

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заместитель директора ФГУП «ВНИИМС»  
по производственной метрологии**



**Н.В. Иванникова**

« 20 » июль 2016 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Калибраторы-измерители напряжения и силы тока**

**Keithley 2450/2460/2461**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**КИ-2450-2016 МП**

*н.р. 64743-16*

Настоящая методика поверки распространяется на Калибраторы-измерители напряжения и силы тока Keithley 2450, Keithley 2460, Keithley 2461 (далее – калибраторы), и устанавливает методы и средства их поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	6.1	да	да
Подготовка к поверке	6.2	да	да
Опробование и идентификация	7.2	да	да
Определение погрешности воспроизведения и измерения напряжения	7.3	да	да
Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока на пределах 10 и 100 nA (модель Keithley 2450)	7.4	да	да
Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока на пределах от 1 мА до 1 А	7.5	да	да
Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока на пределах 4; 5; 7 А (модели Keithley 2460/2461)	7.6	да	да
Определение погрешности измерения сопротивления на пределах до 2 МΩ	7.7	да	да
Определение погрешности измерения сопротивления на пределах 20, 200 МΩ	7.8	да	да

1.2 По условиям применения у пользователя по его решению возможно проведение поверки по выборочной номенклатуре операций и в выборочных диапазонах, если данный конкретный калибратор не используется в других режимах и диапазонах, указанных в таблице 1.

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 Для поверки рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 2.

2.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие требуемые технические характеристики в указанных диапазонах измерений.

2.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, средства измерений поверены и иметь свидетельства о поверке.

Таблица 2 – Средства поверки

№	Наименование средства поверки	Номер пункта методики	Требуемые технические характеристики	Рекомендуемый тип средства поверки и его технические характеристики
1	2	3	4	5
<b>Эталонные средства измерений</b>				
1	Вольтметр постоянного напряжения	7.3 7.4 7.6	Относительная погрешность измерения напряжения 20 mV не более $\pm 2 \cdot 10^{-3}$ 0,2; 7; 10; 20; 100; 200 V не более $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ от 40 до 70 mV не более $\pm 4 \cdot 10^{-4}$	<u>Мультиметр Agilent 3458A</u> (Госреестр № 25900-03) Относительная погрешность измерения напряжения 20 mV не более $\pm 2,6 \cdot 10^{-5}$ 0,2; 7; 10; 20; 100; 200 V не более $\pm 1,4 \cdot 10^{-5}$ от 40 до 70 mV не более $\pm 1,7 \cdot 10^{-5}$
2	Измеритель силы постоянного тока	7.5	Относительная погрешность измерения силы тока 1 $\mu$ A не более $\pm 1,4 \cdot 10^{-4}$ 10; 100 $\mu$ A; 1; 10; 100 mA не более $\pm 8 \cdot 10^{-5}$ 1 A не более $\pm 2 \cdot 10^{-4}$	<u>Мультиметр Agilent 3458A</u> (Госреестр № 25900-03) Относительная погрешность измерения силы тока 1 $\mu$ A не более $\pm 6,5 \cdot 10^{-5}$ 10; 100 $\mu$ A; 1; 10; 100 mA не более $\pm 4,5 \cdot 10^{-5}$ 1 A не более $\pm 1,25 \cdot 10^{-4}$
3	Мера сопротивления	7.4	Номинальное значение 100 M $\Omega$ ; относительная погрешность определения действительного значения не более $\pm 2 \cdot 10^{-4}$	<u>Набор эталонных мер сопротивления и емкости JW Solutions 5156DR</u> (Госреестр № 57171-14) относительная погрешность определения действительного значения сопротивления 100 M $\Omega$ не более $\pm 2 \cdot 10^{-4}$
4	Мера сопротивления	7.6	Номинальное значение 0,01 $\Omega$ ; относительная погрешность не более $\pm 4 \cdot 10^{-4}$ , максимальная мощность не менее 0,5 W	<u>Мера электрического сопротивления универсальная однозначная MC 3080M</u> (Госреестр № 61295-15) номинал 0,01 $\Omega$ , к.т. 0,01 максимальная мощность 2 W
5	Калибратор сопротивления	7.7	Относительная погрешность воспроизведения сопротивления 2 $\Omega$ не более $\pm 4 \cdot 10^{-3}$ от 20 $\Omega$ до 2 M $\Omega$ не более $\pm 2 \cdot 10^{-4}$	<u>Калибратор многофункциональный Fluke 5502A</u> (Госреестр № 55804-13) относительная погрешность воспроизведения сопротивления 2 $\Omega$ не более $\pm 5,2 \cdot 10^{-4}$ ; от 20 $\Omega$ до 2 M $\Omega$ : $\pm 1,65 \cdot 10^{-4}$
5	Меры сопротивления	7.8	Номинальные значения 19, 190 M $\Omega$ ; относительная погрешность не более $\pm 4 \cdot 10^{-4}$	<u>Магазин сопротивления P40108</u> (Госреестр № 9381-83) диапазон от 100 k $\Omega$ до 1 G $\Omega$ к.т. 0,02

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Принадлежности				
1	Кабели соединительные	7.3, 7.5 7.7, 7.8	banana(m-m), 4 шт.	-
2	Кабель TRX	7.4	TRX(m-m)	Keithley 7078-TRX-3
3	Адаптер TRX	7.4	TRX(m)-BNC(f)	Keithley 7078-TRX-GND
4	Замыкатель	7.4	BNC(m), 2 шт.	-
5	Кабели соединительные	7.6	banana(m)-U(6,4mm), 4 шт.	клеммы U(6,4mm) под зажимы меры сопротивления МС 3080М

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, и практический опыт в области электрических измерений.

### 4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

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

4.2 Во избежание несчастного случая и для предупреждения повреждения калибратора и поверочного оборудования необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- подсоединение оборудования к сети должно производиться с помощью сетевых кабелей, предназначенных для данного оборудования;
- заземление оборудования должно производиться посредством заземляющего контакта сетевого кабеля;
- запрещается производить подсоединение кабелей к контактам оборудования или отсоединение от них, когда на вход калибратора подается сигнал;
- запрещается работать с калибратором при обнаружении его явного повреждения.

### 5 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура воздуха ( $23 \pm 5$ ) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 70 %;
- атмосферное давление от 84 до 106.7 кПа.

### 6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР И ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

#### 6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При проведении внешнего осмотра калибратора проверяются:

- чистота и исправность разъемов;
- отсутствие механических повреждений корпуса;
- комплектность согласно эксплуатационной документации;
- четкость и однозначность маркировки.

6.1.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации прибора, его следует направить в сервисный центр для проведения ремонта.

## 6.2 Подготовка к поверке

6.2.1 Перед началом выполнения операций необходимо изучить руководство по эксплуатации калибратора, а также руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

6.2.2 Присоединить сетевые кабели оборудования к розеткам сети питания 220 V, расположенным на общей колодке.

**ВНИМАНИЕ:** присоединение сетевых кабелей прибора и поверочного оборудования к разным цепям сети питания может вызвать помехи, которые повлияют на результаты измерений.

6.2.3 Включить оборудование.

До начала операций поверки выдержать калибратор и средства поверки во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации.

Минимальное время прогрева калибратора 60 min.

## 7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 7.1 Общие указания по проведению поверки

В процессе выполнения операций результаты измерений заносятся в протокол поверки. Полученные результаты должны укладываться в пределы допускаемых значений, указанные в таблицах настоящего раздела документа. При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо повторить операцию. При повторном отрицательном результате калибратор следует направить в сервисный центр для проведения регулировки и/или ремонта.

### 7.2 Опробование и идентификация

7.2.1 Нажать клавиши **HOME**, **MENU**, выбрать:

- для модели Keithley 2450 опцию **Information**;
- для моделей Keithley 2460/2461 опцию **Info/Manage**.

7.2.2 Проверить информацию о серийном номере и номере версии программного обеспечения.

Записать результаты идентификации в таблицу 7.2.

Выйти из меню нажатием клавиши **HOME**.

Таблица 7.2 – Опробование (идентификация)

Идентификационные данные	Результат проверки	Критерий проверки
серийный номер		совпадает с номером на задней панели
номер версии ПО		номер версии: Keithley 2450: v1.2.0 и выше Keithley 2460: v1.3.0 и выше Keithley 2461: v1.4.1d и выше

### 7.3 Определение погрешности воспроизведения и измерения напряжения

7.3.1 Убедиться в том, что выход калибратора деактивирован.

Клавишей **FRONT/REAR TERMINALS** выбрать режим передней панели.

7.3.2 Установить мультиметр в режим DCV с автоматическим выбором предела измерения.

7.3.3 Выполнить посредством кабелей с вилочными разъемами banana(m) соединения контактов на передней панели калибратора с контактами на передней панели эталонного мультиметра:

- соединить контакт "FORCE HI" калибратора с контактом "INPUT HI" мультиметра;
- соединить контакт "FORCE LO" калибратора с контактом "INPUT LO" мультиметра.

7.3.4 Установить на калибраторе режим воспроизведения напряжения (Source Voltage) и измерения напряжения (Measure Voltage).

7.3.5 Установить на калибраторе первое значение напряжения, указанное в столбце 1 таблицы 7.3 (значение напряжения должно быть равно 95 % от верхнего предела соответствующего диапазона):

- для Keithley 2450 значение +19 mV в диапазоне 20 mV;
- для Keithley 2460/2461 значение +190 mV в диапазоне 200 mV.

7.3.6 Активировать выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

7.3.7 Записать отсчет мультиметра  $U_0$  в столбец 3 таблицы 7.3.

Записать отсчет индикатора  $U_M$  на дисплее калибратора в столбец 5 таблицы 7.3.

7.3.8 Устанавливать на калибраторе остальные значения напряжения, указанные в столбце 1 таблицы 7.3 для соответствующих диапазонов, аналогично пункту 7.3.5.

Выполнять действия по пункту 7.3.7.

7.3.9 Отключить выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

7.3.10 Отсоединить кабели от оборудования.

7.3.11 Рассчитать и записать в столбец 6 таблицы 7.3 значения абсолютной погрешности измерения напряжения  $\Delta U_M$  по формуле

$$\Delta U_M = (U_M - U_0).$$

Таблица 7.3.1 – Погрешность воспроизведения и измерения напряжения Keithley 2450

Установленное на калибраторе значение напряжения	Нижний предел допускаемых значений воспроизведения напряжения	Измеренное мультиметром значение напряжения $U_0$	Верхний предел допускаемых значений воспроизведения напряжения	Индцируемое на дисплее калибратора значение напряжения $U_M$	Абсолютная погрешность измерения напряжения $(U_M - U_0)$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения
1	2	3	4	5	6	7
+19 mV	+18.7810		+19.2190			±0.1690
-19 mV	-19.2190		-18.7810			
+190 mV	+189.771		+190.229			±0.223
-190 mV	-190.229		-189.771			
+1.9 V	+1.89932		+1.90068			±0.00053
-1.9 V	-1.90068		-1.89932			
+19 V	+18.9947		+19.0053			±0.0039
-19 V	-19.0053		-18.9947			
+190 V	+189.947		+190.053			±0.039
-190 V	-190.053		-189.947			

Таблица 7.3.2 – Погрешность воспроизведения и измерения напряжения Keithley 2460/2461

Установленное на калибраторе значение напряжения	Нижний предел допускаемых значений воспроизведения напряжения	Измеренное мультиметром значение напряжения $U_0$	Верхний предел допускаемых значений воспроизведения напряжения	Индцируемое на дисплее калибратора значение напряжения $U_M$	Абсолютная погрешность измерения напряжения $(U_M - U_0)$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения
1	2	3	4	5	6	7
+190 mV	+189.771		+190.229			±0.223
-190 mV	-190.229		-189.771			
+1.9 V	+1.89941		+1.90059			±0.00053
-1.9 V	-1.90059		-1.89941			
+6.65 V	+6.64660		+6.65340			±0.00200
-6.65 V	-6.65340		-6.64660			
+9.5 V	+9.49617		+9.50383			±0.00243
-9.5 V	-9.50383		-9.49617			
+19 V	+18.9947		+19.0053			±0.0039
-19 V	-19.0053		-18.9947			
+95 V	+94.9707		+95.0293			±0.0193
-95 V	-95.0293		-94.9707			

#### 7.4 Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока на пределах 10 и 100 nA (модель Keithley 2450)

7.4.1 Убедиться в том, что выход калибратора деактивирован.

Клавишей **FRONT/REAR TERMINALS** выбрать режим задней панели.

7.4.2 Выполнить соединения:

- соединить триаксиальным кабелем 7078-TRX-3 разъем “FORCE HI” на задней панели калибратора с триаксиальным разъемом “INPUT” набора эталонных мер сопротивления и емкости 5156DR;

- установить короткозамыкатель BNC на коаксиальный разъем “100 MΩ” набора эталонных мер сопротивления и емкости 5156DR;

- установить на разъем “FORCE LO” на задней панели калибратора адаптер TRX-BNC 7078-TRX-GND;

- присоединить к выходу адаптера 7078-TRX-GND короткозамыкатель BNC.

7.4.3 Установить на калибраторе режим воспроизведения силы тока и измерения напряжения (Source Current / Measure Voltage).

7.4.4 Установить на калибраторе первое значение силы тока, указанное в столбце 1 таблицы 7.4 (значение силы тока должно быть равно 95 % от верхнего предела соответствующего диапазона).

7.4.5 Активировать выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

7.4.6 Зафиксировать отсчет напряжения  $U_0$  на дисплее калибратора, и рассчитать измеренное значение силы тока  $I_0$  по формуле

$$I_0 = U_0 / R,$$

где R – действительное значение сопротивления 100 MΩ набора эталонных мер сопротивления и емкости 5156DR по протоколу его последней поверки.

Записать вычисленное значение силы тока  $I_0$  в столбец 3 таблицы 7.4.

7.4.7 Перевести режим калибратора в режим воспроизведения силы тока и измерения силы тока (Source Current / Measure Current).

7.4.8 Записать отсчет силы тока  $I_M$  на дисплее калибратора в столбец 5 таблицы 7.4.

7.4.9 Выполнять действия по пунктам 7.4.3 – 7.4.8 для остальных значений силы тока, указанных в столбце 1 таблицы 7.4 для соответствующих диапазонов.

7.4.10 Отключить выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

7.4.11 Отсоединить кабели от оборудования.

7.4.12 Рассчитать и записать в столбец 6 таблицы 7.4 значения абсолютной погрешности измерения силы тока  $\Delta I_M$  по формуле

$$\Delta I_M = (I_M - I_O).$$

Таблица 7.4 – Погрешность воспроизведения и измерения силы тока на пределах 10 и 100 nA (только модель Keithley 2450)

Установленное на калибраторе значение силы тока	Нижний предел допускаемых значений воспроизведения силы тока	Измеренное значение силы тока $I_O$	Верхний предел допускаемых значений воспроизведения силы тока	Индицируемое на дисплее калибратора значение силы тока $I_M$	Абсолютная погрешность измерения силы тока ( $I_M - I_O$ )	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения силы тока
1	2	3	4	5	6	7
+9.5 nA	+9.3905		+9.6095			± 0.0595
-9.5 nA	-9.6095		-9.3905			
+95 nA	+94.793		+95.207			± 0.157
-95 nA	-95.207		-94.793			

### 7.5 Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока на пределах от 1 $\mu$ A до 1 A

7.5.1 Убедиться в том, что выход калибратора деактивирован.

Клавишей **FRONT/REAR TERMINALS** выбрать режим передней панели.

7.5.2 Установить мультиметр в режим DCI с автоматическим выбором предела измерения.

7.5.3 Выполнить посредством кабелей с вилочными разъемами banana(m) соединения контактов на передней панели калибратора с контактами на передней панели эталонного мультиметра:

- соединить контакт “FORCE HI” калибратора с контактом “INPUT I” мультиметра;
- соединить контакт “FORCE LO” калибратора с контактом “INPUT LO” мультиметра.

7.5.4 Установить на калибраторе режим воспроизведения силы тока и измерения силы тока (Source Current / Measure Current).

7.5.5 Установить на калибраторе первое значение силы тока, указанное в столбце 1 таблицы 7.5 (значение силы тока должно быть равно 95 % от верхнего предела соответствующего диапазона):

+0.95  $\mu$ A в диапазоне 1  $\mu$ A.

7.5.6 Активировать выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF** (при этом клавиша должна стать подсвеченной).



7.5.7 Записать отсчет мультиметра  $I_0$  в столбец 3 таблицы 7.5.

Записать отсчет индикатора  $I_M$  на дисплее калибратора в столбец 5 таблицы 7.5.

7.5.8 Выполнять действия по пунктам 7.5.5 – 7.5.7 для остальных значений силы тока, указанных в столбце 1 таблицы 7.5 для соответствующих диапазонов.

7.5.9 Отключить выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

Таблица 7.5.1 – Погрешность воспроизведения и измерения силы тока Keithley 2450

Установленное на калибраторе значение силы тока	Нижний предел допускаемых значений воспроизведения силы тока	Измеренное мультиметром значение силы тока $I_0$	Верхний предел допускаемых значений воспроизведения силы тока	Индигируемое на дисплее калибратора значение силы тока $I_M$	Абсолютная погрешность измерения силы тока ( $I_M - I_0$ )	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения силы тока
1	2	3	4	5	6	7
+0.95 $\mu$ A	+0.94936		+0.95064			$\pm 0.00054$
-0.95 $\mu$ A	-0.95064		-0.94936			
+9.5 $\mu$ A	+9.49612		+9.50388			$\pm 0.00308$
-9.5 $\mu$ A	-9.50388		-9.49612			
+95 $\mu$ A	+94.9660		+95.0340			$\pm 0.0250$
-95 $\mu$ A	-95.0340		-94.9660			
+0.95 mA	+0.949660		+0.950340			$\pm 0.000250$
-0.95 mA	-0.950340		-0.949660			
+9.5 mA	+9.49660		+9.50340			$\pm 0.00250$
-9.5 mA	-9.50340		-9.49660			
+95 mA	+94.9612		+95.0388			$\pm 0.0298$
-95 mA	-95.0388		-94.9612			
+0.95 A	+0.94846		+0.95154			$\pm 0.00079$
-0.95 A	-0.95154		-0.94846			

Таблица 7.5.2 – Погрешность воспроизведения и измерения силы тока Keithley 2460/2461

Установленное на калибраторе значение силы тока	Нижний предел допускаемых значений воспроизведения силы тока	Измеренное мультиметром значение силы тока $I_0$	Верхний предел допускаемых значений воспроизведения силы тока	Индигируемое на дисплее калибратора значение силы тока $I_M$	Абсолютная погрешность измерения силы тока ( $I_M - I_0$ )	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения силы тока
1	2	3	4	5	6	7
+0.95 $\mu$ A	+0.94876		+0.95124			$\pm 0.00094$
-0.95 $\mu$ A	-0.95124		-0.94876			
+9.5 $\mu$ A	+9.49612		+9.50388			$\pm 0.00308$
-9.5 $\mu$ A	-9.50388		-9.49612			
+95 $\mu$ A	+94.9660		+95.0340			$\pm 0.0250$
-95 $\mu$ A	-95.0340		-94.9660			
+0.95 mA	+0.949660		+0.950340			$\pm 0.000250$
-0.95 mA	-0.950340		-0.949660			
+9.5 mA	+9.49660		+9.50340			$\pm 0.00250$
-9.5 mA	-9.50340		-9.49660			
+95 mA	+94.9660		+95.0340			$\pm 0.0290$
-95 mA	-95.0340		-94.9660			
+0.95 A	+0.94887		+0.95113			$\pm 0.00098$
-0.95 A	-0.95113		-0.94887			

7.5.10 Отсоединить кабели от оборудования.

7.5.11 Рассчитать и записать в столбец 6 таблицы 7.5 значения абсолютной погрешности измерения силы тока  $\Delta I_M$  по формуле

$$\Delta I_M = (I_M - I_O).$$

## 7.6 Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока на пределах 4; 5; 7 А (модели Keithley 2460/2461)

7.6.1 Убедиться в том, что выход калибратора деактивирован.

Клавишей **FRONT/REAR TERMINALS** выбрать режим передней панели.

7.6.2 Установить мультиметр в режим DCV, предел измерения 100 mV.

7.6.3 Выполнить соединения посредством кабелей с разъемами banana(m) с одной стороны и клеммой U(6,4mm) с другой стороны:

- соединить контакт "FORCE HI" калибратора с контактом  $I_1$  меры сопротивления 0,01  $\Omega$ ;
- соединить контакт "FORCE LO" калибратора с контактом  $I_2$  меры сопротивления 0,01  $\Omega$ ;
- соединить контакт  $U_1$  меры сопротивления с контактом "INPUT HI" мультиметра;
- соединить контакт  $U_2$  меры сопротивления с контактом "INPUT LO" мультиметра.

7.6.4 Установить на калибраторе режим воспроизведения силы тока и измерения силы тока (Source Current / Measure Current).

7.6.5 Установить на калибраторе первое значение силы тока, указанное в столбце 1 таблицы 7.4 (значение силы тока должно быть равно 95 % от верхнего предела соответствующего диапазона):

+3.8 А в диапазоне 4 А.

7.6.6 Активировать выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

7.6.7 Зафиксировать отсчет мультиметра  $U_O$  и вычислить измеренное значение силы тока

$$I_O [A] = 0,1 \cdot U_O [mV].$$

Записать вычисленное значение в  $I_O$  в столбец 3 таблицы 7.6.

Записать отсчет индикатора  $I_M$  на дисплее калибратора в столбец 5 таблицы 7.6.

7.6.8 Выполнять действия по пунктам 7.6.5 – 7.6.7 для остальных значений силы тока, указанных в столбце 1 таблицы 7.6 для соответствующих диапазонов.

7.6.9 Отключить выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

Таблица 7.6 – Погрешность воспроизведения и измерения силы тока на пределах 4; 5; 7 А

Установленное на калибраторе значение силы тока	Нижний предел допускаемых значений воспроизведения силы тока	Измеренное значение силы тока $I_O$	Верхний предел допускаемых значений воспроизведения силы тока	Индицируемое на дисплее калибратора значение силы тока $I_M$	Абсолютная погрешность измерения силы тока ( $I_M - I_O$ )	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения силы тока
1	2	3	4	5	6	7
+3.8 А	+3.7932		+3.8068			±0.0063
-3.8 А	-3.8068		-3.7962			
+4.75 А	+4.7422		+4.7578			±0.0073
-4.75 А	-4.7578		-4.7422			
+6.65 А	+6.6340		+6.6660			±0.0150
-6.65 А	-6.6660		-6.6340			

7.6.10 Отсоединить кабели от оборудования.

7.6.11 Рассчитать и записать в столбец 6 таблицы 7.6 значения абсолютной погрешности измерения силы тока  $\Delta I_M$  по формуле

$$\Delta I_M = (I_M - I_0).$$

## 7.7 Определение погрешности измерения сопротивления на пределах до 2 МΩ

7.7.1 Убедиться в том, что выход калибратора деактивирован.

Клавишей **FRONT/REAR TERMINALS** выбрать режим передней панели.

7.7.2 Установить на калибраторе 5502A положение “STBY”, сопротивление 19 Ω (1.9 Ω для модели Keithley 2461), режим “COMP 4 wire”.

7.7.3 Выполнить соединения посредством кабелей с вилочными разъемами banana(m):

- соединить контакт “FORCE HI” поверяемого калибратора с контактом “NORMAL HI” калибратора 5502A;

- соединить контакт “FORCE LO” поверяемого калибратора с контактом “NORMAL LO” калибратора 5502A;

- соединить контакт “SENSE HI” поверяемого калибратора с контактом “AUX HI” калибратора 5502A;

- соединить контакт “SENSE LO” поверяемого калибратора с контактом “AUX LO” калибратора 5502A.

7.7.3 Установить на поверяемом калибраторе режим измерения сопротивления по 4-х проводной схеме (Ohmmeter, 4-Wire Sense).

7.7.4 Активировать выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

7.7.5 Установить диапазон измерения 20 Ω (2 Ω для модели Keithley 2461) на поверяемом калибраторе.

Установить на калибраторе 5502A значение сопротивления 19 Ω (1.9 Ω для модели Keithley 2461).

Перевести калибратор 5502A в положение “ON”.

Записать измеренное значение сопротивления в столбец 4 таблицы 7.7.

7.7.6 Устанавливать на поверяемом калибраторе диапазоны измерения, и на калибраторе 5502A соответствующие значения сопротивления, указанные в столбцах 1 и 2 таблицы 7.7.

Записывать измеренные значения сопротивления в столбец 4 таблицы 7.7.

7.7.7 Перевести калибратор 5502A в положение “STBY”.

Отключить выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

Таблица 7.7.1 – Погрешность измерения сопротивления Keithley 2450 на пределах до 2 МΩ

Верхний предел диапазона	Установленное значение	Нижний предел допускаемых значений	Измеренное значение	Верхний предел допускаемых значений
1	2	3	4	5
20 Ω	19 Ω	18.9784		19.0216
200 Ω	190 Ω	180.824		190.176
2 kΩ	1.9 kΩ	1.89845		1.90155
20 kΩ	19 kΩ	18.9850		19.0150
200 kΩ	190 kΩ	189.846		190.154
2 МΩ	1.9 МΩ	1.89761		1.90239

Таблица 7.7.2 – Погрешность измерения сопротивления Keithley 2460/2461 на пределах до 2 МΩ (2 Ω только для Keithley 2461)

Верхний предел диапазона	Установленное значение	Нижний предел допускаемых значений	Измеренное значение	Верхний предел допускаемых значений
1	2	3	4	5
2 Ω	1.9 Ω	1.8960		1.9040
20 Ω	19 Ω	18.9875		19.0125
200 Ω	190 Ω	189.875		190.125
2 kΩ	1.9 kΩ	1.89875		1.90125
20 kΩ	19 kΩ	18.9875		19.0125
200 kΩ	190 kΩ	189.875		190.125
2 МΩ	1.9 МΩ	1.89876		1.90124

7.7.8 Отсоединить кабели от оборудования.

## 7.8 Определение погрешности измерения сопротивления на пределах 20, 200 МΩ

7.8.1 Убедиться в том, что выход калибратора деактивирован.

Клавишей **FRONT/REAR TERMINALS** выбрать режим передней панели.

7.8.2 Выполнить соединения посредством кабелей с вилочными разъемами banana(m):

- соединить контакт “FORCE HI” поверяемого калибратора с общим контактом магазина сопротивления;

- соединить контакт “FORCE LO” поверяемого калибратора с выходным контактом магазина сопротивления.

7.8.3 Установить на поверяемом калибраторе диапазон 20 МΩ.

7.8.4 Установить на магазине сопротивление 19 МΩ.

7.8.5 Активировать выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

Записать измеренное значение сопротивления в столбец 4 таблицы 7.8.

7.8.6 Для модели Keithley 2460 перейти к пункту 7.8.10.

7.8.7 Установить на поверяемом калибраторе диапазон 200 МΩ.

7.8.8 Установить на магазине сопротивление 190 МΩ.

7.8.9 Записать измеренное значение сопротивления в столбец 4 таблицы 7.8.

7.8.10 Отключить выход калибратора нажатием клавиши **OUTPUT ON/OFF**.

7.8.11 Отсоединить кабели от оборудования.

Таблица 7.8.1 – Погрешность измерения сопротивления Keithley 2450 на пределах 20, 200 МΩ

Верхний предел диапазона	Установленное значение	Нижний предел допускаемых значений	Измеренное значение	Верхний предел допускаемых значений
1	2	3	4	5
20 МΩ	19 МΩ	18.978		19.022
200 МΩ	190 МΩ	188.61		191.39

Таблица 7.8.2 – Погрешность измерения сопротивления Keithley 2460/2461 на пределах 20, 200 МΩ (200 МΩ только для Keithley 2461)

Верхний предел диапазона	Установленное значение	Нижний предел допускаемых значений	Измеренное значение	Верхний предел допускаемых значений
1	2	3	4	5
20 МΩ	19 МΩ	18.972		19.028
200 МΩ	190 МΩ	188.01		191.99

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

### 8.1 Протокол поверки

При выполнении операций поверки оформляется протокол в произвольной форме с указанием следующих сведений:

- полное наименование аккредитованной на право поверки организации;
- номер и дата протокола поверки
- наименование и обозначение поверенного средства измерения, установленные опции;
- заводской (серийный) номер;
- обозначение документа, по которому выполнена поверка;
- наименования, обозначения и заводские (серийные) номера использованных при поверке средств измерений, сведения об их последней поверке;
- температура и влажность в помещении;
- полученные значения метрологических характеристик;
- фамилия лица, проводившего поверку.

### 8.2 Свидетельство о поверке

При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке и наносится знак поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.

### 8.3 Извещение о непригодности

При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании, или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.

Начальник отдела 209 ФГУП «ВНИИМС»

Заместитель генерального директора  
ЗАО «АКТИ-Мастер» по метрологии



С.Г. Семенчинский



Д.Р. Васильев