

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет “ЛЭТИ”

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы по дисциплине
“Микроволновая техника”

ИЗМЕРЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕ-
ДАЧИ СВЧ УСТРОЙСТВ ПРИБОРОМ Р4-11 (Р4-23)

Санкт-Петербург
2008

В лабораторной работе студенты знакомятся с устройством и принципом действия аналоговых векторных измерителей параметров СВЧ трактов типа Р4-11, Р4-23. Эти приборы построены по единой конструктивной схеме и отличаются диапазоном частот и измерительными трактами СВЧ. Изучаются методы их использования для исследования частотных характеристик параметров рассеяния устройств СВЧ.

1. Измерители комплексных коэффициентов передачи - векторные анализаторы параметров цепей СВЧ

В векторных анализаторах устройств СВЧ измеряют комплексные коэффициенты отражения и передачи. Для этого требуется определять отношение амплитуд сигналов, так и фазовый сдвиг между ними. Фазовые измерения непосредственно на частоте СВЧ сигнала в широкой полосе частот трудно реализовать. Поэтому в векторных анализаторах цепей СВЧ, как правило, используют гетеродинные методы - перенос измерительных сигналов в область промежуточных частот (ПЧ) или низких частот (НЧ) с сохранением информации об амплитуде и фазе. Это достигается двойным или тройным преобразованием частоты сигналов в каналах падающей и отраженной/проходящей волн. После преобразования измерение амплитуд проводят вольтметром или измерителем отношения, а фазовый сдвиг – НЧ фазометром. Обычно используют метод преобразования фазового сдвига во временной интервал. В цифровых векторных анализаторах производят аналого-цифровое преобразование НЧ сигналов с последующей обработкой и вычислением искомых комплексных коэффициентов рассеяния.

Векторные измерители должны обеспечивать более широкий спектр функциональных возможностей, чем скалярные. Кроме измерения модуля и фазы коэффициентов матрицы рассеяния, требуется обеспечить индикацию их частотных зависимостей в декартовой и полярной системах координат, рассчитать вывести

частотные зависимости КСВН, модулей коэффициентов отражения и передачи, вносимого ослабления, группового времени запаздывания и пр.

2. Краткие технические данные панорамного измерителя Р4-11 (Р4-23) и его структурная схема

Эти приборы измеряют комплексные коэффициенты отражения и передачи СВЧ нагрузок, четырехполусных и многополусных устройств СВЧ в коаксиальном тракте.

Измеритель комплексных коэффициентов передачи Р4-11 имеет коаксиальный измерительный тракт 50 Ом - 16/6,95 мм или 75 Ом -16/4,61 мм и обеспечивает следующие технические и метрологические параметры:

- Частотный диапазон прибора (1...1250) МГц с разбивкой на два поддиапазона;
- Выходная мощность ГКЧ 1...10 мВт;
- Пределы измерения ослабления: $(-60 \div +10)$ дБ с абсолютной погрешностью в пределах $\Delta A = \pm (0,05A_x + 0,5)$ дБ.
- Погрешность измерения фазового угла коэффициента передачи $\Delta \varphi = \pm (1 + 0,02\varphi_x + 0,2A_x)$, °.
- Измерение КСВН: 1,05 ÷ 2,0 с относительной погрешностью в пределах $\delta \text{КСВН} = \pm (5\text{КСВН} + 3)\%$;
- Погрешность измерения угла коэффициента отражения $\Delta \varphi_r = \pm (12/\text{КСВН} + 3)$, °.
- Погрешность измерения рабочей частоты прибора в нормальных условиях при помощи встроенного частотомера не превышает $\pm(0,015f + 0,5)$ МГц в I поддиапазоне и $\pm 0,5\%$ во II поддиапазоне, где f – измеряемое значение частоты в МГц.

Измеритель комплексных коэффициентов передачи Р4-23 имеет коаксиальный измерительный тракт – 50 Ом разъем 7/3 мм и обеспечивает следующие технические и метрологические параметры:

- Частотный диапазон прибора (1...4) ГГц;

- Приборы отличаются видами измерительного тракта и рабочим диапазоном частот. Индикатор и генераторный блок выполнены по единой схеме, поэтому в дальнейшем будем рассматривать прибор Р4-11. Структурная схема аналогового векторного анализатора Р4-11 представлена на рис. 1.

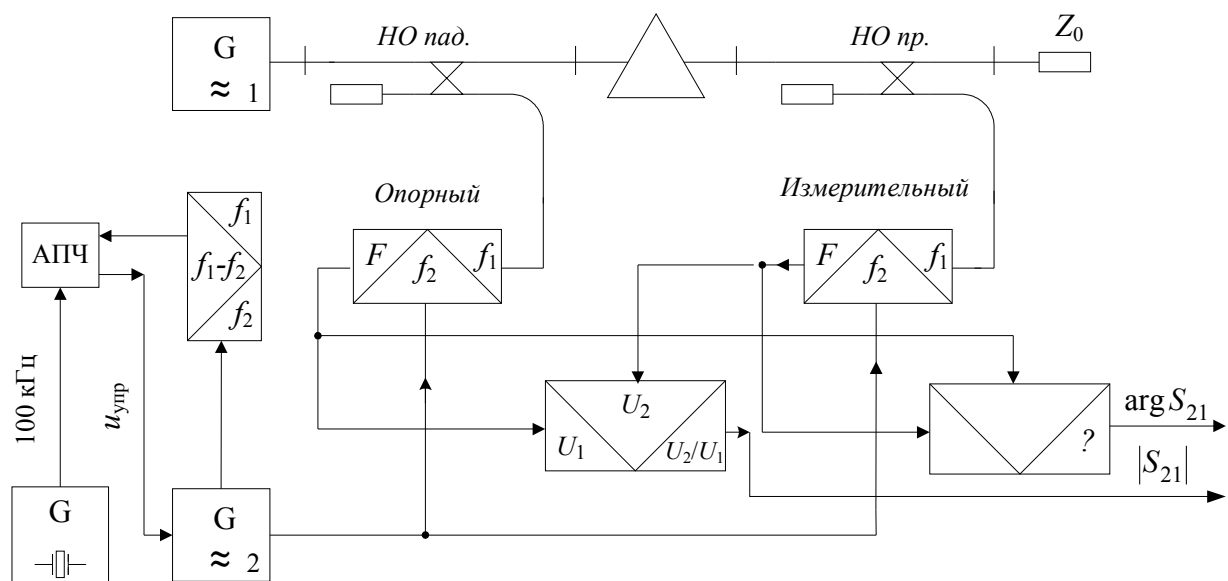


Рис.1. Структурная схема векторного анализатора Р4-11 (Р4-23) в режиме измерения коэффициента передачи

ГКЧ состоит из двух генераторов СВЧ с электрической перестройкой по частоте. Первый генератор является источником сигнала для измерительного тракта. Второй генератор используется как гетеродин для преобразователей частоты в опорном и измерительном каналах. Амплитуды сигналов первого и второго генераторов при перестройке поддерживаются постоянными, а частоты отличаются на константу, равную заданной промежуточной частоте $f_{ПЧ}=100$ кГц. Точность поддержания разности частот обеспечивается системой автоподстройки частоты (АПЧ). Опорным сигналом для АПЧ является сигнал кварцевого генератора 100 кГц. Такой двухчастотный генератор позволяет упростить дальнейшее преобразование частоты измерительных сигналов. ГКЧ работает в двух диапазонах (1...640 МГц и 640...1250 МГц). Второй диапазон реализуется преобразованием частот первого диапазона вверх на 6439 МГц.

Оцифровка оси частот на экране прибора осуществляется с помощью градуированного перестраиваемого резонансного частотомера. С его детектора в момент совпадения частоты ГКЧ с частотой резонатора на индикаторный блок поступает импульс. При этом на экране создается частотная метка, ширина которой регулируется ручкой МЕТКА.

Сигнал с выхода ГКЧ поступает на широкополосный делитель мощности (СВЧ тройник), формирующий два канала – опорный и измерительный. В измерительный канал включается исследуемое устройство, опорный служит для выделения сигнала падающей волны. Напряжение опорного канала поступает на вход ОН преобразователя частоты, измерительного – на вход ИН. Эти сигналы в смесителях преобразуются в НЧ сигналы промежуточной частоты $f_{ПЧ}=100$ кГц, которые сохраняют информацию об амплитуде и фазе падающей и проходящей (или отраженной) волны. Далее НЧ сигналы поступают на измеритель отношения, где выделяется модуль измеряемого параметра, и на фазовый детектор. Последний измеряет аргумент параметра – фазовый сдвиг между напряжениями в опорном и измерительном каналах.

Индикаторный блок прибора обеспечивает следующие функциональные возможности прибора:

- Вывод на экран частотных характеристик модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения в декартовых координатах;
- Индикацию результата в полярных координатах (круговая диаграмма);
- Калибровку по модулю и фазе измеряемого параметра.
- Отсчет измеренных значений с помощью электронного визира

3. Задание и указания к выполнению лабораторной работы

1. Подготовка установки к работе

По указанию преподавателя в лабораторной работе выполняется измерение комплексных параметров рассеяния четырехполюсного устройства СВЧ. Программа работы включает в себя калибровку прибора по модулю и по фазе, измерение частотных характеристик модуля и фазы заданного параметра рассеяния.

Соберите измерительный тракт прибора для исследования частотных характеристик коэффициента передачи (рис.2) без исследуемого устройства – вход ВУ подключите к делителю мощности напрямую.

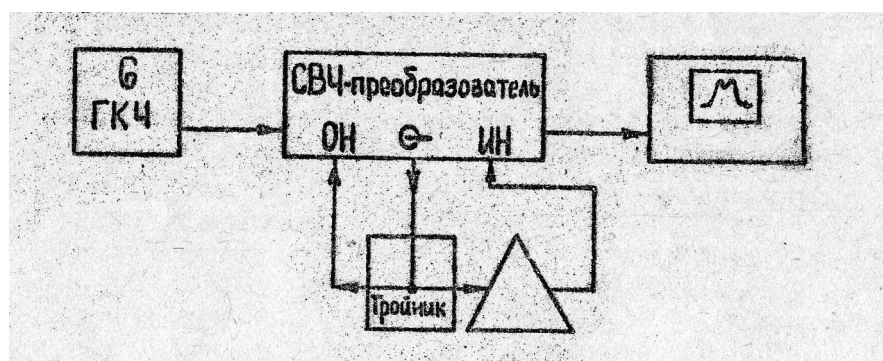


Рис.2 Схема СВЧ тракта для измерения комплексного коэффициента передачи прибором Р4-11 (Р4-23)

Установите верхний диапазон частот 640 ...1250 МГц (тумблер ДИАПАЗОНЫ в положение II) и максимальную полосу качания (ручки МИНИМАЛЬНАЯ ЧАСТОТА в крайнее левое положение, КОНЕЧНАЯ ЧАСТОТА – в крайне правое). Включите прибор и дайте ему прогреться.

2. Калибровка прибора для измерения коэффициента передачи

Откалибруйте измерительный канал по нулевому ослаблению и нулевому фазовому сдвигу (на «проход»). Для этого поставьте переключатель МОДУЛЬ в положение 0 дБ, ДЕКАРТОВАЯ – МОДУЛЬ. Установите ручкой ОТСЧЕТ электронный визир на отметку 0 дБ по шкале индикатора. Ручкой УРОВЕНЬ добейтесь наиболее ровной АЧХ выходного сигнала. Регулировкой КАЛИБР совместите линию выходного сигнала с линией визира.

Зарисуйте АЧХ сигнала (собственную АЧХ прибора). С помощью визира измерьте неравномерность собственной АЧХ (отклонение АЧХ в большую и меньшую стороны). Прибор откалиброван по модулю коэффициента передачи.

Откалибруйте прибор по фазе коэффициента передачи, для чего переведите переключатель ДЕКАРТОВАЯ – ФАЗА в положение $\pm 270^\circ$. Установите визир на отметку 0° и ручками УСТ. И ВЫРАВНИВАНИЕ добейтесь совмещения линии калибровки с линией визира при минимальном наклоне ФЧХ. Повторите калибровку для поддиапазона ФАЗА $\pm 27^\circ$.

Прибор откалиброван и готов к измерениям.

3. Измерение АЧХ и ФЧХ четырехполюсников СВЧ

Установите максимальную полосу качания, при которой выполнялась калибровка. Включите исследуемое устройство в измерительный канал между делителем мощности и входом ИН. Установите режим измерения модуля коэффициента передачи (ДЕКАРТОВАЯ-МОДУЛЬ). Зарисуйте АЧХ коэффициента передачи. Перейдите в режим ручной перестройки частоты (переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение РУЧН.). Перестраивая частоту регулятором ручного режима, измерьте АЧХ по точкам. Для этого нажимайте кнопку ОТСЧЕТ и записывайте значение ослабления по шкале электронного визира. Частоту в точке измерьте с помощью частотомера ГКЧ. Перестраивая частотомер, добейтесь на экране появления частотной метки в точке измерения.

Результаты измерений занесите в таблицу.

Переключите прибор в режим измерения ФЧХ (ДЕКАРТОВАЯ – ФАЗА $\pm 270^\circ$). И аналогичным образом измерьте по точкам частотную зависимость аргумента коэффициента передачи.

Содержание отчета по лабораторной работе

Отчет должен содержать структурную схему установки, таблицы данных и графики измеренных частотных зависимостей.

Контрольные вопросы

1. Укажите назначение аналоговых измерителей параметров цепей СВЧ типа Р4.
2. Какие элементы входят в измерительный тракт СВЧ прибора Р4-11? Как их параметры влияют на точность измерения коэффициента передачи?
3. Как устроен блок ГКЧ измерителя Р4-11? Для чего в нем применяют два генератора и систему АПЧ?
4. Для чего используют опорный канал прибора?
5. Какие функции выполняет измерительный блок прибора Р4-11? Какие меры увеличения точности предусмотрены в этом блоке?
6. Как производят калибровку прибора Р4-11 для измерения ослабления и фазы коэффициента передачи?
7. Что такое частотная метка прибора Р4-11? Как производят оцифровку шкалы индикатора?

Список литературы

1. Данилин А.А. Измерения в технике СВЧ: Учеб. пособие для вузов.- М.: Радиотехника, 2008.-184с
2. Дворяшин Б.В. Метрология и радиоизмерения / Учеб. Пособие для студентов ВУЗов, -М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 304с
3. Метрология и радиоизмерения / Учебник для ВУЗов. /Под ред. В.И.Нефедова, -М.: Высшая школа, 2003.
4. Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И.Г. Электрорадиоизмерения. - М.: Высш. шк., 1986.
5. Измерения в электронике. Справочник /Под ред. В.А. Кузнецова. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-512 с.
6. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине “Измерения на СВЧ”.А.А.Данилин, В.Н.Малышев, М.Л.Тылевич. -ЛЭТИ.- Л.:1990.- 28с.