

M.S. AZOYAN, T.M. AZOYAN

## AN EXPERIMENTAL STUDY OF COLLECTOR CIRCUIT TRANSISTOR PARAMETRIC MULTIPLIERS OF UHF

Together with the classical methods of the theory of transformation of SUPER FINE frequency (RF) signals for parametric diode devices, many practical methods are developed for analyzing and calculating the number of options each year. To the development of the general theory of the microwave signal conversion many scientific papers, are devoted whose results simplify the process of analysis and calculation, as well increase the accuracy and reliability of the system. An option to solve this problem for a microwave transistor parametric multiplier (TPU) is proposed which substantially simplifies the process of analysis, which is associated with the solution of nonlinear differential equations of the n-th order with variable coefficients.

**Keywords:** approximation, parametric, multiplier, volt-ampere, volt-Coulomb characteristic.

УДК 621.396.962.2

A.A. АВETИСЯН

## ПРИЕМНИК СИГНАЛА ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА

Рассматриваются проблемы приема сигнала в терагерцовом диапазоне частот. Показаны преимущества применения интерферометра Маха-Цендера в качестве смесителя супергетеродинного приемника в терагерцовом диапазоне. Исследуются вопросы концентрации энергии в электрооптическом модуляторе с использованием диэлектрического клина и передачи сигнала на малошумящий спутниковый конвертер.

**Ключевые слова:** терагерцовый диапазон, интерферометр Маха-Цендера, малошумящий спутниковый конвертер, диэлектрический клин.

**Введение.** Терагерцовый (ТГц) спектр находится между микроволновой и оптической областями [1,2]. Изучение миллиметровых и субмиллиметровых волн требует создания в этой области волноведущей системы, на основе которой можно создать функциональные элементы различного назначения. В работе [2] приведены основные технические характеристики полного комплекта волноводных функциональных элементов диапазона 120...150 ГГц, выполненных на основе волноводов класса "полый диэлектрический канал" (ДК-волновод), и показано, что в терагерцовом диапазоне наиболее оптимальными системами являются металлодиэлектрические волноводы. В качестве смесителя супергетеродинного приемника в терагерцовом диапазоне применяется интерферометр Маха-Цендера на основе металлодиэлектрического

волновода. Перед передачей сигнала на малощумящий спутниковый конвертер надо сфокусировать мощность сигнала и передать мощность сигнала на вход смесительного диода. Фокусирующий элемент представляет собой диэлектрический клин.

**Применение интерферометра Маха-Цендера.** В коротковолновой части миллиметрового диапазона потери в тракте сверхвысоких частот вносят заметный вклад в шумовые характеристики приемника. По этой причине большое внимание уделяется разработке устройств для сложения мощности сигнала и гетеродина. Смесители на основе диодов с барьером Шоттки работают в терагерцовом диапазоне, но их чувствительность часто бывает неадекватной для практического применения, а требуемую большую мощность гетеродина в коротковолновой части этого диапазона трудно выполнять даже в лабораторных условиях. Следовательно, проблема практической реализации чувствительных и широкополосных приемников в терагерцовом диапазоне прочно связана с поиском новых механизмов преобразования частоты. Одним из перспективных направлений в этой области является использование интерферометрических систем. В настоящей работе исследуется работа интерферометра Маха-Цендера, выполненного на основе квадратного металлодиэлектрического волновода. В отличие от традиционных балансных схем, эффективность работы которых зависит от идентичности двух смесительных диодов, в этом случае высокая степень подавления шумов гетеродина достигается при использовании только одного смесительного диода, вследствие чего шум-фактор радиоприёмника принимает низкое значение. Такой подход особенно в терагерцовом диапазоне является более перспективным и независимым.

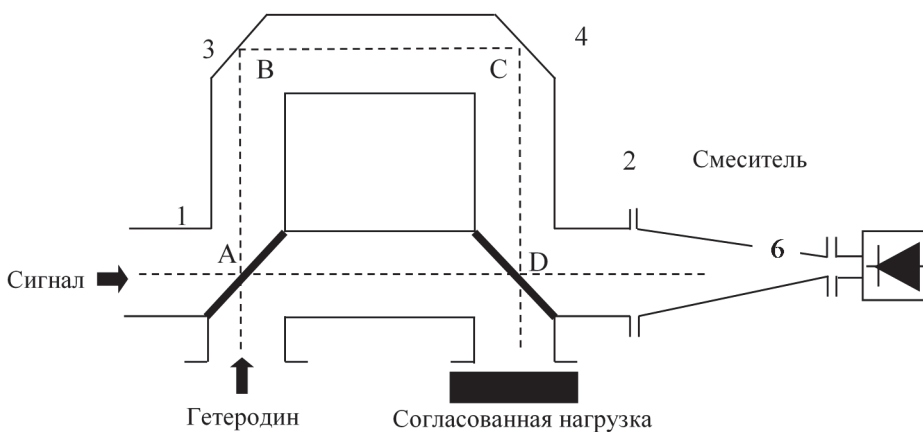


Рис. 1. Устройство сложения мощности на основе интерферометра Маха-Цендера

Интерферометр Маха-Цендера (состоящий из металлодиэлектрического волновода) с промежуточной частотой  $f_{nc} = (2 \div 10) \text{ ГГц}$  содержит два диэлектрических делителя луча 1 и 2, а также два уголкового отражателя 3 и 4 (СН - согласованная нагрузка). На рис. 1 показаны принципиальная блок-диаграмма интерферометра Маха-Цендера, а также фокусирующий элемент для электрооптического модулятора 6. Мощности сигнала и гетеродина поступают на входной диэлектрический делитель пучка 1 и затем на выходной делитель 2 по прямому каналу А-Д и через обводной канал А-В-С-Д, длины которых равны  $l_{ABCD}$  и  $l_{AD}$  соответственно. В отличие от традиционных балансных схем, в рассматриваемом случае высокая степень подавления шумов гетеродина ( $\leq 10 \text{ дБ}$ ) достигается при использовании одного смесительного диода [3,4], а шумы приемника определяются в основном шумами усилителя промежуточной частоты (УПЧ). Шум гетеродина, размещенного в некоторой полосе, оценивается выражениями:

$$\eta_z = \frac{1}{2} \left( 1 + \cos \pi \frac{\Delta f_z}{\Delta f_{nc}} \right), \quad (1)$$

$$\eta_c = \frac{1}{2} \left( 1 + \cos \pi \frac{\Delta f_c}{\Delta f_{nc}} \right). \quad (2)$$

Здесь  $\Delta f_z$  и  $\Delta f_c$  – соответственно частотные расстройки колебаний гетеродина и сигнала относительно их центральных частот, а  $f_{nc}$  – центральная частота УПЧ. Выражение для коэффициента передачи шумов гетеродина имеет вид

$$\eta_z = \frac{1}{2} \left( 1 + \cos \pi \frac{\Delta f_u}{\Delta f_{nc}} \right), \quad (3)$$

где  $\Delta f_u$  – частотная расстройка спектра шумов относительно частоты  $\Delta f_u \pm F_{nc}$ . Но даже с учетом уменьшения коэффициента подавления шумов гетеродина применение такого устройства сложения выгодно с точки зрения получения малых потерь в каналах сигнала и гетеродина одновременно. Таким образом, учитывая относительно низкие шумовые характеристики и технологическую целесообразность по сравнению с классическими схемами, в терагерцовом диапазоне применение интерферометра Маха-Цендера на основе металлодиэлектрического волновода в качестве смесителя супергетеродинного

приемника является достаточно хорошим решением. Перед передачей сигнала на малошумящий спутниковый конвертер надо сфокусировать мощность сигнала и передать на вход смесительного диода. Фокусирующий элемент представляет собой диэлектрический клин. В работе [5] проведен расчет угла направляющих диэлектрического клина, установленного в сверхразмерном металлодиэлектрическом клине.

**Малошумящий спутниковый конвертер.** После смесительного диода сигнал (около 10 ГГц) передается на малошумящий спутниковый конвертер (технические характеристики приведены в таблице). Малошумящий спутниковый конвертер LNB (Low Noise Block) (рис 2) представляет собой сочетание малошумящего усилителя 1, преобразователя частоты 2, гетеродина 3, полосовых фильтров 4 и УПЧ 5. Он принимает микроволновый сигнал в данном случае с диода, усиливает его и преобразует с понижением блока частот до нижнего блока промежуточных частот.

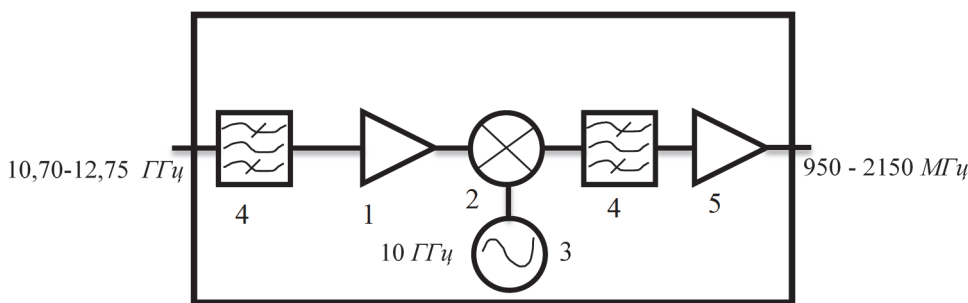


Рис. 2. Блок - схема малошумящего спутникового конвертера

Таблица

Технические характеристики малошумящего блока

Коэффициент шума	0,2 дБ
Усиление	60 дБ
Входной диапазон	10,70...12,75 ГГц
Выходной диапазон	950...2150 МГц
Нижняя/верхняя частота гетеродина	9,75 ГГц, 10,60 ГГц

**Заключение.** Таким образом, учитывая относительно низкие шумовые характеристики и технологическую целесообразность интерферометра Маха-Цендера, малый уровень потерь металлодиэлектрического волновода и малошумящего спутникового конвертера, такой подход является хорошим вариантом для приёма сигнала в терагерцовом диапазоне.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаров Г.А. Волноводные устройства сантиметровых и миллиметровых волн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 639 с.
2. Complete set of waveguide elements for 120-180 GHz band / M.Ts. Ayvazyan, Yu.N. Kazantsev, R.M. Martirosian, et al // Proceeding of the 16-th International Conference on Infrared and Millimeter Waves. – Lausanne, 1991. –P. 642 - 643
3. Дрягин Ю.А., Кукин Л.М., Лубяко Л.В. К вопросу о подавлении шумов гетеродина в супергетеродинных приемниках с высокой промежуточной частотой // Радиотехника и электроника. – 1974. – Т. 19, № 8. – С. 1779-1780.
4. Яновский М.С., Князьков Б.Н. Квазиоптические поляризационные интерферометры смесителей приемников миллиметровых и субмиллиметровых волн // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 1977. – Т. 20, № 11. – С. 35-41.
5. Айвазян М.Ц., Айвазян Ц.М. Фокусирующий элемент для электрооптического модулятора субмиллиметрового диапазона волн // Вестн. ГИУА.-2010.-Т. 2, N 1.- С. 191-194.

## Հ.Ա. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ

### ՏԵՐԱՀԵՐՑԱՅԻՆ ՏԻՐՈՒՅԹԻ ԱՁԴԱՆՇԱՆԻ ԸՆԴՈՒՆԻՉ

Դիտարկվում են տերահերցային հաճախականային տիրույթի ազդանշանի ընդունման խնդիրները: Ցույց է տրված Մախ-Ցենդերի ինտերֆերաչափի կիրառության առավելությունը որպես տերահերցային տիրույթում սուպերհետերոդինային ընդունիչի հաճախականային խառնիչ, ինչպես նաև էլեկտրաօպտիկական մոդուլատորում դիէլեկտրական սեպի կիրառմամբ էներգիայի կիզակետումը և հաղորդումը ցածր աղմկային արբանյակային ընդունիչին:

**Առանցքային բաներ.** տերահերցային տիրույթ, Մախ-Ցենդերի ինտերֆերաչափ, ցածր աղմկային արբանյակային ընդունիչ, դիէլեկտրական սեպ:

## H.A. AVETISYAN

### A RECEIVER OF A TERAHERTZ RANGE SIGNAL

The problem of signal reception in the terahertz frequency range is considered. The benefits of the use of the interferometer of Mach - Zehnder as a superheterodyne receiver mixer in the terahertz range is shown. The issues of energy concentration in the electrooptic modulator, using the dielectric wedge and a low-noise signal transmission to the satellite converter are investigated.

**Keywords:** terahertz range, interferometer Mach - Zehnder, satellite low noise converter, dielectric wedge.