

## Смеситель дециметрового диапазона на комбинации линий передачи

*А.Н. Зикий, А.П. Плёткин*

*Южный федеральный университет, Таганрог*

**Аннотация:** в статье рассматриваются описание схемы и конструкции смесителя дециметрового диапазона на комбинации щелевой и микрополосковой линии передачи. Представлены методика и результаты эксперимента по снятию амплитудной характеристики. Показано, что потери преобразования равны 9дБ, динамический диапазон не менее 60дБ, верхняя граница линейности амплитудной характеристики равна 1мВт.

**Ключевые слова:** смеситель, диод с барьером Шоттки, микрополосковая линия, щелевая линия, дециметровый диапазон, амплитудная характеристика.

Несмотря на наличие многочисленных публикаций по смесителям СВЧ [1 – 7], эта тема далеко не исчерпана. Возникают новые требования к смесителям, патентуются новые технические решения по их реализации, появляется новая элементная база.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование смесителя дециметрового диапазона на комбинации линий передачи, щелевой и микрополосковой. Смеситель предназначен для работы в составе передатчика сложных сигналов с ППРЧ [8].

Основные требования к смесителю изложены в таблице №1. Смеситель реализован по схеме, приведенной на рис.1. Из этой схемы видно, что сигнал подается на диоды по микрополосковой линии W5, а гетеродинная мощность подается на диоды через щелевую линию W6.

Таблица № 1

Требования к смесителю

Наименование и размерность параметра	Значение параметра
Частота входного сигнала, МГц	50...125
Частота гетеродинного сигнала, МГц	1085
Выходная частота, МГц	960...1210
Уровень входного сигнала, Вт	$10^{-10} \dots 10^{-4}$
Волновое сопротивление сигнального,	

гетеродинного входов и входа ПЧ, Ом	50
КСВН входа сигнала, не более	2
КСВН входа гетеродина, не более	5
Уровень гетеродинного сигнала, мВт	10...20
Развязка между цепями сигнала и гетеродина, дБ	20
Потери преобразования, дБ, не более	12
Присоединительные размеры входов сигнала, гетеродина и выхода ПЧ – тип IX по ГОСТ 13317-89Е («этикет», розетка)	
Размеры корпуса, мм (без учета выступающих разъемов)	64x28x20

Смеситель представляет собой поликоровую печатную плату размером 24x60 мм, установленную в герметичном латунном корпусе рамочного типа с герметичными 50-омными коаксиально-полосковыми переходами (рис.2). Сигнал подается на оба смесительных диода в фазе в точке их электрического контакта через МПЛ. Мощность от гетеродина подается на оба смесительных диода в противофазе с помощью щелевой линии, расположенной на обратной стороне поликоровой платы под диодами. Мощность гетеродина подается в щелевую линию посредством перехода на нее с 50-омной МПЛ, замкнутой у края щели. Указанный переход одновременно является трансформатором сопротивлений. Выходной сигнал снимается в той же точке, куда подается входной сигнал. В качестве нелинейных элементов используются подобранные пары диодов с барьером Шоттки типа 2A118AP-6.

На рис.1 представлена схема смесителя, где W1 отрезок МПЛ  $\rho = 80$  Ом; W2 отрезок МПЛ  $\rho = 25$  Ом; W3 отрезок МПЛ  $\rho = 25$  Ом; W4 отрезок

МПЛ  $\rho = 80 \text{ Ом}$ ; W5 отрезок МПЛ  $\rho = 50 \text{ Ом}$ ; W6 щелевая линия; W7 отрезок МПЛ  $\rho = 50 \text{ Ом}$ ; C1 конденсатор K26-4-25В-3,3 пФ ОЖ0.464.240ТУ; C2 конденсатор K26-4-25В-100 пФ ОЖ0.464.240ТУ; V1, V2 диод СВЧ 2A118А-6; X1-X3 переход СРГ50-751ФВ ВР0.364.049ТУ [9].

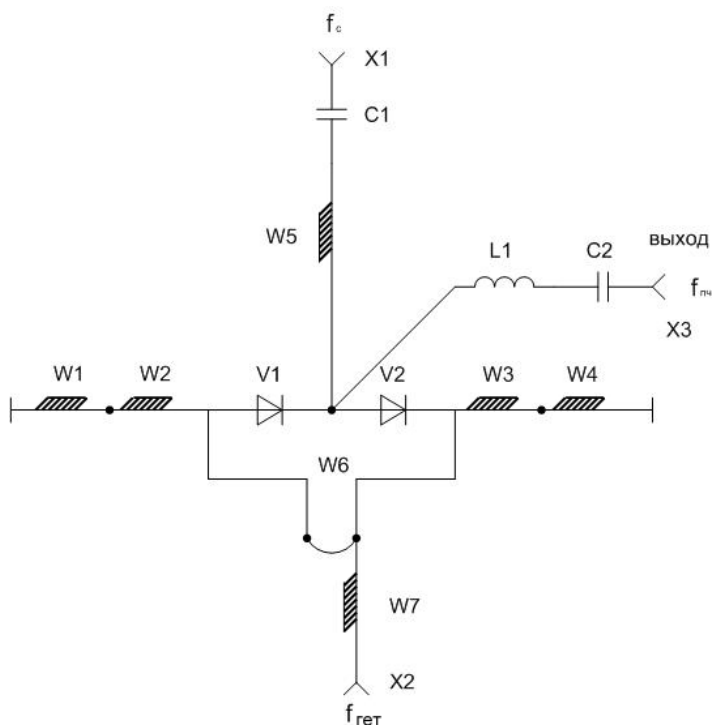


Рис. 1. – Схема смесителя

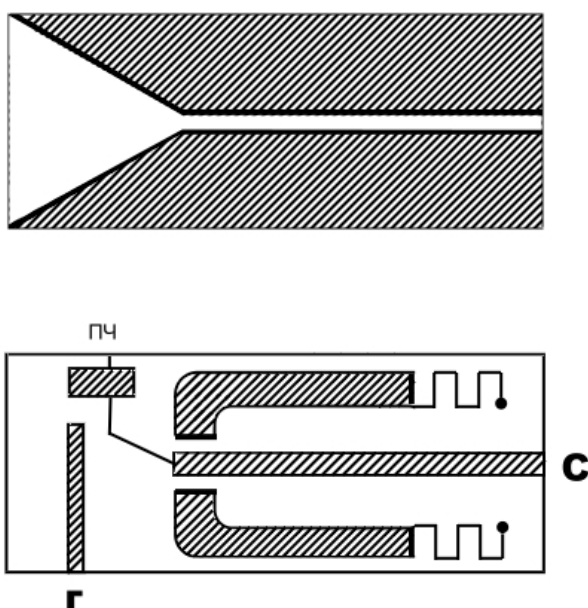


Рис. 2. – Конструкция платы смесителя

Экспериментальное исследование смесителя проводилось на установке, структурная схема которой приведена на рис.3. В этом эксперименте использовалось свойство обратимости диодного смесителя.

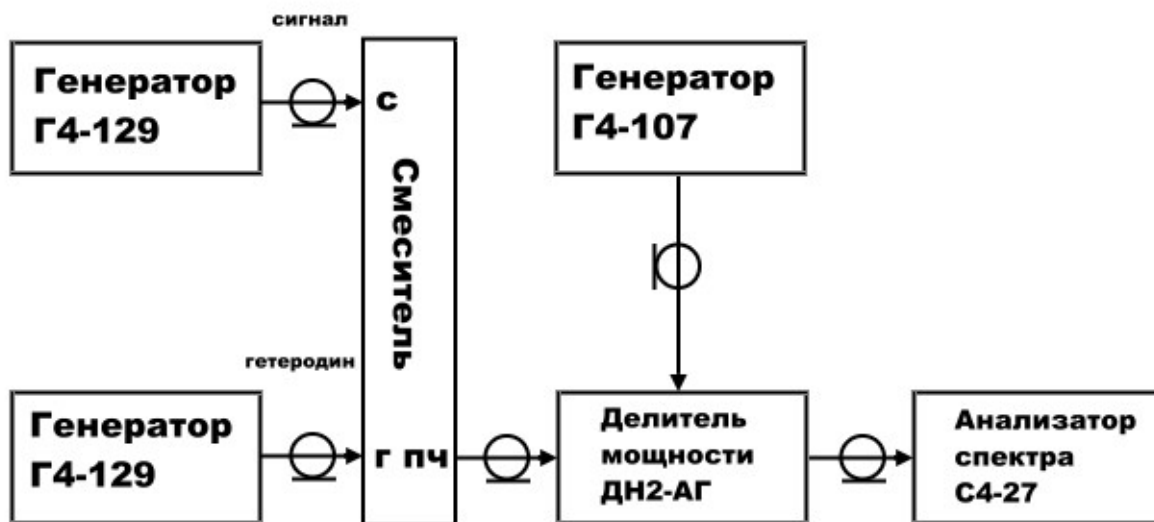


Рис. 3. – Структурная схема измерительного стенда

В передатчике ППРЧ смеситель используется на преобразование «вверх». В эксперименте смеситель использовался на преобразование «вниз». В процессе эксперимента была снята амплитудная характеристика смесителя. При этом частота и мощность гетеродина оставались постоянными и равными  $f_g=1085$  МГц,  $P_g=20$  мВт. Частота сигнала была равна  $f_c=1185$  МГц, а мощность сигнала менялась в пределах от  $-86$  дБВт до  $-27$  дБВт. Результаты измерения амплитудной характеристики занесены в таблицу №2 и на рис.4.

Таблица №2

Амплитудная характеристика смесителя

Р вх, дБ/Вт сигнал	U вых, дБ/V ПЧ	Р вых, дБ/Вт ПЧ	L, дБ
-86	-76	-93	7
-80	-72	-89	9

-75	-67	-84	9
-70	-62	-79	9
-65	-57	-74	9
-60	-52	-69	9
-55	-47	-64	9
-50	-42	-59	9
-45	-37	-54	9
-40	-32	-49	9
-35	-27	-44	9
-30	-23	-40	10
-27	-21,5	-38,5	11,5

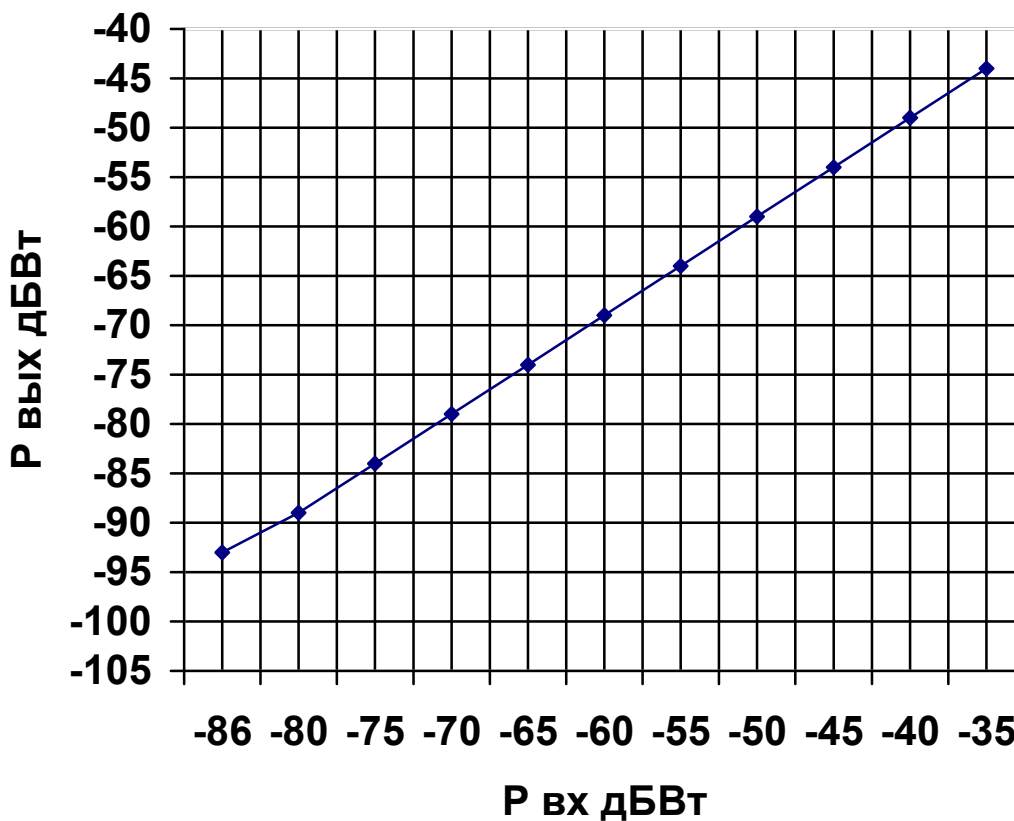


Рис. 4. – Амплитудная характеристика смесителя

Из этого эксперимента можно сделать следующие выводы:

1. Потери преобразования оказались равными 9 дБ, что удовлетворяет предъявленным требованиям.
2. Линейный динамический диапазон смесителя составляет не менее 60 дБ, что достаточно для решаемой задачи.
3. Верхняя граница линейности амплитудной характеристики (ВГЛАХ) равна около 1 мВт (-30 дБВт).
4. Смеситель может найти применение в радиоприёмной аппаратуре СВЧ [10, 11].

### Литература

1. Maas S. Microwave Mixers. Artech House, 1993. 375p.
  2. Белоус А.И., Мерданов М.К., Шведов С.В. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия в 2-х книгах. Книга 2. – М.: Техносфера, 2016. 1416с.
  3. Tsui James Bao-Yen. Receivers with Electronic Warfare Applications, 2016. 460p.
  4. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Бондаренко Л.В., Плёнкин А.П. Двойной балансный смеситель на симметрирующих трансформаторах. Вопросы специальной радиоэлектроники, серия Общие вопросы радиоэлектроники, 2010, №1, С.101-105.
  5. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Плёнкин А.П., Мухин Н.А. Моделирование и экспериментальное исследование субгармонического смесителя. Электронный журнал «Информационное противодействие угрозам терроризма», 2011, №17, С.131-135.
  6. Белов Л.А. Преобразователи частоты. Современные ВЧ компоненты. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2004, №2, С.44-50.
  7. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Плёнкин А.П., Булгакова О.И. Смеситель с большим динамическим диапазоном. Вопросы специальной
-



радиоэлектроники, серия Общие вопросы радиоэлектроники, 2013, №1, С.118-124.

8. Зикий А.Н., Додаев С.Э. Генератор сигналов с ППРЧ. Вопросы специальной радиоэлектроники, серия Общие вопросы радиоэлектроники, 2004, №2, С.69-73.

9. Джуринский К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. – М.: Техносфера, 2006. – 216с.

10. Пустовалов А.И. Двухканальное приемное устройство СВЧ диапазона. Инженерный вестник Дона, 2010, №2, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195.

11. Шурховецкий А.Н. Многоканальная частотно-избирательная система СВЧ диапазона основе направленных фильтров бегущей волны. Инженерный вестник Дона, 2010, №4, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/292.

### References

1. Maas S. Microwave Mixers. Artech House, 1993. 375p.
2. Belous A.I., Merdanov M.K., Shvedov S.V. SVC elektronika v sistemakh radiolokatsii i svyazi. Tekhnicheskaya entsiklopediya v 2kh knigakh. Kniga 2 [Microwave electronics in radar and communication systems. Technical Encyclopedia. Book №2]. M.: Tekhnosfera, 2016. 1416p.
3. Tsui James Bao-Yen. Receivers With Electronic Warfare Applications, 2016. 460p.
4. Zikiy A.N., Zlaman P.N., Bondarenko L.V., Pljonkin A.P. Voprosy spetsialnoy radioelektroniki, seriya Obshchie voprosy radioelektroniki, 2010, №1, pp.101-105.
5. Zikiy A.N., Zlaman P.N., Pljonkin A.P., Mukhin N.A. Informatsionnoe protivodeystvie ugrozam terrorizma, 2011, №17, pp.131-135.
6. Belov L.A. Preobrazovateli chastoty. Sovremennye VC-komponenty. Elektronika: Nauka, Tekhnologiya, Biznes. 2004, №2, pp. 44-50.



7. Zikiy A.N., Zlaman P.N., Plenkin A.P., Bulgakova O.I. Voprosy spetsialnoy radioelektroniki, seriya Obshchie voprosy radioelektroniki, 2013, №1, pp.118-124.
8. Zikiy A.N., Dodaev S.E. Voprosy spetsialnoy radioelektroniki, seriya Obshchie voprosy radioelektroniki, 2004, №2, pp. 69-73.
9. Dzhurinskiy K.B. Miniatyurnye koaksialnye radiokomponenty dlya mikroelektroniki SVC [Miniature coaxial microwave radio components for microelectronics]. M.: Tekhnosfera, 2006. 216p.
10. Pustovalov A.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №2, URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195).
11. Shurkhovetskiy A.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №4, URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/292](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/292).