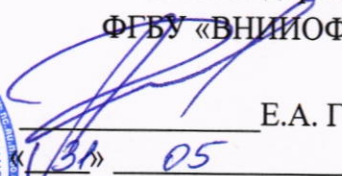


328

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИОФИ»

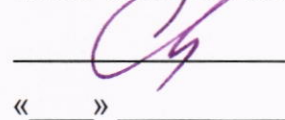



Е.А. Гаврилова
«31» 05 2024 г.

**«ГСИ. Преобразователи импульсного электрического
напряжения измерительные ПИЭНИ-1,0/А10.
Методика поверки»**

МП 010.М12-24

Главный метролог
ФГБУ «ВНИИОФИ»


С.Н. Негода
«___» _____ 2024 г.

Москва 2024

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи импульсного электрического напряжения измерительные ПИЭНИ-1,0/A10, зав.№ 01 и зав.№ 02 и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Преобразователи импульсного электрического напряжения измерительные ПИЭНИ-1,0/A10, зав.№01 и зав.№02 (далее – преобразователи ПИЭНИ-1,0/A10) предназначены для преобразования (ослабления) импульсов электрического напряжения с наносекундной длительностью фронта в коаксиальных трактах.

Принцип действия преобразователей основан на преобразовании (ослаблении) импульсов электрического напряжения с помощью резистивных согласованных элементов, в которых происходит частичное поглощение входной мощности с целью регистрации и измерения их временных и амплитудных значений с помощью осциллографических регистраторов.

1.3 По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 148-2021 в соответствии с «Государственной поверочной схемы для средств измерений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей и высокого импульсного электрического напряжения», утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2021 г. № 3086 и ГЭТ 182-2010 в соответствии с «Государственной поверочной схемы для средств измерений импульсного электрического напряжения», утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. № 3463.

1.4 Поверка преобразователей ПИЭНИ-1,0/A10 выполняется методом прямых измерений.

1.5 Преобразователи ПИЭНИ-1,0/A10 обеспечивают следующие метрологические характеристики:

- максимальное измеряемое значение амплитуды импульсов электрического напряжения: $1,0 \cdot 10^3$ В;
- коэффициент преобразования от $0,9 \cdot 10^{-1}$ до $1,1 \cdot 10^{-1}$ В/В;
- пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования: ± 10 %;
- время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды не более 5,0 нс;
- пределы относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды ± 15 %;

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции первичной и периодической поверок

№ п/п.	Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
		первичной поверке	периодической поверке	
1	Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
2	Подготовка к поверке и опробование средств измерений	Да	Да	8
3	Определение метрологических характеристик средств измерений			9
4	Определение коэффициента преобразования	Да	Да	9.1
5	Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	Да	Нет	9.2
6	Определение максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения	Да	Нет	9.3
7	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
8	Расчет коэффициента преобразования	Да	Да	10.1
9	Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования	Да	Нет	10.2
10	Расчет времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	Да	Нет	10.3
11	Расчет относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	Да	Нет	10.4
12	Расчет максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения	Да	Да	10.5

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении любой операции

поверка прекращается.

2.3 Первичная (периодическая) поверка, проводится на основании письменного заявления владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку, оформленного в произвольной форме, с указанием заводских номеров представляемых изделий.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от 20 до 30;
- относительная влажность воздуха, % не более 70;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104;
- напряжение питания сети, В от 207 до 253;
- частота сети, Гц от 49 до 51.

3.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим, свободным от пыли.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации (РЭ) на преобразователи, правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н, имеющие опыт работы с высокоточными средствами измерений в области измерений электрических величин и прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

4.2 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры воздуха от 20 до 30 °C и пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений температуры ± 1 °C. Средства измерений относительной влажности до 70 % и пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений	Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп», рег. № 32014-06

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<p>относительной влажности $\pm 3 \%$.</p> <p>Средства измерений давления воздуха от 94 до 107 кПа и пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений давления $\pm 0,5$ кПа.</p> <p>Средства измерений напряжение питания сети в диапазоне от 207 до 253 В и относительной погрешностью измерений не более 3 %.</p> <p>Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 49 до 51 Гц и относительной погрешностью измерений не более 3 %</p>	<p>Вольтметр универсальный В7-54/3, рег.№ 15250-12.</p> <p>Вольтметр универсальный В7-54М, рег. №50973-12</p>
п.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	<p>Эталоны единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей не ниже уровня вторичного эталона единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Росстандарта от 01 августа 2023 г. № 1537 с характеристиками (для генератора ступенчатых импульсов напряжения):</p> <p>номинальные значения: амплитуда воспроизводимых импульсов напряжения от 1 до 15 В; длительность фронта воспроизводимых импульсов напряжения между уровнями от 0,1 до 0,9 от амплитуды: 10 нс; длительность воспроизводимых импульсов напряжения по уровню 0,5 от амплитуды: 25 нс; погрешность воспроизведения амплитуды импульсов напряжения от 4,0 до 9,0 %</p>	<p>Государственный вторичный эталон единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей в диапазонах от 0,2 до $1,0 \cdot 10^2$ В/м и от $5,2 \cdot 10^{-4}$ до $2,6 \cdot 10^{-1}$ А/м 2.1.ZZA.0055.2015 (далее – ВЭ)</p>
	<p>Средства измерений (генераторы импульсов напряжения) с диапазоном установки амплитуды на 50-омной нагрузке от 0,1 до 5 В, погрешность установки амплитуды $\pm 3 \%$, длительность фронта выходных импульсов от 1 до 10 нс, длительность выходных импульсов от 50 нс до 100 с</p>	<p>Генератор импульсов Г5-102, рег.№ 39224-08.</p> <p>Генератор импульсов точной амплитуды Г5-75, рег.№ 7767-12</p>

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Средства измерений (осциллографические регистраторы) в диапазоне измерений амплитуды электрического напряжения от 10 мВ до 1 В, полосой пропускания не менее 500 МГц, входным сопротивлением 1 МОм/50 Ом и относительной погрешностью измерений амплитудно-временных значений регистрируемых сигналов $\pm 3 \%$	Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D, рег.№ 19296-00 Осциллограф цифровой Tektronix DPO71604C, рег.№ 48470-11
п.9 Определение метрологических характеристик средства измерений	<p>Эталоны единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей не ниже уровня вторичного эталона единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Росстандарта от 01 августа 2023 г. № 1537 с характеристиками (для генератора ступенчатых импульсов напряжения):</p> <p>номинальные значения: амплитуда воспроизводимых импульсов напряжения от 1 до 15 В; длительность фронта воспроизводимых импульсов напряжения между уровнями от 0,1 до 0,9 от амплитуды: 10 пс; длительность воспроизводимых импульсов напряжения по уровню 0,5 от амплитуды: 25 нс; погрешность воспроизведения амплитуды импульсов напряжения от 4,0 до 9,0 %</p>	Государственный вторичный эталон единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей в диапазонах от 0,2 до $1,0 \cdot 10^2$ В/м и от $5,2 \cdot 10^{-4}$ до $2,6 \cdot 10^{-1}$ А/м 2.1.ZZA.0055.2015
	Эталон единицы импульсного электрического напряжения не ниже уровня рабочего эталона 2-го разряда (осциллографический регистратор) по государственной поверочной схеме утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 30 декабря 2019 г. № 3463 в диапазоне измерений амплитуды электрического напряжения от 10 мВ до 1 В, полосой пропускания не менее 500 МГц, входным сопротивлением 1 МОм/50 Ом и относительной погрешностью измерений амплитудно-временных значений регистрируемых сигналов $\pm 3 \%$	Осциллограф цифровой Tektronix CSA8000B, рег.№ 40566-09. Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D, рег.№ 19296-00

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Средства измерений (генераторы импульсов напряжения) с диапазоном установки амплитуды на 50-омной нагрузке от 0,1 до 5 В, погрешность установки амплитуды $\pm 5\%$, длительность фронта выходных импульсов от 0,5 до 10 нс, длительность выходных импульсов от 50 нс до 100 с	Генератор импульсов Г5-102, рег.№ 39224-08. Генератор импульсов точной амплитуды Г5-75, рег.№ 7767-12
	Средства измерений (осциллографические регистраторы) в диапазоне измерений амплитуды электрического напряжения от 10 мВ до 1 В, полосой пропускания не менее 500 МГц, входным сопротивлением 1 МОм/50 Ом и относительной погрешностью измерений амплитудно-временных значений регистрируемых сигналов $\pm 3\%$	Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D, рег.№ 19296-00 Осциллограф цифровой Tektronix CSA8000B, рег.№ 40566-09. Осциллограф цифровой Tektronix DPO71604C, рег.№ 48470-11
	Испытательное оборудование по ГОСТ Р 8.568-2017 с характеристиками: диапазон воспроизводимых значений амплитуд импульсов высокого напряжения от 0,1 до 10 кВ; диапазон длительностей фронта воспроизводимых импульсов высокого напряжения между уровнями от 0,1 до 0,9 от амплитуды от 0,1 до 10,0 нс; диапазон длительностей воспроизводимых импульсов высокого напряжения на уровне 0,5 от амплитуды от 0,1 до 100 нс; относительная погрешность воспроизведения амплитуды импульсов высокого напряжения не более $\pm 5,0\%$	Испытательный стенд импульсов высокого напряжения ИСИВН-1 по ГОСТ Р 8.568-2017

5.2 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

5.3 Средства измерений, указанные в таблице 2, должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Перед началом поверки необходимо изучить руководство по эксплуатации на преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 и настоящую методику поверки.

6.2 При проведении поверки следует соблюдать требования, установленные правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н. Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

6.3 Система электрического питания приборов должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения.

6.4 При выполнении измерений должны соблюдаться требования, указанные в руководстве по эксплуатации на преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10.

6.5 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Проверяют комплектность преобразователей ПИЭНИ-1,0/А10.

Комплектность преобразователей ПИЭНИ-1,0/А10, зав.№ 01 и зав.№ 02 должна соответствовать таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность средства измерений

Наименование	Обозначение	Количество
Преобразователь импульсного электрического напряжения измерительный в составе:	ПИЭНИ-1,0/А10	1 шт.
Ослабитель	Pearson attenuator model A10	1 шт.
Измерительный кабель	ИК	1 шт.
Руководство по эксплуатации	СНАБ.468165.012 РЭ	1 экз.
Формуляр	СНАБ.468165.012 ФО	1 экз.
Упаковка	—	1 шт.

7.2 Проверяют преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 на отсутствие механических повреждений и ослаблений элементов конструкции.

7.3 Преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 признаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если не обнаружены несоответствия комплектности, механические повреждения, ослабления элементов конструкции, неисправности разъемов.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Проверьте наличие средств поверки по таблице 2, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

Проверить условия проведения поверки при помощи измерителя параметров микроклимата «Метеоскоп» и вольтметра В7-54М.

8.2 Используемые средства поверки разместить, заземлить и соединить в соответствии с требованиями их технической документации.

8.3 Подготовку, соединение, включение и прогрев преобразователей ПИЭНИ-1,0/А10 и средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке произведите в соответствии с эксплуатационной документацией на указанные средства.

8.4 При опробовании преобразователей ПИЭНИ-1,0/А10 оценивают их работоспособность с целью выявления внутренних скрытых дефектов, возникших при транспортировании или эксплуатации и препятствующих дальнейшей эксплуатации.

8.5 Подключают выход генератора импульсов напряжения TMG1010 из состава ВЭ с помощью 50-омного коаксиального кабеля ко входному соединителю BNC преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 (см. рисунок 1). Соединяют выходной соединитель BNC преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 с помощью измерительного кабеля ИК из состава преобразователя со входом цифрового осциллографа Tektronix. Устанавливают амплитуду выходных импульсов напряжения генератора $U_{\text{ген}} = 1,0$ В. Устанавливают входное сопротивление на осциллографе 50 Ом.

8.6 Воспроизводят импульсы напряжения на выходе генератора TMG1010 из состава ВЭ и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульса напряжения на выходе преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10. По полученной осциллограмме (см. рисунок 2) при помощи маркеров осциллографа определяют среднее значение амплитуды $V_{\text{ср.опр}}$, В, зарегистрированного импульса.

Примечание – Для воспроизведения импульсов напряжения могут использоваться также генераторы импульсов Г5-102 или Г5-75.

8.7 По формуле (1) вычисляют значение коэффициента преобразования $K_{\text{пр.опр}}$, В/В, преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 (нагрузка 50 Ом)

$$K_{\text{пр.опр}} = V_{\text{ср.опр}} / U_{\text{ген}}. \quad (1)$$

8.8 Преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 признаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если значение коэффициента преобразования $K_{\text{пр.опр}}$, В/В, для каждого преобразователя составляет от $0,9 \cdot 10^{-1}$ до $1,1 \cdot 10^{-1}$ В/В (на нагрузке 50 Ом).

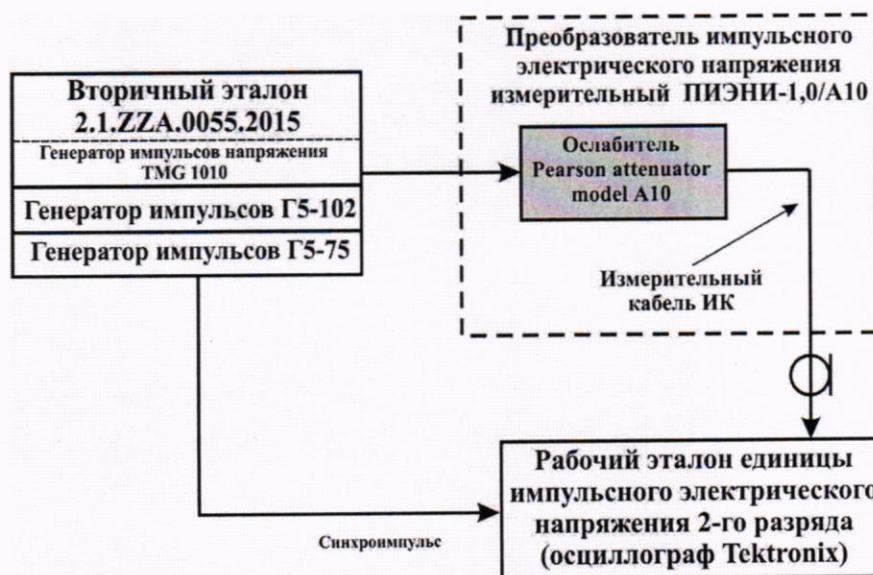


Рисунок 1 – Схема соединений при проведении опробования преобразователей и проверки его метрологических характеристик

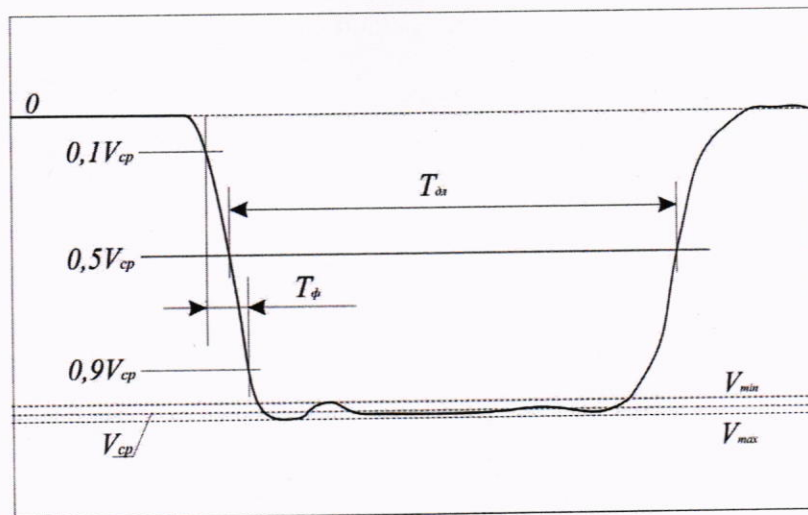


Рисунок 2 – Эпюра напряжения на выходе преобразователя при определении метрологических характеристик

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение коэффициента преобразования

9.1.1 Проводят работы по 8.5, воспроизводят импульсы напряжения на выходе используемого генератора TMG1010 (Г5-102, Г5-75) с амплитудой $U_{ген}$, В, порядка 1,0 В и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульсов напряжения на выходе преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 (см. рисунок 2).

9.1.2 По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа на вершине импульса измеряют две величины:

- V_{max} , В – соответствующую максимальному значению амплитуды, В;
- V_{min} , В – соответствующую минимальному значению амплитуды, В.

9.1.3 Измерения по 9.1.2 производят последовательно 10 раз ($n = 10$).

9.1.4 Полученные результаты занести в протокол поверки, форма которого приведена в приложении А.

9.2 Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

9.2.1 Проводят работы по 8.5, используя схему соединений в соответствии с рисунком 1. Воспроизводят импульсы напряжения на выходе генератора TMG1010 из состава ВЭ 2.1.ZZA.0055.2015 и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульса напряжения на выходе преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10. По полученной осциллограмме (см. рисунок 2) при помощи маркеров осциллографа определяют длительность фронта $T_{ф_i}$, с, $i=1$, зарегистрированных импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя.

Примечание – Для воспроизведения импульсов напряжения может использоваться также генератор импульсов Г5-102.

9.2.2 Работы по 9.2.1 последовательно проводят десять раз и определяют для каждого измерения длительность фронта $T_{ф_i}$, с, $i=1...10$ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10.

9.2.3 Полученные результаты занести в протокол поверки, форма которого приведена в приложении А.

9.3 Определение максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения

9.3.1 Подключают импульсный выход высоковольтного полупроводникового генератора ступенчатых импульсов PPG-2,5S из состава испытательного стенда импульсов высокого напряжения ИСИВН-1 с помощью высоковольтного соединительного кабеля в соответствии с рисунком 3 ко входному соединителю BNC преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 (см. рисунок 3). Соединяют выходной соединитель BNC преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 с помощью измерительного кабеля ИК из состава преобразователя со входом цифрового осциллографа Tektronix, при этом используют высоковольтные высокочастотные ослабители сигналов из состава ИСИВН-1 с коэффициентом ослабления $K_{ос.ВВ}$, В/В порядка 100 В/В. Устанавливают амплитуду выходных импульсов напряжения генератора $U_{ген. PPG-2,5S}$, В, порядка 1,0 кВ, а длительность $T_{ген. PPG-2,5S}$, В, порядка 30 нс. Устанавливают входное сопротивление на осциллографе 50 Ом.

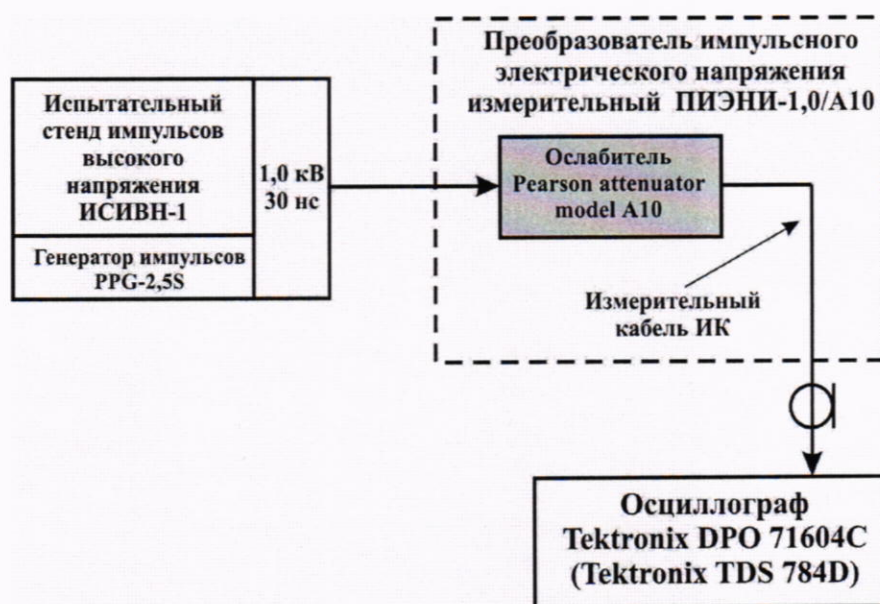


Рисунок 3 – Схема соединений при определении максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения

9.3.2 Воспроизводят импульсы напряжения с генератора PPG-2,5S и обеспечивают регистрацию импульсов напряжения на выходе преобразователя (см. рисунок 2) с помощью осциллографа Tektronix.

9.3.3 По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа на вершине импульса измеряют две величины:

- $V_{max.амп.1кВ}$ – соответствующую максимальному значению амплитуды, В;
- $V_{min.амп.1кВ}$ – соответствующую минимальному значению амплитуды, В.

9.3.4 Измерения по 9.3.2 – 9.3.3 производят последовательно $n = 10$ раз.

9.3.5 Полученные результаты занести в протокол поверки, форма которого приведена в приложении А.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Расчет коэффициента преобразования

10.1.1 Используя измеренные значения по 9.1.1 – 9.1.3, вычисляют средние арифметические значения \bar{V}_{\max} , В, и \bar{V}_{\min} , В, на нагрузке 50 Ом по формулам

$$\bar{V}_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{\max_i}, \quad (2)$$

$$\bar{V}_{\min} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{\min_i}, \quad (3)$$

где V_{\max_i} – i -е измерение напряжения V_{\max} , В;

V_{\min_i} – i -е измерение напряжения V_{\min} , В.

Погрешность, обусловленную неравномерностью вершины импульса на выходе преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 $\Theta_{\text{нер.вер}}$, % (отклонение амплитуды импульса от среднего уровня), определяют по формуле

$$\Theta_{\text{нер.вер}} = (\bar{V}_{\max} - \bar{V}_{\min}) / (\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min}). \quad (4)$$

Значение коэффициента преобразования $K_{\text{пр}}$, В/В, на нагрузке 50 Ом определяют по формуле

$$K_{\text{пр}} = (\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min}) / (2 \cdot U_{\text{ген}}). \quad (5)$$

10.1.2 Преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 признаются прошедшими операции поверки по 9.1, 10.1 с положительным результатом, если значение коэффициента преобразования составляет от $0,9 \cdot 10^{-1}$ до $1,1 \cdot 10^{-1}$ В/В (на нагрузке 50 Ом).

10.2 Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования

10.2.1 Используя полученные значения по 10.1.1, вычисляют средние квадратические отклонения среднего арифметического (СКО) $S(\bar{V}_{\max})$ и $S(\bar{V}_{\min})$, %, измерений максимального V_{\max} , В, и минимального V_{\min} , В, значений напряжения на выходе преобразователя на нагрузке 50 Ом и получают оценку СКО коэффициента преобразования $S(K_{\text{пр}})$, %, по формулам

$$S(\bar{V}_{\max}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{\max_i} - \bar{V}_{\max})^2}{n(n-1)}} \cdot \frac{100\%}{\bar{V}_{\max}}, \quad (6)$$

$$S(\bar{V}_{\min}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{\min_i} - \bar{V}_{\min})^2}{n(n-1)}} \cdot \frac{100\%}{\bar{V}_{\min}} \quad (7)$$

$$S(K_{\text{пр}}) = \sqrt{S(\bar{V}_{\min})^2 + S(\bar{V}_{\max})^2}. \quad (8)$$

Доверительные границы случайной погрешности измерений коэффициента преобразования (без учета знака), $\varepsilon_{Kпр}$, %, при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 10$ находят по формуле

$$\varepsilon_{Kпр} = 2,262 \cdot S(K_{пр}) \quad (9)$$

10.2.2 Доверительные границы неисклученной систематической составляющей погрешности коэффициента преобразования $\Theta_{Kпр}$, %, при доверительной вероятности $P = 0,95$ и поправочном коэффициенте $k = 1,1$ при работе на нагрузку 50 Ом определяют по формуле

$$\Theta_{Kпр} = 1,1 \cdot (\Theta_{V_{ген}}^2 + \Theta_{V_{max}}^2 + \Theta_{V_{min}}^2 + \Theta_{нер.вер}^2)^{1/2}, \quad (10)$$

где $\Theta_{V_{ген}}$ – относительная погрешность установки амплитуды импульсов напряжения на выходе используемого генератора ступенчатых импульсов напряжения TMG1010 (Г5-102, Г5-75 в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

$\Theta_{V_{max}}$ – относительная погрешность используемого осциллографа Tektronix при определении максимальной амплитуды V_{max} , В, импульсов напряжения на выходе преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 (в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

$\Theta_{V_{min}}$ – относительная погрешность используемого осциллографа Tektronix при определении минимальной амплитуды V_{min} , В, импульсов напряжения на выходе преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 (в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

$\Theta_{нер.вер}$ – погрешность, обусловленная неравномерностью вершины импульса на выходе преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 (отклонение амплитуды импульса от среднего уровня), рассчитанная в соответствии с формулой (4), %.

10.2.3 Доверительные границы $\delta_{Kпр}$, %, относительной погрешности коэффициента преобразования преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 вычисляют по полученным значениям случайной и неисклученной систематической погрешности в соответствии с ГОСТ 8.736-2011 по формуле

$$\delta_{Kпр} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (11)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и неисклученной систематической погрешности;

S_{Σ} – суммарное среднее квадратическое отклонение измерения коэффициента преобразования, определяемое по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S(K_{пр})^2}, \quad (12)$$

где S_{Θ} – СКО неисклученной систематической погрешности измерений коэффициента преобразования, вычисляемое по формуле

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{Kпр}}{1,1\sqrt{3}}. \quad (13)$$

Коэффициент K вычисляют по формуле

$$K = \frac{\varepsilon_{\text{кпр}} + \theta_{\text{кпр}}}{S(K_{\text{пр}}) + S_{\theta}}. \quad (14)$$

10.2.4 Преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 признаются прошедшими операции поверки по 9.1, 10.2 с положительным результатом, если относительная погрешность коэффициента преобразования не превышает установленных пределов $\pm 10 \%$.

10.3 Расчет времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

10.3.1 Используя измеренные значения по 9.2, время нарастания переходной характеристики $T_{\text{н.ПХ},i}$, с, $i=1...10$, преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, вычисляют по формуле

$$T_{\text{н.ПХ},i} = \sqrt{T_{\phi,i}^2 - T_{\text{фр.ген}}^2 - T_{\text{н.ПХ.осц}}^2}, \quad (15)$$

где $T_{\phi,i}$ – зарегистрированное значение длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10, $i=1...10$, с;

$T_{\text{фр.ген}}$ – длительность фронта воспроизводимых импульсов напряжения между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе используемого генератора ступенчатых импульсов напряжения ТМГ1010 (Г5-102, в соответствии с технической документацией на средство измерений), с;

$T_{\text{н.ПХ.осц}}$ – время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды используемого осциллографа Tektronix (в соответствии с технической документацией на соответствующее средство измерений), с.

10.3.2 Вычисляют среднее арифметическое значение времени нарастания переходной характеристики, $\bar{T}_{\text{н.ПХ}}$, с, между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды по формуле

$$\bar{T}_{\text{н.ПХ}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{\text{н.ПХ},i}, \quad (16)$$

где $T_{\text{н.ПХ},i}$ – i – тый результат измерений, с;

n – количество измерений.

10.3.3 Преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 признаются прошедшими операции поверки по 9.2, 10.3 с положительным результатом, если время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды не превышает 5,0 нс.

10.4 Расчет относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

10.4.1 Доверительные границы $\Theta_{\text{н.ПХ}}$, %, относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики преобразователей между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды при доверительной вероятности $P = 0,95$ (без учета знака) определяют по формуле

$$\theta_{н.ПХ} = 1,1 \sqrt{\theta_{фр.ген}^2 + \theta_{осц.V.вн}^2 + \theta_{осц.T.вн}^2} \quad (17)$$

где $\theta_{фр.ген}$ – относительная погрешность воспроизведения длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе используемого генератора ступенчатых импульсов напряжения TMG1010 (Г5-102, в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

$\theta_{осц.V.вн}$ – относительная погрешность используемого осциллографа Tektronix при определении амплитуды импульсов напряжения в установившемся режиме на выходе преобразователя (в соответствии с технической документацией на соответствующее средство измерений), %;

$\theta_{осц.T.вн}$ – относительная погрешность используемого осциллографа Tektronix при определении длительности фронта импульса между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя (в соответствии с технической документацией на соответствующее средство измерений), %.

10.4.2 Преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 признаются прошедшими операции поверки по 9.2, 10.4 с положительным результатом, если относительная погрешность измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды не превышает установленных пределов ± 15 %.

10.5 Расчет максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения

10.5.1 Используя измеренные по 9.3 значения $V_{max.амп.1кВ}$, В, и $V_{min.амп.1кВ}$, В, аналогично по формулам (2) и (3) вычисляют средние арифметические значения $\bar{V}_{max.амп.1кВ}$, В, и $\bar{V}_{min.амп.1кВ}$, В.

10.5.2 Значение коэффициента преобразования $K_{пр.1кВ}$, В/В, преобразователя ПИЭНИ-1,0/А10 при амплитуде входных импульсов напряжения $U_{ген.PPG-2,5S} = 1,0$ кВ и длительности 30 нс определяют по формуле

$$K_{пр.1кВ} = [(\bar{V}_{max.амп.1кВ} + \bar{V}_{min.амп.1кВ}) \cdot K_{ос.ВВ}] / 2 \cdot U_{ген.PPG-2,5S}, \quad (18)$$

где $K_{ос.ВВ}$ – коэффициент ослабления используемых высоковольтных ослабителей сигналов из состава ИСИВН-1, В/В.

10.5.3 Рассчитывают относительную погрешность $\theta_{K_{пр.отк.1кВ}}$, %, отклонения значения коэффициента преобразования $K_{пр.1кВ}$, В/В, от значения $K_{пр}$, В/В, (без учета знака) по формуле

$$\theta_{K_{пр.отк.1кВ}} = (1 - (K_{пр.1кВ} / K_{пр})) \cdot 100 \%. \quad (19)$$

10.5.4 Преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 признаются прошедшими операции поверки по 9.3, 10.5 с положительным результатом и максимальное измеряемое значение амплитуды импульсов электрического напряжения принимается равным 1 кВ (при максимальной допустимой длительности импульсов электрического напряжения по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды: 30 нс), если относительная погрешность $\theta_{K_{пр.отк.1кВ}}$, %, отклонения значения коэффициента преобразования $K_{пр.1кВ}$, В/В, от значения $K_{пр}$, В/В, не

превышает, рассчитанных по 4.9.3 доверительных границ $\delta_{кр}$, %, относительной погрешности коэффициента преобразования преобразователей и в процессе нагружения импульсами высокого напряжения не наблюдалось наличия электрических пробоев по высоковольтным частям преобразователей и пробоев на «землю», а на зафиксированных осциллограммах наблюдалась стабильная форма регистрируемых испытательных импульсов.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

11.2 Преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 считаются прошедшими поверку с положительным результатом и допускаются к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае преобразователи ПИЭНИ-1,0/А10 считаются прошедшими поверку с отрицательным результатом и не допускаются к применению.

11.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утвержденными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

11.4 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.5 Сведения о результатах поверки (как положительных, так и отрицательных) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник лаборатории
ФГБУ «ВНИИОФИ»

Ведущий научный сотрудник
ФГБУ «ВНИИОФИ»

К.Ю. Сахаров

О.В. Михеев

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ/ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ № _____

(наименование, тип СИ и модификация в соответствии с описанием типа, в единственном числе, регистрационный номер)

Заводской номер: _____ Год выпуска: _____

Изготовитель: _____

Владелец СИ: _____

Применяемые средства поверки: _____

Применяемая методика поверки: ГСИ. Преобразователи импульсного электрического
напряжения измерительные ПИЭНИ-1,0/А10.
Методика поверки» МП 010.М12-24.

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха _____ °С;
- относительная влажность воздуха _____ %;
- атмосферное давление _____ кПа;
- напряжение питания сети _____ В;
- частота сети _____ Гц.

Место проведения поверки: _____

Проведение поверки

1 Внешний осмотр

Соответствует/не соответствует п. XX методики поверки (при несоответствии перечисляют все несоответствия).

2 Опробование

Соответствует/не соответствует п. XX методики поверки (при несоответствии перечисляют все несоответствия).

3 Идентификация программного обеспечения (при наличии)

Указывается идентификационный номер.

4 Определение метрологических характеристик

Описывают все процедуры определения метрологических характеристик, измеренные величины, расчет погрешности.

5 Заключение по результатам поверки

По результатам поверки средство измерений соответствует/не соответствует метрологическим характеристикам, указанным в описании типа средства измерений, и признается пригодным/не пригодным к применению.

Средство измерений соответствует уровню N-го разряда по ГПС _____, утвержденной приказом Росстандарта (ГОСТ _____) от _____ № _____.

Поверитель: _____

подпись

Фамилия И.О.

Дата поверки: _____

Руководитель
подразделения: _____

подпись

Фамилия И.О.