

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по инновациям

ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕННОСТИ ИМПУЛЬСНОГО  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
ИП-НК**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
МП 007.М12-19**

Главный метролог

ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

« 19 » 02 2019 г.

Москва 2019

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи напряженности импульсного магнитного поля измерительные ИП-НК (далее по тексту – преобразователи) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Преобразователи предназначены для преобразования амплитудно-временных параметров импульсов напряженности магнитного поля (импульсной составляющей электромагнитной ТЕМ-волны) с длительностью фронта в наносекундном и субнаносекундном диапазоне, включая сверхкороткие электромагнитные импульсы, 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 времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	8.3.3	Да	Да
Определение постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды	8.3.4	Да	Да
Расчет относительной погрешности измерений временных интервалов	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 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	Государственный первичный специальный эталон единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей с длительностью фронта импульсов в диапазоне от 0,1 до 10,0 нс ГЭТ 148-2013 по ГОСТ 8.540-2015.	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 %
	Государственный первичный специальный эталон единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей с длительностью фронта импульсов в диапазоне от 10 до 100 пс ГЭТ 178-2016 по Государственной поверочной схеме для средств измерений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей с длительностью фронта импульсов в диапазоне от 10 до 100 пс, утвержденной Приказом Росстандарта от 28.09.2018 г. №2087.	Диапазоны воспроизводимых значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей составляют от $1 \cdot 10^{-1}$ до $3 \cdot 10$ В/м и от $2,6 \cdot 10^{-4}$ до $7,9 \cdot 10^{-2}$ А/м; минимальная длительность фронта воспроизводимых импульсов напряженностей электрического и магнитного полей составляет $10 \cdot 10^{-12}$ с; максимальная длительность воспроизводимых импульсов напряженностей электрического и магнитного полей составляет $1 \cdot 10^{-9}$ с; среднее квадратическое отклонение результата измерений при воспроизведении единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей не превышает $0,2 \cdot 10^{-2}$ при 50 независимых наблюдениях (число усреднений при каждом наблюдении не менее 100); неисключенная систематическая погрешность воспроизведения единиц не превышает 5,6 % в течение 150 пс от начала импульса (уровень 0,5 на фронте импульса) и 2,8 % - в установившемся режиме от 150 пс до 1,0 нс; значение расширенной неопределенности при доверительной вероятности 0,99 не превышает 3,6 % в установившемся режиме
	3 Осциллограф цифровой стробоскопический широкополосный Tektronix CSA 8000B (регистрационный номер 40566-09).	Полоса пропускания 20/50 ГГц; диапазон установки значений коэффициентов отклонения от 1 до 100 мВ/дел; диапазон установки значений коэффициента развертки от 1 пс/дел до 5 мс/дел; пределы допускаемой относительной погрешности установки коэффициентов отклонения от 1 до 3 %; входное сопротивление 50 Ом
	4 Осциллограф цифровой запоминающий Tektronix DPO 71604C (регистрационный номер 48470-11).	Полоса пропускания 16 ГГц; диапазон значений коэффициентов отклонения от 10 до 500 мВ/дел; диапазон значений коэффициента развертки от

		1 пс/дел до 100 с/дел; пределы допускаемой относительной погрешности установки коэффициентов отклонения 2 %; входное сопротивление 50 Ом
	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 квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 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
Первичный измерительный преобразователь (ПИП)	–	1 шт.
Линия связи скорректированная (ЛС)	–	1 шт.
Паспорт	КВФШ.468165.018 ПС	1 экз.
Руководство по эксплуатации	КВФШ.468165.018 РЭ	1 экз.
Методика поверки	МП 007.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 Помещают первичный измерительный преобразователь ПИП из состава ИП-НК (см. рисунок 1) в центр рабочей зоны №2 с межэлектродным зазором  $d_m = 0,24$  м полеобразующей системы ПС-1 из состава Государственного первичного специального эталона единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей (НИЭМП) с длительностью фронта импульсов в диапазоне 0,1 – 10,0 нс ГЭТ 148-2013 (ГПСЭ 0,1/10,0)

в соответствии с нанесенной маркировкой. Соединяют выход ПИП с помощью линии связи (ЛС) из состава ИП-НК с входом запоминающего осциллографа Tektronix DPO 71604С.

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 (ГПСЭ 0,1/10,0)

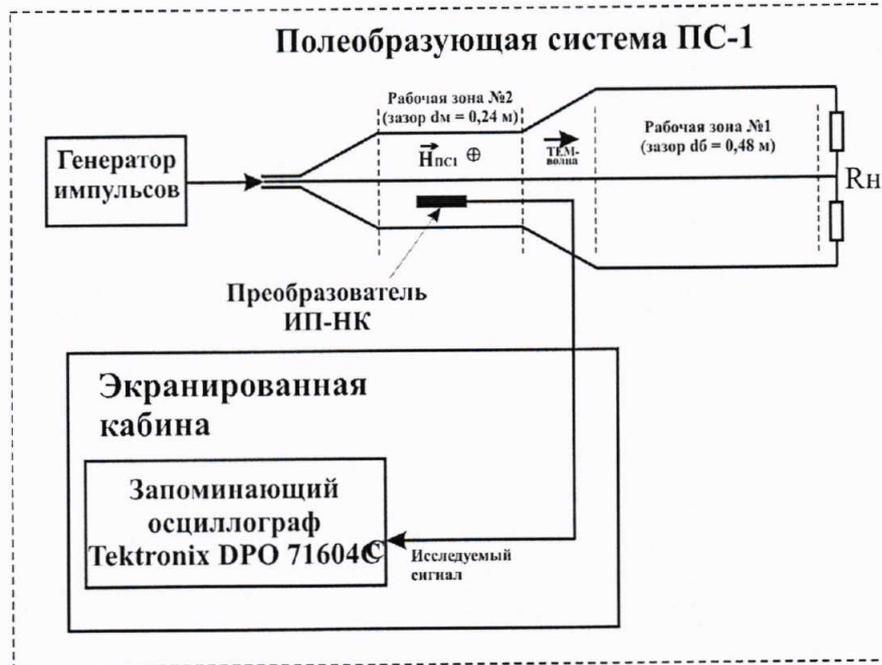


Рисунок 1 – Схема исследований при определении характеристик ИП-НК с использованием ГЭТ 148-2013 для воспроизведения единиц НИЭМП в диапазоне от 0,1 до 10,0 нс

8.2.3 Устанавливают в установке ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов ступенчатой формы и напряженность магнитного поля в рабочей зоны ПС-1  $H_{ПС1}$ , А/м, равной 20 А/м и воспроизводят импульсы электромагнитного поля. Регистрируют с помощью осциллографа Tektronix DPO 71604С импульсы на выходе преобразователя и определяют среднее значение амплитуды импульса напряжения  $V_{cp}$ , В (см. рисунок 2).

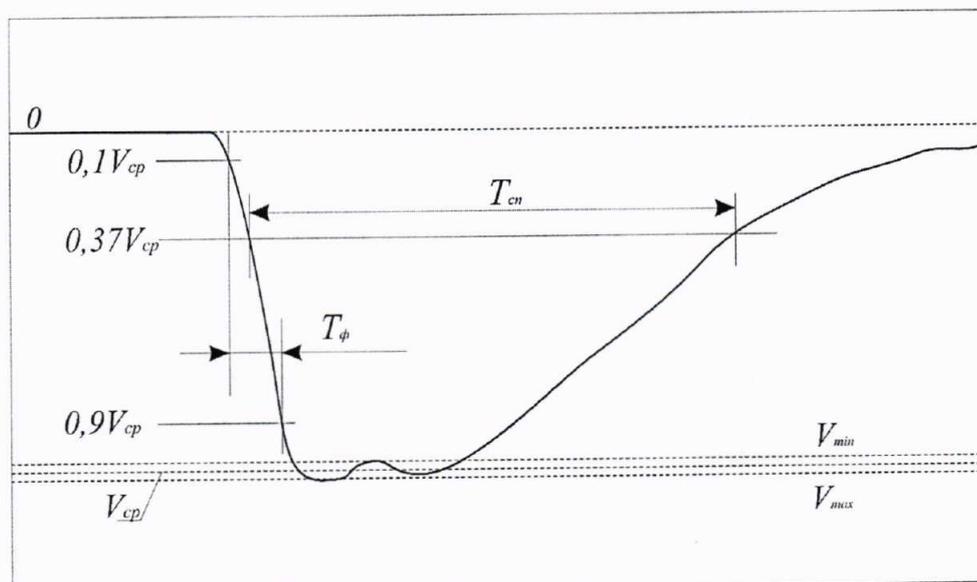


Рисунок 2 – Эюра напряжения на выходе преобразователя при определении метрологических характеристик

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

$$K_{пр} = V_{ср} / H_{ПЭС} \quad (1)$$

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 Размещают ПИП ИП-НК в рабочей зоне полеобразующей системы «конус над плоскостью» (КПС) из состава Государственного первичного специального эталона единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей с длительностью фронта импульсов в диапазоне от 10 до 100 пс ГЭТ 178-2016 (ГПСЭ 10/100), таким образом, чтобы ПИП располагался на биссектрисе угла рабочей зоны полеобразующей системы «Конус над плоскостью», образованный электродами конуса на расстоянии порядка 0,4 м от точки ввода (см. рисунок 3). Соединяют выход ПИП с помощью линии связи преобразователя с входом стробоскопического осциллографа Tektronix CSA 8000B. Устанавливают на осциллографе режим усреднения импульсов не менее чем по 100 измерениям.

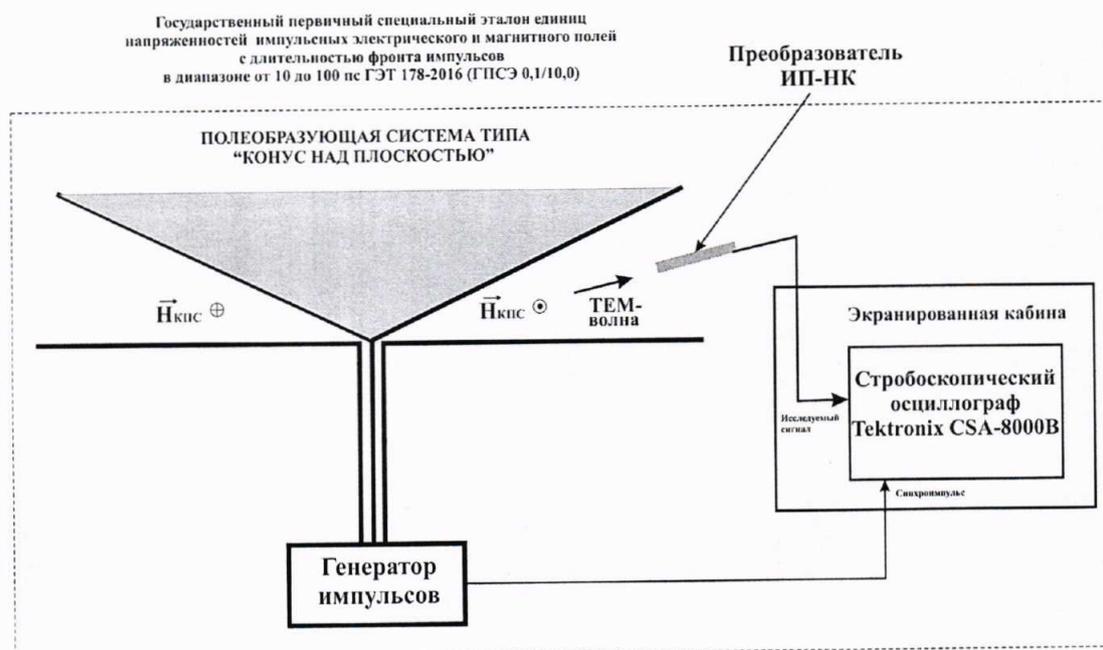


Рисунок 3 – Схема исследований при определении характеристик ИП-НК с использованием ГЭТ 178-2016 для воспроизведения единиц НИЭМП в диапазоне от 10 до 100 пс

8.3.1.2 Устанавливают в установке ГПСЭ 10/100 режим воспроизведения импульсов магнитного поля с напряженностью  $H_{КПЭС}$ , А/м, равной 0,05 А/м, воспроизводят импульсы поля и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix CSA 8000B регистрацию импульсов 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).

8.3.1.3 Измерения по п.8.3.1.2 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.

8.3.1.4 Значение коэффициента преобразования преобразователя ИП-НК,  $K_{np}$ , В·А<sup>-1</sup>·м, определяют по формуле

$$K_{np} = \frac{(\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min})}{2 \cdot H_{КПС}} \quad (4)$$

8.3.1.5 Вычисляют средние квадратические отклонения (СКО)  $S(\bar{V}_{\max})$ , мВ, и  $S(\bar{V}_{\min})$ , мВ, измерений максимального  $V_{\max}$ , мВ, и минимального  $V_{\min}$ , мВ, значений напряжения на выходе преобразователя и получают оценку СКО коэффициента преобразования  $S(K_{np})$ , %, по формулам

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

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

$$S(K_{np}) = \sqrt{S(\bar{V}_{\max})^2 + S(\bar{V}_{\min})^2}. \quad (7)$$

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

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

8.3.1.7 Преобразователь ИП-НК признается прошедшим операцию поверки, если вычисленное значение коэффициента преобразования находится в диапазоне от  $10^{-4}$  до  $1 \text{ В} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{м}$ .

### 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.8.3.1.6.

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

$$\Theta_{Knp} = 1,1 \sqrt{\Theta_{ГПСЭ10/100}^2 + \Theta_{V_{max}}^2 + \Theta_{V_{min}}^2 + \Theta_{oy}^2 + \Theta_{нер.вер}^2}, \quad (9)$$

где  $\Theta_{ГПСЭ10/100}$  – неисключенная систематическая погрешность воспроизведения единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей в ГПСЭ 10/100 (в соответствии с паспортом и технической документацией), %;

$\Theta_{V_{max}} = 1,0$  % – относительная погрешность осциллографа Tektronix CSA 8000B при определении максимальной амплитуды  $V_{max}$ , мВ, импульсов напряжения на выходе преобразователя;

$\Theta_{V_{min}} = 1,0$  % – относительная погрешность осциллографа Tektronix CSA 8000B при определении минимальной амплитуды  $V_{min}$ , мВ, импульсов напряжения на выходе преобразователя;

$\Theta_{oy} = 0,5$  % – относительная погрешность, обусловленная неточностью установки ПИП преобразователя в рабочей зоне полеобразующей системы КПС из состава ГПСЭ 10/100;

$\Theta_{нер.вер} = 100$  %  $\cdot (\bar{V}_{max} - \bar{V}_{min}) / (\bar{V}_{max} + \bar{V}_{min})$  – относительная погрешность, обусловленная неравномерностью вершины импульса на выходе преобразователя, где  $\bar{V}_{max}$ , мВ, и  $\bar{V}_{min}$ , мВ, – средние арифметические значения в соответствии с п. 8.3.1.3.

8.3.2.3 Доверительные границы относительной погрешности коэффициента преобразования вычисляют по полученным значениям случайной и неисключенной систематической погрешности в соответствии с ГОСТ 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения» по формуле

$$\delta_{Knp} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (10)$$

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

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S(K_{np})^2}, \quad (11)$$

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

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{Knp}}{1,1\sqrt{3}}. \quad (12)$$

Коэффициент  $K$  вычисляют по формуле

$$K = \frac{\varepsilon_{Knp} + \Theta_{Knp}}{S(K_{np}) + S_{\Theta}}. \quad (13)$$

8.3.2.4 Преобразователь ИП-КН признается прошедшим операцию поверки, если пределы допустимой относительной погрешности коэффициента преобразования не превышают  $\pm 10$  %.

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

8.3.3.1 Проводят работы по п.п. 8.3.1.1 – 8.3.1.2, воспроизводят импульсы поля в установке ГПСЭ 10/100 и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix CSA 8000B регистрацию импульсов на выходе преобразователя и определяют с помощью маркеров установившееся (среднее) значение амплитуды импульса напряжения  $V_{cp}$ , мВ. С помощью маркеров осциллографа определяют длительность фронта  $T_{\phi_i}$ , пс,  $i=1$ , зарегистрированных импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя.

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

$$T_{н.ПХ.i} = \sqrt{T_{\phi_i}^2 - T_{\phiр.ГПСЭ10/100}^2 - T_{н.ПХ.осц}^2}, \quad (14)$$

где  $T_{\phi_i}$  – зарегистрированное значение длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя ИП-НК, пс;  
 $T_{\phiр.ГПСЭ10/100}$  – длительность фронта воспроизводимых импульсов напряженностей импульсных электрического и магнитного полей в ГПСЭ 10/100 между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды (в соответствии с паспортом и технической документацией), пс;

$T_{н.ПХ.осц} = 7$  пс – время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения осциллографа Tektronix CSA 8000B.

8.3.3.2 Работы по п.8.3.3.1 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  $T_{\phi_i}$ , пс,  $i=2...10$ .

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

$$\bar{T}_{н.ПХ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{н.ПХ.i}, \quad (15)$$

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

$n$  – количество измерений.

8.3.3.4 Преобразователь ИП-НК признается прошедшим операцию проверки, если время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды находится в диапазоне от 25 до 1000 пс.

### 8.3.4 Определение постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды

8.3.4.1 Помещают ПИП ИП-НК в центр рабочей зоны полеобразующей системы ПС-1 (или ПС-2) из состава ГПСЭ 0,1/10,0. Соединяют выход ПИП с помощью линии связи преобразователя с входом цифрового осциллографа Tektronix DPO 71604C. Устанавливают на осциллографе режим усреднения импульсов не менее чем по 100 измерениям.

8.3.4.2 Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов магнитного поля с напряженностью  $H_{ПС-1}$ , А/м, порядка 5 А/м (в ПС-2 устанавливают  $H_{ПС-2}$  порядка 0,5 А/м) и постоянной времени спада по уровню 0,37 (длительностью по уровню 0,5 для ПС-2) не менее 1000 нс. Воспроизводят импульсы поля в эталоне, обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix DPO 71604C регистрацию импульсов на выходе преобразователя и определяют с помощью маркеров установившееся (среднее) значение амплитуды импульса напряжения  $V_{cp}$ , мВ. С помощью маркеров осциллографа проводят

измерение постоянной времени спада  $T_{cn\_i}$ ,  $i=1$ , по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды импульса напряжения на выходе преобразователя (см. рисунок 2)

8.3.4.3 Работы по п. 8.3.4.2 последовательно проводят девять раз и определяют для каждого измерения постоянную времени спада по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды импульсов напряжения на выходе преобразователя  $T_{cn\_i}$ ,  $i=2...10$ , нс.

8.3.4.4 Вычисляют среднее арифметическое значение постоянной времени спада по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды ПХ ИП-НК по 10 измерениям,  $\bar{T}_{cn}$ , нс, по формуле

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

где  $T_{cn\_i}$  -  $i$ -ый результат измерений, нс;

$n$  - количество измерений.

8.3.4.5 Полученную величину  $\bar{T}_{cn}$ , нс, принимают за значение  $T_{cn.ПХ}$ , нс, постоянной времени спада переходной характеристики ИП-НК по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды.

8.3.4.6 Преобразователь ИП-НК признается прошедшим операцию проверки, если постоянная времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды находится в диапазоне от 50 до 1000 нс.

### 8.3.5 Расчет относительной погрешности измерений временных интервалов

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

$$\Theta_{н.ПХ} = 1,1 \sqrt{\Theta_{фр.ГПСЭ10/100}^2 + \Theta_{осц.V}^2 + \Theta_{осц.T}^2}, \quad (17)$$

где  $\Theta_{фр.ГПСЭ10/100}$  - относительная погрешность воспроизведения длительности фронта импульсов электромагнитного поля в КПС ГПСЭ 10/100 (в соответствии с паспортом и технической документацией), %;

$\Theta_{осц.V} = 1$  % - относительная погрешность осциллографа Tektronix CSA8000B при определении амплитуды импульсов напряжения в установившемся режиме на выходе преобразователя;

$\Theta_{осц.T} = 1$  % - относительная погрешность осциллографа Tektronix CSA8000B при определении длительности фронта импульса между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя.

Доверительные границы  $\Theta_{сн.ПХ}$ , %, относительной погрешности измерений постоянной времени спада ПХ преобразователя на уровне 0,37 от установившегося значения амплитуды при доверительной вероятности  $P = 0,95$  (без учета знака) определяют по формуле

$$\Theta_{сн.ПХ} = 1,1 \sqrt{\Theta_{сн.ГПСЭ0,1/10,0}^2 + \Theta_{осц.V}^2 + \Theta_{осц.T}^2}, \quad (18)$$

где  $\Theta_{сн.ГПСЭ0,1/10,0}$  - относительная погрешность воспроизведения постоянной времени спада по уровню 0,37 (длительности импульсов для ПС-2) электромагнитного поля ГПСЭ 0,1/10,0 (в соответствии с технической документацией), %;

$\Theta_{осц.V} = 1$  % - относительная погрешность осциллографа Tektronix CSA8000B при определении амплитуды импульсов напряжения в установившемся режиме на выходе преобразователя;

$\Theta_{\text{осц.Г}} = 1 \%$  – относительная погрешность осциллографа Tektronix CSA8000В при определении длительности импульса на уровне 0,5 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя

8.3.5.2 Относительная погрешность  $\Theta_{\text{вр.ПХ}}$ , %, измерений временных интервалов при доверительной вероятности 0,95 вычисляется по формуле

$$\Theta_{\text{вр.ПХ}} = \sqrt{\Theta_{\text{н.ПХ}}^2 + \Theta_{\text{сн.ПХ}}^2}, \quad (19)$$

8.3.5.3 Преобразователь ИП-НК признается прошедшим операцию поверки, если пределы допускаемой относительной погрешности измерений временных интервалов не превышают  $\pm 15 \%$ .

## 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 ИП-НК 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 ИП-НК допускают к эксплуатации.

9.3 При отрицательных результатах поверки преобразователь ИП-НК 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 007.М12-19  
«Преобразователи напряженности импульсного  
магнитного поля измерительные ИП-НК»

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

**Средство измерений:** Преобразователь напряженности импульсного магнитного поля измерительный ИП-НК

(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 напряженности импульсного магнитного поля измерительные ИП-НК». Методика поверки МП 007.М12-19», утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» «19» 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