

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА  
ИЗМЕРЕНИЙ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ  
«РОСИСПЫТАНИЯ»

В.И. Белоцерковский



М.П.

02 2012 г.

Калибраторы-измерители напряжения и силы тока 2651А

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
KI-2651A-2012

г. Москва  
2012

Настоящая методика поверки распространяется на калибраторы-измерители напряжения и силы тока 2651A (далее – приборы) компании “Keithley Instruments, Inc.” (США), и устанавливает методы и средства их поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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
1	Внешний осмотр	6.1	да	да
2	Подготовка к поверке	6.2	да	да
3	Опробование	7.2	да	да
4	Определение погрешности установки и измерения напряжения	7.3	да	да
5	Определение погрешности установки и измерения силы тока на пределах 100 nA ... 1 A	7.4	да	да
6	Определение погрешности установки и измерения силы тока на пределах 5; 10; 20 A	7.5	да	да

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

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
1	измеритель постоянного напряжения	7.3	относительная погрешность измерения постоянного напряжения 10; 20; 50 mV не более ± 0,03 % 100 mV не более ± 0,07 % 1; 10 V не более ± 0,01 % 20; 40 V не более ± 0,007 %	мультиметр Agilent 3458A относительная погрешность измерения постоянного напряжения 10 mV не более ± 0,0041 % 20 mV не более ± 0,0026 % 50 mV не более ± 0,0017 % 100 mV не более ± 0,0014 % 1; 10 V не более ± 0,001 % 20; 40 V не более ± 0,0014 %
2	измеритель силы постоянного тока	7.4	относительная погрешность измерения силы постоянного тока 100 nA не более ± 0,15 % 1 μA не более ± 0,07 % 10 μA не более ± 0,04 % 100 μA; 1; 10; 100 mA не более ± 0,01 % 1 A не более ± 0,07 %	мультиметр Agilent 3458A относительная погрешность измерения силы постоянного тока 100 nA не более ± 0,044 % 1 μA не более ± 0,0065 % 10; 100 μA; 1; 10 mA не более ± 0,0035 % 100 mA не более ± 0,0045 % 1 A не более ± 0,0125 %

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
3	мера сопротивления 0.01 Ом	7.5	относительная погрешность сопротивления не более $\pm 0,02\%$ ; максимальная сила тока 5 А	<u>катушка сопротивления</u> <u>P310 0,01 Ом</u> класс точности 0,01 или 0,02; максимальная сила тока 10 А
4	мера сопротивления 0.001 Ом	7.5	относительная погрешность сопротивления не более $\pm 0,02\%$ ; максимальная сила тока 20 А	<u>катушка сопротивления</u> <u>P310 0,001 Ом</u> класс точности 0,01 или 0,02; максимальная сила тока 32 А

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

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

### **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 модуля и поверочного оборудования необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- подсоединение оборудования к сети должно производиться с помощью сетевого кабеля, предназначенного для данного оборудования;
- заземление оборудования должно производиться посредством заземляющего контакта сетевого кабеля;
- запрещается производить подсоединение кабелей к контактам оборудования или отсоединение от них, когда выход прибора включен в положение “ON”;
- запрещается работать с прибором при обнаружении его явного повреждения.

### **5 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ**

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура воздуха  $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха от 30 до 70 %;
- атмосферное давление от 84 до 106.7 kPa.

## **6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР И ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

### **6.1 Внешний осмотр**

6.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяются:

- чистота и исправность разъемов;
- отсутствие механических повреждений корпуса прибора;
- комплектность прибора согласно эксплуатационной документации.

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

### **6.2 Подготовка к поверке**

6.2.1 Перед началом работы поверитель должен изучить руководство по эксплуатации прибора, а также руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

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

Минимальное время прогрева прибора 120 min.

6.2.3 После прогрева перед началом выполнения операций поверки выполнить подготовку мультиметра, для чего выполнить следующие действия:

- 1) Отсоединить все кабели от входов мультиметра.
- 2) Нажать клавиши [ACAL], [ENTER], и дождаться завершения процедуры автокалибровки.
- 3) Нажать клавиши [SHIFT], [NDIG] [6], [ENTER], [NPLC] [100], [ENTER]

6.2.4 Перед началом выполнения операций поверки произвести начальную установку поверяемого прибора, для чего выполнить следующие действия:

- 1) Отсоединить все кабели от входов поверяемого прибора
- 2) Нажать клавишу [MENU], выбрать SETAP, [ENTER]; выбрать RECALL, [ENTER]; выбрать INTERNAL, [ENTER]; выбрать FACTORY, [ENTER]; нажать [ENTER], [EXIT].

Занести в протокол поверки значения температуры окружающей среды и относительной влажности воздуха.

## **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, которые указаны в таблицах настоящего раздела документа. При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо повторить операцию. При повторном отрицательном результате прибор следует направить в сервисный центр для проведения регулировки и/или ремонта.

### **7.2 Опробование**

7.2.1 Выключить прибор и повторно включить его.

После включения должна осуществляться процедура автоматического тестирования, по завершении которой прибор будет готов к работе.

В процессе выполнения автоматического тестирования не должно появиться сообщений об ошибках.

7.2.2 Проверить идентификацию серийного номера прибора и версии установленного на нем программного обеспечения, для чего нажать клавишу [MENU], выбрать SYSTEM-INFO, [ENTER], SERIAL#, [ENTER].

На дисплее должен отобразиться серийный номер прибора.

Войти в меню SYSTEM-INFO нажатием клавиши [EXIT].

Выбрать FIRMWARE, [ENTER]

На дисплее должно отобразиться обозначение версии программного обеспечения (1.0.0 и выше).

Выйти из меню нажатием клавиши [EXIT].

Записать результаты опробования в таблицу 7.2

Таблица 7.2. Опробование

Результат проверки	Критерий проверки
	отсутствие сообщений об ошибках при автоматическом тестировании после включения
	правильно отображается серийный номер прибора
	отображается номер версии программного обеспечения 1.0.0 и выше

При положительном результате опробования перейти к выполнению следующей операции.

### 7.3 Определение погрешности установки и измерения напряжения

7.3.1 Временно отключить питание прибора и мультиметра для выполнения соединений.

7.3.2 Выполнить соединения прибора с мультиметром (клеммы на задней панели), как показано на рисунке 7.3, используя принадлежности из комплекта прибора.

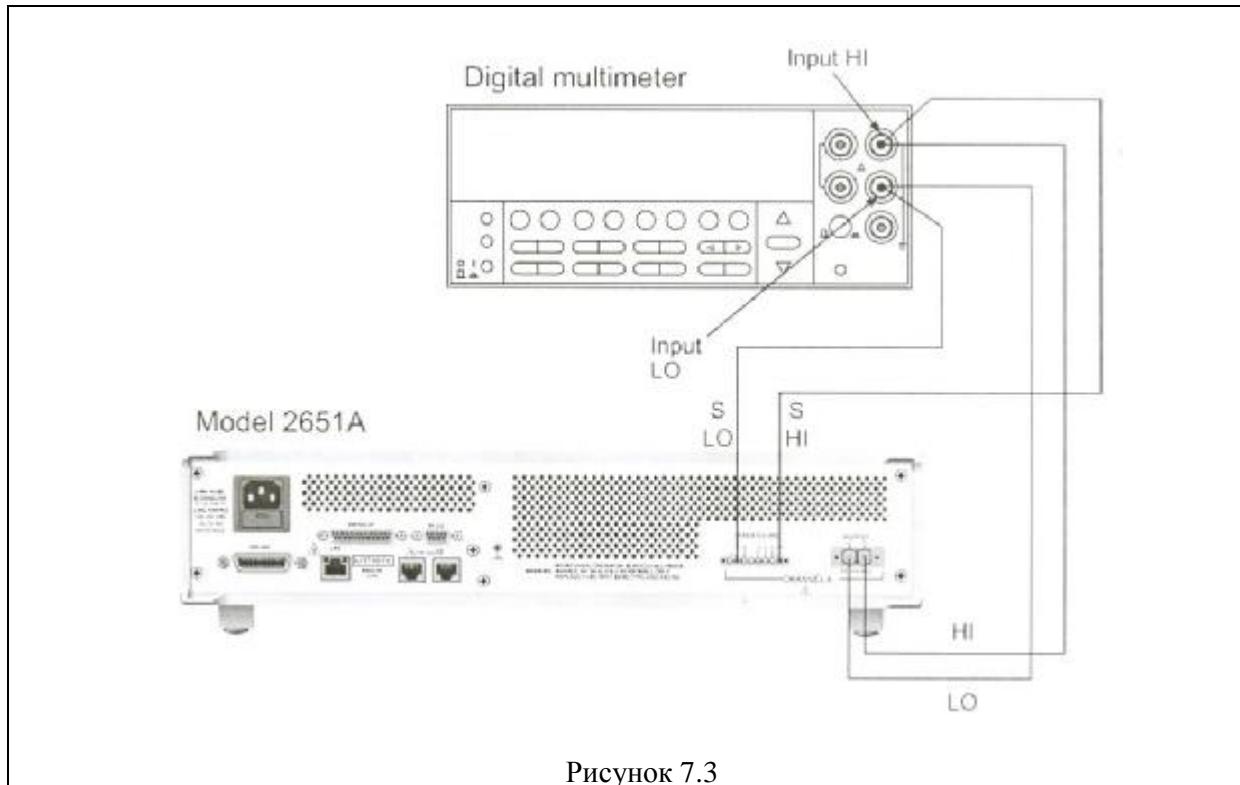


Рисунок 7.3

7.3.3 Включить питание прибора и мультиметра. Установить мультиметр в режим DCV.

7.3.4 Сделать установки на приборе для выбора режима воспроизведения и измерения напряжения по 4-х проводной схеме:

[CONFIG], [SRC], V-SOURCE, [ENTER], SENCE-MODE, [ENTER], 4-WIRE, [ENTER]  
[CONFIG], [MEAS], V-MEAS, [ENTER], SENCE-MODE, [ENTER], 4-WIRE, [ENTER]  
[SPEED], HIGH-ACCURACY, [ENTER]  
[SRC] (нажимать для выбора воспроизведения напряжения)  
[MEAS] (нажимать для выбора измерения напряжения)  
[DISPLAY] (нажимать для выбора отображения установки и измерения на данном канале)  
[DIGITS] (нажимать для выбора максимального разрешения)

7.3.5 Активировать выход прибора нажатием клавиши “OUTPUT ON/OFF”.

7.3.6 При помощи клавиш со стрелками и многофункционального колеса (используя функции нажатия и вращения), устанавливать на приборе диапазоны и значения напряжения  $U_S$ , указанные в столбце 1 таблицы 7.3.

Записывать показания мультиметра в столбец 3, и отсчеты на дисплее прибора в столбец 5 таблицы 7.3.

Таблица 7.3. Погрешность установки и измерения напряжения

установленное на приборе значение $U_S$	измеренное мультиметром значение $U_0$	абсолютная погрешность установки ( $U_S - U_0$ )	пределы допускаемой абсолютной погрешности установки	измеренное прибором значение $U_M$	абсолютная погрешность измерения ( $U_M - U_0$ )	пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения
1	2	3	4	5	6	7
+ 100 mV			$\pm 000.520$			$\pm 000.315$
- 100 mV						
+ 1 V			$\pm 0.00070$			$\pm 0.00045$
- 1 V						
+ 10 V			$\pm 0.0070$			$\pm 0.0045$
- 10 V						
+ 20 V			$\pm 0.0090$			$\pm 0.0080$
- 20 V						
+ 40 V			$\pm 00.0200$			$\pm 00.0140$
- 40 V						

7.3.7 Отключить выход прибора нажатием клавиши “OUTPUT ON/OFF”.

7.3.8 Рассчитать значения абсолютной погрешности установки напряжения  $\Delta U_{US}$  и абсолютной погрешности измерения напряжения  $\Delta U_{UM}$  по формулам:

$$\Delta U_{US} = [U_0 - U_S]; \quad \Delta U_{UM} = [U_M - U_0],$$

где  $U_S$  – установленное на приборе значение,  $U_0$  – показание мультиметра,  $U_M$  – отсчет на дисплее прибора.

Записать полученные значения абсолютной погрешности в столбцы 3 и 6 таблицы 7.3.

## **7.4 Определение погрешности установки и измерения силы тока на пределах 100 nA ... 1 A**

7.4.1 Временно отключить питание прибора и мультиметра для выполнения соединений.

7.4.2 Выполнить соединения прибора с мультиметром (клеммы на задней панели), как показано на рисунке 7.4, используя принадлежности из комплекта прибора.

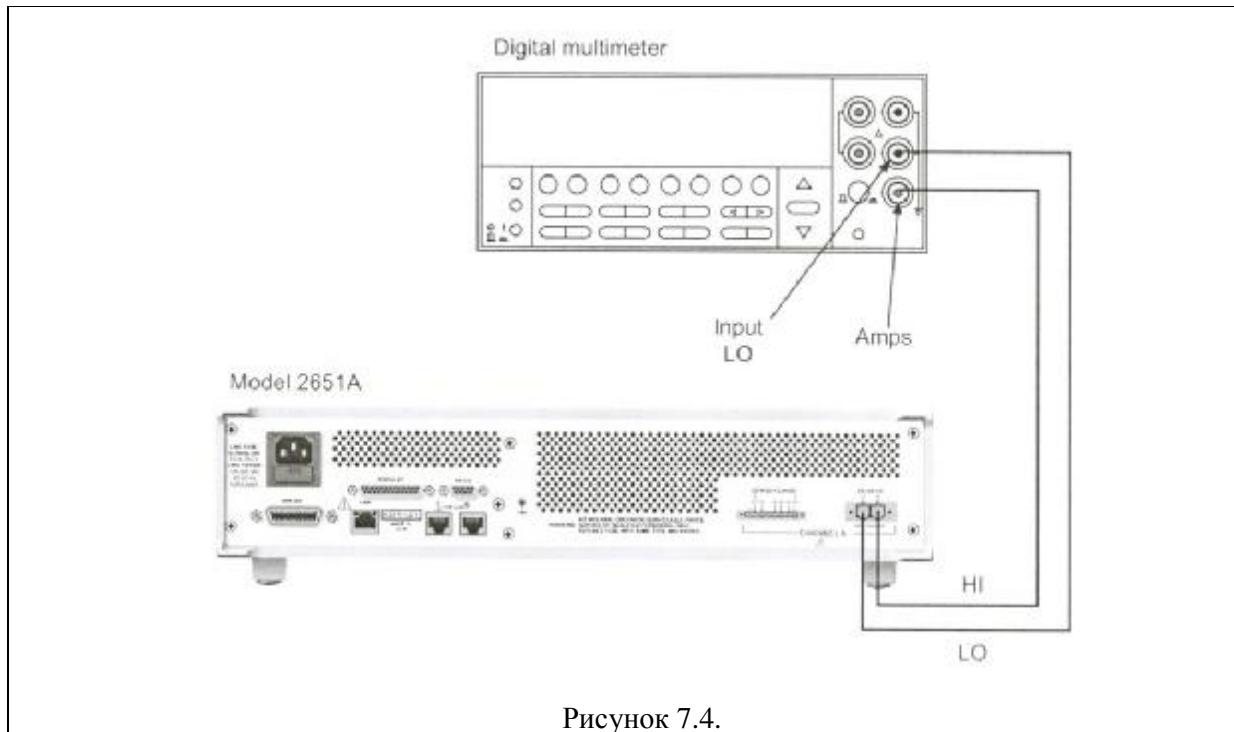


Рисунок 7.4.

7.4.3 Включить питание прибора и мультиметра. Установить мультиметр в режим DCI.

7.4.4 Сделать установки на приборе для выбора режима воспроизведения и измерения силы тока:

[CONFIG], [SRC], I-SOURCE, [ENTER]  
[CONFIG], [MEAS], I-MEAS, [ENTER]  
[SPEED], HIGH-ACCURACY  
[DISPLAY] (нажимать для выбора источника на данном канале)  
[SRC] (нажимать для выбора источника тока на данном канале)  
[MEAS] (нажимать для выбора измерения силы тока на данном канале)  
[DISPLAY] (нажимать для выбора отображения измерения на одном данном канале)  
[DIGITS] (нажимать для выбора максимального разрешения)

7.4.5 Активировать выход прибора нажатием клавиши “OUTPUT ON/OFF”.

7.4.6 При помощи клавиш со стрелками и многофункционального колеса (используя функции нажатия и вращения), устанавливать на приборе диапазоны и значения силы тока  $I_S$ , указанные в столбце 1 таблицы 7.4.

Записывать показания мультиметра в столбец 3, и отсчеты на дисплее прибора в столбец 5 таблицы 7.3.

7.4.7 Отключить выход прибора нажатием клавиши “OUTPUT ON/OFF”.

7.4.8 Рассчитать значения абсолютной погрешности установки силы тока  $\Delta I_{IS}$  и абсолютной погрешности измерения силы тока  $\Delta I_{IM}$  по формулам:

$$\Delta I_{IS} = [I_0 - I_S]; \quad \Delta I_{IM} = [I_M - I_0],$$

где  $I_S$  – установленное на приборе значение,  $I_0$  – показание мультиметра,  $I_M$  – отсчет на дисплее прибора.

Записать полученные значения абсолютной погрешности в столбцы 3 и 6 таблицы 7.4.

Таблица 7.4. Погрешность установки и измерения силы тока на пределах от 100 nA до 1 A

установленное на приборе значение $I_S$	измеренное мультиметром значение $I_0$	абсолютная погрешность установки ( $I_S - I_0$ )	пределы допускаемой абсолютной погрешности установки	измеренное прибором значение $I_M$	абсолютная погрешность измерения ( $I_M - I_0$ )	пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения
1	2	3	4	5	6	7
+ 100 nA			$\pm 000.600$			$\pm 000.580$
- 100 nA						
+ 1 $\mu$ A			$\pm 0.00300$			$\pm 0.00280$
- 1 $\mu$ A						
+ 10 $\mu$ A			$\pm 00.0200$			$\pm 00.0160$
- 10 $\mu$ A						
+ 100 $\mu$ A			$\pm 000.090$			$\pm 000.045$
- 100 $\mu$ A						
+ 1 mA			$\pm 0.00060$			$\pm 0.00040$
- 1 mA						
+ 10 mA			$\pm 00.0110$			$\pm 00.0045$
- 10 mA						
+ 100 mA			$\pm 000.060$			$\pm 000.040$
- 100 mA						
+ 1 A			$\pm 0.00430$			$\pm 0.00350$
- 1 A						

## 7.5 Определение погрешности установки и измерения силы тока на пределах 5; 10; 20 А

7.5.1 Временно отключить питание прибора и мультиметра для выполнения соединений.

7.5.2 Выполнить соединения прибора с мультиметром (клеммы на задней панели), как показано на рисунке 7.3, используя принадлежности из комплекта прибора.

Соединить клемму “ $I_1$ ” меры сопротивления с контактом “HI” прибора.

Соединить клемму “ $I_2$ ” меры сопротивления с контактом “LO” прибора.

Соединить клемму “ $U_1$ ” меры сопротивления с клеммой “Input HI” мультиметра.

Соединить клемму “ $U_2$ ” меры сопротивления с клеммой “Input LO” мультиметра.

Для диапазона силы тока 5 А использовать меру сопротивления 0.01  $\Omega$ , для диапазонов 10 А; 20 А использовать меру сопротивления 0.001  $\Omega$ .

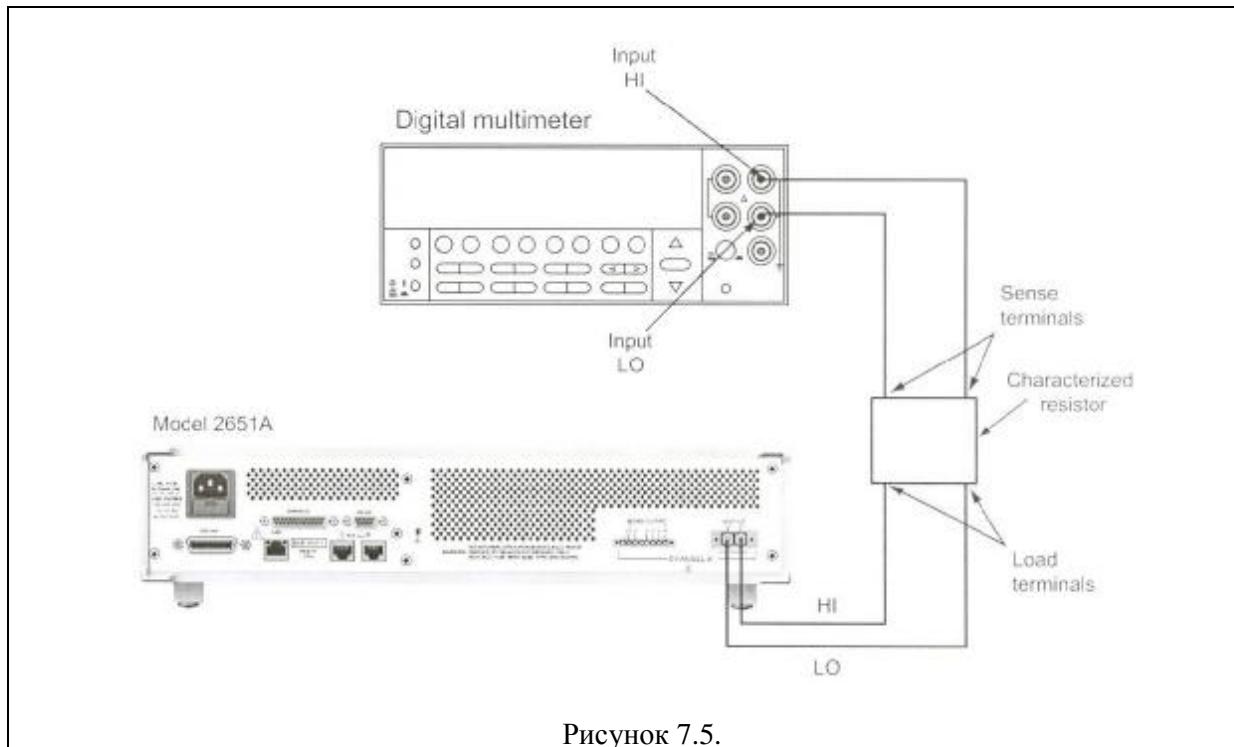


Рисунок 7.5.

7.5.3 Включить питание прибора и мультиметра.

7.5.4 Выбрать на мультиметре режим DCV.

7.5.5 Активировать выход прибора нажатием клавиши “OUTPUT ON/OFF”. При этом должен загореться зеленый индикатор сверху клавиши.

7.5.6 При помощи клавиш со стрелками и многофункционального колеса (используя функции нажатия и вращения), устанавливать на приборе диапазоны и значения силы тока  $I_s$ , указанные в столбце 1 таблицы 7.5.

Записывать отсчеты на дисплее прибора в столбец 5 таблицы 7.5.

Фиксировать отсчеты напряжения  $U_0$  на мультиметре, и записывать в столбец 2 таблицы 7.5 измеренные значения силы тока  $I_0$ , используя соотношения:

$I_0$  [A] =  $0.1 \cdot U_0$  [mV] при использовании меры сопротивления  $0.01 \Omega$ ;  
 $I_0$  [A] =  $U_0$  [mV] при использовании меры сопротивления  $0.001 \Omega$

7.5.7 Отключить выход прибора нажатием клавиши “OUTPUT ON/OFF”.

7.5.8 Отсоединить измерительные провода от прибора, мультиметра и меры сопротивления.

Таблица 7.5. Погрешность установки силы тока на пределах 5; 10; 20 А

установленное на приборе значение $I_S$	измеренное мультиметром значение $I_O$	абсолютная погрешность установки $(I_S - I_O)$	пределы допускаемой абсолютной погрешности установки	измеренное прибором значение $I_M$	абсолютная погрешность измерения $(I_M - I_O)$	пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
+ 5 A			$\pm 0.00750$			$\pm 0.00550$
- 5 A						
+ 10 A			$\pm 0.0210$			$\pm 0.0180$
- 10 A						
+ 20 A			$\pm 0.0380$			$\pm 0.0240$
- 20 A						

7.5.10 Рассчитать для каждого из установленных значений, указанных в столбце 1 таблицы 7.5, значения абсолютной погрешности установки силы тока  $\Delta I_{IS}$  и абсолютной погрешности измерения силы тока  $\Delta I_{IM}$  по формулам:

$$\Delta I_{IS} = [I_0 - I_S]; \quad \Delta I_{IM} = [I_M - I_0],$$

где  $I_S$  – установленное на приборе значение,  $I_0$  – измеренное значение,  $I_M$  – отсчет на дисплее прибора.

Записать полученные значения абсолютной погрешности в столбцы 3 и 6 таблицы 7.5.

## **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;
- заводской (серийный) номер;
- обозначение документа, по которому выполнена поверка;
- наименования, обозначения и заводские (серийные) номера использованных при поверке эталонных средств измерений, сведения об их последней поверке;
- температура и относительная влажность воздуха в помещении;
- фамилия лица, проводившего поверку;
- результаты определения метрологических характеристик по форме таблиц раздела 7.

### **8.2 Свидетельство о поверке**

При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке в соответствии с ПР50.2.006-94 с изменением № 1 от 26.11.2001.

Поверительное клеймо наносится в соответствии с ПР50.2.007-2001.

### **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 ПР50.2.006-94 с изменением № 1 от 26.11.2001.

**Заместитель генерального директора ЗАО  
«АКТИ-Мастер» по метрологии**

**Д.Р. Васильев**

**Главный метролог ГЦИ СИ  
«РОСИСПЫТАНИЯ»**

**Л.А. Филимонова**