

КОЛЬЦЕВОЙ СВЧ АВТОГЕНЕРАТОР КЛАССА E НА ДВУХ ТРАНЗИСТОРАХ

Крыжановский В. Г., Принцовский В. А

Донецкий национальный ун-т, Украина, 83055 Донецк, ул. Университетская, 24
тел: +380 62 302 92 61, e-mail: apex@dongu.donetsk.ua

Аннотация – Проведен расчет и моделирование, изготовлен экспериментальный макет кольцевого автогенератора класса E с использованием последовательного соединения двух усилителей на ПТШ. Цепь обратной связи образована с использованием двух направленных ответвителей. При моделировании получена выходная мощность 2x600 мВт с КПД 72%.

I. Введение

Повышение выходной мощности источников СВЧ колебаний возможно произвести путем применения схем суммирования мощности. Для повышения КПД суммирования можно использовать суммирование на данной нагрузке (например, использование антенн с множественным питанием [1]) или в открытом пространстве. Для таких систем представляет интерес использование взаимно синхронизированных автогенераторов [2].

В работе рассмотрен кольцевой автогенератор СВЧ, содержащий замкнутые в кольцо два усилителя мощности СВЧ класса E на ПТШ CLY 5 и имеющие, соответственно, два равноправных синхронизированных вывода мощности.

II. Теоретическая часть

Схема предлагаемого автогенератора представлена на рис.1. Используются два идентичных усилителя, выполненные на транзисторах CLY5, с выходными согласующими цепями, которые реализуют фильтрацию двух высших гармоник, обеспечивая на них условие холостого хода, а на основной частоте создают входной импеданс на кристалле транзистора необходимый для реализации класса E [3, 4]:

$$Z = R(1 + j1.152), \quad (1)$$

где R – нагрузочное сопротивление в классе E.

Цепь обратной связи, объединяющая усилители в кольцо, включает два отрезка линии и два четвертьволновых направленных ответвителя, передающими часть выходной мощности с выхода одного усилителя на вход другого, с коэффициентом передачи, который определяется условием баланса амплитуд:

$$k^2 = \frac{P_C}{P_B} = 1,7337 \frac{P_{in} \cdot R}{\eta \cdot V_{DC}^2}, \quad (2)$$

где P_{in} – входная мощность, поступающая в транзистор, η – КПД, V_{DC} – напряжение питания;

Электрическая длина θ соединительных линий, входящих в кольцо обратной связи, определяется из условия баланса фаз:

$$\theta = 2\pi n - 2(\varphi_{AB} + \varphi_{BC} + \varphi_{CD} + \varphi_{EF}), \quad (3)$$

где n – любое целое число, $\varphi_{AB}, \varphi_{BC}, \varphi_{CD}, \varphi_{EF}$ – разность фаз между соответствующими сечениями цепи (рис. 1).

При такой топологии схема становится симметричной относительно центра линий ОС и, следовательно, при $n=2$ сигналы на выходах генератора синфазны, а при $n=3$ – противофазны.

Отличием данной схемы от предыдущих, описанных в работах [5, 6] является наличие двух нагрузок, синхронно питаемых генератором. Таким образом, данный автогенератор может служить как источник двух синхронных СВЧ колебаний при сохранении большого КПД автогенератора класса E.

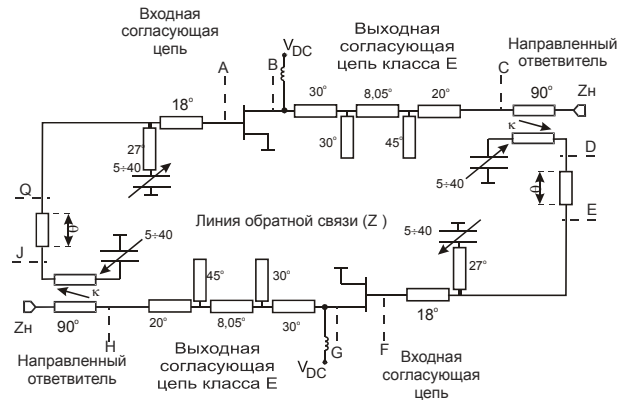


Рис. 1. Топология цепи автогенератора
Fig. 1. Oscillator circuit layout

III. Моделирование и эксперимент

По данным расчета был промоделирован генератор класса E на частоту 800 МГц с использованием пакета Ansoft Serenade 8.5 SV. Поиск установившихся решений проводился с помощью встроенного блока анализа колебаний с использованием 3-х высших гармоник. Проводился учет неоднородностей в местах подключения элементов. Транзисторы представлялись моделью Матерки с параметрами, взятыми из [3]. Выходная мощность для каждого порта составила 600 мВт при КПД 72% и напряжении питания 6 В.

В таблице 1 приведены значения набег фазы на соответствующих участках цепи при моделировании.

Таблица 1

Table 1

	Моделирование
$\varphi_{AB}, \varphi_{FG}$	182,3°
$\varphi_{BC}, \varphi_{GH}$	137,7°
$\varphi_{CD}, \varphi_{HJ}$	181,5°
$\varphi_{EF} + \theta, \varphi_{QA} + \theta$	38,5°

Видно, что суммарный набег фазы на всей цепи при моделировании равен 6π , следовательно, из соотношения для баланса фаз следует, что выходы автогенератора должны возбуждаться противофазно. Что и наблюдается при моделировании. Если цепь обратной связи удлинить на 2π то возбуждение нагрузок становится синфазным.

Экспериментальный макет (рис. 2) был реализован на материале ФЛАН $\epsilon=7,2$ с использованием 50-омных микрополосковых линий. Данный автоге-

нератор обеспечивает противофазные выходные сигналы на своих выходах. Из-за неточности изготовления данного образца в нем наблюдаются явления автомодуляции при перестройке частоты. Проведено моделирование данного явления и определен диапазон устойчивой работы.

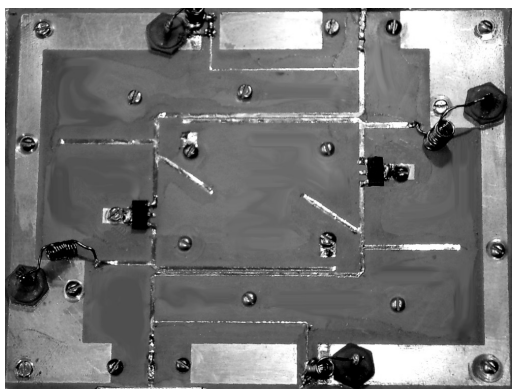


Рис. 2 Экспериментальный образец генератора класса E на двух транзисторах

Fig. 2. Experimental class E oscillator with two FETs

IV. Заключение

Теоретически рассчитан и экспериментально исследован кольцевой автогенератор СВЧ, выполненный на двух усилителях мощности класса E, с двумя выходами энергии. КПД генератора достигает 72% при суммарной выходной мощности 1,2 Вт (моделирование) и напряжении питания 6В.

Такой автогенератор может быть применен в устройствах, для которых необходимо синхронное питание двух потребителей СВЧ мощности (антенны и т.п.).

V. Список литературы

- [1] Deal W. R.; Radisic V.; Yongxi Qian; Itoh T. Integrated-antenna push-pull power amplifiers //IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques. V. 47, No. 8, Aug. 1999.— P. 1418 — 1425
- [2] Kykkotis C., Hall P. S., Ghafouri-Shiraz H. Active antenna oscillator arrays in communication systems./ 1997 MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., V. 2: P. 591—594.
- [3] Крыжановский В. Г. Транзисторные усилители с высоким КПД. Донецк: Апекс, 2004. — 448 с.

- [4] Крыжановский В. Г., Принцовский В. А. Усилитель СВЧ класса E в микрополосковом исполнении //Изв. ВУЗов «Радиоэлектроника», 2005, Т.48.—№ 1.—С. 3-10
- [5] Крыжановский В. Г., Принцовский В. А. Автогенератор класса E СВЧ диапазона // Изв. ВУЗов «Радиоэлектроника», 2006, Т.49.—№ 11, С.43-51
- [6] Bryerton E. W., Shiroma W. A., Popović Z. B. A 5-GHz High-Efficiency Class-E Oscillator // Microwave and Guided Wave Letters.— Dec. 1996.— P. 441-443.

UHF CLASS E RING OSCILLATOR WITH TWO FETs

Krizhanovski V. G., Printsovski V. A.
Donetsk National University
24, Universitetskaya Str.
Donetsk 83055, Ukraine

Ph.: +380-622919261, e-mail: apex@dongu.donetsk.ua

Abstract – The circular class E power oscillator was calculated, modeled and implemented using series connected two amplifiers with MESFET transistors.

I. Introduction

The UHF oscillator including two circular closed class E amplifiers at MESFET CLY5 is considered. This oscillator has two equivalent outputs corresponding to these amplifiers.

II. Theory

The circuit diagram of the circular oscillator under test is shown in fig. 1. It includes two transistors, two class E matching networks, two directional couplers, and two transmission lines that close them into ring. The directional coupler's coupling factor is determined by the gain-loop condition (2).

The phase-loop condition is expressed by (3). In case of even n the output signals are co-phased, otherwise (n is odd) anti-phased.

III. Simulation and Experiment

The output power simulated was obtained to be 2x600 mW with 72% efficiency. The simulation was carried out using the Materka model with parameters from [3] taking into account discontinuities in elements connection points. The operative embodiment is shown in fig. 2.

IV. Conclusion

Such an oscillator can be applied in those devices in which co-phased feeding of two power consumers is required (antennas, mixers, etc).