

3208

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора  
ФГБУ «ВНИИОФИ»

Е.А. Гаврилова

2024 г.



**«ГСИ. Преобразователи силы импульсного тока  
измерительные индукционные ПСИТИ-200/1423.  
Методика поверки»**

**МП 011.М12-24**

Главный метролог  
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

«\_\_\_» 2024 г.

Москва 2024

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи силы импульсного тока измерительные индукционные ПСИТИ-200/1423, зав.№01 и зав.№02 и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Преобразователи силы импульсного тока измерительные индукционные ПСИТИ-200/1423, зав.№01 и зав.№02 (далее – преобразователи ПСИТИ-200/1423) предназначены для бесконтактных измерений амплитудно-временных параметров импульсов силы тока (в том числе молниевых разрядов) с микросекундной длительностью фронта.

Принцип действия преобразователей ПСИТИ-200/1423 основан на преобразовании формы импульсов силы тока с помощью бесконтактного трансформатора тока, первичную обмотку которого образует окружающий токосъемником провод, а вторичная обмотка является измерительной обмоткой, в импульсы напряжения с целью регистрации и измерения их временных и амплитудных значений с помощью осциллографического регистратора.

1.3 По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 202-2024 в соответствии с ГОСТ 8.644-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений силы импульсного тока молниевого разряда в диапазоне от 1 до 100 кА» и ГЭТ 182-2010 в соответствии с «Государственной поверочной схемы для средств измерений импульсного электрического напряжения» (далее - ГПС), утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 30 декабря 2019 г. № 3463.

1.4 Проверка преобразователей ПСИТИ-200/1423 выполняется методом прямых измерений.

1.5 Преобразователи ПСИТИ-200/1423 обеспечивают следующие метрологические характеристики:

- диапазон измеряемых значений амплитуды импульсов силы тока от  $1,0 \cdot 10^2$  до  $2,0 \cdot 10^5$  А;
- коэффициент преобразования (на нагрузке 50 Ом) от  $4,5 \cdot 10^{-4}$  до  $5,5 \cdot 10^{-4}$  В/А;
- пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования:  $\pm 10\%$ ;
- время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды не более 0,5 мкс;
- пределы допускаемой относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды:  $\pm 15\%$ ;
- постоянная времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока не менее 250 мс;
- пределы допускаемой относительной погрешности измерений постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока:  $\pm 15\%$ .

## 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 проверки, в соответствии с которым выполняется операция проверки
		первичной проверке	периодической проверке	
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 постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока	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 постоянной времени спада переходной характеристики по уровню	Да	Нет	10.5

№ п/п.	Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики проверки, в соответствии с которым выполняется операция проверки
		первой проверке	периодической проверке	
	0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока			
13	Расчет относительной погрешности измерений постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока	Да	Нет	10.6
14	Определение диапазона измеряемых значений амплитуды импульсов силы тока	Да	Нет	10.7

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 соблюдаются следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 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 РФ 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	<p>Средства измерений температуры воздуха от 20 °C до 30 °C и пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений температуры ± 1 °C.</p> <p>Средства измерений относительной влажности до 70 % и пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности ± 3 %.</p> <p>Средства измерений давления воздуха от 94 до 107 кПа и пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений давления ± 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>Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп», рег. №32014-06</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	Эталоны единицы силы импульсного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к вторичным эталонам по ГОСТ 8.644-2014 с максимальной воспроизводимой амплитудой силы импульсного тока $1,0 \cdot 10^5$ А, временем нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения не более 25 нс; длительностью переходной характеристики на уровне 0,5 от установившегося значения при номинальном значении силы импульсного тока, не менее 10 с	Государственный вторичный этalon единицы силы импульсного тока на основе резистивного измерительного преобразователя в диапазоне от 1,0 до $1,0 \cdot 10^5$ А 2.1.ZZA.0058.2015

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения проверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
		(далее – ВЭ)
п.9 Определение метрологических характеристик средства измерений	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 ± 3 %	Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D, рег.№ 19296-00 Осциллограф цифровой Tektronix DPO71604C, рег.№ 48470-11
	Эталоны единицы силы импульсного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к вторичным эталонам по ГОСТ 8.644-2014 с максимальной воспроизводимой амплитудой силы импульсного тока $1,0 \cdot 10^5$ А, временем нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения не более 25 нс; длительностью переходной характеристики на уровне 0,5 от установившегося значения при номинальном значении силы импульсного тока, не менее 10 с	Государственный вторичный эталон единицы силы импульсного тока на основе резистивного измерительного преобразователя в диапазоне от 1,0 до $1,0 \cdot 10^5$ А 2.1.ZZA.0058.2015
	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 ± 3 %	Осциллограф цифровой Tektronix CSA8000B, рег.№ 40566-09. Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D, рег.№ 19296-00
	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 ± 3 %	Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D, рег.№ 19296-00 Осциллограф цифровой Tektronix CSA8000B, рег.№ 40566-09.

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
		Осциллограф цифровой Tektronix DPO71604C, рег.№ 48470-11

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 (проверены) в установленном порядке.

## 6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Перед началом поверки необходимо изучить руководство по эксплуатации на преобразователи ПСИТИ-200/1423 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 РФ 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 ПСИТИ-200/1423.

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 ПСИТИ-200/1423.

Комплектность преобразователей ПСИТИ-200/1423, зав.№01 и зав.№02 должна соответствовать таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность средства измерений

Наименование	Обозначение	Количество
Преобразователь силы импульсного тока измерительный индукционный в составе: Токосъемник	ПСИТИ-200/1423  Pearson current monitor model 1423	1 шт.  1 шт.
Измерительный кабель	ИК	1 шт.
Руководство по эксплуатации	СНАБ.411181.005 РЭ	1 экз.
Формуляр	СНАБ.411181.005 ФО	1 экз.
Упаковка	–	1 шт.

7.2 Проверяют преобразователи ПСИТИ-200/1423 на отсутствие механических повреждений и ослаблений элементов конструкции.

7.3 Преобразователи ПСИТИ-200/1423 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 ПСИТИ-200/1423 и средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке произведите в соответствии с эксплуатационной документацией на указанные средства.

8.4 При опробовании преобразователей ПСИТИ-200/1423 оценивают их работоспособность с целью выявления внутренних скрытых дефектов, возникших при транспортировании или эксплуатации и препятствующих дальнейшей эксплуатации.

8.5 Располагают токопровод измерительного преобразователя силы импульсного тока КПТ из состава ВЭ таким образом, чтобы он проходил во внутреннем диаметре измерительного отверстия токосъемника (см. рисунок 1) поверяемого преобразователя ПСИТИ-200/1423.

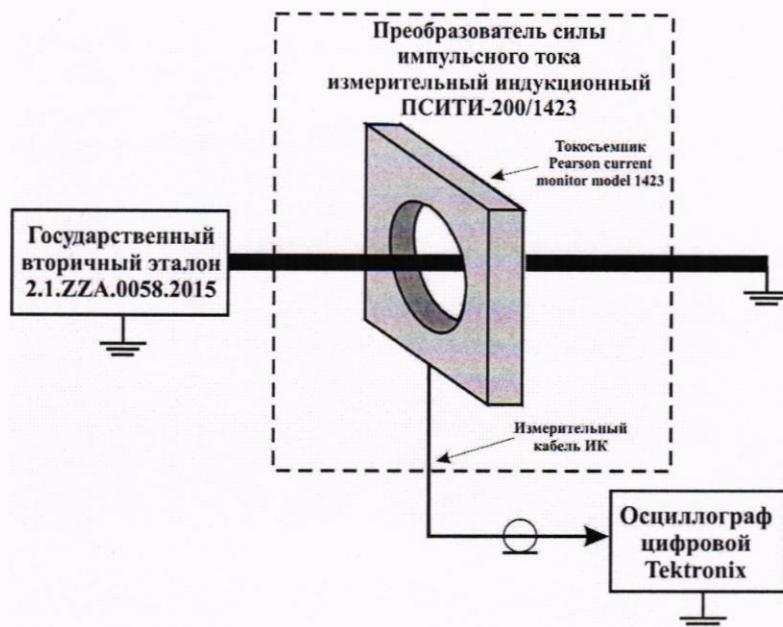


Рисунок 1 – Схема соединений при проведении опробования преобразователей и проверки его метрологических характеристик

Соединяют выходной разъем индукционного токосъемника с помощью измерительного кабеля ИК из состава преобразователя ПСИТИ-200/1423 с входом цифрового

осциллографа Tektronix. Устанавливают входное сопротивление на осциллографе 50 Ом. Подготавливают преобразователь ПСИТИ-200/1423 к регистрации импульсов силы тока в соответствии с его РЭ.

8.6 Воспроизводят импульс силы тока с помощью ВЭ с амплитудой  $I_{ВЭ.опр}$ , А, порядка 100 А и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульса напряжения на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423. По полученной осциллограмме (см. рисунок 2) при помощи маркеров осциллографа определяют среднее значение амплитуды  $V_{cp.opr}$ , В, зарегистрированного импульса.

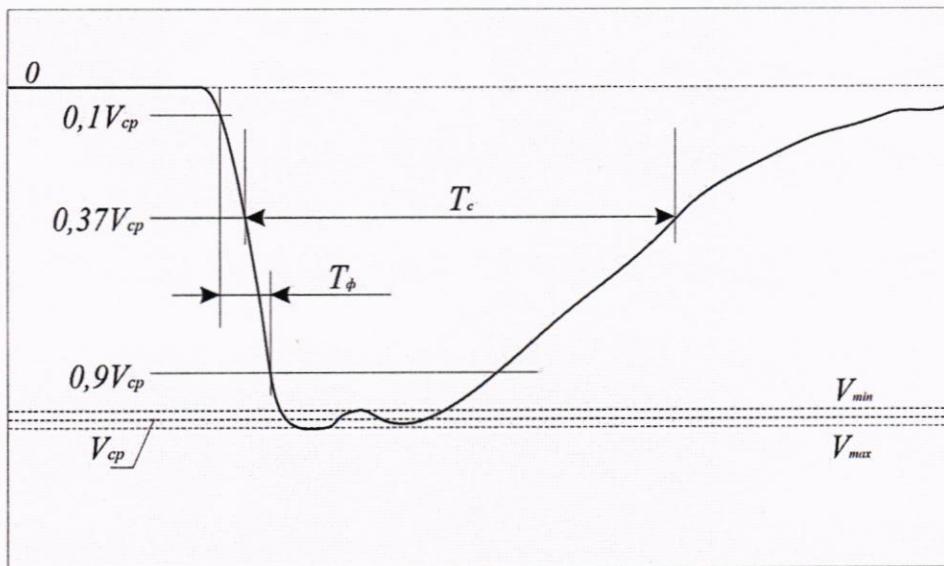


Рисунок 2 – Эпюра напряжения на выходе преобразователя при определении метрологических характеристик

8.7 По формуле (1) вычисляют значение коэффициента преобразования  $K_{пр.опр}$ , В/А, преобразователя ПСИТИ-200/1423 (нагрузка 50 Ом)

$$K_{пр.опр} = V_{cp.opr} / I_{ВЭ.опр}. \quad (1)$$

8.8 Преобразователи ПСИТИ-200/1423 признаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если значение коэффициента преобразования  $K_{пр.опр}$ , В/А, для каждого преобразователя составляет от  $4,5 \cdot 10^{-4}$  до  $5,5 \cdot 10^{-4}$  В/А (на нагрузке 50 Ом).

## 9 Определение метрологических характеристик средства измерений

### 9.1 Определение коэффициента преобразования

9.1.1 Проводят работы по 8.5, воспроизводят импульс силы тока на выходе ВЭ с амплитудой  $I_{ВЭ}$ , А, порядка 100 А и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульсов напряжения на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423 (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 импульс силы тока на выходе ВЭ с амплитудой порядка 100 А и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульсов напряжения на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423. По полученной осциллограмме (см. рисунок 2) при помощи маркеров осциллографа определяют длительность фронта  $T_{\phi_i}$ , с,  $i=1$ , зарегистрированных импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя.

9.2.2 Работы по 9.2.1 последовательно проводят десять раз и определяют для каждого измерения длительность фронта  $T_{\phi_i}$ , с,  $i=1\dots 10$  между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423.

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

## **9.3 Определение постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока**

9.3.1 Проводят работы по 8.5, используя схему соединений в соответствии с рисунком 1. Воспроизводят импульс силы тока на выходе ВЭ с амплитудой порядка 100 А, длительностью  $T_{дл.ВЭ}$ , с, по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды порядка 1 с и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульсов напряжения на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423. По полученной осциллограмме (см. рисунок 2) при помощи маркеров осциллографа определяют постоянную времени спада  $T_{c_i}$ , с, зарегистрированных импульсов по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды.

9.3.2 Работы по 9.3.1 последовательно проводят десять раз и определяют для каждого измерения постоянную времени спада  $T_{c_i}$ , с,  $i=1\dots 10$  зарегистрированных импульсов по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423.

9.3.3 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 ПСИТИ-200/1423  $\Theta_{\text{нер.вер.}}$ , % (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/А, на нагрузке 50 Ом определяют по формуле

$$K_{\text{пр.}} = (\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min}) / (2 \cdot I_{B3}). \quad (5)$$

10.1.2 Преобразователи ПСИТИ-200/1423 признаются прошедшими операции поверки по 9.1, 10.1 с положительным результатом, если значение коэффициента преобразования составляет от  $4,5 \cdot 10^{-4}$  до  $5,5 \cdot 10^{-4}$  В/А (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),  $\varepsilon_{K_{\text{пр.}}}$ , %, при доверительной вероятности  $P = 0,95$  и  $n = 10$  находят по формуле

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

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

$$\Theta_{K_{\text{пр.}}} = 1,1 \cdot (\Theta_{B3}^2 + \Theta_{V_{\max}}^2 + \Theta_{V_{\min}}^2 + \Theta_{\text{нер.вер.}}^2)^{1/2}, \quad (10)$$

где  $\Theta_{B\dot{E}}$  – относительная погрешность воспроизведения амплитуды импульсов силы тока на выходе ВЭ (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 ПСИТИ-200/1423 (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 ПСИТИ-200/1423 (в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;  
 $\Theta_{неп.вер}$  – погрешность, обусловленная неравномерностью вершины импульса на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423 (отклонение амплитуды импульса от среднего уровня), рассчитанная в соответствии с формулой (4), %.

10.2.3 Доверительные границы  $\delta_{K_{np}}$ , %, относительной погрешности коэффициента преобразования преобразователя ПСИТИ-200/1423 вычисляют по полученным значениям случайной и неисключенной систематической погрешности в соответствии с ГОСТ 8.736-2011 по формуле

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

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

$S_{\Sigma}$  – суммарное среднее квадратическое отклонение измерения коэффициента преобразования, определяемое по формуле

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

где  $S_{\theta}$  - СКО неисключенной систематической погрешности измерений коэффициента преобразования, вычисляемое по формуле

$$S_{\theta} = \frac{\theta_{K_{np}}}{1,1\sqrt{3}}. \quad (13)$$

Коэффициент  $K$  вычисляют по формуле

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

10.2.4 Преобразователи ПСИТИ-200/1423 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  $T_{n.PX.i}$ , с,  $i=1\dots 10$ , преобразователя ПСИТИ-200/1423 между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, вычисляют по формуле

$$T_{n.PX.i} = \sqrt{T_{\phi\_i}^2 - T_{\phi.p.BЭ}^2 - T_{n.PX.osу}^2}, \quad (15)$$

где  $T_{\phi\_i}$  – зарегистрированное значение длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423,  $i=1\dots10$ , с;

$T_{\phi.p.BЭ}$  – длительность фронта воспроизведенных импульсов силы тока на выходе ВЭ (в соответствии с технической документацией на средство измерений), с;

$T_{n.PX.osу}$  – 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,  $\bar{T}_{n.PX}$ , с, между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды по формуле

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

где  $T_{n.PX.i}$  –  $i$ -ый результат измерений, с;

$n$  – количество измерений.

10.3.3 Преобразователи ПСИТИ-200/1423 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 0,5 мкс.

#### 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  $\Theta_{n.PX}$ , %, 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

$$\Theta_{n.PX} = 1,1 \sqrt{\Theta_{\phi.p.BЭ}^2 + \Theta_{osу.V.bn}^2 + \Theta_{osу.T.bn}^2}, \quad (17)$$

где  $\Theta_{\phi.p.BЭ}$  – относительная погрешность воспроизведения длительности фронта импульсов на выходе ВЭ (в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

$\Theta_{osу.V.bn}$  – 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), %;

$\Theta_{osу.T.bn}$  – 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 ПСИТИ-200/1423 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  $\pm 15\%$ .

**10.5 Расчет постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока**

10.5.1 Используя измеренные значения по 9.3, вычисляют среднее арифметическое значение постоянной времени спада  $\bar{T}_{c.PX}$ , с, переходной характеристики преобразователя ПСИТИ-200/1423 по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока по формуле

$$\bar{T}_{c.PX} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{c.PX,i}, \quad (18)$$

где  $T_{c.PX,i}$  -  $i$ -ый результат измерений, с;

$n$  - количество измерений.

10.5.2 Полученное среднее арифметическое значение постоянной времени спада  $\bar{T}_{c.PX}$ , с, переходной характеристики, по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока принимают за значение постоянной времени спада  $T_{c.PX}$ , с, переходной характеристики преобразователя ПСИТИ-200/1423 по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока.

10.5.3 Преобразователи ПСИТИ-200/1423 признаются прошедшими операции поверки по 9.3, 10.5 с положительным результатом, если постоянная времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока составляет не менее 250 мс.

**10.6 Расчет относительной погрешности измерений постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока**

10.6.1 Доверительные границы  $\Theta_{c.PX}$ , %, относительной погрешности измерений постоянной времени спада переходной характеристики преобразователя ПСИТИ-200/1423 по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока при доверительной вероятности  $P = 0,95$  (без учета знака) определяют по формуле

$$\Theta_{c.PX} = 1,1 \sqrt{\theta_{\text{дл.ВЭ}}^2 + \theta_{\text{осц.В.вн}}^2 + \theta_{\text{осц.Т.вн}}^2}, \quad (19)$$

где  $\Theta_{\text{дл.ВЭ}}$  – относительная погрешность воспроизведения длительности импульсов на выходе ВЭ (в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

$\Theta_{\text{осц.В.вн}}$  – относительная погрешность используемого осциллографа Tektronix при определении амплитуды импульсов напряжения в установившемся режиме на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423 (в соответствии с технической документацией на соответствующее средство измерений), %;

$\Theta_{\text{осц.Т.вн}}$  – относительная погрешность используемого осциллографа Tektronix при определении постоянной времени спада импульса по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока на выходе преобразователя ПСИТИ-200/1423 (в соответствии с технической документацией на соответствующее средство измерений), %.

10.6.2 Преобразователи ПСИТИ-200/1423 признаются прошедшими операции поверки по 9.3, 10.6 с положительным результатом, если относительная погрешность измерений постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при минимальном измеряемом значении амплитуды импульсов силы тока не превышает установленных пределов  $\pm 15 \%$ .

## 10.7 Определение диапазона измеряемых значений амплитуды импульсов силы тока

10.7.1 В качестве верхней границы диапазона измеряемых значений амплитуды импульсов силы тока устанавливается значение  $2,0 \cdot 10^5 \text{ A}$ , если относительная погрешность коэффициента преобразования, определенная по 10.2, не превышает установленных пределов  $\pm 10 \%$ .

В качестве нижней границы рабочего диапазона амплитуд импульсов силы тока устанавливается значение  $1,0 \cdot 10^2 \text{ A}$ , что обусловлено типовыми значениями амплитудно-временных характеристик осциллографов, применяемых для регистрации выходных импульсов напряжения при применении канала.

10.7.2 Преобразователи ПСИТИ-200/1423 признаются прошедшими операцию поверки по 10.7 с положительным результатом, если диапазон измеряемых значений амплитуд импульсов силы тока составляет от  $1,0 \cdot 10^2$  до  $2,0 \cdot 10^5 \text{ A}$ .

## 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 ПСИТИ-200/1423 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 ПСИТИ-200/1423 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 силы импульсного тока  
 измерительные индукционные ПСИТИ-200/1423.  
 Методика поверки. МП 011.М12-24.

**Условия поверки:**

- температура окружающего воздуха
- относительная влажность воздуха
- атмосферное давление
- напряжение питания сети
- частота сети

Место проведения поверки: \_\_\_\_\_

Проведение поверки  
 1 Внешний осмотр

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

2 Опробование

Соответствует/не соответствует п. ХХ 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.