

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по инновациям

ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**КАНАЛЫ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ИКО-5-ЕН**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 022.М12-19**

Главный метролог

ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

« 14 » 05 2019 г.

Москва 2019

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на каналы оптоэлектронные измерительные ИКО-5-ЕН (далее по тексту – каналы) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Каналы оптоэлектронные измерительные ИКО-5-ЕН (далее – каналы) предназначены для преобразования амплитудно-временных параметров импульсов напряженностей электрического и магнитного полей в наносекундном и микросекундном диапазонах, 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

№ п/п.	Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2	Опробование	8.2	Да	Да
3	Определение метрологических характеристик	8.3		
4	Определение коэффициента преобразования*	8.3.1	Да	Да
5	Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования	8.3.2	Да	Да
6	Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	8.3.3	Да	Да
7	Определение времени спада переходной характеристики по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды	8.3.4	Да	Да
8	Расчет относительной погрешности измерений временных интервалов	8.3.5	Да	Да
9	Расчет диапазонов измерений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей*	8.3.6	Да	Да

* Допускается проведение поверки меньшего количества измеряемых величин и для меньшего количества поддиапазонов в соответствии с заявлением владельца поверяемого средства измерений.

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 Метрологические характеристики по таблице 1 допускается определять не в полном объеме, при этом поверка проводится по сокращенной программе. Объем поверочных работ определяется совместным решением (или по договоренности) между заказчиком и исполнителем проведения работ.

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 – 8.3.6	1 Государственный первичный специальный эталон единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей с длительностью фронта импульсов в диапазоне от 0,1 до 10,0 нс по ГОСТ 8.540-2015 (далее - 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 Осциллограф цифровой запоминающий Tektronix TDS 784D (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 19296-00).	Полоса пропускания 1 ГГц; диапазон значений коэффициентов отклонения от 1 мВ/дел до 10 В/дел; диапазон значений коэффициента развертки от 200 пс/дел до 10 с/дел; пределы допускаемой относительной погрешности установки коэффициентов отклонения 1 %; входное сопротивление 50 Ом/1 МОм
6.1	3 Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп» (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 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 ± 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

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации на каналы 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, а также лица, допущенные к работе с ГПСЭ 0,1/10,0.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Перед началом поверки необходимо изучить руководство по эксплуатации на каналы 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 на каналы.

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, % от 50 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104;

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 каналов и средств поверки, регистрацию показаний производится в соответствии с эксплуатационной документацией на указанные средства.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Проверяют комплектность каналов.

Комплектность каналов должна соответствовать таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность каналов

Наименование	Обозначение	Количество
Каналы оптоэлектронные измерительные ИКО-5-ЕН: Передающий блок «Передачик»	зав. № 01/зав. № 02	1 шт.
Приемный блок «Приёмник»	зав. № 01/зав. № 02	1 шт.
Первичный преобразователь напряженности импульсного электрического поля E-d50-в	зав. № 01/зав. № 02	1 шт.
Первичный преобразователь напряженности импульсного магнитного поля H-d50-в	зав. № 01/зав. № 02	1 шт.

Первичный преобразователь напряженности импульсного магнитного поля Н-d10-в	зав. № 01/зав. № 02	1 шт.
Катушка с двойной оптоволоконной линией ДОЛ	зав. № 01/зав. № 02	1 шт.
Комплект сменных пассивных РС-модулей	Е-1, Е-2, Е-3, Н-1, Н-2, Н-3, Н-4, Н-5, Н-6	1 шт.
Дополнительный экран передающего блока	–	1 шт.
Оптический изолятор с держателем	–	1 шт.
Кабель радиочастотный соединительный К1	–	1 шт.
Кабель радиочастотный соединительный К2	–	1 шт.
Зарядное устройство ЗУ	–	1 шт.
Чемодан упаковочный	–	1 шт.
Паспорт	УЕРА.468165.005 ПС	1 экз.
Руководство по эксплуатации	УЕРА.468165.005 РЭ	1 экз.
Методика поверки	МП 022.М12-19	1 экз.
Упаковка	–	1 шт.

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

8.1.3 Каналы считаются прошедшими операцию поверки, если не обнаружены несоответствия комплектности, механические повреждения, ослабления элементов конструкции, неисправности разъемов.

8.2 Опробование

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

8.2.2 Опробование измерительного канала напряженности импульсного электрического поля с первичным преобразователем Е-d50-в

8.2.2.1 Соединяют выходной разъем первичного преобразователя напряженности импульсного электрического поля Е-d50-в с входным разъемом передающего блока. Открывают крышку приемного блока, вставляют в соответствии с РЭ в него сменный РС-модуль Е-3, соответствующий диапазону Е-3 измерений напряженности импульсного электрического поля, и закрывают крышку. Соединяют, соблюдая маркировку, при помощи двойной оптоволоконной линией ДОЛ, оптические разъемы передающего блока с соответствующими оптическими разъемами приемного блока. Надевают на приемный блок дополнительный экран (экран надвигается на корпус передатчика до совмещения индикатора «ВКЛ» с соответствующим отверстием в экране) и закрепляют его на держателе с оптическим изолятором. Устанавливают (см. рисунок 1) собранные элементы измерительного канала в центр рабочей зоны №1 с межэлектродным зазором $d_m = 0,48$ 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 от 0,1 до 10,0 нс» (ГПСЭ 0,1/10,0) в соответствии с нанесенной маркировкой, таким образом, чтобы импульсы на выходе канала имели положительную полярность при воздействующих импульсах поля положительной полярности. С помощью соединительных радиочастотных кабелей К1 и К2 соединяют выход приемного блока с входом запоминающего осциллографа Tektronix TDS 784D, которые располагают в экранированной кабине из состава ГПСЭ 0,1/10,0. Устанавливают на осциллографе входное сопротивление 50 Ом. Переводят измерительный канал, в соответствии с РЭ на него, в рабочий режим измерения напряженности импульсного электрического поля.

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)

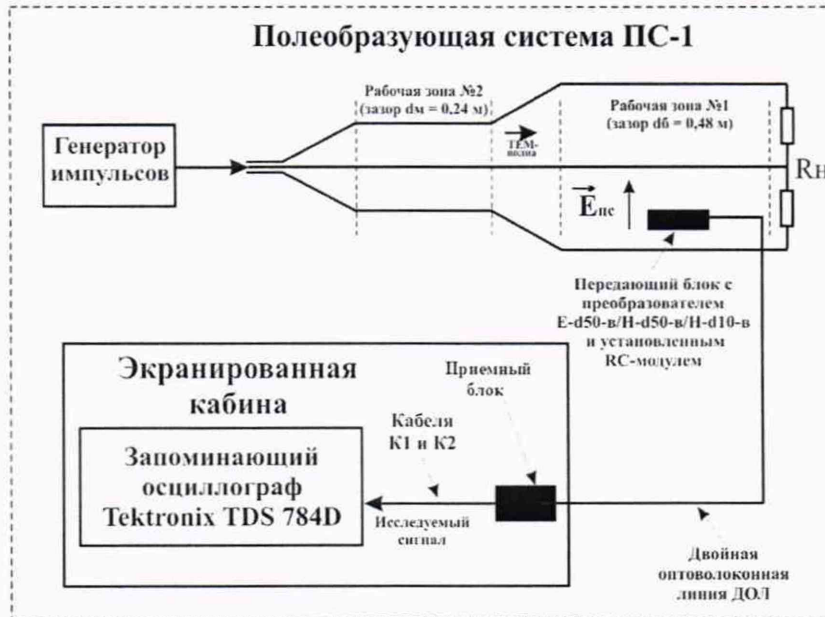


Рисунок 1 – Схема исследований при определении характеристик каналов электрического и магнитного полей из состава ИКО-5-ЕН с использованием ГЭТ 148-2013 (ГПСЭ 0,1/10,0) для воспроизведения единиц НИЭМП в диапазоне от 0,1 до 10,0 нс

8.2.2.2 Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов ступенчатой формы, напряженность электрического поля в рабочей зоне ПС-1 $E_{ПС.опр}$ равной 10 кВ/м и воспроизводят импульсы электромагнитного поля в эталоне. Регистрируют с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D импульсы на выходе канала и определяют маркерами осциллографа среднее значение амплитуды импульса напряжения V_{cp} . В (см. рисунок 2).

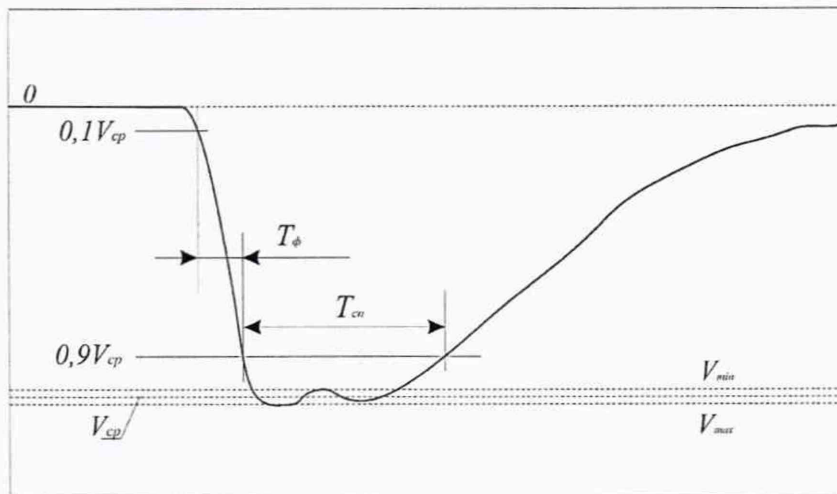


Рисунок 2 – Эпюра напряжения на выходе преобразователя при определении метрологических характеристик

8.2.2.3 Вычисляют значение коэффициента преобразования $K_{пр}$, $V \cdot V^{-1} \cdot м$, канала напряженности импульсного электрического поля по формуле (1):

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

8.2.3 Опробование измерительного канала напряженности импульсного магнитного поля с первичным преобразователем Н-d50-в

8.2.3.1 Соединяют выходной разъем первичного преобразователя напряженности импульсного магнитного поля Н-d50-в с входным разъемом передающего блока. Открывают крышку приемного блока, вставляют в соответствии с РЭ в него сменный РС-модуль Н-4, соответствующий диапазону Н-4 измерений напряженности импульсного магнитного поля, и закрывают крышку. Соединяют, соблюдая маркировку, при помощи двойной оптоволоконной линией ДОЛ, оптические разъемы передающего блока с соответствующими оптическими разъемами приемного блока. Надевают на приемный блок дополнительный экран и закрепляют его на держателе с оптическим изолятором. Устанавливают (см. рисунок 1) собранные элементы измерительного канала в центр рабочей зоны №1 с межэлектродным зазором $d_m = 0,48$ м полеобразующей системы ПС-1 из состава ГПСЭ 0,1/10,0 в соответствии с нанесенной маркировкой, таким образом, чтобы импульсы на выходе канала имели положительную полярность при воздействующих импульсах поля положительной полярности. С помощью соединительных радиочастотных кабелей К1 и К2 соединяют выход приемного блока с входом запоминающего осциллографа Tektronix TDS 784D, которые располагают в экранированной кабине из состава ГПСЭ 0,1/10,0. Устанавливают на осциллографе входное сопротивление 50 Ом. Переводят измерительный канал, в соответствии с РЭ на него, в рабочий режим измерения напряженности импульсного магнитного поля.

8.2.3.2 Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов ступенчатой формы, напряженность магнитного поля в рабочей зоне ПС-1 $H_{ПС.опр}$ равной 10 А/м и воспроизводят импульсы электромагнитного поля в эталоне. Регистрируют с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D импульсы на выходе канала и определяют маркерами осциллографа среднее значение амплитуды импульса напряжения V_{cp} , В (см. рисунок 2).

Вычисляют значение коэффициента преобразования $K_{пр}$, В·А⁻¹·м, канала напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем Н-d50-в аналогично по формуле (1).

8.2.4 Опробование измерительного канала напряженности импульсного магнитного поля с первичным преобразователем Н-d10-в

8.2.4.1 Соединяют выходной разъем первичного преобразователя напряженности импульсного магнитного поля Н-d10-в с входным разъемом передающего блока. Открывают крышку приемного блока, вставляют в соответствии с РЭ в него сменный РС-модуль Н-3, соответствующий диапазону Н-3 измерений напряженности импульсного магнитного, и закрывают крышку. Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов ступенчатой формы, а напряженность магнитного поля в рабочей зоне ПС-1 $H_{ПС.опр}$ равной 50 А/м.

8.2.4.2 Производят действия аналогично пп. с 8.2.3.1 по 8.2.3.2 и вычисляют значение коэффициента преобразования $K_{пр}$, В·А⁻¹·м, канала напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем Н-d10-в аналогично по формуле (1).

8.2.5 Каналы признаются прошедшими операцию поверки, если вычисленные значение коэффициентов преобразования отличаются от указанных в паспорте значений не более чем на ± 15 %.

8.2.6 В случае, если вычисленные значение коэффициентов преобразования отличаются от указанных в паспорте значений более чем на ± 15 %, то проводят анализ полученных результатов, определяют перечень возможных неисправностей и в соответствии с рекомендациями РЭ проводят работы по их устранению, а также, при необходимости, 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 Измерительный канал напряженности импульсного электрического поля с преобразователем E-d50-в

8.3.1.1.1 Производят соединение составных частей канала в соответствии с 8.2.2. Перед проведением измерений включают, в соответствии с РЭ на канал, режим внутренней калибровки, регистрируют импульс калибровки и при помощи маркеров осциллографа определяют максимальное значение амплитуды $U_{\text{кал}}, \text{В}$, импульса калибровки.

8.3.1.1.2 Переводят канал в рабочий режим и устанавливают, используя сменный РС-модуль, один из амплитудных диапазонов измерений: E-3, E-2 или E-1. В соответствии с установленным амплитудным диапазоном, определяют значения напряженностей импульсного электрического поля $E_{\text{ПС1}}, E_{\text{ПС2}}, E_{\text{ПС3}}, \text{В/м}$, при которых проводятся измерения значений коэффициента преобразования. Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов электромагнитного поля, при котором значение воспроизводимой напряженности импульсного электрического поля в месте расположения преобразователя E-d50-в соответствует выбранному значению $E_{\text{ПС1}}, \text{В/м}$. Воспроизводят импульсы поля в ГПСЭ 0,1/10,0 и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D регистрацию импульсов на выходе канала.

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

8.3.1.1.3 Измерения по п.8.3.1.1.2 производят $n = 10$ раз и вычисляют средние арифметические значения $\bar{V}_{\text{max}}, \text{В}$ и $\bar{V}_{\text{min}}, \text{В}$, по формулам (2) и (3):

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

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

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

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

Относительную погрешность $\Theta_{\text{нер.вер1}}, \%$, обусловленную неравномерностью вершины импульса на выходе канала, определяют по формуле (4):

$$\Theta_{\text{нер.вер1}} = 100 \% \cdot (\bar{V}_{\text{max}} - \bar{V}_{\text{min}}) / (\bar{V}_{\text{max}} + \bar{V}_{\text{min}}). \quad (4)$$

8.3.1.1.4 Значение коэффициента преобразования канала, $K_{\text{пр1}}, \text{В} \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{м}$, в первой точке установленного диапазона измерений определяют по формуле (5):

$$K_{\text{пр1}} = \frac{(\bar{V}_{\text{max}} + \bar{V}_{\text{min}})}{2 \cdot E_{\text{ПС1}}} \quad (5)$$

8.3.1.1.5 Вычисляют средние квадратические отклонения (СКО) $S(\bar{V}_{\text{max}}), \text{В}$, по формуле (6) и $S(\bar{V}_{\text{min}}), \text{В}$, по формуле (7), измерений максимального $V_{\text{max}}, \text{В}$ и минимального $V_{\text{min}}, \text{В}$, значений напряжения на выходе канала и получают оценку СКО коэффициента преобразования $S(K_{\text{пр1}}), \%$, по формуле (8):

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

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

$$S(K_{np1}) = \sqrt{S(\bar{V}_{\max})^2 + S(\bar{V}_{\min})^2}. \quad (8)$$

8.3.1.1.6 Доверительные границы случайной составляющей погрешности измерений коэффициента преобразования канала (без учета знака), ε_{Knp1} , %, при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 10$ находят по формуле (9):

$$\varepsilon_{Knp1} = 2,262 \cdot S(K_{np1}). \quad (9)$$

8.3.1.1.7 Повторяют измерения по 8.3.1.1.2 – 8.3.1.1.6, устанавливая последовательно значения $E_{пс2}$ и $E_{пс3}$, В/м, напряженности импульсного электрического поля, воспроизводимого в ГПСЭ 0,1/10,0 и определяют:

- по формуле (4) погрешности, обусловленные паразитными колебаниями на вершине импульса напряжения на выходе преобразователя: $\Theta_{\text{нер.вер}2}$, $\Theta_{\text{нер.вер}3}$, %;
- по формуле (5) значения коэффициентов преобразования: K_{np2} , K_{np3} , В·В⁻¹·м;
- по формуле (8) значения СКО: $S(K_{np2})$, $S(K_{np3})$, %;
- по формуле (9) значения: ε_{Knp2} , ε_{Knp3} , %.

Из полученных величин: $\{\Theta_{\text{нер.вер}1}, \Theta_{\text{нер.вер}2}, \Theta_{\text{нер.вер}3}\}$, $\{S(K_{np1}), S(K_{np2}), S(K_{np3})\}$, $\{\varepsilon_{Knp1}, \varepsilon_{Knp2}, \varepsilon_{Knp3}\}$ выбирают максимальные значения: $\Theta_{\text{нер.вер}}$, %, $S(K_{np})$, %, и ε_{Knp} , %.

8.3.1.1.8 Коэффициент преобразования K_{np} , В·В⁻¹·м, в установленном диапазоне измерений для положительной полярности выходного сигнала канала определяют по формуле (10):

$$K_{np} = \frac{(K_{np \max} + K_{np \min})}{2}, \quad (10)$$

где $K_{np \min}$ и $K_{np \max}$ – максимальное и минимальное значения коэффициента преобразования канала, которые выбирают из $\{K_{np1}, K_{np2}, K_{np3}\}$.

Нелинейность коэффициента преобразования канала определяют по формуле (11):

$$\Theta_{Knp} = \frac{(K_{np \max} - K_{np \min})}{(K_{np \max} + K_{np \min})} \cdot 100\%. \quad (11)$$

8.3.1.1.9 Вычисления с пп. 8.3.1.1.2 по 8.3.1.1.8 проводят для определения отрицательной полярности выходного сигнала канала и определяют: $K_{np.отр}$, В·В⁻¹·м, $\Theta_{\text{нер.вер.отр}}$, %, $S(K_{np.отр})$, %, $\varepsilon_{Knp.отр}$, %, $\Theta_{Knp.отр}$, %.

8.3.1.1.10 Проводят аналогичные вычисления с пп. 8.3.1.1.2 по 8.3.1.1.9 для остальных амплитудных диапазонов измерений канала.

8.3.1.1.11 Канал признается прошедшим операцию проверки, если вычисленные значения коэффициентов преобразования для каждого из диапазонов измерений с преобразователем E-d50-в соответствуют таблице 4.

Таблица 4 – Значения коэффициентов преобразования с преобразователем E-d50-в

Диапазон	Значение, В·В ⁻¹ ·м
E-3	от 8,5·10 ⁻⁵ до 1,3·10 ⁻⁴
E-2	от 1,8·10 ⁻⁵ до 2,6·10 ⁻⁵
E-1	от 3,6·10 ⁻⁶ до 5,2·10 ⁻⁶

8.3.1.2 Измерительный канал напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем H-d50-в

8.3.1.2.1 Производится соединение составных частей канала в соответствии с 8.2.3. Перед проведением измерений включают, в соответствии с РЭ на канал, режим внутренней калибровки, регистрируют импульс калибровки и при помощи маркеров осциллографа определяют максимальное значение амплитуды $U_{\text{кал}}$, В, импульса калибровки.

8.3.1.2.2 Переводят канал в рабочий режим и устанавливают один из амплитудных диапазонов измерений: Н-6, Н-5 или Н-4. В соответствии с установленным диапазоном, определяют значения напряженностей импульсного магнитного поля $H_{\text{пс1}}$, $H_{\text{пс2}}$, $H_{\text{пс3}}$, А/м, при которых проводятся измерения значений коэффициента преобразования. Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов электромагнитного поля, при котором значение воспроизводимой напряженности импульсного магнитного поля в месте расположения преобразователя H-d50-в соответствует выбранному значению $H_{\text{пс1}}$, А/м. Воспроизводят импульсы поля в ГПСЭ 0,1/10,0 и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D 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).

8.3.1.2.3 Измерения по п.8.3.1.2.2 производят $n = 10$ раз и вычисляют средние арифметические значения \bar{V}_{max} , В и \bar{V}_{min} , В, по формулам (2) и (3).

Относительную погрешность $\Theta_{\text{нер.вер1}}$, %, обусловленную неравномерностью вершины импульса на выходе канала, определяют по формуле (4).

8.3.1.2.4 Значение коэффициента преобразования канала, $K_{\text{пр1}}$, В·А⁻¹·м, в первой точке установленного диапазона измерений определяют аналогично по формуле (5).

8.3.1.2.5 Вычисляют средние квадратические отклонения (СКО) $S(\bar{V}_{\text{max}})$, В, и $S(\bar{V}_{\text{min}})$, В, измерений максимального V_{max} , В, и минимального V_{min} , В, значений напряжения на выходе канала и получают оценку СКО коэффициента преобразования $S(K_{\text{пр1}})$, %, по формулам с (6) по (8).

8.3.1.2.6 Доверительные границы случайной составляющей погрешности измерений коэффициента преобразования канала (без учета знака), $\varepsilon_{K_{\text{пр1}}}$, %, при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 10$ находят по формуле (9).

8.3.1.2.7 Повторяют измерения с пп. 8.3.1.2.2 по 8.3.1.2.6, устанавливая последовательно значения $H_{\text{пс2}}$ и $H_{\text{пс3}}$, А/м, напряженности импульсного магнитного поля, воспроизводимого в ГПСЭ 0,1/10,0, и определяют:

- по формуле (4) погрешности, обусловленные паразитными колебаниями на вершине импульса напряжения на выходе преобразователя: $\Theta_{\text{нер.вер2}}$, $\Theta_{\text{нер.вер3}}$, %;
- по формуле (5) значения коэффициентов преобразования: $K_{\text{пр2}}$, $K_{\text{пр3}}$, В·А⁻¹·м;
- по формуле (8) значения СКО: $S(K_{\text{пр2}})$, $S(K_{\text{пр3}})$, %;
- по формуле (9) значения: $\varepsilon_{K_{\text{пр2}}}$, $\varepsilon_{K_{\text{пр3}}}$, %.

Из полученных величин: $\{\Theta_{\text{нер.вер1}}, \Theta_{\text{нер.вер2}}, \Theta_{\text{нер.вер3}}\}$, $\{S(K_{\text{пр1}}), S(K_{\text{пр2}}), S(K_{\text{пр3}})\}$, $\{\varepsilon_{K_{\text{пр1}}}, \varepsilon_{K_{\text{пр2}}}, \varepsilon_{K_{\text{пр3}}}\}$ выбирают максимальные значения: $\Theta_{\text{нер.вер}}$, %, $S(K_{\text{пр}})$, %, и $\varepsilon_{K_{\text{пр}}}$, %.

8.3.1.2.8 Коэффициент преобразования $K_{\text{пр}}$, В·А⁻¹·м, в установленном диапазоне измерений для положительной полярности выходного сигнала канала определяют по

формуле (10), где $K_{\text{прmin}}$ и $K_{\text{прmax}}$ – максимальное и минимальное значения коэффициента преобразования канала, которые выбирают из $\{K_{\text{пр1}}, K_{\text{пр2}}, K_{\text{пр3}}\}$ по 8.3.1.2.7.

Нелинейность коэффициента преобразования канала определяют по формуле (11).

8.3.1.2.9 Вычисления с пп. 8.3.1.2.2 по 8.3.1.2.8 проводят для определения отрицательной полярности выходного сигнала канала и определяют: $K_{\text{пр.отр}}$, $V \cdot A^{-1} \cdot м$, $\Theta_{\text{нер.вер.отр}}$, %, $S(K_{\text{пр.отр}})$, %, $\varepsilon_{K_{\text{пр.отр}}}$, %, $\Theta_{K_{\text{пр.отр}}}$, %.

8.3.1.2.10 Проводят аналогичные вычисления с пп. 8.3.1.2.2 по 8.3.1.2.9 для остальных диапазонов измерений канала.

8.3.1.2.11 Канал признается прошедшим операцию поверки, если вычисленные значения коэффициентов преобразования для каждого из диапазонов измерений с преобразователем Н-d50-в соответствуют таблице 5.

Таблица 5 – Значения коэффициентов преобразования с преобразователем Н-d50-в

Диапазон	Значение, $V \cdot A^{-1} \cdot м$
Н-6	от 1,5 до 2,3
Н-5	от $3,0 \cdot 10^{-1}$ до $4,6 \cdot 10^{-1}$
Н-4	от $6,1 \cdot 10^{-2}$ до $9,2 \cdot 10^{-2}$

8.3.1.3 Измерительный канал напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем Н-d10-в

8.3.1.3.1 Производится соединение составных частей канала в соответствии с 8.2.4. Перед проведением измерений включают, в соответствии с РЭ на канал, режим внутренней калибровки, регистрируют импульс калибровки и при помощи маркеров осциллографа определяют максимальное значение амплитуды $U_{\text{кал}}$, В, импульса калибровки.

8.3.1.3.2 Переводят канал в рабочий режим и устанавливают один из амплитудных диапазонов измерений: Н-3, Н-2 или Н-1 и проводят измерения аналогично с пп. 8.3.1.2.2 по 8.3.1.2.10.

8.3.1.3.3 Канал признается прошедшим операцию поверки, если вычисленные значения коэффициентов преобразования для каждого из диапазонов измерений с преобразователем Н-d10-в соответствуют таблице 6.

Таблица 6 – Значения коэффициентов преобразования с преобразователем Н-d10-в

Диапазон	Значение, $V \cdot A^{-1} \cdot м$
Н-3	от $1,1 \cdot 10^{-2}$ до $1,6 \cdot 10^{-2}$
Н-2	от $2,2 \cdot 10^{-3}$ до $3,3 \cdot 10^{-3}$
Н-1	от $4,3 \cdot 10^{-4}$ до $5,3 \cdot 10^{-4}$

8.3.2 Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования

8.3.2.1 Доверительные границы $\varepsilon_{K_{\text{пр}}}$, %, случайной составляющей погрешности коэффициента преобразования в предположении о нормальном распределении результатов измерений входящих величин при доверительной вероятности $P=0,95$ и числе измерений $n = 10$ в выбранном диапазоне измерений для положительной полярности выходного сигнала преобразователя принимаются равными значению, полученному в 8.3.1.1.10 для преобразователя Е-d50-в, в 8.3.1.2.10 для преобразователя Н-d50-в и в 8.3.1.3.2 для преобразователя Н-d10-в.

8.3.2.2 Доверительные границы $\Theta_{K_{\text{пр}}}$, %, неисключенной систематической составляющей погрешности коэффициента преобразования при доверительной вероятности $P=0,95$ и поправочном коэффициенте $k = 1,1$ в каждом диапазоне измерений для положительной полярности выходного сигнала определяют по формуле (12):

$$\Theta_{K_{\text{пр}}} = 1,1 \sqrt{\Theta_{\text{ГПСЭ0,1/10,0}}^2 + \Theta_{V_{\text{max}}}^2 + \Theta_{V_{\text{min}}}^2 + \Theta_{\text{нер.вер}}^2 + \Theta_{K_{\text{пр}}}^2 + \Theta_{\text{уст}}^2}, \quad (12)$$

где $\Theta_{\text{ГПСЭ}0,1/10,0}$ – неисключенная систематическая погрешность воспроизведения единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей в ГПСЭ 0,1/10,0 (в соответствии с паспортом и технической документацией), %;

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

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

$\Theta_{\text{нер.вер}}$ – относительная погрешность, обусловленная неравномерностью вершины импульса на выходе канала, полученная в 8.3.1.1.10 для преобразователя Е-d50-в; в 8.3.1.2.10 для преобразователя Н-d50-в и в 8.3.1.3.2 для преобразователя Н-d10-в, %;

$\Theta_{\text{Кнр}}$ – нелинейность коэффициента преобразования канала, полученная в 8.3.1.1.10 для преобразователя Е-d50-в, в 8.3.1.2.10 для преобразователя Н-d50-в и в 8.3.1.3.2 для преобразователя Н-d10-в, %;

$\Theta_{\text{уст}}$ – относительная погрешность, обусловленная неточностью установки преобразователей Е-d50-в, Н-d50-в и Н-d10-в в рабочей зоне полеобразующей системы из состава ГПСЭ 0,1/10,0 (в соответствии с паспортом и технической документацией), %.

8.3.2.3 Доверительные границы относительной погрешности коэффициента преобразования в каждом диапазоне измерений для положительной полярности выходного сигнала канала для преобразователей Е-d50-в, Н-d50-в и Н-d10-в вычисляют по полученным значениям случайной и неисключенной систематической погрешности в соответствии с ГОСТ 8.736-2011 по формуле (13):

$$\delta_{\text{Кнр}} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (13)$$

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

S_{Σ} – суммарное среднее квадратическое отклонение измерения коэффициента преобразования, %, определяемое по формуле (14):

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S(K_{\text{нр}})^2}, \quad (14)$$

где S_{Θ} – СКО неисключенной систематической погрешности измерений коэффициента преобразования, %, вычисляемое по формуле (15):

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\text{Кнр}}}{1,1\sqrt{3}}. \quad (15)$$

Коэффициент K вычисляют по формуле (16):

$$K = \frac{\varepsilon_{\text{Кнр}} + \Theta_{\text{Кнр}}}{S(K_{\text{нр}}) + S_{\Theta}}. \quad (16)$$

8.3.2.4 Проводят вычисления с пп. 8.3.2.1 по 8.3.2.3 в выбранном диапазоне измерений для отрицательной полярности выходного сигнала канала для преобразователей Е-d50-в, Н-d50-в и Н-d10-в и определяют значение $\delta_{\text{Кнр.отр}}$, %.

8.3.2.5 Вычисления с пп. 8.3.2.1 по 8.3.2.4 проводят для остальных диапазонов измерений канала для преобразователей Е-d50-в, Н-d50-в и Н-d10-в.

8.3.2.6 Канал признается прошедшим операцию поверки, если значения относительной погрешности коэффициента преобразования для положительной и отрицательной полярностей выходного сигнала во всех диапазонах измерений для преобразователей Е-d50-в, Н-d50-в и Н-d10-в не превышают установленных пределов ± 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 Измерительный канал напряженности импульсного электрического поля с преобразователем E-d50-в

8.3.3.1.1 Проводят измерения по 8.3.1.1, устанавливая с помощью сменного модуля E-3 амплитудный диапазон измерений напряженности импульсного электрического поля преобразователя E-3 и переводят канал в рабочий режим. В соответствии с установленным диапазоном, определяют значение напряженности импульсного электрического поля $E_{П.н.ПХ}$, В/м, при котором проводятся измерения времени нарастания переходной характеристики (ПХ) между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды. Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов электромагнитного поля, при котором значение воспроизводимой напряженности импульсного электрического поля в месте расположения преобразователя E-d50-в соответствует выбранному значению $E_{П.н.ПХ}$, В/м. Воспроизводят импульсы поля в эталоне и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D регистрацию импульсов на выходе канала.

По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа определяют установившееся (среднее) значение амплитуды импульса напряжения $V_{ср}$, В (см. рисунок 2) и определяют длительность фронта $T_{ф_i}$, нс, $i=1$, зарегистрированного импульса между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе канала.

Время нарастания $T_{н.ПХ.i}$, нс, ПХ канала между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды вычисляют по формуле (17):

$$T_{н.ПХ.i} = \sqrt{T_{ф_i}^2 - T_{фр.ГПСЭ0,1/10,0}^2 - T_{н.ПХ.осц}^2}, \quad (17)$$

где $T_{ф_i}$ – зарегистрированное значение длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе канала, нс;

$T_{фр.ГПСЭ0,1/10,0}$ – длительность фронта воспроизводимых импульсов напряженностей импульсных электрического и магнитного полей в ГПСЭ 0,1/10,0 между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды (в соответствии с паспортом и технической документацией), нс;

$T_{н.ПХ.осц}$ – время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения осциллографа Tektronix TDS 784D (в соответствии со свидетельством о поверке), нс.

8.3.3.1.2 Проводят измерения по п. 8.3.3.1.1 последовательно проводят десять раз и по формуле (17) определяют для каждого измерения время нарастания $T_{н.ПХ.i}$, нс, переходной характеристики канала между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, $i = 1 \dots 10$.

8.3.3.1.3 Вычисляют среднее арифметическое значение $\bar{T}_{н.ПХ}$, нс, времени нарастания ПХ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды канала по 10 измерениям по формуле (18):

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

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

n – количество измерений.

8.3.3.1.4 Проводят аналогичные вычисления с пп. 8.3.3.1.1 по 8.3.3.1.3 в выбранном диапазоне измерений для отрицательной полярности выходного сигнала канала и определяют значение $\bar{T}_{н.ПХ,отр}$, нс.

8.3.3.1.5 Вычисления с пп. 8.3.3.1.1 по 8.3.3.1.4 проводят для диапазонов измерений E-2 и E-1 канала с преобразователем E-d50-в, используя сменные модули E-2 и E-1 соответственно.

8.3.3.2 Измерительный канал напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем Н-d50-в

8.3.3.2.1 Проводят измерения по 8.3.1.2, устанавливают с помощью сменного модуля Н-6 амплитудный диапазон измерений напряженности импульсного магнитного поля преобразователя Н-6 и переводят канал в рабочий режим. В соответствии с установленным диапазоном, определяют значение напряженности импульсного магнитного поля $H_{ПС.н.ПХ}$, А/м, при котором проводятся измерения времени нарастания ПХ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды. Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов электромагнитного поля, при котором значение воспроизводимой напряженности импульсного магнитного поля в месте расположения преобразователя Н-d50-в соответствует выбранному значению $H_{ПС.н.ПХ}$, А/м. Воспроизводят импульсы поля в эталоне и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D регистрацию импульсов на выходе канала.

По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа определяют установившееся (среднее) значение амплитуды импульса напряжения $V_{ср}$, В (см. рисунок 2) и определяют длительность фронта $T_{ф_i}$, нс, $i=1$, зарегистрированного импульса между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе канала.

Время нарастания $T_{н.ПХ.i}$, нс, ПХ канала между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды вычисляют по формуле (17).

8.3.3.2.2 Измерения по 8.3.3.2.1 последовательно проводят десять раз и по формуле (17) определяют для каждого измерения время нарастания $T_{н.ПХ.i}$, нс, переходной характеристики канала между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, $i = 1...10$.

8.3.3.2.3 Вычисляют среднее арифметическое значение $\bar{T}_{н.ПХ}$, нс, времени нарастания ПХ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды канала по 10 измерениям по формуле (18).

8.3.3.2.4 Проводят аналогичные вычисления с пп. 8.3.3.2.1 по 8.3.3.2.3 в выбранном диапазоне измерений для отрицательной полярности выходного сигнала канала и определяют значение $\bar{T}_{н.ПХ,отр}$, нс.

8.3.3.2.5 Измерения с пп. 8.3.3.2.1 по 8.3.3.2.4 проводят для диапазонов измерений Н-5 и Н-4 канала с преобразователем Н-d50-в, используя сменные модули Н-5 и Н-4 соответственно.

8.3.3.3 Измерительный канал напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем Н-d10-в

8.3.3.3.1 Аналогичные вычисления с пп. 8.3.3.2.1 по 8.3.3.2.4 проводят для диапазонов измерений Н-3, Н-2 и Н-1 канала с преобразователем Н-d10-в, используя сменные модули Н-3, Н-2 и Н-1 соответственно.

8.3.3.4 Канал признается прошедшим операцию поверки, если значение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды для положительной и отрицательной полярностей выходного сигнала во всех диапазонах измерений канала для преобразователей Е-d50-в, Н-d50-в и Н-d10-в находятся в диапазоне от 4 до 30 нс.

8.3.4 Определение времени спада переходной характеристики по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды

8.3.4.1 Измерительный канал напряженности импульсного электрического поля с преобразователем Е-d50-в

8.3.4.1.1 Проводят измерения по 8.3.1.1, устанавливают с помощью сменного модуля Е-3 амплитудный диапазон измерений напряженности импульсного электрического поля преобразователя Е-3 и переводят канал в рабочий режим. В соответствии с установленным диапазоном, определяют значение напряженности импульсного электрического поля $E_{ПС.сп.ПХ}$, В/м, при котором проводятся измерения времени спада ПХ по уровню 0,9 от

установившегося значения амплитуды. Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов электромагнитного поля, при котором значение воспроизводимой напряженности импульсного электрического поля в месте расположения преобразователя E-d50-в соответствует выбранному значению $E_{ПС.сн.ПХ}$, В/м. Воспроизводят импульсы поля в эталоне и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D регистрацию импульсов на выходе канала.

По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа определяют установившееся (среднее) значение амплитуды импульса напряжения $V_{ср}$, В (см. рисунок 2) и определяют время спада $T_{сн_i}$, мкс, $i=1$, по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды импульса на выходе канала.

8.3.4.1.2 Измерения по п. 8.3.4.1.1 последовательно проводят десять раз и определяют для каждого измерения время спада по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды импульсов напряжения на выходе канала $T_{сн_i}$, мкс, $i = 1...10$.

8.3.4.1.3 Вычисляют среднее арифметическое значение времени спада по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды ПХ канала по 10 измерениям, $\bar{T}_{сн}$, мкс, по формуле (19):

$$\bar{T}_{сн} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{сн_i}, \quad (19)$$

где $T_{сн_i}$ - i -ый результат измерений, мкс;

n - количество измерений.

Полученную величину $\bar{T}_{сн}$, мкс, принимают за значение $T_{сн.ПХ}$, мкс, времени спада ПХ канала по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды.

8.3.4.1.4 Проводят аналогичные вычисления с пп. 8.3.4.1.1 по 8.3.4.1.3 в выбранном диапазоне измерений для отрицательной полярности выходного сигнала канала и определяют значение $T_{сн.ПХ.отр}$, мкс.

8.3.4.1.5 Действия пп. с 8.3.4.1.1 по 8.3.4.1.4 проводят для диапазонов измерений E-2 и E-1 канала с преобразователем E-d50-в, используя сменные модули E-2 и E-1 соответственно.

8.3.4.2 Измерительный канал напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем H-d50-в

8.3.4.2.1 Проводят измерения по 8.3.1.2, устанавливают с помощью сменного модуля H-6 амплитудный диапазон измерений напряженности импульсного магнитного поля преобразователя H-6 и переводят канал в рабочий режим. В соответствии с установленным диапазоном, определяют значение напряженности импульсного магнитного поля $H_{ПС.сн.ПХ}$, А/м, при котором проводятся измерения времени спада ПХ по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды. Устанавливают в ГПСЭ 0,1/10,0 режим воспроизведения импульсов электромагнитного поля, при котором значение воспроизводимой напряженности импульсного магнитного поля в месте расположения преобразователя H-d50-в соответствует выбранному значению $H_{ПС.сн.ПХ}$, А/м. Воспроизводят импульсы поля в эталоне и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D регистрацию импульсов на выходе канала.

По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа определяют установившееся (среднее) значение амплитуды импульса напряжения $V_{ср}$, В (см. рисунок 2) и определяют время спада $T_{сн_i}$, мкс, $i=1$, по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды импульса на выходе канала.

8.3.4.2.2 Измерения по п. 8.3.4.2.1 последовательно проводят десять раз и определяют для каждого измерения время спада по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды импульсов напряжения на выходе канала $T_{сн_i}$, мкс, $i = 1...10$.

8.3.4.2.3 Вычисляют среднее арифметическое значение времени спада по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды ПХ канала по 10 измерениям, $\bar{T}_{сн}$, мкс, по формуле (19).

Полученную величину $\bar{T}_{сп}$, мкс, принимают за значение $T_{сп.ПХ}$, мкс, времени спада ПХ канала по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды.

8.3.4.2.4 Проводят аналогичные вычисления с пп. 8.3.4.2.1 по 8.3.4.2.3 в выбранном диапазоне измерений для отрицательной полярности выходного сигнала канала и определяют значение $T_{сп.ПХ.отр}$, мкс.

8.3.4.2.5 Действия пп. с 8.3.4.2.1 по 8.3.4.2.4 проводят для диапазонов измерений Н-5 и Н-4 канала с преобразователем Н-d50-в, используя сменные модули Н-5 и Н-4 соответственно.

8.3.4.3 Измерительный канал напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем Н-d10-в

8.3.4.3.1 Аналогичные вычисления с пп. 8.3.4.2.1 по 8.3.4.2.4 проводят для диапазонов измерений Н-3, Н-2 и Н-1 канала с преобразователем Н-d10-в, используя сменные модули Н-3, Н-2 и Н-1 соответственно.

8.3.4.4 Канал признается прошедшим операцию поверки, если значение времени спада переходной характеристики по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды для положительной и отрицательной полярностей выходного сигнала во всех диапазонах измерений канала для преобразователей Е-d50-в, Н-d50-в и Н-d10-в находятся в диапазоне от 400 до 1200 мкс.

8.3.5 Расчет относительной погрешности измерений временных интервалов

8.3.5.1 Доверительные границы $\Theta_{н.ПХ}$, %, относительной погрешности измерений времени нарастания ПХ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды при доверительной вероятности $P = 0,95$ (без учета знака) для положительной и отрицательной полярностей выходного сигнала во всех диапазонах измерений канала для преобразователей Е-d50-в, Н-d50-в и Н-d10-в определяют по формуле (20):

$$\Theta_{н.ПХ} = 1,1\sqrt{\Theta_{фр.ГПСЭ0,1/10,0}^2 + \Theta_{осц.V}^2 + \Theta_{осц.T}^2}, \quad (20)$$

где $\Theta_{фр.ГПСЭ0,1/10,0}$ – относительная погрешность воспроизведения длительности фронта импульсов электромагнитного поля в ГПСЭ 0,1/10,0 (в соответствии с паспортом и технической документацией), %;

$\Theta_{осц.V} = 1,0$ % – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении амплитуды импульсов напряжения в установившемся режиме на выходе канала;

$\Theta_{осц.T} = 1,0$ % – 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 канала.

Доверительные границы $\Theta_{сп.ПХ}$, %, относительной погрешности измерений времени спада ПХ на уровне 0,9 от установившегося значения амплитуды при доверительной вероятности $P = 0,95$ (без учета знака) для положительной и отрицательной полярностей выходного сигнала во всех диапазонах измерений канала для преобразователей Е-d50-в, Н-d50-в и Н-d10-в определяют по формуле (21):

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

где $\Theta_{сп.ГПСЭ0,1/10,0}$ – относительная погрешность воспроизведения постоянной времени спада по уровню 0,37 (длительности импульсов по уровню 0,5 для ПС-2) электромагнитного поля ГПСЭ 0,1/10,0 (в соответствии с технической документацией), %;

$\Theta_{осц.V} = 1,0$ % – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении амплитуды импульсов напряжения в установившемся режиме на выходе канала;

$\Theta_{\text{осц.Т}} = 1,0 \%$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении постоянной времени спада по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды на выходе канала.

8.3.5.2 Относительную погрешность $\Theta_{\text{вр.ПХ}}$, %, измерений временных интервалов при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле (22):

$$\Theta_{\text{вр.ПХ}} = \sqrt{\Theta_{\text{н.ПХ}}^2 + \Theta_{\text{сп.ПХ}}^2}, \quad (22)$$

8.3.5.3 Канал признается прошедшим операцию поверки, если значения относительной погрешности измерений временных интервалов для положительной и отрицательной полярностей выходного сигнала во всех диапазонах измерений канала для преобразователей E-d50-в, H-d50-в и H-d10-в не превышают установленных пределов $\pm 15 \%$.

8.3.6 Расчет диапазонов измерений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей

8.3.6.1 Измерительный канал напряженности импульсного электрического поля с преобразователем E-d50-в

8.3.6.1.1 Нижнюю границу $E_{\text{Зниж.гр}}$, $\text{В}\cdot\text{м}^{-1}$, диапазона измерений E-3 напряженности импульсного электрического поля канала определяют по формуле (23):

$$E_{\text{Зниж.гр}} = \frac{U_{\text{вых.Пр.бл.мин}}}{K_{\text{пр.Е-3}}}, \quad (23)$$

где $U_{\text{вых.Пр.бл.мин}}$ – минимальная амплитуда выходного напряжения приемного блока, соответствующая минимальному значению измеряемой величины (в соответствии с РЭ на канал), В;

$K_{\text{пр.Е-3}}$ – значение коэффициента преобразования, рассчитанного в соответствии с 8.3.1.1 для диапазона измерений E-3 напряженности импульсного электрического поля, $\text{В}\cdot\text{В}^{-1}\cdot\text{м}$.

Верхнюю границу $E_{\text{Зверх.гр}}$, $\text{В}\cdot\text{м}^{-1}$, диапазона измерений E-3 напряженности импульсного электрического поля канала определяют по формуле (24):

$$E_{\text{Зверх.гр}} = \frac{U_{\text{вых.Пр.бл.макс}}}{K_{\text{пр.Е-3}}}, \quad (24)$$

где $U_{\text{вых.Пр.бл.макс}}$ – максимальная амплитуда выходного напряжения приемного блока, соответствующая максимальному значению измеряемой величины (в соответствии с РЭ на канал), В;

$K_{\text{пр.Е-3}}$ – значение коэффициента преобразования, рассчитанного в соответствии с 8.3.1.1 для диапазона измерений E-3 напряженности импульсного электрического поля, $\text{В}\cdot\text{В}^{-1}\cdot\text{м}$.

8.3.6.1.2 Расчет нижней и верхней границ диапазонов измерений E-2 и E-1 напряженности импульсного электрического поля канала проводят аналогично по 8.3.6.1.1.

8.3.6.1.3 Канал признается прошедшим операцию поверки, если расчетные значения диапазонов измерений напряженности импульсного электрического поля составляют не менее значений, указанных в таблице 7.

Значения диапазонов измерений канала принимаются равным значениям, указанным в таблице 7.

Таблица 7 – Диапазоны измерений напряженности импульсного электрического поля с преобразователем E-d50-в

Диапазон	Значение, В·м ⁻¹
E-3	± (от 3,6·10 ³ до 1,8·10 ⁴)
E-2	± (от 1,8·10 ⁴ до 9,0·10 ⁴)
E-1	± (от 9,0·10 ⁴ до 4,5·10 ⁵)

8.3.6.2 Измерительный канал напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем H-d50-в

8.3.6.2.1 Нижнюю границу $H_{6\text{ниж.гр}}$, А·м⁻¹, диапазона измерений H-6 напряженности импульсного магнитного поля канала определяют по формуле (25):

$$H_{6\text{ниж.гр}} = \frac{U_{\text{вых.Пр.бл.мин}}}{K_{\text{пр.Н-6}}}, \quad (25)$$

где $U_{\text{вых.Пр.бл.мин}}$ – минимальная амплитуда выходного напряжения приемного блока, соответствующая минимальному значению измеряемой величины (в соответствии с РЭ на канал), В;

$K_{\text{пр.Н-6}}$ – значение коэффициента преобразования, рассчитанного в соответствии с 8.3.1.2 для диапазона измерений H-6 напряженности импульсного магнитного поля, В·А⁻¹·м.

Верхнюю границу $H_{6\text{верх.гр}}$, А·м⁻¹, диапазона измерений H-6 напряженности импульсного магнитного поля канала определяют по формуле (26):

$$H_{6\text{верх.гр}} = \frac{U_{\text{вых.Пр.бл.макс}}}{K_{\text{пр.Н-6}}}, \quad (26)$$

где $U_{\text{вых.Пр.бл.макс}}$ – максимальная амплитуда выходного напряжения приемного блока, соответствующая максимальному значению измеряемой величины (в соответствии с РЭ на преобразователь), В;

$K_{\text{пр.Н-6}}$ – значение коэффициента преобразования, рассчитанного в соответствии с 8.3.1.2 для диапазона измерений H-6 напряженности импульсного магнитного поля, В·А⁻¹·м.

8.3.6.2.2 Расчет нижней и верхней границ диапазонов измерений H-5 и H-6 напряженности импульсного магнитного поля канала проводят аналогично по 8.3.6.2.1.

8.3.6.2.3 Канал признается прошедшим операцию поверки, если расчетные значения диапазонов измерений напряженности импульсного магнитного поля составляют не менее значений, указанных в таблице 8.

Значения диапазонов измерений канала принимаются равным значениям, указанным в таблице 8.

Таблица 8 – Диапазоны измерений напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем H-d50-в

Диапазон	Значение, А·м ⁻¹
H-6	± (от 2,0·10 ⁻¹ до 1,0)
H-5	± (от 1,0 до 5,0)
H-4	± (от 5,0 до 2,5·10)

8.3.6.3 Измерительный канал напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем H-d10-в

8.3.6.3.1 Расчет нижней и верхней границ диапазонов измерений H-3, H-2 и H-1 напряженности импульсного магнитного поля канала проводят аналогично по 8.3.6.2.1, при этом значения коэффициентов преобразования, принимаются равным значениям, рассчитанным в соответствии с 8.3.1.3.

8.3.6.3.2 Канал признается прошедшим операцию поверки, если расчетные значения диапазонов измерений напряженности импульсного магнитного поля составляют не менее значений, указанных в таблице 9.

Значения диапазонов измерений канала принимаются равным значениям, указанным в таблице 9.

Таблица 9 – Диапазоны измерений напряженности импульсного магнитного поля с преобразователем Н-d10-в

Диапазон	Значение, $A \cdot m^{-1}$
Н-3	\pm (от $2,5 \cdot 10$ до $1,4 \cdot 10^2$)
Н-2	\pm (от $1,4 \cdot 10^2$ до $7,0 \cdot 10^2$)
Н-1	\pm (от $7,0 \cdot 10^2$ до $3,5 \cdot 10^3$)

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты измерений заносятся в протокол (приложение А).

9.2 Каналы, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На них выдается свидетельство о поверке установленной формы и наносят знак поверки 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».

9.3 Каналы, прошедшие поверку с отрицательным результатом, признаются непригодными, не допускаются к применению. Свидетельство о предыдущей поверке и (или) оттиск поверительного клейма аннулируют и выписывают «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015.

Начальник лаборатории
ФГУП «ВНИИОФИ»



К.Ю. Сахаров

Ведущий научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»



О.В. Михеев

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Обязательное)
к Методике поверки МП 022.М12-19
«ГСИ. Каналы оптоэлектронные измерительные
ИКО-5-ЕН. Методика поверки»

ПРОТОКОЛ
первичной / периодической поверки
от «_____» _____ 20__ года

Средство измерений: Каналы оптоэлектронные измерительные ИКО-5-ЕН
(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 МП 022.М12-19 «ГСИ. Каналы оптоэлектронные измерительные ИКО-05-ЕН». Методика поверки», утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» « 14 » мая 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

Внешний осмотр _____.

Опробование _____.

Получены результаты поверки метрологических характеристик:

Характеристика	Результат	Требования методики поверки
Диапазоны измерений напряженности импульсного электрического поля, В·м ⁻¹ : – диапазон Е-3 (используется первичный преобразователь Е-d50-в и сменный модуль Е-3) – диапазон Е-2 (используется первичный преобразователь Е-d50-в и сменный модуль Е-2) – диапазон Е-1 (используется первичный преобразователь Е-d50-в и сменный модуль Е-1)		±(от 3,6·10 ³ до 1,8·10 ⁴) ±(от 1,8·10 ⁴ до 9,0·10 ⁴) ±(от 9,0·10 ⁴ до 4,5·10 ⁵)
Диапазоны измерений напряженности импульсного магнитного поля, А·м ⁻¹ : – диапазон Н-6 (используется первичный преобразователь Н-d50-в и сменный модуль Н-6) – диапазон Н-5 (используется первичный преобразователь Н-d50-в и сменный модуль Н-5)		±(от 2,0·10 ⁻¹ до 1,0) ±(от 1,0 до 5,0)

– диапазон Н-4 (используется первичный преобразователь Н-d50-в и сменный модуль Н-4)		\pm (от 5,0 до 25,0)
– диапазон Н-3 (используется первичный преобразователь Н-d10-в и сменный модуль Н-3)		\pm (от 25,0 до $1,4 \cdot 10^2$)
– диапазон Н-2 (используется первичный преобразователь Н-d10-в и сменный модуль Н-2)		\pm (от $1,4 \cdot 10^2$ до $7,0 \cdot 10^2$)
– диапазон Н-1 (используется первичный преобразователь Н-d10-в и сменный модуль Н-1)		\pm (от $7,0 \cdot 10^2$ до $3,5 \cdot 10^3$)
Коэффициент преобразования напряженности импульсного электрического поля ¹⁾ , В·В ⁻¹ ·м:		
– диапазон Е-3		от $8,5 \cdot 10^{-5}$ до $1,3 \cdot 10^{-4}$
– диапазон Е-2		от $1,8 \cdot 10^{-5}$ до $2,6 \cdot 10^{-5}$
– диапазон Е-1		от $3,6 \cdot 10^{-6}$ до $5,2 \cdot 10^{-6}$
Коэффициент преобразования напряженности импульсного магнитного поля ¹⁾ , В·А ⁻¹ ·м:		
– диапазон Н-6		от 1,5 до 2,3
– диапазон Н-5		от $3,0 \cdot 10^{-1}$ до $4,6 \cdot 10^{-1}$
– диапазон Н-4		от $6,1 \cdot 10^{-2}$ до $9,2 \cdot 10^{-2}$
– диапазон Н-3		от $1,1 \cdot 10^{-2}$ до $1,6 \cdot 10^{-2}$
– диапазон Н-2		от $2,2 \cdot 10^{-3}$ до $3,3 \cdot 10^{-3}$
– диапазон Н-1		от $4,3 \cdot 10^{-4}$ до $5,3 \cdot 10^{-4}$
Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования, %		± 10
Время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, нс		от 4 до 30
Время спада переходной характеристики по уровню 0,9 от установившегося значения амплитуды, мкс		от 400 до 1200
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений временных интервалов, %		± 15
¹⁾ Действительные значения коэффициентов преобразования определяются при проведении поверки.		

Рекомендации _____

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Исполнители: _____

подписи, ФИО, должность