

УСИЛИТЕЛЬ X-ДИАПАЗОНА С ИМПУЛЬСНОЙ МОЩНОСТЬЮ 75 Вт

Баранов А. В.

ООО «Эльдорадо»

ул. Ларина 7, г. Нижний Новгород, 603107, Россия

тел.: 831-4664482, e-mail: eldorado@sandy

Аннотация – Представлены результаты разработки твердотельного усилителя с выходной радиоимпульсной мощностью 70-80 Вт в полосе рабочих частот 8,4-8,7 ГГц. Приведены основные технические характеристики разработанного усилителя повышенной мощности.

I. Введение

В последние годы интерес к твердотельным СВЧ усилителям повышенной импульсной мощности стремительно возрастает [1-3]. Вместе с тем, в X-диапазоне мощные СВЧ транзисторы, специально предназначенные для работы в импульсных режимах, производителями не предлагаются. Практически все транзисторы этого диапазона рекламируются для работы в режимах непрерывного сигнала и имеют значительные токи покоя [4,5]. Применение таких СВЧ транзисторов для усиления импульсных сигналов приводит к избыточному тепловыделению и высоким уровням шумов в паузе между импульсами. А реализация импульсного режима при помощи модулятора в цепи питания стока СВЧ транзисторов [1,2] возможна, если их переключаемые токи незначительны. Используя рекомендации [3], здесь разработан импульсный усилитель повышенной мощности X-диапазона, в котором эти недостатки устранены.

II. Основная часть

В работе предлагаются результаты разработки радиоимпульсного усилителя с выходной мощностью 70-80 Вт и полосой рабочих частот 8,4-8,7 ГГц. Блок-схема этого усилителя изображена на Рис. 1. Усилитель мощности (УМ) содержит шесть каскадов усиления (У1)...(У6), встроенный блок питания (ВБП), модулятор (М), входной и выходной ферритовые вентили (В), делитель мощности со слабой связью (Д), фильтр гармоник (ФГ), схему управления, схему контроля выходной мощности и схему защиты УМ по длительности, скважности и от перегрева по температуре. Усилитель обеспечивает усиление входного

непрерывного СВЧ сигнала, формирование требуемых параметров выходного радиоимпульса, а также прием входного управляющего сигнала ($U_{УПР}$) TTL-уровня. Кроме того, усилитель выдает контрольный СВЧ сигнал (Контр. выход) и контрольные телеметрические сигналы TTL-уровня – сигналы защиты УМ по длительности (U_T), по скважности (U_Q), от перегрева по температуре (U_T), сигнал контроля выходной мощности ($U_{РВЫХ}$) и сигнал подтверждения включения ВБП ($U_{БП}$), которые характеризуют состояние УМ.

Схема управления содержит набор драйверов, которые формируют сигналы управления, необходимые для работы модулятора и всех усилительных каскадов. Если входной сигнал $U_{УПР}$ не подается, то схема управления выдает команду запрета для работы модулятора и всех каскадов усиления. Для обеспечения импульсного режима здесь используются следующие приемы. В первую очередь, использован модулятор, выполненный на ключе типа HMC232LP4 (Hittite Microwave Corporation), который обладает высокой скоростью переключения и в выключенном состоянии развязки между входом и выходом $- (40...45)$ дБ в рассматриваемом диапазоне частот. Кроме того, рабочие напряжения на затворах первых двух усилительных каскадов У1 и У2, выполненных на транзисторах типа ЗП608А-5 и ЗП976А-5, устанавливаются близкими к напряжениям отсечки. В результате эти каскады работают в классе В-С, а развязка увеличивается дополнительно на -20 дБ. Более того, рабочие напряжения на затворы остальных усилительных каскадов У3...У6, подаются также только на время действия входного радиоимпульса. При таких напряжениях на затворах все каскады работают в классе А-В. Каскады У3...У5 выполнены на транзисторах типа TIM8596-4, TIM8596-15 и TIM7785-45SL, а усилительный каскад У6 представляет собой двухканальное устройство на транзисторах типа TIM7785-60SL.

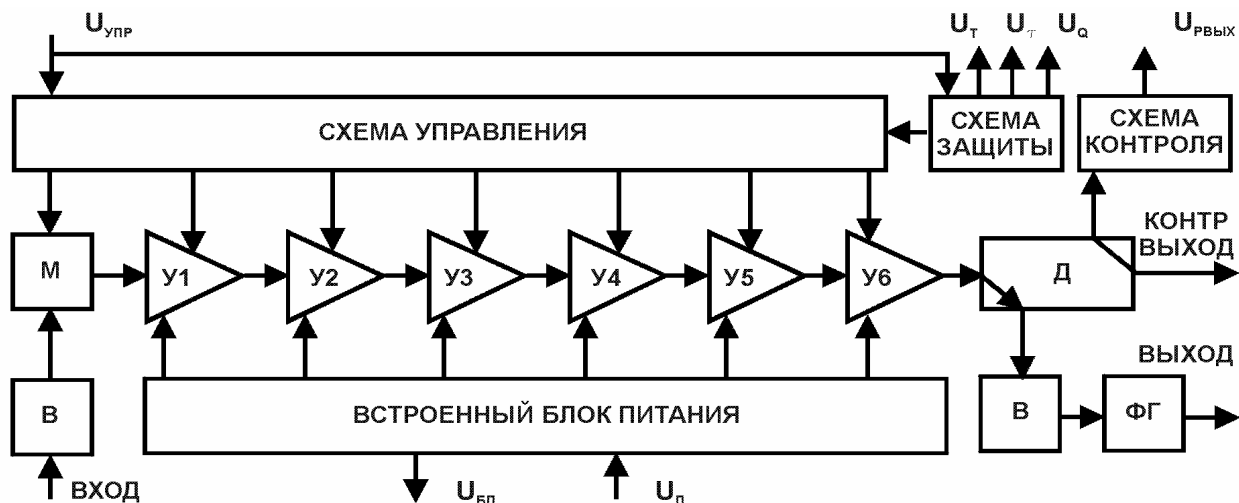


Рис. 1. Блок-схема импульсного усилителя мощности X-диапазона.

Fig. 1. X-band pulse power amplifier block diagram

В моменты отсутствия радиоимпульса все каскады полностью запираются при помощи подачи на затворы отрицательных смещений, при которых токи транзисторов близки к нулю. Тогда в каждом каскаде развязка между входом и выходом дополнительно увеличивается в среднем на -10 дБ.

В усилителе предусмотрена 100% защита от любого рассогласования по выходу. А схема защиты УМ по длительности, скважности и от перегрева по температуре обеспечивает полное выключение усилителя в случаях, если длительность импульса больше, а скважность меньше допустимых. Кроме того, она отключает усилитель, если температура его корпуса превышает установленную. Тогда U_T , U_T , U_Q принимают значения, соответствующие нулевым TTL-уровням, а схема управления выдает команду запрета для работы модулятора и всех каскадов усиления. Для оценки уровня выходной мощности в УМ используется схема контроля мощности. Если уровень выходной мощности по какой-либо причине ниже допустимого, то $U_{РВЫХ}$ соответствует нулевому TTL-уровню. Однако в этом случае УМ не отключается.

Для достижения низких уровней гармонических составляющих выходного сигнала в усилителе использованы фильтр гармоник ФГ, полосовые ферритовые вентили и частотно-избирательные усиительные каскады У1...У6.

Основные технические характеристики разработанного усилителя приведены в Таблице 1. Его конструкция показана на Рис. 2.

Табл. 1. Основные характеристики импульсного усилителя мощности X-диапазона

Table 1. X-band pulse power amplifier characteristics

Характеристики усилителя	Значение
Полоса рабочих частот, ГГц	8,4-8,7
Входная мощность, мВт	20-30
Выходная импульсная мощность, Вт	70...80
Длительность выходного радиоимпульса τ , мкс	5...60
Минимальная скважность Q	20
Длительности переднего / заднего фронтов радиоимпульсов, нс	100 / 40
Уровень шума в паузе между импульсами, Вт/Гц	$\leq 2 \times 10^{-20}$
Относительный уровень гармоник, дБ	≤ -60
КСВН входа/выходов в 50 Омном тракте	$\leq 1,5$
Напряжение питания $U_{п}$, В	$\pm (24-30)$
Ток покоя при $U_{п} = \pm 27$ В, мА	235
Ток покоя при подаче сигнала управления при $\tau = 20$ мкс, $Q = 20$ и $U_{п} = \pm 27$ В, мА	580
Суммарный ток потребления при $P_{вых} = 75$ Вт, $\tau = 20$ мкс, $Q = 20$ и $U_{п} = \pm 27$ В, А	1,1-1,3
КПД, %	10-15
Диапазон рабочих температур, °С	-20...+60
Габариты, мм ³	310x165x40
Вес, кг	4.1

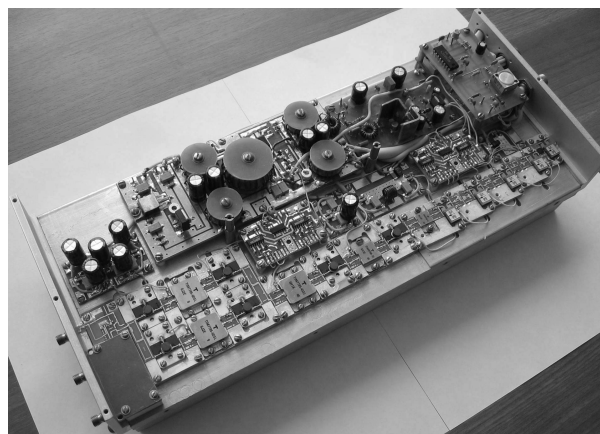


Рис. 2. Фотография импульсного усилителя мощности X-диапазона.

Fig. 2. X-band pulse power amplifier

III. Заключение

Таким образом, дополнительное управление СВЧ транзисторов по затворам позволяет уменьшить токи этих транзисторов, по крайней мере, в Q раз по сравнению с рекомендуемыми для них рабочими токами. Это значительно уменьшает тепловыделение усилителя в целом. Кроме того, дополнительное стробирование выходного импульсного сигнала увеличивает развязку между входом и выходом усилителя, что приводит к уменьшению уровня шума в паузах между импульсами. В результате при скважности $Q = 20$ потребляемый ток разработанного усилителя X-диапазона не превышает 1,3 А при уровне выходной мощности 75 Вт и напряжении питания ± 27 В, а его уровень шума в паузе между импульсами, близок к шумам 50-Омного тракта.

IV. Список литературы

- [1] Бабинцев Д. В., Королев А. Н., Красник В. А. и др. Мощный твердотельный импульсный усилитель двухсантиметрового диапазона. Радиотехника, 2007, 3, с. 41,42.
- [2] Васильев Я. О., Манченко Л. В., Пчелкин В. А., Трегубов В. Б. Усилители мощности для АФАР X-диапазона в ГИС исполнении. В кн.: 17-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Материалы конференции [Севастополь, 10-14 сент. 2007 г.]. Севастополь: Вебер, 2007, с. 52,53.
- [3] Баранов А. В. Импульсные УКВ-СВЧ усилители большой мощности. В кн.: 17-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Материалы конференции [Севастополь, 10-14 сент. 2007 г.]. Севастополь: Вебер, 2007, с. 54,55.
- [4] Internally matched high power GaAs FETs www.us.eudyna.com
- [5] C and X-band internally matched high power GaAs FETs www.toshiba.com

X-BAND HIGH PULSE POWER AMPLIFIER

Baranov A. V.

Limited Liability Company «Eldorado»
Nizhny Novgorod, 603107, Russia

Ph.: 831-4664482, e-mail: eldorado@sandy.ru

Abstract – The results of X-band high pulse power amplifier design are presented. The amplifier supplies a 70 - 80 W peak pulse power and operates with instantaneous bandwidths of 8.4 - 8.7 GHz.