

**УТВЕРЖДАЮ**

**Руководитель ГЦИ СИ,  
Заместитель генерального директора  
ФБУ «Ростест-Москва»**

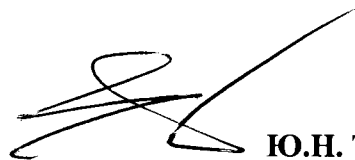
 **А.С. Евдокимов**

**« 14 » 05 2013 г.**

**Калибраторы-измерители напряжения и силы тока модульные  
NI PXIe-4142, NI PXIe-4143, NI PXIe-4144, NI PXIe-4145**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
МП 015/551-2013**

**Начальник лаборатории  
551 ФБУ «Ростест-Москва»**

 **Ю.Н. Ткаченко**

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

 **Д.Р. Васильев**

г. Москва  
2013

Настоящая методика поверки распространяется на калибраторы-измерители напряжения и силы тока модульные NI PXIe-4142, NI PXIe-4143, NI PXIe-4144, NI PXIe-4145 (далее – модули) компании “National Instruments Corporation” (Венгрия), 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            |
| 3 | Определение погрешности установки и измерения напряжения              | 7.3                   | да                              | да            |
| 4 | Определение погрешности установки и измерения силы тока               | 7.4                   | да                              | да            |
| 5 | Определение отклонения силы тока при изменении напряжения на нагрузке | 7.5                   | да                              | да            |

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

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

2.3 Применяемые средства поверки поз. 1.1 – 1.3 таблицы 2 должны быть 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>1. Средства измерений</b> |                                   |                       |   |   |
| 1.1                          | измеритель постоянного напряжения | 7.3                   | относительная погрешность измерения постоянного напряжения от 3 до 24 V не более $\pm 0.002 \%$   | <u>мультиметр Agilent 3458A</u><br>относительная погрешность измерения постоянного напряжения от 3 до 24 V не более $\pm 0.0014 \%$   |
| 1.2                          | амперметр постоянного тока        | 7.4<br>7.5            | относительная погрешность измерения силы постоянного тока от 10 $\mu$ A до 500 mA не более 0.02 % | <u>мультиметр Agilent 3458A</u><br>относительная погрешность измерения силы постоянного тока от 10 $\mu$ A до 500 mA не более 0.013 % |

| 1   | 2                       | 3        | 4   | 5   |
|---|-------------------------|----------|---|---|
| 1.3   | нагрузка электронная    | 7.5      | относительная погрешность установки сопротивления от 1 $\Omega$ до 200 $\Omega$ не более $\pm 10\%$ ; максимальная мощность не менее 10 W | <u>нагрузка электронная постоянного тока</u><br><u>B&amp;K Precision 8540</u><br>относительная погрешность установки сопротивления от 1 $\Omega$ до 200 $\Omega$ не более $\pm 2\%$ ; максимальная мощность 150 W |
| <b>2. Вспомогательное оборудование и принадлежности</b> |                         |          |   |   |
| 2.1   | шасси                   | раздел 7 | слоты PXIe  | <u>National Instruments PXIe-1075</u>   |
| 2.2   | модуль контроллера      | раздел 7 | HDD $\geq 40$ GB, ОЗУ $\geq 512$ MB; интерфейсы USB; шина PXIe  | <u>National Instruments PXIe-8105</u>   |
| 2.3   | монитор компьютерный    | раздел 7 | -   | -   |
| 2.4   | клавиатура компьютерная | раздел 7 | интерфейс USB   | -   |
| 2.5   | мышь компьютерная       | раздел 7 | интерфейс USB   | -   |
| 2.6   | кабель соединительный   | раздел 7 | по пункту 2.4; 2 шт.  | рекомендации по изготовлению в пункте 2.4   |
| 2.7   | зажим                   | раздел 7 | тип «крокодил»  | -   |
| 2.8   | блок терминальный       | раздел 7 | D-sub(m) 25 pin   | <u>National Instruments 781974-01</u>   |
| <b>3. Программное обеспечение</b>                       |                         |          |   |   |
| 3.1   | драйвер                 | раздел 7 | управление режимами   | NI-DCPower версии 1.7.5 и выше  |
| 3.2   | операционная система    | раздел 7 | управление режимами   | Windows; NI LabVIEW   |

2.4. Соединительный кабель поз. 2.6 таблицы 2 должен быть сделан, как показано на рисунке 1, из отрезка изолированного многожильного медного провода диаметром (0.8 ... 1.0) mm и длиной (300 ... 500) mm. Один из концов провода освободить от изоляции и облудить, чтобы получился штырек длиной (8 ... 10) mm. Второй конец провода освободить от изоляции на длине (10 ... 15) mm, облудить, и припаять вилку “banana”(m).



Рисунок 1. Конструкция соединительного кабеля

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области электрических измерений, и аттестованные в соответствии с ПР50.2.012-94.

## **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 установку и изъятие модуля из слота при включенном шасси;
- запрещается производить подсоединение кабелей к контактам модуля или отсоединение от них, когда имеется напряжение на входе модуля;
- запрещается работать с модулем при обнаружении его явного повреждения.

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

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура воздуха  $23 \pm 5$  °C;
- относительная влажность воздуха 30 ... 80 %;
- атмосферное давление 84 ... 106.7 кПа.

## **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 модуля или платы;
- комплектность модуля.

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

### **6.2. Подготовка к поверке**

6.2.1. Перед началом работы следует изучить руководство по эксплуатации поверяемого модуля, а также руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

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

Минимальное время прогрева мультиметра 120 min.

6.2.3 Перед выполнением операций поверки выполнить автоподстройку мультиметра, для чего при отсоединенных от его входа кабелей нажать клавиши [ACAL], [ENTER], и дождаться завершения процедуры.

6.2.4 Выполнить установку программного обеспечения на контроллер в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации модуля.

6.2.5 Установить модуль в слот шасси в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации, и установить на выходной разъем D-SUB терминальный блок p/n 781974-01 из комплекта модуля.

## 7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 7.1 Общие указания по проведению поверки

7.1.1 Присоединения к контактам терминального блока необходимо выполнять согласно указаниям руководства по эксплуатации с использованием отверток рекомендованного типа.

7.1.2 В процессе выполнения операций результаты измерений заносятся в протокол поверки. Количество разрядов записываемых в протокол поверки показаний должно соответствовать количеству разрядов допускаемых значений, приведенных в таблицах 7.3 – 7.5 настоящей методики.

7.1.3 Полученные результаты должны укладываться в пределы допускаемых значений, указанных в таблицах 7.3 – 7.5 настоящей методики. При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо ее повторить. При повторном отрицательном результате модуль следует направить в сервисный центр для проведения регулировки и/или ремонта.

### 7.2 Опробование и функциональное тестирование

7.2.1 Запустить программу “Measurement & Automation Explorer”.

7.2.2 В меню “Devices & Interfaces” кликнуть на наименовании поверяемого модуля в списке устройств, и запустить процедуру тестирования “Self-Test”. После завершения процедуры тестирования должно появиться сообщение “The device has passed the self-test”.

7.2.2 Выполнить процедуру автоподстройки “Self-Calibrate”. После завершения процедуры автоподстройки должно появиться сообщение “The device has been calibrated successfully”.

7.2.3 В меню “Software” найти программу “NI-DCPower”. Проверить идентификацию версии программного продукта. Она должна быть не ниже 1.7.5.

7.2.4 В меню “Devices & Interfaces” кликнуть на наименовании поверяемого модуля в списке устройств, и выбрать “Test Panels”. При этом должна появиться виртуальная панель модуля “NI-DCPower Soft Front Panel”.

Записать результаты в таблицу 7.2.

Таблица 7.2. Опробование и функциональное тестирование

| Содержание проверки                        | Результат проверки | Критерий проверки                           |
|--|--------------------|---|
| тестирование<br>“Self-Test”                |                    | The device has passed the self-test         |
| автоподстройка<br>“Self-Calibrate”         |                    | The device has been calibrated successfully |
| проверка идентификации<br>версии программы |                    | “NI-DCPower” 1.7.5 и выше                   |
| запуск виртуальной<br>панели               |                    | “NI-DCPower Soft Front Panel”               |

### 7.3 Определение погрешности установки и измерения напряжения

7.3.1 Установить мультиметр в режим DCV с автоматическим пределом измерения. Выбрать режим усреднения клавишами [NPLC], 50, [ENTER].

7.3.2 Убедиться в том, что выходы каналов модуля отключены (отсутствует флажок в поле “Output Enabled”).

7.3.3 Используя два соединительных кабеля (поз. 2.6 таблицы 2), выполнить соединения контактов канала “CH0” терминального блока с клеммами мультиметра таким образом, чтобы контакт “HI” канала модуля был соединен с гнездом “HI” мультиметра, а контакт “LO” канала модуля был подключен к гнезду “LOW” мультиметра.

Нумерацию контактов можно найти в программе “Measurement & Automation Explorer”, открыв окно “Device Pinouts”, или в руководстве по эксплуатации модуля.

7.3.4 Активировать выход канала флажком в поле “Output Enabled”, и сделать следующие установки:

Output Function: DC Voltage

Range: 24 V для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

6 V для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Voltage Level: 0 V

Range: 0.15 A для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

0.5 A для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Current Limit: 0.15 A для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

0.5 A для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Sense: Local

7.3.5 Устанавливать на канале модуля значения напряжения, указанные в столбце 1 таблицы 7.3.

Записывать измеренные мультиметром значения напряжения  $U_O$  в столбец 3 таблицы 7.3, и отсчеты напряжения  $U_M$  модуля в верхней строке дисплея в столбец 5 таблицы 7.3.

7.3.6 Отключить выход канала сбросом флажка в поле “Output Enabled”.

7.3.7 Выполнить действия по пунктам 7.3.2 – 7.3.6 для остальных каналов модуля.

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

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

Таблица 7.3.1. Погрешность установки и измерения напряжения NI PXI-4142

| установленное на модуле значение $U_S$ | нижний предел допускаемых значений установок напряжения | измеренное мультиметром значение напряжения $U_O$ | верхний предел допускаемых значений установок напряжения | измеренное модулем значение напряжения $U_M$ | абсолютная погрешность измерения напряжения ( $U_M - U_O$ ) | пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения |
|--|---|---|--|--|---|---|
| 1                                      | 2   | 3   | 4  | 5  | 6   | 7   |
| 0 V                                    | – 0.0100  |   | + 0.0100   |  |   | ± 0.0100  |
| + 12 V                                 | + 11.9780   |   | + 12.0220  |  |   | ± 0.0220  |
| – 12 V                                 | – 12.0220   |   | – 11.9780  |  |   | ± 0.0220  |
| + 24 V                                 | + 23.9660   |   | + 24.0340  |  |   | ± 0.0340  |
| – 24 V                                 | – 24.0340   |   | – 23.9660  |  |   | ± 0.0340  |

Таблица 7.3.2. Погрешность установки и измерения напряжения NI PXIe-4143

| установленное<br>на модуле<br>значение<br>$U_s$ | нижний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>напряжения | измеренное<br>мультиметром<br>значение<br>напряжения<br>$U_o$ | верхний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>напряжения | измеренное<br>модулем<br>значение<br>напряжения<br>$U_m$ | абсолютная<br>погрешность<br>измерения<br>напряжения<br>( $U_m - U_o$ ) | пределы<br>допускаемой<br>абсолютной<br>погрешности<br>измерения<br>напряжения |
|---|--|---|---|--|---|--|
| 1   | 2  | 3   | 4   | 5  | 6   | 7  |
| 0 V   | - 0.0012   |   | + 0.0012  |  |   | $\pm 0.0012$   |
| + 12 V  | + 11.9970  |   | + 12.0030   |  |   | $\pm 0.0030$   |
| - 12 V  | - 12.0030  |   | - 11.9970   |  |   | $\pm 0.0030$   |
| + 24 V  | + 23.9952  |   | + 24.0048   |  |   | $\pm 0.0048$   |
| - 24 V  | - 24.0048  |   | - 23.9952   |  |   | $\pm 0.0048$   |

Таблица 7.3.3. Погрешность установки и измерения напряжения NI PXIe-4144

| установленное<br>на модуле<br>значение<br>$U_s$ | нижний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>напряжения | измеренное<br>мультиметром<br>значение<br>напряжения<br>$U_o$ | верхний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>напряжения | измеренное<br>модулем<br>значение<br>напряжения<br>$U_m$ | абсолютная<br>погрешность<br>измерения<br>напряжения<br>( $U_m - U_o$ ) | пределы<br>допускаемой<br>абсолютной<br>погрешности<br>измерения<br>напряжения |
|---|--|---|---|--|---|--|
| 1   | 2  | 3   | 4   | 5  | 6   | 7  |
| 0 V   | - 0.0100   |   | + 0.0100  |  |   | $\pm 0.0100$   |
| + 3 V   | + 2.9870   |   | + 3.0130  |  |   | $\pm 0.0130$   |
| - 3 V   | - 3.0130   |   | - 2.9870  |  |   | $\pm 0.0130$   |
| + 6 V   | + 5.9840   |   | + 6.0160  |  |   | $\pm 0.0160$   |
| - 6 V   | - 6.0160   |   | - 5.9840  |  |   | $\pm 0.0160$   |

Таблица 7.3.4. Погрешность установки и измерения напряжения NI PXIe-4145

| установленное<br>на модуле<br>значение<br>$U_s$ | нижний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>напряжения | измеренное<br>мультиметром<br>значение<br>напряжения<br>$U_o$ | верхний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>напряжения | измеренное<br>модулем<br>значение<br>напряжения<br>$U_m$ | абсолютная<br>погрешность<br>измерения<br>напряжения<br>( $U_m - U_o$ ) | пределы<br>допускаемой<br>абсолютной<br>погрешности<br>измерения<br>напряжения |
|---|--|---|---|--|---|--|
| 1   | 2  | 3   | 4   | 5  | 6   | 7  |
| 0 V   | - 0.00060  |   | + 0.00060   |  |   | $\pm 0.00060$  |
| + 3 V   | + 2.99895  |   | + 3.00105   |  |   | $\pm 0.00105$  |
| - 3 V   | - 3.00105  |   | - 2.99895   |  |   | $\pm 0.00105$  |
| + 6 V   | + 5.99850  |   | + 6.00150   |  |   | $\pm 0.00150$  |
| - 6 V   | - 6.00150  |   | - 5.99850   |  |   | $\pm 0.00150$  |

## 7.4 Определение погрешности установки и измерения силы тока

7.4.1 Установить мультиметр в режим DCI с автоматическим пределом измерения. Выбрать режим усреднения клавишами [NPLC], 50, [ENTER].

7.4.2 Убедиться в том, что выходы каналов модуля отключены (отсутствует флажок в поле “Output Enabled”).

7.4.3 Используя два соединительных кабеля (поз. 2.6 таблицы 2), выполнить соединения контактов канала “CH0” терминального блока с клеммами мультиметра таким образом, чтобы контакт “HI” канала модуля был соединен с гнездом “AMPS” мультиметра, а контакт “LO” канала модуля был подключен к гнезду “LOW” мультиметра.

Нумерацию контактов можно найти в программе “Measurement & Automation Explorer”, открыв окно “Device Pinouts”, или в руководстве по эксплуатации модуля.

7.4.4 Активировать выход канала флажком в поле “Output Enabled”, и сделать следующие установки:

Output Function: DC Current

Range: 24 V для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

6 V для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Range: 150 mA для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

500 mA для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Current Level: 150 mA для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

500 mA для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Sense: Local

7.4.5 Устанавливать на канале диапазоны (Range), и значения силы тока, указанные в столбце 1 таблицы 7.4.

Записывать измеренные мультиметром значения силы тока  $I_O$  в столбец 3 таблицы 7.4, и отсчеты силы тока  $I_M$  модуля в нижней строке дисплея в столбец 5 таблицы 7.4.

7.4.6 Отключить выход канала сбросом флажка в поле “Output Enabled”.

7.4.7 Выполнить действия по пунктам 7.4.2 – 7.4.6 для остальных каналов модуля.

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

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



Таблица 7.4.1. Погрешность установки и измерения силы тока NI PXIe-4142

| установленное<br>на модуле<br>значение<br>$I_s$ | нижний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>силы тока | измеренное<br>мультиметром<br>значение<br>силы тока $I_o$ | верхний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>силы тока | измеренное<br>модулем<br>значение<br>силы тока<br>$I_m$ | абсолютная<br>погрешность<br>измерения<br>силы тока<br>( $I_m - I_o$ ) | пределы<br>допускаемой<br>абсолютной<br>погрешности<br>измерения<br>силы тока |
|---|---|---|--|---|--|---|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6  | 7   |
| <b>Range 150 mA</b>                             |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.075   |   | + 0.075  |   |  | $\pm 0.075$   |
| + 150 mA  | + 149.775   |   | + 150.225  |   |  | $\pm 0.225$   |
| - 150 mA  | - 150.225   |   | - 149.775  |   |  | $\pm 0.225$   |
| <b>Range 10 mA</b>                              |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.0050  |   | + 0.0050   |   |  | $\pm 0.0050$  |
| +10 mA  | + 9.9850  |   | + 10.0150  |   |  | $\pm 0.0150$  |
| - 10 mA   | - 10.0150   |   | - 9.9850   |   |  | $\pm 0.0150$  |
| <b>Range 1 mA</b>                               |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.00050   |   | + 0.00050  |   |  | $\pm 0.00050$   |
| + 0.5 mA  | + 0.49900   |   | + 0.50100  |   |  | $\pm 0.00100$   |
| - 0.5 mA  | - 0.50100   |   | - 0.49900  |   |  | $\pm 0.00100$   |
| + 1 mA  | + 0.99850   |   | + 1.00150  |   |  | $\pm 0.00150$   |
| - 1 mA  | - 1.00150   |   | - 0.99850  |   |  | $\pm 0.00150$   |
| <b>Range 100 <math>\mu</math>A</b>              |   |   |  |   |  |   |
| 0 $\mu$ A                                       | - 0.020   |   | 0.050  |   |  | $\pm 0.050$   |
| + 100 $\mu$ A                                   | + 99.850  |   | + 100.150  |   |  | $\pm 0.150$   |
| - 100 $\mu$ A                                   | - 100.150   |   | - 99.850   |   |  | $\pm 0.150$   |
| <b>Range 10 <math>\mu</math>A</b>               |   |   |  |   |  |   |
| 0 $\mu$ A                                       | - 0.0050  |   | + 0.0050   |   |  | $\pm 0.0050$  |
| + 10 $\mu$ A                                    | + 9.9850  |   | + 10.0150  |   |  | $\pm 0.0150$  |
| - 10 $\mu$ A                                    | - 10.0150   |   | - 9.9850   |   |  | $\pm 0.0150$  |

Таблица 7.4.2. Погрешность установки и измерения силы тока NI PXIe-4143

| установленное<br>на модуле<br>значение<br>$I_s$ | нижний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>силы тока | измеренное<br>мультиметром<br>значение<br>силы тока $I_o$ | верхний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>силы тока | измеренное<br>модулем<br>значение<br>силы тока<br>$I_m$ | абсолютная<br>погрешность<br>измерения<br>силы тока<br>( $I_m - I_o$ ) | пределы<br>допускаемой<br>абсолютной<br>погрешности<br>измерения<br>силы тока |
|---|---|---|--|---|--|---|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6  | 7   |
| <b>Range 150 mA</b>                             |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.024   |   | + 0.024  |   |  | $\pm 0.024$   |
| + 150 mA  | + 149.031   |   | + 150.069  |   |  | $\pm 0.069$   |
| - 150 mA  | - 150.069   |   | - 149.031  |   |  | $\pm 0.069$   |
| <b>Range 10 mA</b>                              |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.0016  |   | + 0.0016   |   |  | $\pm 0.0016$  |
| +10 mA  | + 9.9954  |   | + 10.0046  |   |  | $\pm 0.0046$  |
| - 10 mA   | - 10.0046   |   | - 9.9954   |   |  | $\pm 0.0046$  |
| <b>Range 1 mA</b>                               |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.00016   |   | + 0.00016  |   |  | $\pm 0.00016$   |
| + 0.5 mA  | + 0.49969   |   | + 0.50031  |   |  | $\pm 0.00031$   |
| - 0.5 mA  | - 0.50031   |   | - 0.49969  |   |  | $\pm 0.00031$   |
| + 1 mA  | + 0.99954   |   | + 1.00046  |   |  | $\pm 0.00046$   |
| - 1 mA  | - 1.00046   |   | - 0.99954  |   |  | $\pm 0.00046$   |
| <b>Range 100 <math>\mu</math>A</b>              |   |   |  |   |  |   |
| 0 $\mu$ A                                       | - 0.016   |   | + 0.016  |   |  | $\pm 0.016$   |
| + 100 $\mu$ A                                   | + 99.954  |   | + 100.046  |   |  | $\pm 0.046$   |
| - 100 $\mu$ A                                   | - 100.046   |   | - 99.954   |   |  | $\pm 0.046$   |
| <b>Range 10 <math>\mu</math>A</b>               |   |   |  |   |  |   |
| 0 $\mu$ A                                       | - 0.0016  |   | + 0.0016   |   |  | $\pm 0.0016$  |
| + 10 $\mu$ A                                    | + 9.9954  |   | + 10.0046  |   |  | $\pm 0.0046$  |
| - 10 $\mu$ A                                    | - 10.0046   |   | - 9.9954   |   |  | $\pm 0.0046$  |

Таблица 7.4.3. Погрешность установки и измерения силы тока NI PXIe-4144

| установленное<br>на модуле<br>значение<br>$I_s$ | нижний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>силы тока | измеренное<br>мультиметром<br>значение<br>силы тока $I_o$ | верхний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>силы тока | измеренное<br>модулем<br>значение<br>силы тока<br>$I_m$ | абсолютная<br>погрешность<br>измерения<br>силы тока<br>( $I_m - I_o$ ) | пределы<br>допускаемой<br>абсолютной<br>погрешности<br>измерения<br>силы тока |
|---|---|---|--|---|--|---|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6  | 7   |
| <b>Range 500 mA</b>                             |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.250   |   | + 0.250  |   |  | $\pm 0.250$   |
| + 500 mA  | + 499.250   |   | + 500.750  |   |  | $\pm 0.750$   |
| - 500 mA  | - 500.750   |   | - 499.250  |   |  | $\pm 0.750$   |
| <b>Range 100 mA</b>                             |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.050   |   | + 0.050  |   |  | $\pm 0.050$   |
| + 100 mA  | + 99.850  |   | + 100.150  |   |  | $\pm 0.150$   |
| - 100 mA  | - 100.150   |   | - 99.850   |   |  | $\pm 0.150$   |
| <b>Range 10 mA</b>                              |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.0050  |   | + 0.0050   |   |  | $\pm 0.0050$  |
| +10 mA  | + 9.9850  |   | + 10.0150  |   |  | $\pm 0.0150$  |
| - 10 mA   | - 10.0150   |   | - 9.9850   |   |  | $\pm 0.0150$  |
| <b>Range 1 mA</b>                               |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.00050   |   | + 0.00050  |   |  | $\pm 0.00050$   |
| + 0.5 mA  | + 0.49900   |   | + 0.50100  |   |  | $\pm 0.00100$   |
| - 0.5 mA  | - 0.50100   |   | - 0.49900  |   |  | $\pm 0.00100$   |
| + 1 mA  | + 0.99850   |   | + 1.00150  |   |  | $\pm 0.00150$   |
| - 1 mA  | - 1.00150   |   | - 0.99850  |   |  | $\pm 0.00150$   |
| <b>Range 100 <math>\mu</math>A</b>              |   |   |  |   |  |   |
| 0 $\mu$ A                                       | - 0.050   |   | + 0.050  |   |  | $\pm 0.050$   |
| + 100 $\mu$ A                                   | + 99.850  |   | + 100.150  |   |  | $\pm 0.150$   |
| - 100 $\mu$ A                                   | - 100.150   |   | - 99.850   |   |  | $\pm 0.150$   |
| <b>Range 10 <math>\mu</math>A</b>               |   |   |  |   |  |   |
| 0 $\mu$ A                                       | - 0.0060  |   | + 0.0060   |   |  | $\pm 0.0060$  |
| + 10 $\mu$ A                                    | + 9.9840  |   | + 10.0160  |   |  | $\pm 0.0160$  |
| - 10 $\mu$ A                                    | - 10.0160   |   | - 9.9840   |   |  | $\pm 0.0160$  |

Таблица 7.4.4. Погрешность установки и измерения силы тока NI PXIe-4145

| установленное<br>на модуле<br>значение<br>$I_s$ | нижний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>силы тока | измеренное<br>мультиметром<br>значение<br>силы тока $I_o$ | верхний<br>предел<br>допускаемых<br>значений<br>установки<br>силы тока | измеренное<br>модулем<br>значение<br>силы тока<br>$I_M$ | абсолютная<br>погрешность<br>измерения<br>силы тока<br>( $I_M - I_o$ ) | пределы<br>допускаемой<br>абсолютной<br>погрешности<br>измерения<br>силы тока |
|---|---|---|--|---|--|---|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6  | 7   |
| <b>Range 500 mA</b>                             |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.125   |   | + 0.125  |   |  | $\pm 0.125$   |
| + 500 mA  | + 499.375   |   | + 500.625  |   |  | $\pm 0.625$   |
| - 500 mA  | - 500.625   |   | - 499.375  |   |  | $\pm 0.625$   |
| <b>Range 100 mA</b>                             |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.025   |   | + 0.025  |   |  | $\pm 0.025$   |
| + 100 mA  | + 99.945  |   | + 100.055  |   |  | $\pm 0.055$   |
| - 100 mA  | - 100.055   |   | - 99.945   |   |  | $\pm 0.055$   |
| <b>Range 10 mA</b>                              |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.0025  |   | + 0.0025   |   |  | $\pm 0.0025$  |
| + 10 mA   | + 9.9945  |   | + 10.0055  |   |  | $\pm 0.0055$  |
| - 10 mA   | - 10.0055   |   | - 9.9945   |   |  | $\pm 0.0055$  |
| <b>Range 1 mA</b>                               |   |   |  |   |  |   |
| 0 mA  | - 0.00025   |   | + 0.00025  |   |  | $\pm 0.00025$   |
| + 0.5 mA  | + 0.49960   |   | + 0.50040  |   |  | $\pm 0.00040$   |
| - 0.5 mA  | - 0.50040   |   | - 0.49960  |   |  | $\pm 0.00040$   |
| + 1 mA  | + 0.99945   |   | + 1.00055  |   |  | $\pm 0.00055$   |
| - 1 mA  | - 1.00055   |   | - 0.99945  |   |  | $\pm 0.00055$   |
| <b>Range 100 <math>\mu</math>A</b>              |   |   |  |   |  |   |
| 0 $\mu$ A                                       | - 0.025   |   | + 0.025  |   |  | $\pm 0.025$   |
| + 100 $\mu$ A                                   | + 99.945  |   | + 100.055  |   |  | $\pm 0.055$   |
| - 100 $\mu$ A                                   | - 100.055   |   | - 99.945   |   |  | $\pm 0.055$   |
| <b>Range 10 <math>\mu</math>A</b>               |   |   |  |   |  |   |
| 0 $\mu$ A                                       | - 0.0060  |   | + 0.0030   |   |  | $\pm 0.0030$  |
| + 10 $\mu$ A                                    | + 9.9940  |   | + 10.0060  |   |  | $\pm 0.0060$  |
| - 10 $\mu$ A                                    | - 10.0060   |   | - 9.9940   |   |  | $\pm 0.0060$  |

## 7.5 Определение отклонения силы тока при изменении напряжения на нагрузке

7.5.1 Установить мультиметр в режим DCI с автоматическим пределом измерения. Выбрать режим усреднения клавишами [NPLC], 50, [ENTER].

7.5.2 Убедиться в том, что выходы каналов модуля отключены (отсутствует флажок в поле “Output Enabled”).

7.5.3 Используя два соединительных кабеля (поз. 2.6 таблицы 2), и кабель “banana”(m-m), выполнить соединения контактов “CH0 HI”, “CH0 LO” терминального блока с клеммами мультиметра и электронной нагрузки, как показано на рисунке 2.

Нумерацию контактов можно найти в программе “Measurement & Automation Explorer”, открыв окно “Device Pinouts”, или в руководстве по эксплуатации модуля.

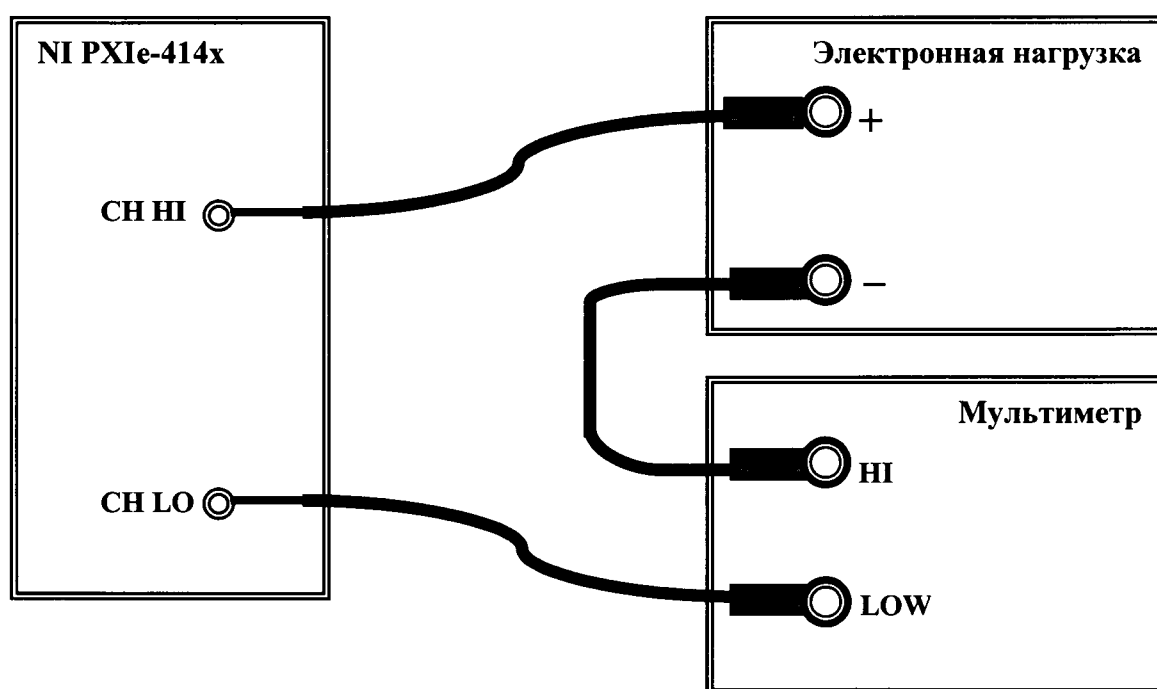


Рисунок 2. Схема соединений операции 7.5

7.5.4 Установить на электронной нагрузке сопротивление 1  $\Omega$ .

7.5.5 Активировать выход канала модуля флажком в поле “Output Enabled”, и сделать следующие установки:

Output Function: DC Current

Range: 24 V для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

6 V для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Range: 150 mA для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

500 mA для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Current Level: 150 mA для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

500 mA для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Sense: Local

7.5.6 Ввести на мультиметре режим относительных измерений, для чего нажать клавишу [SHIFT], клавишами с вертикальными стрелками выбрать “MATH”, ввести [9], [ENTER]. При этом отсчет на мультиметре должен быть близким к нулю.

7.5.7 Установить на электронной нагрузке сопротивление

133  $\Omega$  для NI PXIe-4142, NI PXIe-4143

10  $\Omega$  для NI PXIe-4144, NI PXIe-4145

Записать отсчет мультиметра в столбец 3 таблицы 7.5.

7.5.8 Отключить выход канала модуля, убрав флажок в поле “Output Enabled”.

7.5.9 Выполнить действия по пунктам 7.5.2 – 7.5.8 для остальных каналов модуля.

Таблица 7.5.1. Отклонение силы тока при изменении напряжения на нагрузке NI PXI-4142/4143

| Установленное значение силы тока, мА | Отчет отклонения по мультиметру, мА |                  | Пределы допускаемого отклонения, мА |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|
|                                      | R = 1 $\Omega$                      | R = 133 $\Omega$ |                                     |
| 1                                    | 2                                   | 3                | 4                                   |
| 150                                  | 0 (MATH 9)                          |                  | $\pm 0.0034$                        |

Таблица 7.5.2. Отклонение силы тока при изменении напряжения на нагрузке NI PXI-4144/4145

| Установленное значение силы тока, мА | Отчет отклонения по мультиметру, мА |                 | Пределы допускаемого отклонения, мА |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|
|                                      | R = 1 $\Omega$                      | R = 10 $\Omega$ |                                     |
| 1                                    | 2                                   | 3               | 4                                   |
| 500                                  | 0 (MATH 9)                          |                 | $\pm 0.023$                         |

## **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;
- 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.