

УТВЕРЖДАЮ

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



_____ А.Н. Щипунов

05

_____ 2018 г.

**ИНСТРУКЦИЯ
АНАЛИЗАТОРЫ СИЛОВЫХ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ
В1505А, В1506А**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-610-001-2018

2018 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на анализаторы силовых полупроводниковых приборов В1505А, В1506А (далее – анализаторы), изготавливаемых компанией «Keysight Technologies Malaysia Sdn. Bhd.», Малайзия, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками - 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки проводят операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	5.1	+	+
2 Опробование	5.2		
3 Определение метрологических характеристик	5.3		
3.1 Определение абсолютной погрешности измерений/ воспроизведения напряжения постоянного тока	5.3.1	+	+
3.2 Определение абсолютной погрешности измерений/ воспроизведения силы постоянного тока	5.3.2	+	+
3.3 Определение относительной погрешности измерений электрической ёмкости	5.3.3	+	+
3.4. Определение относительной погрешности установки частоты тестового сигнала при измерении электрической емкости.	5.3.4	+	+
4 Подтверждение соответствия программного обеспечения	5.4	+	+

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

3.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки разрешается применять другие приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

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

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного и вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
Основные средства поверки	
5.3.1, 5.3.2	Мультиметр 3458А, (диапазон измерений напряжения постоянного тока 0 - 1000 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm (0,5-2,5) \cdot 10^{-6} \cdot U$; диапазон измерений силы постоянного тока от 0 до 1 А, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm (1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4}) \cdot I$)
5.3.2	Катушка электрического сопротивления Р310 (номинальное значение электрического сопротивления 0,01 Ом, класс точности 0,02) или репозиционный резистор 8 мОм Keysight 16353К (из состава прибора)
5.3.3	Рабочий эталон электрической ёмкости 2 или 3 разряда (номинальные значения электрической ёмкости 1 пФ, 10 пФ, 100 пФ, 1000 пФ, диапазон частот от 1 кГц до 1 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm(0,01-0,03) \%$)
5.3.3	Рабочий эталон электрической ёмкости 2 или 3 разряда (номинальные значения электрической ёмкости 0,01 мкФ, 0,1 мкФ, 1 мкФ, диапазон частот от 120 Гц до 100 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm(0,03-0,1) \%$)
5.3.4	Частотомер универсальный CNT-91 (диапазон измерений частот от 10^{-3} до $3 \cdot 10^8$ Гц, пределы допускаемой погрешности $\pm (2 \cdot 10^{-7}) \%$)
Вспомогательные средства поверки	
5.3.1	Делитель напряжения высоковольтный прецизионный Keysight 16332А (из состава прибора) или делитель напряжения ДНВП-20/0,05 (диапазон входного постоянного напряжения не менее ± 5 кВ).

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С	от 18 до 28;
относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80;
атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7.

4.2 К поверке допускаются лица с высшим или средне техническим образованием, аттестованные на право поверки средств измерений радиотехнических величин, изучившие техническую и эксплуатационную документацию и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4.3 Требования безопасности

4.3.1 По способу защиты от поражения электрическим током изделие соответствует классу 1 по ГОСТ 12.2.007.0-75.

4.3.2 Перед включением корпус анализатора должен быть заземлен.

4.3.3 Все работы по монтажу и эксплуатации изделия должны проводиться с соблюдением «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» в части, касающейся электроустановок св. 1000 В, а также в соответствии с инструкциями и правилами техники безопасности, действующими на месте эксплуатации изделия.

4.3.4 К работам по монтажу, установке, проверке, обслуживанию и эксплуатации анализатора могут быть допущены лица, имеющие необходимую квалификацию, изучившие техническую и эксплуатационную документацию, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого анализатора следующим требованиям:

- комплектность должна соответствовать требованиям, изложенными в руководстве по эксплуатации;
- отсутствие механических повреждений корпуса, лицевой панели, органов управления, соединительных элементов, индикаторных устройств, нарушающих работу анализатора или затрудняющих поверку.

Анализаторы, имеющие дефекты, дальнейшей поверке не подлежат, бракуются и направляются в ремонт.

5.2 Опробование

На задней панели базового блока соединить вывод общей шины с выводом заземления на корпус с помощью короткозамыкающей перемычки.

Подключить USB-клавиатуру к базовому блоку анализатора. Включить анализатор.

Проконтролировать процесс самопроверки анализатора.

Результаты опробования положительные, если при включении анализатор осуществляет процесс самокалибровки.

5.3 Определение метрологических характеристик

5.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока

5.3.1.1 Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока до 1 кВ проводить одновременно попарно для каналов измерения/воспроизведения встраиваемых сменных модулей MPSPMU, HVSMU, MCSMU, УНС с помощью мультиметра 3458А в соответствии со схемами рисунков 1-3.

Абсолютную погрешность измерений рассчитать по формуле (1):

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

где $U_{\text{изм}}$ – результат измерений мультиметром, В;

U – значение напряжения постоянного тока, измеренное модулем, В.

Абсолютную погрешность воспроизведения рассчитать по формуле (2):

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

где $U_{\text{уст}}$ – значение напряжения постоянного тока, установленное на выходе поверяемого анализатора, В;

$U_{\text{изм}}$ – показание мультиметра, В.

Результаты поверки записать в таблицы 3-12.

5.3.1.2 Определение диапазонов и абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока св. 1 кВ проводить для каналов воспроизведения встраиваемого модуля HVSMU с помощью мультиметра 3458А и делителя напряжения высоковольтного прецизионного ДНВП или делителя 16332А из состава прибора с предварительно определенным коэффициентом деления $K_{\text{д}}$.

Абсолютную погрешность воспроизведения рассчитать по формуле (3)

$$\Delta U_{уст} = U_{уст} - (U_{изм} \cdot K_{д}), \quad (3)$$

Абсолютную погрешность измерения рассчитать по формуле (4)

$$\Delta U_{измер} = U_{инд} - (U_{изм} \cdot K_{д}), \quad (4)$$

где $U_{уст}$ – значение напряжения постоянного тока, установленное на выходе проверяемого анализатора, В;

$U_{изм}$ – показание мультиметра, В;

$U_{инд}$ – показание анализатора, В;

$K_{д}$ – действительный коэффициент деления делителя, отн. ед..

Результаты поверки записать в таблицы 3 -7.

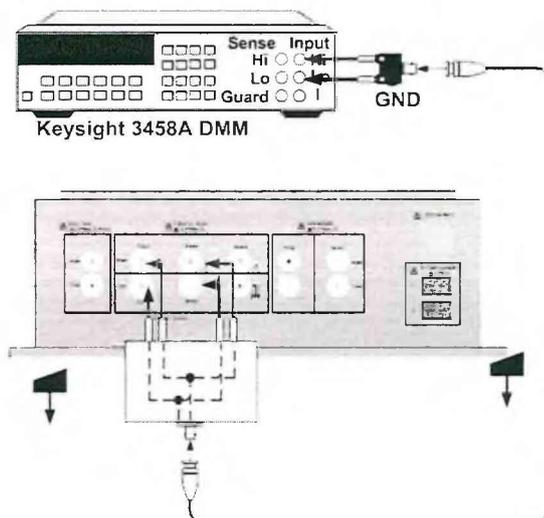


Рисунок 1 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля MPSMU и UHC

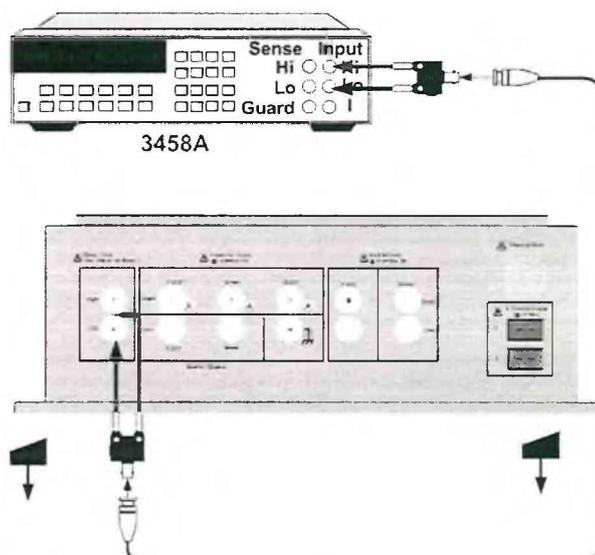


Рисунок 2 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля MCSMU

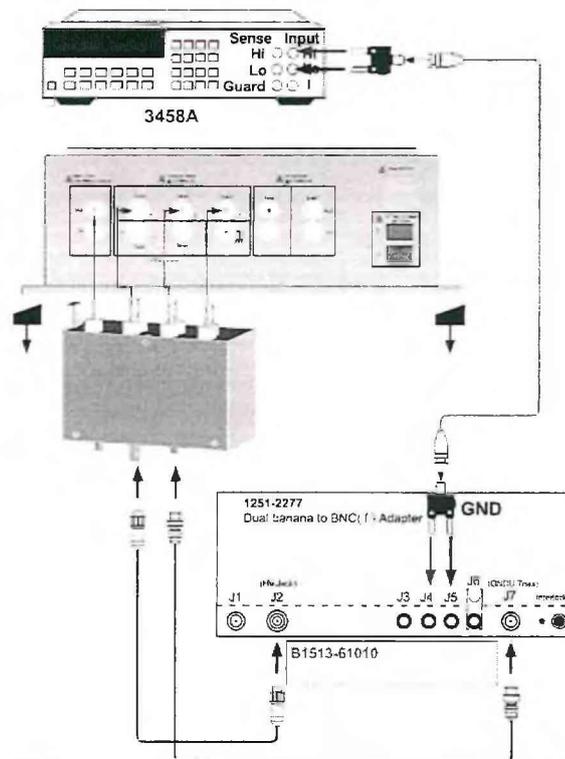


Рисунок 3 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля HVSMU

Таблица 3 - Определение абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока модуля MPSMU

Верхний предел поддиапазона	Проверяемые отметки	Результаты измерений	Абсолютная погрешность	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm , мВ	Заключение о соответствии
0,5 В	-0,500 В			0,59	
	0 мВ			0,50	
	0,500 В			0,59	
2 В	-2 В			0,86	
	0 В			0,50	
	2 В			0,86	
5 В	-5 В			1,9	
	0 В			1	
	5 В			1,9	
20 В	-20 В			6,6	
	0 В			3	
	20 В			6,6	
40 В	-40 В			13,2	
	0 В			6	
	40 В			13,2	
100 В	-100 В			33	
	0 В			15	
	100 В			33	

Таблица 4 - Определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока модуля MPSMU (АЦП высокого разрешения)

Верхний предел поддиапазона	Проверяемые отметки	Результаты измерений	Абсолютная погрешность	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm , мВ	Заключение о соответствии
0,5 В	-0,500 В			0,55	
	0 мВ			0,50	
	0,500 В			0,55	
2 В	-2 В			0,70	
	0 В			0,50	
	2 В			0,70	
5 В	-5 В			1,45	
	0 В			1	
	5 В			1,45	
20 В	-20 В			2,8	
	0 В			1	
	20 В			2,8	
40 В	-40 В			5	
	0 В			1	
	40 В			5	
100 В	-100 В			14,5	
	0 В			2,5	
	100 В			14,5	

Таблица 5 - Определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока модуля MPSMU (высокоскоростной АЦП)

Верхний предел поддиапазона	Проверяемые отметки	Результаты измерений	Абсолютная Погрешность	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm , мВ	Заключение о соответствии
0,5 В	-0,500 В			0,55	
	0 мВ			0,50	
	0,500 В			0,55	
2 В	-2 В			0,90	
	0 В			0,50	
	2 В			0,90	
5 В	-5 В			2,5	
	0 В			2	
	5 В			2,5	
20 В	-20 В			6	
	0 В			4	
	20 В			6	
40 В	-40 В			14	
	0 В			8	
	40 В			14	
100 В	-100 В			40	
	0 В			20	
	100 В			40	

Таблица 6 – Определение абсолютной погрешности воспроизведения/измерения напряжения постоянного тока модуля MCSMU (установленное значение силы тока, 0,1 мА)

Верхний предел поддиапазона	Проверяемые отметки	Показание анализатора, В	Результаты измерений мультиметром, В	Абсолютная погрешность воспроизв., мВ	Абсолютная погрешность измерения, мВ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±, мВ	Заключение о соответствии
0,2 В	-0,2 В					0,26	
	0 В					0,14	
	0,2 В					0,26	
2 В	-2 В					1,8	
	0 В					0,6	
	2 В					1,8	
20 В	-20 В					15	
	0 В					3	
	-20 В					15	
30 В	-30 В					21	
	0 В					3	
	-30 В					21	

Таблица 7 – Определение абсолютной погрешности воспроизведения/измерения напряжения постоянного тока модуля HCSMU (только для опции В1506А-Н21)

Верхний предел поддиапазона	Проверяемые отметки	Установленное значение силы тока, мА	Показание анализатора, В	Результаты измерений мультиметром, В	Абсолютная погрешность воспроизв., мВ	Абсолютная погрешность измерения, мВ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±, мВ	Заключение о соответствии
0,2 В	-0,2 В	20					$(0,06 + 0,6 + I_0 \cdot 0,05)$	
	0 В	20					$(0,06 + 0,6 + I_0 \cdot 0,05)$	
	0,2 В	20					$(0,06 + 0,6 + I_0 \cdot 0,05)$	
2 В	-2 В	20					$(0,06 + 0,6 + I_0 \cdot 0,5)$	
	0 В	20					$(0,06 + 0,6 + I_0 \cdot 0,5)$	
	2 В	20					$(0,06 + 0,6 + I_0 \cdot 0,5)$	
20 В	-20 В	20					$(0,06 + 3 + I_0 \cdot 5)$	
	0 В	20					$(0,06 + 3 + I_0 \cdot 5)$	
	-20 В	20					$(0,06 + 3 + I_0 \cdot 5)$	
40 В	-30 В	1					$(0,06 + 3 + I_0 \cdot 10)$	
	0 В	1					$(0,06 + 3 + I_0 \cdot 10)$	
	-30 В	1					$(0,06 + 3 + I_0 \cdot 10)$	

Таблица 8 - Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля UHCU

Верхний предел поддиапазона измерений	Проверяемые отметки	Установленный диапазон измерений силы тока, А	Показание анализатора, В	Результаты измерений мультиметром, В	Абсолютная погрешность воспроизв., мВ	Абсолютная погрешность измерения, мВ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±, мВ	Заключение о соответствии
60 В	0 В	500					10	
	6 В	500					22	
	60 В	500					130	
	-0 В	500					10	
	-6 В	500					22	
	60 В	500					130	
	0 В	1500					10	
	6 В	1500					22	
	60 В	1500					130	
	-0 В	1500					10	
	-6 В	1500					22	
	60 В	1500					130	

Таблица 9 - Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля HVSMU

Верхний предел поддиапазона измерений	Проверяемые отметки	Показание анализатора, В	Результаты измерений	Абсолютная погрешность воспроизв., мВ	Абсолютная погрешность измерения, мВ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ± мВ	Заключение о соответствии
200 В	-200 В					100 мВ	
	200 В					100 мВ	
500 В	-500 В					250 мВ	
	500 В					250 мВ	
1500 В	-1500 В					750 мВ	
	1500 В					750 мВ	
3000 В	-3000 В					1,5 В	
	3000 В					1,5 В	

Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока значения абсолютной погрешности находятся в допускаемых пределах. В противном случае анализатор бракуется.

5.3.2 Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока

5.3.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HCSMU (MPSMU) проводится по схеме рисунка 4.

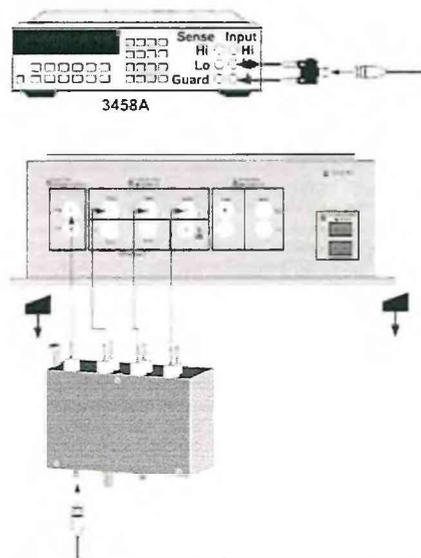


Рисунок 4 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HCSMU (MPSMU)

Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока модуля MCSMU проводится по схеме рисунка 5.

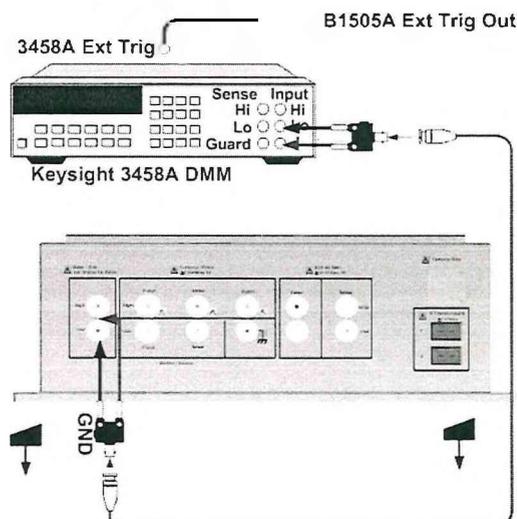


Рисунок 5 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля MCSMU

Абсолютную погрешность воспроизведения рассчитать по формуле (5):

$$\Delta I_{уст} = I_{уст} - I, \quad (5)$$

где $I_{уст}$ – значение силы постоянного тока, установленное на выходе проверяемого модуля анализатора, А;

I – показание мультиметра, А.

Абсолютную погрешность измерений рассчитать по формуле (6):

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

где $I_{изм}$ – результат измерений мультиметром, А;

$I_{инд}$ – значение силы постоянного тока, измеренное модулем анализатора, А.

Результаты испытаний записать в таблицы 9 - 12.

5.3.2.2 Определение абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока модуля UHCU для исполнений H50/H51 в диапазоне от 20 до 500 А, для исполнений H70/H71 в диапазоне от 20 до 1500 А, проводить с помощью мультиметра 3458А и меры сопротивления в соответствии с рисунком 6.

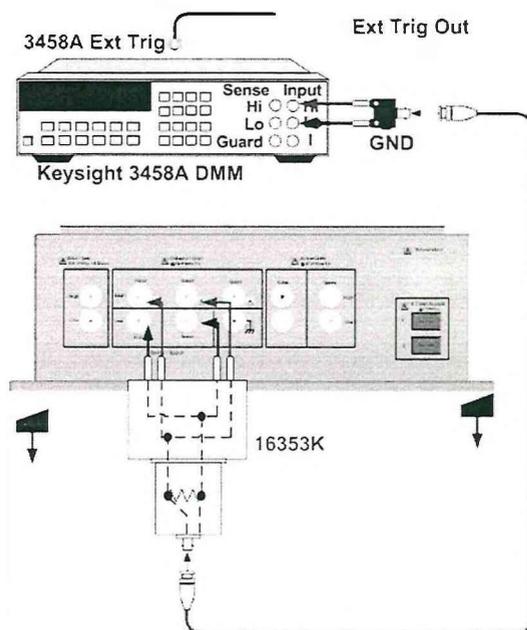


Рисунок 6 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля UHC

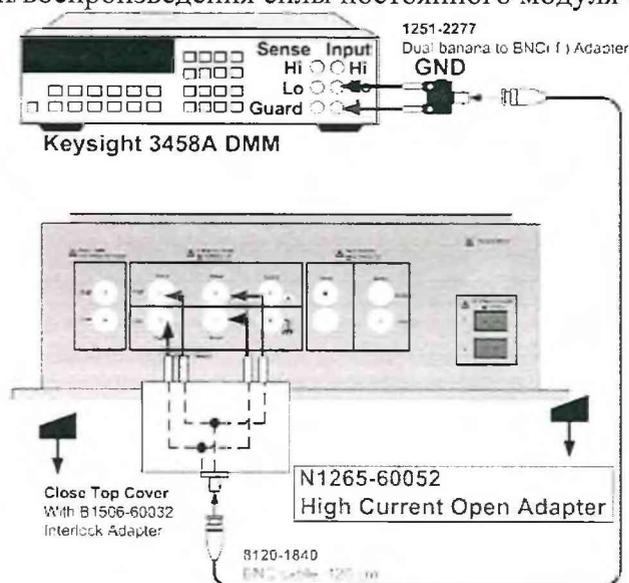


Рисунок 7 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HCSMU (только опция B1506A-H21) от 10 мкА до 1 А

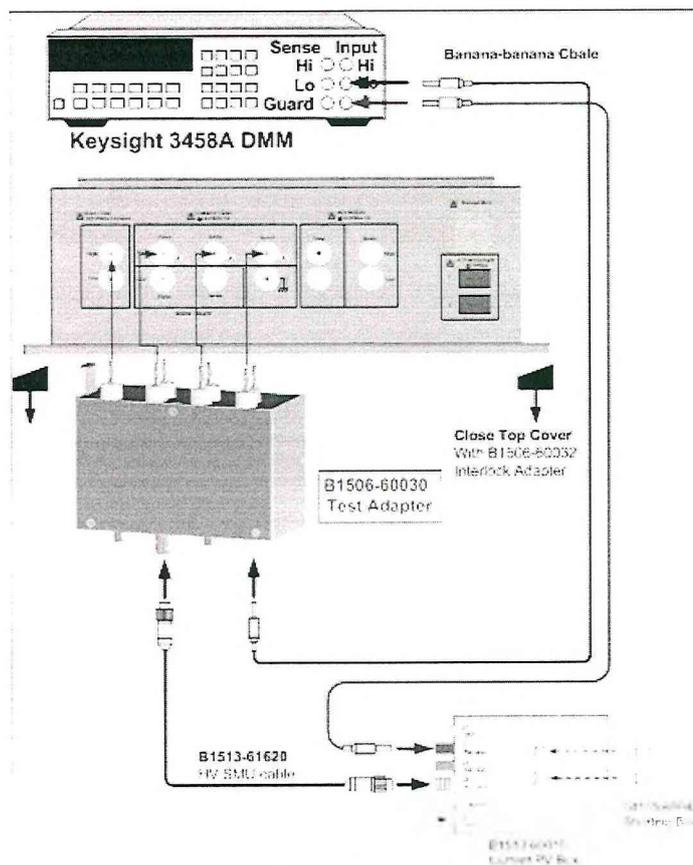


Рисунок 8 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HVSMU

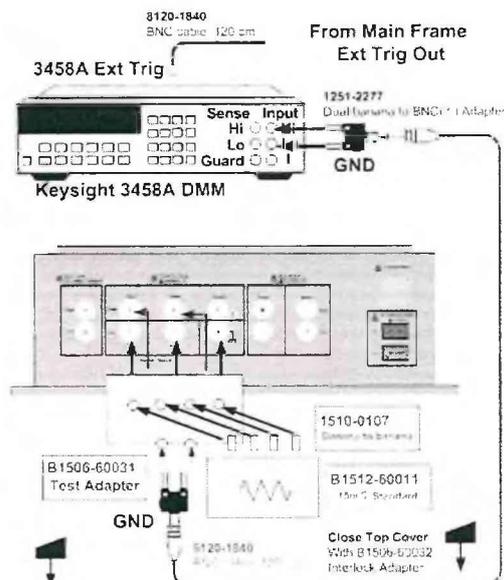


Рисунок 9 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HCSMU (только опция B1506A-H21) 20 A

Абсолютную погрешность воспроизведения рассчитать по формуле (7):

$$\Delta I_{уст} = I_{уст} - U_{изм} / R, \quad (7)$$

Абсолютную погрешность измерения рассчитать по формуле (8):

$$\Delta I_{инд} = I_{инд} - U_{изм} / R, \quad (8)$$

где $I_{уст}$ – значение постоянного тока, установленное на выходе поверяемого модуля анализатора, А;

$I_{инд}$ – значение постоянного тока, измеренное анализатором, А;

$U_{изм}$ – показание мультиметра 3458А, В;

R – действительное значение сопротивления меры, Ом.

Результаты записать в таблицы 10- 13.

Таблица 10 – Определение абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока модуля MPSMU

Верхний предел поддиапазона	Поверяемые отметки	Результаты измерений	Абсолютная погрешность	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±	Заключение о соответствии
10 мкА	-10 мкА			8 нА	
	-5 мкА			5,5 нА	
	5 мкА			5,5 нА	
	10 мкА			8 нА	
100 мкА	-100 мкА			50 нА	
	-10 мкА			18,5 нА	
	10 мкА			18,5 нА	
	100 мкА			50 нА	
1 мА	-1 мА			360 нА	
	-0,1 мА			90 нА	
	0,1 мА			90 нА	
	1 мА			360 нА	
10 мА	-10 мА			5,5 мкА	
	-1 мА			1,9 мкА	
	1 мА			1,9 мкА	
	10 мА			5,5 мкА	
100 мА	-100 мА			60 мкА	
	-10 мА			19,5 мкА	
	10 мА			19,5 мкА	
	100 мА			60 мкА	

Таблица 11 – Определение абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока модуля MPSMU (АЦП высокого разрешения)

Верхний предел поддиапазона	Поверяемые отметки	Результаты измерений	Абсолютная погрешность	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±	Заключение о соответствии
10 мкА	-10 мкА			6 нА	
	-5 мкА			4 нА	
	5 мкА			4 нА	
	10 мкА			6 нА	
100 мкА	-100 мкА			33 нА	
	-10 мкА			6 нА	
	10 мкА			6 нА	
	100 мкА			33 нА	
1 мА	-1 мА			360 нА	
	-0,1 мА			90 нА	
	0,1 мА			90 нА	
	1 мА			360 нА	
10 мА	-10 мА			3,2 мкА	
	-1 мА			0,5 мкА	
	1 мА			0,5 мкА	
	10 мА			3,2 мкА	
100 мА	-100 мА			46 мкА	

	-10 мА			10 мкА	
	10 мА			10 мкА	
	100 мА			46 мкА	

Таблица 12 - Определение абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока модуля MPSMU (высокоскоростной АЦП)

Верхний предел поддиапазона	Поверяемые отметки	Результаты измерений	Абсолютная погрешность	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±	Заключение о соответствии
10 мкА	-10 мкА			7 нА	
	-5 мкА			4,5 нА	
	5 мкА			4,5 нА	
	10 мкА			7 нА	
100 мкА	-100 мкА			70 нА	
	-10 мкА			25 нА	
	10 мкА			25 нА	
	100 мкА			70 нА	
1 мА	-1 мА			600 нА	
	-0,1 мА			240 нА	
	0,1 мА			240 нА	
	1 мА			600 нА	
10 мА	-10 мА			6 мкА	
	-1 мА			2,4 мкА	
	1 мА			2,4 мкА	
	10 мА			6 мкА	
100 мА	-100 мА			120 мкА	
	-10 мА			30 мкА	
	10 мА			30 мкА	
	100 мА			120 мкА	

Таблица 13 - Определение диапазонов и абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока модуля MCSMU

Верхний предел поддиапазона	Поверяемые отметки	Показания анализатора, А	Результаты измерений, А	Абсолютная погрешность воспроизв., мА	Абсолютная погрешность измерения, мА	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±	Заключение о соответствии и
10 мкА	-10 мкА					16 нА	
	-5 мкА					13 нА	
	5 мкА					13 нА	
	10 мкА					16 нА	
100 мкА	-100 мкА					80 нА	
	-10 мкА					26 нА	
	10 мкА					26 нА	
	100 мкА					80 нА	
1 мА	-1 мА					800 нА	
	-0,1 мА					260 нА	
	0,1 мА					260 нА	
	1 мА					800 нА	
10 мА	-10 мА					8 мкА	
	-1 мА					2,6 мкА	
	1 мА					2,6 мкА	
	10 мА					8 мкА	
100 мА	-100 мА					80 мкА	
	-10 мА					26 мкА	
	10 мА					26 мкА	
	100 мА					80 мкА	

1 А	-1 А				4,2 мА	
	-0,1 А				0,6 мА	
	0,1 А				0,6 мА	
	1 А				4,2 мА	

5.3.2.3 Определение абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока модуля UNCU для исполнений Н50/Н51 в диапазоне от 20 до 500 А, для исполнений Н70/Н71 в диапазоне от 20 до 1500 А, проводить с помощью мультиметра 3458А и меры сопротивления по методике, изложенной выше.

Рассчитать абсолютную погрешность воспроизведения по формуле (7), абсолютную погрешность измерения по формуле (8).

Результаты испытаний записать в таблице 14.

Таблица 14 - Определение диапазонов и абсолютной погрешности воспроизведения и измерения силы тока модуля UNCU

Верхний предел диапазона на измерений	Проверяемые отметки диапазона	Выходное напряжение V_0 , В	Показание анализатора, А	Результаты измерений, А	Абсолютная погрешность воспроизв., мА	Абсолютная погрешность измерения, мА	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm А	Заключение о соответствии
500 А	0 А	0					0,3	
	40 А	0,3					0,543	
	400 А	3					2,73	
	-0 А	0					0,3	
	-40 А	0,3					0,543	
	-400 А	3					2,73	
1500 А	0 А	0					0,9	
	120 А	1					1,88	
	1200 А	10					10,7	
	-0	0					0,9	
	-120 А	1					1,88	
	-1200 А	10					10,7	

Таблица 15 - Определение диапазонов и абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока модуля HVSMU

Верхний предел поддиапазона	Проверяемые отметки	Показание анализатора, А	Результаты измерений, А	Абсолютная погрешность воспроизв., мА	Абсолютная погрешность измерения, мА	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm	Заключение о соответствии
100 мкА	100 мкА					$(0,03 + 3 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$	
1 мА	1 мА					$(0,03 + 6 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$	
10 мА	10 мА					$(0,03 + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$	

Таблица 16 – Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока модуля HCSMU (только для опции В1506А-Н21)

Верхний предел диапазона измерений	Проверяемые отметки диапазона	Показание анализатора, А	Результаты измерений, А	Абсолютная погрешность воспроизв., мА	Абсолютная погрешность измерения, мА	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm А	Заключение о соответствии

10 мкА	-10 мкА					$(0,06 + 1 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$	
	0 мкА					$(0,06 + 1 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$	
	10 мкА					$(0,06 + 1 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$	
100 мкА	-100 мкА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$	
	0 мкА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$	
	100 мкА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$	
1 мА	-1 мА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-8})$	
	0 мА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-8})$	
	1 мА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-8})$	
10 мА	-10 мА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-7})$	
	0 мА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-7})$	
	10 мА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-7})$	
100 мА	-100 мА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-6})$	
	0 мА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-6})$	
	100 мА					$(0,06 + 2 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-6})$	
1 А	-1 А					$(0,4 + 2 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-5})$	
	0 А					$(0,4 + 2 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-5})$	
	1 А					$(0,4 + 2 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-5})$	
20 А	-20 А					$(0,4 + 2 \cdot 10^{-3} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-4})$	
	0 А					$(0,4 + 2 \cdot 10^{-3} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-4})$	
	20 А					$(0,4 + 2 \cdot 10^{-3} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-4})$	

Результаты испытаний считать положительными, если в диапазоне измерений/воспроизведения силы постоянного тока значения абсолютной погрешности находятся в допустимых пределах. В противном случае анализатор бракуется.

5.3.3 Определение относительной погрешности измерений ёмкости модуля MFCMU

Поверку проводить с помощью наборов мер электрической ёмкости – рабочих эталонов 2 или 3 разряда номинальных значений 1 пФ, 10 пФ, 100 пФ, 1 нФ, 10 нФ, 100 нФ, 1 мкФ методом прямых измерений.

Необходимо закрыть измерительное приложение Easy Test Navigator и открыть измерительную оболочку Easy Expert. Отключить от модуля MFCMU все кабели. Меры ёмкости подключать непосредственно к измерительному модулю.

В рабочем поле программы Easy Expert выбрать вкладку Classic Test. Подготовить измерительную программу в соответствии с РЭ.

Занести измеренное значение ёмкости со смещением равным 0 В в таблицу 17.

Относительную погрешность измерений рассчитать по формуле (9):

$$\delta C = \frac{C_{изм} - C_э}{C_э} \times 100 \%, \quad (9)$$

где $C_{изм}$ - результат измерений, Ф,

$C_э$ - действительное значение электрической ёмкости рабочего эталона, Ф.

Результаты измерений записать в таблицу 17.

Таблица 17 – Определение относительной погрешности измерения электрической ёмкости.

Частота тестового сигнала	Действительные значения ёмкости рабочего эталона	Результаты измерений	Относительная погрешность измерений, %	Допускаемая относительная погрешность измерений, ±, %	Заключение о соответствии
1 МГц	1 пФ			0,26	
	10 пФ			0,11	
	100 пФ			0,10	
	1 нФ			0,10	
100 кГц	10 пФ			0,18	
	100 пФ			0,11	
	1 нФ			0,10	
	10 нФ			0,10	
10 кГц	100 пФ			0,18	
	1 нФ			0,11	
	10 нФ			0,10	
	100 нФ			0,10	
	1 мкФ			0,10	
1 кГц	100 пФ			0,18	
	1 нФ			0,11	
	10 нФ			0,10	
	100 нФ			0,10	
	1 мкФ			0,10	

Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности находятся в допускаемых пределах, приведенным в таблице 17. В противном случае анализатор бракуется.

5.3.4 Определение относительной погрешности установки частоты тестового сигнала при измерении электрической ёмкости.

Измерение частоты тестового сигнала проводить методом прямых измерений при помощи частотомера универсального CNT-91 при установленных частотах тестового сигнала в соответствии с таблицей 18. Результаты измерений частоты тестового сигнала занести в таблицу 18.

Рассчитать относительную погрешность установки частоты тестового сигнала по формуле (10)

$$\delta f = ((f_{\text{уст}} - f_{\text{изм}}) / f_{\text{изм}}) \cdot 100 \% \quad (10),$$

Где $f_{\text{уст}}$ – установленное на анализаторе значение частоты тестового сигнала,
 $f_{\text{изм}}$ – измеренное частотомером значение частоты тестового сигнала

Таблица 18. Определение относительной погрешности установки частоты тестового сигнала при измерении электрической емкости.

Установленная частота тестового сигнала	Результаты измерений	Относительная погрешность измерений, %	Допускаемая относительная погрешность измерений, \pm , %	Заключение о соответствии
1 кГц			0,008	
10 кГц			0,008	
100 кГц			0,008	
1 МГц			0,008	
5 МГц			0,008	

Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности установки частоты тестового сигнала находятся в допускаемых пределах, приведенных в таблице 18

5.4 Подтверждение соответствия программного обеспечения

5.4.1 Сравнить отображаемый на экране анализатора номер версии программного обеспечения с идентификационными данными, приведёнными в таблице 19.

Таблица 19 - Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Easy Test Navigator
Номер версии (идентификационный номер) ПО	
Цифровой идентификатор ПО	
Идентификационное наименование ПО	Easy EXPERT
Номер версии (идентификационный номер) ПО	
Цифровой идентификатор ПО	

Результаты поверки положительные, если идентификационные данные совпадают с данными таблицы 19.

6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке установленного образца в установленном порядке.

6.2 При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности с указанием причины непригодности.

6.3 Знак поверки наносится на боковую поверхность анализатора см ОТ и (или) на свидетельство о поверке в виде наклейки или оттиска поверительного клейма.

6.4. По согласованию с заказчиком допускается проводить поверку не по всем режимам (диапазнам) измерений с соответствующей записью в свидетельстве о поверке.

Начальник лаборатории 610



С.В. Шерстобитов