

## Ограничитель звукового сигнала для КВ трансивера



- Диапазон компрессии до 20 дБ
- Высокое качество сигнала
- Минимум нелинейных искажений
- Субъективный выигрыш 1-2 балла RS
- Подключается к любому трансиверу
- Не требует вмешательства в схему трансивера
- Режим «настройка усилителя мощности»
- Напряжение питания ..... 5 – 8 В
- Потребляемый ток ..... 4 МА

Речевой сигнал с микрофона, подаваемый на КВ трансивер, обычно имеет большой пик-фактор, т.е. отношение максимальной амплитуды к средней. Трансивер должен без искажений передавать пики сигнала, соответственно средняя излучаемая мощность передатчика в режиме SSB получается во много раз меньше пиковой. Поэтому для повышения эффективности и дальности связи широко применяют сжатие динамического диапазона речевого сигнала.

Сжать динамический диапазон можно в микрофонном усилителе с системой АРУ. Однако такой НЧ компрессор почти не дает выигрыша, что объясняется инерционностью системы АРУ, подавляющей слабые звуковые колебания, следующие сразу за пиковыми выбросами. Более эффективно НЧ ограничение, однако при этом возникают нечетные гармоники сигнала. Гармоники с частотами выше 3 КГц можно срезать ФНЧ, а гармоники с более низкими частотами неизбежно будут искажать форму сигнала, что приведет к ухудшению разборчивости.

Попытки избавиться от этого недостатка привели к разработке фазовых НЧ ограничителей, в которых за счет различного фазового сдвига на разных частотах звукового диапазона происходит частичная компенсация паразитных составляющих ограниченного сигнала.

Однако наилучшее качество и натуральность звучания обеспечивают ВЧ ограничители, в которых сначала формируется SSB сигнал, который затем ограничивается и еще раз фильтруется SSB фильтром. Гармоники ограниченного сигнала в

этом случае лежат далеко за пределами полосы пропускания второго фильтра. Тем не менее, второй фильтр должен иметь крутые скаты и полосу пропускания не шире 3 КГц, т.к. при передаче сложного звукового спектра возникают комбинационные частоты, которые могут лежать довольно близко или даже попадать в рабочий диапазон.

В самодельных КВ трансиверах такой ВЧ ограничитель обычно встраивается в тракт формирования SSB сигнала. К сожалению, далеко не все фирменные трансиверы имеют в своем составе ограничитель или компрессор звукового сигнала, вмешательство же в схему с целью его введения обычно невозможно.

Остается вариант добавить в схему ограничителя после второго фильтра балансный детектор, который перенесет сформированный и ограниченный SSB сигнал вновь на НЧ. Затем этот НЧ сигнал подается на микрофонный вход трансивера.

Именно по такому принципу и работает предлагаемый ВЧ ограничитель. Он разрабатывался для трансивера Yaesu FT-817ND. От существующих конструкций аналогичного назначения он отличается низким напряжением питания 5 В и малым потребляемым током – всего 4 МА. Компрессия может достигать 20 дБ.

Ограничитель можно использовать и с другими трансиверами, в которых на микрофонном разъеме присутствует напряжение 5...8 В. Максимально допустимое напряжение питания 9 В.

Принципиальная схема компрессора показана на рис.1. Входной сигнал с микрофона через регулятор уровня R3, который определяет уровень ком-

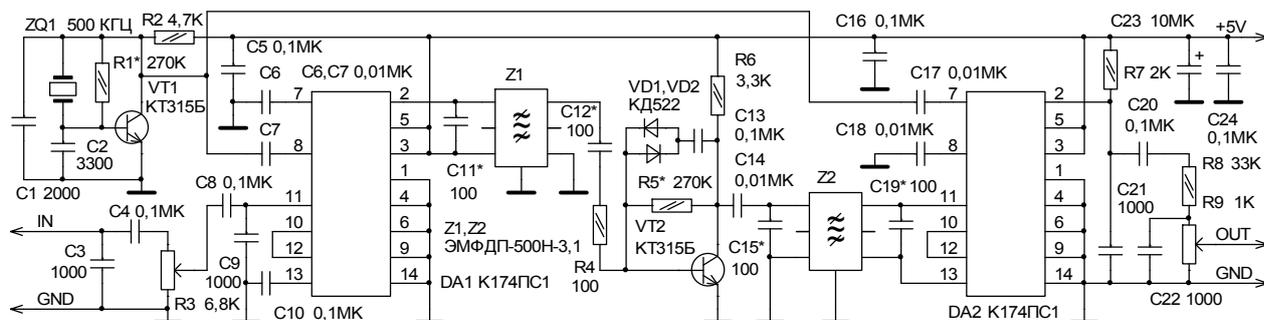


Рис.1 Принципиальная схема ограничителя

прессии, подается на балансный модулятор, собранный на DA1 K174ПС1. На его второй вход подается опорное напряжение 500 КГц с генератора на транзисторе VT1. Из DSB сигнала электромеханический фильтр Z1 выделяет одну боковую полосу. Полученный SSB сигнал усиливается и ограничивается каскадом на транзисторе VT2 и диодах VD1, VD2, затем подается на второй ЭМФ Z2.

После фильтра SSB сигнал подается на балансный детектор DA2 типа K174ПС1, опорный сигнал 500 КГц для которого также подается с каскада на VT1. С выхода DA2 сформированный и ограниченный НЧ сигнал поступает на регулятор уровня R9, с которого подается на микрофонный вход трансивера.

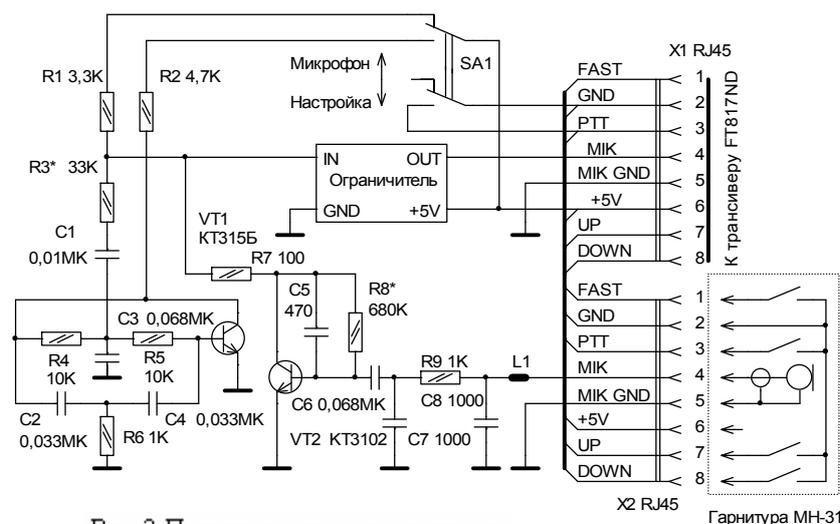


Рис. 2 Подключение к трансиверу

Подключение штатной гарнитуры МН-31 трансивера к ограничителю показано на рис. 2. В гарнитуре использован динамический микрофон, уровень сигнала с которого недостаточен для обеспечения необходимой компрессии. Поэтому в схему добавлен микрофонный усилитель на VT2 (рис. 2). Фильтр C7, C8, R9, L1 защищает вход от ВЧ наводок на микрофонный кабель.

На VT1 собран генератор звукового сигнала 1000 Гц, который предназначен для передачи сигнала несущей. Дело в том, что почти во всех фирменных трансиверах в режиме SSB почему-то не предусматривается режим настройки, при котором на выход должен подаваться сигнал несущей полной амплитуды. Это необходимо для настройки антенного тюнера или усилителя мощности, который может быть подключен к трансиверу. Приходится для настройки переводить трансивер в режим АМ или ЧМ, а это очень неудобно.

Режим настройки включается переводом переключателя SA1 в нижнее по схеме положение. При этом напряжение питания снимается с микрофонного усилителя и подается на генератор 1000 Гц. Вторая контактная группа SA1, подключенная па-

раллельно кнопке РТТ, переводит трансивер в режим передачи.

Собственно ограничитель собран на печатной плате размерами 107x48 мм, ее чертеж показан на рис. 3. Микрофонный усилитель и генератор 1000 Гц собраны на отдельной плате размерами 40x20 мм, показанной на рис. 4. Такое решение позволит легко вносить в конструкцию изменения под конкретные нужды радиолюбителя. Например, смонтировать микрофонный усилитель в корпусе гарнитуры, изменить его схему для возможности работы с электретным микрофоном. Если в генераторе несущей нет необходимости, каскад на VT1 и переключатель SA1 (рис. 2) можно исключить из схемы.

Все постоянные резисторы, кроме R3 на плате микрофонного усилителя и неполярные конденсаторы в корпусах для поверхностного монтажа типовых размеров 1206 или 0805. Остальные элементы обычные, для монтажа в отверстия. Кварцевый резонатор ZQ1 на частоту 500 КГц, допустимое отклонение не более +/-50 Гц. Электромеханические фильтры Z1 и Z2 могут быть с шириной полосы пропускания около 3 КГц как с нижней, так и с верхней боковой полосой, но обязательно однотипные. Предпочтительны фильтры с нижней боковой полосой от промышленных радиостанций выпуска 60-х...80-х годов прошлого века, т.к. они проходили отбор по неравномерности и затуханию в полосе пропускания, чего нельзя сказать о фильтрах, продаваемых в магазинах.

Плата разработана под фильтры типов ЭМФДП-500Н-3,1 в прямоугольном корпусе. При использовании фильтров других типов потребуется небольшая коррекция печатных проводников. Индуктивность L1 на входе микрофонного усилителя – это ферритовая трубочка, надетая на провод вблизи разъема для подключения микрофона.

К сожалению, об этом устройстве нельзя сказать, что оно не требует налаживания. После монтажа всех элементов на плате, кроме кварца ZQ1, нужно выставить напряжение на коллекторах транзисторов VT1 и VT2 ограничителя около половины напряжения питания, т.е. 2,5...3 В подбором номинала резисторов R1 и R5 соответственно. После этого монтируется кварц и контролируется частота генерации на коллекторе VT1 с помощью частотомера.

Если она отличается более, чем на +/- 50 Гц от 500 КГц, придется искать другой кварц. Устойчивого запуска генератора с амплитудой 0,3...0,5 В на коллекторе VT1 добиваются подбором номиналов C1 и C2 в пределах 1000...5000 ПФ. Амплитуду можно контролировать простым ВЧ пробником на германиевом диоде, подключенном к мультиметру.

Можно порекомендовать предварительно собрать кварцевый генератор на макетной плате навесным монтажом, убедиться, что кварц устойчиво возбуждается на нужной частоте, подобрать номиналы R1, C1 и C2, а уже после этого монтировать все его элементы на плате. Устанавливать амплитуду выходного сигнала более 0,5...0,6 В не следует, т.к. это приведет к перегрузке смесителей DA1 и DA2.

Перед монтажом электромеханических фильтров желательно проверить их работоспособность и снять частотную характеристику. Особенно, если используются фильтры, выпущенные много лет назад с неизвестной историей. Ведь для того, чтобы полностью вывести ЭМФ из строя, достаточно уронить его на пол.

После настройки кварцевого генератора нужно настроить в резонанс обмотки электромеханиче-

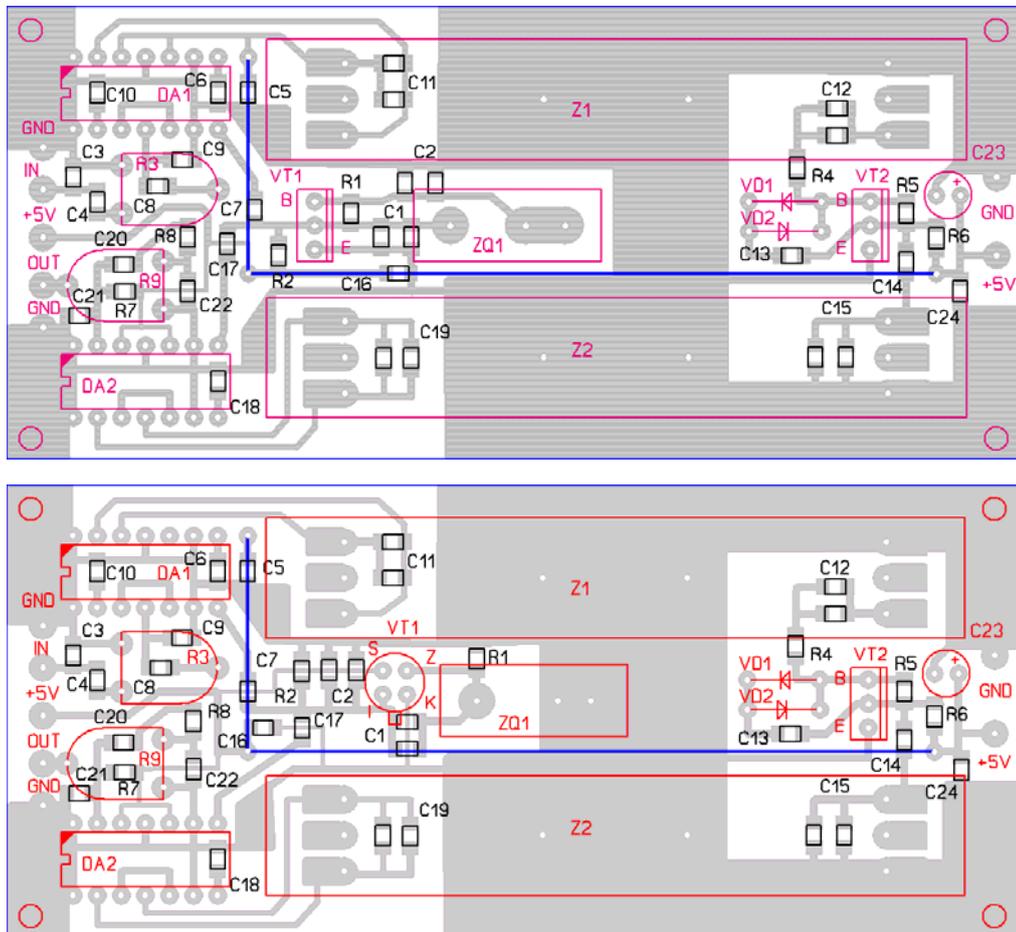


Рис. 3 Варианты печатной платы ограничителя для генератора на биполярном и полевом транзисторах. Вид со стороны монтажа

Для малоактивных кварцев можно собрать генератор на полевом транзисторе по схеме, показанной на рис. 5. Полевой транзистор VT1 может быть с буквенным индексом А, Б, В, Ж или И. Амплитуда напряжения 0,3... 0,5 В на истоке также подбирается изменением номиналов C1 и C2. Варианты печатной платы ограничителя в формате Sprint Layout разработаны как для генератора на биполярном транзисторе, так и на полевом.

ских фильтров. Наиболее критична эта настройка для первого фильтра Z1. Для настройки на вход ограничителя нужно со звукового генератора подать синусоидальный сигнал частотой около 1000 Гц и амплитудой несколько милливольт.

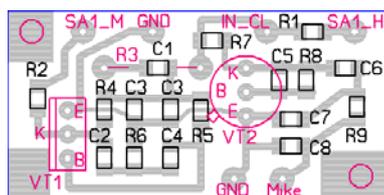


Рис.4 Печатная плата микрофонного усилителя и генератора 1000 Гц. Вид со стороны монтажа

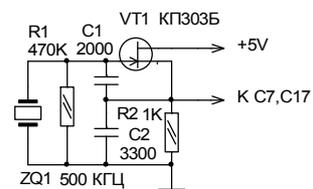


Рис.5 Схема кварцевого генератора на полевом транзисторе

Подключив ВЧ пробник к коллектору VT2, контролируем амплитуду сигнала. Она не должна достигать уровня ограничения, т.е. должна быть менее 0,5 В. Изменяя номинал C11, а затем C12 добива-

емся максимальной амплитуды сигнала на коллекторе VT1. По мере настройки следует уменьшать амплитуду входного сигнала.

На плате предусмотрено 2 места для каждого из конденсаторов C11, C12, что облегчает подбор нужной емкости. Удобно вначале вообще не запаивать эти конденсаторы, а подключить навесным монтажом параллельно обмотке ЭМФ переменный конденсатор емкостью 150...200 пФ. После настройки нужно измерить его емкость и запаить нужный номинал на плату.

Аналогично настраивается и Z2, только контролируется амплитуда НЧ сигнала на выходе ограничителя. Настройка Z2 менее острая, т.к. его обмотки шунтируются низким выходным сопротивлением каскада на VT2 и входным сопротивлением DA2. НЧ сигнал лучше смотреть осциллографом, временно запаяв параллельно R8 выводной резистор номиналом 1 К и установив R9 в верхнее по схеме положение для повышения амплитуды сигнала на выходе.

После настройки можно оценить полосу пропускания, неравномерность частотной характеристики и динамический диапазон ограничителя. Для оценки полосы пропускания и неравномерности частотной характеристики частота сигнала на входе изменяется в пределах 100...5000 Гц и наблюдается сигнал на выходе. Амплитуда входного сигнала должна быть минимальной и не достигать порога ограничения.

Для оценки динамического диапазона выставляем частоту синусоидального сигнала на входе 350...400 Гц и плавно увеличиваем его амплитуду от нуля до порога ограничения. Запоминаем амплитуду на входе, соответствующую началу ограничения и далее увеличиваем сигнал до начала появления видимых искажений синусоиды. Это максимально допустимый входной сигнал, при котором ограничение начинается уже в модуляторе DA1, до первого ЭМФ. Отношение этих двух значений должно быть около 10 раз, что соответствует диапазону компрессии 20 дБ.

Если такого диапазона компрессии достичь не удастся из-за больших потерь в ЭМФ Z1, можно попробовать увеличить номинал R6 до 10 кОм и заменить VT2 на KT3102.

Настройка микрофонного усилителя заключается в подборе номинала R8 (рис. 2) для установки на коллекторе VT2 напряжения около половины питания – 2,5...3 В.

В заключение настройки нужно установить необходимую степень компрессии. Для этого к входу микрофонного усилителя подключается микрофон, с которым предполагается работа, а сигнал с выхода ограничителя подается на вход звуковой карты компьютера. Произнося фразы в микрофон при различных положениях движка R3 (рис. 1) следует

сделать несколько аудиозаписей. После их прослушивания выбирается наилучший компромисс качество/компрессия и выставляется в соответствующее положение движок R3.

После этого платы необходимо поместить в экранированный корпус и подключить ограничитель к трансиверу. Снаружи корпус должен быть изолирован, недопустим его электрический контакт с чем либо, кроме корпуса трансивера. Удобно спаять корпус из фольгированного с одной стороны гетинакса или текстолита.

Длина кабеля до микрофонного входа трансивера должна быть минимальной, а с обоих концов на него нужно надеть ферритовые трубочки (защелки). Провод, по которому передается сигнал с выхода ограничителя на вход микрофона трансивера, должен быть экранированным.

Резистор, ранее припаянный параллельно R8 теперь нужно удалить. Вращая R9 нужно установить на микрофонном входе трансивера такую же амплитуду сигнала, как и при непосредственном, без компрессора, подключении микрофона. Ориентироваться можно по индикатору ALC трансивера. Лучше это делать при работе на эквивалент антенны. При необходимости изменяют номинал R8.

Ну и, наконец, подбирают уровень сигнала в режиме настройки. Это делается изменением номинала R3 (рис. 2). Для удобства этот резистор смонтирован на штырьках. Ориентироваться можно опять же по индикатору ALC трансивера. Особой точности тут не требуется, т.к. сигнал несущей не превышает уровень ограничения.

Теперь можно выходить в эфир и, при необходимости, по отзывам корреспондентов, уточнить положение движка R3, которое определяет уровень компрессии.

Выигрыш от компрессии может достигать 1-2 балла. По субъективной оценке, если без компрессора корреспондент с трудом разбирает отдельные слова на уровне шумов, то с этим компрессором он уверенно принимает всю информацию.

**Чертежи печатных плат в формате Sprint Layout для этой конструкции можно загрузить с сайта автора по адресам:**

<http://ra4nal.qrz.ru>

<http://ra4nal.lanstek.ru>

**Разработка 2011 г.**

**Коммерческое использование с согласия автора. Перепечатка со ссылкой на первоисточник.**