

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по инновациям

ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

« 25 » 02

2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
ИТМ-200**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
МП 008.M12-19**

Главный метролог

ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

« 25 » 02

2019 г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи импульсного тока измерительные ИТМ-200 (далее по тексту – преобразователи) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Преобразователи ИТМ-200 предназначены для преобразования амплитудно-временных параметров импульсов тока (в том числе молниевых разрядов) в электрические сигналы, доступные для осциллографической регистрации.

Интервал между поверками – 1 год.

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Операции первичной и периодической поверок

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	Да	Да
Опробование	8.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик	8.3		
Определение коэффициента преобразования	8.3.1	Да	Да
Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования	8.3.2	Да	Да
Определение рабочего диапазона амплитуды импульсного тока	8.3.3	Да	Да
Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	8.3.4	Да	Да
Расчет относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики	8.3.5	Да	Да

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении любой операции поверка прекращается.

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

2.4 Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства для проведения первичной и периодической поверок

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Основные технические и (или) метрологические характеристики
8.3.1 – 8.3.5	1 Государственный первичный специальный эталон единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей с длительностью фронта импульсов в диапазоне 0,1 – 10,0 нс ГЭТ 148-2013 по ГОСТ 8.540-2015 (установка ГПСЭ 0,1/10,0)	Диапазоны напряженностей импульсных электрического и магнитного полей, воспроизводимых эталоном при импульсах экспоненциальной формы (первый режим) с длительностью фронта импульса не более 8 нс на уровне от 0,1 до 0,9 от установившегося значения напряженности и постоянной времени спада импульса на уровне 0,37 от установившегося значения напряженности не менее 150 мкс, составляют от 10 до 200 кВ/м и от 26 до 530 А/м; диапазоны значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей, воспроизводимых эталоном при импульсах ступенчатой формы, во втором - седьмом режимах составляют от 3 В/м до 300 кВ/м и от 0,008 до 800 А/м при длительностях фронта импульсов от 0,1 до 10,0 нс и длительности импульса на уровне 0,5 от установившегося значения напряженности от 1 нс до 1 с; среднее квадратическое отклонение результата измерений при воспроизведении единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей не превышает $0,4 \cdot 10^{-2}$ при импульсах экспоненциальной и ступенчатой формы при 50 независимых наблюдениях; значения неисключенной систематической погрешности и относительной погрешности воспроизведения длительности фронта импульсов не превышают: при импульсах экспоненциальной формы: при импульсах экспоненциальной формы: 1 % - для электрического поля; 2 % - для магнитного поля; при импульсах ступенчатой формы от 3,0

		до 8,5 % для электрического поля в диапазоне от 3 В/м до 300 кВ/м и магнитного поля в диапазоне от 0,008 до 800 А/м; значение расширенной неопределенности при доверительной вероятности 0,99 составляет от 0,9 до 5,7 %
	2 Государственный первичный специальный эталон единицы импульсного тока молниевых разрядов в диапазоне от 1 до 100 кА ГЭТ 202-2012 по ГОСТ 8.644-2014 (установка ГПСЭ 1/100).	Диапазон значений амплитуд импульсного тока молниевых разрядов, в котором воспроизводится единица, составляет в первом режиме от 1,0 кА до 8,0 кА, во втором режиме - от 6 кА до 100 кА; диапазон значений длительности фронта воспроизводимых импульсов тока молниевых разрядов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения составляет в первом режиме от 0,14 мкс до 0,4 мкс, во втором режиме от 9,2 мкс до 10,0 мкс; диапазон значений длительности воспроизводимых импульсов тока молниевых разрядов на уровне 0,5 от установившегося значения составляет в первом режиме от 10 мкс до 12 мкс, во втором режиме от 35 мкс до 36 мкс; среднее квадратическое отклонение результата измерений при воспроизведении единицы импульсного тока не превышает 0,3 % при 50 независимых наблюдениях в первом и втором режимах; неисключенная систематическая погрешность в первом и втором режимах не превышает 3,2 %; расширенная неопределенность составляет в первом и втором режимах 2,6 % при доверительной вероятности $P = 0,99$
	3 Осциллограф цифровой запоминающий Tektronix TDS 784D (регистрационный номер 19296-00)	Полоса пропускания 1 ГГц; диапазон коэффициента отклонения от 1 мВ/дел до 10 В/дел; диапазон коэффициента развертки от 200 пс/дел до 10 с/дел; пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения $\pm 1$ %; входное сопротивление 50 Ом/1 МОм
	4 Катушка электрического сопротивления P310 (регистрационный номер 1152-58)	Номинальное сопротивление 0,01 Ом; разряд 3 (третий).

	5 Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп» (регистрационный номер 32014-06)	Диапазон измеряемой температуры воздуха от минус 10 до плюс 50 °С, пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,2$ °С, диапазон измеряемой относительной влажности от 30 до 98 %, пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 3$ %, диапазон измеряемого давления воздуха от 80 до 110 кПа, пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений давления $\pm 0,13$ кПа
--	---	--

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

3.3 Средства измерений, указанные в таблице 2, должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке.

#### **4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ**

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации на преобразователи и средства поверки, имеющие удостоверение квалификационной группы на право работы с электроустановками напряжением до 1000 В в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328Н, прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

#### **5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

5.1 Перед началом поверки необходимо изучить руководство по эксплуатации преобразователей и настоящую методику поверки.

5.2 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 24.07.2013 № 328Н. 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 для легких физических работ.

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

5.4 При выполнении измерений должны соблюдаться требования, указанные в руководстве по эксплуатации преобразователей.

5.5 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.

#### **6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 18 до 35;
- относительная влажность воздуха, % не более 80;

- атмосферное давление, кПа от 96 до 107;
- напряжение питания сети, В от 198 до 242;
- частота сети, Гц от 49 до 51.

6.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим, свободным от пыли, паров кислот и щелочей.

6.3 В помещении, где проводится поверка, должны отсутствовать механические вибрации, а также постоянные и переменные электрические и магнитные поля, которые могут привести к искажению результатов измерений.

## 7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

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

7.2 Используемые средства поверки разместите, заземлите и соедините в соответствии с требованиями их технической документации.

7.3 Подготовку, соединение, включение и прогрев преобразователей и средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке произведите в соответствии с документацией на указанные средства.

## 8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Проверяют комплектность преобразователя.

Комплектность преобразователя должна соответствовать таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность преобразователей

Наименование	Обозначение	Количество
Преобразователь импульсного тока измерительный ИТМ-200	–	1 шт.
Паспорт	КВФШ.468165.019 ПС	1 экз.
Руководство по эксплуатации	КВФШ.468165.019 РЭ	1 экз.
Методика поверки	МП 008.М12-19	1 экз.
Упаковка	–	1 шт.

8.1.2 Проверяют преобразователь на отсутствие механических повреждений и ослаблений элементов конструкции.

8.1.3 Преобразователь признается прошедшим операцию поверки, если не обнаружены несоответствия комплектности, механические повреждения, ослабления элементов конструкции, неисправности разъемов.

### 8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании преобразователя оценивают отклонение значения коэффициента преобразования от паспортного значения с целью выявления внутренних скрытых дефектов (нарушение целостности сборки), возникших при транспортировании или эксплуатации, препятствующих дальнейшей эксплуатации преобразователя.

8.2.2 Переводят эталон единицы импульсного тока молниевых разряда в диапазоне от 1 до 100 кА ГЭТ 2020-2012 (установка ГПСЭ 1/100) во второй режим работы. Размещают преобразователь (см. рисунок 1) в рабочей зоне установки ГПСЭ 1/100 последовательно с контрольным преобразователем силы импульсного тока измерительным КПП-100 (входящим в состав установки ГПСЭ 1/100), которые образуют измерительную цепь. При помощи радиочастотных коаксиальных кабелей выход преобразователя соединяют с первым каналом осциллографа Tektronix TDS 784D, а выход преобразователя КПП-100 соединяют со вторым каналом. Переводят осциллограф в режим регистрации однократных импульсов напряжения.

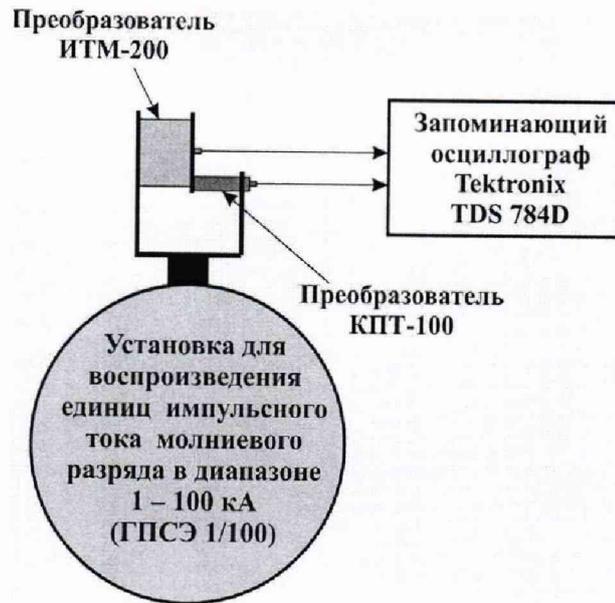


Рисунок 1 – Схема исследований при определении характеристик преобразователей с использованием установки ГПСЭ 1/100 для воспроизведения единицы импульсного тока в диапазоне от 1 до 100 кА

8.2.3 Последовательно воспроизводят в установке ГПСЭ 1/100 импульсы тока и, периодически контролируя амплитуду импульсов напряжения с выхода КПТ-100, устанавливают амплитуду импульсного тока  $I_{опр}$ , кА, протекающего в измерительной цепи, приблизительно равной 20 кА. Регистрируют с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D импульсы на выходе преобразователя и определяют среднее значение амплитуды импульса напряжения  $V_{cp}$ , В (см. рисунок 2).

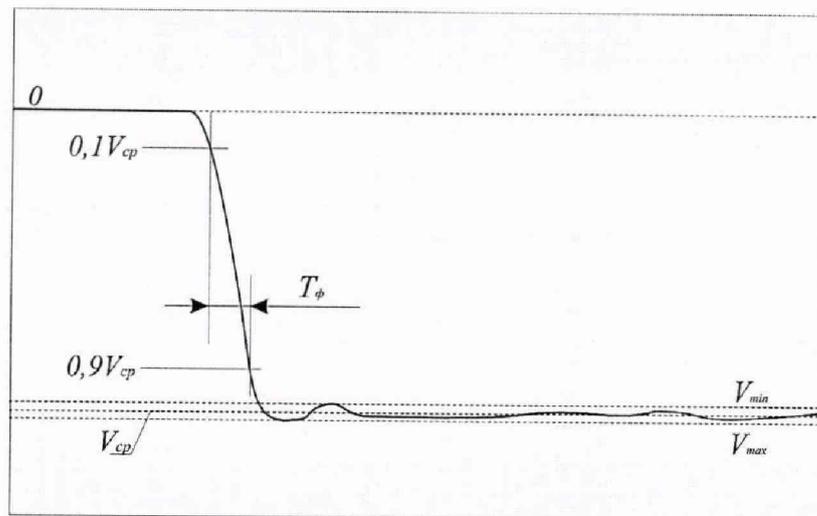


Рисунок 2 – Эпюра напряжения на выходе преобразователя при определении метрологических характеристик

8.2.4 Вычисляют значение коэффициента преобразования  $K_{пр.опр}$ ,  $В \cdot А^{-1}$ , преобразователя по формуле

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

8.2.5 Преобразователь признается прошедшим операцию поверки, если вычисленное значение коэффициента преобразования отличается от указанного в паспорте значения не более чем на  $\pm 15\%$ .

8.2.4 Вычисляют значение коэффициента преобразования  $K_{пр.опр}$ ,  $B \cdot A^{-1}$ , преобразователя по формуле

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

8.2.5 Преобразователь признается прошедшим операцию поверки, если вычисленное значение коэффициента преобразования отличается от указанного в паспорте значения не более чем на  $\pm 15\%$ .

8.2.6 В случае, если амплитуда паразитных колебаний на вершине регистрируемого импульса превышает  $\pm 15\%$ , принимают меры к выявлению источников электромагнитных помех и проводят работы по уменьшению их влияния на регистрирующую аппаратуру.

### 8.3 Определение метрологических характеристик

#### 8.3.1 Определение коэффициента преобразования

8.3.1.1 Проводят работы по п.п.8.2.2 – 8.2.3, устанавливают амплитуду импульсного тока  $I_{уст}$ , кА, протекающего в измерительной цепи, порядка 100 кА, воспроизводят импульсы тока и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D регистрацию импульсов напряжения на выходе преобразователя.

По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа на вершине импульса измеряют две величины:  $V_{max}$ , В – соответствующую максимальному значению амплитуды и  $V_{min}$ , В – соответствующую минимальному значению амплитуды (см. рисунок 2).

8.3.1.2 Измерения по п.8.3.1.1 производят  $n = 10$  раз и вычисляют средние арифметические значения  $\bar{V}_{max}$ , В и  $\bar{V}_{min}$ , В, 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.

8.3.1.3 Значение коэффициента преобразования преобразователя,  $K_{пр}$ ,  $B \cdot A^{-1}$ , определяют по формуле

$$K_{пр} = \frac{(\bar{V}_{max} + \bar{V}_{min})}{2 \cdot I_{уст}} \quad (4)$$

8.3.1.4 Вычисляют средние квадратические отклонения (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 и получают оценку СКО коэффициента преобразования  $S(K_{пр})$ , %, по формулам

$$S(\bar{V}_{max}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{max\_i} - \bar{V}_{max})^2}{n(n-1)}} \cdot \frac{100\%}{\bar{V}_{max}}, \quad (5)$$

(6)

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

$$S(K_{np}) = \sqrt{S(\bar{V}_{\max})^2 + S(\bar{V}_{\min})^2}.$$

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

$$\varepsilon_{Knp} = 2,262 \cdot S(K_{np}). \quad (8)$$

8.3.1.6 Преобразователь признается прошедшим операцию поверки, если вычисленное значение коэффициента преобразования находится в диапазоне от  $5,0 \cdot 10^{-4}$  до  $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ В} \cdot \text{А}^{-1}$ .

### 8.3.2 Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования

8.3.2.1 Доверительные границы случайной составляющей погрешности коэффициента преобразования в предположении о нормальном распределении результатов измерений входящих величин при доверительной вероятности  $P=0,95$  и числе измерений  $n = 10$  принимают равными значению, полученному в п.8.3.1.5.

8.3.2.2 Доверительные границы  $\Theta_{Knp}$ , %, неисключенной систематической составляющей погрешности коэффициента преобразования при доверительной вероятности  $P=0,95$  и поправочном коэффициенте  $k = 1,1$  определяют по формуле

$$\Theta_{Knp} = 1,1 \sqrt{\Theta_{\text{ГПСЭ}1/100}^2 + \Theta_{V_{\max}}^2 + \Theta_{V_{\min}}^2 + \Theta_{K200}^2 + \Theta_{\text{нер.вер}}^2}, \quad (9)$$

где  $\Theta_{\text{ГПСЭ}1/100}$  – неисключенная систематическая погрешность воспроизведения единицы импульсного тока молниевых разряда в ГПСЭ 1/100 (в соответствии с паспортом и технической документацией), %;

$\Theta_{V_{\max}} = 1,0$  % – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении максимальной амплитуды  $V_{\max}$ , В, импульсов напряжения на выходе преобразователя;

$\Theta_{V_{\min}} = 1,0$  % – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении минимальной амплитуды  $V_{\min}$ , В, импульсов напряжения на выходе преобразователя;

$\Theta_{\text{нер.вер}} = 100\% \cdot (\bar{V}_{\max} - \bar{V}_{\min}) / (\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min})$  – относительная погрешность, обусловленная неравномерностью вершины импульса на выходе преобразователя, где  $\bar{V}_{\max}$ , В, и  $\bar{V}_{\min}$ , В, – средние арифметические значения в соответствии с п. 8.3.1.2;

$\Theta_{K200}$  – относительная погрешность, обусловленная изменением коэффициента преобразования преобразователя вследствие джоулевого нагрева при протекании импульсов тока амплитудой до 200 кА, %.

8.3.2.3 Дополнительную относительную погрешность в диапазоне измерений до 200 кА, обусловленную изменением коэффициента преобразования, вызванным джоулевым нагревом материала преобразователя ИТМ-200, определяют расчетным путем по формуле

$$\Theta_{K200} = \frac{\Delta K_{200}}{K_{np}} \cdot 100\%, \quad (10)$$

где  $\Delta K_{200}$  - величина изменения коэффициента преобразования для импульсов амплитудой 200 кА, форма которых установлена квалификационными требованиями КТ-160D «Условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования (внешние воздействующие факторы). Требования, нормы и методы испытаний», В·А<sup>-1</sup>;

$K_{np}$  - коэффициент преобразования преобразователя, определенный по формуле (4), В·А<sup>-1</sup>.

Нагрев преобразователя ИТМ-200 определяется величиной протекающего тока и теплоемкостью материала. При любой форме импульса тока теплота, выделившаяся в материале, определяется введенной в него энергией по формуле

$$W = \int_0^T K_{np} \cdot I^2(\tau) d\tau = m \cdot c \cdot \Delta t, \quad (11)$$

где  $m$  – масса активной части преобразователя (в соответствии с паспортом и технической документацией), кг;

$c = 500$  Дж/(кг·К) – удельная теплоемкость материала активной части шунта (нержавеющей стали 08X18H10T);

$\Delta t$  – перегрев преобразователя, определяемый по формуле (13), К.

При определении амплитуды измеряемого импульса тока существенное значение имеет только изменение активного сопротивления за время  $T$ , мкс, когда ток нарастает от нулевого уровня до амплитуды. Поэтому в формулу (11) время  $T$ , мкс, входит как верхний предел интегрирования.

Амплитуда импульса тока, воспроизводимого в установке ГПСЭ 1/100, составляет 100 кА, время нарастания импульса от нулевого значения до амплитуды  $T_n$  составляет 16 мкс, а длительность импульса по основанию  $T_u$  составляет порядка 60 мкс.

Форма испытательного импульсного тока молнии (компонента А) устанавливается квалификационными требованиями КТ-160D. Максимальная энергия выделится в шунте при протекании компоненты А испытательного тока, имеющей амплитуду 200 кА, время нарастания  $T_n$  меньше 50 мкс и длительность  $T_u$  составляющей 500 мкс. В связи с тем, что в документе КТ-160D не определена конкретная форма импульса, следует вычислять энергию при протекании прямоугольного импульса тока с бесконечно крутым фронтом амплитудой  $I$  составляющей 200 кА и длительностью  $T_n$  равной 50 мкс. Это заведомо даст верхнюю оценку величины выделившейся энергии, а, следовательно, перегрева преобразователя и изменения величины его коэффициента преобразования.

В соответствии с приведенными амплитудно-временными характеристиками вычисляют выделившуюся энергию  $W_{200}$ , Дж, - для испытательного импульса тока амплитудой 200 кА, нормированного в КТ-160D по формуле

$$W_{200} = K_{np} \cdot I^2 \cdot T_n = K_{np} \cdot (2 \cdot 10^5)^2 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = K_{np} \cdot 2 \cdot 10^6. \quad (12)$$

Далее вычисляют перегрев преобразователя за время нарастания импульса по формуле

$$\Delta t_{200} = \frac{W_{200}}{m \cdot c}, \quad (13)$$

где  $m$  – масса активной части преобразователя ИТМ-200 (паспортное значение), кг;

$c = 500 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$  – удельная теплоемкость материала активной части шунта (нержавеющей стали 08Х18Н10Т).

Вычисляют абсолютное изменение коэффициента преобразования по формуле

$$\Delta K_{200} = K_{np} \cdot \alpha \cdot \Delta t_{200}, \text{ Ом}, \quad (14)$$

где  $\alpha = 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$  – температурный коэффициент сопротивления нержавеющей стали.

Относительную погрешность  $\Theta_{K200}$ , %, обусловленную изменением коэффициента преобразования вследствие джоулева нагрева при протекании тока амплитудой 200 кА вычисляют по формуле (10).

8.3.2.4 Доверительные границы относительной погрешности коэффициента преобразования вычисляют по полученным значениям случайной и неисключенной систематической погрешности в соответствии с ГОСТ 8.736 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения» по формуле

$$\delta_{Knp} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (15)$$

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

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S(K_{np})^2}, \quad (16)$$

где  $S_{\Theta}$  – СКО неисключенной систематической погрешности измерений коэффициента преобразования, %, вычисляемое по формуле

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{Knp}}{1,1\sqrt{3}}. \quad (17)$$

Коэффициент  $K$  вычисляют по формуле

$$K = \frac{\varepsilon_{Knp} + \Theta_{Knp}}{S(K_{np}) + S_{\Theta}}. \quad (18)$$

8.3.2.5 Преобразователь признается прошедшим операцию поверки, если пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования не превышают  $\pm 10\%$ .

### 8.3.3 Определение рабочего диапазона амплитуды импульсного тока

8.3.3.1 В качестве верхней границы  $I_{\text{верх.гр}}$ , А, рабочего диапазона амплитуды импульсного тока устанавливается значение  $2 \cdot 10^5$  А, если относительная погрешность преобразования импульсного тока, определенная в п. 8.3.2.4, не превышает  $\pm 10\%$ . В качестве нижней границы  $I_{\text{ниж.гр}}$ , А, рабочего диапазона амплитуды импульсного тока устанавливается значение  $10^2$  А, что обусловлено амплитудно-временными характеристиками осциллографов, применяемых для регистрации импульсов напряжения на выходе преобразователей.

8.3.3.2 Преобразователь считается прошедшим операцию поверку с положительными результатами, если рабочий диапазон амплитуды импульсного тока составляет от  $1,0 \cdot 10^2$  до  $2,0 \cdot 10^5$  А.

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

8.3.4.1 Определение времени нарастания переходной характеристики преобразователей между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды производят с использованием высоковольтного генератора ступенчатых импульсов напряжения с кабельным накопителем Г-2 из состава установки для воспроизведения единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей с длительностью фронта импульсов в диапазоне 0,1 – 10,0 нс (ГПСЭ 0,1/10,0) в соответствии со схемой измерений, приведенной на рисунке 3.

К выходу генератора Г-2 подсоединяют коаксиальный кабель с включенными в разрез экрана токосъемными выводами, в которых с помощью винтовых соединений закрепляют преобразователь. Подключают выход преобразователя с помощью коаксиального радиочастотного кабеля к входу осциллографа TDS 784D. К свободному концу коаксиального кабеля с токосъемными выводами подключают согласованную нагрузку 50 Ом.

8.3.4.2 Устанавливают на емкостном накопителе генератора периодических импульсов напряжения прямоугольной формы Г-2 зарядное напряжение порядка 10 кВ, воспроизводят импульсы напряжения на выходе генератора Г-2, обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D регистрацию импульсов напряжения на выходе преобразователя и определяют с помощью маркеров установившееся (среднее) значение амплитуды импульса напряжения  $V_{cp}$ , В (см. рисунок 2). С помощью маркеров осциллографа определяют длительность фронта  $T_{\phi_i}$ , нс,  $i=1$ , зарегистрированных импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя.

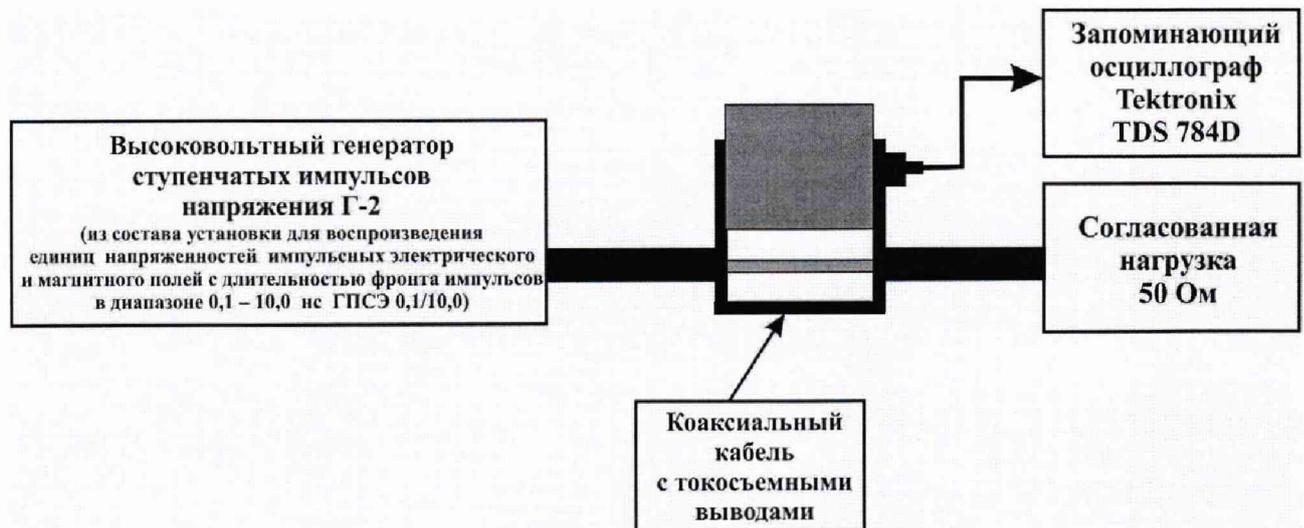


Рисунок 3 – Схема измерений при определении времени нарастания переходной характеристики преобразователя ИТМ-200

Время нарастания  $T_{н.ПХ.i}$ , нс, переходной характеристики преобразователя между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды вычисляют по формуле

$$T_{н.ПХ.i} = \sqrt{T_{\phi_i}^2 - T_{\phiр.ГПСЭ0,1/10,0}^2 - T_{н.ПХ.осц}^2}, \quad (19)$$

где  $T_{\phi_i}$  – зарегистрированное значение длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя ИТМ-200, нс;

$T_{\phiр.ГПСЭ 0,1/10,0}$  – длительность фронта воспроизводимых импульсов напряжения между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе высоковольтного

генератора ступенчатых импульсов напряжения с кабельным накопителем Г-2 из состава установки ГПСЭ 0,1/10,0 (в соответствии с паспортом и технической документацией), нс;

$T_{н.ПХ.осц} = 0,36$  нс – время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения осциллографа Tektronix TDS 784D.

8.3.4.3 Работы по п.8.3.4.2 последовательно проводят девять раз и определяют для каждого измерения время нарастания переходной характеристики преобразователя между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды  $T_{\phi_i}$  нс,  $i=2...10$ .

8.3.4.4 Вычисляют среднее арифметическое значение  $\bar{T}_{н.ПХ}$ , нс, времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды преобразователя по 10 измерениям по формуле

$$\bar{T}_{н.ПХ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{н.ПХ.i}, \quad (20)$$

где  $T_{н.ПХ.i}$  -  $i$  – ый результат измерений, нс;

$n$  – количество измерений.

8.3.4.5 Преобразователь признается прошедшим операцию поверки, если время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды находится в диапазоне от 25 до 250 нс.

### 8.3.5 Расчет относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики

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

$$\Theta_{н.ПХ} = 1,1 \sqrt{\Theta_{фр.ГПСЭ0,1/10,0}^2 + \Theta_{осц.V}^2 + \Theta_{осц.T}^2}, \quad (21)$$

где  $\Theta_{фр.ГПСЭ0,1/10,0}$  – относительная погрешность воспроизведения длительности фронта импульсов на выходе высоковольтного генератора ступенчатых импульсов напряжения с кабельным накопителем Г-2 из состава установки ГПСЭ 0,1/10,0 (в соответствии с паспортом и технической документацией), %;

$\Theta_{осц.V} = 1$  % – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении амплитуды импульсов напряжения в установившемся режиме на выходе преобразователя;

$\Theta_{осц.T} = 1$  % – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении длительности фронта импульса между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя.

8.3.5.2 Преобразователь считается прошедшим операцию поверки с положительными результатами, если относительная погрешность измерений времени нарастания переходной характеристики не превышает  $\pm 15$  %.

## 9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты измерений при поверке заносят в протокол (форма протокола приведена в приложении А настоящей методики поверки).

9.2 Преобразователь прошедший поверку с положительным результатом, признается годным и допускается к применению. На него выдается протокол (в соответствии с приложением А) и свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных по 8.3.1 - 8.3.5 фактических значений метрологических характеристик, наносят знак поверки

(место нанесения указано в описании типа) согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», и преобразователь допускают к эксплуатации.

9.3 При отрицательных результатах поверки преобразователь признается непригодным, не допускается к применению и на него выдается «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015 Свидетельство о предыдущей поверке и (или) знак поверки аннулируется.

Начальник лаборатории  
ФГУП «ВНИИОФИ»

Ведущий научный сотрудник  
ФГУП «ВНИИОФИ»



К.Ю. Сахаров

О.В. Михеев

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**к Методике поверки МП 008.М12-19**  
**«Преобразователи импульсного тока**  
**измерительные ИТМ-200»**

**ПРОТОКОЛ**  
**первичной / периодической поверки**  
**от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года**

**Средство измерений:** Преобразователь импульсного тока измерительный ИТМ-200 \_\_\_\_\_  
(Наименование СИ, тип (если в состав СИ входит несколько автономных блоков

то приводят их перечень (наименования) и типы с разделением знаком «косая дробь» / )

**Зав. №** \_\_\_\_\_

Заводские номера блоков

**Принадлежащее** \_\_\_\_\_

Наименование юридического лица, ИНН

**Поверено в соответствии с методикой поверки «ГСИ. Преобразователи импульсного тока измерительные ИТМ-200. Методика поверки МП 008.М12-19», утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» «25» февраля 2019 г.**

Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата

**С применением эталонов** \_\_\_\_\_

(наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность)

**При следующих значениях влияющих факторов:**

(приводят перечень и значения влияющих факторов, нормированных в методике поверки)

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность воздуха, %, не более
- атмосферное давление, кПа
- напряжение питания сети, В
- частота сети, Гц

**Внешний осмотр** \_\_\_\_\_.

**Опробование** \_\_\_\_\_.

**Получены результаты поверки метрологических характеристик:**

Характеристика	Результат	Требования методики поверки

**Рекомендации** \_\_\_\_\_

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

**Исполнители:** \_\_\_\_\_

подписи, ФИО, должность