

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИОФИ»



Е.А. Гаврилова
2025 г.

**«ГСИ. Преобразователи импульсного электрического
напряжения измерительные ДИН-20.
Методика поверки»**

МП 001.М12-25

Главный метролог
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода
«24» 01 2025 г.

Москва 2025

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи импульсного электрического напряжения измерительные ДИН-20, зав.№ 01 и зав.№ 02 и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Преобразователи импульсного электрического напряжения измерительные ДИН-20, зав.№01 и зав.№02 (далее – преобразователи ДИН-20) предназначены для преобразования (ослабления) импульсов электрического напряжения с наносекундной длительностью фронта в коаксиальных трактах.

Принцип действия преобразователей основан на преобразовании (ослаблении) импульсов электрического напряжения с помощью резистивных согласованных элементов, в которых происходит частичное поглощение входной мощности с целью регистрации и измерения их временных и амплитудных значений с помощью осциллографических регистраторов.

1.3 По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 182-2010 в соответствии с «Государственной поверочной схемы для средств измерений импульсного электрического напряжения», утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. № 3463.

1.4 Проверка преобразователей ДИН-20 выполняется методом прямых измерений.

1.5 Метрологические характеристики преобразователей ДИН-20 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристик	Значение
Максимальное измеряемое значение амплитуды импульсов электрического напряжения*, В	250
Коэффициент преобразования, В/В - на нагрузке 50 Ом	от $4,3 \cdot 10^{-2}$ до $5,0 \cdot 10^{-2}$
- на нагрузке 1 МОм	от $4,6 \cdot 10^{-2}$ до $5,4 \cdot 10^{-2}$
Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования, %	± 10
Время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, нс, не более	50
Пределы допускаемой относительной погрешности времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, %	± 15

*При максимальной допустимой длительности импульсов электрического напряжения по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды: 10 мс

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции первичной и периодической поверок

№ п/п.	Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики проверки, в соответствии с которым выполняется операция проверки
		первой проверке	периодической проверке	
1	Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
2	Подготовка к проверке и опробование средств измерений	Да	Да	8
3	Определение метрологических характеристик средств измерений			9
4	Определение коэффициента преобразования	Да	Да	9.1
5	Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	Да	Нет	9.2
6	Определение максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения	Да	Нет	9.3
7	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
8	Расчет коэффициента преобразования	Да	Да	10.1
9	Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования	Да	Нет	10.2
10	Расчет времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	Да	Нет	10.3
11	Расчет относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	Да	Нет	10.4
12	Расчет максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения	Да	Да	10.5

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

2.3 Первичная (периодическая) поверка, проводится на основании письменного заявления владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку, оформленного в произвольной форме, с указанием заводских номеров представляемых изделий.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки соблюдаются следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 20 до 30;
- относительная влажность воздуха, % не более 70;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104;
- напряжение питания сети, В от 207 до 253;
- частота сети, Гц от 49 до 51.

3.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим, свободным от пыли.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации (РЭ) на преобразователи, правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н, имеющие опыт работы с высокоточными средствами измерений в области измерений электрических величин и прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

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

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры воздуха от 20 до 30 °С и пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Средства измерений относительной влажности до 70 % и пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений	Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп», рег. № 32014-06

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<p>относительной влажности $\pm 3\%$.</p> <p>Средства измерений давления воздуха от 94 до 107 кПа и пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений давления $\pm 0,5$ кПа.</p> <p>Средства измерений напряжение питания сети в диапазоне от 207 до 253 В и относительной погрешностью измерений не более 3 %.</p> <p>Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 49 до 51 Гц и относительной погрешностью измерений не более 3 %</p>	<p>Вольтметр универсальный B7-54/3, рег.№ 15250-12.</p> <p>Вольтметр универсальный B7-54M, рег. №50973-12</p>
п.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	<p>Рабочие эталоны единицы импульсного электрического напряжения (осциллографические регистраторы) соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2-го разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 30 декабря 2019 г. № 3463 в диапазоне измерений амплитуды электрического напряжения от 10 мВ до 1 В, полосой пропускания не менее 500 МГц, входным сопротивлением 1 МОм/50 Ом и относительной погрешностью измерений амплитудно-временных значений регистрируемых сигналов $\pm 3\%$</p>	<p>Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D, рег.№ 19296-00.</p> <p>Осциллограф цифровой Tektronix CSA8000B, рег.№ 40566-09.</p>
	<p>Средства измерений (генераторы импульсов напряжения) с диапазоном установки амплитуды на 50-омной нагрузке от 0,1 до 10,0 В, погрешность установки амплитуды $\pm 3\%$, длительность фронта выходных импульсов до 10 нс, длительность выходных импульсов от 50 нс до 5 с</p>	<p>Генератор импульсов Г5-102, рег.№ 39224-08.</p> <p>Генератор импульсов точной амплитуды Г5-75, рег.№ 7767-12</p>
	<p>Средства измерений (осциллографические регистраторы) в диапазоне измерений амплитуды электрического напряжения от 10 мВ до 1 В, полосой пропускания не менее 500 МГц, входным сопротивлением 1 МОм/50 Ом и относительной погрешностью измерений амплитудно-временных значений регистрируемых сигналов $\pm 3\%$</p>	<p>Осциллограф цифровой Tektronix DPO71604C, рег.№ 48470-11</p>
	Вспомогательное техническое средство с сопротивлением постоянному току (150 ± 3) Ом и	Резисторы типа С2-10, С2-29

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения проверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	мощностью рассеяния не менее 0,5 Вт	
п.9 Определение метрологических характеристик средства измерений	<p>Рабочие эталоны единицы импульсного электрического напряжения (осциллографические регистраторы) соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2-го разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 30 декабря 2019 г. № 3463 в диапазоне измерений амплитуды электрического напряжения от 10 мВ до 1 В, полосой пропускания не менее 500 МГц, входным сопротивлением 1 МОм/50 Ом и относительной погрешностью измерений амплитудно-временных значений регистрируемых сигналов $\pm 3\%$</p>	<p>Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D, рег.№ 19296-00</p> <p>Осциллограф цифровой Tektronix CSA8000B, рег.№ 40566-09.</p>
	<p>Средства измерений (генераторы импульсов напряжения) с диапазоном установки амплитуды на 50-омной нагрузке от 0,1 до 10,0 В, погрешность установки амплитуды $\pm 3\%$, длительность фронта выходных импульсов до 10 нс, длительность выходных импульсов от 50 нс до 5 с</p>	<p>Генератор импульсов Г5-102, рег.№ 39224-08.</p> <p>Генератор импульсов точной амплитуды Г5-75, рег.№ 7767-12</p>
	<p>Средства измерений (осциллографические регистраторы) в диапазоне измерений амплитуды электрического напряжения от 10 мВ до 1 В, полосой пропускания не менее 500 МГц, входным сопротивлением 1 МОм/50 Ом и относительной погрешностью измерений амплитудно-временных значений регистрируемых сигналов $\pm 3\%$</p>	<p>Осциллограф цифровой Tektronix DPO71604C, рег.№ 48470-11</p>
	<p>Вспомогательное техническое средство с сопротивлением постоянному току (150 ± 3) Ом и мощностью рассеяния не менее 0,5 Вт</p>	<p>Резисторы типа С2-10, С2-29</p>
	<p>Испытательное оборудование по ГОСТ Р 8.568 с характеристиками: диапазон воспроизводимых значений амплитуд импульсов высокого напряжения от 0,1 до 10 кВ; диапазон длительностей фронта воспроизводимых импульсов высокого напряжения между уровнями от 0,1 до 0,9 от амплитуды от 0,1 до 10,0 нс; диапазон длительностей воспроизводимых импульсов высокого напряжения на уровне 0,5 от амплитуды</p>	<p>Испытательный стенд импульсов высокого напряжения ИСИВН-1 по ГОСТ Р 8.568</p>

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	от 0,1 до 100 нс; относительная погрешность воспроизведения амплитуды импульсов высокого напряжения не более $\pm 5,0\%$	

5.2 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 3, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

5.3 Средства измерений, указанные в таблице 3, должны быть аттестованы (проверены) в установленном порядке.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Перед началом поверки необходимо изучить руководство по эксплуатации на преобразователи ДИН-20 и настоящую методику поверки.

6.2 При проведении поверки следует соблюдать требования, установленные правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н. Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

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

6.4 При выполнении измерений должны соблюдаться требования, указанные в руководстве по эксплуатации на преобразователи ДИН-20.

6.5 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Комплектность поверяемых преобразователей ДИН-20 должна соответствовать комплектности, приведенной в эксплуатационной документации (РЭ, ПС) и описании типа.

7.2 Проверяют преобразователи ДИН-20 на отсутствие механических повреждений и ослаблений элементов конструкции.

7.3 Преобразователи ДИН-20 признаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если не обнаружены несоответствия комплектности, механические повреждения, ослабления элементов конструкции, неисправности разъемов.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Проверяют наличие средств поверки по таблице 3, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

8.1.1 Проверяют условия проведения поверки при помощи измерителя параметров микроклимата «Метеоскоп» и вольтметра В7-54М.

8.1.2 Проверяют с помощью вольтметра универсального В7-54/З, включенного в режим измерения сопротивления, значение сопротивления вспомогательного технического средства – резистора С2-10 (С2-29). Мощность рассеяния определяют визуальным путем по маркировке изделия.

Вспомогательное техническое средство – резистор С2-10 (С2-29) допускается к проведению поверки, если значение сопротивления постоянному току составляет (150 ± 3) Ом, а мощность рассеяния не менее 0,5 Вт.

8.2 Используемые средства поверки разместить, заземлить и соединить в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации.

8.3 Подготовку, соединение, включение и прогрев преобразователей ДИН-20 и средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке произведите в соответствии с эксплуатационной документацией на указанные средства.

8.4 При опробовании преобразователей ДИН-20 оценивают их работоспособность с целью выявления внутренних скрытых дефектов, возникших при транспортировании или эксплуатации и препятствующих дальнейшей эксплуатации.

8.5 Подключают выход генератора импульсов напряжения Г5-102 (Г5-75) с помощью 50-омного коаксиального кабеля через вспомогательное техническое средство (резистор С2-10/С2-29) ко входу преобразователя ДИН-20 (см. рисунок 1). Соединяют выход преобразователя ДИН-20 с помощью 50-омного коаксиального кабеля со входом цифрового осциллографа Tektronix. Устанавливают амплитуду выходных импульсов напряжения генератора $U_{\text{ген}} = 2,0$ В. Устанавливают входное сопротивление на осциллографе 50 Ом.

8.6 Воспроизводят импульсы напряжения на выходе генератора Г5-102 и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульса напряжения на выходе преобразователя ДИН-20. По полученной осциллограмме (см. рисунок 2) при помощи маркеров осциллографа определяют среднее значение амплитуды $V_{\text{ср.опр}}$, В, зарегистрированного импульса.

8.7 По формуле (1) вычисляют значение коэффициента преобразования $K_{\text{пр.опр}}$, В/В, преобразователя ДИН-20 (нагрузка 50 Ом)

$$K_{\text{пр.опр}} = V_{\text{ср.опр}} / U_{\text{ген}}. \quad (1)$$

8.8 Преобразователи ДИН-20 признаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если значение коэффициента преобразования $K_{\text{пр.опр}}$, В/В, для каждого преобразователя составляет от $4,3 \cdot 10^{-2}$ до $5,0 \cdot 10^{-2}$ В/В (на нагрузке 50 Ом).

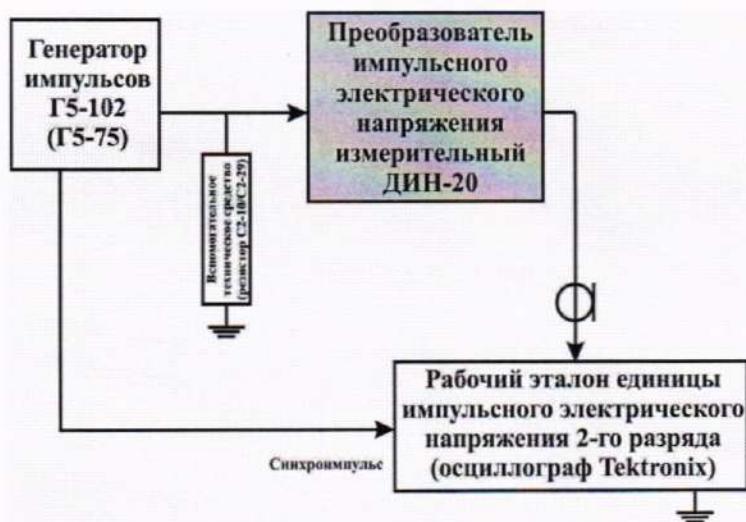


Рисунок 1 – Схема соединений при проведении опробования преобразователей ДИН-20 и проверки их метрологических характеристик

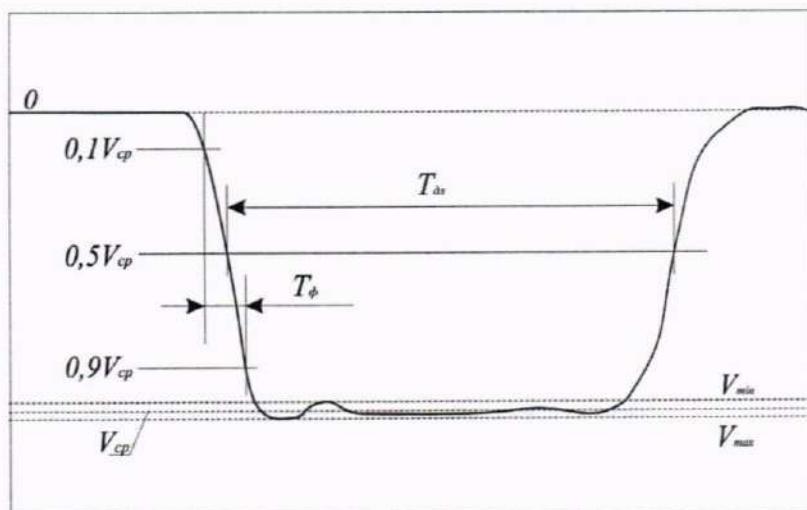


Рисунок 2 – Эпюра напряжения на выходе преобразователя ДИН-20 при определении метрологических характеристик

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение коэффициента преобразования

9.1.1 Проводят работы по 8.5, воспроизводят импульсы напряжения на выходе генератора Г5-102 (Г5-75) с амплитудой $U_{\text{ген}}$, В, порядка 2,0 В и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульсов напряжения на выходе преобразователя ДИН-20 (см. рисунок 2).

9.1.2 По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа на вершине импульса измеряют две величины:

- V_{max} , В – соответствующую максимальному значению амплитуды, В;
- V_{min} , В – соответствующую минимальному значению амплитуды, В.

9.1.3 Измерения по 9.1.2 производят последовательно 10 раз ($n = 10$).

9.1.4 Устанавливают входное сопротивление на осциллографе 1 МОм и проводят аналогичные работы по 9.1.1 – 9.1.3.

9.1.5 Полученные результаты заносят в протокол поверки, форма которого приведена в приложении А.

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

9.2.1 Проводят работы по 8.5, используя схему соединений в соответствии с рисунком 1. Воспроизводят импульсы напряжения на выходе генератора Г5-102 (Г5-75) и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix регистрацию импульса напряжения на выходе преобразователя ДИН-20. По полученной осциллограмме (см. рисунок 2) при помощи маркеров осциллографа определяют длительность фронта T_{ϕ_i} , с, $i=1$, зарегистрированных импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя.

9.2.2 Работы по 9.2.1 последовательно проводят десять раз и определяют для каждого измерения длительность фронта T_{ϕ_i} , с, $i=1\dots 10$ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя ДИН-20.

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

9.3 Определение максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения

9.3.1 Подключают импульсный выход высоковольтного полупроводникового генератора ступенчатых импульсов PPG-2,5S из состава испытательного стенда импульсов высокого напряжения ИСИВН-1 с помощью высоковольтного соединительного кабеля в соответствии с рисунком 3 ко входному разъему преобразователя ДИН-20 (см. рисунок 3). Соединяют выходной разъем преобразователя ДИН-20 с помощью 50-омного коаксиального кабеля со входом цифрового осциллографа Tektronix, при этом используют высоковольтные высокочастные ослабители сигналов из состава ИСИВН-1 с коэффициентом ослабления $K_{\text{ос.вв}}$, В/В порядка 10 В/В. Устанавливают амплитуду выходных импульсов напряжения генератора $U_{\text{ген.PPG-2,5S}}$, В, порядка 250 В. Устанавливают входное сопротивление на осциллографе 50 Ом.

9.3.2 Воспроизводят импульсы напряжения с генератора PPG-2,5S и обеспечивают регистрацию импульсов напряжения на выходе преобразователя (см. рисунок 2) с помощью осциллографа Tektronix.

9.3.3 По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа на вершине импульса измеряют две величины:

- $V_{\max \text{амп.} 250\text{В}}$ – соответствующую максимальному значению амплитуды, В;
- $V_{\min \text{амп.} 250\text{В}}$ – соответствующую минимальному значению амплитуды, В.

9.3.4 Измерения по 9.3.2 – 9.3.3 производят последовательно $n = 10$ раз.

9.3.5 Полученные результаты заносят в протокол поверки, форма которого приведена в приложении А.



Рисунок 3 – Схема соединений при определении максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Расчет коэффициента преобразования

10.1.1 Используя измеренные значения по 9.1.1 – 9.1.3, вычисляют средние арифметические значения \bar{V}_{max} , В, и \bar{V}_{min} , В, на нагрузке 50 Ом по формулам

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

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

где V_{max_i} – i -е измерение напряжения V_{max} , В;

V_{min_i} – i -е измерение напряжения V_{min} , В.

Погрешность, обусловленную неравномерностью вершины импульса на выходе преобразователя ДИН-20 $\Theta_{неп.вер}$, % (отклонение амплитуды импульса от среднего уровня), определяют по формуле

$$\Theta_{неп.вер} = (\bar{V}_{max} - \bar{V}_{min}) / (\bar{V}_{max} + \bar{V}_{min}). \quad (4)$$

Значение коэффициента преобразования $K_{пр}$, В/В, на нагрузке 50 Ом определяют по формуле

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

10.1.2 Аналогичные вычисления по 10.1.1 проводят, используя измеренные значения по 9.1.4 и установленном значении входного сопротивления на осциллографе 1 МОм.

10.1.3 Преобразователи ДИН-20 признаются прошедшими операции поверки по 9.1, 10.1 с положительным результатом, если значение коэффициента преобразования составляет от $4,3 \cdot 10^{-2}$ до $5,0 \cdot 10^{-2}$ В/В (на нагрузке 50 Ом) и от $4,6 \cdot 10^{-2}$ до $5,4 \cdot 10^{-2}$ В/В (на нагрузке 1 МОм).

10.2 Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования

10.2.1 Используя полученные значения по 10.1.1, вычисляют средние квадратические отклонения среднего арифметического (СКО) $S(\bar{V}_{\max})$ и $S(\bar{V}_{\min})$, %, измерений максимального V_{\max} , В, и минимального V_{\min} , В, значений напряжения на выходе преобразователя на нагрузке 50 Ом и получают оценку СКО коэффициента преобразования $S(K_{\text{пр}})$, %, по формулам

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

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

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

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

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

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

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

где $\Theta_{V_{\text{зен}}}$ – относительная погрешность установки амплитуды импульсов напряжения на выходе используемого генератора импульсов напряжения Г5-102 (Г5-75) в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

$\Theta_{V_{\max}}$ – относительная погрешность используемого осциллографа Tektronix при определении максимальной амплитуды V_{\max} , В, импульсов напряжения на выходе преобразователя ДИН-20 (в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

$\Theta_{V_{\min}}$ – относительная погрешность используемого осциллографа Tektronix при определении минимальной амплитуды V_{\min} , В, импульсов напряжения на выходе преобразователя ДИН-20 (в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

$\Theta_{\text{нер.вер}}$ – погрешность, обусловленная неравномерностью вершины импульса на выходе преобразователя ДИН-20 (отклонение амплитуды импульса от среднего уровня), рассчитанная в соответствии с формулой (4), %.

10.2.3 Доверительные границы $\delta_{K_{\text{пр}}.50\Omega}$, %, относительной погрешности коэффициента преобразования преобразователя ДИН-20 при работе на нагрузку 50 Ом

вычисляют по полученным значениям случайной и неисключенной систематической погрешности в соответствии с ГОСТ 8.736-2011 по формуле

$$\delta_{K_{\text{пр}}.50\Omega} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (11)$$

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

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

где S_{θ} – СКО неисключенной систематической погрешности измерений коэффициента преобразования, вычисляемое по формуле

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

Коэффициент K вычисляют по формуле

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

10.2.3 Доверительные границы $\delta_{K_{\text{пр}}.1M\Omega}$, %, относительной погрешности коэффициента преобразования преобразователя ДИН-20 при работе на нагрузку 1 МОм вычисляют аналогично по 10.2.1 – 10.2.3, используя измеренные значения по 10.1.2.

10.2.4 Из полученных значений $\{\delta_{K_{\text{пр}}.50\Omega}, \delta_{K_{\text{пр}}.1M\Omega}\}$ выбирают максимальное значение – $\delta_{K_{\text{пр}}} \%$.

10.2.5 Преобразователи ДИН-20 признаются прошедшими операции поверки по 9.1, 10.2 с положительным результатом, если относительная погрешность коэффициента преобразования не превышает установленных пределов $\pm 10 \%$.

10.3 Расчет времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

10.3.1 Используя измеренные значения по 9.2, время нарастания переходной характеристики $T_{n.PX.i}$, с, $i=1\dots10$, преобразователя ДИН-20 между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, вычисляют по формуле

$$T_{n.PX.i} = \sqrt{T_{\phi_i}^2 - T_{\phi_{\text{ген}}}^2 - T_{n.PX.osu}^2}, \quad (15)$$

где T_{ϕ_i} – зарегистрированное значение длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя ДИН-20, $i=1\dots10$, с;

$T_{\phi_{\text{ген}}}$ – длительность фронта воспроизведимых импульсов напряжения между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе используемого генератора

импульсов напряжения Г5-102 (Г5-84) в соответствии с технической документацией на средство измерений), с;

$T_{n.PX.osc}$ – время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды используемого осциллографа Tektronix (в соответствии с технической документацией на соответствующее средство измерений), с.

10.3.2 Вычисляют среднее арифметическое значение времени нарастания переходной характеристики, $\bar{T}_{n.PX}$, с, между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды по формуле

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

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

n – количество измерений.

10.3.3 Преобразователи ДИН-20 признаются прошедшими операции поверки по 9.2, 10.3 с положительным результатом, если время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды не превышает 50 нс.

10.4 Расчет относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

10.4.1 Доверительные границы $\Theta_{n.PX}$, %, относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики преобразователей между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды при доверительной вероятности $P = 0,95$ (без учета знака) определяют по формуле

$$\Theta_{n.PX} = 1,1 \sqrt{\Theta_{\text{фр.ген}}^2 + \Theta_{\text{осц.В.вн}}^2 + \Theta_{\text{осц.Т.вн}}^2}, \quad (17)$$

где $\Theta_{\text{фр.ген}}$ – относительная погрешность воспроизведения длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе используемого генератора импульсов напряжения Г5-102 (Г5-75), в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

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

$\Theta_{\text{осц.Т.вн}}$ – относительная погрешность используемого осциллографа Tektronix при определении длительности фронта импульса между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя (в соответствии с технической документацией на соответствующее средство измерений), %.

10.4.2 Преобразователи ДИН-20 признаются прошедшими операции поверки по 9.2, 10.4 с положительным результатом, если относительная погрешность измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды не превышает установленных пределов $\pm 15\%$.

10.5 Расчет максимального измеряемого значения амплитуды импульсов электрического напряжения

10.5.1 Используя измеренные по 9.3 значения $V_{\max.\text{амп.}250\text{В}}$, В, и $V_{\min.\text{амп.}250\text{В}}$, В, аналогично по формулам (2) и (3) вычисляют средние арифметические значения $\bar{V}_{\max.\text{амп.}250\text{В}}$, В, и $\bar{V}_{\min.\text{амп.}250\text{В}}$, В.

10.5.2 Значение коэффициента преобразования $K_{\text{пр.}250\text{В}}$, В/В, преобразователя ДИН-20 при амплитуде входных импульсов напряжения $U_{\text{ген.}PPG-2,5S} = 250$ В определяют по формуле

$$K_{\text{пр.}250\text{В}} = [(\bar{V}_{\max.\text{амп.}250\text{В}} + \bar{V}_{\min.\text{амп.}250\text{В}}) \cdot K_{\text{ос.ВВ}}] / 2 \cdot U_{\text{ген.}PPG-2,5S}, \quad (18)$$

где $K_{\text{ос.ВВ}}$ – коэффициент ослабления используемых высоковольтных ослабителей сигналов из состава ИСИВН-1, В/В.

10.5.3 Рассчитывают относительную погрешность $\Theta_{\text{Кпр.отк.}250\text{В}}$, %, отклонения значения коэффициента преобразования $K_{\text{пр.}250\text{В}}$, В/В, от значения $K_{\text{пр.}}$, В/В, (без учета знака) по формуле

$$\Theta_{\text{Кпр.отк.}250\text{В}} = (1 - (K_{\text{пр.}250\text{В}} / K_{\text{пр.}})) \cdot 100 \%. \quad (19)$$

10.5.4 Преобразователи ДИН-20 признаются прошедшими операции поверки по 9.3, 10.5 с положительным результатом и максимальное измеряемое значение амплитуды импульсов электрического напряжения принимается равным 250 В, если относительная погрешность $\Theta_{\text{Кпр.отк.}250\text{В}}$, %, отклонения значения коэффициента преобразования $K_{\text{пр.}250\text{В}}$, В/В, от значения $K_{\text{пр.}}$, В/В, не превышает, рассчитанных по 10.2 доверительных границ $\delta_{K_{\text{пр.}}}$, %, относительной погрешности коэффициента преобразования преобразователей и в процессе нагружения импульсами высокого напряжения не наблюдалось наличия электрических пробоев по высоковольтным частям преобразователей и пробоев на «землю», а на зафиксированных осциллограммах наблюдалась стабильная форма регистрируемых испытательных импульсов.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

11.2 Преобразователи ДИН-20 считаются прошедшими поверку с положительным результатом и допускаются к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае преобразователи ДИН-20 считаются прошедшими поверку с отрицательным результатом и не допускаются к применению.

11.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о

проверке, утвержденными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

11.4 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.5 Сведения о результатах поверки (как положительных, так и отрицательных) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник лаборатории
ФГБУ «ВНИИОФИ»

Ведущий научный сотрудник
ФГБУ «ВНИИОФИ»

К.Ю. Сахаров

О.В. Михеев

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(Рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ/ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ №_____

(наименование, тип СИ и модификация в соответствии с описанием типа, в единственном числе, регистрационный номер)

Заводской номер: _____ Год выпуска: _____
Изготовитель: _____
Владелец СИ: _____
Применяемые средства поверки: _____
Применяемая методика поверки: ГСИ. Преобразователи импульсного электрического напряжения измерительные ДИН-20. Методика поверки» МП 001.М12-25.

Условия поверки:
- температура окружающего воздуха _____ °C;
- относительная влажность воздуха _____ %;
- атмосферное давление _____ кПа;
- напряжение питания сети _____ В;
- частота сети _____ Гц.
Место проведения поверки: _____

Проведение поверки

1 Внешний осмотр

Соответствует/не соответствует п. 7 методики поверки (при несоответствии перечисляют все несоответствия).

2 Опробование

Соответствует/не соответствует п. 8 методики поверки (при несоответствии перечисляют все несоответствия).

3 Определение метрологических характеристик

Описывают все процедуры определения метрологических характеристик, измеренные величины, расчет погрешности.

4 Заключение по результатам поверки

По результатам поверки средство измерений соответствует/не соответствует метрологическим характеристикам, указанным в описании типа средства измерений, и признается пригодным/не пригодным к применению.

Средство измерений соответствует уровню N-го разряда по ГПС_____, утвержденной приказом Росстандарта (ГОСТ_____) от №_____.

Поверитель: _____ Дата поверки: _____
подпись _____ Фамилия И.О.

Руководитель
подразделения: _____
подпись _____ Фамилия И.О.