

И. В. ЯКОВЛЕВ, Ю. А. ДЕМЬЯНЕНКО, В. А. САНКИН,
Н. М. ЧИЖМА

Украина, г. Киев, Научно-производственное предприятие "Сатурн"
E-mail: Lab132@ukr.net

Дата поступления в редакцию
24.10 2006 г.

Оппонент к. ф.-м. н. С. Д. ВОТОРОПИН
(НИИПП, г. Томск)

ВХОДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЛС С ЗАЩИТОЙ ОТ МОЩНОГО СИГНАЛА

Приведены результаты разработки маломощного усилителя диапазона частот 7,525...8,025 ГГц с защитой от мощного сигнала синхронной и несинхронной помехи с непрерывной мощностью до 7 Вт.

К входным устройствам радиолокационных станций (РЛС) предъявляются противоречивые требования — минимальный коэффициент шума и устойчивость к сигналу высокого уровня мощности. Поступление сигнала высокого уровня мощности на вход приемного устройства вызвано работой передатчика и приемника РЛС на общий антенно-фидерный тракт, т. е. возможно просачивание сигнала передатчика на вход приемника. Уровень просачивающегося импульсного сигнала может составлять десятки и даже сотни ватт. Это обстоятельство обуславливает необходимость использования защитного устройства (ограничителя), что в свою очередь увеличивает входные потери маломощного усилителя и суммарный коэффициент шума входного устройства.

Ниже приведены результаты разработки входного устройства для РЛС (маломощный усилитель с защитой — МШУЗ) диапазона частот 7,525...8,025 ГГц с защитой от мощного сигнала, эквивалентного непрерывной мощности 7 Вт.

Общий вид МШУЗ со снятой верхней крышкой приведен на рис. 1. Как видно из рисунка, в состав МШУЗ входят ограничитель, двухкаскадный маломощный усилитель и выключатель.

Ограничитель выполнен по балансной схеме на подложке из поликора толщиной 0,5 мм. Электрическая схема ограничителя приведена на рис. 2.

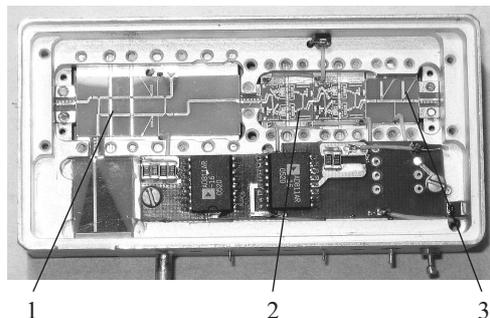


Рис.1. Общий вид маломощного усилителя с защитой:
1 — ограничитель; 2 — двухкаскадный маломощный усилитель;
3 — выключатель

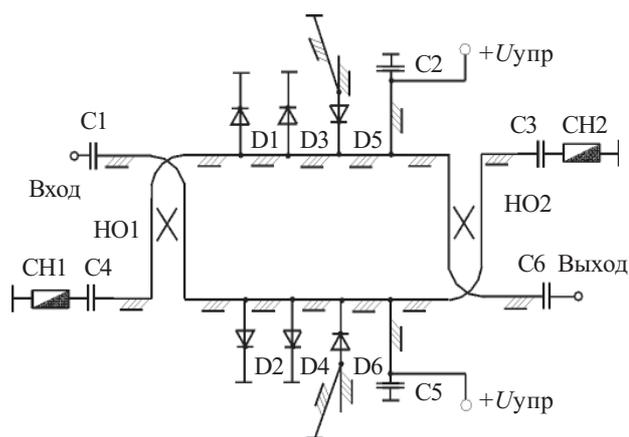


Рис. 2. Электрическая схема ограничителя

Во входных каскадах ограничителя (D1, D2) использованы ограничительные диоды CLA 4606-000 производства фирмы Skyworks (США), в последующих (D3, D4) — *pin*-диоды APD 0505-000 той же фирмы [1]. Для ускорения включения диодов при поступлении мощного сигнала использованы диоды с барьером Шоттки (D5, D6) УЗА102БЗ разработки и изготовления НПП "Сатурн". Основные электрические характеристики диодов приведены в табл. 1, где C_{JO} — емкость диода при нулевом смещении, RS_{10} — активное сопротивление диода при токе 10 мА, τ_1 — время жизни неосновных носителей заряда в *i*-области, R_{pmax} — максимально допустимая непрерывная падающая на диод мощность.

Таблица 1

Тип диода	C_{JO} , пФ	RS_{10} , Ом	τ_1 , нс	R_{pmax} , Вт
CLA 4606-000	0,2	2,0	10	3
APD 0505-000	0,1	2,0	20	...

Параметры ДБШ: граничная частота — не менее 0,8 ТГц, емкость диода при нулевом смещении 75—85 фФ.

Следует заметить, что схема ограничителя построена так, что он работает и по внешнему управляющему сигналу (режим бланкирования), и подавляет асинхронную помеху в отсутствие управляющего сигнала.

Маломощный усилитель состоит из двух каскадов, выполненных по балансной схеме на транзисторах TC 1201 [2]. Транзисторы этого типа удачно

сочетают низкий коэффициент шума и достаточно большую выходную мощность в линейном режиме. Параметры транзисторов TC 1201 на частоте 12 ГГц следующие:

- коэффициент шума — не более 0,5 дБ;
- связанный коэффициент усиления — не менее 12 дБ;
- выходная мощность при компрессии коэффициента усиления на 1 дБ (P_{-1}) — 22 дБм.

Для получения требуемого уровня подавления мощного входного сигнала в состав МШУЗ входит выключатель на *pin*-диодах типа 2A553A-3, имеющих емкость не более 0,02 пФ при отрицательном смещении -10 В и прямое сопротивление потерь при токе 20 мА не более 3 Ом. Электрическая схема выключателя приведена на **рис. 3**. Здесь VD1 и VD2 — диоды 2A553A-3. Для развязки цепей питания и СВЧ-цепей используются четвертьволновые короткозамкнутые линии и конденсаторы C1 – C3. Как и все узлы МШУЗ, выключатель выполнен на подложке из полупроводника толщиной 0,5 мм.

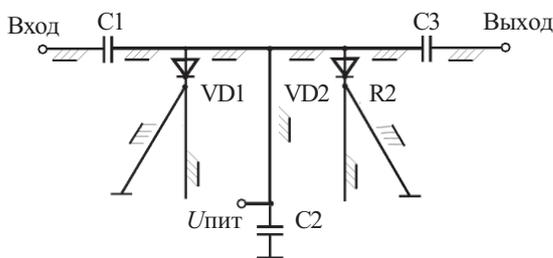


Рис. 3. Электрическая схема выключателя

Питание ограничителя осуществляется платой управления, выполненной на операционном усилителе AD 811 фирмы Analog Devices (США) [3]. Плата управления обеспечивает формирование импульса, питающего *pin*-диоды, с длительностью фронта около 10 нс. В состав МШУЗ входят также плата питания малошумящего усилителя и плата управления выключателем. Последняя аналогична плате управления ограничителем.

В процессе разработки ограничителя было проведено моделирование прохождения сигнала высокого уровня мощности через ограничитель. На вход ограничителя подавался непрерывный сигнал мощностью 8 Вт (39 дБм). На **рис. 4** приведены результаты расчета уровня выходного сигнала ограничителя в диапазоне рабочих частот.

Как видно из приведенных результатов, мощность выходного сигнала не превышает 15,58 дБм, что с учетом балансной схемы малошумящего усилителя составляет 12,58 дБм на транзистор TC1201 при максимально допустимой для него входной мощности 17 дБм.

Из полученных результатов также следует, что основная часть мощности (37,07 дБм или 5,093 Вт) отразится от диодов ограничителя и рассеется в нагрузке входного ответвителя.

Из всех узлов, входящих в состав МШУЗ, предварительную настройку проходил только малошумящий усилитель. Первый каскад малошумящего

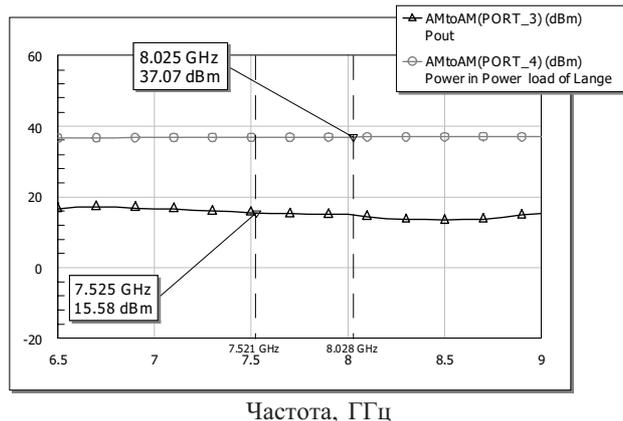


Рис. 4. Уровень сигнала на выходе и в нагрузке ограничителя:

- ▲ — мощность сигнала на выходе ограничителя, дБм;
 - — мощность сигнала в нагрузке входного ответвителя, дБм
- усилителя настраивался на минимум коэффициента шума, а второй — на максимум выходной мощности. Типичные параметры каскадов малошумящего усилителя приведены в **табл. 2**.

Таблица 2

Тип каскада	Коэф т ициент усиления, дБ	Коэф т ициент шума, дБ	P_{-1} , мВт
Малошумящий	12...13	0,8...0,9	—
Мощный	11...12	1,7...1,8	60...70

Измерения параметров МШУЗ партии из 10 образцов показали следующие результаты:

- диапазон рабочих частот — 7,525...8,025 ГГц;
- коэффициент усиления — не менее 20 дБ;
- коэффициент шума — не более 4,0 дБ;
- ослабление сигнала в режиме БЛАНК1 — не менее 50 дБ;
- ослабление сигнала в режиме БЛАНК2 — не менее 30 дБ;
- P_{-1} — 40...50 мВт.

Входное напряжение питания +12 В. Габаритные размеры МШУЗ 82,7×42×23,6 мм.

В дальнейшем планируется проведение испытаний МШУЗ на высоком уровне входной мощности.

Выводы

Использование имеющихся на мировом рынке комплектующих и комплектующих собственного изготовления позволило разработать гибридно-интегральный малошумящий усилитель диапазона частот 7,525...8,025 ГГц. Усилитель имеет коэффициент шума не более 4 дБ и защиту от мощного (до 7 Вт непрерывной мощности) сигнала синхронной или асинхронной помехи. Конструкция и методика проектирования могут быть использованы для разработки аналогичных устройств в других диапазонах частот — вплоть до миллиметрового диапазона.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. www.skyworksinc.com
2. www.transcominc.com.tw
3. www.analog.com