

РАЗРАБОТКА ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПАНОРАМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

А.В. САЙКОВ, А.В. ВОРОШЕНЬ, С.С. ГУРСКИЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь*

К числу наиболее эффективных измерительных средств, предназначенных для анализа параметров СВЧ-устройств (СВЧ-цепей), относятся векторные анализаторы СВЧ-цепей, представляющие современные высокопроизводительные информационно-измерительные системы, позволяющие провести необходимые измерения параметров устройств с гарантированной точностью в широких частотных диапазонах с соответствующей обработкой, представлением и хранением измеренной информации о параметрах и характеристиках испытуемых устройств.

Ключевые слова: панорамный измеритель, фазовращатель.

Научно-образовательный инновационный Центр 1.9 в течение длительного времени занимается решением актуальной проблемы: разрабатывает современные автоматизированные средства измерений для качественной настройки и производства устройств миллиметрового диапазона длин волн, а также метрологическое обеспечение измерений в этом диапазоне. В составе Центра 1.9 работает «Испытательная лаборатория аппаратуры и устройств сверхвысоких частот», аккредитованная в Системе аккредитации поверочных, калибровочных и испытательных лабораторий Республики Беларусь.

Панорамные измерители (векторные анализаторы цепей) предназначены для измерения комплексных S-параметров СВЧ устройств.

За последнее время в Центре СВЧ технологий был модернизирован панорамный измеритель в диапазоне частот 78–118 ГГц. Он имеет целый ряд современных преимуществ. Первое на что можно обратить внимание на уникальность конструкции. Функциональное двухблочное исполнение позволяет подключать испытуемое устройство, управлять процессом измерения и снимать результаты в одном рабочем положении. Верхний блок совмещает в себе генераторный блок и блок управления. В нижнем блоке располагается СВЧ измерительный тракт и блок обработки информации. В данном измерителе источником измерительного СВЧ сигнала является лампа обратной волны, с электрической подстройкой частоты. Передача СВЧ сигнала от генераторного блока к измерительному тракту нижнего блока осуществляется с помощью съемной волноводной переключки расположенной на задней панели. Главная особенность заключается в том, что верхний блок можно использовать самостоятельно как управляемый генератор СВЧ сигналов с заданным уровнем выходной мощности, перекрывающий диапазон частот 78–118 ГГц.

Измеритель позволяет измерять по отдельности или одновременно коэффициент отражения и передачи в зависимости от решаемой измерительной задачи. Собственное разработанное программное обеспечение прибора не уступает по функциональности зарубежным аналогам, позволяющее в реальном масштабе времени отображать на восьмидюймовом жидкокристаллическом дисплее результаты измерений и активно воздействовать на процессы калибровки и обработки результатов измерений, имея при этом интуитивный и понятный интерфейс даже для неопытного пользователя.

В приборе применен новый алгоритм калибровки и измерения, в основе которого лежит СВЧ фазовращатель, формирующий квадратурные сигналы, обработка которых позволяет извлечь информацию как об амплитудно-частотных, так и фазочастотных зависимостях исследуемых S-параметров. Благодаря данным нововведениям удалось значительно улучшить метрологические характеристики и расширить функциональные возможности. В итоге измеритель обладает расширенными динамическими диапазонами измерения модуля коэффициента передачи (от 0 до -55 дБ) и модуля коэффициента отражения (от 0 до -32 дБ), а пределы измерения фазы S₂₁ и фазы S₁₁ находятся от минус 180° до +180°.

Результаты экспериментальных исследований, проведенных при использовании образцового поляризационного аттенюатора и набора калибровочных мер фазового сдвига, приведены в табл. 1–2.

Табл. 1. Определение пределов измерения модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ и основной погрешности его измерения

Установленное значение $ S_{21} $, дБ	Частота, ГГц	Измеренное значение $ S_{21} $, дБ	Основная погрешность $ S_{21} $, дБ	Пределы допустимой основной погрешности $ S_{21} $, дБ
-1,00	85,00	-0,99	-0,01	±0,23
-2,00	85,00	-1,96	-0,04	±0,26
-5,00	85,00	-4,90	-0,1	±0,35
-10,00	85,00	-9,79	-0,21	±0,50
-20,00	85,00	-19,67	-0,33	±0,80
-30,00	85,00	-29,39	-0,61	±1,10
-40,00	85,00	-38,95	-1,05	±1,40
-50,00	85,00	-48,43	-1,07	±1,70

Табл. 2. Определение основной погрешности измерения фазы S₂₁

Частота, ГГц	Используемые меры из КМФС-3	Значение воспроизводимого фазового сдвига, град	Значение воспроизводимого фазового сдвига с учетом фазового сдвига КЗ, град	Измеренное значение $\arg S_{11}$, град	Пределы допустимой основной погрешности $\arg S_{11}$, град	Пределы допустимой основной погрешности измерения $\arg S_{11}$, град
90,34	3-11, 3-12 и 3-21, 3-22	-75,2	-79,6	-4,4	90,34	± 6,0
100,00		-90,0	-94,2	-4,2	100,00	
110,14		-104,6	-108,99	-4,39	110,14	
90,34	3-11, 3-12 и 3-31, 3-32	-150,4 (209,6)	-150,09	0,31	90,34	± 6,0
100,00		-180,0 (180)	176,84	-3,16	100,00	
110,14		-209,2 (150,8)	151,56	0,76	110,14	

Векторный анализатор цепей, являясь измерительным прибором, метрологически обеспечен соответствующей методикой и средствами калибровки.