

1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на измерители LCR высокочастотные 4294А (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 частоты опорного генератора измерителя	8.4	да	да
5 Определение погрешности установки уровня тестового сигнала	8.5	да	да
6 Определение погрешностей воспроизведения и измерений напряжения и силы постоянного тока	8.6	да	да
7 Определение погрешности измерений импеданса	8.7	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 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 $\pm 0,03\%$. Ваттметр Е4418В с преобразователем N8482А: пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm(4-6)\%$
8.6	Мультиметр 3458А

№ 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
8.7	Меры сопротивления переменного тока МС 10, МС 1 МС 01 (Рег.№ 51137-12), номинальные значения сопротивления 10, 1 0,1 Ом, диапазон рабочих частот от 0 до 10 кГц, пределы допускаемой основной погрешности $\pm (0,03 - 0,1)\%$ Меры емкости образцовые Р597 (Рег. № 2684-70), диапазон рабочих частот от 40 Гц до 100 кГц, диапазон электрической емкости от 1 пФ до 1 мкФ, пределы допускаемой погрешности аттестации от 0,02 до 0,12 %. Набор мер емкости образцовых 3-го разряда Е1-3 (Рег. № 8174-88), диапазон рабочих частот от 100 кГц до 30 МГц, диапазон емкости от 100 пФ до 1000 пФ, Пределы допускаемой погрешности аттестации $\pm (0,02 - 0,2)\%$.
Вспомогательное оборудование	Делитель 11667А, Кабель BNC-BNC, переход BNC-вилка (банан), нагрузка 50 Ом - N (тип), нагрузки из комплекта 42942А, устройство для подключения 16089А, устройство для подключения 16048А, нагрузки 42090А и 42091А.

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 утвержденного 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 заземленную 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 \pm 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, используемые 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 2.10	-	-

8.4 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора измерителя

8.4.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора измерителя $\delta f_{\text{оп}}$ проводить путем сличения установленного значения частоты опорного генератора измерителя $f_{\text{и}}$ с показаниями частотомера $f_{\text{эт}}$, подключенного к разъему «Test signal» коммутационной коробки 04294-61002 из комплекта измерителя.

8.4.2 Установить режим работы измерителя:

Центральная частота 10 МГц, уровень сигнала 0,25 В, Число точек – 2, 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 $\pm 0,2$ Гц для измерителей с опцией 1D5 и $\pm 0,3$ Гц для всех остальных измерителей.

8.5 Определение погрешности установки уровня тестового сигнала

8.5.1 Для определения погрешности установки уровня тестового сигнала на частотах до 100 кГц собрать схему, приведенную на рисунке 1.



Рисунок 1

8.5.1.1 Перевести мультиметр в режим измерений напряжения переменного тока.

8.5.1.2 Установить на измерителе следующие значения:

Полоса частот – 0;

Центральная частота – 1 кГц;

Уровень сигнала – 1В;

Монитор уровня сигнала – «ON»

8.5.1.3 Записать показания мультиметра и монитора уровня сигнала измерителя.

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

Таблица 4

Уровень тестового сигнала, В	Частота тестового сигнала	Пределы допускаемой погрешности установки уровня тестового сигнала, мВ
1	1 кГц 100 кГц	± 101
0,5	40 ГГц 1 кГц 10 кГц 100 кГц	± 51
0,25	1 кГц 100 кГц	± 26
0,125	1 кГц 100 кГц	$\pm 13,5$
0,064	1 кГц 100 кГц	$\pm 7,4$
0,016	1 кГц 100 кГц	$\pm 2,6$

8.5.2 Для определения погрешности установки уровня тестового сигнала на частотах от 1 МГц до 110 МГц собрать схему, приведенную на рисунке 2.

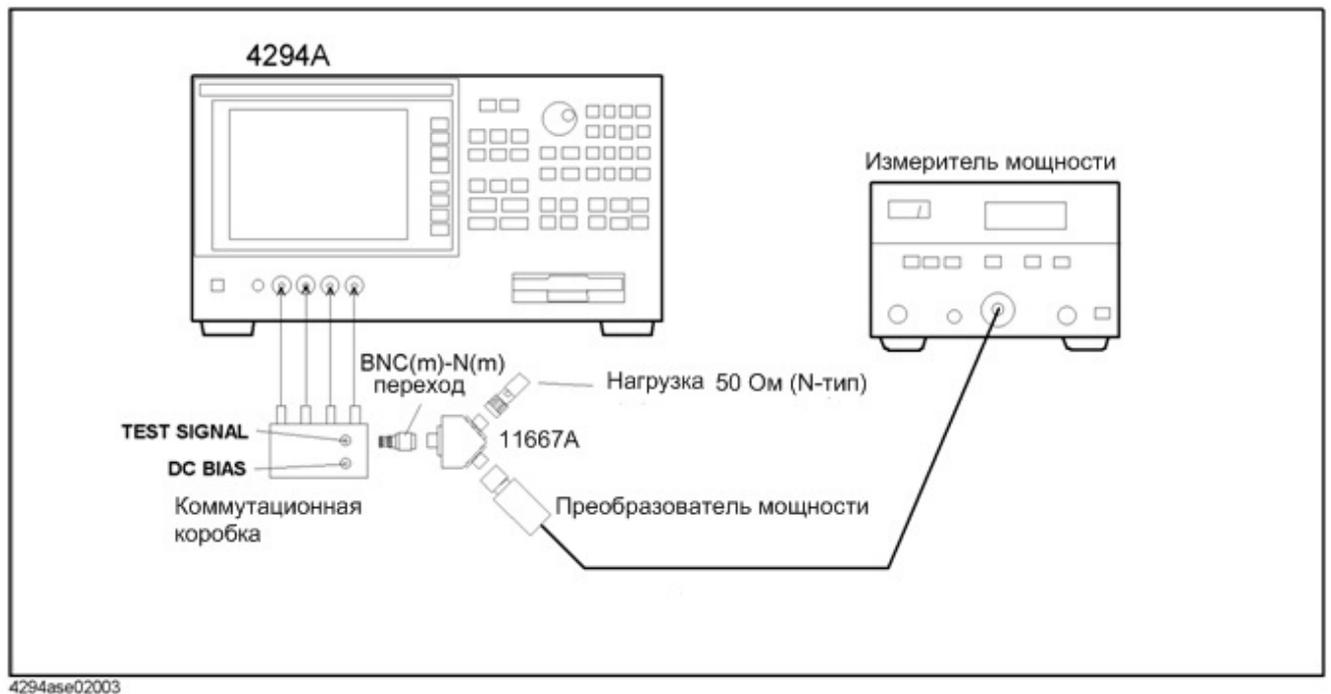


Рисунок 2

8.5.2.1 Установить на измерителе следующие значения:

Центральная частота – 1 МГц;

Уровень сигнала – 0,75 В;

8.5.2.2 Записать показания измерителя мощности и монитора уровня сигнала измерителя.

Повторить измерения для частот, приведенных в таблице 5.

Таблица 5

Частота тестового сигнала	Пределы допускаемой погрешности установки уровня тестового сигнала, мВ
1 МГц	$\pm 76,4$
10 МГц	$\pm 79,8$
15 МГц	$\pm 81,6$
16 МГц	± 82
50 МГц	$\pm 94,8$
110 МГц	$\pm 117,25$

8.5.3 Для определения погрешности установки уровня тестового сигнала на частотах от 1 МГц до 110 МГц с адаптером 42942А собрать схему, приведенную на рисунке 3.

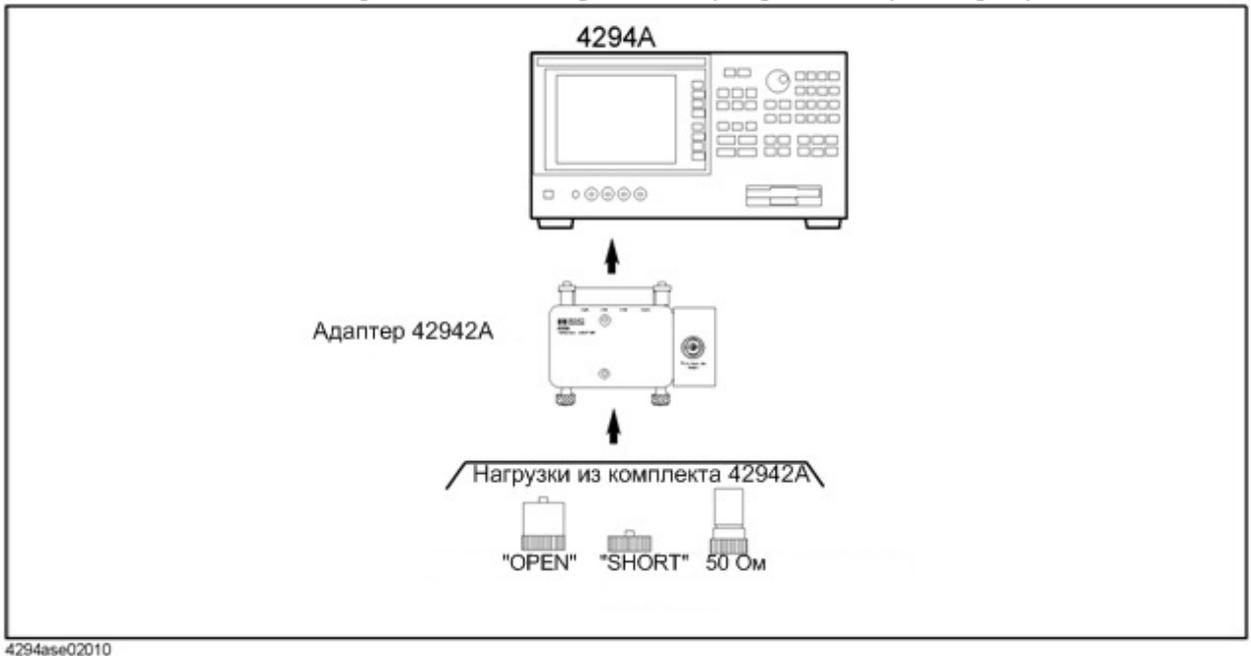


Рисунок 3

8.5.3.1 Выполнить следующие настройки измерителя с адаптером 42942А:

Нажать кнопку [Cal] и выбрать «Adapter, 7mm 42942A, SETUP».

Подсоединить нагрузку «OPEN» к адаптеру и нажать кнопку «PHASE COMP».

Нажать кнопку «OPEN».

Подсоединить нагрузку «SHORT» к адаптеру вместо нагрузки «OPEN» и нажать кнопку «SHORT».

Подсоединить нагрузку 50 Ом к адаптеру вместо нагрузки «SHORT» и нажать кнопку «LOAD».

Нажать кнопку «Down» для продолжения измерений.

8.5.3.2 Собрать схему, приведенную на рисунке 4.

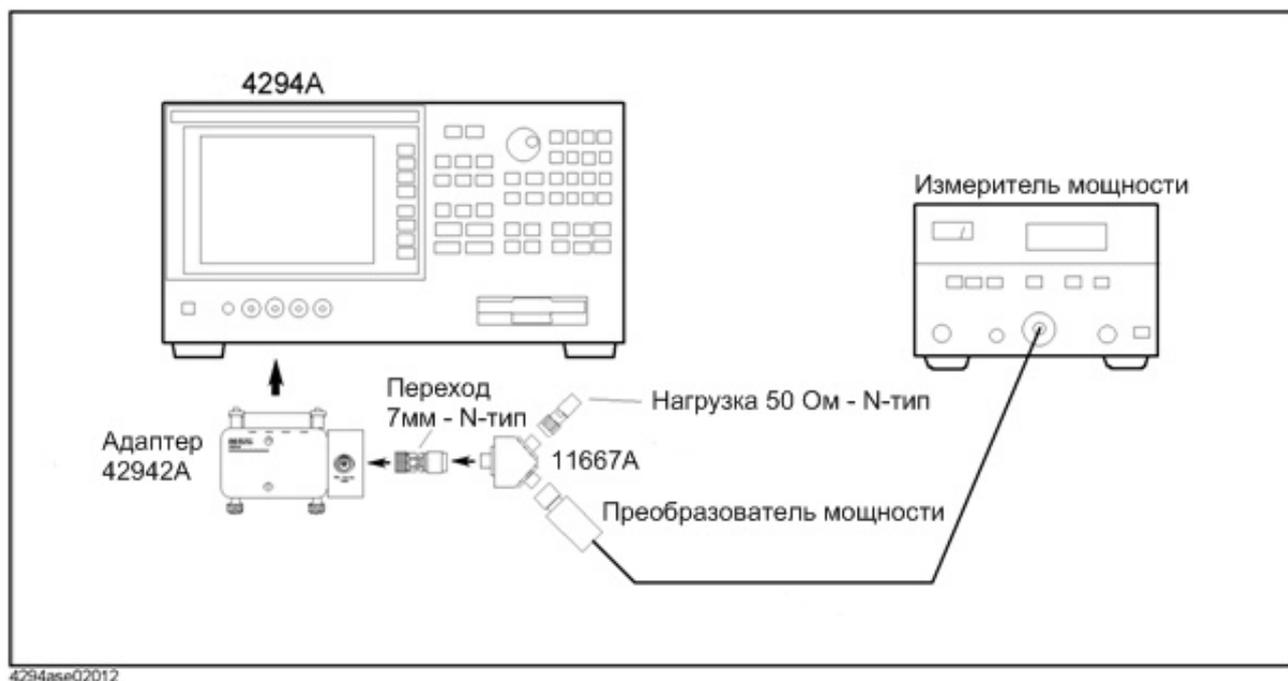


Рисунок 4

8.5.3.3 Установить на измерителе следующие значения:

Центральная частота – 1 МГц;

Уровень сигнала – 0,75 В;

8.5.3.4 Записать показания измерителя мощности и монитора уровня сигнала измерителя.

8.5.3.5 Повторить измерения для частот, приведенных в таблице 4.

8.5.3.6 Отсоединить делитель мощности от адаптера 42942 и подключить нагрузку «OPEN»

8.5.3.7 Установить на измерителе следующие значения:

Центральная частота – 1 МГц;

Уровень сигнала – 0,5 В

8.5.3.8 Записать показания измерителя мощности и монитора уровня сигнала измерителя.

8.5.3.9 Повторить измерения для частот, приведенных в таблице 6.

8.5.3.10 Результаты проверки считать положительными, если погрешность установки уровня тестового сигнала находится в пределах приведенных в таблице 6. В противном случае измеритель бракуется и направляется в ремонт.

Таблица 6

Уровень тестового сигнала, В	Частота тестового сигнала	Пределы допустимой погрешности установки уровня тестового сигнала, мВ
0,5	1 МГц	± 51,3
	10 МГц	± 53,5
	15 МГц	± 54,8
	16 МГц	± 55,0
	50 МГц	± 63,5
	110 МГц	± 78,5

8.6 Определение погрешностей воспроизведения и измерений напряжения и силы постоянного тока смещения

8.6.1 Собрать схему приведенную на рисунке 5.

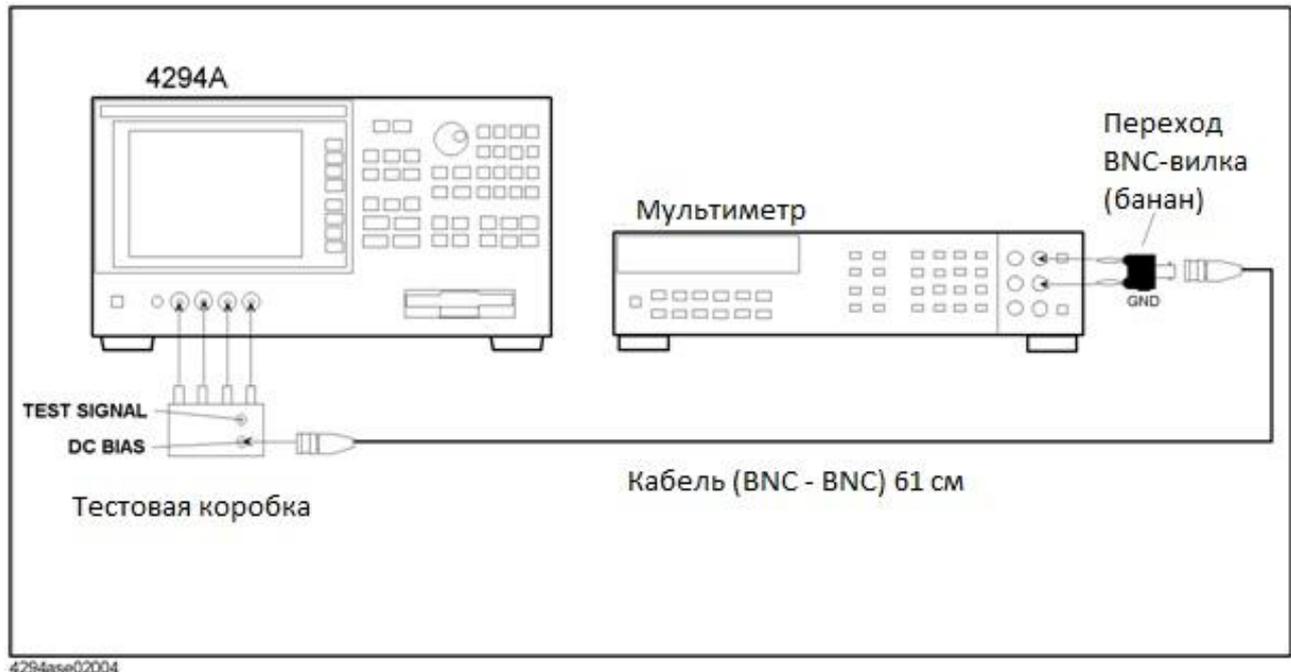


Рисунок 5

8.6.2 Подготовить мультиметр к измерениям напряжения постоянного тока.

8.6.3 Установить на измерителе следующие значения:

Уровень сигнала – 0 В (автоматически устанавливается уровень сигнала 5 мВ);

Постоянное напряжение – «ON»;

Монитор уровня сигнала – «ON»;

Режим монитора – «VOLT».

8.6.4 Записать показания мультиметра и монитора уровня сигнала измерителя.

Повторить измерения для уровней сигнала, приведенных в таблице 6.

Таблица 6

Уровень постоянного напряжения смещения, В	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения постоянного напряжения смещения, мВ	Пределы допускаемой погрешности измерений уровня постоянного смещения, мВ
0	$\pm 5,0$	$\pm 5,0$
25	$\pm 30,3$	$\pm 55,0$
40	$\pm 45,6$	$\pm 85,0$
минус 25	$\pm 30,3$	$\pm 55,0$
минус 40	$\pm 45,6$	$\pm 85,0$

8.6.5 Рассчитать значения погрешности воспроизведения постоянного напряжения смещения как разность значений напряжений измеренных мультиметром и установленных значений напряжения смещения.

8.6.6 Рассчитать значения погрешности измерений постоянного напряжения смещения, как разность значений напряжений измеренных мультиметром и значений напряжений измеренных монитором измерителя.

8.6.7 Результаты поверки считать положительными, если погрешности воспроизведения и измерений напряжения постоянного тока смещения находятся в пределах, приведенных в таблице 6. В противном случае измеритель бракуется и направляется в ремонт.

8.6.8 Собрать схему приведенную на рисунке 6.

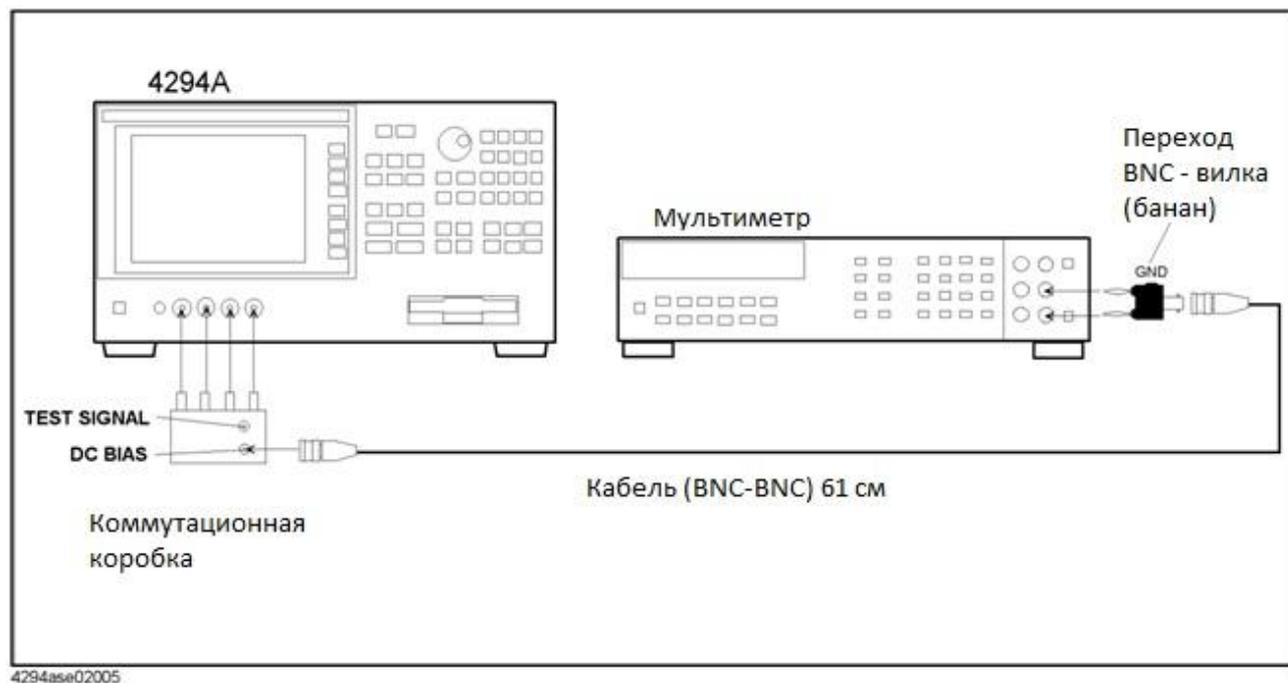


Рисунок 6

8.6.9 Подготовить мультиметр к измерениям силы постоянного тока.

8.6.10 Установить на измерителе следующие значения:

Уровень сигнала – 0 В (автоматически устанавливается уровень сигнала 5 мВ);

Постоянное напряжение смещения – «ON»;

Монитор уровня сигнала – «ON»;

Режим монитора – «CURRENT».

8.6.11 Установить первое значение силы тока и напряжения смещения, приведенные в таблице 7.

8.6.12 Записать показания мультиметра I_1 и рассчитать значение постоянного напряжения по формуле:

$$U = U_{\text{зад}} \cdot I_{\text{зад}} / I_1,$$

где $U_{\text{зад}}$ и $I_{\text{зад}}$ – значения установленного напряжения и силы тока сигнала.

8.6.13 Изменить для данной силы тока установленное напряжение смещения на полученное уточненное значение по результатам расчета и повторно измерить силу тока мультиметром, а также монитором уровня сигнала измерителя.

8.6.14 Повторить измерения для уровней сигнала, приведенных в таблице 7.

Таблица 7

Уровень силы постоянного тока смещения ($I_{\text{зад}}$), мА	Напряжение смещения ($U_{\text{зад}}$), В	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения силы тока смещения, мА	Пределы допускаемой погрешности измерений силы тока смещения, мА
0	0	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$
20	0,5	$\pm 0,6$	$\pm 0,75$
100	2,5	$\pm 2,2$	$\pm 1,75$
минус 20	минус 0,5	$\pm 0,6$	$\pm 0,75$
минус 100	минус 2,5	$\pm 2,2$	$\pm 1,75$

8.6.15 Рассчитать значения погрешности воспроизведения силы постоянного тока смещения как разность значений силы тока измеренных мультиметром и установленных значений силы тока смещения.

8.6.16 Рассчитать значения погрешности измерений силы постоянного тока, как разность значений силы тока измеренных мультиметром и измеренных монитором измерителя

8.6.17 Результаты поверки считать положительными, если погрешности воспроизведения и измерений силы постоянного тока смещения находятся в пределах, приведенных в таблице 7. В противном случае измеритель бракуется и направляется в ремонт.

8.7 Определение погрешности измерений импеданса

Определение погрешности импеданса проводить с использованием мер емкости E1-3 и P597 и мер сопротивления переменного тока МС по схемам, приведенным на рисунках 7, 8, 9.

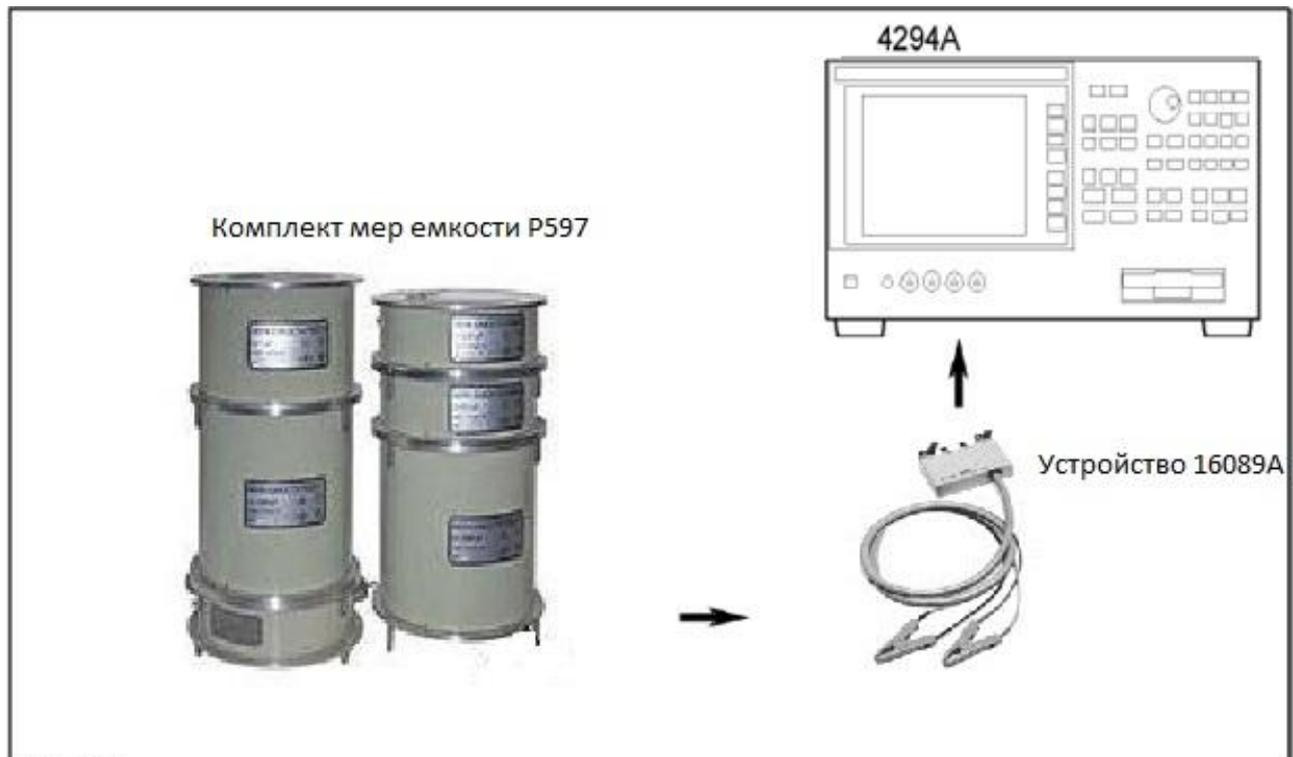


Рисунок 7

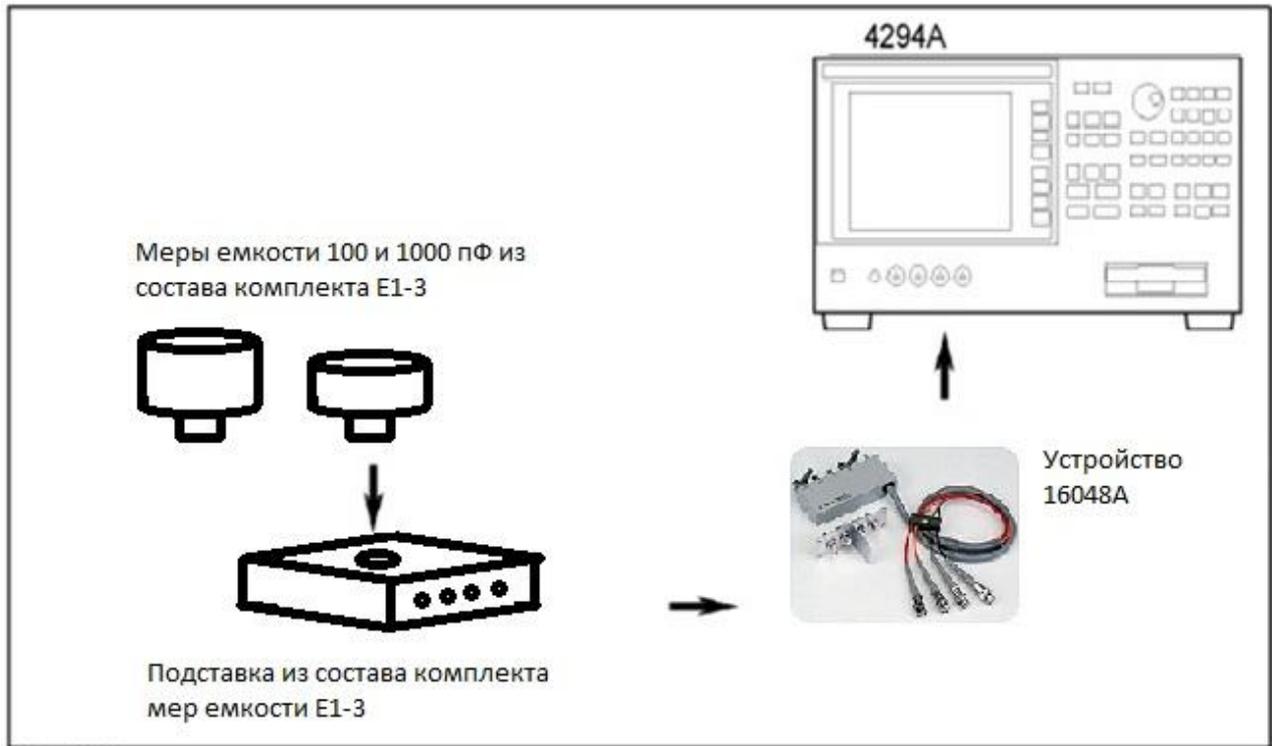


Рисунок 8

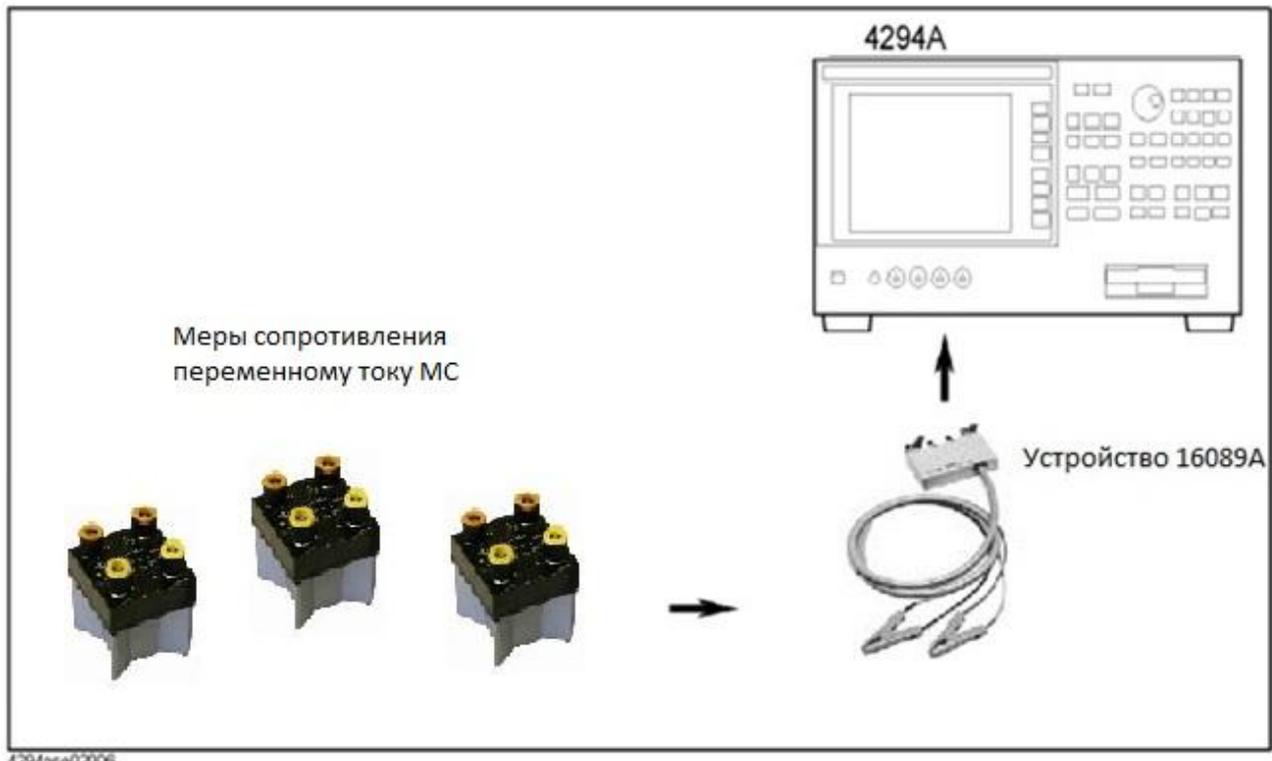


Рисунок 9

8.7.1 Подготовить измеритель к измерению импеданса. Провести операции по калибровке измерителя с помощью приспособлений 42090А и 42091А.

8.7.2. Подсоединяя поочередно меры емкости к измерителю, как показано на рисунках 6 и 7, провести измерения при уровнях сигнала и частотах приведенных в таблице 8. Верхние разъемы меры емкости образцовых Р597 должны быть закрыты штатными заглушками.

Таблица 8

Применяемая мера емкости	Значение емкости	Уровень тестового сигнала, В	Частота тестового сигнала	Пределы допускаемой погрешности измерений	
				Емкость, пФ	Тангенс угла потерь
P597/2	10 пФ	0,5	1 кГц	$\pm 0,41$ пФ	$\pm 0,041$
		0,1	1 кГц	$\pm 2,0$ пФ	$\pm 0,2$
P597/3	100 пФ	0,5	1 кГц	$\pm 0,47$ пФ	$\pm 0,0047$
			10 кГц	$\pm 0,079$ пФ	$\pm 0,0008$
E1-3	100 пФ	0,5	1 МГц	$\pm 0,076$ пФ	$\pm 0,0008$
			3 МГц	$\pm 0,3$ пФ	$\pm 0,003$
			10 МГц	$\pm 1,0$ пФ	$\pm 0,01$
P597/3	100 пФ	0,1	1 кГц	$\pm 2,07$ пФ	$\pm 0,0207$
E1-3	100 пФ	0,1	100 кГц	$\pm 0,102$ пФ	$\pm 0,001$
			1 МГц	$\pm 0,087$ пФ	$\pm 0,0009$
			3 МГц	$\pm 0,32$ пФ	$\pm 0,0032$
			10 МГц	$\pm 1,01$ пФ	$\pm 0,0101$
P597/7	1000 пФ	0,5	1 кГц	$\pm 1,15$ пФ	$\pm 0,0012$
			10 кГц	$\pm 0,79$ пФ	$\pm 0,0008$
E1-3	1000 пФ	0,5	100 кГц	$\pm 0,76$ пФ	$\pm 0,0008$
P597/7	1000 пФ	0,1	1 кГц	$\pm 2,8$ пФ	$\pm 0,0028$
P597/11	0,01 мкФ	0,5	120 Гц	$\pm 0,033$ нФ	$\pm 0,0030$
			1 кГц	$\pm 0,0079$ нФ	$\pm 0,0008$
			10 кГц	$\pm 0,0076$ нФ	$\pm 0,0008$
		0,1	1 кГц	$\pm 0,0102$ нФ	$\pm 0,0008$
P597/15	0,1 мкФ	0,5	120 Гц	$\pm 0,3$ нФ	$\pm 0,003$
			1 кГц	$\pm 0,076$ нФ	$\pm 0,0008$
			10 кГц	$\pm 0,077$ нФ	$\pm 0,0008$
		0,1	1 кГц	$\pm 0,085$ нФ	$\pm 0,0008$
P597/19	1 мкФ	0,5	120 Гц	$\pm 0,003$ мкФ	$\pm 0,003$
			1 кГц	$\pm 0,77$ нФ	$\pm 0,0008$
		0,1	1 кГц	$\pm 0,85$ нФ	$\pm 0,0008$

8.7.3 Результаты поверки считать положительными, если погрешности измерений электрической емкости находятся в пределах, приведенных в таблице 8. В противном случае измеритель бракуется и направляется в ремонт.

8.7.4. Подсоединяя поочередно меры сопротивления МС к измерителю в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 8, провести измерения при уровнях сигнала и частоте приведенных в таблице 9.

Таблица 9

Значение сопротивления	Частота тестового сигнала	Уровень тестового сигнала, В	Пределы допускаемой погрешности измерений
10 Ом	1 кГц	0,5	$\pm 0,01$ Ом
		0,1	$\pm 0,0114$ Ом
1 Ом		0,5	$\pm 0,0033$ Ом
		0,1	$\pm 0,0044$ Ом
0,1 Ом		0,5	$\pm 2,6$ мОм
		0,1	$\pm 3,2$ мОм

8.7.5 Результаты поверки считать положительными, если погрешности измерений сопротивления находятся в пределах, приведенных в таблице 9. 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 оборотной 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
ФГУП «ВНИИФТРИ»

_____ А.В. Апрельев