

742

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ГЦИ СИ "Воентест"
32 ГНИИ МО РФ



В.Н. Храменков

« 21 » _____ 2004 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
Преобразователь импульсов силы тока
электростатического разряда измерительный ИП ЭР-400

Методика поверки

Мытищи 2004 г.

Настоящая методика поверки распространяется на средство измерений преобразователь импульсов силы тока электростатического разряда измерительный ИП ЭР-400 (ИП) и устанавливает методы и средства его первичной и периодических поверок при эксплуатации и после ремонта. ИП состоит из оптического преобразователя (ОП) конструктивно соединенным с первичным измерительным преобразователем (ПИП), фотоприемника БФП и оптической линии связи ОЛС. Межповерочный интервал три года.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операций	
		При первичной поверке	При периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Опробование	7.2	Да	Да
Определение коэффициента преобразования и погрешности коэффициента преобразования	7.3	Да	Да
Определение времени нарастания переходной характеристики	7.4	Да	Да
Определение длительности переходной характеристики	7.5	Да	Да

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Номер пункта документа по поверке	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки. Номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики	Рекомендуемые средства поверки
7.3, 7.4	<p>ГОСТ 8.540-93</p> <p>Диапазоны максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей, воспроизводимых эталоном при импульсах экспоненциальной формы (однократный режим) с длительностью фронта импульса не более 8 нс на уровне 0.1-0,9 от максимального значения и постоянной времени спада импульса не менее 150 мкс, составляют 10-200 кВ и 25-500 А/м. Диапазоны максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей, воспроизводимых эталоном при импульсах ступенчатой формы (однократный или периодический режимы) с длительностью от 10-100 нс на уровне 0,5 от максимального значения составляют:</p> <p>50-100 кВ/м и 130-250 А/м – при длительности фронта импульса не более 1,5 нс; 0,02-50 кВ/м и 0,05-130 А/м – при длительности фронта импульса не более 1,0 нс; 0,13-6,5 кВ/м и 0,35-17 А/м – при длительности фронта импульса не более 0,5 нс; 20-130 кВ/м и 0,35-17 А/м - при длительности фронта импульса не более 0,5 нс.</p> <p>Границы НСП не должны превышать: -при импульсах экспоненциальной формы: 1 % - для электрического поля; 2 % - для магнитного поля; -при импульсах ступенчатой формы: 3 % - для электрического поля в диапазоне 20-260 В/м; 3 % - для электрического поля в диапазоне 0,26-100 кВ/м; 4 % - для магнитного поля в диапазоне 0,05-0,7 А/м; 6 % - для магнитного поля в диапазоне 0,7-250 А/м.</p>	Государственный специальный эталон единиц максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей ГЭТ 148-93
7.3, 7.4, 7.5	Диапазон коэффициентов отклонения 5мВ/дел - 5В/дел, погрешность измерения амплитудно-временных параметров не более 3%; диапазон коэффициентов развертки 1 нс/дел – 10 с/дел., полоса пропускания 100 МГц; количество каналов- 2; входное сопротивление 1 МОм / 50 Ом.	Осциллограф цифровой запоминающий Tektronix TDS220
7.3, 7.4, 7.5	Диапазон установки амплитуды на 50-омной нагрузке от 0,01 до 10 В. Погрешность установки амплитуды не более $\pm 0,01$ В. Длительность выходных импульсов от 50 нс до 1 с. Длительность фронта и среза выходных импульсов не более 10 нс.	Генератор импульсов точной амплитуды Г5-75

Допускается применять другие средства измерений, аналогичные указанным в таблице 2.1, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие опыт эксплуатации используемых при поверке средств измерений, ознакомленные с настоящей методикой поверки и с эксплуатационной документацией на используемые средства измерений и иметь удостоверение поверителей.

4 Требования безопасности

4.1 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие вводный инструктаж и имеющие удостоверение квалификационной группы на право работы с электроустановками напряжением до 1000 В.

4.2 При проведении испытаний необходимо соблюдать требования безопасности по ГОСТ 12.2.006-84.

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С	20±5
- относительная влажность, %, не более	80
- атмосферное давление, кПа	87-107
- напряжение питающей электросети, В	220±22
- частота, Гц	50±1

6 Подготовка к поверке

6.1 Проверьте наличие средств поверки по таблице 2.1, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

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

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

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр.

Внешним осмотром должно быть установлено:

- наличие маркировки,
- соответствие комплектации требованиям документации,
- наличие эксплуатационной документации и сведений о результатах предыдущей поверки или ремонта.

7.2 Опробование

7.2.1 Устанавливают ПИП совместно с ОП в рабочей зоне генератора импульсов тока (ГИТ) (рис.1) из состава Государственного специального эталона единиц максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей ГЭТ 148-93 (ГСЭ). Ориентацию ПИП осуществляют в соответствии с РЭ, таким образом, чтобы импульсы на выходе ИП имели положительную полярность. Соединяют выход ОП с помощью оптической линии связи со входом блока фотоприемника, выход которого соединяют со входом осциллографа Tektronix TDS784D. Устанавливают первый диапазон работы ИП. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока в ГИТ ~ 15 А, используя генератор Г1 с длительностью фронта импульсов $t_{фр.Г1} \sim 1$ нс. Проводят регистрацию импульсов с выхода фотоприемника на экране осциллографа Tektronix TDS784D.

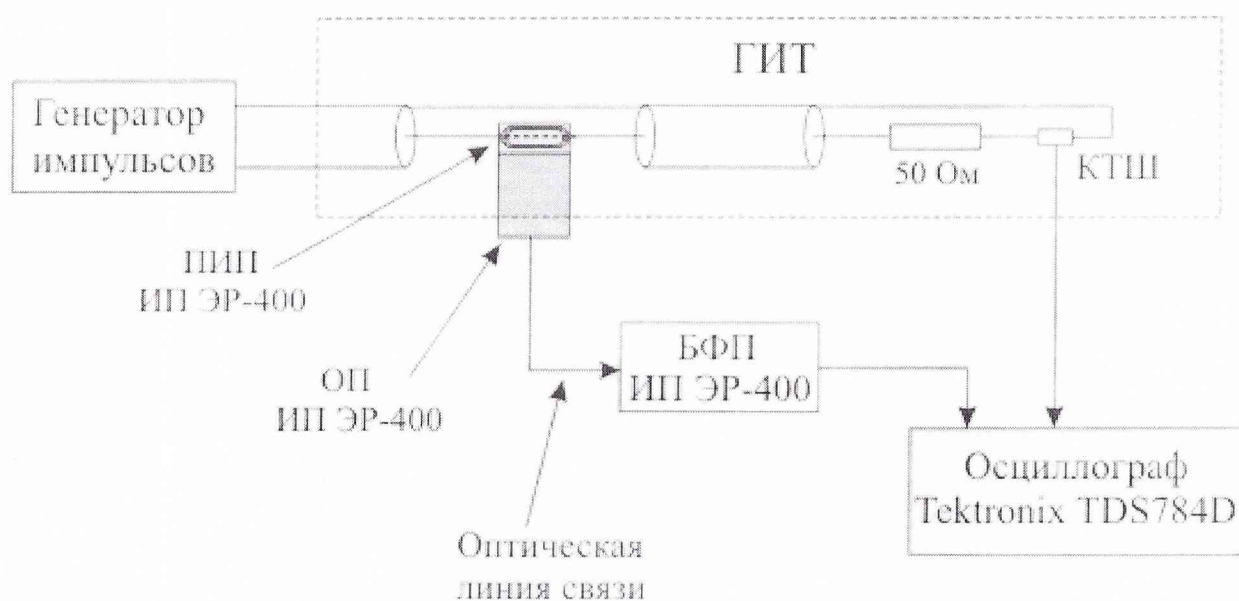


Рисунок 1 – Схема исследования ИП ЭР-400

7.2.2 Результаты опробования считают положительными, если на экране осциллографа наблюдаются импульсы длительностью ~ 500 нс и амплитуда паразитных колебаний на вершине регистрируемых импульсов не более $\pm 10\%$.

В случае, если амплитуда паразитных колебаний на вершине регистрируемых импульсов превышает $\pm 10\%$, принимают меры к выявлению источников электромагнитных помех и проводят работы по уменьшению их влияния на регистрирующую аппаратуру.

7.3 Определение коэффициента преобразования и погрешности коэффициента преобразования

7.3.1 Устанавливают ПИП совместно с ОП в рабочую зону генератора импульсов тока ГИТ (рис.1) из состава Государственного специального эталона единиц максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей ГЭТ 148-93. Ориентацию ПИП осуществляют в соответствии с РЭ таким образом, чтобы импульсы на выходе ИП имели положительную полярность. Соединяют выход ОП с помощью оптической линии связи со входом блока фотоприемника, выход которого соединяют со первым входом осциллографа Tektronix TDS784D. Устанавливают первый диапазон работы ИП. Включают режим внутренней калибровки ИП, регистрируют импульс калибровки и маркерами осциллографа определяют амплитуду U_k импульса калибровки и амплитуду $U_{кп}$ паразитных колебаний на вершине импульса калибровки. Переводят ИП в рабочий режим. Подсоединяют при помощи 50-омного кабеля выход контрольного токового шунта (КТШ) из состава ГИТ ко второму входу осциллографа Tektronix TDS784D. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока в ГИТ $I_{ГИТ} \sim 5$ А, используя генератор Г1 с длительностью фронта импульсов $t_{фр.Г1} \sim 1$ нс. Проводят одновременно регистрацию импульсов с выхода БФП и с выхода КТШ на экране осциллографа Tektronix TDS784D. Проводят измерение напряжение $U_{ип1}$ на выходе фотоприемника, амплитуду $U_{кп.ип1}$ паразитных колебаний на вершине импульса, $U_{кп.ктш1}$ на выходе контрольного токового шунта и амплитуду $U_{кп.ктш1}$ паразитных колебаний на вершине импульса с помощью маркеров осциллографа Tektronix TDS784D. Определяют амплитуду импульса силы тока $I_{ГИТ}$, воспроизводимого в установке по формуле:

$$I_{ГИТ} = U_{кп.ктш1} / K_{ктш}$$

где: $K_{ктш}$ - коэффициент преобразования контрольного токового шунта КТШ.

Коэффициент преобразования ИП ЭР-400 определяют по формуле:

$$K_{пр1} = U_{ип1} / I_{ГИТ}$$

Описанные выше измерения производят десять раз. За результат измерения коэффициента преобразования принимают среднее арифметическое полученных результатов, определяемое по формуле:

$$\tilde{K}_{пр} = \frac{\sum_{i=1}^{10} K_{прi}}{10},$$

где $K_{прi}$ - i-й результат наблюдения.

Определение случайной погрешности.

Среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерения коэффициента преобразования оценивают по формуле:

$$S(K_{\text{пр}}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{\text{пр},i} - \tilde{K}_{\text{пр}})^2}{n(n-1)}}$$

где:

$K_{\text{пр},i}$ - результат измерения, определенный ранее;

$K_{\text{пр},i}$ - i -й результат наблюдений;

n - число наблюдений (равно 10).

Доверительные границы случайной погрешности результата измерения (без учета знака) при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 10$ находят по формуле:

$$\varepsilon_k = 2,262 \cdot S(K_{\text{пр}}) \cdot \frac{100\%}{\tilde{K}_{\text{пр}}}$$

7.3.2 Повторяют измерения по 7.3.1, установив последовательно следующие значения амплитуды импульсов силы тока: $I_{\text{ГИТ}2} = I_{\text{ГИТ}1} \times 2$, $I_{\text{ГИТ}3} = I_{\text{ГИТ}1} \times 3$, $I_{\text{ГИТ}4} = I_{\text{ГИТ}1} \times 4$, $I_{\text{ГИТ}5} = I_{\text{ГИТ}1} \times 5$.

Определяют средние значения коэффициента преобразования ИП и СКО: $K_{\text{пр}2}$, $K_{\text{пр}3}$, $K_{\text{пр}4}$, $K_{\text{пр}5}$, S_{02} , S_{03} , S_{04} , S_{05} .

СКО измерения коэффициента преобразования ИП выбирается равным максимальному.

Определяют коэффициент преобразования ИП в рассматриваемом режиме по формуле:

$$K_{\text{пр}} = \{K_{\text{пр}min} + K_{\text{пр}max}\} / 2,$$

где $K_{\text{пр}min}$ и $K_{\text{пр}max}$ - минимальное и максимальное значения коэффициентов преобразования ИП в рассматриваемом режиме.

Определяют нелинейность коэффициента преобразования ИП по формуле:

$$Q_{\text{он}} = \{K_{\text{пр}min} - K_{\text{пр}max}\} / (2 \times K_{\text{пр}}) \times 100\%$$

Определяют погрешность, обусловленную паразитными колебаниями на вершине импульса при определении амплитуды импульса напряжения на выходе КТШ по формуле:

$$Q_{\text{кп.ктш1}} = U_{\text{кп.ктш1}} / 2 \times U_{\text{ктш1}}$$

Определяют погрешность, обусловленную паразитными колебаниями на вершине импульса при определении амплитуды импульса напряжения на выходе ИП по формуле:

$$Q_{\text{оиип}} = U_{\text{кп.ип1}} / 2 \times U_{\text{ип1}}$$

7.3.3 Проводят измерения по 7.3.1 - 7.3.2 для отрицательной полярности выходного импульса для первого диапазона работы ИП.

7.3.4 Переключают ИП во второй диапазон работы. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока $I_{\text{ГИТ}1} = 25$ А. Проводят измерения по 7.3.1,

установив последовательно следующие значения амплитуд импульсов силы тока в ГИТ: $I_{ГИТ2}=I_{ГИТ1} \times 2$, $I_{ГИТ3}=I_{ГИТ1} \times 3$, $I_{ГИТ4}=I_{ГИТ1} \times 4$.

7.3.5 Проводят измерения по 7.3.1 - 7.3.4 для отрицательной полярности выходного импульса второго диапазона работы ИП.

7.3.6 Переключают ИП в третий диапазон работы. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока $I_{ГИТ1}=100$ А. Проводят измерения по 7.3.1, установив последовательно следующие значения амплитуд импульсов силы тока в ГИТ: $I_{ГИТ2}=I_{ГИТ1} \times 2$, $I_{ГИТ3}=I_{ГИТ1} \times 3$, $I_{ГИТ4}=I_{ГИТ1} \times 4$.

7.3.7 Проводят измерения по 7.3.1 - 7.3.4 для отрицательной полярности выходного импульса третьего диапазона работы ИП.

7.3.8 Определяют температурную составляющую погрешности ИП. Устанавливают первый диапазон работы ИП. Производят нагревание ИП до 50^0 С. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока $I_{ГИТ1}=15$ А. Проводят работы по п.7.3.1 и определяют коэффициент преобразования $K_{пр+50}$ ИП. Производят охлаждение ИП до -10^0 С и определяют коэффициент преобразования $K_{пр-10}$ ИП. Температурную составляющую погрешности ИП определяют (без учета знака) по формуле:

$$Q_{окт} = [(K_{пр+50} - K_{пр-10}) / (K_{пр+50} + K_{пр-10})] \times 100 \%$$

7.3.9 Переключают ИП во второй диапазон работы. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока $I_{ГИТ1}=70$ А. Проводят измерения по 7.3.8.

7.3.10 Переключают ИП в третий диапазон работы. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока $I_{ГИТ1}=250$ А. Проводят измерения по 7.3.8.

7.3.11 Доверительные границы систематической погрешности результата измерения для всех диапазонов работы при доверительной вероятности $P = 0,95$ вычисляют (без учета знака) по формуле:

$$Q_k = 1,1 \times [Q_{ктш}^2 + Q_{иктш}^2 + Q_{кп.ктш1}^2 + Q_{оип}^2 + Q_{оипп}^2 + Q_{он}^2 + Q_{ок}^2 + Q_{окп}^2 + Q_{окт}^2]^{1/2},$$

где:

$Q_{ктш}$ - погрешность коэффициента преобразования контрольного токового шунта КТШ;

$Q_{иктш}$ - относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS784D при определении амплитуды импульсов напряжения на выходе КТШ ($U_{ктш}$);

$Q_{кп.ктш1}$ - погрешность, обусловленная паразитными колебаниями на вершине импульса при определении амплитуды импульса напряжения на выходе КТШ;

$Q_{оип}$ - относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS784D при определении амплитуды импульсов напряжения на выходе ИП ($U_{ип}$);

$Q_{оипп}$ - погрешность, обусловленная паразитными колебаниями на вершине импульса напряжения на выходе ИП;

$Q_{он}$ - погрешность, обусловленная нелинейностью коэффициента преобразования в амплитудном поддиапазоне;

$Q_{ок}$ - относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS784D при определении амплитуды импульса калибровки (U_k);
 $Q_{окп}$ - погрешность, обусловленная паразитными колебаниями на вершине импульса калибровки;
 $Q_{окт}$ - температурная составляющая погрешности коэффициента преобразования ИП.

Доверительные границы погрешности результата измерения коэффициента преобразования вычисляют по полученным значениям случайной и систематической погрешности в соответствии с разделом 5 ГОСТ 8.207.

Измерительный преобразователь ИП ЭР-400 допускается к проведению дальнейшей поверки, если полученные значения коэффициента преобразования и погрешности измерения коэффициента преобразования соответствует РЭ. В противном случае проведение поверки прекращается, а прибор передается в ремонт.

7.4. Определение времени нарастания переходной характеристики

7.4.1 Устанавливают ПИП совместно с ОП в рабочую зону генератора импульсов тока из состава Государственного специального эталона единиц максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей ГЭТ 148-93. Ориентацию ПИП осуществляют в соответствии с РЭ таким образом, чтобы импульсы на выходе ИП имели положительную полярность. Соединяют выход ОП с помощью оптической линии связи со входом блока фотоприемника, выход которого соединяют со первым входом осциллографа Tektronix TDS784D. Устанавливают первый диапазон работы ИП. Подсоединяют при помощи 50-омного кабеля выход контрольного токового шунта КТШ ко второму входу осциллографа Tektronix TDS784D. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока в ГИТ $I_{ГИТ1} \sim 15$ А, используя генератор Г1 с длительностью фронта импульсов $t_{фр.Г1} \sim 1$ нс. Проводят одновременно регистрацию фронтальной части импульсов с выхода БФП и с выхода КТШ на экране осциллографа Tektronix TDS784D. Проводят измерение длительности фронта по уровням 0,1-0,9 от амплитуды $t_{ф.ип}$ на выходе фотоприемника и $t_{ф.ктш}$ на выходе контрольного токового шунта с помощью маркеров осциллографа Tektronix TDS784D.

Определяют время нарастания ПХ ИП ЭР-400 по формуле:

$$T_{н.ип} = (T_{ф.ип}^2 - T_{ф.ктш}^2)^{1/2}$$

7.4.2 Проводят измерения по 7.4.1 для отрицательной полярности выходного импульса ИП.

7.4.3 Переключают ИП во второй диапазон работы. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока $I_{ГИТ1} = 70$ А. Проводят измерения по 7.4.1.

7.4.4 Проводят измерения по 7.4.1 для отрицательной полярности выходного импульса второго диапазона работы ИП.

7.4.5 Переключают ИП в третий диапазон работы. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока $I_{ГИТ1} = 250$ А. Проводят измерения по 7.4.1.

7.4.6 Проводят измерения по 7.4.1 для отрицательной полярности выходного импульса третьего диапазона работы ИП.

Измерительный преобразователь ИП ЭР-400 допускается к проведению дальнейшей поверки, если полученное значение времени нарастания ПХ ИП ЭР-400 соответствует РЭ. В противном случае проведение поверки прекращается, а прибор передается в ремонт.

7.5 Определение длительности переходной характеристики

7.5.1 Устанавливают ПИП совместно с ОП в рабочую зону генератора импульсов тока из состава Государственного специального эталона единиц максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей ГЭТ 148-93. Ориентацию ПИП осуществляют в соответствии с РЭ таким образом, чтобы импульсы на выходе ИП имели положительную полярность. Соединяют выход ОП с помощью оптической линии связи со входом блока фотоприемника, выход которого соединяют со первым входом осциллографа Tektronix TDS784D. Устанавливают первый диапазон работы ИП. Устанавливают амплитуду импульсов силы тока в ГИТ $I_{ГИТ1} \sim 15$ А, используя генератор Г2 с длительностью фронта импульсов $t_{фр.Г2} \sim 10$ нс и постоянной времени спада импульсов по уровню 0,367 от амплитуды $T_{сп.Г2} \sim 150$ мкс. Проводят регистрацию импульсов с выхода БФП на экране осциллографа Tektronix TDS784D. Проводят измерение длительности импульса по уровню 0,5 от амплитуды $t_{дл.ип}$ на выходе фотоприемника с помощью маркеров осциллографа Tektronix TDS784D.

7.5.2 Проводят измерения по 7.5.1 для отрицательной полярности выходного импульса ИП.

Если измеренное значение длительности импульса по уровню 0,5 от амплитуды $t_{дл.ип} > 20$ мкс, то измерительный преобразователь ИП ЭР-400 соответствует РЭ. В противном случае прибор передается в ремонт.

Измерительный преобразователь ИП ЭР-400 считается прошедшим поверку с положительным результатом, если измеренные значения метрологических характеристик лежат в диапазоне значений, приведенных в РЭ.

8 Оформление результатов поверки

8.1 При проведении поверки ведется протокол, в котором указываются следующие данные:

- дата проведения поверки;
- объект поверки;
- используемые средства измерений;
- результаты измерений;
- значения метрологических характеристик, полученных в результате измерений;
- заключение о результате поверки.

8.2 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, и в формуляр вносятся измеренные при поверке значения метрологических характеристик измерительных преобразователей.

8.3 При отрицательных результатах поверки свидетельство о предыдущей поверке аннулируется и оформляется извещение о непригодности средства измерения к эксплуатации и вносится запись в формуляр.

Начальник отдела ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ

Н. Новиков

