

УТВЕРЖДАЮ

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



А.Н. Щипунов

«25»

01

2018 г.

ИНСТРУКЦИЯ

**Системы автоматизированного измерения электрических
параметров компонентов интегральных схем
Agilent 4071A, 4072A, 4073A**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

651-18-012

2018 г.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на системы автоматизированного измерения электрических параметров компонентов интегральных схем Agilent 4071A, 4072A, 4073A (далее - системы), и устанавливает методы и средства их первичной и периодических поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Идентификация программного обеспечения (ПО)	8.3	да	да
4 Определение метрологических характеристик	8.4	да	да
4.1 Определение абсолютных погрешностей воспроизведения и измерений напряжения постоянного тока модулями SMU (MPSMU, HRSMU)	8.4.1	да	да
4.2 Определение абсолютных погрешностей воспроизведения и измерений силы постоянного тока модулями SMU (MPSMU, HRSMU)	8.4.2	да	да
4.3 Определение электрического сопротивления между выходами SMU и входами проб-карты	8.4.3	да	да
4.4 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока модулем DVM	8.4.4	да	да
4.5 Определение относительной погрешности измерений электрической емкости модулем CMU	8.4.5	да	да
4.6 Определение относительной погрешности измерений электрической проводимости модулем CMU	8.4.6	да	да

Примечание – Измерительный блок системы имеет в своем составе модули:

- модули универсального источника и измерителя напряжения и тока SMU: MPSMU (для моделей системы 4071A, 4072A и 4073A) и HRSMU (для модели системы 4073A);
- модуль программируемого цифрового вольтметра DVM (Agilent 3458A);
- модуль измерителя емкости и проводимости CMU (RLC измеритель Agilent E4980 или 4284A).

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленное в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики	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 средств поверки
8.4.1-8.4.4	Мультиметр 3458А, диапазон измерений напряжения постоянного тока от 1 мкВ до 1000 В, пределы допускаемой относительной погрешности от $0,5 \cdot 10^{-4}$ до $2,5 \cdot 10^{-4}$ %, диапазон измерений силы постоянного тока от 0,1 нА до 1 А, пределы допускаемой относительной погрешности от $1,4 \cdot 10^{-3}$ до $4,1 \cdot 10^{-2}$ %, диапазон измерения напряжения переменного тока от 10 мкВ до 1000 В в диапазоне частот от 1 Гц до 10 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности от $7 \cdot 10^{-3}$ до $4 \cdot 10^{-2}$ %, диапазон измерений силы переменного тока от 1 мкА до 1 А в диапазоне частот от 10 Гц до 100 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности от $3 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ %
8.4.2	Мера электрического сопротивления однозначная Р3030, номинальное значение 100 кОм, кл. точности 0,005
8.4.2	Мера электрического сопротивления однозначная Р4015, номинальное значение 1 МОм, кл. точности 0,005, максимальная частота 1 кГц
8.4.2	Мера электрического сопротивления однозначная Р4016, номинальное значение 10 МОм, кл. точности 0,005, максимальная частота 1 кГц
8.4.2	Мера электрического сопротивления однозначная Р4017, номинальное значение 100 МОм, кл. точности 0,005, максимальная частота 1 кГц
8.4.2	Мера электрического сопротивления однозначная Р4018, номинальное значение 1 ГОм, кл. точности 0,005, максимальная частота 1 кГц
8.4.5	Меры емкости образцовые Р597, 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 %
8.4.5	Меры емкости образцовых 3-го разряда Е1-3, диапазон рабочих частот от 100 кГц до 30 МГц, диапазон емкости от 100 пФ до 1000 пФ, пределы допускаемой погрешности аттестации $\pm (0,02 - 0,2)$ %
8.4.6	Меры сопротивления Е1-5, номинальные значения сопротивлений, Ом: 1, 10, 100, 10^3 , 10^4 тангенс угла фазового сдвига на частоте 1 МГц: $\pm 2 \cdot 10^{-3}$, основная погрешность действительных значений сопротивления $\pm 0,1$ %

3.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых систем с требуемой точностью.

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 системы 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 имеющий право на поверку (аттестованный в качестве поверителей).

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные ГОСТ Р 12.1.019-2009, «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также изложенные в руководстве по эксплуатации системы, в технической документации на применяемые при поверке рабочие эталоны и вспомогательное оборудование.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды от 20 до 28 °С;
- относительная влажность воздуха при температуре от 50 до 70 %;
- атмосферное давление от 97 до 104,9 кПа (от 650 до 795 мм рт.ст.).

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать систему в условиях, указанных в п. 6 в течение не менее 2 часов;
- выполнить операции калибровки системы в соответствии с РЭ;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить предварительный прогрев средств поверки для установления их рабочего режима.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре проверить отсутствие внешних механических повреждений и неисправностей, влияющих на работоспособность системы.

8.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если отсутствуют внешние механические повреждения и неисправности, влияющие на работоспособность системы.

8.2 Опробование

8.2.1 Запустить ПО системы.

8.2.2 Выполнить в соответствии с РЭ следующие операции тестирования системы:

- тест "Relay test" (Relay) – выполняется только для 4071А;
- тест "Measurement pin location test" (Meas Pin) – проверка наличия и исправности коммутирующих плат, обеспечивающих соединение с выводами проб-карты;
- тест "Residual resistance test" (Residl R) – проверка сопротивлений коммутаторов;
- тест "Isolation and offset current test" (Offset I) – проверка токов утечки коммутирующих плат;
- тест "HF matrix relay test" (HF Matrix) – тест высокочастотных реле.

8.2.3 Результаты опробования считать положительными, если в результате выполнения тестов не выявлены ошибки.

8.3 Идентификация ПО

8.3.1 Проверку соответствия заявленных идентификационных ПО системы проводить в следующей последовательности:

- проверить идентификационное наименование ПО;
- проверить номер версии (идентификационный номер) ПО, для чего в окне «ui_report.ORG.PROD» переместиться вверх, найти запись, отображающей версию ПО, например «Agilent 83000 SmarTest Rev. 5.7.3».

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

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	sys4070
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже С.04.02

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 Определение абсолютных погрешностей воспроизведения и измерений напряжения постоянного тока модулями SMU

Измерения по пп. 8.4.1 могут быть выполнены в автоматическом режиме при выполнении теста системы “SMU current force and measurement test” (SMU V). Результаты измерений при выполнении теста выводятся в файл.

8.4.1.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунками 1 и 2.

SMU Voltage force and measurement test

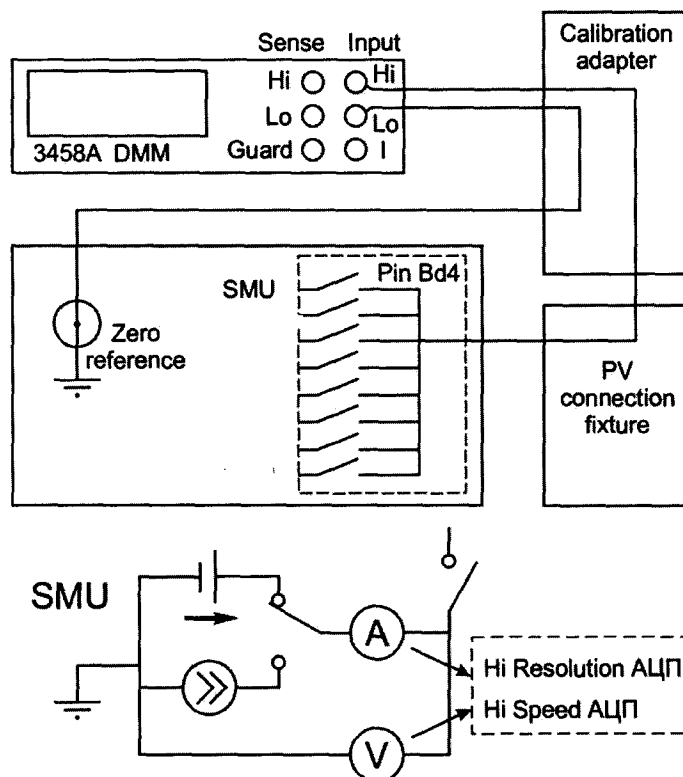


Рисунок 1 - Схема соединений при определении абсолютной погрешности воспроизведения (измерений) напряжения постоянного тока модулями SMU

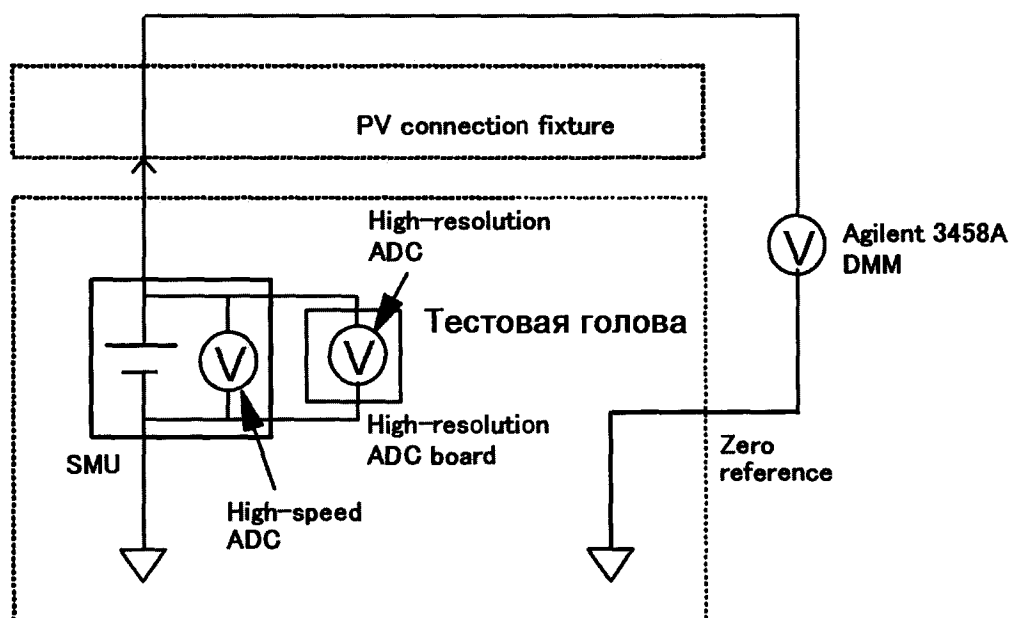


Рисунок 2 - Блок-схема измерений при определении абсолютной погрешности воспроизведения (измерений) напряжения постоянного тока модулями SMU

8.4.1.2 Перевести мультиметр 3458А в режим измерений напряжения постоянного тока.

8.4.1.3 В соответствии с РЭ системы подключить выход модуля SMU к мультиметру.

8.4.1.4 В соответствии с РЭ перевести SMU в режим воспроизведения напряжения постоянного тока.

8.4.1.5. Последовательно задавая выходное напряжение на модуле SMU в соответствии с таблицей 4, измерить выходное напряжение с помощью мультиметра 3458, а также с помощью быстродействующих и прецизионных АЦП модуля SMU. Записать в протокол измеренные значения напряжений. Результаты измерений занести в таблицы 4 и 5.

Таблица 4 - Погрешность воспроизведения напряжения постоянного тока

Диапазон, В	Напряжение, воспроизводимое системой, В	Значение напряжения, измеренного мультиметром 3458А, В	Погрешность воспроизведения напряжения, мВ	Допустимая погрешность модулей MPSMU, мВ	Допустимая погрешность модулей HRSMU, мВ
1	2	3	4	5	6
±2	0			±1	±0,7
	-2			±2	±1,3
	+2			±2	±1,3
±20	0			±10	±4
	-20			±20	±10
	+20			±20	±10
±40	0			±20	±8
	-40			±40	±20
	+40			±40	±20
±100	0			±50	±20
	-100			±100	±70
	+100			±100	±70

Таблица 5 - Погрешность измерения напряжения постоянного тока

Диапазон, В	Напряжение, воспроизводимое системой, В	Значение напряжения, измеренного мультиметром 3458А, В	Значение напряжения, измеренного быстродействующим АЦП, В	Абсолютная погрешность измерения напряжения быстродействующим АЦП, мВ	Значение напряжения, измеренного прецизионным АЦП, В	Абсолютная погрешность измерения напряжения прецизионным АЦП, мВ	Допустимая абсолютная погрешность измерения модулей MPSMU, мВ	Допустимая абсолютная погрешность измерения модулей HRSMU, мВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
±2	0						±0,8	±0,5
	-2						±1,6	±0,9
	+2						±1,6	±0,9
±20	0						±8	±3
	-20						±16	±9
	+20						±16	±9
±40	0						±16	±6
	-40						±32	±18
	+40						±32	±18
±100	0						±40	±15
	-100						±80	±65
	+100						±80	±65

8.4.1.6 Рассчитать значения абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока по формуле (1):

$$\Delta = U_{уст} - U_{изм} , \quad (1)$$

где $U_{уст}$ – значение напряжения, установленного системой;

$U_{изм}$ – значение напряжения, измеренного мультиметром.

8.4.1.7 Рассчитать значения абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока быстродействующими АЦП по формуле (2):

$$\Delta = U_{АЦП} - U_{изм} , \quad (2)$$

где $U_{АЦП}$ – значение напряжения, измеренного быстродействующим АЦП;

$U_{изм}$ – значение напряжения измеренного мультиметром.

8.4.1.8 Рассчитать значения абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока прецизионными АЦП по формуле (3):

$$\Delta = U_{АЦП} - U_{изм} , \quad (3)$$

где $U_{уст}$ – значение напряжения, измеренного прецизионным АЦП;

$U_{изм}$ – значение напряжения, измеренного мультиметром.

8.4.1.9 Результаты поверки системы считать положительными, если значения абсолютных погрешностей воспроизведения и измерений напряжения постоянного тока находятся в допустимых пределах, приведенных: в графах 5 и 6 таблицы 4, графах 8 и 9 таблицы 5.

8.4.2 Определение абсолютных погрешностей воспроизведения и измерений силы постоянного тока модулями SMU

Измерения по пп. 8.4.2 могут быть выполнены в автоматическом режиме при выполнении теста системы “SMU current force and measurement test” (SMU I). Результаты измерений при выполнении теста выводятся в файл.

8.4.2.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунками 3 и 4.

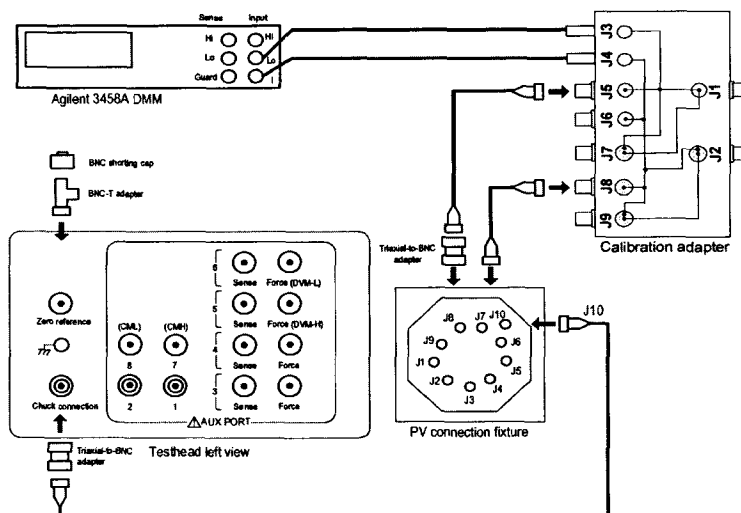


Рисунок 3 - Схема соединений при определении абсолютной погрешности воспроизведения (измерения) силы постоянного тока более 10 мкА модулями SMU

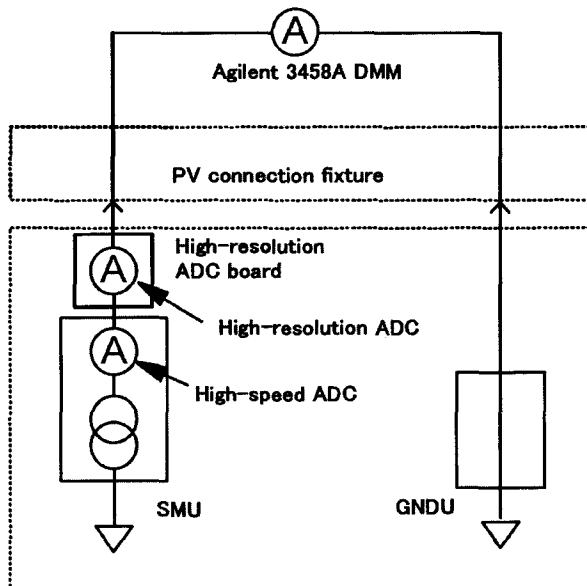


Рисунок 4 - Блок-схема измерений при определении абсолютной погрешности воспроизведения (измерения) силы постоянного тока более 10 мкА модулями SMU

8.4.2.2 Перевести мультиметр 3458А в режим измерений силы постоянного тока.

8.4.2.3 В соответствии с РЭ системы подключить выход модуля SMU к мультиметру.

8.4.2.4 В соответствии с РЭ перевести SMU в режим воспроизведения силы постоянного тока.

8.4.2.5. Последовательно задавая силу постоянного тока на модуле SMU в соответствии с таблицей 6, измерить силу тока с помощью мультиметра 3458, а также с помощью быстродействующих и прецизионных АЦП модуля SMU. Записать в протокол измеренные значения силы постоянного тока. Результаты измерений занести в таблицы 6 и 7.

Таблица 6 - Погрешность воспроизведения силы постоянного тока

Диапазон, мА	Сила тока, воспроизводимого системой, мА	Значение силы тока, измеренного мультиметром 3458А, мА	Погрешность воспроизведения силы тока, мкА	Допустимая погрешность модулей MPSMU, мкА	Допустимая погрешность модулей HRSMU, мкА
1	2	3	4	5	6
100	+100			±270	±180
	-100			±270	±180
	+10			±162	±72
	-10			±162	±72
10	+10			±27	±11
	-10			±27	±11
	+1			±16,2	±5,6
	-1			±16,2	±5,6
1	+1			±2,70	±1,2
	-1			±2,70	±1,2
	+0,1			±1,62	±0,66
	-0,1			±1,62	±0,66
0,1	+0,1			±0,27	±0,12
	-0,1			±0,27	±0,12
	+0,01			±0,162	±0,057
	-0,01			±0,162	±0,057

Таблица 7 - Погрешность измерений силы постоянного тока

Диапазон, мА	Сила тока, воспроизводимого системой, мА	Значение силы тока, измеренного мультиметром 3458А, мА	Значение силы тока, измеренного быстродействующим АЦП, мА	Погрешность измерения быстродействующим АЦП, мкА	Значение силы тока, измеренного прецизионным АЦП, мА	Погрешность измерения прецизионным АЦП, мкА	Допустимая погрешность измерения модулей MPSMU, мкА	Допустимая погрешность измерения модулей HRSMU, мкА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	+100						±200	±150
	-100						±200	±150
	+10						±110	±60
	-10						±110	±60
10	+10						±20	±10
	-10						±20	±10
	+1						±11	±4,6
	-1						±11	±4,6
1	+1						±2	±1,1
	-1						±2	±1,1
	+0,1						±1,1	±0,56
	-0,1						±1,1	±0,56
0,1	+0,1						±0,2	±0,105
	-0,1						±0,2	±0,105
	+0,01						±0,11	±0,051
	-0,01						±0,11	±0,051

8.4.2.6 Рассчитать значения абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока по формуле (4):

$$\Delta = I_{уст} - I_{изм} , \quad (4)$$

где $I_{уст}$ – значение силы тока, установленного системой;

$I_{изм}$ – значение силы тока измеренного мультиметром.

8.4.2.7 Рассчитать значения абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока быстродействующими АЦП по формуле (5):

$$\Delta = I_{АЦП} - I_{изм} , \quad (5)$$

где $I_{АЦП}$ – значение силы тока, измеренного быстродействующим АЦП;

$I_{изм}$ – значение силы тока измеренного мультиметром.

8.4.2.8 Рассчитать значения абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока прецизионными АЦП по формуле (6):

$$\Delta = I_{АЦП} - I_{изм} , \quad (6)$$

где $I_{уст}$ – значение силы тока, измеренного прецизионным АЦП;

$I_{изм}$ – значение силы тока измеренного мультиметром.

8.4.2.9 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунками 5 и 6.

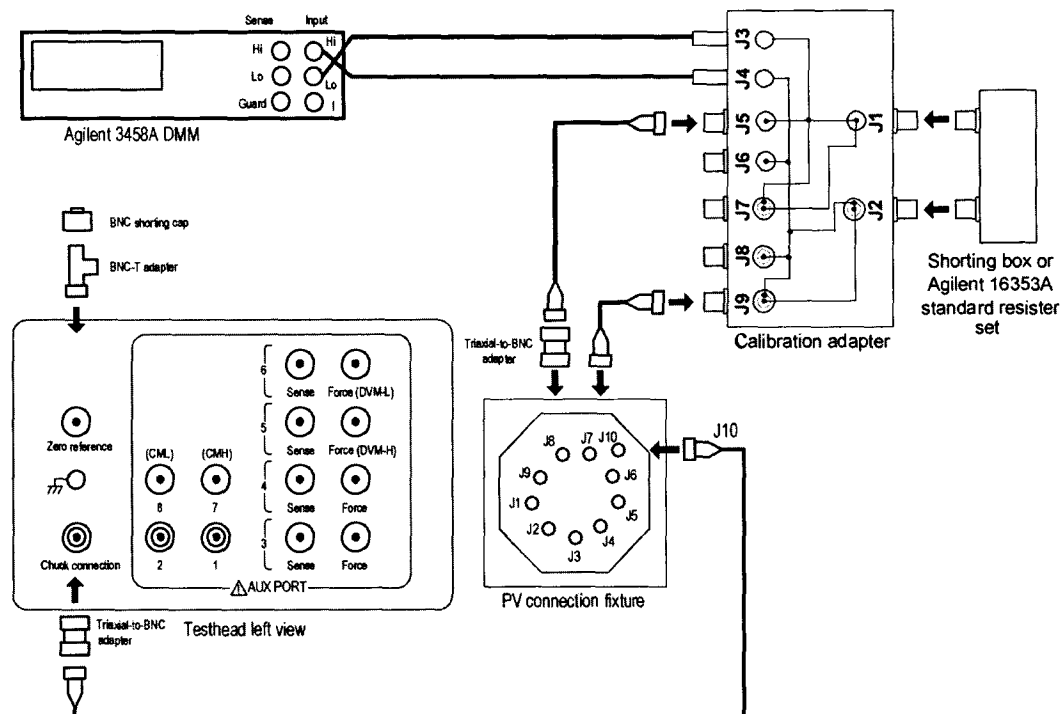


Рисунок 5 - Схема соединений при определении абсолютных погрешностей воспроизведения (измерения) силы постоянного тока менее 10 мкА модулями SMU

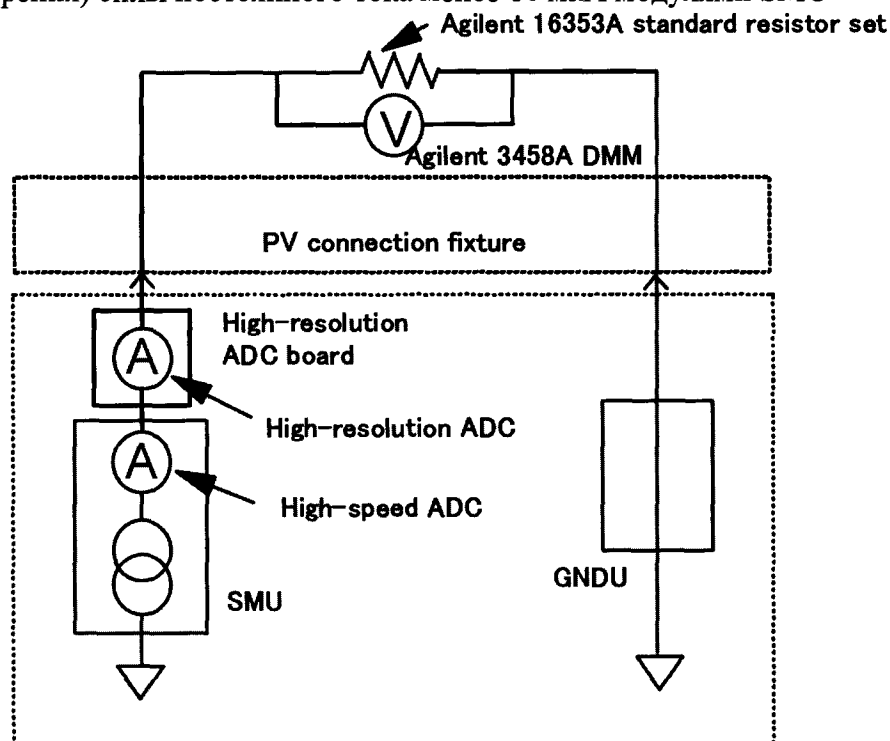


Рисунок 6 - Блок-схема измерения при определении абсолютных погрешностей воспроизведения (измерения) силы постоянного тока менее 10 мкА модулями SMU

Подключить к системе меру сопротивления номинальным значением в соответствии с таблицей 8.

8.4.2.10 Перевести мультиметр 3458А в режим измерения напряжения постоянного тока. В соответствии с РЭ подключить к мультиметру выход модуля SMU.

Таблица 8 - Погрешность воспроизведения силы постоянного тока

Диапазон	Сила тока, воспроизводимого системой	Номинальное значение меры сопротивления	Значение напряжения, измеренного мультиметром 3458А, В	Погрешность воспроизведения силы тока	Допустимая погрешность модулей MPSMU нА	Допустимая погрешность, модулей HRSMU
1	2	3	4	5	6	7
10 мкА	+10 мкА	100 кОм			±27	±13 нА
	-10 мкА				±27	±13 нА
	+1 мкА				±16,2	±6,7 нА
	-1 мкА				±16,2	±6,7 нА
1 мкА	+1 мкА	1 МОм			±3,7	±1,7 нА
	-1 мкА				±3,7	±1,7 нА
	+0,1 мкА				±1,9	±0,62 нА
	-0,1 мкА				±1,9	±0,62 нА
100 нА	+100 нА	10 МОм			±0,55	±0,18 нА
	-100 нА				±0,55	±0,18 нА
	+10 нА				±0,37	±0,062 нА
	-10 нА				±0,37	±0,062 нА
10 нА	+10 нА	100 МОм			±0,134	±0,109 нА
	-10 нА				±0,134	±0,109 нА
	+1 нА				±0,044	±0,019 нА
	-1 нА				±0,044	±0,019 нА
1 нА	+1 нА	100 МОм			±0,016	±13,9 пА
	-1 нА				±0,016	±13,9 пА
	+0,1 нА				±0,007	±4,9 пА
	-0,1 нА				±0,007	±4,9 пА
100 пА	+100 пА	1000 МОм			-	±21 пА
	-100 пА				-	±21 пА
	+10 пА				-	±3 пА
	-10 пА				-	±3 пА
10 пА	+10 пА	1000 МОм			-	±7 пА
	-10 пА				-	±7 пА

Таблица 9 - Погрешность измерений силы постоянного

Диапазон	Сила тока, воспроизводимого системой	Номинальное значение меры сопротивления, Ом	Значение напряжения постоянного тока, измеренного мультиметром 3458А	Значение силы тока, измеренного быстродействующим АЦП	Погрешность измерения быстродействующим АЦП	Значение силы тока, измеренного прецизионным АЦП	Погрешность измерения прецизионным АЦП	Допустимая погрешность измерения модулей MPSMU, нА	Допустимая погрешность измерения модулей HRSMU, нА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 мкА	+10 мкА	10 ⁵						±20	±11
	-10 мкА						±20	±11	
	+1 мкА						±11	±5,6	
	-1 мкА						±11	±5,6	
1 мкА	+1 мкА	10 ⁶						±3,2	±1,65
	-1 мкА						±3,2	±1,65	
	+0,1 мкА						±1,4	±0,57	
	-0,1 мкА						±1,4	±0,57	
100 нА	+100 нА	10 ⁷						±0,5	±0,17
	-100 нА						±0,5	±0,17	
	+10 нА						±0,32	±0,062	
	-10 нА						±0,32	±0,062	
10 нА	+10 нА	10 ⁸						±0,133	±0,108
	-10 нА						±0,133	±0,108	
	+1 нА						±0,043	±0,018	
	-1 нА						±0,043	±0,018	
1 нА	+1 нА	10 ⁸						±0,016	±0,0134
	-1 нА						±0,016	±0,0134	
	+0,1 нА						±0,007	±0,0044	
	-0,1 нА						±0,007	±0,0044	
100 пА	+100 пА	10 ⁹						-	±21 пА
	-100 пА						-	±21 пА	
	+10 пА						-	±3 пА	
	-10 пА						-	±3 пА	
10 пА	+10 пА	10 ⁹						-	±7 пА
	-10 пА						-	±7 пА	

8.4.2.11 Последовательно подключая к системе меры сопротивления номинальными значениями в соответствии с таблицей 8 и задавая силу постоянного тока на выходе модуле SMU в соответствии с таблицей 8 измерить помощью мультиметра 3458 напряжение на мере сопротивления, а также силу тока с помощью быстродействующих и прецизионных АЦП модуля SMU. Записать в протокол измеренные значения.

Результаты измерений занести в таблицы 8 и 9.

8.4.2.12 Рассчитать значения абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока по формуле (7):

$$\Delta = I_{уст} - \frac{U_{изм}}{R_{меры}}, \quad (7)$$

где $I_{уст}$ – значение силы тока, установленного системой;

$U_{изм}$ – значение напряжения постоянного тока, измеренного мультиметром, В.

$R_{меры}$ – действительное значение меры, Ом.

8.4.2.13 Рассчитать значения абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока быстродействующими АЦП по формуле (8):

$$\Delta = I_{АЦП} - \frac{U_{изм}}{R_{меры}}, \quad (8)$$

где $I_{АЦП}$ – значение силы тока, измеренного быстродействующим АЦП;

$U_{изм}$ – значение напряжения постоянного тока, измеренного мультиметром, В.

$R_{меры}$ – действительное значение меры, Ом.

8.4.2.14 Рассчитать значения абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока прецизионными АЦП по формуле (9):

$$\Delta = I_{АЦП} - \frac{U_{изм}}{R_{меры}}, \quad (9)$$

где $I_{АЦП}$ – значение силы тока, измеренного прецизионным АЦП;

$U_{изм}$ – значение напряжения постоянного тока, измеренного мультиметром, В.

$R_{меры}$ – действительное значение меры, Ом.

8.4.2.15 Результаты поверки систем считать положительными, если значения абсолютных погрешностей воспроизведения и измерения силы постоянного тока находятся в допускаемых пределах, приведенных: в графах 5 и 6 таблицы 6, в графах 8 и 9 таблицы 7, в графах 6 и 7 таблицы 8, в графах 9 и 10 таблицы 9.

8.4.3 Определение электрического сопротивления между выходами SMU и входами проб-карты.

Измерения по пп. 8.4.3 могут быть выполнены в автоматическом режиме при выполнении теста системы “SMU output resistance test” (SMU R). Результаты измерений при выполнении теста выводятся в файл.

8.4.3.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунками 7 и 8.

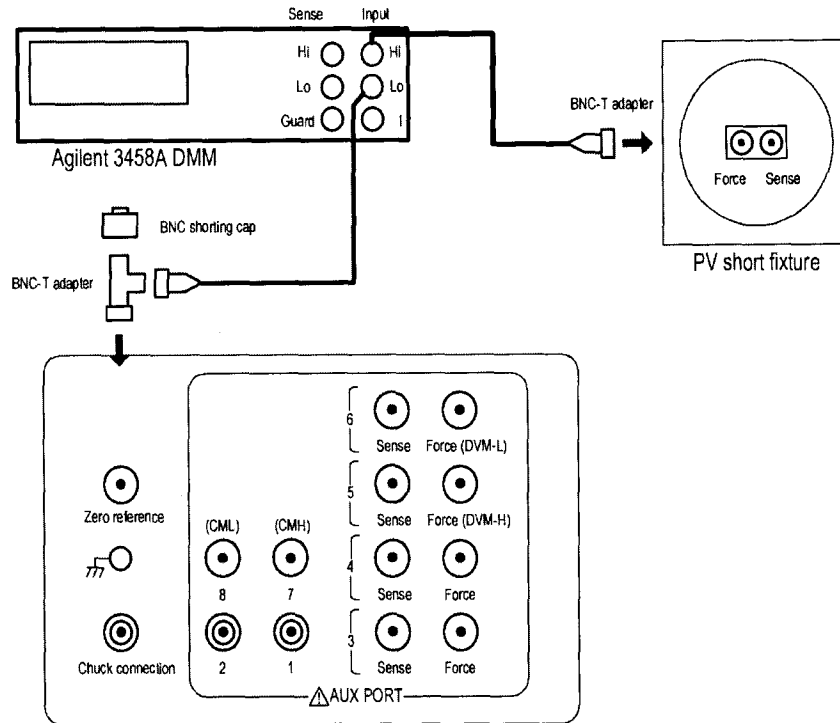


Рисунок 7 - Схема соединений при определении электрического сопротивления между выходами модуля SMU и входами проб-карты

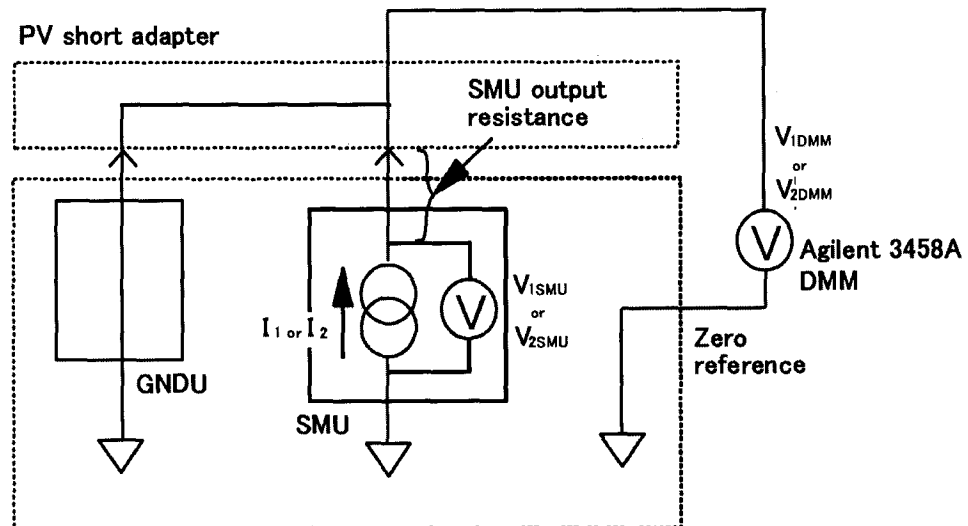


Рисунок 8 - Блок-схема измерений при определении электрического сопротивления между выходами модуля SMU и входами проб-карты

- 8.4.3.2 В соответствии с РЭ системы подключить выход модуля SMU1 к мультиметру.
- 8.4.3.3 Модуль SMU установить в режим источника тока и измерителя напряжения.
- 8.4.3.4 Мультиметр перевести в режим измерения напряжения постоянного тока.
- 8.4.3.5 Установить на выходе SMU силу постоянного тока величиной $I_1 = 10$ мА.
- 8.4.3.6 Измерить напряжение постоянного тока на выходе SMU с помощью прецизионного АЦП, а также с помощью мультиметра 3458. Результаты измерений занести в протокол. Результаты измерений записать в таблицу 10.

Таблица 10

Сила тока, мА	Значение напряжения, измеренного АЦП (U_{SMU}), В	Значение напряжения, измеренного мультиметром ($U_{мульти}$), В	Значение сопротивления R_{SMU} , Ом	Допустимое значение сопротивления для SMU1, SMU2, Ом	Допустимое значение сопротивления для SMU3-SMU6, Ом	Допустимое значение сопротивления для SMU7, SMU8, Ом
1	2	3	4	5	6	7
$I_1 = 10$ мА						
$I_2 = 100$ мА				0,7	0,003	1,0

8.4.3.7 Установить на выходе SMU силу постоянного тока величиной $I_2 = 100$ мА.

8.4.3.8 Измерить напряжение постоянного тока на выходе SMU с помощью прецизионного АЦП, а также с помощью мультиметра 3458. Результаты измерений занести в протокол. Результаты измерений записать в таблицу 10.

8.4.3.9 Рассчитать значение электрического сопротивления между выходами SMU и входами проб-карты по формуле (10):

$$R_{SMU} = \frac{(U_{мульти1} - U_{SMU1}) - (U_{мульти2} - U_{SMU2})}{I_1 - I_2}, \quad (10)$$

где $U_{мульти}$ – значение напряжения постоянного тока, измеренного мультиметром, В;

U_{SMU} – значение напряжения постоянного тока, измеренного АЦП SMU, В.

I_1, I_2 – выходные токи SMU, А.

8.4.3.10 В соответствии с РЭ системы подключить выход модуля SMU2 к мультиметру.

8.4.2.11 Повторить операции пп. 8.4.3.5-8.4.3.9.

8.4.2.12 Результаты проверки систем считать положительными, если значения сопротивлений между выходами SMU и входами проб-карты не превышают значений, приведенных в графах 5 -7 таблице 10.

8.4.4 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока модулем DVM

Измерения по пп. 8.4.4 могут быть выполнены в автоматическом режиме при выполнении теста системы “DVM differential voltage measurement test” (DVM V). Результаты измерений при выполнении теста выводятся в файл.

8.4.4.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунками 9 и 10.

8.4.4.2 В соответствии с РЭ системы подключить выход модуля SMU к мультиметру 3458.

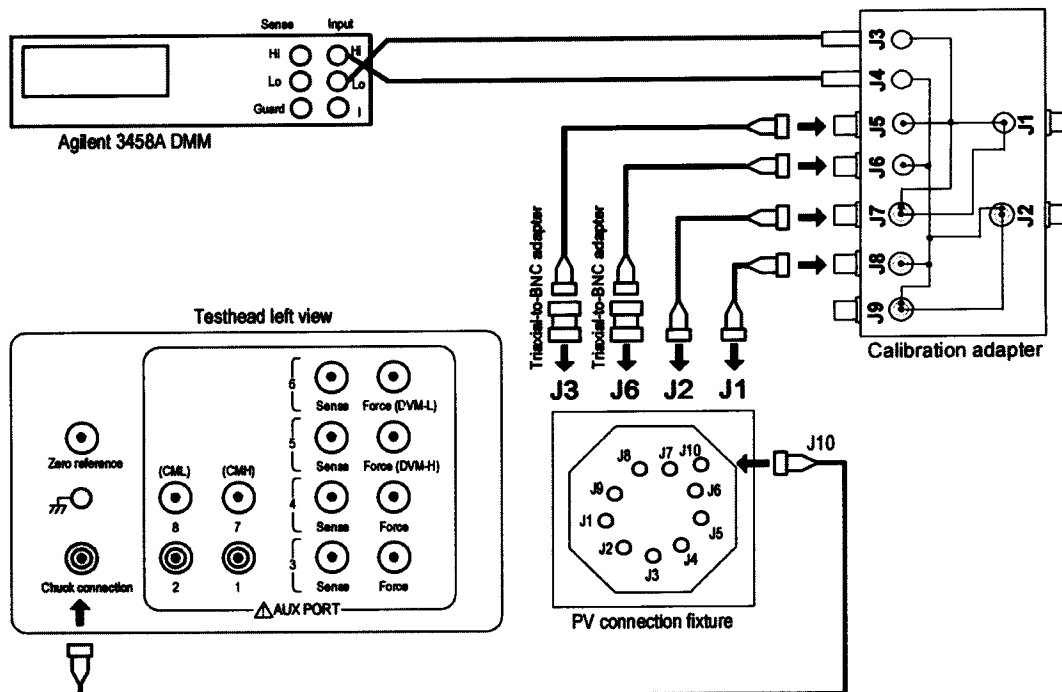


Рисунок 9 - Схема соединений при определении абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока модулем DVM

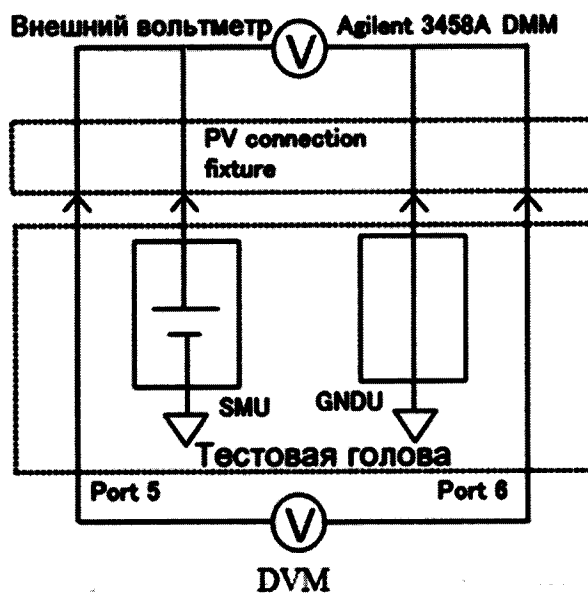


Рисунок 10 - Блок-схема измерений при определении абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока модулем DVM

8.4.4.3 Последовательно задавая выходные напряжения на выходе модуля SMU в соответствии с таблицей 11, провести измерения воспроизводимых системой напряжений с помощью модуля DVM, а также с помощью мультиметра 3458A. Записать в протокол измеренные значения напряжений. Результаты измерений занести в таблицу 11.

Таблица 11

Диапазон, В	Номинальное напряжение, В	Напряжение, измеренное модулем DVM, В	Напряжение, измеренное мультиметром 3458А, В	Погрешность измерений, мВ	Допустимая погрешность измерения систем 4071, 4072, мВ	Допустимая погрешность измерения систем 4073, мВ
1	2	3	4	5	6	7
±100	+100 В				±22	±21
	-100 В				±22	±21
	0 В				±2	±1
±10	+10 В				±1,3	±1,2
	-10 В				±1,3	±1,2
	0 В				±0,3	±0,2
±1	+1 В				±0,4	±0,2
	-1 В				±0,4	±0,2
	0 В				±0,3	±0,1
±0,1	+0,1 В				-	±0,11
	-0,1 В				-	±0,11
	0 В				-	±0,1

8.4.4.4 Рассчитать значения абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока модулем DVM по формуле (11):

$$\Delta = U_{DVM} - U_{изм} \quad (11)$$

где U_{DVM} – значение напряжения, измеренного модулем DVM, В;

$U_{изм}$ – значение напряжения измеренного мультиметром, В.

8.4.4.5 Результаты испытаний считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока находятся в пределах, приведенных в графах 6 и 7 таблицы 11.

8.4.5 Определение относительной погрешности измерений электрической емкости модулем CMU

Измерения по пп. 8.4.5 могут быть выполнены в автоматическом режиме при выполнении теста системы “CMU capacitance and conductance (C-G) test” (CMU C/G). Результаты измерений при выполнении теста выводятся в файл.

8.4.5.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 11.

8.4.5.2 В соответствии с РЭ системы подготовить модуль CMU к работе.

8.4.5.3 Подсоединить меру электрической емкости к кабелю «C-STD connection» на измерительном блоке соответствии с таблицей 12.

8.4.5.4 Последовательно устанавливая частоту тестового сигнала модуля CMU и меры емкости в соответствии с таблицей 12, провести измерение емкости модулем CMU. Записать в протокол измеренные значения электрической емкости. Результаты измерений занести в таблицу 12.

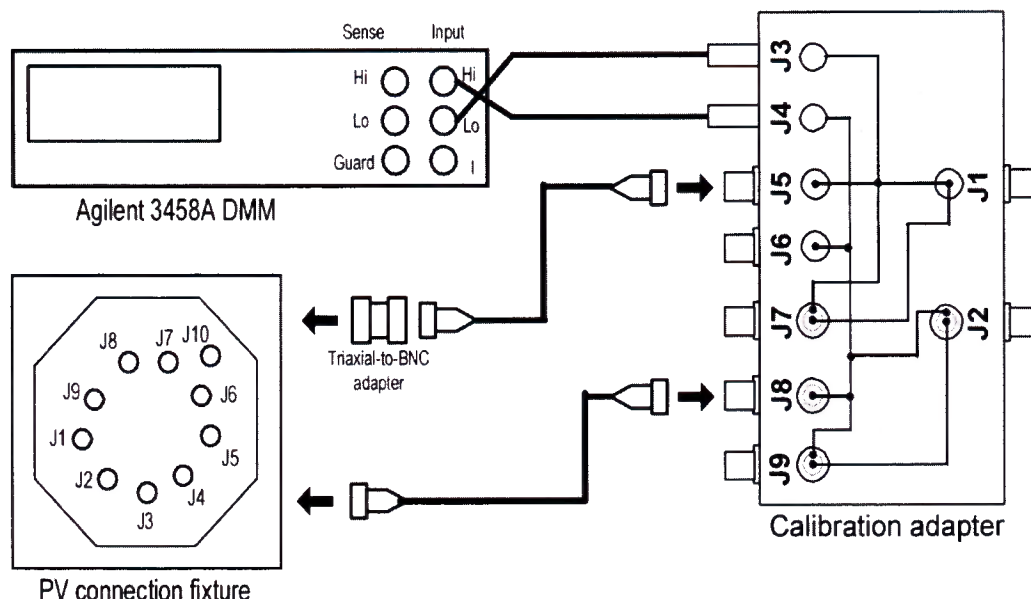


Рисунок 11 - Схема соединений при определении абсолютной погрешности измерений электрической емкости модулем СМУ

Таблица 12

Номинальное значение меры, нФ	Частота тестового сигнала	Измеренное значение емкости, нФ	Погрешность измерения, нФ	Допустимая погрешность измерений емкости	
				абсолютная, нФ	относительная, %
1	2	3	4	5	6
0,1	1 МГц			±0,002	±2
	100 кГц			±0,002	
	10 кГц			±0,002	
1	1 МГц			±0,02	
	100 кГц			±0,02	
	10 кГц			±0,02	
	1 кГц			±0,02	
10	100 кГц			±0,2	
	10 кГц			±0,2	
	1 кГц			±0,2	
100	10 кГц			±2	
	1 кГц			±2	

8.4.5.5 Рассчитать значения абсолютной и относительной погрешностей измерений электрической емкости модулем СМУ по формулам (12) и (13):

$$\Delta c = C_{\text{СМУ}} - C_{\text{меры}} , \quad (12)$$

$$\delta c = \Delta c / C_{\text{меры}} , \quad (13)$$

где $C_{\text{СМУ}}$ – значение емкости, измеренной модулем СМУ, нФ;
 $C_{\text{меры}}$ – значение меры емкости, нФ.

8.4.5.6 Результаты испытаний считать положительными, если значения абсолютной и относительной погрешностей измерений электрической емкости находятся в пределах, приведенных в графах 5 и 6 таблицы 12.

8.4.6 Определение относительной погрешности измерений электрической проводимости модулем CMU

Измерения по пп. 8.4.6 могут быть выполнены в автоматическом режиме при выполнении теста системы “CMU capacitance and conductance (C-G) test” (CMU C/G). Результаты измерений при выполнении теста выводятся в файл.

8.4.6.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 12.

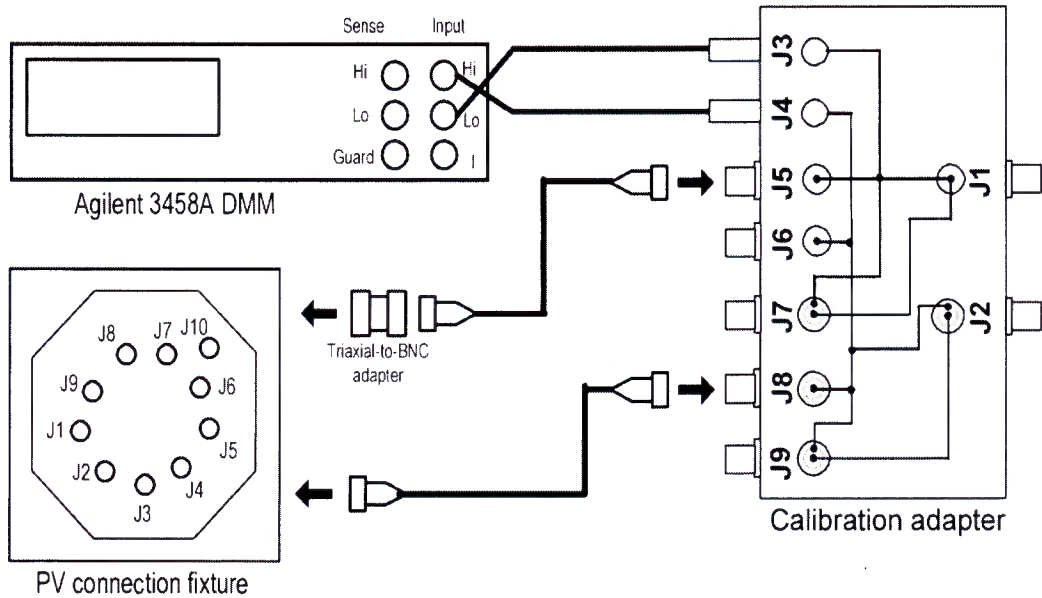


Рисунок 12 - Схема соединений при определении абсолютной погрешности измерений электрической проводимости модулем CMU

8.4.6.2 В соответствии с РЭ системы подготовить модуль CMU к работе.

8.4.6.3 Подсоединить меру сопротивления номинальным значением 1 кОм кабелю «C-STD connection» на измерительном блоке.

8.4.6.4 Последовательно устанавливая частоту тестового сигнала модуля CMU в соответствии с таблицей 13, провести измерение электрической проводимости модулем CMU. Записать в протокол измеренные значения электрической проводимости. Результаты измерений занести в таблицу 13.

Таблица 13

Номинальное значение меры, мСм	Частота тестового сигнала	Измеренное значение электрической проводимости, См	Погрешность измерения электрической проводимости, мСм	Допустимая погрешность измерений проводимости	
				абсолютная, мСм	относительная, %
1	2	3	4	5	6
1 (R=1 кОм)	1 МГц			±0,01	±1
	100 кГц				
	10 кГц				
	1 кГц				

8.4.6.5 Рассчитать значения абсолютной и относительной погрешностей измерений электрической проводимости модулем CMU по формулам (14) и (15):

$$\Delta \Pi = G_{CMU} - G_{меры} \quad , \quad (14)$$

$$\delta_{\Pi} = \left(\frac{\Delta_{\Pi}}{G_{\text{меры}}} \right) \cdot 100\% , \quad (15)$$

где $G_{\text{СМУ}}$ – значение проводимости, измеренной модулем СМУ, мСм;
 $G_{\text{меры}}$ – действительное значение проводимости меры сопротивления, мСм.

8.4.6.6 Результаты испытаний считать положительными, если значения абсолютной и относительной погрешностей измерений электрической проводимости находятся в пределах, приведенных в графах 5 и 6 таблицы 13.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемая система к дальнейшему применению не допускается. На неё выдается извещение о её непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

9.4 Знак поверки наносится на свидетельства о поверке в виде наклейки или оттиска поверительного клейма.

Начальник лаборатории 620
ФГУП «ВНИИФТРИ»



Н.В Нечаев