

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель генерального директора -
заместитель по научной работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



ИНСТРУКЦИЯ

**ПАНОРАМНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ КСВН И ОСЛАБЛЕНИЯ
P2-65M**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
P2-65M-2017 МП**

р.п. Менделеево

2017 г.

Содержание

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Вводная часть | 3 |
| 2 | Операции поверки | 3 |
| 3 | Средства поверки | 3 |
| 4 | Требования к квалификации поверителей | 4 |
| 5 | Требования безопасности | 4 |
| 6 | Условия поверки | 4 |
| 7 | Подготовка к проведению поверки | 4 |
| 8 | Проведение поверки | 5 |
| 8.1 | Внешний осмотр | 5 |
| 8.2 | Опробование | 5 |
| 8.3 | Определение относительной погрешности установки частоты | 7 |
| 8.4 | Определение относительной погрешности измерений КСВН | 8 |
| 8.5 | Определение абсолютной погрешности модуля коэффициента передачи | 10 |
| 9 | Оформление результатов поверки | 12 |

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика поверки (далее - МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок панорамных измерителей КСВН и ослабления Р2-65М (далее – измеритель Р2-65М), изготавливаемых Обществом с ограниченной ответственностью Научно Производственное Предприятие «Элмика» (ООО НПП «Элмика»), г. Москва, г. Зеленоград.

1.2 Первичной поверке подлежат измерители Р2-65М, выпускаемые из производства и выходящие из ремонта.

Периодической поверке подлежат измерители Р2-65М, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

1.3 Интервал между поверками 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки измерителей Р2-65М должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки измерителей Р2-65М

| Наименование операции | Пункт МП | Проведение операций при | |
|---|----------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| Внешний осмотр | 8.1 | да | да |
| Опробование | 8.2 | да | да |
| Определение относительной погрешности установки частоты | 8.3 | да | да |
| Определение относительной погрешности измерений КСВН | 8.4 | да | да |
| Определение абсолютной погрешности модуля коэффициента передачи | 8.5 | да | да |

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки измерителей Р2-65М должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства измерений для проведения поверки

| Пункт МП | Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки |
|----------|---|
| 8.3 | Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66, диапазон измерений от 10 Гц до 37,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты f_x непрерывных сигналов $\pm [\delta_0 + (f_x \cdot t_{сч})^{-1}]$, где δ_0 – относительная погрешность по частоте опорного генератора, $t_{сч}$ – установленное время счета |
| 8.4 | Комплекты образцовые волноводных нагрузок Э9-115, Э9-116, Э9-117 диапазон частот от 25,86 до 37,50 ГГц, номинальные значения КСВН 2,00; 1,40; 1,14, относительная погрешность поверки нагрузок 1,2 %; 1,0 %; 0,7 % соответственно |
| 8.5 | Аттенюатор ДЗ-36А, диапазон частот от 25,95 до 37,50 ГГц, диапазон ослабления от 0 до 70 дБ, начальное ослабление 1 дБ, допускаемая абсолютная погрешность значения установленного ослабления $A \pm (0,01 + 0,005 \cdot A)$ в диапазоне от 0 до 20 дБ, $\pm [0,11 + 0,01 \cdot (A - 20)]$ в диапазоне от 20 до 50 дБ |

3.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, которые обеспечат измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

3.3 Средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами, квалифицированными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом «Панорамный измеритель КСВН и ослабления Р2-65М. Руководство по эксплуатации Р2-65М-2017 РЭ».

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на измеритель Р 2-65М и средства поверки.

5.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

5.4 **ВНИМАНИЕ!** ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ИЗМЕРИТЕЛЯ Р2-65М ВИРТУАЛЬНАЯ КНОПКА «МОЩНОСТЬ» НАХОДИТСЯ В ПОЛОЖЕНИИ «ВКЛ.», Т. Е. НА СВЧ ВЫХОД ИЗМЕРИТЕЛЯ ПОДАЕТСЯ ЗАДАННЫЙ УРОВЕНЬ СВЧ МОЩНОСТИ.

При любых изменениях волноводной схемы измерителя Р2-65М необходимо выключить генерацию СВЧ. Для этого необходимо отжать виртуальную кнопку «Power ON/OFF» («Мощность вкл./выкл.») в правом нижнем углу виртуальной панели или подсоединить к излучающему фланцу согласованную нагрузку.

ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КОНФИГУРАЦИИ СВЧ ТРАКТА ВИРТУАЛЬНУЮ КНОПКУ «МОЩНОСТЬ» УСТАНОВИТЬ В ПОЛОЖЕНИЕ «ВКЛ.».

Во включенном положении кнопка «Power ON/OFF» (Мощн.вкл./выкл.) имеет более светлый цвет, чем в выключенном

Внимание! Осуществлять калибровку измерителя Р2-65М необходимо каждый раз после изменения диапазона свипирования частоты. При любом изменении частотного диапазона происходит перерасчет корректирующих коэффициентов для данного частотного диапазона.

Рабочее место должно быть оборудовано соответствующими трехконтактными сетевыми розетками, имеющими контакт защитного заземления. Из соображений безопасности персонала и защиты от выхода из строя детекторов *запрещается* использовать розетки без защитного заземления.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться условия, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Условия проведения поверки

| Влияющая величина | Значение |
|------------------------------------|---------------|
| Температура окружающей среды, °С | от 15 до 25 |
| Относительная влажность воздуха, % | от 30 до 80 |
| Атмосферное давление, мм рт. ст. | от 630 до 795 |
| Напряжение питающей сети, В | 230±23 |
| Частота питающей сети по, Гц | 50±1 |

7 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРКИ

7.1 Перед проведением операций поверки необходимо произвести подготовительные работы, оговоренные в руководствах по эксплуатации на измеритель Р 2-65М и на применяемые средства поверки.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Внешний осмотр измерителя Р2-65М проводить визуально без вскрытия. При этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку согласно эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на его работу;
- состояние соединительных кабелей, шнура питания.
- техническое состояние и прочность крепления органов управления и коммутации, четкость фиксации их положений, наличие плавких вставок в цепи сети питания;
- чистоту гнезд, разъемов и клемм;
- состояние соединительных кабелей, переходов;
- четкость маркировочных надписей.

8.1.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

- комплектность измерителя Р2-65М соответствует документу «Панорамный измеритель КСВН и ослабления Р2-65М. Паспорт Р2-65М-2017 ПС» (далее – ПС);
- маркировка и пломбировка соответствуют документу «Панорамный измеритель КСВН и ослабления Р2-65М. Руководство по эксплуатации Р2-65М-2017 РЭ» (далее – РЭ);
- отсутствуют механические повреждения, влияющих на работу измерителя Р2-65М;
- соединительные кабели, шнур питания не имеют повреждений;
- прочность крепления органов управления и коммутации не имеют повреждений, и их положение четко фиксируется, имеются плавкие вставки в цепи сети питания;
- гнезда, разъемы и клеммы чистые;
- соединительные кабели, переходы не имеют повреждений;
- маркировочные надписи четкие.

В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8.2 Опробование

8.2.1 Переключатель "POWER" («О I») измерителя Р2-65М и ПК установить в положение выключено.

8.2.2 Подключить измеритель Р2-65М и ПК к сети электропитания при помощи трехжильных сетевых кабелей, входящих в комплект прибора.

8.2.3 Собрать схему, приведенную на рисунке 1. Включить измеритель Р2-65 и ПК.

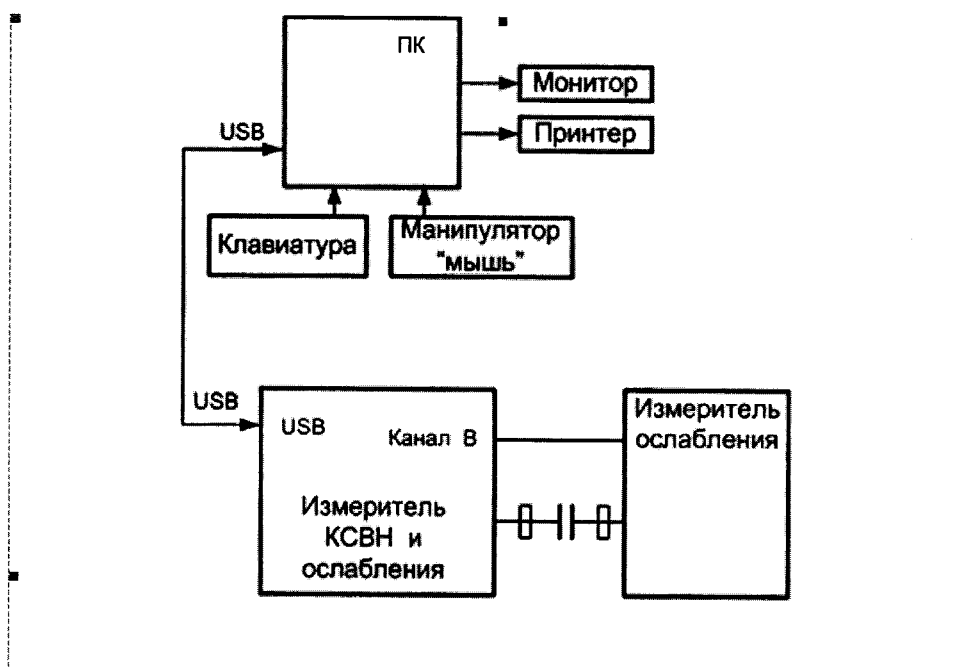


Рисунок 1

8.2.4 Выполнить операции по установке на ПК программное обеспечение (далее – ПО) с директории для инсталляции программы **Installer_Scalar_Synthesizer**, которая записана на **Flash-memory** (или **CD-ROM**), входящей в комплект поставки, в соответствии с п. 7.2 документа РЭ.

8.2.5 По завершению установки запустить ПО «**Scalar Synthesizer**». По окончании запуска ПО «**Scalar Synthesizer**» контролировать появление на экране монитора ПК виртуальную панель управления (рисунок 2).

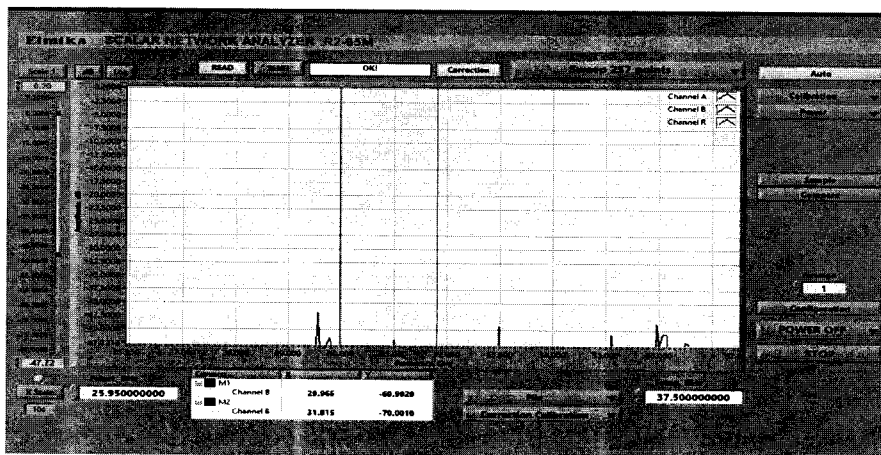


Рисунок 2

8.2.6 Убедиться в том, что все виртуальные кнопки (органы управления) функционируют.

8.2.7 Выполнить идентификацию ПО «**Scalar Synthesizer**», последовательно выполнив следующие операции:

– для операционной системы Windows установить программу **HashTab версия v6.0.0.28** (программа распространяется бесплатно в свободном доступе), для установки программы на ПК надо запустить файл **HashTab_v6.0.0.28_Setup.exe**, программа встраивается в операционную систему;

– сделать настройку программы **HashTab версия v6.0.0.28**, зайдя по ссылке “**Setting**”, в настройках указать алгоритм, по которому будем считаться контрольная сумма, выбирать подсчет суммы по алгоритму **CRC32**.

– в **C/Scalar Synthesizer/** выбрать правой кнопкой мыши файл **Scalar_Synthesizer.exe**, открыть «**Свойства**», в окне свойств выбрать пункт **File Hashes**, сумма считается сразу автоматически и показывается в окне **File Hashes**, результат наблюдения контрольной суммы зафиксировать в рабочем журнале;

– в строке «**Версия**» наблюдать версию файла **Scalar_Synthesizer.exe**, результат наблюдения зафиксировать в рабочем журнале.

Результаты идентификации ПО считать положительными, если:

– для поверяемого измерителя Р 2–65М значение версии файла «**Scalar_Synthesizer.exe**»: **1.0.0.0**, а его контрольная сумма по **CRC32**: **2E62AED0**.

В противном случае результаты идентификации ПО считать отрицательными и последующие операции проверки не проводить.

8.2.8 Результаты опробования считать положительными, если:

– все соединения по п. 8.2.3 выполнены;

– ПО «**Scalar Synthesizer**» установлено на ПК и по окончании его запуска на экране монитора ПК наблюдали виртуальную панель управления (рисунок 2);

– результаты идентификации ПО положительные;

– виртуальные кнопки (органы управления) функционируют.

В противном случае результаты опробования считать отрицательными и последующие операции проверки не проводить.

8.3 Определение относительной погрешности установки частоты

8.3.1 Измерения проводить при устанавливаемых значениях частот $f_0^y = 25,95$ ГГц, $f_1^y = 32,00$ ГГц, $f_2^y = 37,50$ ГГц.

8.3.2 Для измерений значений устанавливаемых частот на измерителе P2-65М использовать частотомер электронно-счетный ЧЗ-66 (далее – частотомер ЧЗ-66).

Подключить к волноводному СВЧ выходу ЧЗ-66, как показано на рисунке 3.

Подготовить частотомер ЧЗ-66 к измерениям, установив режим измерения на фиксированной частоте и режим модуляции НГ.

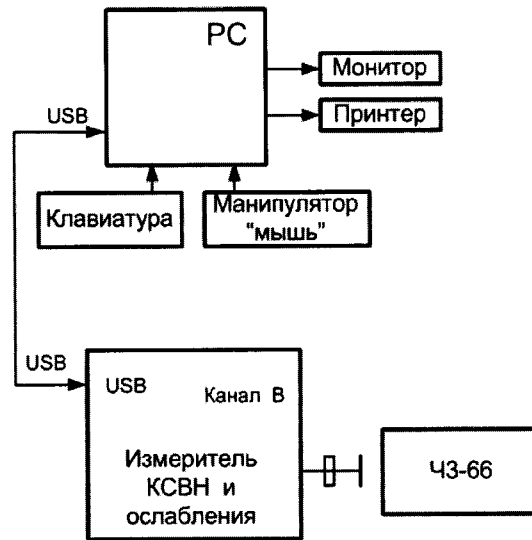


Рисунок 3

8.3.3 Включить питание ПК. После включения ПК включить измеритель P2-65 и ПК. Запустить ПО «Scalar Synthesizer». Прогреть измеритель P2-65М в течение 30 мин.

8.3.4 Установить на измерителе P2-65М частоту f_0^y (см. п. 8.3.1) в качестве начальной и конечной частоты диапазона с помощью виртуальных кнопок **Fstart,GHz** (Fстарт,ГГц) и **Fstop,GHz** (Fстоп,ГГц).

8.3.5 Выполнить измерение значения установленной частоты f_0^y частотомером ЧЗ-66. Результат измерений f_0^H зафиксировать в рабочем журнале.

8.3.6 Выполнить операции п. 8.3.4, установив на измерителе P2-65М частоту f_2^y (см. п. 8.3.1) в качестве начальной и конечной частоты диапазона.

8.3.7 Выполнить измерение значения установленной частоты f_2^y частотомером ЧЗ-66. Результат измерений f_2^H зафиксировать в рабочем журнале.

8.3.8 Выполнить операции п. 8.3.4, установив на измерителе P2-65М частоту f_1^y (см. п. 8.3.1) в качестве начальной и конечной частоты диапазона.

8.3.9 Выполнить измерение значения установленной частоты f_1^y частотомером ЧЗ-66. Результат измерений f_1^H зафиксировать в рабочем журнале.

8.3.10 Рассчитать относительную погрешность установки частоты $\delta_{f_i^y}$, в %, по формуле:

$$\delta_{f_i^y} = \frac{f_i^y - f_i^H}{f_i^H} \cdot 100, \quad (1)$$

где $i = 0, 1, 2$.

8.3.11 Результаты поверки считать положительными, если значения $\delta_{f_i^y}$ находятся в пределах $\pm 0,001$ %.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8.4 Определение относительной погрешности измерений КСВН

8.4.1 Измерения для определения относительной погрешности измерений КСВН проводить на частотах f : 25,95; 32,00; 37,50 ГГц.

8.4.2 Для определения относительной погрешности измерений КСВН к входу подключать комплекты образцовые волноводных нагрузок Э9-115, Э9-116, Э9-117 с номинальными значениями КСВН 2,00; 1,40; 1,14.

8.4.3 Включить измеритель P2-65 и ПК. Запустить ПО «**Scalar Synthesizer**». Прогреть измеритель P2-65М в течение 30 мин.

8.4.4 Выполнить калибровку измерителя P2-65М для измерений КСВН (схема измерений приведена на рисунке 4) в следующем порядке:

– установить диапазон свипирования частоты в окнах **Fstart,GHz** (Fстарт,ГГц) и **Fstop,GHz** (Fстоп,ГГц) виртуальной панели управления от 25,95 до 37,50 ГГц.

– выбрать пункт «**Reflection Calibration**» (Калибр. по отр.) в «**Calibration**» («Калибровка»), на экране наблюдать сообщение «**Connect open circuit**» («Подсоедините нагрузку холостого хода»);

– подсоединить к выходному фланцу измерителя P2-65М вставку « $\lambda/4$ » совместно с плоским короткозамыкателем из комплекта поставки измерителя P2-65;

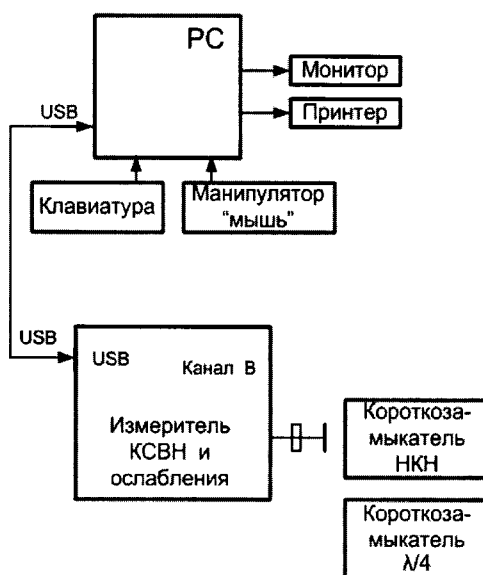


Рисунок 4

– нажать кнопку «**ОК**» и ждать завершения операции, о завершении операции свидетельствует сообщение «**Connect short circuit**» («Подсоедините короткозамкнутую нагрузку») на экране ПК;

– подсоединить короткозамкнутую нагрузку (плоский короткозамыкателем) к выходному фланцу измерителя P2-65М;

– нажать кнопку «**ОК**» и ждать завершения операции, завершении операции свидетельствует возвращение в состояние «**Calibration**» («Калибровка»).

Калибровку выполнять в строгой последовательности по подсказкам ПО.

Выбрать в «**Power**» («Начальные кривые») пункт «**Reflection**» («Коэффициент отражения»).

Непосредственно после калибровки, при не отключенном короткозамыкателе, показания на экране монитора ПК в диапазоне частот будут представлять собой частотную характеристику близкую по значению к «1» при нажатой кнопке «**Lin.**» («Лин.») или к «0» - если нажата кнопка «**Log.**» («Лог.») При переходе в режим измерения КСВН (при нажатой кнопке «**VSWR**» («КСВН»)) результат измерения КСВН короткозамыкателей находится за верхним пределом экрана ПК (КСВН короткозамыкателя равен бесконечности.).

Отключить короткозамыкатель. Измеритель P2-65М подготовлен к измерению КСВН.

8.4.5 Подсоединить образцовую волноводную нагрузку (см п. 8.4.2) к фланцу рефлектометра (рисунок 5).

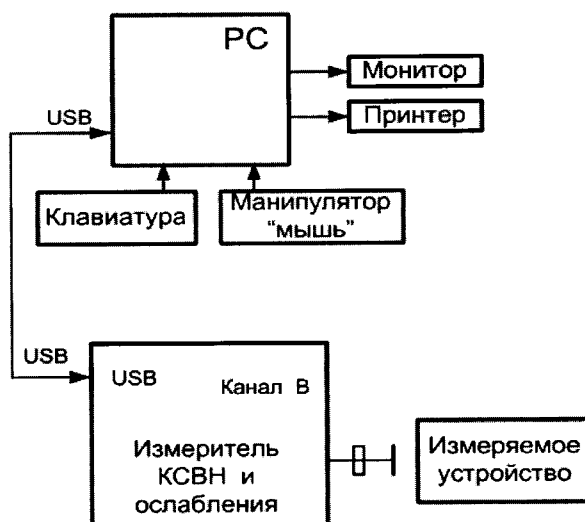


Рисунок 5

8.4.6 Выбрать пункт «**Reflection**» («Коэфф. отражения») в «**Power**» («Начальные кривые»). С помощью кнопки «**VSWR/Г**» («КСВН/Г») вывести на экран ПК значения КСВН.

Кнопка «**Correction**» («Коррекция») при измерениях должна быть нажата (нажата по умолчанию).

С помощью кнопки «**Log/Lin.**» («Лог./Лин.») выбрать линейный масштаб для шкалы ординат.

На экране ПК наблюдать отображение измеренных значений КСВН подключенной образцовой волноводной нагрузки.

8.4.7 Измерения выполнить для всех объектов измерений, приведенных в п. 8.4.2.

8.4.8 Вычислить относительную погрешность измерений КСВН $\delta_{K_{сгу}}$, в %, по формуле

$$\delta_{K_{сгу}} = \left(\frac{K_{сгу}^И - K_{сгу}^Э}{K_{сгу}^Э} \right) \cdot 100, \quad (2)$$

где $K_{сгу}^Э$ – значения КСВН образцовых волноводных нагрузок (объектов измерений).

8.4.9 Результаты поверки считать положительными, если значения $\delta_{K_{сгу}}$, в %, находятся в пределах $\pm(1 + 4 \cdot K_{сгу}^И)$.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8.5 Определение абсолютной погрешности измерений модулей коэффициентов передачи

8.5.1 Измерения для определения абсолютной погрешности измерений модулей коэффициентов передачи проводить на частотах f : 25,95; 32,00; 37,50 ГГц.

8.5.2 Выполнить операции калибровки измерителя P2-65M для измерений коэффициента передачи в следующей последовательности:

– подсоединить входной фланец канала В к выходному фланцу блока измерения ослабления из комплекта поставки измерителя P2-65M (рисунок 6);

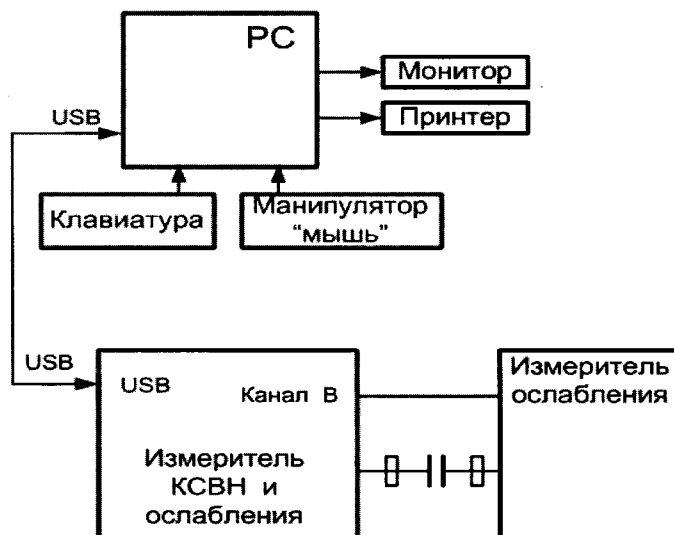


Рисунок 6

– установить диапазон свипирования частоты в окнах F_{start}, GHz (Fстарт, ГГц) и F_{stop}, GHz (Fстоп, ГГц) виртуальной панели управления в соответствии с п. 8.5.1, кнопка коррекции должна быть нажата (нажата по умолчанию), чтобы подключить коэффициенты коррекции по нелинейности.

– выбрать пункт «Normalization» («Нормализация») в «Calibration» («Калибровка»), на экране монитора ПК наблюдать сообщение «Prepare for transmission calibration» («Подготовьтесь к калибровке по передаче»).

– нажать кнопку «OK» и ждать завершения операции, о завершении калибровки свидетельствует возвращение в состояние «Calibration» («Калибровка»).

– установить «Power» («Начальные кривые») в положение «Transmission» («Коэфф. передачи»).

Непосредственно после калибровки, показания экрана ПК в диапазоне частот будут представлены прямой, то есть коэффициент передачи равен 1 при нажатой кнопке «lin» или «0», если нажата кнопка «log», то есть ослабление равно 0 дБ.

Калибровка завершена. Измеритель P2-65M подготовлен к измерению модулей коэффициентов передачи.

8.5.3 Для проведения измерений модулей коэффициентов передачи $|S_{21}|$ собрать схему, приведенную на рисунке 7, подсоединив измеряемое устройство между выходным фланцем и ответвителем «В» измерителя P2-65M (рисунок 7).

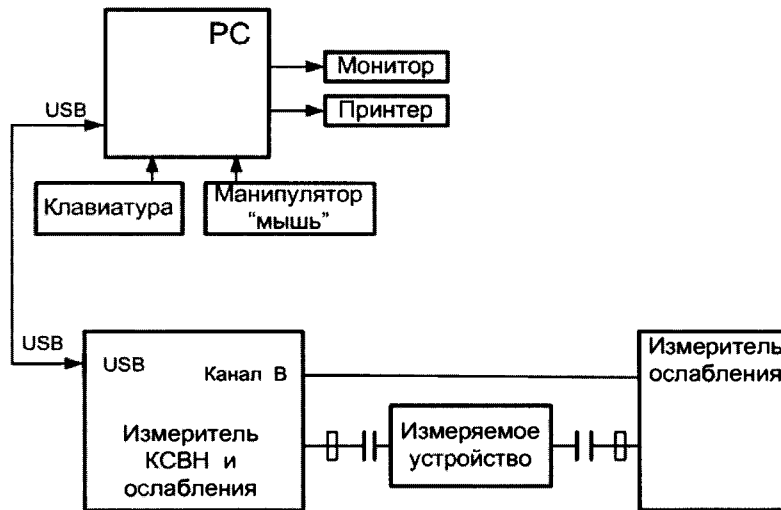


Рисунок 7

8.5.4 В качестве измеряемого устройства (объекта измерений) подключить аттенуатор ДЗ-36А (далее – ДЗ-36А) при значениях ослабления A : 0,0; 1,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0 и 40,0 дБ.

8.5.5 Установить ослабление ДЗ-36А равным $A = 0$ дБ.

8.5.6 Выбрать пункт «**Transmission**» («Коэфф. передачи») в «**Power**» («Начальные кривые»). Кнопка «**Correction**» («Коррекция») при измерениях должна быть нажата (нажата по умолчанию).

На экране монитора ПК наблюдать отображение измеренных сигналов (АЧХ измеряемого устройства).

Кнопку «**Log./Lin.**» («Лог./Лин.») установить в положение **Lin.** («Лин.»).

8.5.7 Отсчитать измеряемое поверяемым измерителем P2-65М значение модуля коэффициента передачи $|S_{21}^0|_И$.

8.5.8 Последовательно устанавливая ослабление эталонного аттенуатора равным A дБ (см. п. 8.5.4) и отсчитать измеряемое поверяемым измерителем P2-65М значение модуля коэффициента передачи $|S_{21}^A|_И$.

8.5.9 Выполнить п. 8.5.8 для всех значений ослабления A (см. п. 8.5.4) и частот f , приведенных в п. 8.5.1, фиксируя измеренные значение модуля коэффициента передачи $|S_{21}^A|_И$.

8.5.10 Рассчитать абсолютную погрешность измерений ослабления Δ_A , в дБ, по формуле

$$\Delta_A = |S_{21}^A|_И - |S_{21}^0|_И - A. \quad (3)$$

8.5.14 Результаты поверки считать положительными, если значения Δ_A находятся в пределах $\pm(0,4 + 0,04 \cdot |S_{21}^A|_И)$ дБ.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Измеритель Р2-65М признается годным, если в ходе поверки все результаты положительные.

9.2 На измеритель Р2-65М, который признан годным, выдается выдается Свидетельство о поверке по установленной форме.

Знак поверки наносить в виде наклейки или оттиска клейма поверителя на свидетельство о поверке.

9.3 Измеритель, имеющий отрицательные результаты поверки в обращение не допускается, и на него выдается Извещение о непригодности к применению с указанием причин непригодности.

Начальник НИО-2
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник лаборатории 203
ФГУП «ВНИИФТРИ»



В.А. Тищенко

А.В. Мыльников