

ИМИТАТОР ДОППЛЕРОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ

Плаксин С. В., Крысь В. Я., Погорелая Л. М., Соколовский И. И.
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
ул. Писаржевского, 5, г. Днепрпетровск, 49005, Украина
Тел.: 8056-3702182, e-mail: plm@westa-inter.com

Аннотация — Представлены результаты экспериментального исследования имитатора эффекта Доплера в волноводе с использованием модифицированного двойного волноводного Т-моста и одного варакторного диода, выступающего в роли динамического фазовращателя и управляемого пилообразным напряжением.

I. Введение

При регулировке и настройке РЛС и иных радиотехнических устройств, работающих на эффекте Доплера, возникает потребность в имитаторе доплеровского сдвига частоты [1, 2]. В имитаторах на базе периодически перестраиваемых фазовращателей на гиromaгнитных резонаторах [3, 4] из-за значительного влияния внешних нерегулярностей на амплитудную и фазовую характеристики управления линии передачи с гиromaгнитным резонатором не удается обеспечить достаточную равномерность амплитудной характеристики фазовращателя. Необходимо тщательный выбор параметров нерегулярностей, при которых неравномерность амплитудной характеристики может быть снижена в ограниченном диапазоне частот [4]. Кроме того, ввиду естественных ограничений по скорости управления фазовым состоянием таких контуров с помощью электромагнитов возникают сложности с получением высоких значений доплеровских частот. Наконец, традиционные схемы включения электроуправляемых контуров с использованием ферритовых циркуляторов для разделения входа и выхода затрудняют их практическое использование ввиду значительных температурных уходов параметров циркуляторов и требуют сложных схем термостабилизации, нередко отдельных, для У-циркуляторов и гиromaгнитных резонаторов.

Большими возможностями обладают имитаторы на полупроводниковых диодах, устанавливаемых в развязанных плечах двойного волноводного тройника [5]. Однако из-за значительного разброса характеристик варакторных диодов смещенный по частоте сигнал оказывается недостаточно когерентным, что в ряде случаев (например, при имитации малых доплеровских сдвигов) неприемлемо.

II. Основная часть

В данной работе проведено экспериментальное исследование доплеровского имитатора трехсантиметрового диапазона длин волн, построенного на базе модифицированного двойного Т-моста и одного варакторного диода. Для этого развязанные плечи моста соединены между собой дополнительной линией передачи, а в разрыве этой линии установлен варакторный диод.

На рис.1 представлена принципиальная электрическая схема имитатора.

К развязанным плечам 4, 2 моста присоединена линия передачи со встроенным полосково-волноводным держателем с варакторным диодом, установленным в точке, отстоящей на нечетное число четвертей длин волн от точки разветвления моста. К диоду от источника 5 подводится питание,

представляющее комбинацию постоянного напряжения, регулирующего выбор линейного участка вольт-фарадной характеристики варакторного диода, и пилообразного напряжения с длительностью заднего фронта менее 5 нс. Излучение СВЧ сигнала в цепь питания диода предотвращено блокировочной емкостью 6.

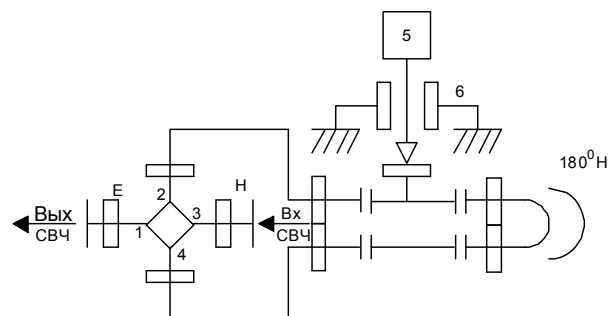


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема имитатора доплеровского сдвига частоты

Сигнал СВЧ, поданный в плечо 3 моста с равным делением мощности, проходит на плечи 4, 2. Сдвинутые по частоте сигналы отражаются от варактора за счет разности отрезков волноводов от диода до точки разветвления, составляющей $(2n+1)(\lambda_n/4)$, где $n = 0, 1, 2, \dots$; λ_n — длина волны в волноводе. Сигналы оказываются противофазными и поэтому складываются в плече 1 и взаимно компенсируются в плече 3, так что мост со стороны плеча 3 является согласованным.

Высокая развязка плеч обеспечивалась регулировкой высоты штыря, установленного в центре разветвления.

Конструктивно волноводная часть устройства состоит из трех частей: собственно моста, боковые плечи которого свернуты в плоскости Н так, что продольные оси каждого из них совпадают с осью входного плеча, и одна из узких стенок у них общая, двухканального волноводного фланца, соединенного со сдвоенным волноводом моста, и кольцевого замыкателя, примыкающего к двухканальному фланцу. В одном из каналов фланца установлен полосково-волноводный держатель с двумя пружинящими полосками, каждая из которых равна половине широкой стенки волновода. Они запаены в узких стенках волновода примерно на одинаковом расстоянии от его широких стенок. Варакторный диод установлен в канговом держателе, имеющем наружную резьбу. При вращении кангового держателя диод перемещается по высоте, пружинящие полоски прогибаются, чем и достигается хорошее согласование входного сигнала с диодом. Дополнительное согласование достигается с помощью настроечного винта, установленного в центре противоположной широкой стенки волноводного фланца. Часть фланца с канговым держателем изолирована от второй его половины и примыкающих волноводных элементов фторопластовой пленкой для подачи напряжения на диод.

Толщина пленки выбрана из соображений неискажаемой передачи пилообразных импульсов с крутым фронтом. В исследованном макете сечение канала $23 \times 10 \text{ мм}^2$, ширина полосок 5,1 мм, диаметр цангового держателя 5 мм, толщина фланца 9 мм, толщина пленки 14 мкм. Требуемая для нормальной работы длина плеч достигалась выбором длины закорачивающей линии («свертки») и настроенным штырем в широкой стенке второго волновода двоячного фланца.

III. Заключение

Испытания имитатора с использованием варакторного диода типа «Прожектор-1» продемонстрировали высокую его эффективность. На частоте 9,5 ГГц (использовался генератор стандартных сигналов Г4-56 и анализатор спектра С4-28) осуществлен сдвиг частоты 5...70 кГц со следующими характеристиками: потери преобразования менее 5 дБ, подавление несущей более 50 дБ, подавление гармоник не менее 15 дБ.

Как указывалось, отсутствие ферритовых циркуляторов в имитаторе снижает проблему термостабилизации. Используемая конструкция волноводного моста может оказаться продуктивной и при иных полупроводниковых приборах. Так, согласно [6] в диодах Ганна обнаружено существование так называемого нелинейного резонанса, вызванного перераспределением заряда между отдельными областями в диоде, так что диод Ганна выступает в качестве твердотельного электроуправляемого контура высокой добротности. Использование СВЧ узлов крепления диодов Ганна с низким тепловым сопротивлением [7], снижающих инерционность изменения фазового состояния в диодах Ганна [8], позволяет создать доплеровские имитаторы в широком интервале значений частотного сдвига с усилением преобразованного сигнала. Температурная стабилизация таких устройств при необходимости эффективно достигается с использованием реверсивных схем непрерывного термостабилизирования с однополярным питанием на базе термоэлектрических охладителей на эффекте Пельтье [10].

Укажем также, что достижение в разработанном устройстве столь значительного подавления центральной составляющей спектра преобразованного сигнала позволяет использовать его в системах связи, где сдвиг частоты входного сигнала необходим во избежание самовозбуждения ретранслятора [11].

4. Список литературы

- [1] Матюшин О. П. А. с. 543903 (СССР). Имитатор доплеровского изменения структуры электрических сигналов. Оpubл. в Б.И., 1977. № 3.
- [2] Fetter R. W., Haag W. A. A Doppler simulator for turbulence detector tests // Proc. of 16-th radar meteorol. Conf. (Hunston). Boston, Mass. S. A., 1975. P. 31—35.
- [3] Полухин Ю. Н., Рахаев А. А. Применение гиромангнитных резонаторов для сдвига частоты СВЧ сигналов // Электронная техника. Сер.1. Электроника СВЧ. 1979. Вып. 7. С.23-32.
- [4] Полухин Ю. Н., Рахаев А. А. Влияние внешних нерегулярностей на характеристики проходного фазовращателя с гиромангнитным резонатором // Электронная техника. Сер.1. Электроника СВЧ. 1980. Вып. 11. С.38-43.
- [5] Дзехцер Г. Б., Орлов О. С. Р-и-п диоды в широкополосных устройствах СВЧ. М.: Сов. радио, 1970. 200 с.
- [6] Полупроводники с объемной отрицательной проводимостью в СВЧ полях: электронные процессы и функциональные возможности / С. А. Костылев и др. К.: Наукова думка, 1987. 144 с.

- [7] Соколовський І. І., Плаксін С. В., Погоріла Л. М. Патент 57222 (Україна). Вузол кріплення напівпровідникового діода. Оpubл. в Б.И., 2003. № 6.
- [8] Плаксин С. В., Соколовский И. И. Физические основы построения быстродействующих информационно-управляющих систем на базе полупроводниковых элементов с горячими электронами. Севастополь: «Вебер», 2006. 320 с.
- [10] Активное термостатирование полупроводниковых СВЧ генераторов / А. В. Кравченко, С. В. Плаксин, И. И. Соколовский // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2005. № 3. С. 63-64.
- [11] Калашиков Н. И. Системы связи через искусственные спутники Земли. М.: Связь, 1989. 383 с.

SIMULATOR OF DOPPLER FREQUENCY SHIFT

Kris V. Y., Plaksin S. V.,
Pogorelaya L. M., Sokolovskiy I. I.
*Institute of Transport Systems and Technologies
of National academy of Sciences of Ukraine
Pisargevskogo, 5, Dnepropetrovsk, 49005, Ukraine
Ph.: 8056-370-21-82, e-mail: plm@westa-inter.com*

Abstract — The results of experimental research of imitator of Doppler effect in a waveguide with the use of modified double waveguide bridged-T network and varactor diode as a dynamic phase shifter guided by sawtooth voltage are presented.

I. Introduction

At regulation and tuning of RLS and other radio engineering devices working on the Doppler effect there is a necessity in the Doppler imitator of frequency shift [1, 2]. Imitators on the semiconductor diodes put in the untied shoulders of double waveguide T-branch have large possibilities, but due to the considerable spreading of parameters of varactor diodes the displaced by frequency signal is not enough coherent.

II. Main Part

The experimental research of 3-sm-Doppler imitator built on the base of modified double T-bridge and varactor diode was conducted. For this purpose untied shoulders of bridge were connected between itself by the additional transmission line, in the break of which a varactor diode was set. Constructively waveguide part of the device consists of three parts: 1 – the bridge with lateral shoulders convoluted in the H-plane so, that the longitudinal axes of each of them coincide with the axis of entrance shoulder, with one general narrow wall, 2 – two-channel waveguide flange, connected with doubled waveguide of a bridge, and 3 – circular closer joining to two-channel flange. In one of channels of the flange a stripline-waveguide holder comprising two springy strips, with width equal to the half of wide wall of the waveguide was set. The varactor diode was set in a split holder having male thread. The length of shoulders required for the normal work was achieved by the choice of length of short-circuit line («package») and by tuning pin in the wide wall of the second waveguide of doubled flange.

III. Conclusion

The tests of imitator with the use of varactor diode of type «Projektor-1» showed its high efficiency. On frequency 9.5 GHz the shift of frequency 5.70 kHz was achieved with the following characteristics: the transformation losses – less 5 dB, suppression of carrier frequency – more than 50 dB, suppression of harmonic components – no less 15 dB. The attainment of such considerable suppression of central component of regenerate signal spectrum allows using of the device in communication networks, where input frequency shift is needed for avoiding of self-excitation of a retransmitter.