



Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры

А.С. Шостак, И.И. Горелкин, Д.Е. Понамарёв

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНЫХ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

Руководство к лабораторной работе

Томск 2018

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Радиоконструкторский факультет

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры (КИПР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНЫХ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

Руководство к лабораторной работе по дисциплине «Антенны и
устройства СВЧ» для направления подготовки 25.05.03 и
“Микроволновые антенны и устройства СВЧ” для направления
подготовки 11.04.04

Разработчики:

профессор каф. КИПР Шостак А.С.

Студент гр.204 Горелкин И.И.

Студент гр.204 Понамарев Д.Е.

Томск 2018 г.

Методическая разработка содержит ключевые сведения, необходимые для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Антенны и устройства СВЧ» для студентов специальности 25.05.03, «Микроволновые антенны и устройства СВЧ» для студентов специальности 11.04.04.

Представленные указания помогут студентам организовать работу на лабораторных занятиях, предусмотренных рабочей программой вышеуказанных дисциплин, и заранее подготовиться к этим занятиям.

Оглавление

1 Цель работы.	5
2 Приборы, используемые в работе.....	5
3 Основные сведения о приборе Р2М.....	5
4 Схемы измерения	8
4.1 Схема измерений на Р2М	8
4.2 Схема измерений на Я2Р-67 и ГКЧ57:.....	8
5 Основные расчетные формулы:.....	9
6 Калибровка оборудования.....	10
6.1 Калибровка Р2М.....	10
6.2 Калибровка Я2Р-67 и ГКЧ57.....	13
7 Ход работы.....	14
8 Контрольные вопросы	15
Список литературы	16

Лабораторная работа

«ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНЫХ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ»

1 Цель работы.

Целью данной работы является изучение предложенных четырёхполюсников на предмет взаимности, методики измерения параметров взаимных четырёхполюсников и такие параметры, как ослабление и КСВН.

2 Приборы, используемые в работе

- 1) индикатор КСВН и ослабления Я2Р-67;
- 2) генератор качающей частоты ГКЧ57;
- 3) скалярный анализатор цепей (САЦ) серии Р2М;
- 4) четырёхполюсники
- 5) аттенюаторы
- 6) коаксиальные переходы.

3 Основные сведения о приборе Р2М

Прибор Р2М построен по архитектуре виртуальных приборов и включает в себя аппаратную и программную части. Аппаратная часть выполняет набор базовых функций, определяющих режимы измерений. Программная часть обеспечивает реализацию выбранного пользователем режима измерений, управление и вывод результатов измерений с помощью программного обеспечения (ПО) Graphit.

Структурная схема прибора Р2М приведена на рисунке 1.

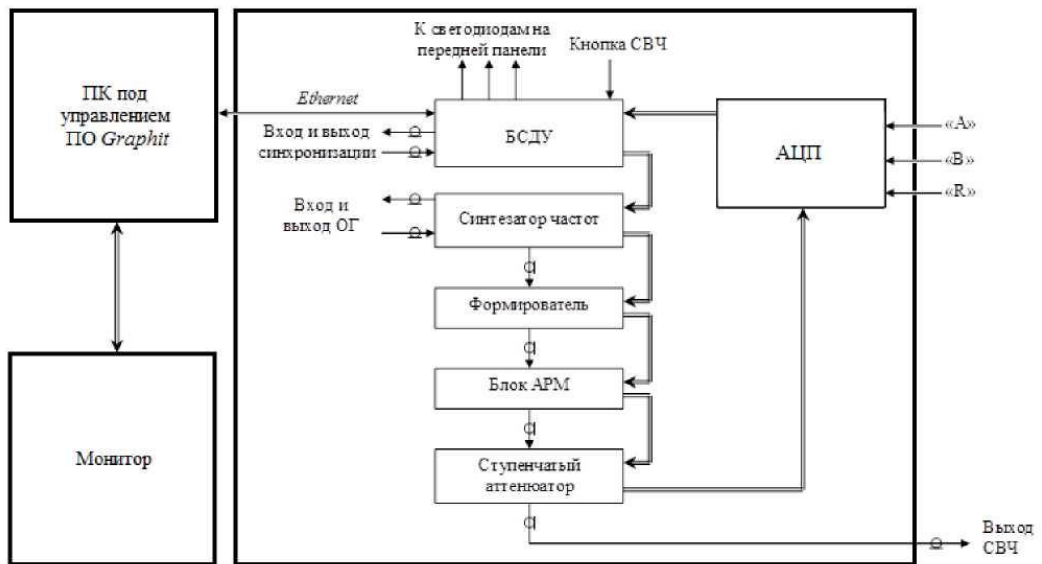


Рисунок 1 – Структурная схема P2M

Прибор P2M состоит из следующих частей:

- а) блок сбора данных и управления (БСДУ);
- б) модуль аналого-цифрового преобразователя (АЦП);
- в) синтезатор частот;
- г) формирователь;
- д) блок автоматической регулировки мощности (АРМ);
- е) ступенчатый аттенюатор;
- ж) персональный компьютер (ПК).

БСДУ подключается к ПК через интерфейс Ethernet и предназначен для сбора данных о текущем состоянии блоков P2M (частота, мощность, положение переключателей, настройки фильтров и т.д.) и управления этими блоками в зависимости от их текущего состояния. Синтезатор частот предназначен для формирования сигналов низкочастотного диапазона.

Формирователь предназначен для формирования высокочастотного диапазона путём различных преобразований (сложений и умножений) сигналов синтезатора частот. В блоке АРМ происходит усиление сигнала до заданного уровня и стабилизация уровня выходной мощности, после чего сигнал поступает на выход «СВЧ».

Стабилизация уровня выходной мощности блоком АРМ осуществляется с учётом частотной характеристики ступенчатого аттенюатора.

Сформированный высокочастотный сигнал, стабилизированный системами фазовой автоподстройки частоты и автоматической регулировки мощности, после прохождения радиоизмерительного тракта и преобразования с помощью детектора или датчика КСВ в информационный низкочастотный сигнал, пропорциональный измеряемой величине, подаётся на входы Р2М.

Входной сигнал оцифровывается в АЦП, затем результаты передаются в БСДУ. В БСДУ происходит преобразование данных и передачу их в ПК.

На задней панели Р2М размещены разъёмы входа и выхода опорного генератора (ОГ). Вход ОГ предназначен для синхронизации частоты внутреннего опорного генератора от внешнего источника. Выход ОГ используется для синхронизации по частоте других устройств или контроля сигнала внутреннего опорного генератора.

4 Схемы измерения

4.1 Схема измерений на P2M

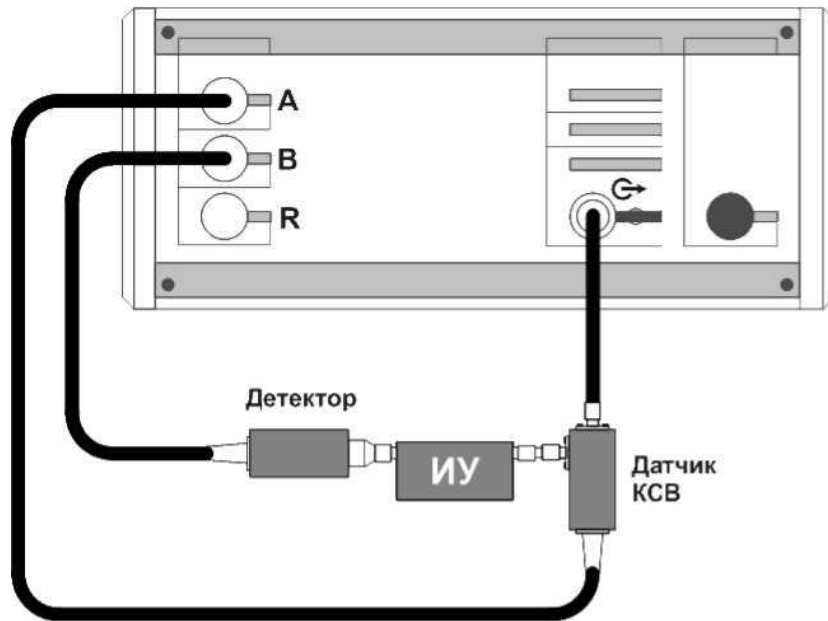


Рисунок 2 - Типичная схема измерения P2M

4.2 Схема измерений на Я2Р-67 и ГКЧ57:

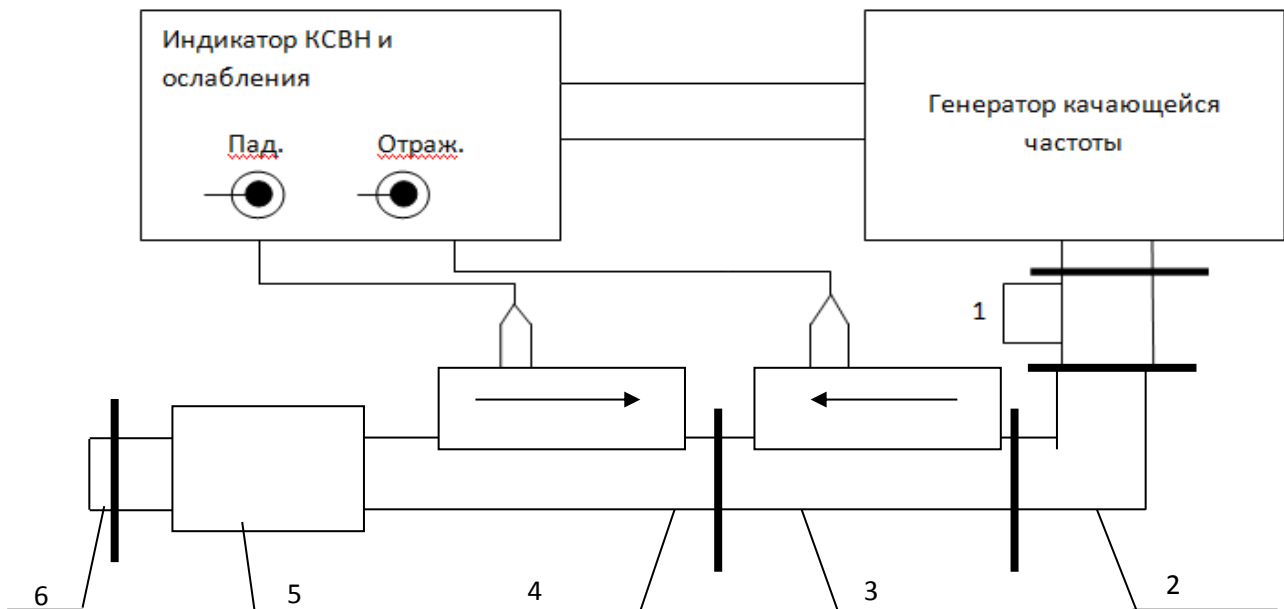


Рисунок 3 – Схема расположения прибора для измерения КСВН
 1-аттенюатор; 2-переход; 3-детектор направленной падающей волны; 4-
 детектор направленной отраженной волны; 5-измеряемый объект; 6-
 согласованная нагрузка.

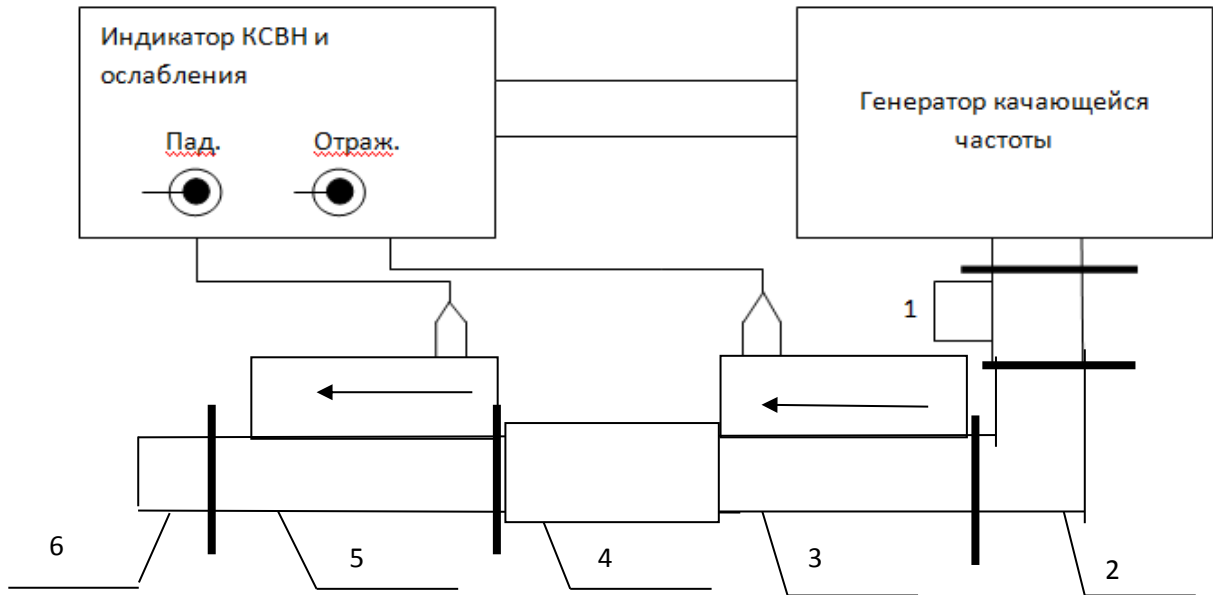


Рисунок 4 – Схема расположения прибора для измерения ослабления
 1-аттенюатор; 2-переход; 3-детектор направленной падающей волны; 4-
 измеряемый объект; 5-детектор направленной отраженной волны; 6-
 согласованная нагрузка.

5 Основные расчетные формулы:

Матрица рассеяния имеет вид:

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Через элементы матрицы рассеяния ослабление в децибелах запишется:

$$K_{dB} = 20 \lg \frac{1}{|S_{21}|} \quad (5.2)$$

КСВН на входе при условии, что четырехполюсник нагружен на согласованную нагрузку:

$$K_{стU} = \frac{1+|S_{11}|}{1-|S_{11}|} \quad (5.3)$$

Исходя из формул (3.2) и (3.3) запишем выражения для коэффициентов матрицы рассеяния:

$$S_{21} = 10^{-\frac{K_{dB}}{20}} \quad (5.4)$$

$$S_{11} = \frac{K_{стU}-1}{K_{стU}+1} \quad (5.5)$$

Погрешность измерения ослабления при калибровке в рабочем диапазоне частот прибора в децибелах не превышает величины, определяемой по формуле:

$$\Delta K_{\partial B} = \pm(0.05K_{\partial B} + 0.5), \quad (5.6)$$

где $K_{\partial B}$ – измеренное значение.

Относительная погрешность измерения КСВН вычисляется по формуле:

$$\delta K_{\partial B} = \frac{\Delta K_{\partial B}}{K_{\partial B}} * 100\% \quad (5.7)$$

Погрешность измерения КСВН при калибровке в рабочем диапазоне частот прибора в процентах не превышает величины, определяемой по формуле:

$$\delta K_{\text{ст}U} = \pm \frac{(5K_{\text{ст}U}+2)}{100-(5K_{\text{ст}U}+2)\frac{K_{\text{ст}U}}{K_{\text{ст}U}+1}} 100\%, \quad (5.8)$$

где $K_{\text{ст}U}$ – измеренное значение.

Погрешность коэффициентов матрицы рассеивания:

$$\delta K_{\text{ст}U} = \delta S_{21} = \delta S_{12} \quad (5.9)$$

$$\delta K_{\partial B} = \delta S_{11} = \delta S_{22} \quad (5.10)$$

6 Калибровка оборудования

6.1 Калибровка P2M

Для компенсации влияния амплитудно-частотной характеристики радиоизмерительного тракта на результат измерений применяется калибровка. Под радиоизмерительным трактом понимается: вспомогательные кабели переходы, датчик КСВ, детектор и блоки, находящиеся внутри прибора.

Для калибровки в режиме измерений модуля КО и КП необходимо:

- 1) собрать схему в соответствии с рисунком 5, присоединив к измерительному порту датчика КСВ (вход «Изм») нагрузку ХХ.

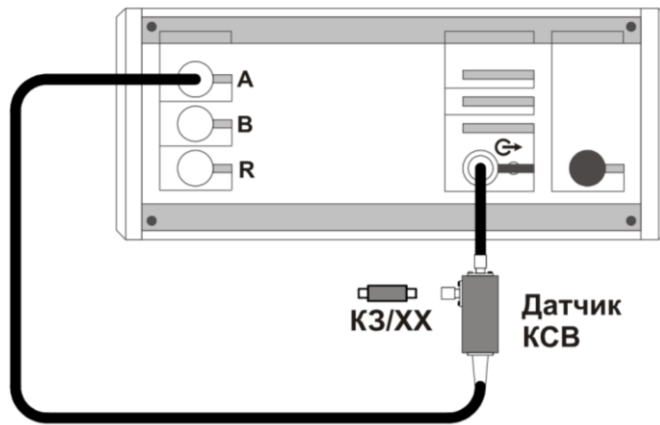


Рисунок 5 - Схема калибровки в режиме измерений модуля КО

- 2) запустить процесс измерений, при этом на передней панели Р2М должен начать светиться индикатор «Мощность»;
- 3) установить параметры по умолчанию и проверить правильность их установки;
- 4) выбрать детекторную характеристику для датчика КСВ (Рабочий стол\Лабораторная работа СВЧ \Детекторные характеристики Р2М);
- 5) проверить, чтобы при измерении отражения от нагрузки ХХ на частотной характеристике в диапазоне рабочих частот Р2М не было значительных провалов и выбросов;

Примечание - При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов, необходимо проверить надёжность сочленений. Если значительные провалы (выбросы) остались, то необходимо выключить Р2М на несколько минут и перезапустить программное обеспечение.

- б) запустить мастер калибровки «Трс1» (вход - «А», режим измерений - «отражение») и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;
- 7) по окончании калибровки, не отсоединяя нагрузку КЗ от измерительного порта датчика КСВ, определить минимальное и максимальное значения модуля КО или КСВН в диапазоне рабочих частот; они должны находиться в пределах:
 - а) $(0 \pm 0,9)$ - формат отображения «Модуль КО (дБ)»;

- б) $(1 \pm 0,1)$ - формат отображения «Модуль КО (раз)»;
- в) прямая линия со значением 10 (программное ограничение) - формат отображения «КСВН».

В противном случае калибровку повторить:

- а) отсоединить нагрузку КЗ от входа «Изм» датчика КСВ;
- б) собрать схему в соответствии с рисунком 6;

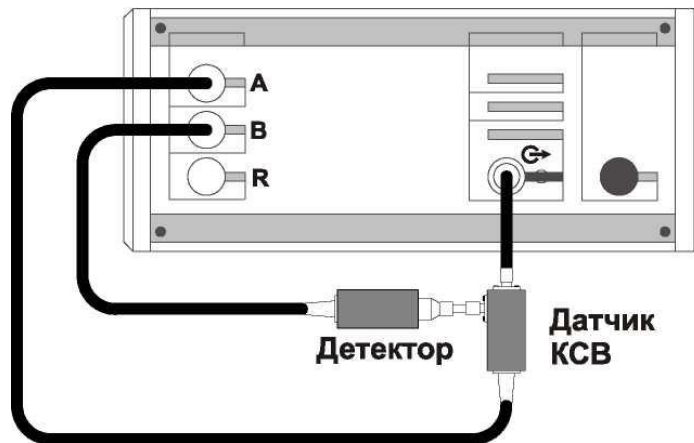


Рисунок 6 - Схема калибровки в режиме измерений модуля КП

- 8) установить отображение «Трс2». Выбрать детекторную характеристику для используемого детектора (Рабочий стол\Лабораторная работа СВЧ Детекторные характеристики P2M). Проверить, чтобы при измерении на частотной характеристике не было значительных провалов и выбросов;

Примечание - При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов, необходимо проверить надежность сочленений. Если значительные провалы (выбросы) остались, то необходимо выключить P2M на несколько минут и перезапустить программное обеспечение.

- 9) запустить мастер калибровки «Трс2» (Вход «В», режим измерений - «Модуль КП») и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;

10) По окончании калибровки, определить минимальное и максимальное значения модуля КП в рабочем диапазоне частот; они должны находиться в пределах:

- а) $(0 \pm 0,04)$ - формат отображения «Модуль КП (дБ)»;
- б) $(1 \pm 0,01)$ - формат отображения «Модуль КП (раз)».

В противном случае калибровку повторить;

6.2 Калибровка Я2Р-67 и ГКЧ57

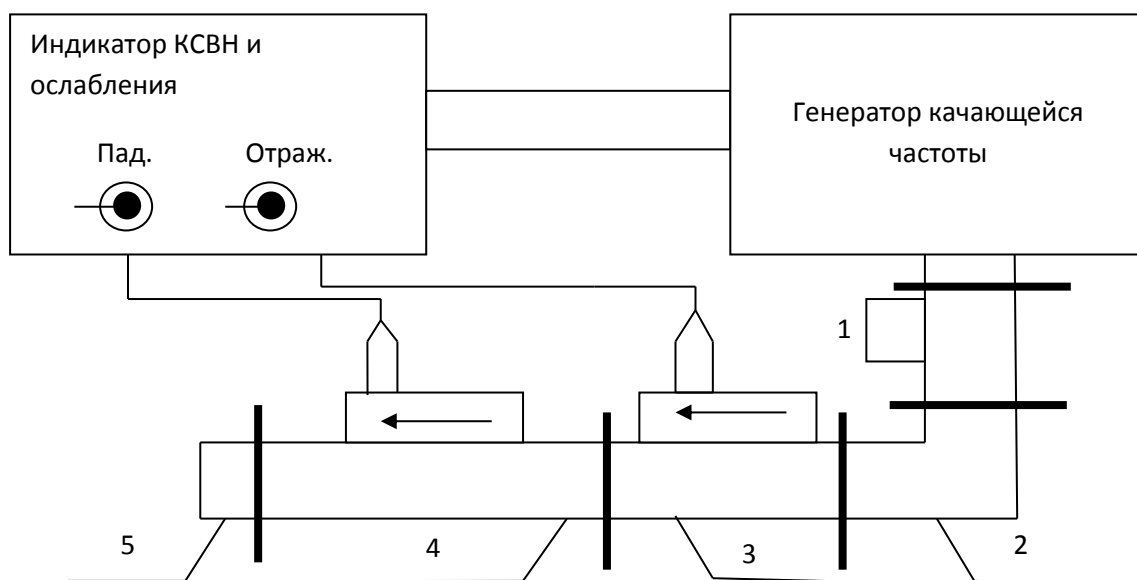


Рисунок 8 – Схема расположения прибора для калибровки

1-аттенюатор; 2-переход; 3-детектор направленной падающей волны; 4-детектор направленной отраженной волны; 5-согласованная нагрузка.

Для проведения калибровки измерительной установки необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- 1) Устанавливаем диапазон качания частоты, соответствующий диапазону указанному на блоке СВЧ;
- 2) Устанавливаем метки по краям экрана;

- 3) Устанавливаем визир индикатора на отметку 2-3mV, вращая ручку «Отсчёт»;
- 4) С помощью ручки «Пад», добиваемся совмещения линии уровня падающей мощности с линией электронного визира;
- 5) Устанавливаем переключатель «Пределы» в положение 0;
- 6) Ручкой «Отсчёт» устанавливаем визир индикатора на отметку +0,5dB;
- 7) Вращая ручку «Калибр», совмещаем линию калибровки с линией электронного визира;

7 Ход работы

- 1) Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в разделах 2,3,4;
- 2) Получить допуск по теоретической части у преподавателя;
- 3) Собрать экспериментальную установку для калибровки прибора P2M, выполнить калибровку, согласно методике, описанной в разделе 6.1;
- 4) Измерить параметры четырехполюсников. Выполнить аналогичные измерения в обратном направлении четырехполюсников, сделать вывод о взаимности четырехполюсников;
- 5) Собрать экспериментальную установку для калибровки приборов Я2Р-67 и ГКЧ57, выполнить калибровку согласно методике, описанной в разделе 6.2;
- 6) Повторить п.4 с помощью приборов Я2Р-67 и ГКЧ57;
- 7) Выполнить аналогичные измерения для других предложенных четырехполюсников;
- 8) Сравнить полученные результаты в п.4 и в.6, сделать вывод;
- 9) Вычислить коэффициенты матрицы передачи ($S_{11}, S_{12}, S_{21}, S_{22}$);
- 10) Ответить на контрольные вопросы;
- 11) Подготовить отчёт.

8 Контрольные вопросы

- 1) Основные характеристики четырехполюсника?
- 2) Виды четырехполюсников?
- 3) Что такое матрица передачи S ?
- 4) Что такое КСВН?
- 5) Что такое коэффициент отражения? В чем измеряется?
- 6) Виды погрешностей и способы их учета?

Список литературы

- 1) Руководство по эксплуатации Р2М-04 Часть 1 [Электронный ресурс] // Томск: Микран 2011. Режим доступа:
http://download.micran.ru/kia/Manual/Library/R2M/User_Manual/R2M-04-UM-001_part1.pdf
- 2) Руководство по эксплуатации Р2М-04 Часть 2 [Электронный ресурс] // Томск: Микран 2011. Режим доступа:
http://download.micran.ru/kia/Manual/Library/R2M/User_Manual/R2M-04-UM-001_part2.pdf
- 3) Руководство по эксплуатации Р2М-04 Часть 3 [Электронный ресурс] // Томск: Микран 2011. Режим доступа:
http://download.micran.ru/kia/Manual/Library/R2M/User_Manual/R2M-04-UM-001_part3.pdf
- 4) ОС ТУСУР 01-2013 [Электронный ресурс]. - Режим доступа:
http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/education/documents/inside/tech_01-2013_new.pdf