

Делитель частоты сантиметрового диапазона

А.Н. Зикий¹, А.А. Пустовит², И.А. Сальный²

¹Институт компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета, Таганрог

²АО «Таганрогский НИИ связи», Таганрог

Аннотация: Рассмотрен делитель частоты на 8, работающий в диапазоне входных частот 8-18 ГГц. Приведена функциональная схема. Кратко описана конструкция и элементная база. Изготовлен макет и проведено его экспериментальное исследование. Описана методика и структурная схема эксперимента. Измерена частотная зависимость коэффициента передачи. Показано, что делитель частоты совместно с двухкаскадным усилителем-ограничителем имеет чувствительность минус 75 дБВт, коэффициент передачи около 40 дБ и неравномерность коэффициента передачи 1,64 дБ. Измерен уровень второй и третьей гармоники выходного сигнала.

Ключевые слова: Делитель частоты, сантиметровые волны, микросхема, эксперимент, амплитудно-частотная характеристика.

На протяжении последних десятилетий интенсивно совершенствуется микроэлектронная элементная база, в том числе делители частоты [1-7]. Это позволяет расширить диапазон рабочих частот синтезаторов частот и частотомеров до 50 ГГц.

Целью данной работы является экспериментальное исследование делителя частоты сантиметрового диапазона.

К делителю частоты предъявляются следующие требования:

- диапазон рабочих частот 8-18 ГГц, без разбивки на поддиапазоны;
- чувствительность минус 75 дБВт;
- коэффициент деления 8;
- волновое сопротивление входа и выхода 50 Ом;
- коэффициент передачи около 40 дБ;

Отечественные микросхемы делителей частоты не удовлетворяют предъявленным требованиям ни по одному параметру [3,4]. Зарубежные делители частоты фирмы Hittite – не удовлетворяют предъявленным требованиям по чувствительности и коэффициенту передачи [8], поэтому исследуемый делитель частоты должен содержать усилитель-ограничитель,

собственно делитель частоты на микросхеме НМС494 [8] и, возможно, другие узлы для их совместной работы. Функциональная схема исследуемого устройства приведена на рис.1.

Исследуемое устройство состоит из двух широкополосных малошумящих усилителей М42135-1, аттенюатора с затуханием 10 дБ для обеспечения требуемой входной мощности делителя частоты, собственно делителя частоты на микросхеме НМС494 и делителя мощности на два для подключения анализатора спектра и осциллографа.

Конструктивно собственно делитель частоты представляет собой микросборку, содержащую печатную плату с установленными на ней микросхемой НМС494 и другими элементами, корпус рамочного типа с двумя крышками и двумя коаксиально-полосковыми переходами типа СРГ50-751ФВ [9]. В качестве материала подложки используется Rogers RO4350, рекомендуемый фирмой Hittite [8,11], толщиной 0,254 мм и $\epsilon=3.66$.

Эксперимент проводился на установке, структурная схема которой показана на рис.2. В качестве источника сигнала использован генератор стандартных сигналов типа Е8257D [10]. В качестве индикатора выходной мощности и частоты использован анализатор спектра типа N9020A[10]. Источником питания служил прибор GPD72303S. Форму выходного сигнала можно было наблюдать с помощью осциллографа типа DSO9254A [10].

Измерения коэффициента передачи и коэффициента деления проводились в диапазоне частот от 8 до 18 ГГц с шагом 200МГц. Результаты испытаний приведены на рис.3.

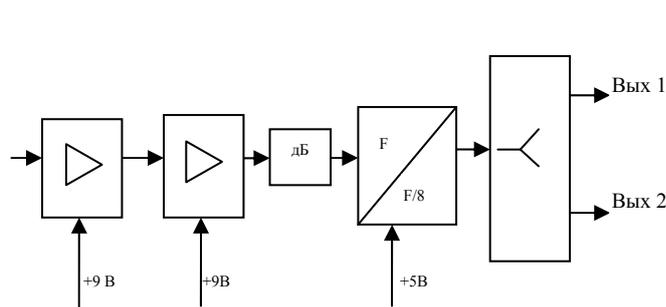


Рис. 1. – Схема исследуемого устройства



Рис. 2. – Структурная схема измерительной установки



Рис. 3. – Результат измерения выходной мощности и коэффициента передачи

На рис.4 можно наблюдать спектр выходного сигнала при полосе обзора 0,8 ГГц до 4,0 ГГц. При этом частота входного сигнала равна 8 ГГц. Можно видеть, что уровень второй гармоники слабее первой гармоники на 39 дБ, а третья гармоника слабее первой на 12 дБ.

Рис. 5 и 6 иллюстрируют форму выходного сигнала при входных частотах 8 и 18 ГГц. Из рисунка 5 видно, что при полосе осциллографа 2,5 ГГц у выходного сигнала с частотой 1 ГГц заметны искажения, вносимые третьей гармоникой. Для сигнала с выходной частотой 2,25 ГГц эти искажения незаметны.

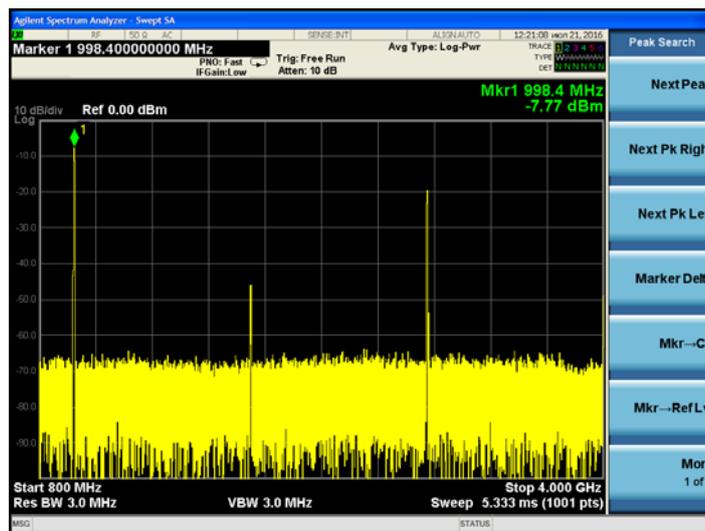


Рис. 4. – Фото спектра выходного сигнала с экрана анализатора спектра при частоте входного сигнала 8 ГГц

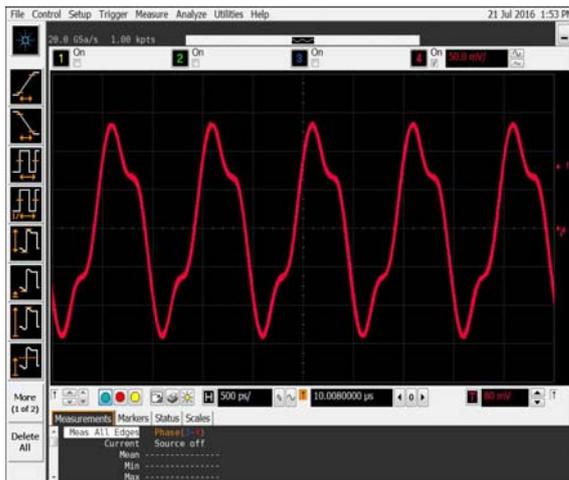


Рис. 5. – Фото выходного сигнала с экрана осциллографа, при частоте входного сигнала 8 ГГц

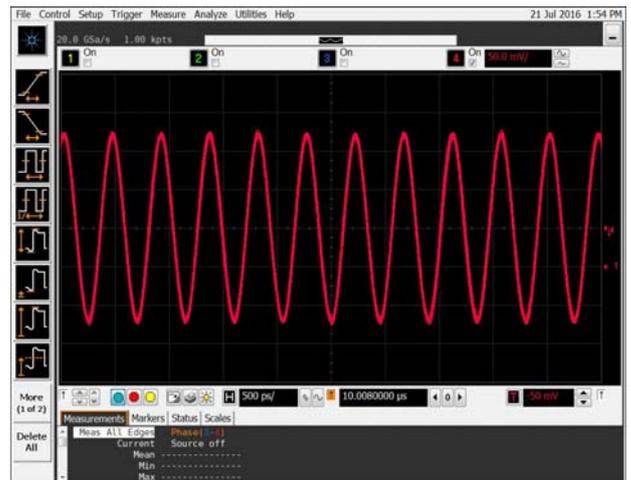


Рис. 6. – Фото выходного сигнала с экрана осциллографа, при частоте входного сигнала 18 ГГц

Выводы

1. Разработан, изготовлен и испытан делитель частоты, удовлетворяющий предъявленным требованиям.
2. Получены следующие экспериментальные данные, подтверждающие и дополняющие справочный листок:
 - Коэффициент передачи по мощности составляет от 35,6 дБ до 37,24 дБ;
 - Без учета потерь в делителе мощности он составляет не менее 40 дБ;
 - Коэффициент деления по частоте 8;
 - Неравномерность коэффициента передачи 1,64 дБ.
3. Делитель частоты может найти применение в приёмной аппаратуре СВЧ [12,13].

Литература

1. Ризкин И.Х. Умножители и делители частоты М.: Связь, 1976, -328с. (второе издание).
2. Кизеев А.А. Монолитные широкополосные делители частоты СВЧ диапазона с коэффициентом деления 2 на арсениде галлия. Автореферат дисс. к.т.н.. Киев, НИИ Сатурн, 1994. 20 с.
3. Богданов Ю.М. Исследование и создание малошумящих гибридно-монолитных СВЧ-генераторов на ПТШ и преобразователей частоты на универсальных активных GaAs МИС в диапазоне частот 1-18ГГц. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Фрязино, ФГУП НПП «Исток», 2007. 149 с.
4. Карпов Ю. Смесители, преобразователи, умножители и делители частоты СВЧ диапазона отечественного производства. Компоненты и технологии, 2008, №9, с.22-27.
5. Белов Л.А. Новые компоненты СВЧ устройств фирмы Hittite Microwave. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2008, №5, с.62-68.

6. Зикий А.Н., Гончарова Т.О., Калиушко В.В. Делители частоты для синтезаторов СВЧ. Сборник статей международной научной конференции «Приоритетные научные исследования и разработки». Саратов, МЦИИ «Омега Сайнс» 13 февраля 2016, с.37-41.

7. Зикий А.Н., Помазанов А.В Шипулин М.В. Делитель частоты на 20. В сб. «Информационное противодействию угрозам терроризма», 2011 №17, с.122-125.

8. Data Scheet HMC494LP3/494LP3E SMT GaAs HBT MMIC DIVIDE-BY-8, DC-18GHz.

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

10. Контрольно-измерительные решения Keysight Technologies, Каталог 2015, 476с.

11. Data Scheet Rogers Corporation Ro4000 Series high Frequency Circuit Materials. 4p.

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

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

References

1. Rizkin I.H. Umnozhiteli i deliteli chastoty [Frequency multipliers and dividers] М.: Svjaz', 1976. 328p. (vtoroe izdanie).

2. Kizeev A.A. Monolitnye shirokopolosnye deliteli chastoty SVCh diapazona s kojefficientom delenija 2 na arsenide gallija [Monolithic wideband frequency

dividers of the microwave range with dividing coefficient 2 on gallium arsenide]. Avtoreferat diss. k.t.n. Kiev, NII Saturn, 1994. 20 p.

3. Bogdanov Ju.M. Issledovanie i sozdanie maloshumjashhih gibridno-monolitnyh SVCh-generatorov na PTSh i preobrazovatelej chastoty na universal'nyh aktivnyh GaAs MIS v diapazone chastot 1-18GGc [Research and making of noiseless hybrid-monolithic microwave generators on Schottky-gate field-effect transistor and frequency converters on all-purpose active GAAs MIC in frequency range 1-18 GHz]. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni k.t.n. Frjazino, FGUP NPP «Istok», 2007. 149 p.

4. Karpov Ju. Komponenty i tehnologii, 2008, №9, p.22-27.

5. Belov L.A. Jelektronika: Nauka, Tehnologija, Biznes. 2008, №5, p.62-68.

6. Zikij A.N., Goncharova T.O., Kaliushko V.V. Sbornik statej mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Prioritetnye nauchnye issledovanija i razrabotki». Saratov, MCH «Omega Sajns» 13 fevralja 2016, p.37-41.

7. Zikij A.N., Pomazanov A.V Shipulin M.V. V sb. «Informacionnoe protivodejstvii ugrozam terrorizma», 2011, №17, p.122-125.

8. Data Scheet HMC494LP3/494LP3E SMT GaAs HBT MMIC DIVIDE-BY-8, DC-18GHz.

9. Dzhurinskij K.B. Miniatjurnye koaksial'nye radiokomponenty dlja mikrojelektroniki SVCh [Miniature coaxial radio components for microwave microelectronics] M.: Tehnosfera, 2006, 216p.

10. Kontrol'no-izmeritel'nye reshenija Keysight Technologies, Katalog 2015, 476p.

11. Data Scheet Rogers Corporation Ro4000 Series high Frequency Circuit Materials. 4p.

12. Pustovalov A.I. Inženernyj vestnik Dona (RUS), 2010, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195.



13. Shurhoveckij A.N. Inženernyj vestnik Dona (RUS), 2010, №4. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/292.