

ELECTRICALLY CONTROLLABLE MICROWAVE PHASE SHIFTERS BASED ON CAPACITIVE EFFECT OF THE TRANSISTOR STRUCTURE WITH NEGATIVE RESISTANCE

Osadchuk A.V., Semenov A.A., Koval K.O., Semenova E.A., Baraban S.V.

Radio Engineering Department
of Vinnytsia National Technical University
95, Khmelnytske Highway, Vinnytsia, 21021, Ukraine
Ph.: (096) 4587400, e-mail: semenov79@ukr.net

Abstract — New schematic decisions of analog electrically controllable microwave transmission phase shifters have been proposed. The possibility to extend the range of the microwave signal phase change due to the use of the capacitive effect of the transistor structure with negative resistance has been shown experimentally. The developed microwave phase shifters are characterized by a small error of a phase shift and a low insertion loss level.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫЕ СВЧ ФАЗОВРАЩАТЕЛИ НА ОСНОВЕ ЁМКОСТНОГО ЭФФЕКТА ТРАНЗИСТОРНЫХ СТРУКТУР С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Осадчук А. В., Семенов А. А., Коваль К. О., Семенова Е. А., Барабан С. В.

Кафедра радиотехники
Винницкого национального технического университета
ул. Хмельницкое шоссе, 95, Винница, 21021, Украина
тел.: (096) 4587400, e-mail: semenov79@ukr.net

Аннотация — Предложены новые схемотехнические решения аналоговых электрически регулируемых СВЧ фазовращателей проходного типа. Экспериментально показана возможность расширения диапазона изменения фазы СВЧ сигнала за счёт использования ёмкостного эффекта транзисторных структур с отрицательным сопротивлением. Разработанные СВЧ фазовращатели характеризуются малой величиной ошибки фазового сдвига и малым уровнем вносимых потерь.

I. Введение

Основными элементами фазированных антенных решёток являются СВЧ фазовращатели. Современные тенденции развития СВЧ микроэлектроники обуславливают высокие технические требования к разрабатываемым фазовращателям: широкий диапазон рабочих частот, аналоговое или дискретное электрическое управление величиной набега фазы, малая величина ошибки фазового сдвига, малый уровень вносимых потерь, а также согласование по входу и по выходу в рабочем диапазоне частот [1]. Кроме того, конструктивно современные СВЧ фазовращатели должны иметь малые габариты и массу, а также технологично быть совместимыми с другими СВЧ устройствами функциональной микроэлектроники [1].

Для достижения этих требований и улучшения параметров и характеристик разрабатываемых СВЧ устройств необходимо использовать новые и нестандартные подходы к их проектированию [1]. Перспективным современным направлением разработки функциональных узлов фазированных антенных решёток дециметрового диапазона является использование ёмкостного эффекта транзисторных структур с отрицательным сопротивлением. В настоящей работе предложены новые схемотехнические решения СВЧ фазовращателей проходного типа и поданы результаты их экспериментальных исследований.

II. Основная часть

На рис.1 представлена схема электрически управляемого СВЧ фазовращателя, принцип работы которого основывается на использовании реактивных свойств биполярно-полевой транзисторной структуры с отрицательным сопротивлением. Функционально фазовращатель состоит из двух активных элементов.

Первый из них образован двухзатворным МДН транзистором (VT1) и биполярным транзистором (VT2). Его полное сопротивление на электродах сток (VT1) и коллектор (VT2) состоит из активной составляющей отрицательной величины и реактивной составляющей ёмкостного характера. Второй активный элемент фазовращателя представляет собой транзисторный аналог индуктивности на основе биполярного транзистора (VT3), охваченного фазосдвигающей цепочкой R3C1. Питание СВЧ фазовращателя осуществляется от источника постоянного напряжения U1. Увеличение мощности выходного СВЧ сигнала обусловлено компенсацией отрицательным сопротивлением активных потерь в цепях настройки фазовращателя [2].

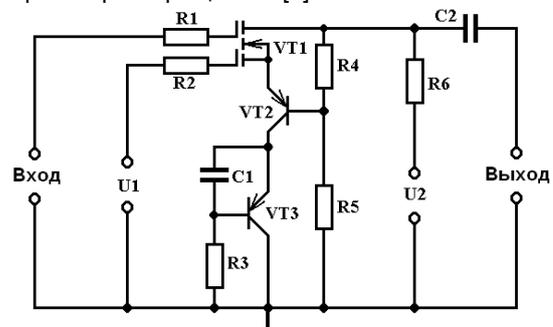
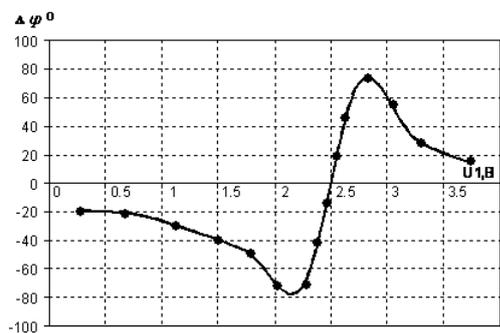


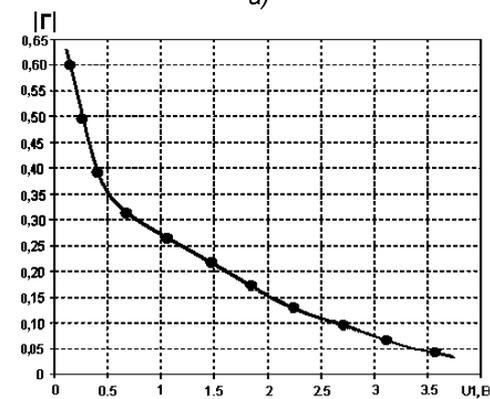
Рис. 1. Схема электрически управляемого СВЧ фазовращателя на биполярно-полевой транзисторной структуре с отрицательным сопротивлением.

Fig. 1. The circuit diagram of the electrically controllable microwave phase shifter based on the bipolar-unipolar transistor structure with negative resistance

Макет фазовращателя был изготовлен в виде гибридной интегральной микросхемы. На рис. 2 представлены результаты его экспериментальных исследований.



a)



b)

Рис. 2. Графики зависимостей изменения фазового сдвига (а) и коэффициента отражения (б) от напряжения управления при импедансе $Z = -1,8 \cdot 10^3 - j4,3 \cdot 10^4$ Ом.

Fig. 2. Curves of phase shift change (a) and reflection coefficient (b) versus control voltage at impedance of $Z = -1,8 \cdot 10^3 - j4,3 \cdot 10^4$ Ohm

Для расширения диапазона изменения фазового сдвига СВЧ сигнала было предложено схемотехническое решение фазовращателя (рис. 3) [3]. Результаты его экспериментальных исследований показаны на рис. 4. Также было установлено, что потери предложенных электрически управляемых СВЧ фазовращателей на частоте 900 МГц для схем на рис. 1 и 2 составляют 1,17 дБ и 2,08 дБ соответственно.

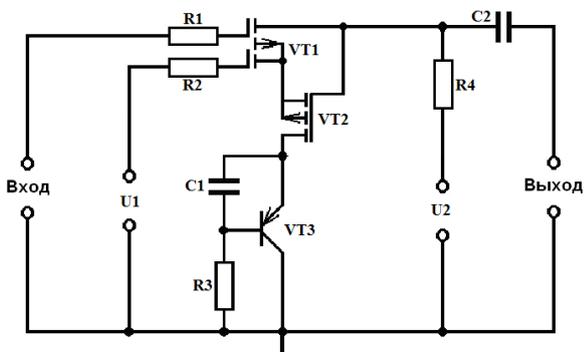
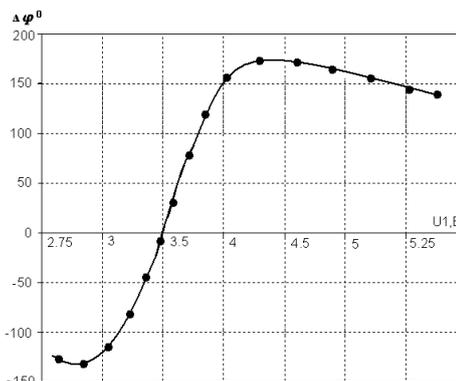
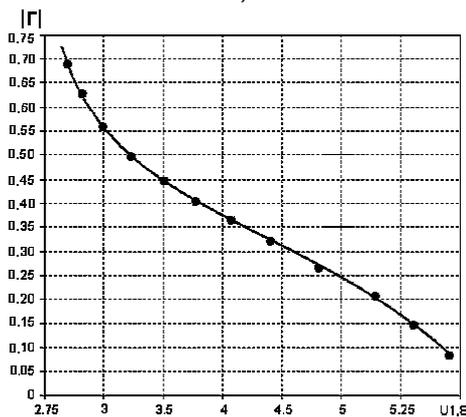


Рис. 3. Схема электрически управляемого СВЧ фазовращателя на полевой транзисторной структуре с отрицательным сопротивлением.

Fig. 3. The circuit diagram of the electrically controllable microwave phase shifter based on the unipolar transistor structure with negative resistance



a)



b)

Рис. 4. Графики зависимостей изменения фазового сдвига (а) и коэффициента отражения (б) от напряжения управления при импедансе $Z = -1,8 \cdot 10^3 - j4 \cdot 10^4$ Ом.

Fig. 4. Curves of phase shift change (a) and reflection coefficient (b) versus control voltage at impedance of $Z = -1,8 \cdot 10^3 - j4 \cdot 10^4$ Ohm

Работа была выполнена в рамках государственной научно-исследовательской работы 32-Д-354 «Разработка радиоизмерительных устройств на основе транзисторных структур с отрицательным сопротивлением» (№ гос. регистрации 0113U002097).

III. Заключение

1. Предложены новые схемотехнические решения СВЧ фазовращателей проходного типа на ёмкостном эффекте биполярно-полевых транзисторных структур с отрицательным сопротивлением.
2. Приведены результаты экспериментальных исследований, которые подтверждают возможность расширения диапазона изменения фазы СВЧ сигнала за счёт использования ёмкостного эффекта транзисторных структур с отрицательным сопротивлением.

IV. References

- [1] Sarkar S., Banerjee T., Mondal D., Sarkar B.C. Theory and performance of an electrically controlled microwave phase shifter. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 2005, vol. 43, pp. 215-220.
- [2] Осадчук В. С., Осадчук А. В., Семенов А. А., Коваль К. О., Семенова Е. А. Патент на изобретение 90435 (Украина). Электрически управляемый СВЧ фазовращатель. Опубл. в Б. И., 2010. № 8.
- [3] Осадчук В. С., Осадчук А. В., Семенов А. А., Коваль К. О., Семенова Е. А. Патент 39839 (Украина). Электрически управляемый фазовращатель диапазона СВЧ. Опубл. в Б. И., 2009. № 5.