

УТВЕРЖДАЮ

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



А.Н. Щипунов

*Handwritten signature in blue ink*

« 25 » 06 2020г.

# Государственная система обеспечения единства измерений

## ПАНОРАМНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ КСВН И ОСЛАБЛЕНИЯ P2-67M

### МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

### ИРВМ 411220.014 МП

р.п. Менделеево

2020 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	5
7	Подготовка к проведению поверки	5
8	Проведение поверки	5
8.1	Внешний осмотр	5
8.2	Опробование	6
8.3	Определение относительной погрешности установки частоты	7
8.4	Определение относительной погрешности измерений КСВН	8
8.5	Определение абсолютной погрешности измерения ослабления	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 Р2-67М (далее – измеритель Р2-67М), изготавливаемых обществом с ограниченной ответственностью Научно Производственное Предприятие «Элмика» (ООО НПП «Элмика»), г. Москва, г. Зеленоград.

1.2 Первичной поверке подлежат измерители Р2-67М, выпускаемые из производства и выходящие из ремонта.

Периодической поверке подлежат измерители Р2-67М, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

1.3 Интервал между поверками 1 год.

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки измерителей Р2-67М должны быть выполнены операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки измерителей Р2-67М

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 измерения ослабления	8.5	да	да

2.2 Допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации, по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатирующей организации (заявки на проведение поверки).

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки измерителей Р2-67М 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 548В, диапазон измерений от 10 Гц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $f_x$ непрерывных сигналов $\pm [\delta_o + (f_x \cdot t_{сч})^{-1}]$ , где $\delta_o$ – относительная погрешность по частоте опорного генератора $10^{-6}$ , $t_{сч}$ – установленное время счета
8.4	Комплекты образцовые волноводных нагрузок Э9-85 диапазон частот от 12,05 ГГц до 17,44 ГГц, номинальные значения КСВН 2,00; 1,40; 1,14, пределы допускаемой относительной погрешности поверки нагрузок $\pm 1,0\%$ ; $\pm 1,0\%$ ; $\pm 0,5\%$ соответственно



Продолжение таблицы 2

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
8.5	Аттенуатор волноводный поляризационный ДЗ-34А (диапазон частот от 12,05 до 17,44 ГГц, КСВН не более 1,2, диапазон ослабления от 0 до 70 дБ, начальное ослабление 0,5 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности значения установленного ослабления $A \pm(0,01+0,005 \cdot A)$ на участке диапазона ослабления от 0 до 50 дБ и $\pm[0,11+0,01 \cdot (A-50)]$ на участке диапазона ослабления от 50 до 70 дБ

3.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого комплекса с требуемой точностью.

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

3.4 При поверке использовать персональный компьютер (далее – ПК), удовлетворяющий следующим требованиям:

- наличие монитора, клавиатуры, манипулятора «мышь»;
- процессор Intel i5 или эквивалентный;
- объем оперативной памяти не менее 4 ГБ;
- объем памяти жесткого диска не менее 500 МБ;
- жидкокристаллический монитор размером экрана не менее 17 дюймов с соотношением сторон 16:9 и разрешением не менее 1600x900;
- не менее 2 гнезд интерфейса USB-2;
- операционная система Windows 10, 32 бит или более поздняя.

#### **4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ**

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными 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 Р2-67М. Руководство по эксплуатации ИРВМ 411220.014 РЭ» (далее – ИРВМ 411220.014 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, приведенные в ИРВМ 411220.014 РЭ 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 Р2-67М ВИРТУАЛЬНАЯ КНОПКА «МОЩНОСТЬ» НАХОДИТСЯ В ПОЛОЖЕНИИ «ВКЛ.», Т. Е. НА СВЧ ВЫХОД ИЗМЕРИТЕЛЯ ПОДАЕТСЯ ЗАДАННЫЙ УРОВЕНЬ СВЧ МОЩНОСТИ.

При любых изменениях волноводной схемы измерителя Р2-67М 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

5.5 **ВНИМАНИЕ!** Осуществлять калибровку измерителя Р2-67М необходимо каждый раз после изменения диапазона свипирования частоты. При любом изменении частотного диапазона происходит перерасчет корректирующих коэффициентов для данного частотного диапазона.

5.6 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	220±22
Частота питающей сети по, Гц	50,0±0,5

## 7 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРКИ

7.1 Перед проведением операций поверки необходимо произвести подготовительные работы, оговоренные в ИРВМ 411220.014 РЭ и в руководствах по эксплуатации на применяемые средства поверки.

## 8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Внешний осмотр измерителя Р2-67М проводить визуально. При этом необходимо проверить:

- комплектность согласно документу «Панорамный измеритель КСВН и ослабления Р2-67М. Паспорт ИРВМ 411220.014 ПС» (далее – ИРВМ 411220.014 ПС);
- маркировку и пломбировку согласно ИРВМ 411220.014 РЭ;
- 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 поверяемого измерителя Р2-67М соответствует разделу 3 ИРВМ 411220.014 ПС;
- маркировка и пломбировка соответствуют ИРВМ 411220.014 РЭ;
- отсутствуют механических повреждений, влияющих на работу поверяемого измерителя Р2-67М;
- соединительные кабели, шнур питания не имеют повреждений;
- прочность крепления органов управления и коммутации не имеют повреждений, и их положение четко фиксируется, имеются плавкие вставок 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») поверяемого измерителя P2-67M и ПК установить в положение выключено.

8.2.2 Подключить поверяемый измеритель P2-67M и ПК к сети электропитания при помощи трехжильных сетевых кабелей, входящих в его комплект.

8.2.3 Собрать схему, приведенную на рисунке 1. Включить измеритель P2-67M и ПК.

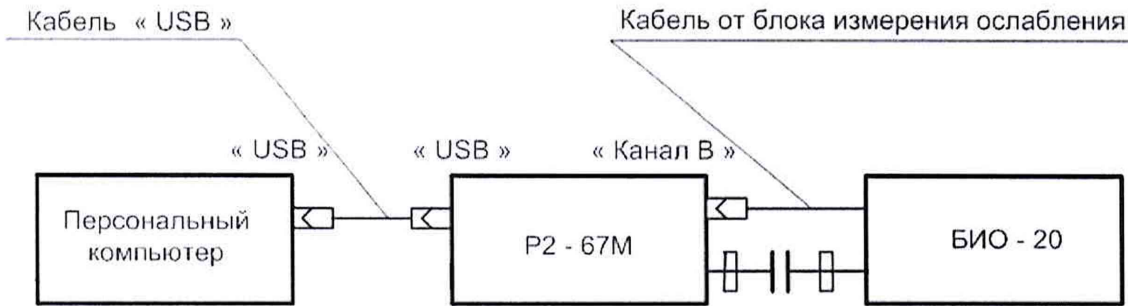


Рисунок 1

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 ИРВМ 411220.014 РЭ.

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

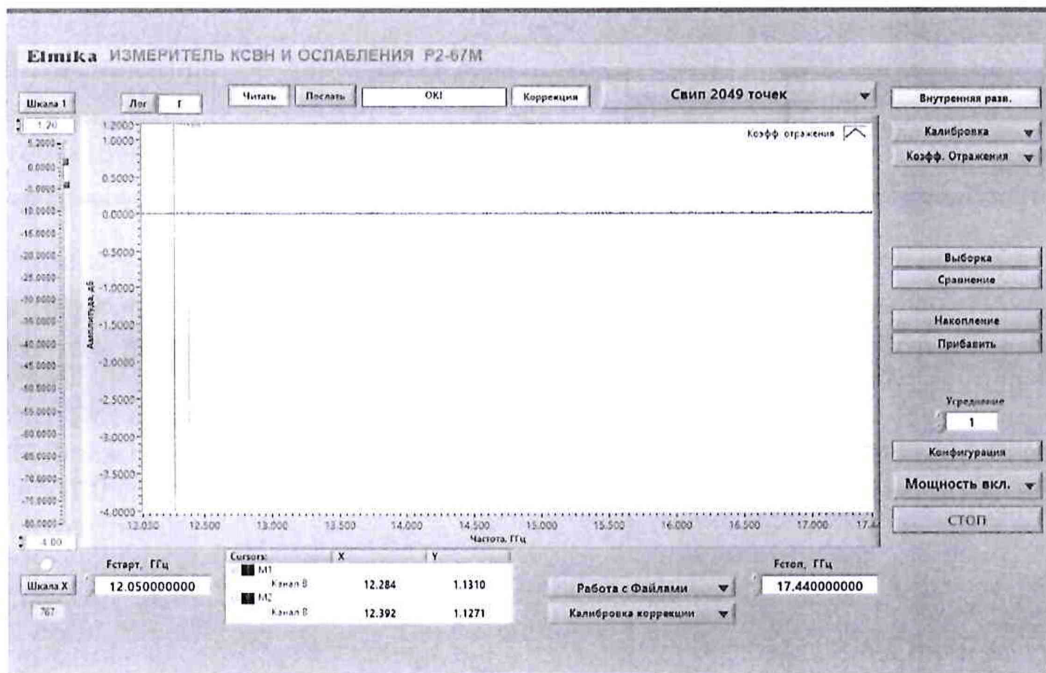


Рисунок 2

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

8.2.6 Выполнить идентификацию ПО «**ScalarSynthesizer**», 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/ScalarSynthesizer/** выбрать правой кнопкой мыши файл **Scalar\_Synthsize.exe**, открыть «**Свойства**», в окне свойств выбрать пункт **FileHashes**, сумма считается сразу автоматически и показывается в окне **FileHashes**, результат наблюдения контрольной суммы зафиксировать в рабочем журнале;

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

Результаты идентификации ПО считать положительными, если:

– для поверяемого измерителя P2-67M значение версии файла «**Scalar\_Synthsize.exe**»: v.2018.01.31, а его контрольная сумма по CRC32: D631B6CB.

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

8.2.7 Результаты опробования считать положительными, если:

– все соединения по п. 8.2.3 выполнены;

– ПО «**ScalarSynthesizer**» 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  $f_i^V$ : 12,04 ГГц, от 13,00 до 17,00 ГГц с шагом 1 ГГц; 17,44 ГГц.

8.3.2 Для измерений значений устанавливаемых частот использовать частотомер электронно-счетный 548В (далее – частотомер 548В).

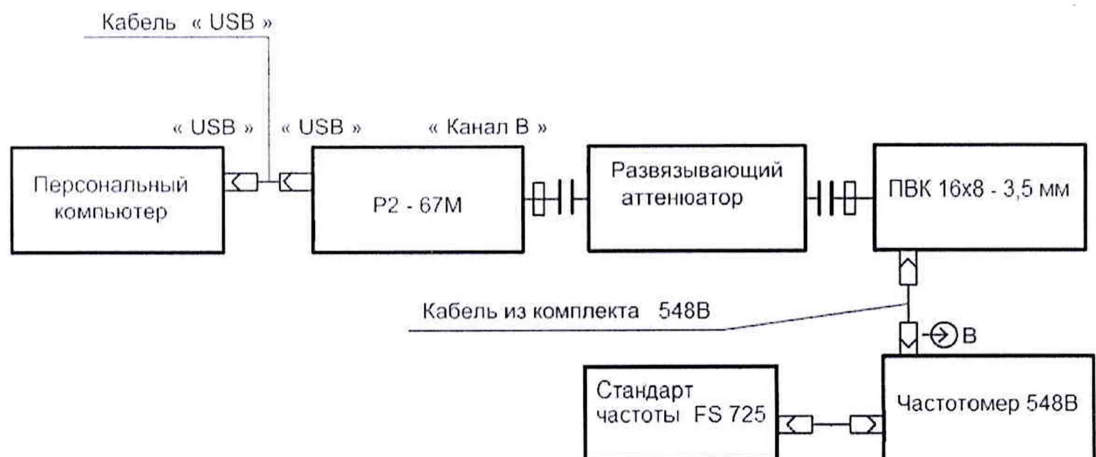


Рисунок 3

Подключить к волноводному СВЧ выходу частотомер 548В, используя развязывающий аттенуатор от 10 до 30 дБ и волноводно-коаксиальный переход, как показано на рисунке 3.



8.3.3 Подготовить частотомер 548В к измерениям в соответствии с его эксплуатационными документами. Установить переключатель "POWER" измерителя P2-67М и ПК в положение включено. Проконтролировать включение индикатора подключения сетевого питающего напряжения на передней панели корпуса измерителя P2-67М.

Прогреть измеритель P2-65М в течение не менее 30 минут.

На ПК запустить ПО «ScalarSynthesizer».

8.3.4 Установить на измерителе P2-67М частоту  $f_i^y$  (см. п. 8.3.1) в качестве начальной и конечной частоты диапазона.

8.3.5 Выполнить измерение частотомером 548В значения установленной частоты  $f_i^y$ . Результат измерений  $f_i^H$  зафиксировать в рабочем журнале.

8.3.6 Выполнить п.п. 8.3.4, 8.3.5 последовательно устанавливая на измерителе P2-67М частоты  $f_i^y$ , приведенные в п. 8.3.1 в качестве начальной и конечной частоты диапазона.

8.3.7 Рассчитать относительную погрешность установки частоты  $\delta_{f_i^y}$ , в %, по формуле (1):

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

8.3.8 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне частот от 12,04 до 17,44 ГГц значения  $\delta_{f_i^y}$  находятся в пределах  $\pm 0,2\%$

#### 8.4 Определение относительной погрешности измерений КСВН

8.4.1 Измерения для определения относительной погрешности измерений КСВН проводить на частотах  $f$ : 12,04; 15,00; 17,44 ГГц.

8.4.2 Для определения относительной погрешности измерений КСВН к входу подключить комплект образцовые волноводных нагрузок Э9-85 с номинальными значениями КСВН 1,14; 1,40; 2,00.

8.4.3 Выполнить калибровку измерителя P2-67М 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 в соответствии с п. 8.4.1;

– 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 P2-67М вставку « $\lambda/4$ » совместно с плоским короткозамыкателем из комплекта поставки поверяемого измерителя P2-67М;

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

– подсоединить короткозамкнутую нагрузку (плоский короткозамыкатель) к выходному фланцу поверяемого измерителя P2-67М.

– нажать кнопку «**OK**» 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 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 измерений КСВН при нажатой кнопке «VSWR» («КСВН») результат измерений КСВН короткозамыкателей находится за верхним пределом экрана ПК (КСВН короткозамыкателя равен бесконечности).

Отключить короткозамыкатель. Поверяемый измеритель P2-67M подготовлен к измерениям КСВН.

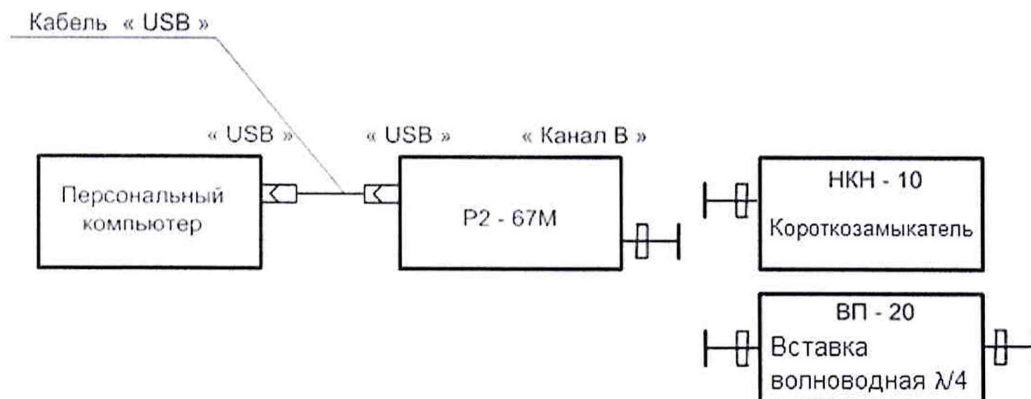


Рисунок 4

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

Выбрать пункт «Reflection» («Коэфф. отражения») в «Power» («Начальные кривые»). С помощью кнопки «VSWR/Г» («КСВН/Г») вывести на экран ПК измеренные 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  $K_{свн}''$ .

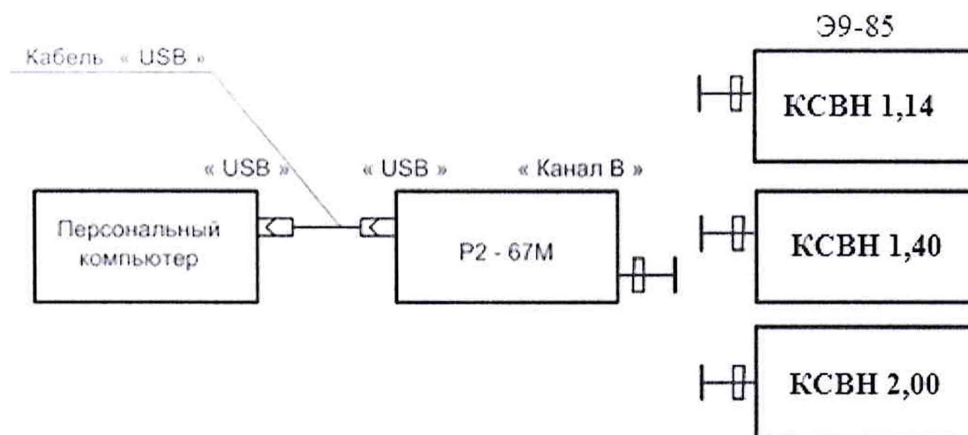


Рисунок 5

Результаты измерений КСВН на частотах, приведенных в п. 8.4.1 зарегистрировать в рабочем журнале.

8.4.5 Измерения по п. 8.4.4 выполнить для всех объектов измерений, приведенных в п. 8.4.2.

8.4.6 Вычислить относительную погрешность измерений КСВН  $\delta_{K_{CTU}}$ , в %, по формуле (2):

$$\delta_{K_{CTU}} = \frac{K_{CTU}^{II} - K_{CTU}^{\mathcal{E}}}{K_{CTU}^{\mathcal{E}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $K_{CTU}^{\mathcal{E}}$  – значения КСВН образцовых волноводных нагрузок (объектов измерений);  
 $K_{CTU}^{II}$  – значения КСВН образцовых волноводных нагрузок (объектов измерений), измеренные поверяемым измерителем P2-67M.

8.4.7 Результаты испытаний считать положительными, если значения  $\delta_{K_{CTU}}$ , в %, находятся в пределах  $\pm(4 \cdot K_{cmU}^{II} + 1)$ .

### 8.5 Определение абсолютной погрешности измерений ослабления

8.5.1 Измерения для определения абсолютной погрешности измерений ослаблений проводить на частотах  $f$ : 12,04; 15,00; 17,44 ГГц.

8.5.2 Выполнить операции калибровки поверяемого измерителя P2-67M для измерений коэффициента передачи в следующей последовательности:

– подсоединить входной фланец канала В к выходному фланцу блока измерения ослабления из комплекта поставки поверяемого измерителя P2-67M (рисунок 6);

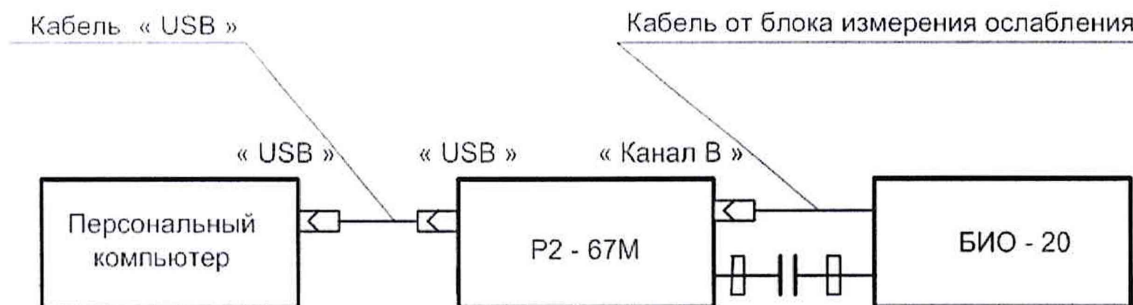


Рисунок 6

– установить диапазон свипирования частоты в окнах **Fstart,GHz** (Fстарт, ГГц) и **Fstop,GHz** (Fстоп, ГГц) виртуальной панели управления в соответствии с п. 5.10.1, кнопка коррекции должна быть нажата (нажата по умолчанию), чтобы подключить коэффициенты коррекции по нелинейности;

– выбрать пункт «**Normalization**» («Нормализация») в «**Calibration**» («Калибровка»), на экране ПК наблюдать сообщение «**Preparefortransmissioncalibration**» («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.

Поверяемый измеритель P2-67M подготовлен к измерению 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 P2-67М (рисунок 7).

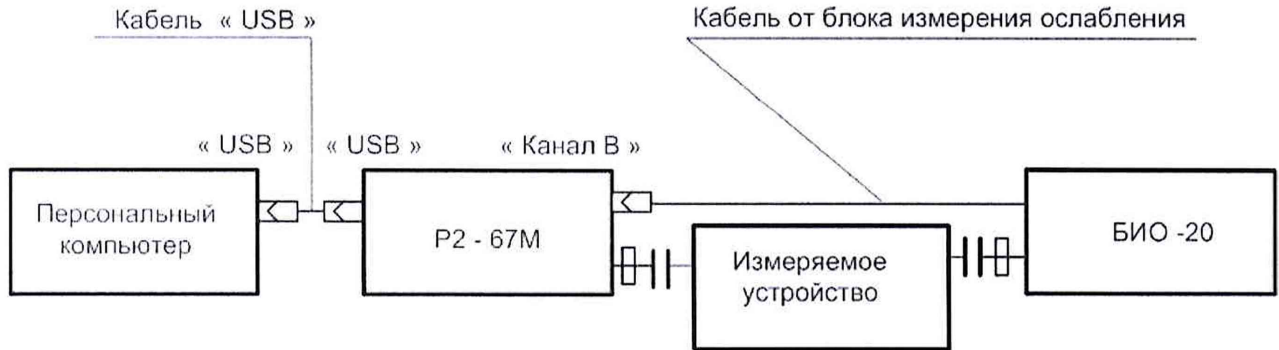


Рисунок 7

В качестве измеряемого устройства (объекта измерений) подключать аттенуатор ДЗ-34А (далее – ДЗ-34А) при значениях ослабления А: 0,0; 1,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0 и 40,0 дБ.

8.5.4 Установить ослабление ДЗ-34А равным А = 0,0 дБ.

8.5.5 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.»).

8.5.6 Отсчитать измеряемое поверяемым измерителем P2-67М значение ослабления  $|S_{21}^0|_{II}$ , в дБ, на частотах, приведенных в п. 8.5.1.

8.5.7 Выполнить п.п. 8.5.5, 8.5.6 последовательно устанавливая значения ослабления А ДЗ-34А, приведенные в п. 8.5.3, фиксируя измеренные поверяемым измерителем P2-67М значения ослабления  $|S_{21}^A|_{II}$  в дБ.

8.5.9 Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля коэффициента передачи  $\Delta_{|S_{21}|}$ , в дБ, по формуле (3):

$$\Delta_{|S_{21}|} = |S_{21}^A|_{II} - |S_{21}^0|_{II} - A. \quad (3)$$

8.5.10 Результаты испытаний считать положительными, если значения  $\Delta_{|S_{21}|}$ , в дБ, находятся в пределах  $\pm(0,4 + 0,04 \cdot |S_{21}^A|_{II})$ .

## **9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**

9.1 Измеритель Р2-67М признается годным, если в ходе поверки все результаты положительные.

9.2 На измеритель Р2-67М, который признан годным, выдается Свидетельство о поверке по установленной форме.

Знак поверки наносить в виде наклейки или оттиска клейма поверителя на свидетельство о поверке и на лицевую панель измерителя Р2-67М.

9.3 Измеритель Р2-67М, имеющий отрицательные результаты поверки в обращение не допускается, и на него выдается Извещение о непригодности к применению с указанием причин непригодности.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

Начальник лаборатории 112 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

М.В. Саргсян