не только на низкочастотных (это оптимальный вариант), в качестве нагрузки драйвера лучше применить П - контура. К сожалению, в радиолюбительской практике это встречается чрезвычайно редко.

Схема выходного каскада приведена на [рис.2](#).

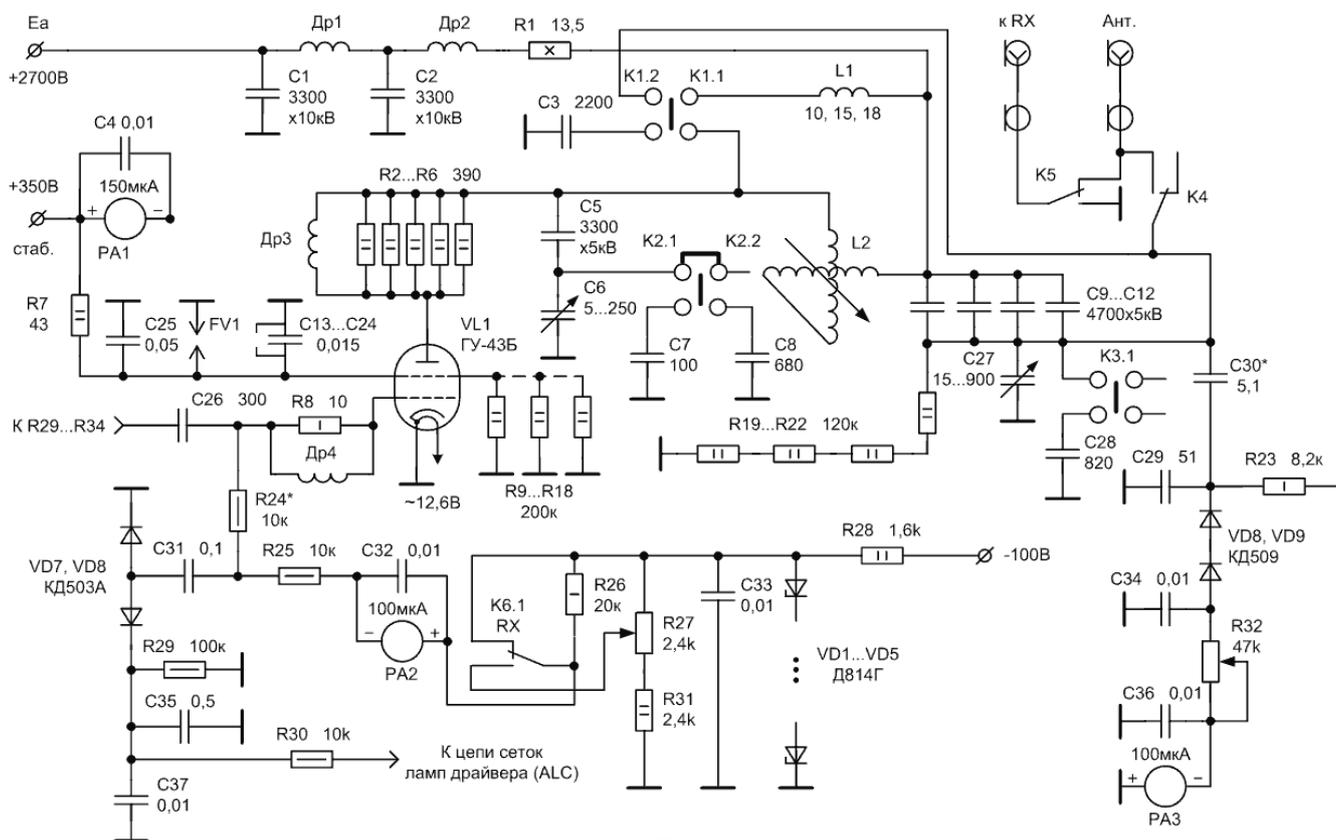


Рис. 2

Это типичная схема усилителя мощности с последовательным питанием анодной цепи, поэтому подробнее остановимся только на ее особенностях:

- - цепочка из резисторов R19...R22 предназначена для снятия статического заряда, который может образоваться на конденсаторе переменной емкости C12;
- - перевод лампы VL1 из запертого состояния при приеме в рабочий режим при передаче обеспечивается контактами реле K6.1. Дело в том, что при установке тока покоя (вращением движка переменного резистора R27) в резисторе может кратковременно нарушиться контакт, и на управляющей сетке лампы появится нулевой потенциал, что может спровоцировать выход лампы из строя. Предотвратить это явление помогает резистор R26. Резистор R31 предотвращает возможность ошибочно устанавливать при вращении движка резистора R27 нулевой потенциал на управляющей сетке лампы VL1 - ГУ-43Б.

Схема с параллельным питанием анодной цепи, как правило, не обеспечивает оптимального сопротивления нагрузки лампы в широком диапазоне частот (от 1,8 до 30 МГц), вследствие чего и применено последовательное питание. Особенно отчетливо недостатки схемы параллельного питания проявляются на ВЧ-диапазонах. "Перекачку" выходного каскада усилителя предотвращает система ALC (VD7, VD8, R24, R25, R29 и , R30, C31 и C35). Экранирующая сетка лампы ГУ-43Б питается напряжением +350В от стабилизатора, схема которого приведена на [рис.3](#).

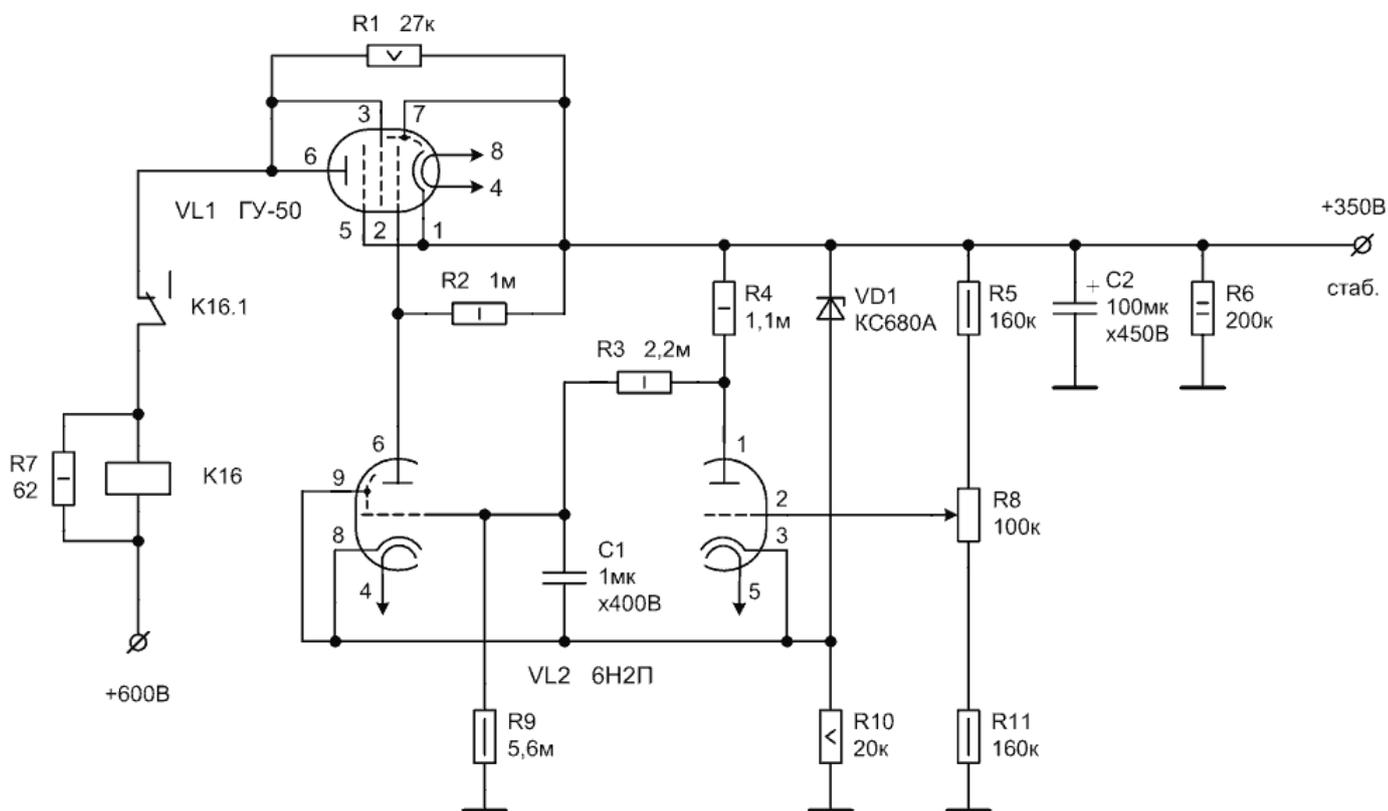


Рис. 3

Стабилизатор обладает повышенным коэффициентом стабилизации - при изменении тока нагрузки от 2 до 140 мА выходное напряжение изменяется менее чем на 1 В. Кроме того, ламповая схема гораздо надежнее транзисторной. Разрядник FV1 защищает стабилизатор и экранирующую сетку лампы со всеми блокировочными конденсаторами расположенными на ее панели от напряжения возникающего при пробое лампы. Резисторы R9...R18 "отводят на корпус" напряжение динаatronного пробоя. Однако эти резисторы играют важную роль и в схеме самого стабилизатора, т. к. без них он может выйти из режима стабилизации, и напряжение на его выходе возрастет до 500 В. Возможно, некоторые радиолюбители уже подзабыли, как правильно изготавливаются такие схемы. Нити накала обеих ламп (ГУ-50 и 6Н2П) должны быть запитаны от отдельных, хорошо изолированных друг от друга и от корпуса устройства обмоток. В противном случае участки катод-накала ламп будут пробиты, так как максимально допустимое напряжение между катодами и нитями накала, как правило, не превышает 100, реже 150В.

Схема блока питания усилителя мощности приведена на [рис.4](#).

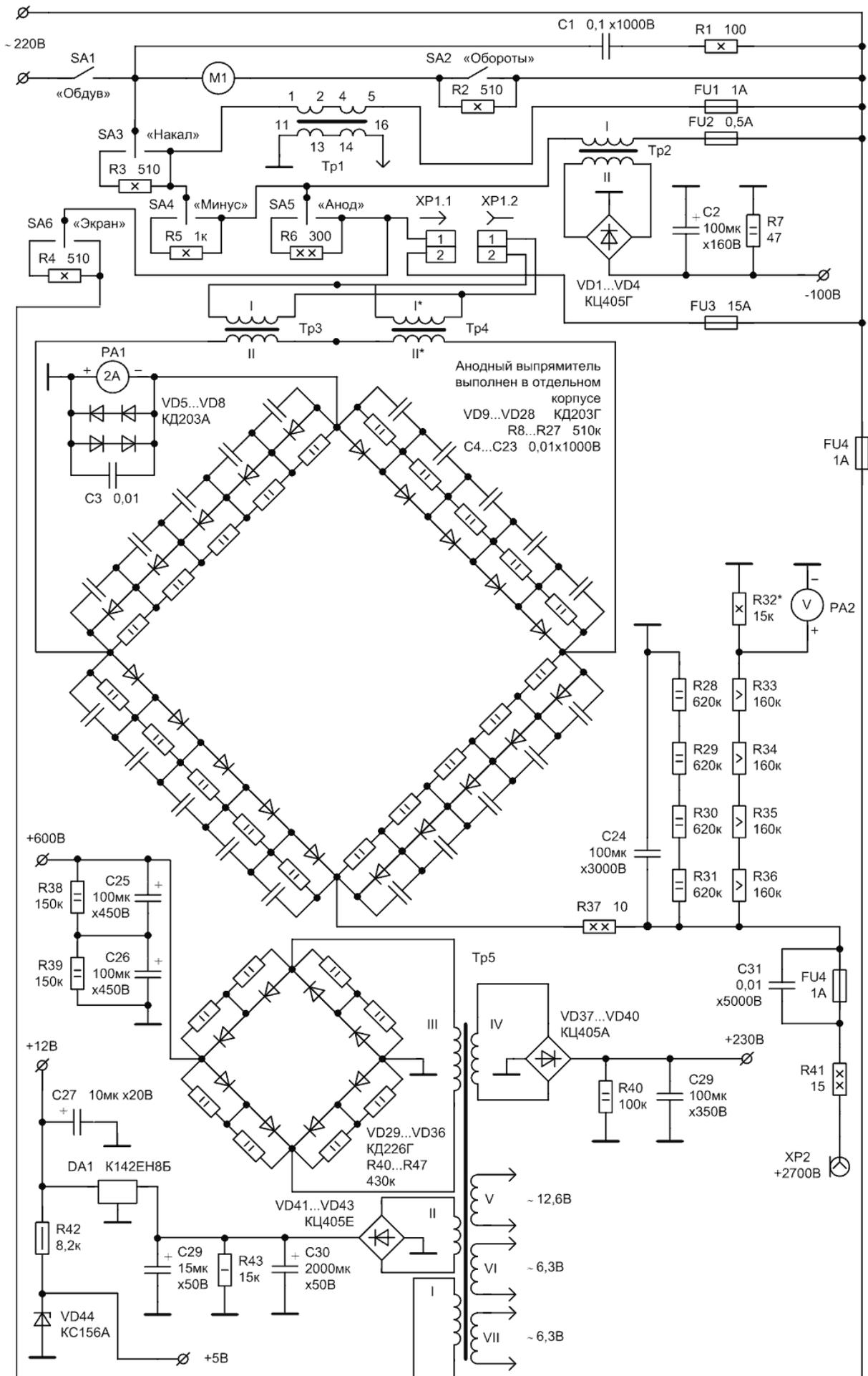


Рис. 4

Резистор R1 служит для того, чтобы при обратном токе экранной сетки лампы ГУ-43Б напряжение на ней не повышалось и оставалось стабилизированным, как это происходит в параллельных стабилизаторах напряжения. Резистор R1 немного уменьшает коэффициент стабилизации, но польза от него большая. При его наличии лампа в критический момент не пойдет "в разнос".

Анодный выпрямитель выполнен в отдельном корпусе размерами 480x240x310 мм. Переменное напряжение 220 В подается на него через тумблер с нейтральным положением SA5 и разъем XP2, установленные в основном блоке. Каждое плечо выпрямительного моста питающего стабилизатор напряжения для экранной сетки, образовано двумя последовательно соединенными диодами КД226Г, зашунтированными двух ваттными резисторами сопротивлением 430 кОм. Анодное напряжение на усилитель подается через коаксиальный кабель со фторопластовой изоляцией наружным диаметром 12 мм и с разъемами СР-75 на обоих концах. Включение питающих напряжений происходит в следующем порядке: "Обдув", "Накал" (около пяти минут для хорошего прогрева нити накала), затем "Минус", "Анод", "Экран". Снятие напряжений происходит в обратном порядке. Обдув выключается через пять минут после снятия напряжения накала, интенсивность обдува можно изменять переключателем SA2.

Управление усилителем мощности - релейное, и осуществляется напряжением +5 В, которое поступает с выходов ДД1 или ДД4 узла квазисенсорного управления А10 трансивера РА3АО [1] на разъем ХР1 усилителя мощности (рис.5).

Ключи, управляющие переключением реле в драйвере и в выходном каскаде усилителя мощности, аналогичны применяемым в РА3АО [1, стр. 141].

Несмотря на то, что описываемый усилитель мощности разрабатывался для работы с трансивером РА3АО, он может использоваться с любым трансивером. Усилитель имеет автономную систему управления, состоящую из переключателя В1 и источника питания +5 В, имитирующую работу квазисенсорного управления. При работе с трансивером РА3АО переключатель SA1 устанавливается в положение "Выкл".

На рис 5 показаны только два ключа, подключенные к точкам А и Н.

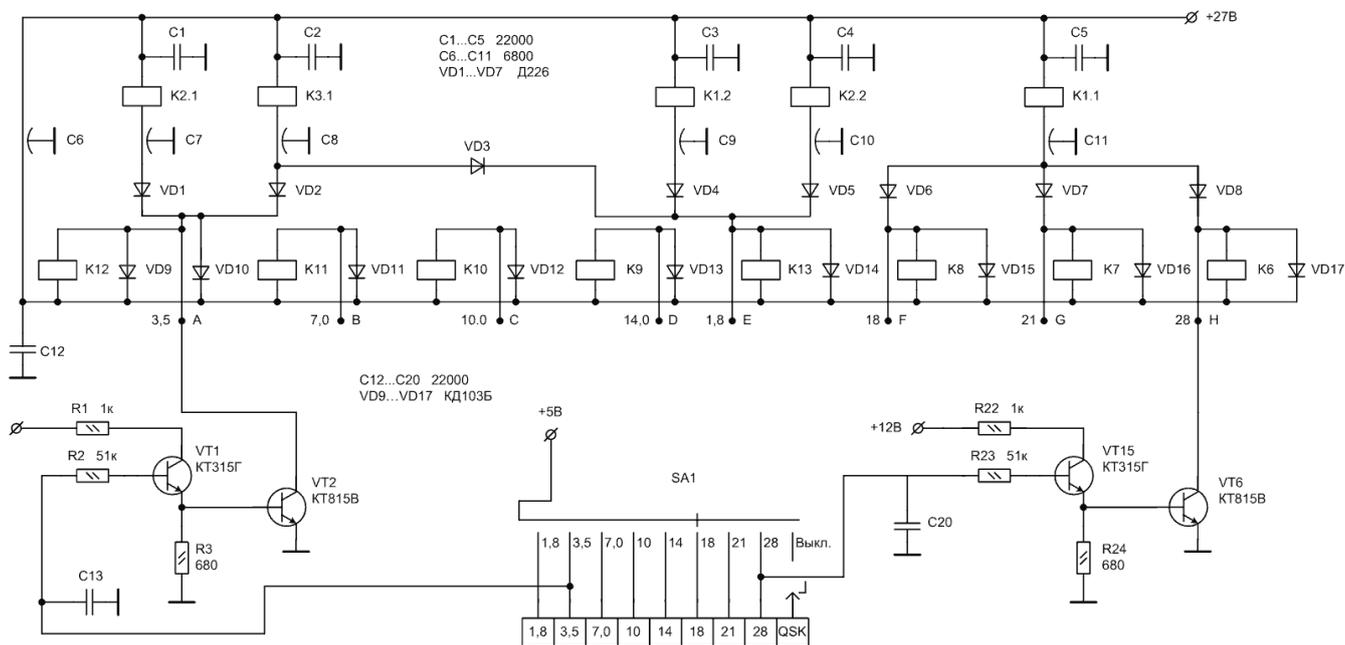


Рис. 5

Всего же ключей, управляющих реле, восемь, и они подключены к точкам А, В С D, Е, F, G и Н. Еще один такой ключ управляет коммутацией прием-передача (рис 6).

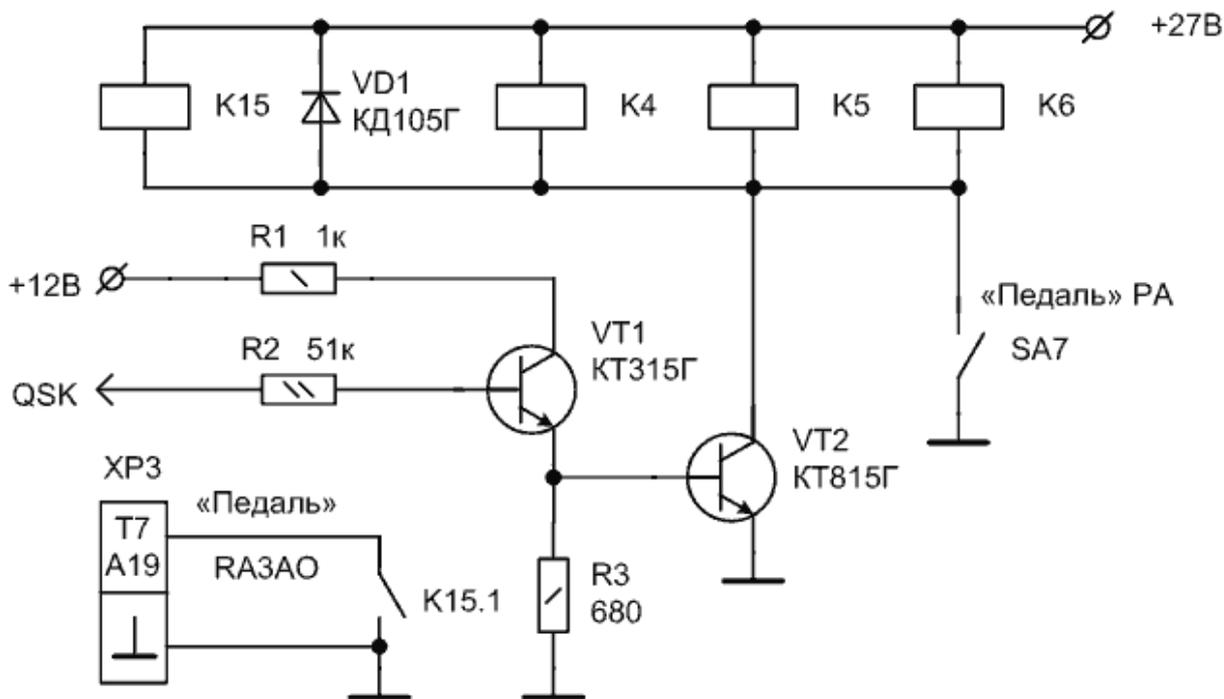


Рис. 6

На вход этого ключа (резистор R2 транзистор VT17) поступает сигнал QSK из точки 17 узла A19 трансивера RA3AO. Кроме того, трансивер может переключаться на передачу при помощи переключателя SA7, расположенного на передней панели усилителя мощности, что довольно удобно, например, при настройке П-контура, если усилитель установлен на значительном расстоянии от трансивера.

В настоящее время лампы ГУ-43Б довольно дороги, поэтому необходимо знать, как их проверить и ввести в эксплуатацию. Старые лампы, выпущенные более 10 лет тому назад, лучше не приобретать, но часто просто нет выбора. Поэтому, приобретая лампу, следует убедиться в ее работоспособности (даже если она новая и находится в упаковке). При хранении ламп часто не обращают особого внимания на их положение, и они, долгое время пролежав на боку, нередко получают межэлектродные замыкания. Удачная методика проверки качества лампы приведена в [2]. Вкратце напомним ее. На лампу подается напряжение накала, и через 4...5 мин после его включения тестером с батарейкой питания 4...4,5 В измеряются прямое и обратное сопротивления между первой сеткой и катодом. Величина прямого сопротивления должна быть в пределах 30...100 Ом, обратного - не менее 500 кОм. Меньшие величины указывают на междуэлектродные замыкания. Эмиссию катода лампы можно оценить по времени, в течение которого величина прямого сопротивления увеличивается вдвое при выключении накала у хорошо прогретой лампы. Оно должно быть не менее 25 с. Если время меньше, это указывает на ухудшение эмиссии. Кроме того, лампу следует проверить на отсутствие обрывов между электродами и их выводами, что, как следует из опыта автора, случается достаточно часто (хотя, может быть, просто не везет hi). Для проверки через резистор ограничивающий ток источника питания до 100 200 мкА, и измерительную головку на 200 500 мкА, при прогретой лампе подаем положительное напряжение поочередно на первую, вторую сетки и даже на анод. При отсутствии обрывов микроамперметр покажет наличие тока. Разумеется, все эти проверки производят при включенном обдуве.

Не менее важной задачей является тренировка (жестчение) лампы, которая приводит к улучшению вакуума и электрической прочности лампы. "Жестчение", или тренировка лампы, должны обязательно производиться при первом включении лампы после длительного перерыва в работе, а также каждые три месяца при хранении (что, к сожалению, не часто встречается на практике, особенно у радиолюбителей). "Жестчение" ламп(ы) происходит в РА, где и должна работать лампа. Вначале, особенно если лампы хранились очень долго (более 10 лет), их выдерживают несколько суток (2...5) под напряжением накала в режиме пониженного обдува, каждые 18...24 часа хорошо

охлаждая лампу. Это делается для того, чтобы газопоглотители, которые находятся внутри лампы хорошо прогрелись и поглотили газы, которые просочились внутрь баллона через места спаек различных материалов и баллон лампы. Это также стабилизирует и восстановит эмиссионную способность катода. Все сетки при этом замкнуты на корпус. После этого, включают анодный трансформатор через 9-ти амперный лабораторный автотрансформатор, на управляющую сетку подается максимальное отрицательное напряжение смещения, экранная сетка остается на корпусе, в анодную цепь лампы включается дополнительно токоограничивающий резистор величиной 10 кОм и мощностью 20...25 Вт, переменное напряжение на его первичную обмотку подается начиная с уровня 2...10 вольт, каждый раз увеличивая напряжение на 20 вольт и выдерживая на каждой ступени 5...10 минут, при отсутствии признаков пробоя переходя на следующую ступень. На последней ступени на аноде лампы будет полное напряжение, после чего в этом положении РА выдерживается 6...12 часов. Затем, включается пониженное напряжение на экранную сетку, примерно 70-75% от номинального (при помощи R8 в стабилизаторе на [рис.3](#)), убирается токоограничивающий резистор в анодной цепи и подается, начиная с 50 вольт переменное напряжение (на аноде при этом будет 614 вольт), следовательно, напряжение на аноде всегда будет больше экранного (напряжения на 2-ой сетке). Поднимая ступенями по 10 вольт и выдерживая на каждой 5...10 минут доводят анодное напряжение до полного и выдерживают в течении 10...12 часов. После чего изменением напряжения смещения управляющей сетки выставляют небольшой начальный ток анода 5...15 мА, даем уже полный обдув и выдерживаем 6...10 часов. После этого устанавливаем 1/2 анодного напряжения, открываем лампу до половины номинального тока покоя и выдерживаем в этом режиме 2...3 часа. Затем даем небольшую раскачку (напряжение возбуждения), настраиваем П-контур, и постепенно увеличивая раскачку доводим величину анодного тока до половины от номинального значения. Работаем в таком режиме с примерно с 1/4 мощности в антенне 10...20 дней. При этом резонансное сопротивление лампы будет равно R_{ое} номинальному, следовательно, П-контур и в этом случае будет оптимальным. После этого можно работать с полной мощностью. Конечно, этот процесс долг и утомителен, но дает наибольшие гарантии того, что лампа войдет в строй и будет работоспособной продолжительное время. То есть радиолампа отработает гарантированный заводом изготовителем ресурс. В случае острой необходимости описанную процедуру можно значительно сократить, но делать это крайне нежелательно, т.к. возрастает риск выхода лампы из строя.

Конструкция усилителя мощности показана на фотографиях. Усилитель собран в корпусе размерами 480x400x230 мм. Над анодом лампы ГУ-43Б в верхней крышке вырезано отверстие диаметром 180 мм, которое закрыто металлической сеткой, выгнутой в виде части сферы высотой 70 мм. Такое конструктивное решение не увеличивает выходную емкость лампы при относительно небольшой высоте корпуса.

Все детали П-контура должны быть соединены между собой земляными шинами, изготовленными из облуженной медной фольги. Вариометр L2 при параллельном соединении двух обмоток имеет индуктивность от 1,2 до 14,6 мкГн. Катушка L1 - бескаркасная (диаметр 65 мм, длина 90 мм), с индуктивностью 1,3 мкГн, содержит 6 витков медной трубки 8 мм. Др3 намотан нихромовым проводом 1,5 мм на оправке диаметром 10 мм и содержит 3 витка на длине 11 мм. Др1 и Др2 применены от радиостанции Р-140 и имеют индуктивность по 65 мкГн, но можно изготовить самодельные: диаметр каркаса - 30 мм, число витков - 32, намотка в два слоя, но за один проход, провод - ПЭЛШО 0,5 мм, длина провода - 320 см. Реле К1...К3 - двухобмоточные, от РСБ-5 (хлопушки), они закреплены якорем вниз. К4 и К5 - вакуумные, быстродействующие (К5-П1Д, К4-В1В-1Т). К7...К14 - РЭС-9. Разумеется, для коммутации контуров в драйвере лучше применить реле РПВ2-7 или РПА-12, но РЭС-9 также успешно работают в этом узле. Переключатели SA1...SA5 - 16-амперные тумблеры с нейтральным положением, которые расположены в один ряд на передней панели усилителя. М1 - вентилятор "ГАММА" венгерского производства, плоский, малошумящий, производительностью 168 м³/час. Он установлен внизу, под панелью лампы ГУ-43Б.

Предохранители и разъемы расположены на задней стенке корпуса усилителя.

Широкополосный трансформатор Тр1 намотан на ферритовом кольце К10х6х4 проницаемостью 400НН и содержит 8 витков из двух скрученных проводов (одна скрутка на 1,5 см). Трансформатор Тр2 - ТН55. Намоточные данные остальных трансформаторов приведены в [табл.2](#).

Табл.2

Обмотки	Количество	Диаметр провода,	Сердечник
---------	------------	------------------	-----------

	ВИТКОВ	ММ	
Тр3			
1	1430	0,22	ШЛ16x32
2	584	0,27	
Тр4, Тр5			
1	220	1,8	ШЛ40x80
2	950	0,85	
Тр6			
1	700	0,7	ШЛ25x50
2	66	0,8	
3	1320	0,27	
4	550	0,25	
5	41	0,8	
6	21	0,5	
7	22	1,0	

се обмотки намотаны проводом ПЭВ-2.

Стабилитрон VD1 в стабилизаторе экранного напряжения на [рис.3](#) должен быть установлен на радиаторе достаточно больших размеров, чтобы при его работе напряжение на выходе стабилизатора не менялось в зависимости от степени его нагрева. Например, на игольчатом радиаторе размерами 55x25x75 мм. Окончательная регулировка выходного напряжения производится в установившемся режиме, после 30...60 минут работы стабилизатора (после прогрева).

Настройка усилителя мощности сводится к установке при помощи R10 тока покоя 300 мА лампы ГУ43Б, настройке контуров драйвера в резонанс при хорошо прогретой ГУ-43Б, холодной настройке П-контура (подбором дополнительных емкостей и положения оси вариометра, на которую надет "ключик" для индикации положения на передней панели). Методика настройки усилителей мощности неоднократно приводилась в литературе, например, в [\[4\]](#).

Окончательная настройка П-контура производится при помощи ВЧ-вольтметра с делителем 1:10 по максимуму выходной мощности на эквиваленте нагрузки. Кроме того, желательно проверить температуру нагрева лампы и эффективность работы системы охлаждения, как описано, например, в [\[3\]](#).

Литература

1. В. Дроздов. Любительские КВ трансиверы. - М.: Радио и связь, 1988.
2. Д. Саранча. Проверка ламп ГУ-33Б, ГУ-43Б. - Радиолобитель КВ и УКВ, 1998, №3.
3. В. Кляровский. Усилитель мощности. - Радиомир. КВ и УКВ, 2001, NN6-7.
4. Техническое описание УМ к радиостанции Р140.
5. Л. Евтеева. Холодная настройка П-контура. - Радио, 1981, N2.