

## ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ ПАНОРАМНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ И ОТРАЖЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

Д.А. КОНДРАШОВ<sup>1</sup>, А.В. ГУСИНСКИЙ<sup>2</sup>, А.М. КОСТРИКИН, М.С. СВИРИД<sup>3</sup>

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники*

*ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь*

*<sup>1</sup>denis\_kondrashov@yahoo.co.uk, <sup>2</sup>gusinski@bsuir.by, <sup>3</sup>maxim\_sv@tut.by*

Представлена схема построения панорамного измерителя комплексных коэффициентов передачи и отражения (параметров  $S_{21}$  и  $S_{11}$ ) гомодинного типа с формированием квадратурных сигналов на основе использования аппаратного многопозиционного фазовращателя СВЧ сигналов в диапазоне частот 75-110 ГГц, приводится математическая модель обработки квадратурных сигналов и ее реализация в программной модели.

*Ключевые слова:* панорамный измеритель, фазовращатель, квадратурный сигнал.

Значительное место в радиоэлектронике занимают вопросы создания и применения радиоэлектронных СВЧ-систем и средств миллиметрового диапазона волн. Исследование характеристик и параметров СВЧ-устройств при их создании и проверка соответствия таких устройств спецификационным требованиям при производственном выпуске, а также многие другие задачи и исследования требуют соответствующих средств инструментального анализа СВЧ-устройств и их соединений [1, 2].

Рассматриваемый в данной статье ВАЦ выполнен по гомодинному принципу и предназначен для автоматизированного измерения комплексных коэффициентов передачи и отражения ( $S_{11}$  и  $S_{21}$ ) волноводных устройств с цифровым отсчетом измеряемых величин и воспроизведением их частотных характеристик в декартовой системе координат на экране встроенного в ВАЦ компьютера. Объектами измерения могут быть устройства оконечного типа – двухполюсники и проходного типа – четырехполюсники. В гомодинном ВАЦ используется модуляция опорного и измерительного сигналов фазовой манипуляцией по алгоритму  $0 - \pi$ .

Принцип действия ВАЦ основан на раздельном выделении падающей на объект измерения, отраженной и прошедшей волн СВЧ сигнала. Напряжения, пропорциональные амплитудам падающей, отраженной и прошедшей волн после усиления и вычисления по специальным алгоритмам преобразуются в значения измеряемых параметров: модуль  $|S_{11}|$  и фазу  $argS_{11}$  коэффициента отражения, КСВН, модуль  $|S_{21}|$  и фазу  $argS_{21}$  коэффициента передачи. Измеряемая информация отображается в виде частотных зависимостей в декартовой системе координат с отсчетом с помощью маркера значений измеряемых параметров в любой частотной точке диапазона рабочих частот ВАЦ. Структурная схема ВАЦ представлена на рис. 1.

ВАЦ с модуляцией опорного и измерительного сигналов позволяет измерять как модуль так и фазовую характеристику параметров испытуемого устройства. Поэтому возникает необходимость снятия квадратурных сигналов, несущих информацию о косинусной и синусной составляющей сигнала.

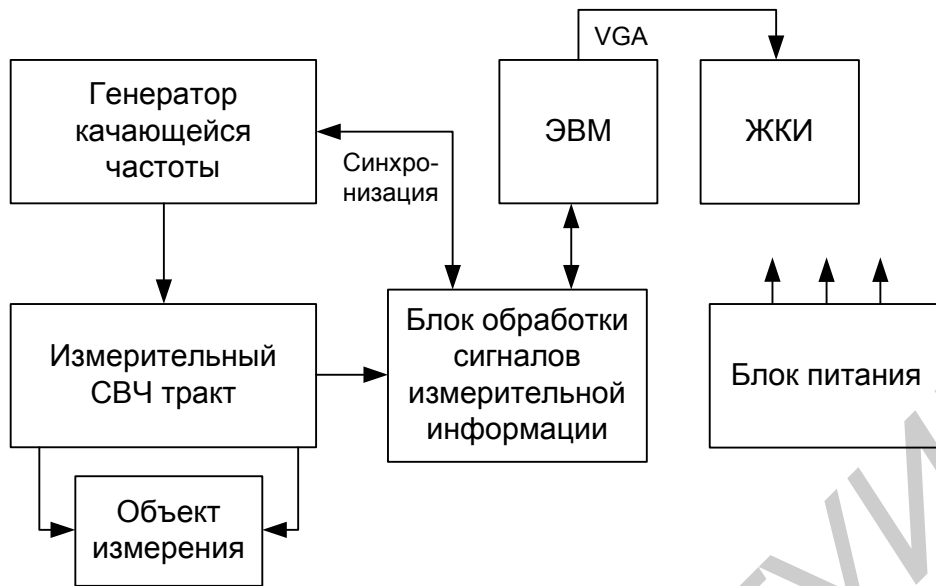


Рис. 1. Структурная схема ВАЦ

Обычно в измерительной схеме информация об измеряемом параметре содержится в сигнале, который выражается в виде [3, 4]:

$$U_1 = k_1 |S_x| \cos(\varphi_x + \varphi_0) \quad (1)$$

где  $|S_x|$  и  $\varphi_x$  – модуль и фаза измеряемой характеристики,  $k_1$  и  $\varphi_0$  – некие параметры схемы.

Для извлечения фазы  $\varphi_x$  нужно иметь синусную составляющую:

$$U_2 = k_2 |S_x| \sin(\varphi_x + \varphi_0) \quad (2)$$

где  $k_2$  – параметр схемы.

Тогда фаза может быть найдена как взятая с соответствующим знаком величина:

$$\varphi_x = \arctg(U_2 k_1 / U_1 k_2) - \varphi_0 \quad (3)$$

Используемый в рассматриваемом ВАЦ способ формирования квадратурных сигналов основан на введении в опорный канал анализатора цепей электрически управляемого бинарного фазовращателя, осуществляющего фазовую коммутацию опорного сигнала по алгоритму  $\varphi = \pi/2$ .

Разработана математическая модель обработки квадратурных сигналов для порамного измерителя комплексных коэффициентов прохождения и отражения СВЧ сигналов в диапазоне частот 75-110 ГГц. Предложенная модель позволяет строить более дешевые ВАЦ гомодинного типа и получать результаты близкие к величинам, полученным в гетеродинных системах. Также применение универсального программного обеспечения позволило реализовать все достоинства математической модели.

#### Список литературы

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М., 1988.
2. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.П. Цифровая обработка сигналов: справочник. М., 1985.
3. Рабинер Л., Голд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М., 1978.
4. Куланчев А.П. Компьютерный контроль процессов и анализ сигналов. М., 1999.