

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



А.Н. Щипунов

2014 г.

М.п.

Инструкция

Измерители LCR высокочастотные E4991A
Методика поверки

651-13-72 МП

г.п. Менделеево
2014 г.

1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на измерители LCR высокочастотные 4991А (далее – измерители), и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками - 1 год.

2 Операции поверки

2.1 При поверке измерителей выполнить работы в объеме, указанном в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Идентификация программного обеспечения	8.3	да	да
4 Определение относительной погрешности установки частоты тестового сигнала	8.4	да	да
5 Определение погрешности установки уровня тестового сигнала	8.5	да	да
6 Определение погрешности измерений импеданса	8.6	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и прибор бракуется.

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательное оборудование, представленные в таблице 2.

Таблица 2

№ пунктов методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.4	Частотомер электронно-счетный 53132А (Рег. № 26211-03) с опциями 010, 030: диапазон измеряемых частот от 0 до 3 ГГц, относительная погрешность по частоте не более $2,5 \cdot 10^{-9}$
8.5	Мультиметр 3458А (Рег. № 25900-03): диапазон измерений напряжения переменного тока от 10 мВ до 1000 В, диапазон частот от 1 Гц до 10 МГц, пределы допускаемой погрешности измерений напряжения $\pm 0,03\%$. Измеритель мощности с блоками измерительными и первичными измерительными преобразователями (Рег. № 38915-08) Е4418В с преобразователями Е4412А, Е9304А, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm(4-6)\%$

№ пунктов методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
Вспомогательное оборудование	адаптер 7мм – N-тип, адаптер N-тип - BNC, Кабель BNC-BNC, переход BNC-вилка (банан), комплект нагрузок 16195В, комплект калибровочный 16190В

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть утверждённого типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах).

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки измерителей допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим образованием, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке, допущенный к работе с электроустановками и имеющие право на поверку (аттестованными в качестве поверителей).

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

5.2 К работе с измерителями допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94, ГОСТ Р 51350-99, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

5.3 При проведении поверки необходимо принять меры защиты от статического напряжения, использовать антистатические заземленные браслеты и заземлённую оснастку. Запрещается проведение измерений при отсутствии или неисправности антистатических защитных устройств.

6 Условия поверки

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С 23 ± 5;
- относительная влажность воздуха, % от 5 до 70;
- атмосферное давление, мм рт. ст. от 626 до 795;
- напряжение питания, В от 100 до 250;
- частота, Гц от 50 до 60.

Все средства измерений, использующиеся при поверке генераторов, должны работать в нормальных условиях эксплуатации.

7 Подготовка к поверке

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выполнить операции, оговоренные в документации изготовителя на поверяемый измеритель по его подготовке к работе;
- выполнить операции, оговоренные в РЭ на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить прогрев приборов для установления их рабочих режимов.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений и ослабление элементов, четкость фиксации их положения;
 - чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнезд, наличие и целостность защитных наклеек пломб;
 - наличие маркировки согласно требованиям эксплуатационной документации.
- 8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если выполняются все перечисленные требования. В противном случае измеритель бракуется.

8.2 Опробование

8.2.1 Подключить измеритель к сети питания. Включить измеритель согласно РЭ.

8.2.2 Убедиться в возможности установки режимов измерений и настройки основных параметров и режимов измерений измерителя.

8.2.3 Результаты опробования считать положительными, если при включении отсутствуют сообщения о неисправности, на измерителе меняются настройки параметров и режимы работы.

8.3 Идентификация программного обеспечения

8.3.1 Проверку соответствия заявленных идентификационных данных программного обеспечения (ПО) измерителя проводить в следующей последовательности:

- проверить идентификационное наименование ПО;
- проверить номер версии (идентификационный номер) ПО;

8.3.2 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационное наименование ПО	Номер версии ПО (идентификационный номер)	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления идентификатора ПО
Программное обеспечение измерителя ВЧ импеданса RF Impedance Analyzer Firmware	не ниже 1.11	-	MD5

8.4 Определение относительной погрешности установки частоты тестового сигнала

8.4.1

8.5 Для определения относительной погрешности установки частоты тестового сигнала собрать схему, приведенную на рисунке 1.

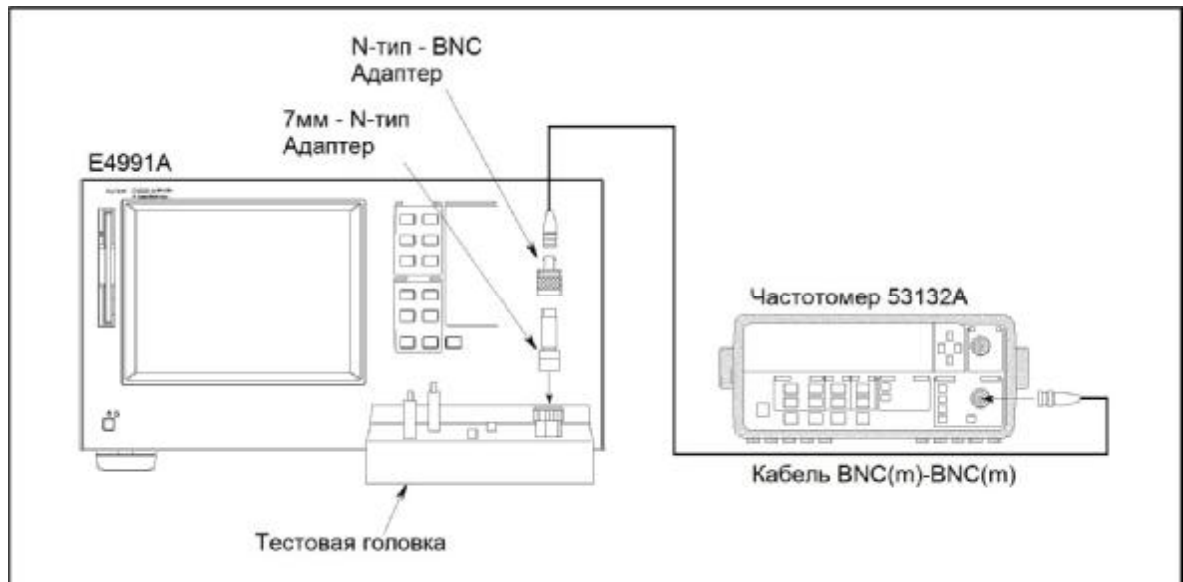


Рисунок 1

8.4.2 Установить режим работы измерителя:

Центральная частота 1 МГц, уровень сигнала 0 dBm, Число точек – 1, запуск - единственный.

8.4.3 Измерить частоту сигнала частотомером.

8.4.4 Результаты поверки считать положительными, если погрешность частоты опорного генератора измерителя находится в пределах ± 10 Гц. В противном случае измеритель бракуется и направляется в ремонт.

8.4.5 Для определения относительной погрешности частоты опорного генератора измерителя собрать схему, приведенную на рисунке 2.



Рисунок 2

8.4.2 Установить режим работы измерителя:

Центральная частота 3 ГГц, уровень сигнала 0 dBm, Число точек – 1, запуск - единственный.

8.4.3 Измерить частоту сигнала частотомером.

8.4.4 Результаты поверки считать положительными, если погрешность частоты опорного генератора измерителя находится в пределах ± 30 кГц. В противном случае измеритель бракуется и направляется в ремонт.

8.5 Определение погрешности установки уровня тестового сигнала

8.5.1 Для определения погрешности установки уровня тестового сигнала на частоте 1 МГц собрать схему, приведенную на рисунке 3.

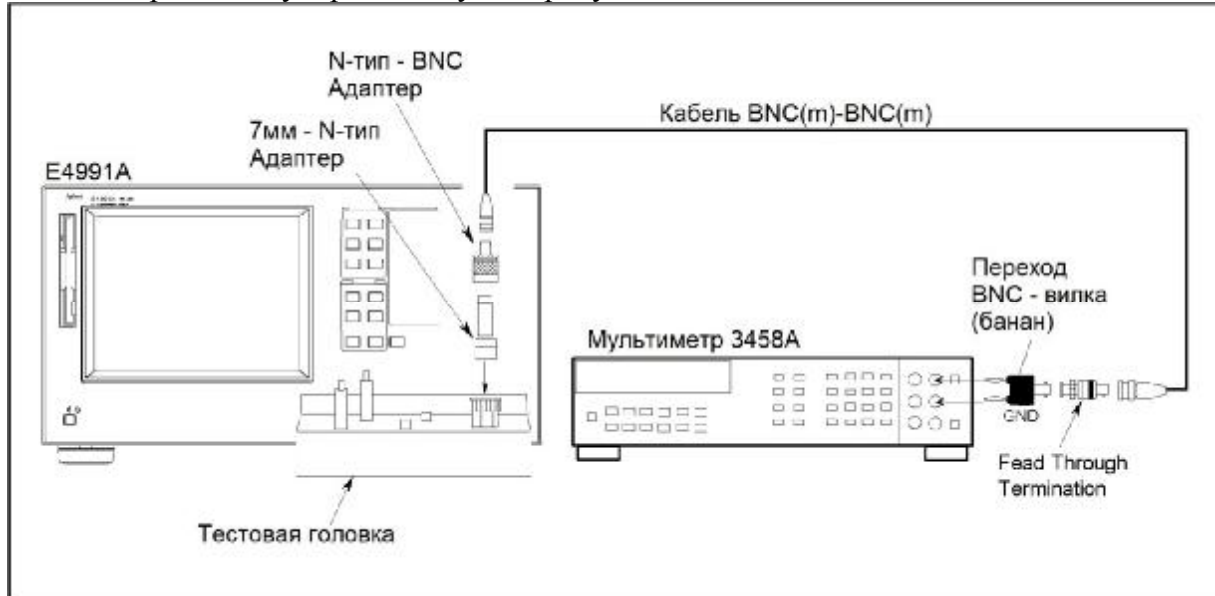


Рисунок 3

8.5.1.1 Перевести мультиметр в режим измерений напряжения переменного тока.

8.5.1.2 Установить на измерителе следующие значения:

Центральная частота – 1 МГц;

Уровень сигнала – минус 15 дБм;

8.5.1.3 Записать показания мультиметра.

8.5.1.4 Рассчитать по формуле 1 погрешность установки мощности сигнала ΔP

$$\Delta P = -16,99 + 20 \lg U, \quad (1)$$

где U – показания мультиметра в мВ.

8.5.2 Для определения погрешности установки уровня тестового сигнала на частотах свыше 1 МГц до 3 ГГц собрать схему, приведенную на рисунке 4.

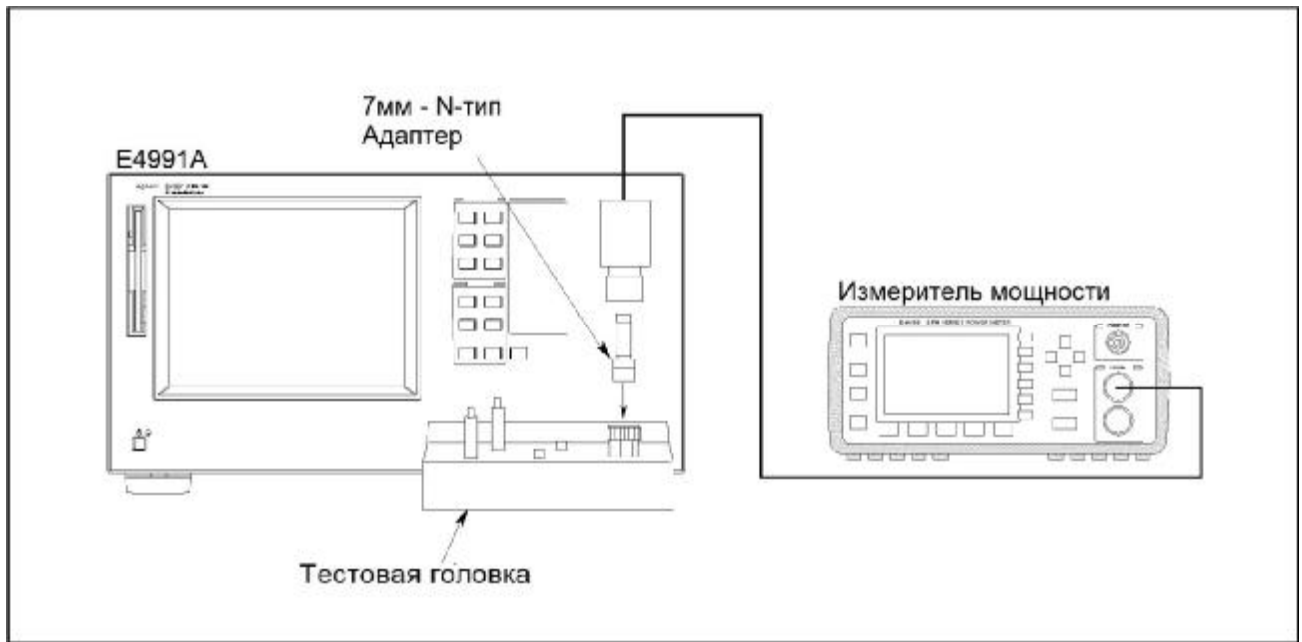


Рисунок 4

8.5.2.1 Установить на измерителе следующие значения:

Центральная частота – 1 ГГц;

Уровень сигнала – 1 дБм;

8.5.2.2 Записать показания измерителя мощности.

Повторить измерения для частот и уровней сигнала, приведенных в таблице 4

Таблица 4

Уровень мощности, дБм	Частота	Пределы допускаемой погрешности установки уровня сигнала
минус 15	1 МГц	$\pm 2,00$ дБ
1	1 ГГц	$\pm 2,00$ дБ
0	3 ГГц	$\pm 3,00$ дБ
минус 7,9	3 ГГц	$\pm 3,00$ дБ
минус 10	300 МГц	$\pm 2,00$ дБ
минус 20	50 МГц	$\pm 2,00$ дБ
минус 25	1 ГГц	$\pm 2,00$ дБ
минус 30	10 МГц	$\pm 2,00$ дБ
минус 35	2 ГГц	$\pm 3,00$ дБ
минус 40	100 МГц	$\pm 2,00$ дБ

8.5.2.3 Рассчитать значения погрешности установки уровня тестового сигнала как разность заданных и измеренных значений мощности тестового сигнала.

8.5.3 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности находятся в пределах, приведенных в таблице 4. В противном случае измеритель бракуется и направляется в ремонт.

8.6 Определение погрешности измерений импеданса.

8.6.1 Подготовить измеритель к измерению импеданса.

8.6.2 Провести операции по калибровке измерителя с помощью нагрузок 16195В из комплекта измерителя в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.3.2. Подсоединяя поочередно нагрузки и воздушные линии с нагрузками из комплекта калибровочного 16190В к измерителю, как показано на рисунке 6, провести измерения в режимах и при частотах приведенных в таблицах 5 - 11.

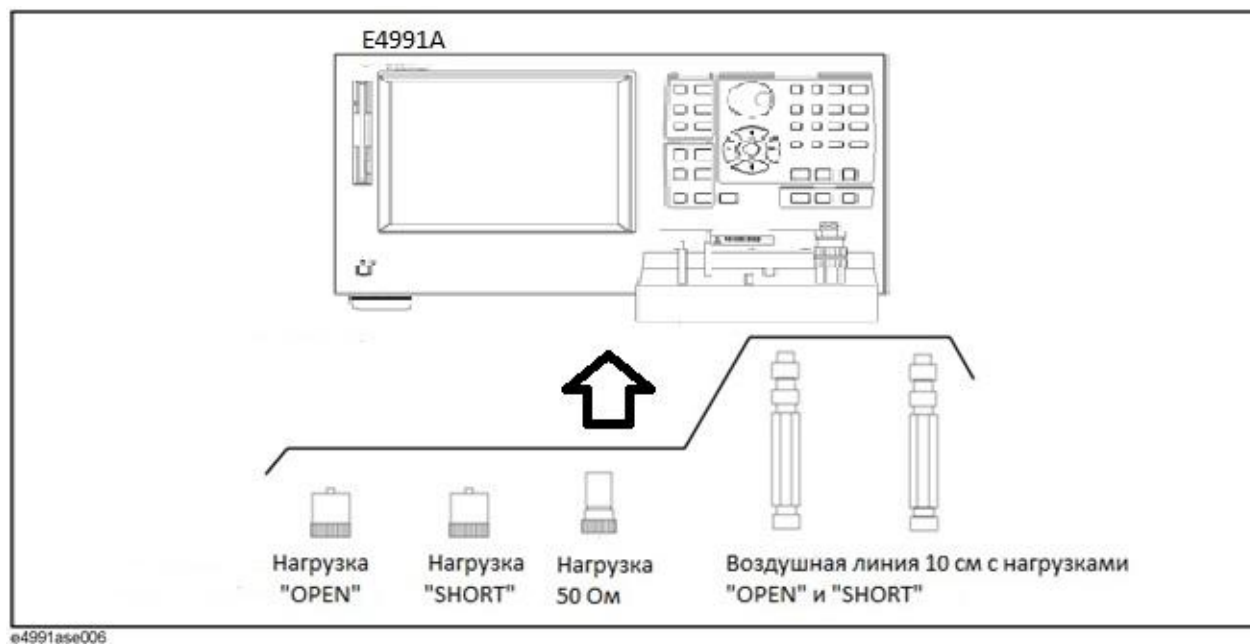


Рисунок 6

Таблица 5

Частота тестового сигнала	Уровень мощности тестового сигнала, дБм	Применяемая нагрузка	Пределы допускаемой погрешности измерений проводимости мкСм
1 МГц	минус 3	нагрузка «OPEN» 7 мм	$\pm 5,13$
10 МГц	минус 3		$\pm 6,26$
100 МГц	минус 3		$\pm 17,6$
200 МГц	минус 3		$\pm 31,4$
300 МГц	минус 3		$\pm 44,7$
500 МГц	минус 3		± 72
600 МГц	минус 3		± 95
800 МГц	минус 3		± 127
1,0 ГГц	минус 3		± 161
1,3 ГГц	минус 3		± 284
1,6 ГГц	минус 3		± 362
1,8 ГГц	минус 3		± 420
2,0 ГГц	минус 3		± 689
2,2 ГГц	минус 3		± 781
2,4 ГГц	минус 3		± 881
2,6 ГГц	минус 3		± 991
2,8 ГГц	минус 3		± 1111
3,0 ГГц	минус 3		± 1244

Таблица 6

Частота тестового сигнала	Уровень мощности тестового сигнала, дБм	Применяемая нагрузка	Пределы допускаемой погрешности измерений полного сопротивления, мОм
1 МГц	минус 3	нагрузка «SHORT» 7 мм	$\pm 13,5$
10 МГц	минус 3		$\pm 18,0$
100 МГц	минус 3		± 63
200 МГц	минус 3		± 113
300 МГц	минус 3		± 163
500 МГц	минус 3		± 263
600 МГц	минус 3		± 313
800 МГц	минус 3		± 413
1,0 ГГц	минус 3		± 513
1,3 ГГц	минус 3		± 663
1,6 ГГц	минус 3		± 813
1,8 ГГц	минус 3		± 913
2,0 ГГц	минус 3		± 1013
2,2 ГГц	минус 3		± 1113
2,4 ГГц	минус 3		± 1213
2,6 ГГц	минус 3		± 1313
2,8 ГГц	минус 3		± 1413
3,0 ГГц	минус 3		± 1513

Таблица 7

Частота тестового сигнала	Уровень мощности тестового сигнала, дБм	Применяемая нагрузка	Пределы допускаемой погрешности измерений полного сопротивления, Ом	Пределы допускаемой погрешности измерений угла сдвига фаз, мрад
1 МГц	минус 3	Нагрузка 50 Ом 7 мм	$\pm 0,35$	$\pm 7,0$
10 МГц	минус 3		$\pm 0,36$	$\pm 7,2$
100 МГц	минус 3		$\pm 0,43$	$\pm 8,5$
200 МГц	минус 3		$\pm 0,58$	$\pm 11,5$
300 МГц	минус 3		$\pm 0,65$	$\pm 13,0$
500 МГц	минус 3		$\pm 0,80$	$\pm 16,0$
600 МГц	минус 3		$\pm 1,08$	$\pm 21,5$
800 МГц	минус 3		$\pm 1,23$	$\pm 24,5$
1,0 ГГц	минус 3		$\pm 1,38$	$\pm 27,5$
1,3 ГГц	минус 3		$\pm 2,25$	$\pm 45,0$
1,6 ГГц	минус 3		$\pm 2,48$	$\pm 49,5$
1,8 ГГц	минус 3		$\pm 2,63$	$\pm 52,5$
2,0 ГГц	минус 3		$\pm 4,02$	$\pm 80,5$
2,2 ГГц	минус 3		$\pm 4,17$	$\pm 83,5$
2,4 ГГц	минус 3		$\pm 4,32$	$\pm 86,5$
2,6 ГГц	минус 3		$\pm 4,47$	$\pm 89,5$
2,8 ГГц	минус 3		$\pm 4,62$	$\pm 92,5$
3,0 ГГц	минус 3		$\pm 4,77$	$\pm 95,5$

Таблица 8

Частота тестового сигнала	Уровень мощности тестового сигнала, дБм	Применяемая нагрузка	Пределы допускаемой погрешности измерений полного сопротивления, Ом	Пределы допускаемой погрешности измерений угла сдвига фаз, мрад
1 МГц	минус 3	Отрезок воздушной линии 10 см с нагрузкой «SHORT»	$\pm 0,010$	$\pm 125,4$
10 МГц	минус 3		$\pm 0,020$	$\pm 23,3$
100 МГц	минус 3		$\pm 0,13$	$\pm 12,5$
200 МГц	минус 3		$\pm 0,30$	$\pm 13,6$
300 МГц	минус 3		$\pm 0,50$	$\pm 13,7$
500 МГц	минус 3		$\pm 1,38$	$\pm 15,8$
600 МГц	минус 3		$\pm 3,75$	$\pm 24,1$
1,0 ГГц	минус 3		$\pm 2,32$	$\pm 27,0$
1,3 ГГц	минус 3		$\pm 1,28$	$\pm 58,0$
1,6 ГГц	минус 3		$\pm 1,10$	$\pm 101,6$
1,8 ГГц	минус 3		$\pm 2,08$	$\pm 56,7$
2,0 ГГц	минус 3		$\pm 6,97$	$\pm 79,5$
2,4 ГГц	минус 3		$\pm 14,38$	$\pm 95,1$
2,6 ГГц	минус 3		$\pm 4,86$	$\pm 88,5$
2,8 ГГц	минус 3		$\pm 2,65$	$\pm 120,6$

Таблица 9

Частота тестового сигнала	Уровень мощности тестового сигнала, дБм	Применяемая нагрузка	Пределы допускаемой погрешности измерений полного сопротивления, Ом	Пределы допускаемой погрешности измерений угла сдвига фаз, мрад
1 МГц	минус 40	Отрезок воздушной линии 10 см с нагрузкой «SHORT»	$\pm 0,100$	$\pm 892,0$
10 МГц	минус 40		$\pm 0,110$	$\pm 104,2$
100 МГц	минус 40		$\pm 0,23$	$\pm 21,2$
200 МГц	минус 40		$\pm 0,42$	$\pm 18,7$
300 МГц	минус 40		$\pm 0,66$	$\pm 18,1$
500 МГц	минус 40		$\pm 1,88$	$\pm 21,6$
600 МГц	минус 40		$\pm 5,17$	$\pm 33,2$
1,0 ГГц	минус 40		$\pm 2,82$	$\pm 32,7$
1,3 ГГц	минус 40		$\pm 1,39$	$\pm 63,2$
1,6 ГГц	минус 40		$\pm 1,20$	$\pm 110,2$
1,8 ГГц	минус 40		$\pm 2,24$	$\pm 61,1$
2,0 ГГц	минус 40		$\pm 7,48$	$\pm 85,3$
2,4 ГГц	минус 40		$\pm 15,72$	$\pm 104,0$
2,6 ГГц	минус 40		$\pm 5,12$	$\pm 93,1$
2,8 ГГц	минус 40		$\pm 2,76$	$\pm 125,8$

Таблица 10

Частота тестового сигнала	Уровень мощности тестового сигнала, дБм	Применяемая нагрузка	Пределы допускаемой погрешности измерений полного сопротивления, Ом	Пределы допускаемой погрешности измерений угла сдвига фаз, мрад
1 МГц	минус 3	Отрезок воздушной линии 10 см с нагрузкой «OPEN»	± 2600	$\pm 117,8$
10 МГц	минус 3		$\pm 42,8$	$\pm 19,6$
100 МГц	минус 3		$\pm 2,15$	$\pm 10,0$
200 МГц	минус 3		$\pm 1,18$	$\pm 11,7$
300 МГц	минус 3		$\pm 0,78$	$\pm 12,8$
500 МГц	минус 3		$\pm 0,47$	$\pm 20,9$
600 МГц	минус 3		$\pm 0,44$	$\pm 44,5$
800 МГц	минус 3		$\pm 0,59$	$\pm 43,5$
1,0 ГГц	минус 3		$\pm 1,25$	$\pm 28,2$
1,6 ГГц	минус 3		$\pm 4,17$	$\pm 48,6$
1,8 ГГц	минус 3		$\pm 1,95$	$\pm 58,7$
2,0 ГГц	минус 3		$\pm 1,34$	$\pm 211,6$
2,2 ГГц	минус 3		$\pm 2,05$	$\pm 118,2$
2,4 ГГц	минус 3		$\pm 4,37$	$\pm 86,4$
2,6 ГГц	минус 3		$\pm 14,8$	$\pm 98,6$
3,0 ГГц	минус 3		$\pm 6,9$	$\pm 93,0$

Таблица 11

Частота тестового сигнала	Уровень мощности тестового сигнала, дБм	Применяемая нагрузка	Пределы допускаемой погрешности измерений полного сопротивления, Ом	Пределы допускаемой погрешности измерений угла сдвига фаз, мрад
1 МГц	минус 20	Отрезок воздушной линии 10 см с нагрузкой «OPEN»	± 14500	$\pm 663,4$
10 МГц	минус 20		$\pm 161,8$	$\pm 74,2$
100 МГц	минус 20		$\pm 3,33$	$\pm 15,5$
200 МГц	минус 20		$\pm 1,47$	$\pm 14,6$
300 МГц	минус 20		$\pm 0,91$	$\pm 14,9$
500 МГц	минус 20		$\pm 0,52$	$\pm 23,1$
600 МГц	минус 20		$\pm 0,48$	$\pm 48,5$
800 МГц	минус 20		$\pm 0,63$	$\pm 46,6$
1,0 ГГц	минус 20		$\pm 1,34$	$\pm 30,2$
1,6 ГГц	минус 20		$\pm 4,39$	$\pm 51,2$
1,8 ГГц	минус 20		$\pm 2,01$	$\pm 60,6$
2,0 ГГц	минус 20		$\pm 1,38$	$\pm 217,6$
2,2 ГГц	минус 20		$\pm 2,09$	$\pm 120,7$
2,4 ГГц	минус 20		$\pm 4,47$	$\pm 88,4$
2,6 ГГц	минус 20		$\pm 15,4$	$\pm 102,6$
3,0 ГГц	минус 20		$\pm 7,1$	$\pm 95,4$

8.7.3 Результаты поверки считать положительными, если погрешности измерений находятся в пределах, приведенных в таблицах 5 - 11. В противном случае измеритель бракуется и направляется в ремонт.

9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки на измеритель выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На обратной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый измеритель к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение о непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

Начальник Центра испытаний
и поверки средств измерений

А.В. Апрельев