



Закрытое Акционерное Общество «АКТИ-Мастер»
АКТУАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАТИКА

127254, Москва, Огородный проезд, д. 5, стр. 5
тел./факс (495)926-71-85 E-mail: post@actimaster.ru
<http://www.actimaster.ru>

УТВЕРЖДАЮ

**Генеральный директор
ЗАО «АКТИ-Мастер»**



 **В.В. Федулов**

«24» мая 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Генераторы-анализаторы цифровых сигналов
с параметрическим измерителем модульные NI PXIe-6571**

**Методика поверки
NI6571/МП-2019**

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



Д.Р. Васильев

**г. Москва
2019**

Настоящая методика поверки распространяется на генераторы-анализаторы цифровых сигналов с параметрическим измерителем модульные NI PXIe-6571 (далее – модули), изготавливаемые компанией “National Instruments Corporation” (Венгрия), 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 и подготовка к поверке	6	да	да
Опробование и функциональное тестирование	7.2	да	да
Определение погрешности установки постоянного напряжения драйверами	7.3	да	да
Определение погрешности порогов срабатывания компараторов	7.4	да	да
Определение погрешности установки и измерения напряжения параметрическими измерителями в режиме источника напряжения	7.5	да	да
Определение погрешности установки и измерения силы тока параметрическими измерителями в режиме источника тока / электронной нагрузки	7.6	да	да
Определение погрешности измерения силы тока и погрешности установки напряжения параметрическими измерителями в режиме источника напряжения / электронной нагрузки	7.7	да	да

1.2 Если у поверяемого модуля используются не все каналы и/или режимы и диапазоны, то по запросу пользователя поверка может быть проведена выборочно по указанным в таблице 1 операциям для определенных каналов, режимов и диапазонов, при этом должна быть сделана соответствующая запись в свидетельстве о поверке.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 Рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 2.

2.2 Средства измерений должны быть исправны, поверены и иметь документы о поверке.

2.3 Допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемых модулей с требуемой точностью.

2.4 Переходной кабель поз. 2.8 таблицы 2 должен быть сделан из отрезка изолированного медного провода диаметром (0.8 ... 1.0) mm и длиной (100 ... 150) mm. Один из концов провода нужно освободить от изоляции на длине (6 ... 10) mm и облудить, на другой конец провода припаять вилку banana(m).

2.5 При отсутствии модуля коммутации для присоединения каналов поверяемого модуля к мультиметру и источнику-измерителю напряжения и силы тока следует использовать соединительный кабель SHC68-68-EPM и терминальную плату CB-68LP, либо соединительный кабель 68-pin с переходом на двухполюсные вилки SHC68-H1X38.

Таблица 2 – Средства поверки

№	Наименование средства поверки	Номер пункта методики	Требуемые технические характеристики	Рекомендуемый тип средства поверки, рег. номер реестра
1	2	3	4	5
1. Средства измерений				
1.1	Вольтметр постоянного напряжения	7.3	абсолютная погрешность измерения постоянного напряжения от -2 до $+6$ В не более ± 1 мВ	Мультиметр цифровой модульный NI PXI-4071; рег. № 57582-14
1.2	Источник-измеритель напряжения и силы тока	7.4	относительная погрешность измерения силы постоянного тока от 0.5 μ А до 32 мА не более $\pm 0,2$ %; установка напряжения в диапазоне от -2 до $+6$ В	Источник-измеритель напряжения и силы тока модульный NI PXIe-4136; рег. № 69739-17
2. Вспомогательные средства и принадлежности				
2.1	Шасси PXI Express	Разделы 6, 7	не менее 8-х слотов PXIe мощность источника питания не менее 82 Вт, воздушное охлаждение	National Instruments PXIe-1095
2.2	Модуль контроллера	Разделы 6, 7	PXI Express HDD ≥ 40 GB, ОЗУ ≥ 512 MB	National Instruments PXIe-8105
2.3	Модуль коммутации	раздел 7	входной разъем 68 pin; выходы BNC(f)	National Instruments PXI-2515 (PXIe-2515)
2.4	Монитор	Разделы 6, 7	-	-
2.5	Клавиатура компьютерная	Разделы 6, 7	-	-
2.6	Манипулятор «мышь»	Разделы 6, 7	-	-
2.7	Кабель соединительный	7.3 – 7.5	68-pin VHDCI – 68-pin	National Instruments SHC68-C68-D5
2.8	Кабель переходной	7.3 – 7.5	диаметр (0.8 ... 1.0) mm, длина (100 ... 150) mm; 2 шт.	пункт 2.4
2.9	Кабель коаксиальный	7.5	BNC(m-m)	-
2.10	Адаптер	7.5	BNC(f)-banana, 2 шт.	-
3. Программное обеспечение				
3.1	Операционная система	Разделы 6, 7	управление работой модуля	Windows 7; National Instruments "LabVIEW"
3.2	Драйвер	Разделы 6, 7	управление работой модуля NI PXIe-6571	National Instruments "NI-Digital Pattern Driver" версии 17.0 и выше
3.3	Драйвер	Разделы 6, 7	управление работой модуля NI PXI-4071	National Instruments "NI-DMM" версии 3.0 и выше
3.4	Драйвер	Разделы 6, 7	управление работой модуля NI PXIe-4136	National Instruments "NI-DCPower" версии 15.1 и выше
3.5	Драйвер	Разделы 6, 7	управление работой модуля NI PXI(e)-2515	National Instruments "NI-SWITCH" версии 4.0 и выше

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки допускаются лица с высшим или среднетехническим образованием, имеющие 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 необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- подсоединение шасси с модулем и средств поверки к сети должно производиться с помощью сетевых кабелей из комплекта шасси и комплектов средств поверки;
- заземление шасси и средств поверки должно производиться посредством заземляющих контактов сетевых кабелей;
- соединения модуля и средств поверки следует выполнять при отключенных входах и выходах (отсутствии напряжения на разъемах модуля и средств поверки);
- режим вентиляции шасси должен быть установлен в положение "HIGH", незадействованные слоты закрыты фальш-панелями;
- запрещается работать с модулем при наличии в воздухе взрывоопасных веществ;
- запрещается работать с модулем в случае обнаружения его повреждения.

5 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура воздуха (23 ± 3) °C;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- 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 модуля;
- отсутствие механических повреждений корпуса модуля и элементов плат;
- правильность маркировки и 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 модуля, а также руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

6.2.2 Выполнить установку контроллера и модуля:

- 1) установить в 3 левых слота шасси PXIe модуль контроллера;
- 2) присоединить к контроллеру монитор, клавиатуру и мышь;
- 3) подсоединить шасси и монитор к сети 220 V/50 Hz;
- 4) установить слева направо модули NI PXIe-6571, NI PXI(e)-2515, NI PXI-4171, NI PXIe-4136 в слоты шасси PXIe (модуль NI PXI-4171 установить в гибридный слот шасси);
- 5) в свободные слоты шасси установить фальш-панели; выбрать на шасси режим высокой скорости вентилятора "HIGH";
- 6) включить шасси и контроллер, дождаться загрузки Windows;

6.2.3 Если на контроллере не установлены драйверы “NI-Digital Pattern Driver”, “NI-DMM”, “NI-DCPower”, “NI-SWITCH”, следует установить соответствующие драйверы в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации модулей.

6.2.4 Подготовить к работе средства поверки в соответствии с руководствами по эксплуатации.

6.2.5 Выдержать модуль и средства поверки во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации. Минимальное время прогрева модуля 30 min.

6.2.6 Выполнить соединения:

1) Соединить кабелем SHC68-C68-D5 разъем “DIGITAL DATA AND CONTROL” модуля PXIe-6571 с разъемом “HSDIO” модуля NI PXI(e)-2515 (разъем на панели слева).

2) Используя адаптер BNC(f)-banana и кабель BNC(m-m), соединить разъем “BUS A” модуля NI PXI(e)-2515 с клеммами мультиметра PXI-4071 таким образом, чтобы центральный провод кабеля был соединен с клеммой “HI”, а экранированный провод – с клеммой “LO” мультиметра.

3) Используя адаптер BNC(f)-banana и переходные кабели (п. 2.4), соединить разъем “BUS B” модуля NI PXI(e)-2515 с клеммами источника-измерителя PXIe-4136 таким образом, чтобы центральный провод кабеля был соединен с клеммой “HI”, а экранированный провод – с клеммой “LO” источника-измерителя.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Общие указания по проведению поверки

В процессе выполнения операций результаты измерений должны укладываться в пределы допускаемых значений, которые указаны в таблицах раздела 7. При получении отрицательных результатов необходимо повторить операцию. При повторном отрицательном результате модуль следует направить в сервисный центр для проведения регулировки или ремонта.

7.2 Опробование и функциональное тестирование

7.2.1 Запустить программу “Measurement & Automation Explorer”, затем в меню “Devices & Interfaces” выбрать ярлык с наименованием шасси и убедиться в том, что в списке устройств отображается наименование поверяемого модуля и номер слота шасси. Кликнуть на имени модуля, при этом в окне должен отобразиться серийный номер модуля и номер слота шасси.

7.2.2 В меню “Software” выбрать папку “Software”, открыть вложенную папку “NI-Digital Pattern Driver”. В окне справа должен отобразиться номер версии (Version) драйвера. Номер версии должен быть не ниже 18.5.

7.2.3 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 self test completed successfully”.

7.2.4 В меню “Devices & Interfaces” запустить процедуру автоподстройки “Self-Calibrate”. Если появится предупреждение о необходимости отсоединить кабель от разъема модуля, следует выполнить отсоединение кабеля от модуля, после чего запустить процедуру автоподстройки. После завершения процедуры автоподстройки должно появиться сообщение “The device was calibrated successfully”.

7.2.5 Записать результаты проверки по пунктам 7.2.1 – 7.2.4 в таблицу 7.2.

Таблица 7.2 – Опробование и функциональное тестирование

Содержание проверки	Результат проверки	Критерии проверки
отображение серийного номера и номера слота шасси		правильно отображаются серийный номер модуля и номер слота шасси
идентификация ПО		“NI-Digital Pattern Driver” версии 18.5 или выше
процедура “Self-Test”		сообщение “The self-test completed successfully”
процедура “Self-Calibrate”		сообщение “The device was calibrated successfully”

7.3 Определение погрешности установки постоянного напряжения драйверами

7.3.1 Сконфигурировать мультиметр следующим образом:

Function: DC volts

Range: 10 V

Resolution: 6½ Digits

Input Impedance: 10MΩ

Power line frequency: 50 Hz

7.3.2 Подключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 к гнездам “HI”, LO” мультиметра через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.3.3 Вызвать на канале модуля NI PXIe-6571 установку цифрового сигнала драйвера.

7.3.4 Установить уровень напряжения «высокий» V_{IH} «все единицы» на первое значение, указанное в столбце 1 таблицы 7.3.

7.3.5 Выполнить отсчет напряжения на мультиметре U_m и записать его в столбец 2 таблицы 7.3.

Вычислить значение абсолютной погрешности

$\Delta = [U_m - V_{IH}]$, занести его в столбец 3 таблицы 7.3.

7.3.6 Выполнить действия по пунктам 7.3.4, 7.3.5 для остальных значений уровня «высокий», указанных в столбце 1 таблицы 7.3.

7.3.7 Установить уровень напряжения «низкий» V_{IL} «все нули» на первое значение, указанное в столбце 1 таблицы 7.3.

7.3.8 Выполнить действия по пункту по пунктам 7.3.4, 7.3.5 для остальных значений уровня напряжения драйвера V_{IL} .

7.3.9 Установить уровень напряжения «земля» на первое значение, указанное в столбце 1 таблицы 7.3.

7.3.10 Выполнить действия по пунктам 7.3.4, 7.3.5 для остальных значений уровня «земля», указанных в столбце 1 таблицы 7.3.

7.3.11 Выполнить действия по пунктам 7.3.2 – 7.3.10 для остальных поверяемых каналов модуля из 0 – 31.

Таблица 7.3 – Погрешность установки постоянного напряжения драйверами

Установленное значение, V	Измеренное значение U_m , V	Абсолютная погрешность $(U_m - V)$, V	Пределы допуска погрешности, V
1	2	3	4
V_{IH}			
-2.000			± 0.015
-0.857			± 0.015
+2.571			± 0.015
+6.000			± 0.015
V_{IL}			
-2.000			± 0.015
-0.857			± 0.015
+2.571			± 0.015
+6.000			± 0.015
V_{TERM}			
-2.000			± 0.015
-0.857			± 0.015
+2.571			± 0.015
+6.000			± 0.015

7.4 Определение погрешности порогов срабатывания компараторов

Установки на мультиметре по предыдущей операции (пункт 7.3).

7.4.1 Отключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 от гнезд “HI”, LO” мультиметра через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.4.2 Установить на компараторе того же канала, что был выбран в пункте 7.4.1, значения напряжения порогов срабатывания:

- верхний порог $V_{OH} = 6$ V
- нижний порог – значение, указанное в таблице 7.4 (первое значение $V_{OL} = -1.5$ V).

7.4.3 Установить на драйвере канала напряжение V_{IH} на 0.1 V ниже, чем установленный порог компаратора V_{OL} (для первого значения порога $V_{IH} = -1.6$ V).

7.4.4 Выполнить определение уровня напряжения компаратором двадцать раз.

а) Если компаратор ни разу не определил уровень напряжения как «высокий» (выше установленного порога), увеличить уровень напряжения драйвера V_{IH} на шаг $\Delta_H = 0.2$ V (для первого значения порога $V_{IH} = -1.4$ V).

б) Если компаратор хотя бы один раз определил уровень напряжения как «низкий» (ниже установленного порога), уменьшить уровень напряжения драйвера V_{IH} на шаг $\Delta_H = 0.2$ V (для первого значения порога $V_{IH} = -1.8$ V).

7.4.5 Выполнить действия по пункту 7.4.4 одиннадцать раз, каждый раз уменьшая размер шага Δ_H в два раза (на последней итерации шаг будет равен разрешению драйвера 122 μ V).

В результате последней итерации уровень напряжения драйвера будет равен нижней границе порога срабатывания компаратора $V_{OL}(L)$.

7.4.6 Подключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 к гнездам “HI”, LO” мультиметра через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.4.7 Измерить напряжение мультиметром $U(L)$ и записать его в столбец 2 таблицы 7.4.

7.4.8 Отключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 от гнезд “HI”, LO” мультиметра через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.4.9 Установить на драйвере канала напряжение V_{IH} на 0.1 V выше, чем установленный порог компаратора V_{OL} (для первого значения нижнего порога $V_{IH} = -1.4$ V).

7.4.10 Выполнить определение уровня напряжения компаратором двадцать раз.

а) Если компаратор каждый раз определил уровень напряжения как «высокий» (выше установленного порога), уменьшить уровень напряжения драйвера V_{IH} на шаг $\Delta_H = 0.2$ V (для первого значения нижнего порога $V_{IH} = -1.6$ V).

б) Если компаратор хотя бы один раз определил уровень напряжения как «низкий» (ниже установленного порога), увеличить уровень напряжения драйвера V_{IH} на шаг $\Delta_H = 0.2$ V (для первого значения нижнего порога $V_{IH} = -1.2$ V).

7.4.11 Выполнить действия по пункту 7.4.10 одиннадцать раз, каждый раз уменьшая размер шага Δ_H в два раза (на последней итерации шаг будет равен разрешению драйвера 122 μ V).

В результате последней итерации уровень напряжения драйвера будет равен верхней границе порога срабатывания компаратора $V_{OL}(H)$.

7.4.12 Подключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 к гнездам “HI”, LO” мультиметра через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.4.13 Измерить напряжение мультиметром $U(H)$ и записать его в столбец 3 таблицы 7.4.

7.4.14 Вычислить значения погрешности установки порога срабатывания компаратора:

$$\Delta L = [U(L) - V_{OL}]$$

$$\Delta H = [U(H) - V_{OL}]$$

Занести наибольшее по модулю из этих двух значений в столбец 4 таблицы 7.4.

Таблица 7.4 – Погрешность установки порогов срабатывания компаратора

Установленное значение, V	Измеренное значение, V		Абсолютная погрешность, V	Пределы допуска погрешности, V
	U(L)	U(H)		
1	2	3	4	5
V_{OL}				
-1.500				± 0.025
+0.100				± 0.025
+3.900				± 0.025
+5.800				± 0.025
V_{OH}				
-1.500				± 0.025
+0.100				± 0.025
+3.900				± 0.025
+5.800				± 0.025

7.4.15 Выполнить действия по пунктам 7.4.1 – 7.4.14 для остальных значений нижнего порога срабатывания поверяемого канала, указанных в столбце 1 таблицы 7.4.

7.4.16 Отключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 от гнезд “HI”, LO” мультиметра через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.4.17 Установить на компараторе того же канала, что был выбран в пункте 7.4.1, значения напряжения порогов срабатывания:

- нижний порог $V_{OL} = -2$ V

- верхний порог – значение, указанное в таблице 7.4 (первое значение $V_{OH} = -1.5$ V).

7.4.18 Выполнить действия по пунктам 7.4.3 – 7.4.16 для верхнего порога срабатывания компаратора V_{OH} (заменяя в этих пунктах V_{OL} на V_{OH}).

7.4.19 Выполнить действия по пунктам 7.4.1 – 7.4.18 для остальных поверяемых каналов модуля из 0 – 31.

7.5 Определение погрешности установки и измерения напряжения параметрическими измерителями в режиме источника напряжения

Установки на мультиметре по предыдущей операции (пункт 7.3).

7.5.1 Подключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 к гнездам “HI”, LO” мультиметра через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.5.2 Вызвать на канале модуля NI PXIe-6571 режим параметрического измерителя (PPMU) и сделать установки:

- Current Limit Range 32 mA
- Output Function DC Voltage

7.5.3 Установить на канале PPMU модуля первое значение U_S , указанное в столбце 1 таблицы 7.5.

7.5.4 Выполнить отсчет напряжения на мультиметре U_m и записать его в столбец 2 таблицы 7.5.

Вычислить значение абсолютной погрешности установки напряжения $\Delta_S = (U_m - U_S)$, занести его в столбец 3 таблицы 7.5.

7.5.5 Выполнить отсчет напряжения U_{PPMU} на канале PPMU и записать его в столбец 5 таблицы 7.5.

Вычислить значение абсолютной погрешности измерения напряжения $\Delta_M = (U_{PPMU} - U_m)$, занести его в столбец 6 таблицы 7.5.

7.5.6 Выполнить действия по пунктам 7.5.3 – 7.5.5 для остальных значений напряжения, указанных в столбце 1 таблицы 7.5.

7.5.7 Отключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 от гнезд “HI”, LO” мультиметра через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.5.8 Выполнить действия по пунктам 7.5.1 – 7.5.7 для остальных поверяемых каналов модуля из 0 – 31.

Таблица 7.5 – Погрешность установки и измерения напряжения параметрическими измерителями PPMU в режиме источника напряжения

Установленное PPMU значение U_S, V	Измеренное мультиметром значение U_m, V	Абсолютная погрешность установки $(U_m - U_S), V$	Пределы допуска погрешности установки, V	Измеренное PPMU значение U_{PPMU}, m	Абсолютная погрешность измерения $(U_{PPMU} - U_m), V$	Пределы допуска погрешности измерения, V
1	2	3	4	5	6	7
-2.000			± 0.015			± 0.005
-0.857			± 0.015			± 0.005
+2.571			± 0.015			± 0.005
+6.000			± 0.015			± 0.005

7.6 Определение погрешности установки и измерения силы тока параметрическими измерителями в режиме источника тока / электронной нагрузки

7.6.1 Подключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 к гнездам “HI”, LO” источника-измерителя напряжения и силы тока через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.6.2 Сконфигурировать источник-измеритель напряжения и силы тока (SMU) со следующими установками:

- Source mode: Single point
- Sense: Local
- Voltage range: 10 V
- Aperture time: 1 PLC
- Powerline Frequency: 50 Hz
- Current limit autorange: Off

7.6.3 Вызвать на канале модуля NI PXIe-6571 режим параметрического измерителя (PPMU) и сделать установки:

- Current level: первое значение I_S , указанное в столбце 1 таблицы 7.6 для первого значения диапазона Current range таблицы 7.6
- Upper voltage limit: 6 V
- Lower voltage limit: -2 V
- Current range: первое значение, указанное в таблице 7.6
- Aperture time: 20ms

7.6.4 Установить на SMU значения Current limit range и Current limit, соответствующие значению диапазона Current range, установленному на канале PPMU модуля. Например, для диапазона 32 mA следует установить на SMU Current limit range / limit равным 100 mA.

7.6.5 Установить на SMU первое значение напряжения U_S , указанное в столбце 2 таблицы 7.6.

7.6.6 Активировать выход SMU.

7.6.7 Выполнить отсчет силы тока SMU, изменить знак отсчета на противоположный и записать инвертированный отсчет I_{SMU} в столбец 3 таблицы 7.6.

7.6.8 Выполнить отсчет силы тока I_{PPMU} на канале PPMU и записать его в столбец 6 таблицы 7.6.

7.6.9 Вычислить значение абсолютной погрешности установки силы тока

$\Delta_S = (I_{SMU} - I_S)$, занести его в столбец 4 таблицы 7.6.

Вычислить значение абсолютной погрешности измерения силы тока

$\Delta_M = (I_{PPMU} - I_{SMU})$, занести его в столбец 7 таблицы 7.6.

7.6.10 Выполнить действия по пунктам 7.6.3 – 7.6.9 для остальных значений первого диапазона Current range канала PPMU, указанных в столбце 1 таблицы 7.6, опуская установки, которые не изменяются.

7.6.11 Выполнить действия по пунктам 7.6.3 – 7.6.10 для остальных значений всех диапазонов Current range канала PPMU, указанных в таблице 7.6, опуская установки, которые не изменяются.

7.6.12 Деактивировать выходы SMU и PPMU.

7.6.13 Отключить канал модуля NI PXIe-6571 от гнезд “HI”, LO” источника-измерителя напряжения и силы тока через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.6.14 Подключить следующий поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 к гнездам “HI”, LO” источника-измерителя напряжения и силы тока через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.6.15 Выполнить действия по пунктам 7.6.3 – 7.6.13 для остальных поверяемых каналов модуля из 0 – 31.

Таблица 7.6 – Погрешность установки и измерения силы тока параметрическими измерителями в режиме источника тока / электронной нагрузки

Установленное PPMU значение I_s	Установленное SMU значение U_s , V	Измеренное SMU значение I_{SMU}	Абсолютная погрешность установки ($I_{SMU} - I_s$)	Пределы допуска погрешности установки	Измеренное PPMU значение I_{PPMU}	Абсолютная погрешность измерения ($I_{PPMU} - I_{SMU}$)	Пределы допуска погрешности измерения
1	2	3	4	5	6	7	8
Current range 32 mA							
-32.00	+5.000			±0.32			±0.32
+32.00	+5.000			±0.32			±0.32
-9.60	-1.000			±0.32			±0.32
-32.00	+1.250			±0.32			±0.32
+32.00	-1.000			±0.32			±0.32
Current range 2 mA							
-2.000	+5.000			±0.020			±0.020
+2.000	+5.000			±0.020			±0.020
-0.600	-1.000			±0.020			±0.020
-2.000	+1.250			±0.020			±0.020
+2.000	-1.000			±0.020			±0.020
Current range 128 µA							
-128.00	+5.000			±1.28			±1.28
+128.00	+5.000			±1.28			±1.28
-38.40	-1.000			±1.28			±1.28
-128.00	+1.250			±1.28			±1.28
+128.00	-1.000			±1.28			±1.28
Current range 32 µA							
-32.00	+5.000			±0.32			±0.32
+32.00	+5.000			±0.32			±0.32
-9.60	-1.000			±0.32			±0.32
-32.00	+1.250			±0.32			±0.32
+32.00	-1.000			±0.32			±0.32
Current range 2 µA							
-2.000	+5.000			±0.020			±0.020
+2.000	+5.000			±0.020			±0.020
-0.600	-1.000			±0.020			±0.020
-2.000	+1.250			±0.020			±0.020
+2.000	-1.000			±0.020			±0.020

7.7 Определение погрешности измерения силы тока и погрешности установки напряжения параметрическими измерителями в режиме источника тока / электронной нагрузки

7.7.1 Подключить поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 к гнездам “HI”, LO” источника-измерителя напряжения и силы тока через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.7.2 Сконфигурировать источник-измеритель напряжения и силы тока (SMU) со следующими установками:

- Source mode: Single point
- Output function: DC Current
- Sense: Local
- Voltage limit range: 6.5 V
- Voltage limit: 6.5 V
- Aperture time: 1 PLC
- Power line frequency: 50Hz
- Current level range: первое значение, указанное в таблице 7.7
- Current level: первое значение $-I_{SMU}$, указанное в столбце 1 таблицы 7.7 для первого значения диапазона Current range таблицы 7.7

Примечание: в столбце 1 таблицы 7.7 указаны значения силы тока $-I_{SMU}$ с учетом того, что отсчеты силы тока I_{PPMU} имеют противоположный знак (например, если на SMU установлено значение +32 mA, то отсчет PPMU будет равен примерно -32 mA).

7.7.3 Вызвать на канале модуля NI PXIe-6571 режим параметрического измерителя (PPMU) и сделать установки:

- Aperture time: 20ms
- Voltage level: первое значение U_S , указанное в столбце 2 таблицы 7.7 для первого значения диапазона PPMU Current range таблицы 7.7
- Current limit range: первое значение, указанное в таблице 7.7

7.7.4 Активировать выход SMU.

7.7.5 Выполнить отсчет силы тока PPMU и записать его в столбец 6 таблицы 7.7.

7.7.6 Выполнить отсчет силы тока I_{PPMU} на канале PPMU и записать его в столбец 3 таблицы 7.7.

7.7.7 Выполнить отсчет напряжения U_{PPMU} на канале PPMU и записать его в столбец 6 таблицы 7.7.

7.7.8 Вычислить значение абсолютной погрешности измерения силы тока

$\Delta_M = (I_{PPMU} - I_{SMU})$, занести его в столбец 4 таблицы 7.7.

Вычислить значение абсолютной погрешности установки напряжения

$\Delta_S = (U_{PPMU} - U_S)$, занести его в столбец 7 таблицы 7.7.

ПРИМЕЧАНИЕ: в столбце 8 таблицы 7.7 значения допуска для абсолютной погрешности установки напряжения указаны с учетом допуска на погрешность измерения напряжения PPMU, равного ± 5 mV.

7.7.9 Выполнить действия по пунктам 7.7.2 – 7.6.8 для остальных значений первого диапазона SMU Current level range / PPMU Current limit range, указанных в столбце 1 таблицы 7.7, опуская установки, которые не изменяются.

7.7.10 Выполнить действия по пунктам 7.7.2 – 7.7.9 для остальных значений всех диапазонов канала SMU Current level range / PPMU Current limit range, указанных в таблице 7.7, опуская установки, которые не изменяются.

7.7.11 Деактивировать выходы SMU и PPMU.

7.7.12 Отключить канал модуля NI PXIe-6571 от гнезд “HI”, LO” источника-измерителя напряжения и силы тока через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.7.13 Подключить следующий поверяемый канал модуля NI PXIe-6571 к гнездам “HI”, LO” источника-измерителя напряжения и силы тока через модуль коммутации NI PXI(e)-2515.

7.7.14 Выполнить действия по пунктам 7.7.2 – 7.7.12 для остальных поверяемых каналов модуля из 0 – 31.

Таблица 7.7 – Погрешность измерения силы тока и погрешность установки напряжения параметрическими измерителями в режиме источника напряжения / электронной нагрузки

Установленное SMU значение $-I_{SMU}$	Установленное PPMU значение U_S , V	Измеренное PPMU значение I_{PPMU}	Абсолютная погрешность измерения ($I_{PPMU} - I_{SMU}$)	Пределы допуска погрешности измерения	Измеренное PPMU значение U_{PPMU} , V	Абсолютная погрешность установки ($U_{PPMU} - U_S$), V	Пределы допуска погрешности установки, V
1	2	3	4	5	6	7	8
SMU Current level range / PPMU Current limit range 32 mA							
0.00	-2.000			± 0.48			± 20
+32.00	+1.250			± 0.32			± 20
-32.00	-2.000			± 0.48			± 20
-32.00	+6.000			± 0.48			± 20
+32.00	+6.000			± 0.48			± 20
SMU Current level range / PPMU Current limit range 2 mA							
0.000	-2.000			± 0.030			± 20
+2.000	+1.250			± 0.020			± 20
-2.000	-2.000			± 0.030			± 20
-2.000	+6.000			± 0.030			± 20
+2.000	+6.000			± 0.030			± 20
SMU Current level range / PPMU Current limit range 128 μ A							
0.00	-2.000			± 1.92			± 20
+128.00	+1.250			± 1.28			± 20
-128.00	-2.000			± 1.92			± 20
-128.00	+6.000			± 1.92			± 20
+128.00	+6.000			± 1.92			± 20
SMU Current level range / PPMU Current limit range 32 μ A							
0.00	-2.000			± 0.48			± 20
+32.00	+1.250			± 0.32			± 20
-32.00	-2.000			± 0.48			± 20
-32.00	+6.000			± 0.48			± 20
+32.00	+6.000			± 0.48			± 20
SMU Current level range / PPMU Current limit range 2 μ A							
0.000	-2.000			± 0.030			± 20
+2.000	+1.250			± 0.020			± 20
-2.000	-2.000			± 0.030			± 20
-2.000	+6.000			± 0.030			± 20
+2.000	+6.000			± 0.030			± 20

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Протокол поверки

По завершении операций поверки оформляется протокол поверки в произвольной форме. В протоколе поверки разрешается привести качественные результаты измерений о соответствии допускаемым значениям без указания измеренных числовых значений величин.

Вместо оформления протокола поверки допускается указать результаты поверки на обратной стороне свидетельства о поверке.

8.2 Свидетельство о поверке и знак поверки

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.