

ПОЛОСОВОЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ НА 1290...1305 МГЦ

Александр Титов

Домашний адрес: 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 46, кв. 28.

Тел. (382-2) 51-65-05, E-mail: titov_aa@rk.tusur.ru

(Схемотехника. – 2006. – № 4. – С. 44–46)

В последние годы радиолюбители начинают осваивать диапазон частот 1260...1300 МГц. Однако публикации посвященные усилителям мощности этого диапазона очень немногочисленны и не содержат описаний особенностей их изготовления и настройки. Как показано в [1] антенны диапазона частот выше 1 ГГц обладают большим коэффициентом усиления и поэтому для работы в рассматриваемом диапазоне достаточно иметь усилитель с выходной мощностью около 3 Вт. Описанию такого усилителя и посвящена данная статья.

Технические характеристики усилителя:

- полоса рабочих частот – 1290...1305 МГц;
- максимальный уровень выходной мощности – 3,8...4,1 Вт;
- коэффициент усиления при выходной мощности не более 1 Вт – $30 \pm 1,5$ дБ;
- сопротивление генератора и нагрузки – 50 Ом;
- потребляемый ток в режиме максимальной выходной мощности – 1,45 А;
- напряжение питания – 17...30 В;
- время установления работоспособности усилителя с момента прихода управляющего синхроимпульса, не более – 30 мкс;
- габаритные размеры корпуса усилителя – 103·65·30 мм.

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 1, на рис. 2 дан чертеж печатной платы, на рис. 3 показано расположение элементов, а на рис. 4 представлена фотография внешнего вида усилителя.

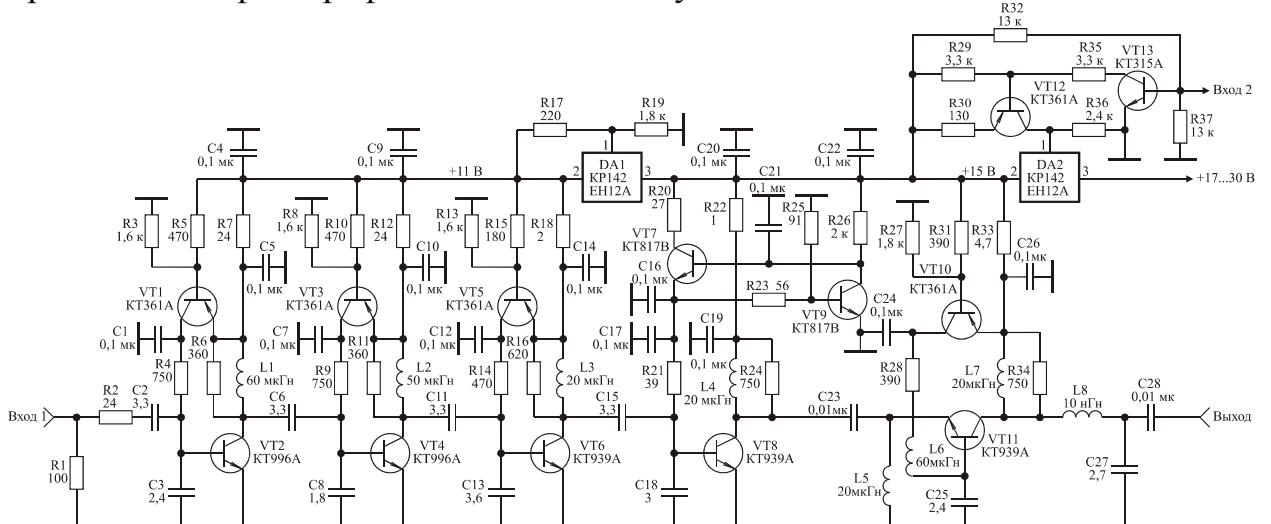


Рис. 1

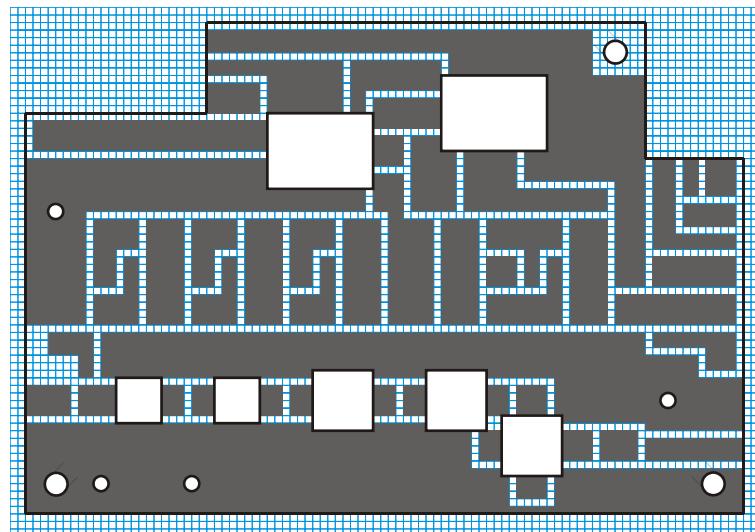


Рис. 2

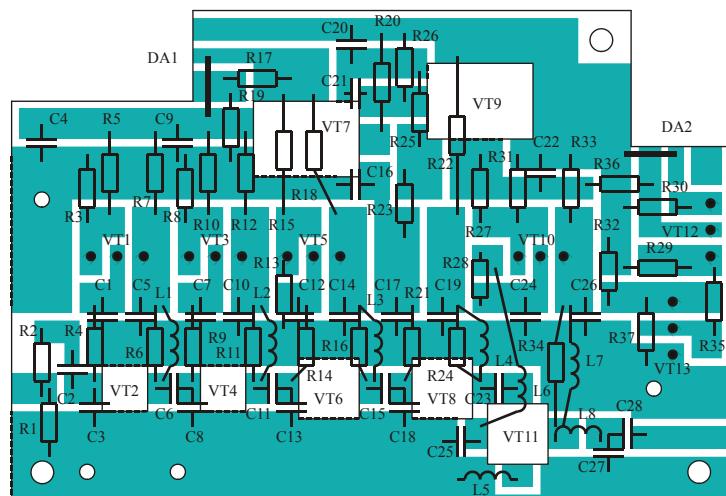


Рис. 3

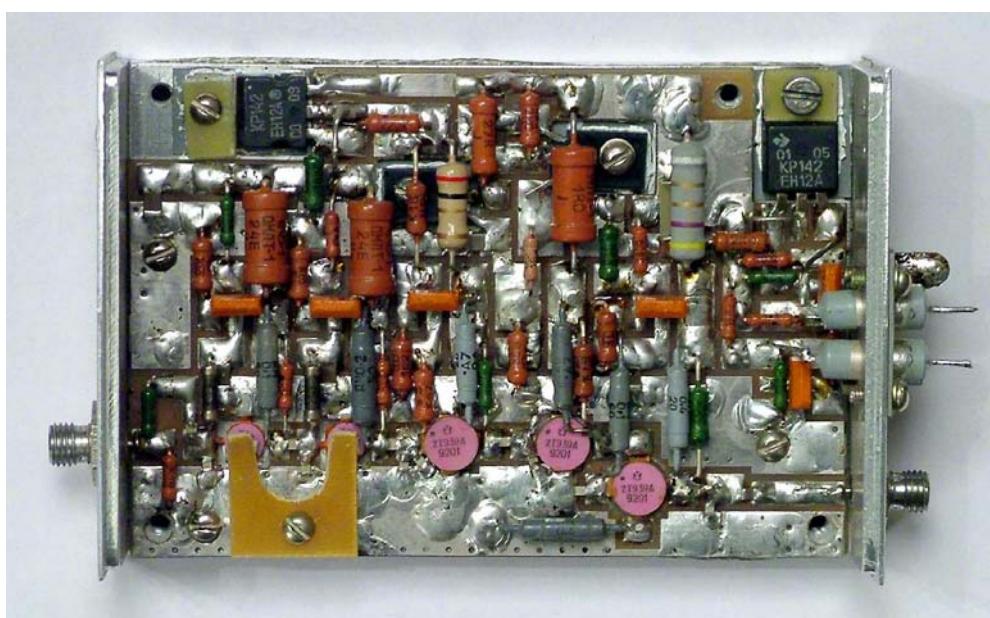


Рис. 4

Рассматриваемый усилитель является модификацией схемных решений усилителей описанных в [2, 3], прост в изготовлении и настройке и позволяет осуществлять управление его работой с помощью компьютера, благодаря по-даче управляющих синхроимпульсов положительной полярности и амплитудой 1 В на **Вход 2** (см. рис. 1). Это дает возможность значительно повысить средний коэффициент полезного действия усилителя при усилении сигналов с большой скважностью.

Усилитель содержит три каскада на транзисторах VT2, VT4, VT6, включенных по схеме с общим эмиттером, и выходной каскад со сложением напряжений на транзисторах VT8 и VT11.

Все транзисторы усилителя, кроме транзистора VT8, работают в режиме класса А с фиксированной рабочей точкой и токами покоя VT2, VT4, VT6, VT11 равными: 0,14; 0,14; 0,35; 0,32 А соответственно. Стабилизация токов покоя достигается благодаря применению схемы активной коллекторной термостабилизации [4]. Токи покоя, при этом, устанавливаются подбором номиналов резисторов R5, R10, R15, R31. Уменьшение указанных резисторов приводит к уменьшению токов покоя и наоборот.

Как правило, транзисторы полосовых усилителей мощности работают в режиме с отсечкой коллекторного тока, что позволяет реализовать более высокий коэффициент полезного действия усилителя при большей выходной мощности [5]. Однако в рассматриваемом усилителе использование во всех каскадах режима работы с отсечкой неприемлемо по следующей причине. Средний коэффициент усиления каждого каскада усилителя равен 7...9 дБ. При переходе к режиму работы с отсечкой коэффициент усиления каскада уменьшается примерно на 6 дБ, поскольку одна из усиливаемых полуволн отсекается. В этом случае средний коэффициент усиления каждого каскада оказывается равным 1...3 дБ и для реализации коэффициента усиления усилителя 30 дБ потребуется 10...15 усилительных каскадов.

Выходной каскад выполнен по схеме со сложением напряжений и обеспечивает сложение в нагрузке сигнальных напряжений, отдаваемых транзисторами VT8 и VT11 [6]. При сборке усилителя следует минимизировать длину цепи, связывающей коллектор транзистора VT8 с эмиттером транзистора VT11. Это обусловлено тем, что наличие индуктивной составляющей указанной цепи приводит к неполному сложению сигнальных напряжений, отдаваемых транзисторами. Транзистор выходного каскада VT8 работает в режиме с отсечкой. Стабилизацию угла отсечки тока коллектора VT8 при изменении уровня усиливаемого сигнала и температуры основания усилителя обеспечивает стабилизатор напряжения базового смещения на транзисторах VT7, VT9 [3]. Требуемый угол отсечки устанавливается подбором номинала резистора R25. При отсутствии резистора R25 коллекторный ток VT8 составляет 5...20 мА. При подключении R25 напряжение на базе транзистора VT9 уменьшается и его выходное сопротивление по постоянному току растет, что приводит к увеличению смещения на базе транзистора VT8 и увеличению его

коллекторного тока. Транзистор VT8 может быть переведен в режим работы класса А с использованием схемы активной коллекторной термостабилизации. В этом случае коэффициент усиления усилителя возрастает до 35...36 дБ, однако максимальное значение его выходной мощности уменьшается до величины 2,5...2,8 Вт.

Следует иметь в виду, что перевод транзистора VT11 в режим работы с отсечкой коллекторного тока не позволяет повысить максимальное значение выходной мощности усилителя. Это обусловлено потерей, в этом случае, половины мощности отдаваемой транзистором VT8.

Во всех каскадах усилителя использованы реактивные межкаскадные корректирующие цепи третьего порядка [7], где в качестве одного из элементов корректирующей цепи используется индуктивная составляющая входного сопротивления транзистора.

При работе усилителя в режиме управления синхроимпульсами положительной полярности, подаваемыми на **Вход 2**, резистор R32 удаляется из схемы. Поэтому в исходном состоянии транзистор VT12 будет закрыт и напряжение на выходе микросхемы DA2 не превышает величины 1,5 В, а ток, потребляемый усилителем равен нулю. При подаче сигнала управления транзистор VT12 входит в насыщение и на выходе микросхемы DA2 устанавливается напряжение равное 15 В. В случае использования усилителя для усиления непрерывных сигналов микросхема DA2 может быть удалена из схемы.

Печатная плата (рис. 2) размером 95×65 мм изготавливается из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 2...2,5 мм. Пунктирными линиями на рис. 3 обозначены места металлизации торцов, что может быть сделано с помощью металлической фольги, которая припаивается к нижней и верхней части платы. Металлизация необходима для устранения паразитных резонансов и заземления нужных участков печатной платы.

Основание усилителя выполнено из дюралюминия толщиной 10 мм и при длительной его эксплуатации устанавливается на небольшой радиатор.

Все транзисторы усилителя крепятся к основанию с использованием теплопроводящей пасты. Для улучшения теплового контакта транзисторов VT2 и VT4 с основанием усилителя они прижаты к основанию стеклотекстолитовой пластиной (см. рис. 4).

В высокочастотном тракте усилителя использованы безиндуктивные конденсаторы типа К10-42, в цепях фильтрации – типа К10-17.

Настройка усилителя состоит из следующих этапов.

Вначале, для имитации сигнала управления, база транзистора VT13 через резистор R32 подключается ко второй ножке микросхемы DA2. Подбором номинала резистора R30 напряжение на выходе микросхемы DA2 устанавливается равным 15 В, а подбором номинала резистора R17 устанавливается напряжение на выходе микросхемы DA1, равное 11 В. С помощью резисторов R5, R10, R15, R31, устанавливаются токи покоя транзисторов VT2, VT4, VT6, VT11. Ток покоя транзистора VT8, с помощью резистора R25, устанавливается равным 0,08...0,1 А, что позволяет осуществлять формирова-

ние амплитудно-частотной характеристики усилителя при его работе в режиме малого сигнала.

Затем в схему впаиваются конденсаторы С2, С6, С11, С15, С23, С28, а индуктивность L8 заменяется полоском луженой фольги. При включении усилителя его амплитудно-частотная характеристика в режиме малого сигнала будет равномерно нарастать до частот 1500...2000 МГц с дальнейшим медленным спадом. С помощью последовательного подключения конденсаторов С3, С8, С13, С18 следует каждый раз добиваться максимума амплитудно-частотной характеристики на частотах 1290...1300 МГц.

Теперь необходимо выпаять резистор R25, то есть, перевести транзистор VT8 в режим работы с отсечкой. В этом случае максимальное значение выходной мощности усилителя не превышает 0,5...1 Вт. Впаивая индуктивность L8, и осуществляя одновременное изменение номиналов конденсаторов С25 и С27, следует настроить усилитель на максимум выходной мощности, который лежит в пределах 3,8...4,1 Вт. В этом режиме ток, потребляемый транзистором VT8, составляет 0,4...0,6 А. Необходимость одновременного варьирования номиналами конденсаторов С25 и С27 обусловлена следующим. Элементы схемы L8 и С27 формируют трансформатор сопротивлений [8]. При изменении номинала конденсатора С27 изменяется коэффициент трансформации, что приводит к изменению коэффициента усиления по напряжению транзистора VT11. В рассматриваемом усилителе каскад со сложением напряжений будет отдавать в нагрузку максимальную мощность, если коэффициент усиления по напряжению транзистора VT11 будет равен 1,5...1,7 раза. Поэтому, изменяя номинал конденсатора С27, следует одновременно изменением номинала конденсатора С25 устанавливать оптимальное значение коэффициента усиления по напряжению транзистора VT11.

И, наконец, варьируя токами покоя транзисторов усилителя можно найти такие их значения, при которых усилитель отдает в нагрузку заданную мощность при минимальной мощности, потребляемой от источника питания.

Усилитель несложно перестроить на любой из поддиапазонов с полосой пропускания 5...20 МГц в области частот 100...1300 МГц. Перерасчет элементов высокочастотного тракта на требуемую рабочую частоту ориентировочно можно произвести по формулам:

$$L_i' = (1300 \cdot L_i) / f_0 [\text{МГц}]; C_i' = (1300 \cdot C_i) / f_0 [\text{МГц}];$$

где $f_0 [\text{МГц}]$ – требуемая рабочая частота в мегагерцах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Г.А. Тяпичев. Как построить трансивер. – М.: ДМК-пресс, 2005. – 432 с.
2. А.А. Титов. Широкополосный усилитель мощности с управляемым питанием // Радиолюбитель. – 2006. – № 1. – С. 48–50.
3. А.А. Титов. Расчет полосовых усилителей мощности УКВ диапазона // Радио. – 2005. – № 5. – С. 64–66.

4. А.А. Титов. Расчет схемы активной коллекторной термостабилизации и её использование в усилителях с автоматической регулировкой потребляемого тока // Электронная техника. Сер. СВЧ-техника. – 2001. – № 2. – С. 26–30.
5. Проектирование радиопередатчиков / В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2000. – 656 с.
6. А.А. Титов. Широкополосный усилитель мощности с защитой от перегрузки // Схемотехника. – 2005. – № 7. – С. 18–20.
7. А.А. Титов. Синтез параметров корректирующей цепи третьего порядка узкополосной усилительной ступени // Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника. – 2003. – № 12. – С. 29 – 35.
8. А.Е. Знаменский. Таблицы для расчета трансформаторов сопротивлений в виде фильтров низких частот. // Техника средств связи. Сер. Техника радиосвязи. – 1985. – № 1. – С. 99–110.