

Генератор частотно-модулированных сигналов

А.В. Андрианов¹, А.Н. Зикий², А.Д. Давтян²

¹АО «Таганрогский НИИ связи», Таганрог

²Институт компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета, Таганрог

Аннотация: Проведено экспериментальное исследование транзисторного генератора с варикапной перестройкой. Приведены принципиальная схема, дано краткое описание конструкции и методика эксперимента. В качестве результатов эксперимента даны:

- зависимость частоты от управляющего напряжения (модуляционная характеристика)
- зависимость мощности от управляющего напряжения (паразитная амплитудная модуляция)
- спектр выходного сигнала в полосе 500 МГц.

Ключевые слова: Генератор ЧМ сигналов, генератор, управляемый напряжением, модуляционная характеристика, спектр выходного сигнала, транзисторный автогенератор.

Введение

В радиолокации, радиосвязи и телерадиовещании широко используется частотная модуляция (ЧМ). Одним из важнейших узлов передатчика ЧМ сигналов является задающий генератор, так как он обеспечивает ряд основных технических параметров передатчика:

- диапазон рабочих частот;
- девиацию частоты;
- стабильность частоты настройки;
- линейность модуляционной характеристики.

По генераторам ЧМ сигналов имеется обширная литература, в том числе монографии [1,2], учебные пособия [3,4], статьи [5-7], изобретения [8], реклама, однако продолжается их совершенствование, в том числе для расширения диапазона рабочих частот, повышения линейности и улучшения других параметров.

Схема и конструкция

Объектом исследования в данной работе является транзисторный генератор с варикапной перестройкой, изготовленный по гибридной технологии [4]. К нему предъявляются следующие требования:

- Центральная частота 1900 ± 10 МГц;
- Максимальная девиация частоты не менее 20 МГц;
- Перепад мощности в диапазоне перестройки не более 1дБ;
- Питание минус 15 В;

Указанные выше требования могут быть достигнуты в схеме, показанной на рисунке 1.

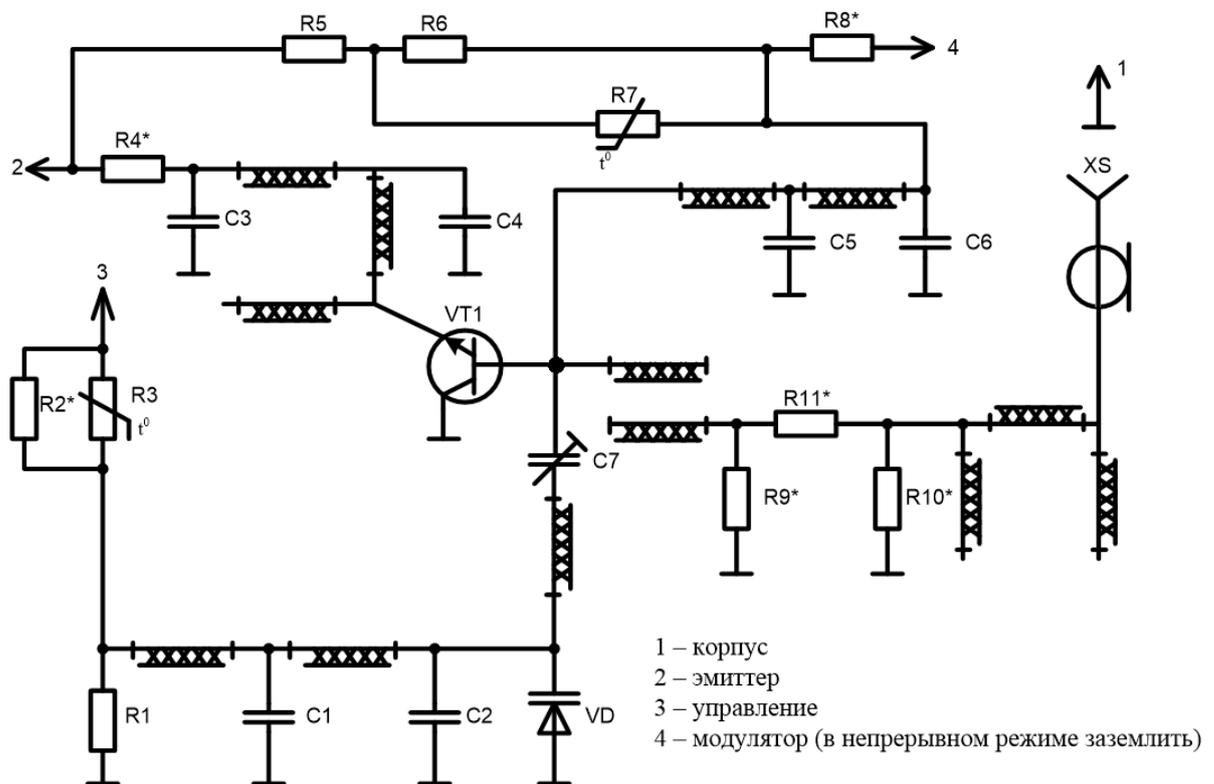


Рисунок 1 – Принципиальная схема автогенератора

ГУН построен по схеме «ёмкостной трёхточки» с заземленным коллектором. Варикап включен в цепь базы через терморезистор для компенсации температурных уходов частоты. Питание заводится на эмиттер через цепочку из четырех резисторов R4...R6, R8. Выходом генератора является цепь базы, в которую встроены направленный ответвитель и П-образный аттенюатор. Таким образом устраняется влияние нагрузки на резонансные цепи автогенератора.

Генератор имеет достаточно традиционную конструкцию. Основные электрические элементы размещены на диэлектрической плате из поликора размером $30 \times 48 \times 1$ мм. Плата помещена в корпус чашечного типа, закрытого герметично запаянной крышкой. В качестве выходного соединителя используется коаксиально-микроразъемный переход типа СРГ50 – 751ФВ. Напряжение питания, управления и модуляции подаются через стеклянные изоляторы типа ИСПШ.

Экспериментальное исследование

Эксперимент проводился на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 2. Управляющее напряжение на варикапе менялось от 2 до 14 В с шагом 1В. Результаты измерения выходной частоты и мощности заносились в таблицу 1. По данным таблицы 1 построены графики на рисунке 3. Из этих графиков видно, что модуляционная характеристика генератора имеет высокую линейность при изменении управляющего напряжения от 3 до 14 В. Кроме того, выходная мощность достаточно стабильна.

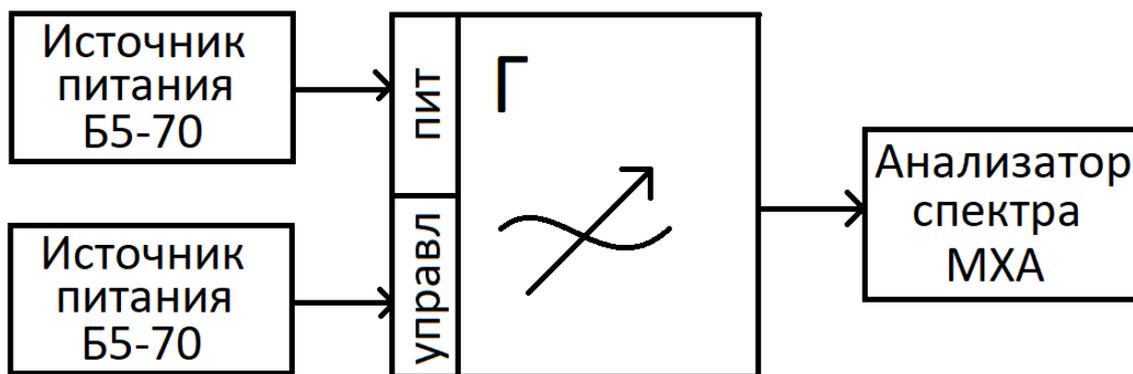


Рисунок 2 – Структурная схема измерительной установки

Таблица 1 – Зависимость выходной частоты и мощности ГУН

$U_{упр}, В$	$P_{вых}, дБм$	$F_{вых}, МГц$
-2	18,80	1883,10
-3	18,94	1884,65
-4	19,02	1886,35
-5	19,07	1888,00
-6	19,17	1889,75
-7	19,21	1891,45
-8	19,20	1893,10
-9	19,25	1894,85
-10	19,25	1896,60
-11	19,24	1898,35
-12	19,21	1900,25
-13	19,13	1901,85
-14	19,08	1903,70

На рисунке 4 можно видеть спектр выходного сигнала генератора. Генератор достаточно чувствителен к наводкам и помехам, поэтому в конструкции передатчика должны быть помехоподавляющие фильтры (конденсаторы) по цепям управления и питания, а также экран для этих цепей.

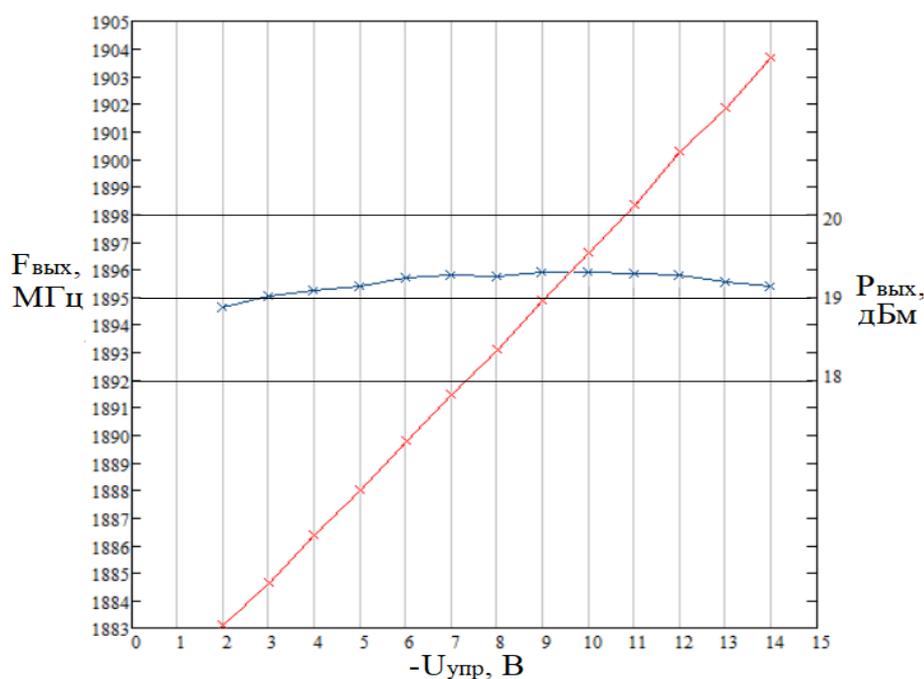


Рисунок 3 – Модуляционная характеристика генератора СВЧ

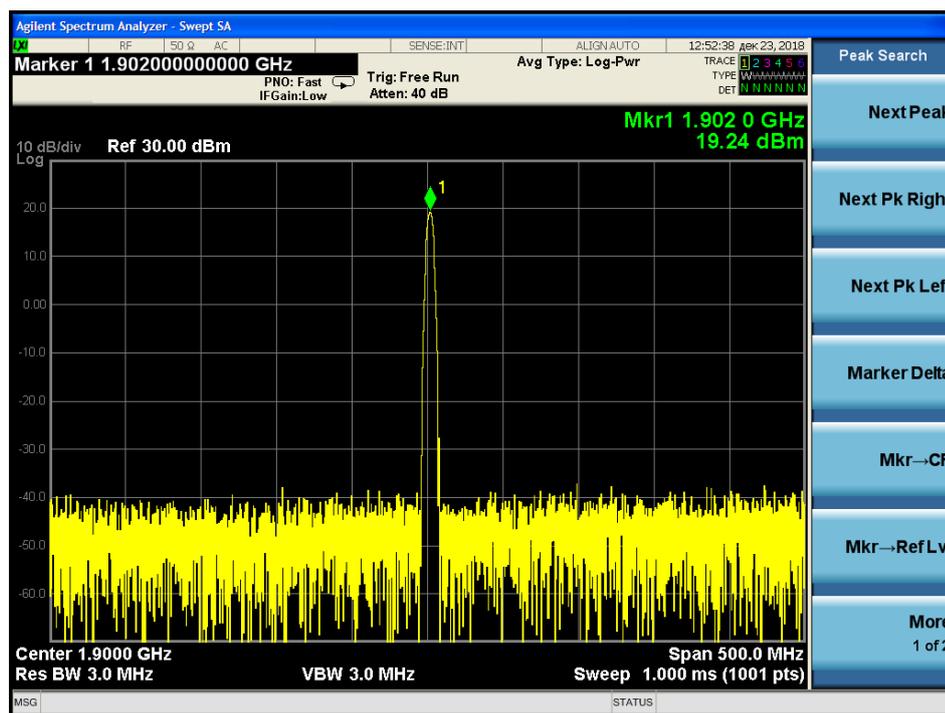


Рисунок 4 – Спектр выходного сигнала ГУН

Заключение

1. Центральная частота 1894 МГц, средняя выходная мощность 19 дБм.
2. Диапазон изменения частоты (максимальная девиация) равен 20 МГц при изменении управляющего напряжения на варикапе от 2 до 14 В.
3. Перепад мощности не превышает 1 дБ.
4. Нелинейность модуляционной характеристики мала и позволяет использовать этот генератор в качестве задающего в передатчике скользящих помех.
5. При выполнении данной работы были полезны [9,10].

Литература

1. Grebennikov A. RF and Microwave Transistor Oscillator Design. John Wiley & Son's Ltd. England, 2007. – 441 p.
2. Ali Hajimiri, Thomas H. Lee. Low Noise Oscillators. N,Y.et al. Kluwer Academic Publishers, 1999. – 207 p.
3. Белов Л.А. Устройства формирования СВЧ сигналов и их компоненты. Учебное пособие / М.: Издательский дом МЭИ, 2010, - 320 с.

4. Зикий А.Н., Помазанов А.В. Стабильность частоты генераторов СВЧ. Учебное пособие / Ростов-на-Дону-Таганрог: Издательство ЮФУ, 2017. – 138 с.

5. Авдеенко А.В. Экспериментальное исследование генератора на диоде Ганна с варакторной перестройкой частоты / Авдеенко А.В., Беляев Д.В., Додаев С.Э., Зикий А.Н. / Известия ЮФУ. Серия «Технические науки», 2008, №3, с. 174-178.

6. Зикий А.Н., Марченко А.Г., Помазанов А.В., Модуляционные характеристики генераторов ЧМ сигналов. Вопросы специальной радиоэлектроники. Серия «Общие вопросы радиоэлектроники», 2001, №3, с. 36-39.

7. Додаев С.Э., Зикий А.Н., Помазанов А.В., Румянцев К.Е. Имитатор ЧМ сигналов со встроенным девиометром. Авиакосмическое приборостроение, 2005, №6, с. 16-19.

8. Горбатенко А.Ю., Зикий А.Н., Помазанов А.В., Мазин Е.Г., Генератор ЧМ сигналов. А.С.СССР №1.677.845, Опубл. 15.09.1991, Бюл. №34, М.кл. НОЗс 3/08.

9. Кузьмин Е.В., Зограф Ф.Г., Параметризованная модель генератора псевдослучайных последовательностей в OrCAD // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1766

10. Кузьмин Е.В., Зограф Ф.Г., Параметризованная модель квадратурного модулятора MSK-сигнала в OrCAD // Инженерный вестник Дона, 2016, №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3537

References

1. Grebennikov A. RF and Microwave Transistor Oscillator Design. John Wiley & Son's Ltd. England, 2007. 441 p.

2. Ali Hajimiri, Thomas H. Lee. Low Noise Oscillators. N.Y. et al. Kluwer Academic Publishers, 1999. 207 p.

3. Belov L.A. Ustrojstva formirovaniya SVCH signalov i ih komponenty [Microwave signal generating devices and their components]. Uchebnoe posobie. M.: Izdatel'skij dom MJEI, 2010. 320 p.
4. Zikiy A.N., Pomazanov A.V. Stabil'nost' chastoty generatorov SVCH [Frequency stability of microwave generators]. Uchebnoe posobie. Rostov-na-Donu-Taganrog: Izdatel'stvo JUFU, 2017. 138 p.
5. Avdeenko A.V., Beljaev D.V., Dodaev S.JE., Zikij A.N. Izvestija JUFU. Tehnicheskie nauki. 2008. №3. Pp.174-178
6. Zikiy A.N., Marchenko A.G., Pomazanov A.V., Voprosy special'noj radioelektroniki. Obshhie voprosy radioelektroniki. 2001. №3. pp. 36-39.
7. Dodaev S.JE., Zikiy A.N., Pomazanov A.V., Rumjancev K.E. Aviakosmicheskoe priborostroenie. 2005. №6. pp. 16-19.
8. Gorbatenko A.JU., Zikiy A.N., Pomazanov A.V., Mazin E.G. Generator CHM signalov. A.S.SSSR №1.677.845, Opubl. 15.09.1991, Bjul. №34, M.kl. HO3c 3/08.
9. Kuz'min E.V., Zograf F.G., Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013. №3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1766
10. Kuz'min E.V., Zograf F.G. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016. №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3537