

СОГЛАСОВАНО

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



В.В. Федулов

« 26 » апреля 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Осциллографы цифровые модульные
NI PXIe-5110**

**Методика поверки
NI5110/МП-2021**

**Заместитель руководителя
метрологической лаборатории
АО «АКТИ-Мастер»**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Лисогор'.

А.П. Лисогор

**Москва
2021**

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на осциллографы цифровые модульные NI PXIe-5110, модификации NI PXIe-5110, NI PXIe-5111, NI PXIe-5113 (далее – модули), изготавливаемые компанией “NI Hungary Software and Hardware Manufacturing Limited Liability Company” (Венгрия), и устанавливает методы и средства их поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

1.2 Поверка обеспечивает прослеживаемость модулей к государственным эталонам:

- ГЭТ 13-01 по ГПС для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы;

- ГЭТ 89-2008 по ГПС для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц (приказ Росстандарта от 29.05.2018 г. № 1053).

1.3 Операции поверки по определению метрологических характеристик модулей выполняются методом прямых измерений с использованием эталонного калибратора постоянного напряжения и генератора переменного напряжения.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 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	7	да	да
Подготовка к поверке, проверка программного обеспечения и опробование	8	да	да
Определение погрешности измерения постоянного напряжения	9.1	да	да
Проверка верхней частоты полосы пропускания	9.2	да	да

2.2 По запросу пользователя периодическая поверка может быть проведена для одного из двух измерительных каналов, при этом должна быть сделана соответствующая запись в сведениях (документе) о поверке.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

В соответствии с ГОСТ 8.395-80 и с учетом условий, при которых нормируются метрологические характеристики модулей, а также по условиям применения средств поверки, при проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- температура воздуха в помещении (23 ± 3) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 70 %;
- атмосферное давление от 85 до 107 кПа.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений, и имеющие документ о квалификации в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами в области аккредитации.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Наименование средства поверки	Номер пункта методики	Требуемые метрологические и технические характеристики	Рекомендуемый тип средства поверки, регистрационный номер ФИФ ОЕИ
Эталоны и средства измерений			
Калибратор постоянного напряжения (эталон)	9.1	относительная погрешность воспроизведения постоянного напряжения от 35 мВ до 120 В в пределах $\pm 0,35\%$	Калибратор универсальный 9100 с опцией 600; рег. № 25985-09
Генератор переменного напряжения	9.2	неравномерность АЧХ при синусоидальном напряжении 3 В на частотах от 50 кГц до 500 МГц в пределах $\pm 7\%$	
Вспомогательные технические средства			
Шасси	8, 9	3 слота для контроллера, слот PXIe	NI PXIe-1071
Модуль контроллера	8, 9	шина PXIe; HDD ≥ 40 GB, ОЗУ ≥ 512 MB; интерфейсы USB	NI PXIe-8840
Монитор, клавиатура, манипулятор «мышь»	8, 9	интерфейсы, совместимые с модулем контроллера	-
Программное обеспечение			
Драйвер	8, 9	управление режимами модуля	NI-SCOPE, номер версии 18.6 и выше
Операционная система	8, 9	управление режимами модуля	NI LabWindows, номер версии 2017 и выше

5.2 Эталоны и средства измерений должны быть исправны и поверены.

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

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

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

6.2 Необходимо соблюдать меры предосторожности, изложенные в руководстве по эксплуатации модуля, а также меры безопасности, указанные в руководствах по эксплуатации средств поверки.

6.3 Не допускается:

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

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 При проведении внешнего осмотра проверяются:

- комплектность модуля;
- чистота и исправность разъемов модуля;
- отсутствие механических повреждений модуля.

7.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации поверяемого модуля, его следует направить заявителю поверки (пользователю) для ремонта.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ, ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОПРОБОВАНИЕ

8.1 Перед началом работы следует изучить руководства по эксплуатации модуля и применяемых средств поверки.

8.2 Установить в три левых слота шасси PXIe модуль контроллера.

Присоединить монитор, клавиатуру и мышь к соответствующим разъемам контроллера.

8.3 Выполнить инсталляцию программного обеспечения на контроллер (если это не было сделано ранее) в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации модуля.

8.4 При выключенном питании шасси установить поверяемый модуль в слот PXIe.

В свободные слоты шасси установить фальш-панели.

Выбрать на шасси режим скорости вентилятора HIGH.

8.5 Включить питание шасси с установленным модулем и калибратора 9100.

8.6 Запустить на контроллере программу “Measurement & Automation Explorer”.

В меню “Software” выбрать “NI-SCOPE”.

Убедиться в том, что в окне отображается номер версии программного обеспечения (драйвера), он должен быть не ниже 18.6.

8.7 В меню “Devices & Interfaces” выбрать ярлык с наименованием шасси, и убедиться в том, что в списке устройств отображается наименование поверяемого модуля и его серийный номер.

Запустить процедуру тестирования “Self-Test”. После ее завершения должно появиться сообщение “The self-test completed successfully”.

8.8 После прогрева модуля в течение не менее 30 минут запустить процедуру автоподстройки “Self-Calibrate”. После завершения процедуры автоподстройки должно появиться сообщение “The device was calibrated successfully”.

8.9 Запустить виртуальную панель модуля через меню “Software”, “NI-SCOPE”.

Убедиться в том, что появилась панель, и не выдано сообщений об ошибках.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение погрешности измерения постоянного напряжения

9.1.1 Убедиться в том, что выход калибратора 9100 отключен.

Установить на осциллографическом выходе калибратора 9100 (Aux) режим воспроизведения постоянного напряжения, значение напряжения +36 мВ на нагрузку 1 МОм.

9.1.2 Соединить кабелем BNC из комплекта калибратора выходной разъем опции 600 с входным разъемом канала Channel 0 поверяемого модуля.

9.1.3 Выполнить на канале модуля установки:

Channels: Channel 0 On, Channel 1 Off

Input Impedance: 1 МΩ

Coupling: DC

Position: 0 div

Bandwidth: 20 MHz

Trigger: Immediate

Time Per Division: 100 ms

Measurements: Mean (поставить флажок для данного канала)

9.1.4 Активировать выход калибратора.

Вводить на канале модуля значения коэффициента отклонения (Volts/div) и значения напряжения смещения (Vertical Offset), указанные в столбцах 1 и 2 таблицы 9.1.

Устанавливать на калибраторе значения напряжения, указанные в столбце 3 таблицы 9.1.

Фиксировать измеренные значения напряжения Mean на канале модуля и записывать их в столбец 5 таблицы 9.1.

9.1.5 После измерения на последнем шаге отключить выход калибратора.

9.1.6 Установить на калибраторе значение напряжения +36 мВ на нагрузку 50 Ом.

9.1.7 Установить на канале модуля:

Input Impedance 50 Ω

9.1.8 Выполнить действия по пунктам 9.1.4, 9.1.5 для входного сопротивления 50 Ом.

9.1.9 Удалить измерение Mean данного канала (снять флажок).

9.1.10 Выполнить действия по пунктам 9.1.1 – 9.1.9 для канала Channel 1 поверяемого модуля:

Channels: Channel 0 Off, Channel 1 On

Таблица 9.1 – Погрешность измерения постоянного напряжения

Volts/div (Range Ur)	Vertical Offset Uo	Подаваемое с калибратора напряжение U	Нижний предел допускаемых значений Umin	Измеренное значение Mean на канале модуля	Верхний предел допускаемых значений Umax
1	2	3	4	5	6
Input Impedance 1 MΩ					
10 мВ/дел (0.1 В)	0 В	+36 мВ	+34,08 мВ		+37,92 мВ
	0 В	-36 мВ	-37,92 мВ		-34,08 мВ
	+5 В	+5,036 В	+5,014 В		+5,058 В
	-5 В	-5,036 В	-5,058 В		-5,014 В
20 мВ/дел (0.2 В)	0 В	+72 мВ	+68,36 мВ		+75,64 мВ
	0 В	-72 мВ	-75,64 мВ		-68,36 мВ
	+5 В	+5,072 В	+5,048 В		+5,096 В
	-5 В	-5,072 В	-5,096 В		-5,048 В
50 мВ/дел (0.4 В)	0 В	+180 мВ	+172,2 мВ		+187,8 мВ
	0 В	-180 мВ	-187,8 мВ		-172,2 мВ
	+5 В	+5,18 В	+5,152 В		+5,208 В
	-5 В	-5,18 В	-5,208 В		-5,152 В
100 мВ/дел (1 В)	0 В	+0,36 В	+342,6 мВ		+377,4 мВ
	0 В	-0,36 В	-377,4 мВ		-342,6 мВ
	+20 В	+20,36 В	+20,26 В		+20,46 В
	-20 В	-20,36 В	-20,46 В		-20,26 В
200 мВ/дел (2 В)	0 В	+0,72 В	+685 мВ		+755 мВ
	0 В	-0,72 В	-755 мВ		-685 мВ
	+20 В	+20,72 В	+20,60 В		+20,84 В
	-20 В	-20,72 В	-20,84 В		-20,60 В
500 мВ/дел (4 В)	0 В	+1,8 В	+1,724 В		+1,876 В
	0 В	-1,8 В	-1,876 В		-1,724 В
	+20 В	+21,8 В	+21,64 В		+21,96 В
	-20 В	-21,8 В	-21,96 В		-21,64 В
1 В/дел (10 В)	0 В	+3,6 В	+3,428 В		+3,772 В
	0 В	-3,6 В	-3,772 В		-3,428 В
	+100 В	+103,6 В	+103,03 В		+104,17 В
	-100 В	-103,6 В	-104,17 В		-103,03 В
2 В/дел (20 В)	0 В	+7,2 В	+6,856 В		+7,544 В
	0 В	-7,2 В	-7,544 В		-6,856 В
	+100 В	+107,2 В	+106,45 В		+107,95 В
	-100 В	-107,2 В	-107,95 В		-106,45 В
5 В/дел (40 В)	0 В	+18 В	+17,24 В		+18,76 В
	0 В	-18 В	-18,76 В		-17,24 В
	+100 В	+118 В	+116,14 В		+119,86 В
	-100 В	-118 В	-119,86 В		-116,14 В
Input Impedance 50 Ω					
10 мВ/дел (0.1 В)	0 В	+36 мВ	+34,08 мВ		+37,92 мВ
	0 В	-36 мВ	-37,92 мВ		-34,08 мВ
500 мВ/дел (4 В)	0 В	+1,8 В	+1,724 В		+1,876 В
	0 В	-1,8 В	-1,876 В		-1,724 В

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Измеренные значения напряжения должны находиться в пределах допускаемых значений, указанных в столбцах 4 и 6 таблицы 9.1 (по согласованию с заявителем в протоколе поверки допускается фиксировать качественные результаты измерений).

Нижний предел U_{\min} и верхний предел U_{\max} допускаемых значений рассчитаны на основании формул для пределов $\pm\Delta U$ допускаемой абсолютной погрешности измерения постоянного напряжения, приведенных в описании типа модулей:

$$U_{\min} = U - \Delta U$$

$$U_{\max} = U + \Delta U$$

$$\Delta U = [(0,02 \cdot |U - U_{0l}|) + (0,004 \cdot |U_{0l}|) + (0,01 \cdot U_r) + 0,2 \text{ мВ}]$$

для $R_{in} = 1 \text{ МОм}$, $0,1 \text{ В} \leq U_r \leq 20 \text{ В}$ и $R_{in} = 50 \text{ Ом}$, $0,1 \text{ В} \leq U_r \leq 4 \text{ В}$

$$\Delta U = [(0,02 \cdot |U - U_{0l}|) + (0,011 \cdot |U_{0l}|) + (0,01 \cdot U_r) + 0,2 \text{ мВ}]$$

для $R_{in} = 1 \text{ МОм}$, $U_r = 40 \text{ В}$

R_{in} – входное сопротивление канала модуля (Input Impedance)

U_r – диапазон напряжения полной шкалы (Range)

U_0 – напряжение смещения (Vertical Offset)

U – подаваемое с калибратора напряжение

9.2 Проверка верхней частоты полосы пропускания

9.2.1 Убедиться в том, что выход калибратора 9100 отключен.

Установить на осциллографическом выходе калибратора 9100 (Aux) режим воспроизведения амплитуды переменного напряжения, амплитуду напряжения 2,828 В (пик-пик) на нагрузку 50 Ом, частоту 50 кГц.

9.2.2 Соединить кабелем BNC из комплекта калибратора выходной разъем опции 600 с входным разъемом канала Channel 0 поверяемого модуля.

9.2.3 Выполнить на канале модуля установки:

Channels: Channel 0 On, Channel 1 Off

Input Impedance: 50 Ω

Coupling: DC

Position: 0 div

Volts per division: 500 mV

Bandwidth: 100 MHz для NI PXIe-5110, 350 MHz для NI PXIe-5111, 500 MHz для NI PXIe-5113

Trigger Type: Edge, Auto

Time Per Division: 20 μ s

Measurements: Cycle RMS (поставить флажок для данного канала)

9.2.4 Активировать выход калибратора.

Подстроить амплитуду напряжения так, чтобы измеряемое значение напряжения Cycle RMS на канале модуля было равно $(1,00 \pm 0,01) \text{ В}$.

9.2.5 Не меняя амплитуду напряжения на калибраторе, установить на нем значение верхней частоты полосы пропускания, указанное в последней строке столбца 4 таблицы 9.2.

9.2.6 Установить на канале модуля значение коэффициента развертки (Time Per Division), указанное в последней строке столбца 2 таблицы 9.2.

9.2.7 Зафиксировать измеренное значение напряжения Cycle RMS на канале модуля и записать его в столбец 5 таблицы 9.2.

9.2.8 Удалить измерение Cycle RMS данного канала (снять флажок).

9.2.9 Выполнить действия по пунктам 9.2.1 – 9.2.8 для канала Channel 1 поверяемого модуля:

Channels: Channel 0 Off, Channel 1 On

Таблица 9.2.1 – Проверка верхней частоты полосы пропускания NI PXIe-5110

Volts/div (Range Ur)	Time/Div	Установки на калибраторе		Измеренное значение Cycle RMS, В	Нижний предел допускаемого значения, В
		амплитуда напряжения, В (п-п)	частота		
1	2	3	4	5	6
500 мВ/дел (4 В)	20 мкс/дел	≈2,828	50 кГц	1,00	-
	10 нс/дел		100 МГц		0,707

Таблица 9.2.2 – Проверка верхней частоты полосы пропускания NI PXIe-5111

Volts/div (Range Ur)	Time/Div	Установки на калибраторе		Измеренное значение Cycle RMS, В	Нижний предел допускаемого значения, В
		амплитуда напряжения, В (п-п)	частота		
1	2	3	4	5	6
500 мВ/дел (4 В)	20 мкс/дел	≈2,828	50 кГц	1,00	-
	5 нс/дел		325 МГц		0,707

Таблица 9.2.3 – Проверка верхней частоты полосы пропускания NI PXIe-5113

Volts/div (Range Ur)	Time/Div	Установки на калибраторе		Измеренное значение Cycle RMS, В	Нижний предел допускаемого значения, В
		амплитуда напряжения, В (п-п)	частота		
1	2	3	4	5	6
500 мВ/дел (4 В)	20 мкс/дел	≈2,828	50 кГц	1,00	-
	2 нс/дел		475 МГц		0,707

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Измеренные значения напряжения Cycle RMS на верхней частоте полосы пропускания должны быть не менее нижнего предела допускаемого значения, указанного в столбце 6 таблицы 9.2 (по согласованию с заявителем в протоколе поверки допускается фиксировать качественные результаты измерений).

Нижний предел допускаемого значения соответствует уровню –3 дБ относительно напряжения на частоте 50 кГц, как это указано в описании типа модулей.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты поверки представляются в соответствии с действующими правовыми нормативными документами и передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При положительных результатах по запросу оформляется свидетельство о поверке.

При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, по запросу выдается извещение о непригодности к применению средства измерений с указанием причин непригодности.

Протокол поверки оформляется в произвольной форме (отдельным документом либо на обратной стороне свидетельства о поверке). В протоколе поверки допускается привести качественные результаты измерений с выводами о соответствии поверенного модуля метрологическим требованиям без указания измеренных числовых значений величин.