

Пользовательский ликбез.

Пока ещё в новинку для наших радиолюбителей мощные транзисторные усилители. Поэтому в мануал оператора добавлен пользовательский раздел, в котором будет собираться информация из опыта эксплуатации усилителя.

Информация для обдумывающих заказ транзисторного усилителя.

Мощные усилители на транзисторах требуют выполнения обязательных условий эксплуатации. Если вы не можете выполнить эти условия – нет смысла приобретать такой усилитель.

Требования к эксплуатации:

1. Статическое напряжение на антенном разъёме не должно превышать 100В.
2. Обязательно применение согласующего устройства, даже в случае использования супер-дорогих фирменно-настроенных антенн с КСВ=1 во всем рабочем участке частот.
3. Правильная коммутация RX-TX между всеми частями приёмо-передающего комплекса.
4. Наличие качественного заземления. В случае отсутствия такового – обязательно соединение земель (корпусов) между собой всех частей приёмо-передающего комплекса.
5. Исключить возможность перегрузки усилителя выбросами повышенной мощности из трансивера.
6. Исключить ситуацию, когда для усилителя отсутствует нагрузка.

Первое, что следует всегда помнить, применяя любые мощные усилители на транзисторах – **это не лампы!** Если у ламп, как правило «затянутая» характеристика, т.е. мы можем превышать её паспортные характеристики и лампа на это реагирует вначале покраснением анода, втягиванием стекла внутрь баллона, затем «прострелами» и только после этого выходит из строя. То транзисторы – это намного более «крутые» усилительные элементы, с очень «короткой» характеристикой. Превышение любого из заявленных производителем параметров + малейшая «перекачка по входу» могут привести к гибели элемента. Даже если вы считаете себя опытным очумельцем и когда-то перепаивали в своём UW3DI два конденсатора – не следует лезть в транзисторный усилитель с паялом, дабы его ещё «умощнить». Ваше понимание того, что транзисторы SD2933 в два раза больше по мощности в сравнении с MRF150 - не гарантируют качества излучаемого сигнала и повышения надёжности усилителя, когда вы попытаетесь «выжать максимум», что могут обеспечить SD2933. Помните – любое усовершенствование всегда заканчивается последующим обращением к производителю!

Первые «грабли» на которые наступают пользователи усилителей, без разницы каких – ламповых или транзисторных – это организация правильной коммутации всех «коробочков». Главная «теза», которая должна засесть в пользовательской голове – при переходе RX-TX **первой должна подключиться антенна к выходу усилителя!** И только после этого подаётся сигнал на вход усилителя. Т.е. прежде всех иных переключений мы должны обеспечить надёжную нагрузку усилителю – куда он и будет передавать свою мощность. Если же мы вначале подадим на вход усилителя сигнал и лишь затем подключим ему нагрузку – в лучшем случае постоянно будут подгорать контакты реле на выходе усилителя, что обычно и происходит в ламповых усилителях. В худшем случае – усилитель без нагрузки, с поданным ему на вход сигналом, возбуждается – лампы простреливают, транзисторы выгорают. Выходной мощности просто некуда деться – она возвращается в усилительный элемент – возбуд – значительное превышение выходной амплитуды – выход из строя элемента. Когда и почему такое происходит? Рассмотрим всю цепь прохождения сигнала. Как правило, мы коммутируем вначале трансивер, из которого идёт управляющий шнурок в усилитель, т.е. трансивер коммутирует усилитель. Мы нажали на тангенту трансивера – он перевёлся в режим TX, из трансивера пошёл управляющий сигнал в усилитель – усилитель перевёлся в режим TX – говорим в микрофон – всё ОК. Теперь вариант, при котором наиболее часто и происходят аварии - работа VOX SSB и ещё более тяжёлый вариант – перевод в режим TX при нажатии на CW ключ или работа в «цифре» - управление от компьютера. При первом звуке в микрофон система VOX трансивера переводит его в режим TX – т.е. в момент, когда трансивер переводится из RX в TX, по каскадам TX трансивера побежал сигнал из микрофона, от этого сигнала сработала система VOX - перевела TRX в режим TX - и на выходе ШПУ трансивера в момент переключения реле уже есть сигнал передатчика. Т.е. когда выходное реле в TRX переключает выход ШПУ трансивера на его антенный разъём, то одновременно с моментом переключения в разъёме появляется и сигнал. Теперь представьте себе – в момент перехода RX-TX в антенном разъёме трансивера есть полезный сигнал – в этот же момент поступает управляющий сигнал из трансивера в усилитель для перевода его в режим TX. Т.е. одновременно с сигналом на перевод усилителя из режима RX в режим TX подаётся и возбуждение. На входе усилителя установлено малогабаритное маломощное быстродействующее реле, на выходе усилителя установлено мощное габаритное реле. Быстродействие (время срабатывания) малогабаритного реле всегда будет меньше, нежели большого мощного реле с тяжёлыми контактами. И вес контактов, и расстояние между ними никогда не позволят большему по размеру реле быть более «шустрым» в сравнении с маленьким реле. Малогабаритное реле на входе усилителя сработало – уже подключило вход усилителя к выходу трансивера, а мощное реле на выходе ещё соединяет свои контакты. Если одновременно с замыканием контактов входного реле на них есть и сигнал (включен режим VOX в трансивере) – этот сигнал усиливается усилителем и поступает на выходное

реле, которое только начало «задумываться» как ей соединить свои контакты – т.е. для усилителя в этот момент нет нагрузки. Время это короткое – обычно несколько миллисекунд. Но за это время сигнал с входа усилителя усилился и «добежал» до выходного реле. Для лампового усилителя это не «смертельно» – в нём и электронам «дальше бежать» между катодом и анодом, и сам переход из режима RX в режим TX в лампе «длиннее» нежели в транзисторе. В итоге – в ламповом только постоянно подгорают контакты реле в момент их замыкания. Если не слишком завышены режимы лампы – она за такой срок не успевает отреагировать покраснением анода. Если же значительно превышены параметры – возникает прострел в лампе. Особенно это касается «крутых» металлокерамических ламп. Не оттого ли распространено мнение об их «хлипкости»? Для транзисторного усилителя этого времени достаточно, чтобы транзисторы вышли из строя из-за отсутствия нагрузки во время переключения RX-TX выходного реле.

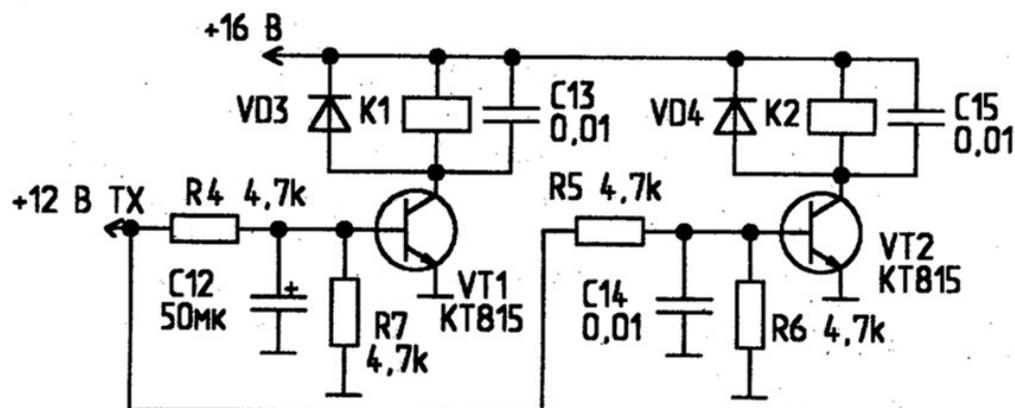
Что предусмотрено в DN-600 для исключения такой аварии? Предусмотрена задержка включения входного реле. Т.е. когда управляющий сигнал на перевод в режим TX поступил в усилитель – сработала схема – появилось напряжение TX в усилителе – от него сработало выходное реле и через управляющий транзисторный ключ включилось входное реле. Транзистор ключа сработает с задержкой – RC цепь у него в затворе – пока не зарядится конденсатор – транзистор не откроется. Время замыкания входного реле 6ms, выходного 20ms – информация от производителя. Если не делать задержку включения входного реле – 14ms усилитель будет без нагрузки.

По большому счёту правильно – это когда усилитель коммутирует трансивер. Т.е. усилитель готов к усилению – в него поступил ВЧ сигнал, а не наоборот, как это повсеместно и происходит. В зависимости от предпочтений пользователя и следует исходить, какой вариант коммутации применить. Повторюсь – самый тяжёлый вариант – когда трансивер переключается в режим TX при нажатии на CW KEY или компьютером в «цифре». В этом варианте на вход усилителя в момент перехода RX-TX поступает сразу полная раскачка. Если контакты выходного реле не полностью замкнутся – в лучшем случае они подгорят, но при следующем включении подгорят ещё больше и так далее – пока усилительные элементы не выйдут из строя.

Прежде, чем начать эксплуатировать усилитель, следует организовать правильную «расстановку» с коммутацией.

1. Вариант коммутации усилителем трансивера. Для этого используем «тюльпан» (PED) педали усилителя. В режиме RX в нём положительное напряжение около +15В через резисторы R37, R54 – см. схему «PA-Unit-FAN-TX». Для перевода усилителя в режим TX подаём положительное напряжение +5-15В в контакт №8 TX-IN разъёма D-SAB. При переходе в режим TX в «тюльпане» (PED) педали напряжение упадёт практически до 0В – откроется транзистор VT7. Вот этим «нулём» и можно коммутировать трансивер.

2. Вариант применения дополнительного коммутатора на транзисторах или реле. Принцип простой – два ключа на транзисторах с различным временем срабатывания – быстрый включает усилитель, замедленный включает трансивер. Описание таких ключей приводилось в описании усилителя на ГУ-74Б. Можно почитать по ссылке => <http://ut2fw.com/node/19> Ниже схема ключей из того описания –



Задержку включения VT1 обеспечивает зарядка конденсатора C12. Чем больше ёмкость конденсатора – тем большее время срабатывания. Иногда попадаются KT815 с низкой крутизной – в этом случае следует уменьшить сопротивление резисторов R4, R5. Транзистор VT1 коммутирует трансивер, а транзистор VT2 усилитель. На схеме в качестве нагрузок показаны реле – в нашем случае реле K2 не нужно – коллектор VT2 подсоединяем к «тюльпану» педали (PED) усилителя. Если трансивер тоже переводится в режим TX замыканием на корпус контакта педали – реле K1 не нужно – коллектор VT1 соединяем с разъёмом педали трансивера.

3. Любые иные варианты коммутации, при которых трансивер будет переводиться в режим TX не ранее, чем через 20ms после перехода в режим TX усилителя.

Варианты: «у меня два микрика на педали – усилительный я нажимаю большим пальцем ноги, а трансиверный мизинцем», или аналогичное устройство на микрофоне, или ещё какое подобное очумельство – исключить.

Информация для любителей SDR-ной техники.

В сетаве программы PSDR, которую пользуют подавляющее большинство любителей SDR-ов, есть опция – задержка появления сигнала на выходе SDR передатчика. Обычно все выставляют ту задержку в пределах 30-50ms – это норма и это правильно. Выставили в сетаве задержку и успокоились. Но вот как дальше – тут каждый пользователь конфигурирует все коробочки на своё усмотрение и чаще всего неправильно из-за обилия настроек. В т.ч. многие пользуют в режиме TX встроенный в PSDR магнитофон, который имеет свои настройки. В итоге задержка в 30-50ms в сетаве PSDR может не спасти усилитель. Т.к. некоторые пользователи переводят свою SDR-скую технику в режим передачи мышкой на панели PSDR, иные педалью, подключенной к коробке SDR-а, иные из параллельно используемого софта. Т.е. может создаться ситуация о которой написано выше – сигнал из SDR-а уже пойдёт в усилитель, а усилитель ещё не будет переведён в режим TX. Внимательно проследите как именно в вашем варианте происходит переключение RX-TX всей техники и не провоцируется ли тяжёлая ситуация усилителю.

Следующая тема: «пользую усилитель – защита иногда сама то включается, то не включается».

Защиты от перегрузок в **DN-600** быстродействующие – постоянно включенные – отслеживают и реагируют на любые перегрузки, которые могут возникать во время переходных процессов RX-TX.

Срабатывание защиты (чаще всего IN, но иногда и одновременно IN-OUT) связано с перегрузкой усилителя, как по входу, так и по выходу. Как проверить? Попробуйте работать педалью RX-TX с небольшой задержкой подачи полезного сигнала. Т.е. нажали педаль – трансивер-усилитель однозначно перевелись в режим TX – пауза – только после этого говорим в микрофон или нажимаем на CW ключ. Если в таком режиме работы защиты не срабатывают – это говорит о неверной коммутации. Если вы не перекачиваете усилитель и обеспечили ему оптимальную нагрузку – такое «не логичное» срабатывание защит связано с отсутствием оптимальной последовательности перевода усилителя и трансивера в режиме RX-TX.

Ещё раз коротко проследим прохождение сигнала из трансивера в усилитель. Нажали на TX трансивера – трансивер перевелся в режим передачи – в антенном гнезде трансивера появился ВЧ сигнал – одновременно с этим пошёл управляющий сигнал в усилитель на его перевод в TX. Пока в усилителе реле коммутации RX-TX не сработают – сигнал из антенного гнезда трансивера «транзитом» через усилитель поступает в антенну. Но мы же подали сигнал из трансивера на их переключение – выходное реле 20ms переключается, входное реле «ждёт» зарядом конденсатора ключа, пока выходное реле усилителя надёжно замкнётся. Вот в момент, когда выходное реле переключилось с антенного гнезда усилителя на выход платы ФНЧ, а входное не включилось – для ШПУ трансивера нет оптимальной нагрузки. Цепь RX (см. схему платы ФНЧ усилителя) в этот переходной момент «висит в воздухе». Отсутствие оптимальной нагрузки ALC трансивера начинает обрабатывать – зажимать выходную мощность трансивера. Если из трансивера берется половина мощности (которой вполне достаточно для раскачки усилителя) – в этом случае ALC незначительно изменяет режим работы усилительных каскадов передатчика трансивера. И переходной процесс RX-TX для трансивера (и оператора) происходит незаметно. В случае, когда «качаем мощу» - т.е. полная мощность из трансивера – ALC заметно изменяет режимы. И в момент появления оптимальной нагрузки (входное реле усилителя замкнулось) ALC резко «отпускает» передатчик трансивера. Это резкое «отпускание» чаще всего отражается очень коротким выбросом ВЧ амплитуды из трансивера – видно только на экране запоминающего осциллографа. Соответственно – защиты усилителя на такой «вброс» входной амплитуды и срабатывают. Предположить, как потребно настроить трансивер или, как и какой трансивер поведёт себя в данной ситуации – не реально. Трансиверов масса, у каждого свои схемотехнические особенности, плюс настройки самого пользователя. Однозначен только момент – при понижении мощности в трансивере выброс амплитуды при переходных процессах RX-TX уменьшается. В виде предположения – вероятно в современных дорогих моделях трансиверов есть возможность в меню выставлять задержку появления выходного сигнала – изучайте мануал вашего радио.

Не забыть, что в трансивере тоже есть защита от повышенного значения KCB – она (помимо ALC) дополнительно обрабатывает на переходные процессы при коммутации трансивера с антенны на усилитель. Сложно предположить какую логику её работы заложил производитель, посему и её работа может вызывать выбросы амплитуды выходного сигнала из трансивера.

Верное решение вопроса – применить правильную коммутацию «коробочков», как? – см. выше.

Тема – коаксиалы, разъёмы, контакты, земли, наводки.

Эти вопросы всем известны, но полезно лишний раз напомнить, т.к. уже были и такие «случаи». Видел и коаксиалы на скрутках, и вместо стандартного антенного разъёма к усилителю «два проводка в разъём». Если в усилителе хотя бы однажды срабатывала защита OUT – это первый сигнал к поиску плохих контактов от антенного разъёма усилителя вплоть до излучателя антенны. Встретился случай, когда трансивер без проблем работал через «обход» усилителя, а при включении усилителя начинала срабатывать защита OUT. Причина – плохая пайка контактов в антенном коммутаторе – при 100Вт от трансивера было достаточно простого прикосновения между контактами, при 500Вт плохой контакт разогревался и пропадал. Не забывайте про токи, которые потекут от усилителя до излучателя антенны! Соответственно все соединения и сечение применяемых проводов не должны создавать препятствий протекаемому по ним току.

При включении усилителя заговорили колонки соседского компьютера? – известная тема. Если компьютер не находится прямо под полотном излучателя вашей антенны – ищите где ВЧ от усилителя до антенны может облучать пространство. Это в первую очередь излучение кабеля снижения от антенны. Т.е. кабель не является линией передачи ВЧ энергии, а служит просто «продолжением» антенны. На оплётке кабеля есть ВЧ напряжение, которое облучает соседнее пространство. Если мощности трансивера мало для того, чтобы колонки внятно заговорили вашим голосом, то мощности усилителя для такой цели, как правило, уже хватает. Лень согласовывать антенну с кабелем? Можно «решить вопрос» на стороне компьютера. Открываем активную колонку – там, где находится усилитель с регулятором громкости. Смотрим на регулятор громкости – это, как правило, сдвоенный переменный резистор – шунтируем на корпус средние движки керамическими конденсаторами 2200-10000пф. Какие ёмкости будут оптимальны? – проверить на практике – чтобы ещё не было завала ВЧ частот, но и наводка от кабеля надёжно была зашунтирована теми блокировочными конденсаторами.

Заговорил телевизор, «засветилась» польская антенна или ещё какой-нибудь спутниковый тюнер – в большинстве случаев это прямое детектирование мощного ВЧ малосигнальными усилителями и преобразователями тех устройств. Сверхчувствительную технику на сегодня научились делать даже китайцы – сравните скажем Кш спутниковых тюнеров, которые были лет 10-15 ранее и сегодняшних – результаты впечатляют. О динамическом диапазоне и экранировке производители тех бытовых коробушек и не помышляют – эти вопросы увеличивают стоимость продукта – а это им не нужно. Однозначного решения вопроса на приёмной стороне не существует. Экранировку телевизору не сделать, чувствительность соседскому тюнеру не заглубить. Придётся искать решение вопроса в каждом конкретном случае индивидуально. Кардинальное решение проблемы – переехать со своей техникой в глухую деревню, в которой не будет никакой техники кроме вашей. Или заделаться в QR-пиписты.

По теме польских антенн могу рекомендовать замену усилителя в антенне на усилитель под номером №1. Как правило, первые номера усилителей содержат в себе усилитель на одном достаточно мощном транзисторе. При покупке смотрим на усилитель – если транзистор в нём один – покупаем – меняем – получаем в большинстве случаев положительный результат. Т.е. следует снизить усиление в той антенне. В большинстве случаев «суперчувствительный» усилитель и не нужен – он может «забиваться» даже сигналом TV ретранслятора.

В остальных случаях – первое, что следует сделать – навести порядок с линией питания антенны – чтобы ВЧ токи не затекали на оплётку – т.е. симметрирование и тому подобные работы. Изучайте труды хотя бы Ротхаммеля и Беньковского с Липинским – проверено на личном опыте - помогает. Если ВЧ от усилителя до антенны течёт не только по центральной жиле кабеля – без толку «искать проблему» на стороне и вспоминать «незлым тихим словом» производителя усилителей - согласовывайте антенну - попустит.

Очень часто применение замкнутых антенн даёт положительный результат. Здесь следует всегда помнить «аксиому» – ваш ВЧ сигнал должен излучаться только излучателем антенны и никакими иными «проводами-железками». Варианты типа: «Да у меня крутая фирменная антенна!» или «Я три тыщи баксов за ту антенну отвалил! Всё там нормально! КСВ=1!» - не принимаются. Бывает достаточно провести тщательную лабораторную работу с антенным анализатором – проверить как саму антенну, так и применяемый кабель – да ещё в разную погоду – много интересного и полезного можно узнать из практики-теории антенно-фидерных систем.

Прежде, чем тянуть коаксиальный кабель к антенне – проверьте его как антенным анализатором, так и подайте через него на эквивалент нагрузки полную мощность – полезная проверка. Не мешает проверить реальные параметры кабеля – на одном конце кабеля эквивалент нагрузки, а к другому подключите антенный анализатор, да во всем диапазоне рабочих частот проверить как работает кабель.

Особая тема – качественное заземление. Заземление именно радиочастотное, а не «зануление» электрическое. В частном секторе проблема решаема, но как её воплощать в многоэтажках – ответа не видел. В многоэтажках остаётся только искать точку подключения заземления к какой-нибудь самой массивной «железке» конструкции дома. Хотя, не факт, что это подключение не вылезет где-нибудь пучностью напряжения в медной проводке у соседа. Окажется, что сосед в отличие от вас, не пожалел денег на медную проводку максимально возможного сечения – а она как назло оказалась равной длине волны на каком-нибудь диапазоне. В итоге ВЧ энергии от вашего усилителя легче оказалось переизлучиться соседской медной проводкой, нежели окисленным дюралевым излучателем вашей антенны. Т.е. тут только пробовать или искать варианты антенн, которые не требуют обязательного качественного заземления.

Из практического опыта пользования DN-600.

Никаких «секретов» или «розовых очков» для пользователей по теме DN-600 не предполагаю. Т.е. в этом «Ликбезе» будет собираться и «светиться» пользовательский опыт, дабы не повторялись чужие «грабли». Т.к. это дорогое удовольствие – «набивать свои шишки» при пользовании транзисторного мощного УМа. Напоминаю – полевые транзисторы не терпят статики. У одного из пользователей при первом же нажатии на педаль RX-TX в утреннее QSO, вышел из строя один SD2933. У транзистора пробило стоковый переход. Вспомнилась «эпоха» КП904-х в ШПУ трансивера «Урал-84М». Когда пользователи этого трансивера маялись с «непонятным» выходом из строя КП904 - тоже пробивался стоковый переход - пока не зашунтируешь антенну об землю - так и держи под рукой очередной КП904 на замену вылетевшему...

С замкнутыми антеннами было полегче, но не на все 100%. Посему, не забыть - зашунтировать дросселем + резистором антенну на землю ещё до прикручивания кабеля от неё к первому коробку в шке. Резистор можно применить любой (не проволочный!) – если статику наводит сильную (дипольные антенны) – МЛТ-2 10-20к. Дроссель желательно применить без ферритового сердечника – кто скажет, как поведёт себя феррит в условиях постоянной сильной статики? Можно подобрать от старой военно-бытовой техники дроссель с секционированной намоткой «универсаль» на керамической трубочке.

Хотя в DN-600 антенный вход зашунтирован дросселем L5 на плате ФНЧ и выход ШПУ «сидит на земле» через резисторы «защиты» R55-66, но кто знает, какие процессы могут происходить по тем цепям в момент перехода RX-TX. К тому же имеем гальваническую связь с сетью 220В через импульсный БП в DN-600, да ещё и возможно противоположной «полярностью», если для трансивера тоже применяется импульсный БП. Реле K5 RX-TX усилителя ту «полярность» будет переключать при каждом нажатии на педаль. Поэтому – дабы не искушать судьбу – шунтируйте антенный вход на землю ещё до соединения его с СУ. Тем самым вы минимизируете опасность попадания статики в усилитель.

Защиты усилителя на статику **никак не отреагируют** – просто при очередном нажатии на педаль обнаружится, что усилитель не отдаёт положенной мощности. Если будете и дальше жать на педаль и подавать сигнал из трансивера для усиления усилителем – выйдут из строя и остальные транзисторы, от перекоса плеч в ШПУ.

Для тех, кто прочитал всё выше изложенное, но ничего не понял и для тех читателей, которые не могут внимательно прочесть длиннее 3-5 предложений – всё, что выше, только коротко-тезисно:

1. Полевые транзисторы не «держат» статику. Максимальное напряжение для SD2933 125V, для SD2943 130V, для SD4933 200V. Т.е. если в момент перехода RX-TX в антенном гнезде статическое напряжение превысит указанные значения – транзисторы выйдут из строя.
2. Транзисторные усилители должны работать на согласованную нагрузку с КСВ не более 3. Данные из ТТД на транзисторы - максимальный КСВ для SD2933 - 3 , для SD2943 - 3, для SD4933 - 20. Т.е. если предполагается работа с повышенными значениями КСВ – следует применять транзисторы SD4933 – цена вопроса + 120\$.
3. При КСВ более 1 часть выходной мощности возвращается в усилитель, что приводит к перегреву и более напряженной работе элементов в усилителе. Пример – на выходе ШПУ применены резисторы «защиты от дурака» - МЛТ-2 12шт общей мощностью 24Вт. При выходной мощности 600Вт на них рассеивается 20Вт. При большей мощности усилителя и повышенном КСВ увеличивается и мощность, которую рассеивают эти резисторы. Т.е. при использовании «умощнённого» варианта DN-600 при мощностях более 600Вт в SSB и более 400Вт в CW и «цифре» - обязательно применение СУ, при помощи которого исключается появление отражённой мощности.
4. При использовании «умощнённого» варианта DN-600 при мощностях более 600Вт и КСВ более 1 (когда не применяется СУ) элементы ФНЧ испытывают большие перенапряжения. Это приводит к дополнительному нагреву контурных конденсаторов – применяются советские серебро-слюда конденсаторы на напряжения 250В и 500В. Решение вопроса – применение СУ. Как вариант – замена отечественных конденсаторов на импортные, с предельным рабочим напряжением 1000V – цена вопроса + 100\$.
5. Организация правильной коммутации TRX-PA – когда из трансивера сигнал поступает в усилитель только после его перевода в режим TX. В случае срабатывания защиты IN при номинальной мощности - коммутацию следует производить через дополнительные транзисторные ключи, с задержкой перевода трансивера в режим TX.
6. Исключить выбросы повышенной мощности из трансивера в момент перехода RX-TX – защиты усилителя на такие выбросы могут реагировать срабатыванием IN или одновременным срабатыванием IN-OUT.
7. Пункты №5 и №6 проверяются с работой трансивера от педали. Если при переводе трансивера в режим TX от педали с небольшой задержкой (не менее 100мс) появления полезного сигнала, защиты не срабатывают – организовать такую автоматическую задержку.
8. За любые изменения в конструкцию усилителя, вносимые пользователем, производитель не несёт ответственности.
9. В связи с отсутствием пользовательского опыта эксплуатации мощных транзисторных усилителей, все возникающие вопросы решаются по договорённости сторон.

Удачи, Успехов и только положительных эмоций от нашего Хобби! 73! UT2FW