

СОГЛАСОВАНО

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

_____ А.Н. Щипунов

_____ 2022 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Измерители параметров резонаторов МА0903А

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 113-22-001

р.п. Менделеево

2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2	ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	3
3	ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	4
4	ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5	МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	4
6	ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	5
7	ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
8	ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
9	ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	9
10	ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	9
11	ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	12
12	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	16

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее - МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок измерителей параметров резонаторов МА0903А (далее – измерители МА0903А), изготавливаемых ООО НПП «МЕТЕОР-КУРС», г. Волжский, Волгоградская обл.

1.2 Первичной поверке подлежат измерители МА0903А до ввода в эксплуатацию и после ремонта. Периодической поверке подлежат измерители МА0903А, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

1.3 При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых измерителей МА0903А к ГЭТ 75-2011, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 65 ГГц, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 июля 2013 г. N 437-ст.

1.4 Методика поверки реализуется посредством методов прямых и косвенных измерений.

1.5 Поверка измерителей МА0903А может осуществляться только аккредитованным на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации лицом в соответствии с его областью аккредитации.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки измерителей МА0903А должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки измерителей МА0903А

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения (далее – ПО)	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	10
Определение относительной погрешности измерения частоты последовательного резонанса в режиме работ от внутреннего и внешнего опорных генераторов в диапазоне рабочих частот	Да	Да	10.1
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля комплексного коэффициента передачи (динамической индуктивности, статической емкости) в диапазоне рабочих частот	Да	Да	10.2

Продолжение таблицы 1

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений фазы комплексного коэффициента передачи	Да	Да	10.3
Определение относительных погрешностей измерений динамического сопротивления в диапазоне измерений от 2 до 200 Ом и динамической емкости в диапазоне измерений от 10 аФ до 1 пФ	Да	Да	10.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11.

2.2 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или отдельных автономных блоков или меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2.3 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 1 поверяемый измеритель МА0903А бракуется и направляется в ремонт.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающего воздуха, °С от +10 до +35;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) от 84 до 106,7 (от 630 до 800);
- напряжение сети, В от 198 до 242;
- частота сети, Гц от 49,5 до 50,5.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

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 «Измерители параметров резонаторов МА0903А. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ).

4.3 Поверка осуществляется одним специалистом.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 2.

Таблица 2– Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.1 Определение относительной погрешности измерения частоты последовательного резонанса в режиме работ от внутреннего и внешнего опорных генераторов в диапазоне рабочих частот	Частотомер в диапазоне измерений частоты от 10 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности опорного генератора по частоте $\pm 5 \cdot 10^{-7}$; Стандарт частоты с номинальными значениями частот выходных сигналов 1 Гц, $5 \cdot 10^{-6}$ Гц, $1 \cdot 10^{-7}$ Гц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте $\pm 2 \cdot 10^{-10}$.	Частотомер универсальный CNT-90, рег. №.70888-18; Стандарт частоты и времени рубидиевый Ч1-92, рег. № 62740-15.
п. 10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля комплексного коэффициента передачи (динамической индуктивности, статической емкости) в диапазоне рабочих частот	Аттенюатор ступенчатый в диапазоне частот от 1 до 500 МГц, пределами допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления для значений ослабления: 0, 10, 20 дБ не более $\pm 0,4$ дБ; 30 дБ не более $\pm 0,5$ дБ, 40 дБ не более $\pm 0,68$ дБ; 50 дБ не более $\pm 0,85$ дБ; 60 дБ не более ± 1 дБ; Анализатор цепей векторный в диапазоне частот от 1 до 500 МГц с допускаемой погрешностью измерений ослабления $\pm 0,3$ дБ	Аттенюатор ступенчатый ручной 8496В, рег. № 60237-15; Анализатор цепей векторный R&SZVL3, рег. № 37173-08.
п. 10.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений фазы комплексного коэффициента передачи	Аттенюатор с величиной ослабления - 30 дБ; Набор мер КСВН полного сопротивления с предельным отклонением длины стержня фазосдвигающих отрезков 0,015 мм	Аттенюатор Д2-69 из набора мер комплексного коэффициента передачи ДК2-70, рег. № 10692-86; Набор мер КСВН и полного сопротивления 1-го разряда ЭК9-140, рег. № 8485-81.
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 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 измерители МА0903А и средства поверки.

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

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

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр

Внешний осмотр измерителя МА0903А проводить визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие РЭ;
- целостность и чистоту разъема питания и клемм измерителя МА0903А;
- целостность фирменной наклейки;
- отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность измерителя МА0903А.

7.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

- комплект поставки соответствует формуляру;
- маркировка и пломбировка (наклейка) соответствует разделу 10 документа РЭ;
- фирменная наклейка цела;
- клеммы и разъем питания целы и чисты;
- отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность измерителя МА0903А.

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

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо провести подготовительные работы, оговоренные в руководствах по эксплуатации измерителей МА0903А и применяемых средств поверки.

8.2 Отключить заземление (если розетка без заземления), кабель силового питания, кабель внешнего опорного генератора.

8.3 Отсоединить разъем питания измерительного блока (рисунок 1).

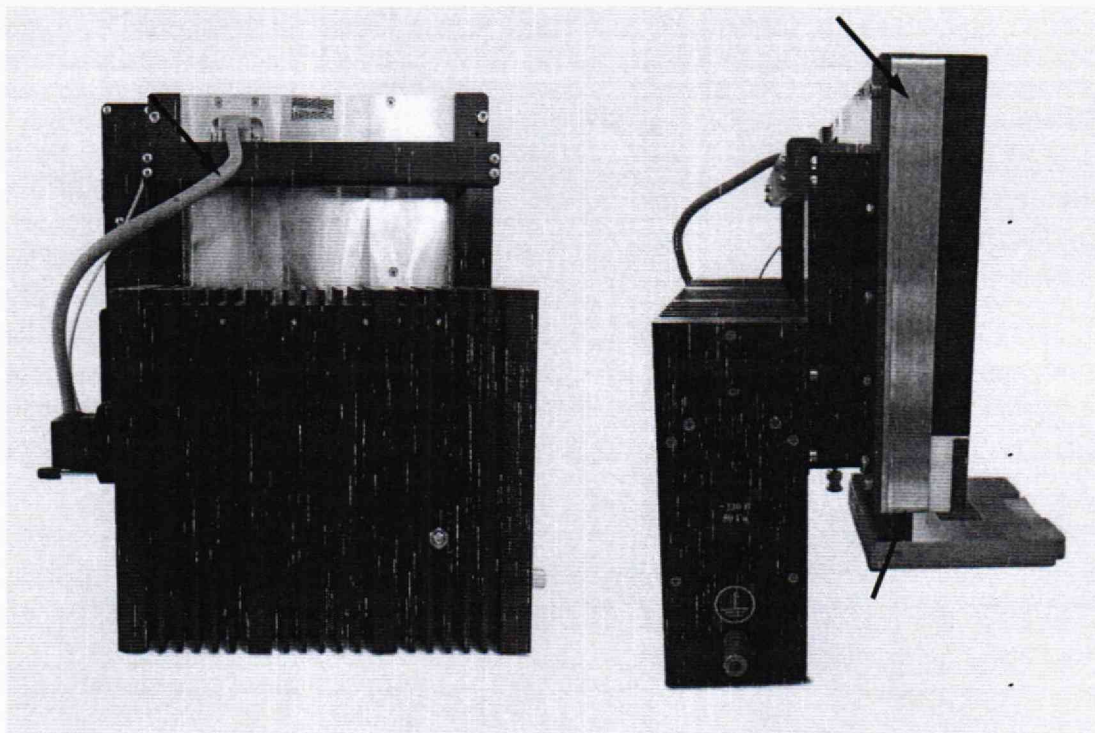


Рисунок 1 - Разъем питания измерительного блока

Рисунок 2 – Место крепления измерительного блока

8.4 Открутить 4 винта крепления по углам измерительного блока шестигранным ключом 4 мм и отсоединить измерительный блок от кронштейнов крепления к блоку питания (рисунок 2).

8.5 Открутить и снять крышку энкодера отверткой PH-1 (рисунок 3).

8.6 Отсоединить разъем энкодера от измерительного блока (рисунок 4).

8.7 Открутить 4 винта крепления держателя панели (рисунок 5).

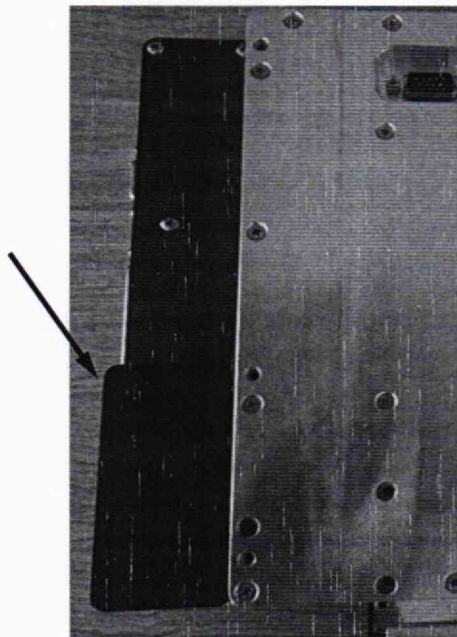


Рисунок 3 – Крышки энкодера

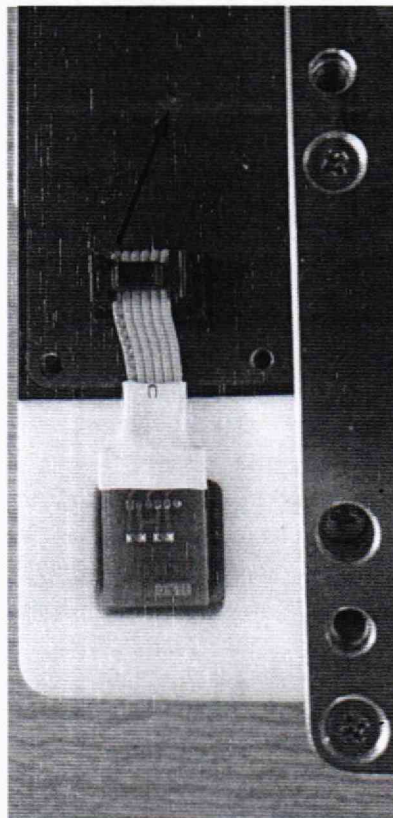


Рисунок 4 – Разъем энкодера

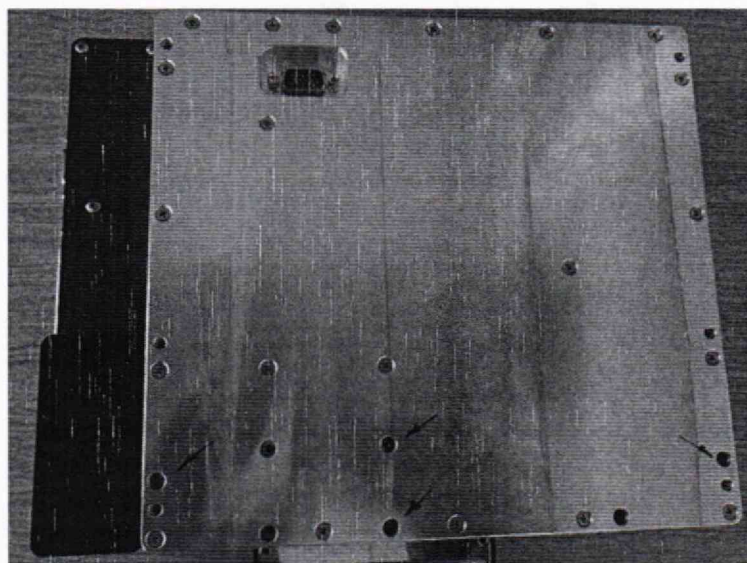


Рисунок 5 – Место креплений держателя панели

8.8 Отсоединить держатель панели от измерительного блока (рисунок 5).

8.9 Прикрутить к нижней части блока питания опорную пластину (рисунки 6 и 7).

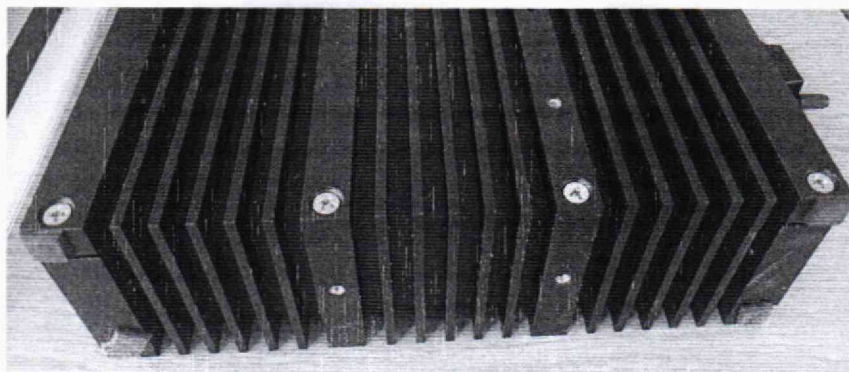


Рисунок 6 – Опорная пластина

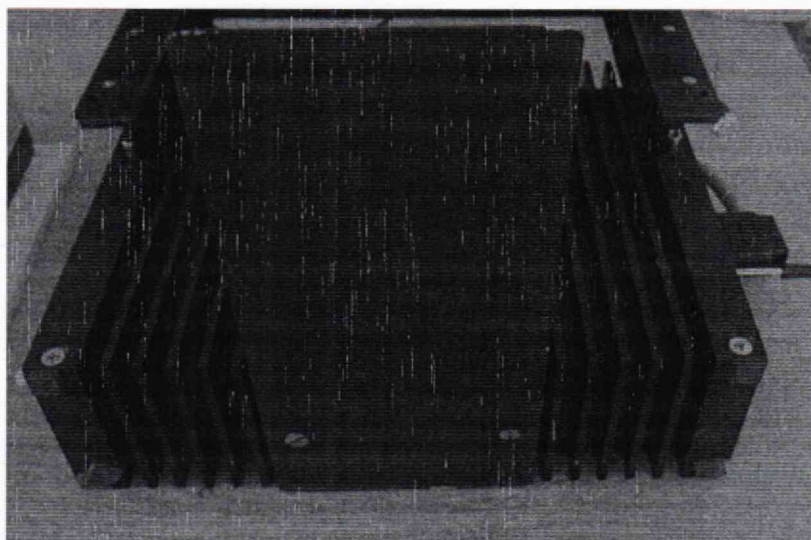


Рисунок 7 – Крепление опорной пластины

8.10 Присоединить обратно измерительный блок к кронштейну блока питания четырьмя винтами по углам измерительного блока.



Рисунок 8 - Внешний вид подготовленного к поверке измерителя МА0903А

8.11 Присоединить разъем питания измерительного блока.

8.12 Подключить заземление (если розетка без заземления), кабель силового питания, кабель внешнего опорного генератора.

8.13 Внешний вид подготовленного к поверке измерителя МА0903А показан на рисунке 8.

8.14 Включить измеритель МА0903А. В появившемся интерфейсе в верхней части наблюдать версии ПО «блок управления» и «измеритель»

8.15 Результаты опробования средства измерений считать положительным, если запуск измерителя МА0903А произошел без оповещений об ошибке.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Включить измеритель МА0903А. В появившемся интерфейсе в верхней части наблюдать версии ПО «блок управления» и «измеритель»

9.2 Результат проверки программного обеспечения считать положительным, если версия ПО «блок управления» не ниже 1.11.02, версия ПО «измеритель» не ниже 2.09.01.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение относительной погрешности измерения частоты последовательного резонанса в режиме работ от внутреннего и внешнего опорных генераторов в диапазоне рабочих частот

10.1.1 Определить значения относительной погрешности измерения частоты последовательного резонанса в режиме работы от внутреннего опорного генератора измерителя МА0903А на частотах от 1 до 500 МГц в следующей последовательности.

Собрать схему измерений, представленную на рисунке 9.

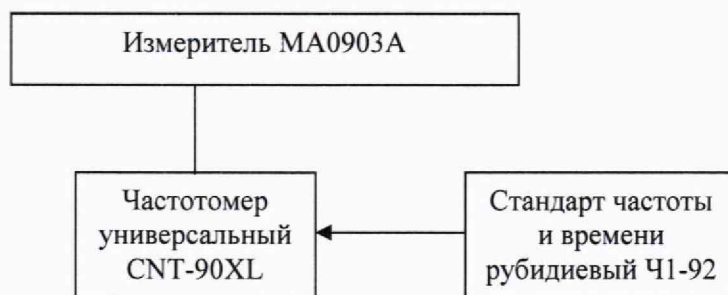


Рисунок 9 - Схема измерений частоты последовательного резонанса

10.1.1 Настроить измеритель МА0903А в следующей последовательности:

- выбрать род работы «Настройки»;
- в меню «Настройки» выбрать вкладку «Настройки измерительного блока»;
- выбрать вкладку «Генератор опорной частоты»;
- в качестве используемого опорного генератора выбрать внутренний;
- нажать кнопку «ок»;
- выбрать вкладку «Синтезатор и векторный вольтметр»;
- во вкладке «Синтезатор» выбрать $F = 1$ МГц и $P = 0$ дБм, где F – частота выходного сигнала, P – уровень выходной мощности;
- нажать кнопку «Сигнал вкл.».

10.1.2 Снять показание с частотомера универсального CNT-90 F_{CNT-90} в [МГц] и поверяемого измерителя МА0903А $F_{МА}$.

10.1.3 Повторить операции пунктов 10.1.2 и 10.1.3 для установленной частоты выходного сигнала 50, 100, 200, 300, 400 и 500 МГц.

10.1.4 Определить относительную погрешность измерений частоты последовательного резонанса в режиме работы от внешнего опорного генератора на частотах от 1 до 500 МГц в следующей последовательности.

10.1.5 Настроить измеритель МА0903А в следующей последовательности:

- выбрать род работы «Настройки»;
- в меню «Настройки» выбрать вкладку «Настройки измерительного блока»;
- выбрать вкладку «Генератор опорной частоты»;
- в качестве используемого опорного генератора выбрать внутренний;
- нажать кнопку «ок»;
- выбрать вкладку «Синтезатор и векторный вольтметр»;
- во вкладке «Синтезатор» выбрать $F = 1$ МГц и $P = 0$ дБм, где F – частота выходного сигнала, P – уровень выходной мощности;
- нажать кнопку «Сигнал вкл.».

10.1.6 Снять показание с частотомера универсального CNT-90 F_{CNT-9} в [МГц] и поверяемого измерителя МА0903А $F_{МА}$.

10.1.7 Повторить операции пунктов 10.1.5 и 10.1.6 для установленной частоты выходного сигнала 50, 100, 200, 300, 400 и 500 МГц.

10.1.8 Рассчитать относительную погрешность измерения частоты последовательного резонанса в режиме работ от внутреннего и внешнего опорных генераторов в диапазоне рабочих частот в соответствии с п. 11.1.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений модуля комплексного коэффициента передачи (динамической индуктивности, статической емкости) в диапазоне рабочих частот

10.2.1 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 10.

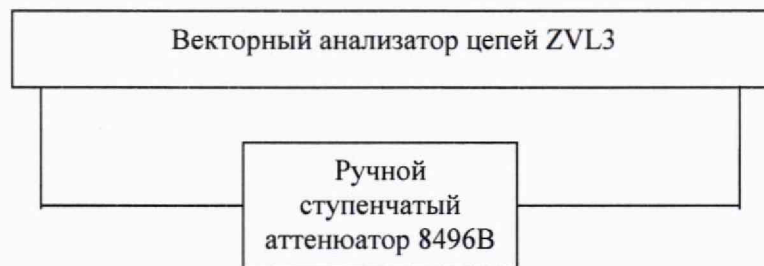


Рисунок 10 - Схема измерений модуля комплексного коэффициента передачи

10.2.2 Выполнить полную двухпортовую калибровку и провести измерение модуля комплексного коэффициента передачи ручного ступенчатого аттенуатора 8496В в режиме измерения S_{21} для значений 0, 10, 20, 30, 40, 50 и 60 дБ в соответствии с руководством по эксплуатации векторного анализатора цепей R&SZVL3 на частотах 1, 50, 100, 200, 300, 400 и 500 МГц.

10.2.3 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 11.

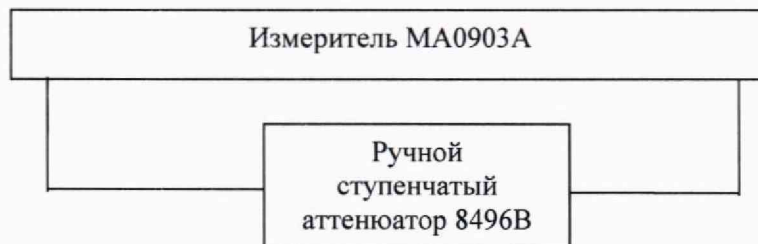


Рисунок 11 - Схема измерений модуля комплексного коэффициента передачи

- 10.2.4 Настроить измеритель в следующей последовательности:
- выбрать род работы «Настройки»;
 - в меню «Настройки» выбрать вкладку «Настройки измерительного блока»;
 - выбрать вкладку «Генератор опорной частоты»;
 - в качестве используемого опорного генератора выбрать внутренний;
 - нажать кнопку «ок»;
 - выбрать вкладку «Синтезатор и векторный вольтметр»;
 - во вкладке «Синтезатор» выбрать $F = 50$ МГц и $P = -23$ дБм, где F – частота выходного сигнала, P – уровень выходной мощности;
 - значение ослабления на ручном ступенчатом аттенуаторе 8496В должно быть равным 0 дБ.

– нажать кнопку «Сигнал вкл.».

10.2.5 Откалибровать измеритель МА0903А в следующей последовательности:

- нажать на кнопку калибровки;
- нажать кнопку «Ок».

10.2.6 Провести измерение модуля комплексного коэффициента передачи:

- нажать на кнопку «авто».
- нажать кнопку начала измерения «▶».

Считать результат из экранного блока «Статистика», строка «Ave».

10.2.7 Повторить операции пунктов 10.2.4–10.2.6 для установленного значения ослабления на ручном ступенчатом аттенуаторе 8496В 10, 20, 30, 40, 50 и 60 дБ.

10.2.8 Повторить операции пунктов 10.2.4 – 10.2.7 для «Р» равного минус 15, минус 5; 0; плюс 5 и плюс 10 дБм.

10.2.9 Повторить операции пунктов 10.2.4 – 10.2.8 для частот 100, 200, 300, 400 и 500 МГц.

10.2.10 Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля комплексного коэффициента передачи (динамической индуктивности, статической емкости) в соответствии с п. 11.2.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерений фазы комплексного коэффициента передачи в диапазоне рабочих частот

10.3.1 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 12.

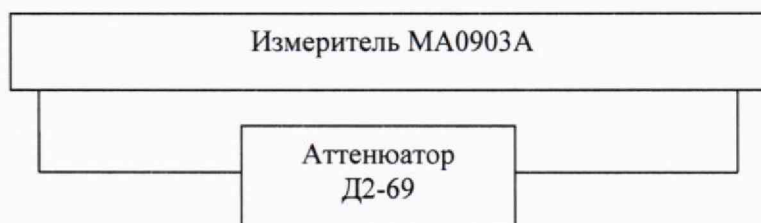


Рисунок 12 – Схема измерений фазы комплексного коэффициента передачи

10.3.2 Настроить измеритель МА0903А в следующей последовательности:

- выбрать род работы «Настройки»;
- в меню «Настройки» выбрать вкладку «Настройки измерительного блока»;
- выбрать вкладку «Генератор опорной частоты»;
- в качестве используемого опорного генератора выбрать внутренний;
- нажать кнопку «ок»;
- выбрать вкладку «Синтезатор и векторный вольтметр»;
- во вкладке «Синтезатор» выбрать $F = 1$ МГц и $P = -23$ дБм, где F – частота выходного сигнала, P – уровень выходной мощности;

- нажать кнопку «Сигнал вкл.».

10.3.3 Откалибровать измеритель МА0903А в следующей последовательности:

- нажать на кнопку калибровки.
- нажать кнопку «Ок».

10.3.4 Внести в схему измерения коаксиальный отрезок Э2-146 из набора мер КСВН и полного сопротивления ЭК9-140, согласно схеме, изображенной на рисунке 13.

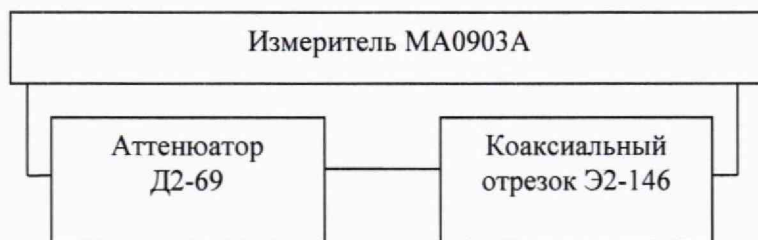


Рисунок 13 - Схема измерений фазы комплексного коэффициента передачи

10.3.5 Провести измерения фазы комплексного коэффициента передачи:

- нажать на кнопку «авто».
- нажать кнопку начала измерения «▶».

Считать результат из экранного блока «Статистика», строка «Ave».

10.3.6 Повторить операции пунктов 10.3.1-10.3.5, используя коаксиальные отрезки: Э2-147, Э2-148, Э2-149.

10.3.7 Повторить операции пунктов 10.3.1-10.3.6 для «Р» равного минус 15, минус 5; 0; плюс 5 и плюс 10 дБм.

10.3.8 Повторить операции пунктов 10.3.1 – 10.3.7 для частот 50, 100, 200, 300, 400 и 500 МГц.

10.3.9 Рассчитать абсолютную погрешности измерений фазы комплексного коэффициента передачи в соответствии с п. 11.3.

10.4 Определение относительных погрешностей измерений динамического сопротивления в диапазоне измерений от 2 до 200 Ом и динамической емкости в диапазоне измерений от 10 аФ до 1 пФ

10.4.1 Рассчитать значения относительных погрешностей измерений динамического сопротивления в диапазоне измерений от 2 до 200 Ом и динамической емкости в диапазоне измерений от 10 аФ до 1 пФ в последовательности приведенной в п. 11.4.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Относительную погрешность измерений (в соответствии с п. 10.1) частоты последовательного резонанса рассчитать по формуле (1):

$$\delta F_{MA} = \frac{F_{MA} - F_{CNT-90}}{F_{MA}} \quad (1)$$

где F_{MA} – значение частоты выходного сигнала измерителя МА0903А, МГц;

F_{CNT-90} – измеренное значение частоты выходного сигнала частотомером универсальным, МГц.

Результат поверки считать положительным, если значения относительной погрешности измерения частоты последовательного резонанса, в режиме работы от внутреннего опорного генератора измерителя МА0903А, находятся в пределах $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ в рабочем диапазоне частот от 1 до 500 МГц и значения относительной погрешности

измерения частоты последовательного резонанса, в режиме работы от внешнего опорного генератора измерителя МА0903А, не превышают значений относительной погрешности по частоте стандарта частоты и времени рубидиевого Ч1-92 $\delta F_{cm} = \pm 2 \cdot 10^{-10}$ в диапазоне рабочих частот от 1 до 500 МГц.

11.2 Абсолютную погрешность модуля комплексного коэффициента передачи рассчитать по формуле (2):

$$\Delta A_{MA} = A_{MA} - A_{ВАЦ}, \quad (2)$$

где A_{MA} – показания измерителя МА0903, дБ;

$A_{ВАЦ}$ – значение модуля комплексного коэффициента передачи, полученное в п.п. 10.3.5 на соответствующей частоте и значении модуля комплексного коэффициента передачи ручного ступенчатого аттенюатора, дБ.

Динамическую индуктивность L_1 рассчитать в соответствии с п. 11.4.1.

Статическую емкость C_0 рассчитать в соответствии с п. 11.4.2.

Результат поверки считать положительным, если значения абсолютной погрешности измерений модуля комплексного коэффициента передачи (динамической индуктивности, статической емкости) при уровне выходной мощности P находятся в следующих пределах:

- при уровне выходной мощности св. минус 23 до 10 дБ $\pm 0,5$ дБ
(в диапазоне частот от 1 до 300 МГц включ.) $(\pm 5\%; \pm 3\%)$
- при уровне выходной мощности от минус 23 включ. до минус 15 дБ $\pm 1,0$ дБ
(в диапазоне частот св. 300 до 500 МГц) $(\pm 7\%; \pm 5\%)$.

11.3 Рассчитать вносимое коаксиальным отрезком из набора мер КСВН и полного сопротивления ЭК9-140 изменение фазы комплексного коэффициента передачи по формуле (3):

$$\varphi_{Э2} = \frac{360l}{\lambda}, \quad (3)$$

где l – значение длины коаксиального отрезка, мм;

λ – значение длины волны для заданной частоты, мм.

Абсолютную погрешность измерения фазы комплексного коэффициента передачи вычислить по формуле (4):

$$\Delta \varphi_{MA} = \varphi_{MA} - \varphi_{Э2}, \quad (4)$$

где $\Delta \varphi_{MA}$ – абсолютная погрешность измерения фазы комплексного коэффициента передачи поверяемого измерителя МА0903А, градус;

φ_{MA} – показания поверяемого измерителя МА0903А, градус;

$\varphi_{Э2}$ – вносимое изменение фазы комплексного коэффициента передачи коаксиальными отрезками из набора мер КСВН и полного сопротивления ЭК9-140, градус.

Результат поверки считать положительным, если значения абсолютной погрешности измерений фазы комплексного коэффициента передачи находятся в пределах $\pm 0,5^\circ$ в диапазоне частот от 1 до 300 МГц включительно, $\pm 1^\circ$ в диапазоне частот свыше 300 до 500 МГц.

11.4 Определить значения относительных погрешностей измерений динамического сопротивления в диапазоне измерений от 2 до 200 Ом и динамической емкости в диапазоне измерений от 10 аФ до 1 пФ поверяемого измерителя МА0903А расчетным методом в следующей последовательности.

11.4.1 Статическую емкость C_0 рассчитать по формуле (5):

$$C_0 = \frac{-b}{2\pi f(a^2 + b^2)}, \quad (5)$$

где C_0 – измеряемая статическая емкость;

a – действительная часть сопротивления \dot{Z}_0 ;

b – мнимая часть \dot{Z}_0 ;

f – частота, на которой выполняются измерения.

Сопротивление \dot{Z}_0 рассчитывается по формуле (6):

$$\dot{Z}_0 = a + jb = 50 \left(2 \dot{K}_c / \dot{K}_u - 1 \right) \left(1 - \left(\dot{K}_s / \dot{K}_o - 1 \right)^{-1} \right), \quad (6)$$

где j – мнимая единица;

\dot{K}_c – комплексный коэффициент передачи, определяемый при калибровке с использованием нагрузки из состава измерителя МА0903А;

\dot{K}_u – комплексный коэффициент передачи при подключении кварцевого резонатора;

\dot{K}_s и \dot{K}_o – комплексные коэффициенты передачи, определяемые при калибровке с использованием мер короткого замыкания и холостого хода из состава измерителя МА0903А.

Определить относительную погрешность измерений статической емкости C_0 по формуле (7):

$$\delta C_0 = \left| \frac{C_0 - C_{0\text{ногр}}}{C_0} \right| \cdot 100\%, \quad (7)$$

где δC_0 – относительная погрешность измерений статической емкости C_0 ;

$C_{0\text{ид}}$ – статическая емкость C_0 без учета погрешности;

$C_{0\text{ногр}}$ – статическая емкость C_0 с учетом погрешности.

11.4.2 Определение R_1 , L_1 , C_1 проводится методом сравнения. Измерения амплитуды и фазы комплексного коэффициента передачи провести с использованием измерителя параметров резонаторов по методике:

- измеряют модуль $\left| \dot{K} \right|_{\text{дБ}}$ и фазу φ комплексного коэффициента передачи;

- вычисляют комплексный коэффициент передачи \dot{K} по формуле (8):

$$\dot{K} = 10^{\frac{\left| \dot{K} \right|_{\text{дБ}}}{20}} e^{j\varphi}, \quad (8)$$

где $\left| \dot{K} \right|_{\text{дБ}}$ – модуль комплексного коэффициента передачи, выраженный в децибелах;

- вычисляют динамические параметры по формулам (9):

$$L_1 = \frac{f_1 b'_1 - f_2 b'_2}{2\pi (f_1^2 - f_2^2)},$$

$$C_1 = \frac{f_1^2 - f_2^2}{2\pi (f_1 f_2^2 b'_1 - f_1^2 f_2 b'_2)}, \quad (9)$$

$$R_1 = (a'_1 + a'_2) / 2,$$

где f_1 и f_2 – частоты, соответствующие отстройке от частоты измерения по фазе на $\pm 45^\circ$ соответственно;

a'_1 и a'_2 – действительные части сопротивления Z'_0 с исключенной статической составляющей на частотах, соответствующих отстройке от частоты измерения по фазе на $\pm 45^\circ$ соответственно;

b'_1 и b'_2 – мнимые части Z'_0 на частотах, соответствующих отстройке от частоты измерения по фазе на $\pm 45^\circ$ соответственно.

Расчет Z'_0 проводится по формуле (10):

$$Z'_0 = a'_i + b'_i = a_i^{-1} + j(b_i - 2\pi f_i C_0). \quad (10)$$

Определить значения погрешностей частоты измерения действительной и мнимой части комплексного коэффициента передачи, при котором достигается максимальное отклонение значений динамического сопротивления R_1 , динамической емкости C_1 , динамической индуктивности L_1 на всем диапазоне рабочих частот от 1 до 500 МГц с шагом 10 МГц.

Опорное значение модуля комплексного коэффициента передачи для расчета a_1 , a_2 , b_1 , b_2 принять равным минус 49 дБ.

Опорное значение фазы комплексного значения передачи для расчета a_1 и b_1 принять равным 45° .

Опорное значение фазы комплексного значения передачи для расчета a_2 и b_2 принять равным минус 45° .

Значение статической емкости принять равным 10 пФ.

Определить относительные погрешности измерений динамического сопротивления R_1 , динамической емкости C_1 , динамической индуктивности L_1 по формуле (11):

$$\delta X_1 = \left| \frac{X_1 - X_{\text{погр}}}{X_1} \right| \cdot 100\%, \quad (11)$$

где δX_1 – относительная погрешность динамического параметра;

X_1 – значение динамического параметра без учета погрешности;

$X_{\text{погр}}$ – значение динамического параметра с учетом погрешности.

11.4.3 Результаты поверки считать положительными, если значения относительных погрешностей измерений динамического сопротивления в диапазоне измерений от 2 до 200 Ом и динамической емкости в диапазоне измерений от 10 аФ до 1 пФ находятся в допустимых пределах, приведенных в таблице 3.

Таблица 3 - Значения относительных погрешностей измерений эквивалентных параметров кварцевого резонатора

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений динамического сопротивления на частотах, %	
- от 1 до 300 МГц	± 5
- св. 300 до 500 МГц	± 7
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений динамической емкости на частотах, %	
- от 1 до 300 МГц	± 5
- св. 300 до 500 МГц	± 7

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Измеритель МА0903А признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

12.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца измерителя МА0903А или лица, предъявившего его на поверку выдается свидетельство о поверке, и (или) в паспорт измеритель МА0903 вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

12.4 Знак поверки в виде наклейки наносится на переднюю панель измерителя МА0903.

12.5 При выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки, эксплуатирующей организации) в свидетельстве о поверке указывать диапазон частот, на котором выполнена поверка.

12.6 Измеритель МА0903А, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

Начальник отдела 11 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

И.П. Чирков

Инженер лаборатории 113 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.А. Коновалова