

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора

ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

«18» 11 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ НАВЕДЕННЫХ ТОКОВ МНОГОКАНАЛЬНАЯ
СИНТ-4/8(P)**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 033.M12-21**

Главный метролог

ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

«18» 11 2021 г.

Главный научный сотрудник

ФГУП «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков

«18» 11 2021 г.

Москва 2021

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на систему СИНТ-4/8(Р) и устанавливает методы и средства ее первичной и периодической поверок.

Система измерения наведенных токов многоканальная СИНТ-4/8(Р) (далее по тексту – система СИНТ-4/8(Р)) предназначена для измерений амплитудно-временных зависимостей однократных импульсных и периодических сигналов силы тока, наведенных в опасных цепях технических средств. Передача измерительной информации осуществляется по волоконно-оптическим линиям связи, а регистрация и обработка сигналов с помощью цифрового осциллографа. Один первичный измерительный преобразователь тока ПИПТ, один канал БИ, одна ВОЛС-10 и ВОЛС-50 и один кабель радиочастотный соединительный образуют измерительный канал ИК сигналов силы тока. Количество измерительных каналов ИК – 8, одновременно обеспечивается работа 4-х измерительных каналов.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 202-2012 и ГЭТ 182-2010. Поверка СИНТ-4/8(Р) выполняется методом прямых измерений.

Система СИНТ-4/8(Р) обеспечивает следующие метрологические характеристики:

- диапазон измеряемых значений сигналов силы тока: $\pm$ (от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$) А (первый поддиапазон: $\pm$ (от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $4,0 \cdot 10^{-3}$) А, второй поддиапазон: $\pm$ (от $4,0 \cdot 10^{-3}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$) А, третий поддиапазон: $\pm$ (от $2,0 \cdot 10^{-2}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$ А);
- время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды не более 5 нс;
- постоянная времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды не менее 200 мкс;
- пределы приведенной относительной погрешности измерений значений сигналов силы тока: $\pm 20 \%$.

Интервал между поверками – 1 год.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Операции первичной и периодической поверок

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7.1	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений*	9		
Определение диапазона измеряемых значений сигналов силы тока	9.1	Да	Да
Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды**	9.2	Да	Да
Определение постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды	9.3	Да	Да

Определение приведенной относительной погрешности измерений значений сигналов силы тока	9.4	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да
* Допускается проведение поверки для одного или нескольких измерительных каналов в соответствии с заявлением заказчика. ** Определяется для каждого измерительного канала			

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 пунктам 7.3.1 – 7.3.4 таблицы 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 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 2 – Средства поверки

Операция поверки	Средства поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
<i>Основные средства поверки</i>			
Подготовка к поверке и опробование средства измерений. Определение метрологических характеристик средства измерений	Вторичный эталон единицы силы импульсного тока в диапазоне от 0,1 до $1,0 \cdot 10^4$ А по ГОСТ 8.644-2014	Номинальные значения: воспроизводимая амплитуда силы импульсного тока: $1,0 \cdot 10^{-1}$ А, длительность фронта воспроизводимых импульсов силы тока между уровнями от 0,1 до 0,9 от амплитуды: 10 нс, длительность воспроизводимых импульсов силы тока по уровню 0,5 от амплитуды: 500 мкс. Погрешность воспроизведения амплитуды силы импульсного тока от 4,0 до 9,0 %	Вторичный эталон единицы силы импульсного тока в диапазоне от 0,1 до $1,0 \cdot 10^4$ А 2.1.ZZA.0057.2015 по ГОСТ 8.644-2014
	Рабочий эталон единицы импульсного электрического напряжения 2-го разряда по ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. №3463	Полоса пропускания 20/50 ГГц; диапазон коэффициента отклонения от 1 до 100 мВ/дел; диапазон коэффициента развертки от 1 пс/дел до 10 мс/дел; пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения $\pm (1 - 3) \%$; входное сопротивление (при температуре окружающего воздуха 25 °С): $50 \text{ Ом} \pm 1,5 \%$	Осциллограф цифровой стробоскопический широкополосный Tektronix CSA8000B (регистрационный номер 40566-09) – рабочий эталон единицы импульсного электрического напряжения 2-го разряда по ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от

		30 декабря 2019 г. №3463
Средство измерений по ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. №3463	Полоса пропускания 1 ГГц, диапазон коэффициента отклонения от 1 мВ/дел до 5 В/дел; диапазон коэффициента развертки от 100 пс/дел до 10 с/дел, относительная погрешность измерений амплитудно-временных значений регистрируемых сигналов $\pm 1\%$, входное сопротивление 1 МОм/50 Ом	Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D (регистрационный номер 19296-00)
Средство измерений по ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. №3463	Выход 1: нагрузка от 49,5 до 50,5 Ом, амплитуда импульсов от 10 мВ до 9,9 В; абсолютная погрешность установки амплитуды импульсов в основном диапазоне $\pm (0,03 \cdot U + 3 \text{ мВ})$, U – установленное значение амплитуды импульсов, В; период повторения одинарных импульсов от 10 нс до 100 с; предел допускаемой абсолютной погрешности установки периода $\pm 10^{-6} \cdot T_{\text{пп}}$, $T_{\text{пп}}$ – установленное значение периода повторения, с; длительность основных импульсов от 5 нс до 10 с; предел допускаемой абсолютной погрешности установки длительности импульсов: $\pm (10^{-4} \cdot T_{\text{дл}} + 0,5 \text{ нс} + T_{\text{фр}})$, $T_{\text{дл}}$ – установленное значение длительности импульсов, с; длительность фронта и среза импульсов не более 4 нс. Выход 3: нагрузка от 49,5 до 50,5 Ом, амплитуда импульсов от 0,5 В до 5,0 В; абсолютная погрешность установки амплитуды импульсов в основном диапазоне $\pm (0,05 \cdot U + 4 \text{ мВ})$, U – установленное значение амплитуды импульсов, В; период повторения одинарных импульсов от 10 нс до 100 с; предел допускаемой абсолютной погрешности установки периода $\pm 10^{-6} \cdot T_{\text{пп}}$, $T_{\text{пп}}$ – установленное значение периода повторения, с; длительность основных импульсов от 5 нс до 10 мкс; предел допускаемой абсолютной погрешности установки длительности импульсов $\pm (10^{-4} \cdot T_{\text{дл}} + 0,5 \text{ нс} + T_{\text{фр}})$, $T_{\text{дл}}$ – установленное значение длительности импульсов, с; длительность фронта и среза импульсов не более 0,5 нс	Генератор импульсов Г5-102 (регистрационный номер 39224-08)
Средство измерений по ГПС, утвержденной Приказом Росстандара от 30 декабря 2019 г. №3463	Длительность фронта импульсов не более 0,25 нс; длительность импульсов от 0,1 до 10 мкс, амплитуда на нагрузке 50 Ом от 0,1 до 10,0 В, выброс на вершине не более 3 %, период повторения	Генератор испытательных импульсов И1-15 (регистрационный номер 7513-79)

		импульсов от 10^{-2} до 100 мс. Делитель напряжения ДН-1: ослабление амплитуды импульсов от 0 до 41 дБ, частотный диапазон от 0 до 7 ГГц, погрешность коэффициента ослабления не более $\pm 1,5\%$	
	Средство измерений по ГОСТ Р 8.684-2009	Пределы измерений напряжения постоянного тока: 0,2; 2,0; 20,0; 200,0; 1000,0 В; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока от $\pm (0,004\% \cdot U + 4 \text{ мВ})$ в пределе измерений 0,2 В до $\pm (0,005\% \cdot U + 20 \text{ мВ})$ в пределе измерений до 1000 В, где U – измеряемое значение напряжения, В; пределы измерений сопротивления постоянному току 0,2; 2,0; 20,0; 200,0; 2000,0 кОм, 20,0 МОм; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений сопротивления постоянному току в пределе измерений до 0,2 кОм: $\pm (0,01\% \cdot R + 3 \text{ мОм})$, где R – измеряемое значение сопротивления, Ом.	Вольтметр универсальный В7-54/3 (регистрационный номер 15250-96)
<i>Вспомогательные средства поверки</i>			
Внешний осмотр средства измерений. Подготовка к поверке и опробование средства измерений. Определение метрологических характеристик средства измерений	Измеритель параметров микроклимата	Диапазон измеряемой температуры воздуха от минус 10 °С до плюс 50 °С; пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,2$ °С; диапазон измеряемой относительной влажности от 3 % до 98 %; пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 3\%$; диапазон измеряемого давления воздуха от 80 до 110 кПа; пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерений давления $\pm 0,13$ кПа	Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп» (регистрационный номер 32014-06)
	Набор резистивных элементов	Номинальные значения сопротивления от 0,1 до 50,0 Ом; относительная погрешность номинального значения сопротивления не более $\pm 5\%$	Набор R ₆ резистивных элементов С2-29
	Согласующий переходной адаптер	Входное сопротивление 50 Ом	Согласующий переходной адаптер СПА1
Примечание – Генератор импульсов Г5-102 с набором резистивных элементов и адаптером СПА1 образуют источник сигналов силы тока			

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 аттестованы (поверены) в установленном порядке.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации (РЭ) на систему СИИТ-4/8(Р) 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 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.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 Перед началом поверки необходимо изучить руководство по эксплуатации на систему СИИТ-4/8(Р) 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 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.

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 систему СИИТ-4/8(Р).

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 Требования к условиям проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 20 до 30;
- относительная влажность воздуха, % от 50 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104;
- напряжение питания сети, В от 207 до 253;
- частота сети, Гц от 49 до 51.

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

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Проверяют комплектность системы СИИТ-4/8(Р).

Комплектность системы СИИТ-4/8(Р) должна соответствовать таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность системы СИИТ-4/8(Р)

Наименование	Обозначение	Количество
Первичный измерительный преобразователь тока ПИПТ	КВФШ.411519.012	8 шт.
Блок измерительный 4-х канальный БИ	КВФШ.468150.001	1 шт.

Комплект внутриобъектовых волоконно-оптических линий связи, включающий внутриобъектовые волоконно-оптические линии связи ВОЛС-10	КВФШ.203729.015	1 шт.
	КВФШ.203729.014	8 шт.
Комплект внешнеобъектовых волоконно-оптических линий связи, включающий внешнеобъектовые волоконно-оптические линии связи ВОЛС-50 с оптическими соединителями	КВФШ.203729.017	1 шт.
	КВФШ.203729.016	4 шт.
Кабель радиочастотный соединительный	КВФШ.685661.013	4 шт.
Вставка-заземлитель	КВФШ.685549.001	8 шт.
Заглушка	КВФШ.305364.001	8 шт.
Формуляр	КВФШ.468165.021 ФО	1 экз.
Руководство по эксплуатации	КВФШ.468165.021 РЭ	1 экз.
Упаковка	—	1 шт.

7.2 Проверяют систему СИИТ-4/8(Р) на отсутствие механических повреждений и ослаблений элементов конструкции.

7.3 Система СИИТ-4/8(Р) признается прошедшей 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 Проверьте наличие средств поверки по таблице 2, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

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

8.3 Подготовку, соединение, включение и прогрев системы СИИТ-4/8(Р) и средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке произведите в соответствии с эксплуатационной документацией на указанные средства.

8.4 При опробовании системы СИИТ-4/8(Р) оценивают работоспособность измерительных каналов системы с целью выявления внутренних скрытых дефектов (нарушение целостности сборки), возникших при транспортировании или эксплуатации, препятствующих дальнейшей эксплуатации системы СИИТ-4/8(Р). Опробование проводят в два этапа. На первом этапе проводится проверка работоспособности системы с помощью встроенного внутреннего калибратора. На втором этапе используется вторичный эталон единицы силы импульсного тока 2.1.ZZA.0057.2015 и проводится проверка работоспособности системы при максимальных входных сигналах силы тока.

8.5 Проводят сборку системы СИИТ-4/8(Р) в соответствии с рисунком 1 для измерительных каналов №1 – №4.

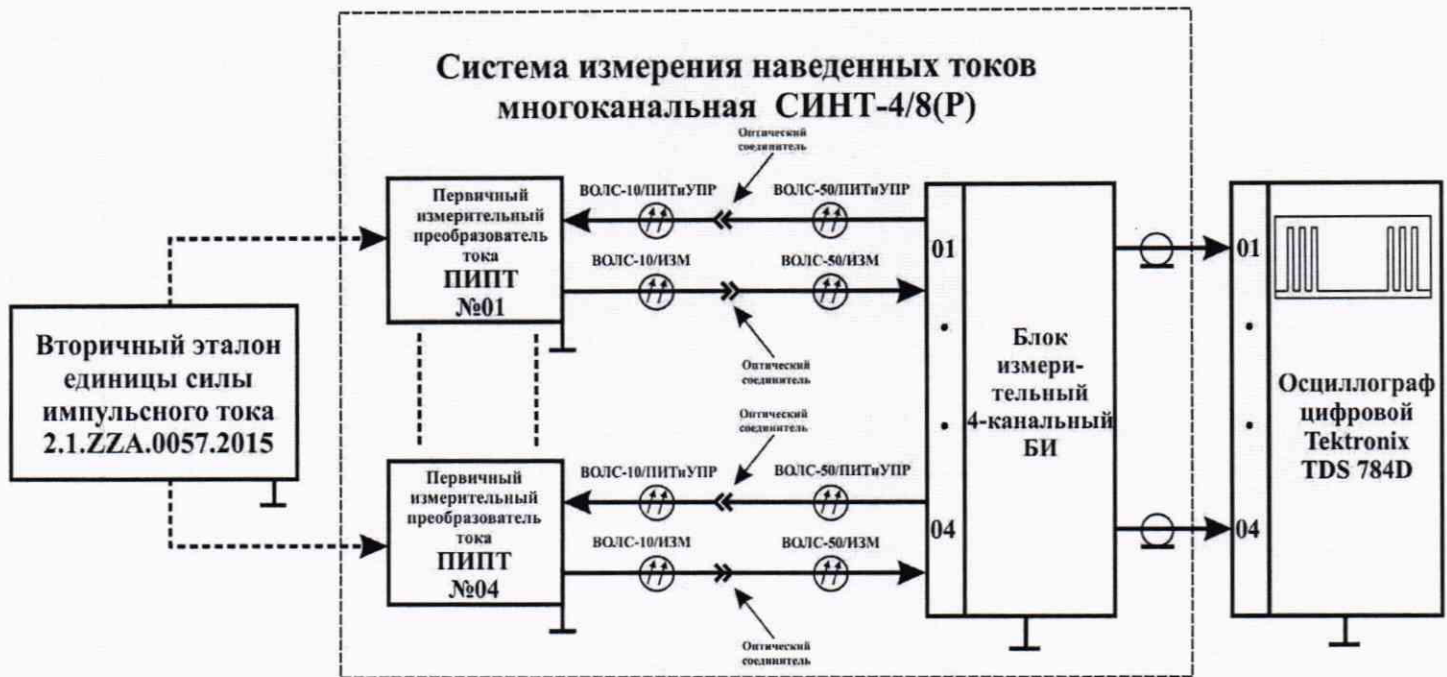


Рисунок 1 – Схема соединений при проведении опробования системы СИНТ-4/8(Р)

Порядок сборки:

- подсоединяют к оптическим разъемам «ПИТ/УПР» и «ИЗМ» на ПИПТ №01 – №04 внутриобъектовые ВОЛС длиной 10 м с соответствующей маркировкой «ВОЛС-10/ПИПТ/УПР» и «ВОЛС-10/ИЗМ»;
- подсоединяют внешнеобъектовые ВОЛС длиной 50 м с маркировкой «ВОЛС-50/ПИПТ/УПР» и «ВОЛС-50/ИЗМ» с помощью оптических соединителей к внутриобъектовым ВОЛС с соответствующей маркировкой «ВОЛС-10/ПИПТ/УПР» и «ВОЛС-10/ИЗМ»;
- подсоединяют к оптическим разъемам «ПИТ/УПР» и «ИЗМ» на БИ внешнеобъектовые ВОЛС с соответствующей маркировкой «ВОЛС-50/ПИПТ/УПР» и «ВОЛС-50/ИЗМ», номер канала на БИ должен соответствовать номеру ПИПТ;
- соединяют с помощью кабелей радиочастотных соединительных разъемы с маркировкой «ОСЦИЛЛОГРАФ», расположенные на БИ, с входными разъемами осциллографа, номер измерительного канала на осциллографе выбирается произвольно;
- подсоединяют сетевой кабель к разъему «СЕТЬ» на БИ и подключают его к сети переменного тока напряжением ~ 230 В, 50 Гц;
- подключают осциллограф к сети питания переменного тока напряжением ~ 230 В, 50 Гц.

8.6 Опробование системы СИНТ-4/8(Р) проводят в следующей последовательности:

- подготавливают осциллограф к регистрации импульсов напряжения с амплитудой $U_{\text{кал}} = 0,5 \text{ В}$, длительностью $T_{\text{имп.кал}} = 20 \text{ мкс}$ и периодом следования импульсов $T_{\text{след}} = 1 \text{ мс}$ с выхода ПИПТ №01;
- устанавливают на панели первого канала БИ переключатель «ПОДДИАПАЗОН 1.2.3.» в положение «1» и далее тумблер «КАЛИБР/ИЗМ» в положение «КАЛИБР»;
- проводят на экране цифрового осциллографа регистрацию одиночных I_1 калибровочных импульсов напряжения (см. рисунок 2) и с помощью маркеров осциллографа определяют амплитуду $U_{\text{кал.1}}$, В, длительность $T_{\text{имп.кал.1}}$, с, и период следования $T_{\text{след.1}}$, с, импульсов;
- устанавливают на панели первого канала БИ переключатель «ПОДДИАПАЗОН 1.2.3.» в положение «2»;

д) проводят на экране осциллографа регистрацию пачки двойных I_1 и I_2 калибровочных импульсов напряжения и с помощью маркеров осциллографа определяют амплитуду $U_{\text{кал.2}}$, В, длительность $T_{\text{имп.кал.2}}$, с, и период следования $T_{\text{след.2}}$, с, пачки импульсов;

е) устанавливают на панели первого канала БИ переключатель «ПОДДИАПАЗОН 1.2.3.» в положение «3»;

ж) проводят на экране осциллографа регистрацию пачки тройных I_1 , I_2 и I_3 калибровочных импульсов напряжения и с помощью маркеров осциллографа определяют амплитуду $U_{\text{кал.3}}$, В, длительность $T_{\text{имп.кал.3}}$, с, и период следования $T_{\text{след.3}}$, с, пачки импульсов.

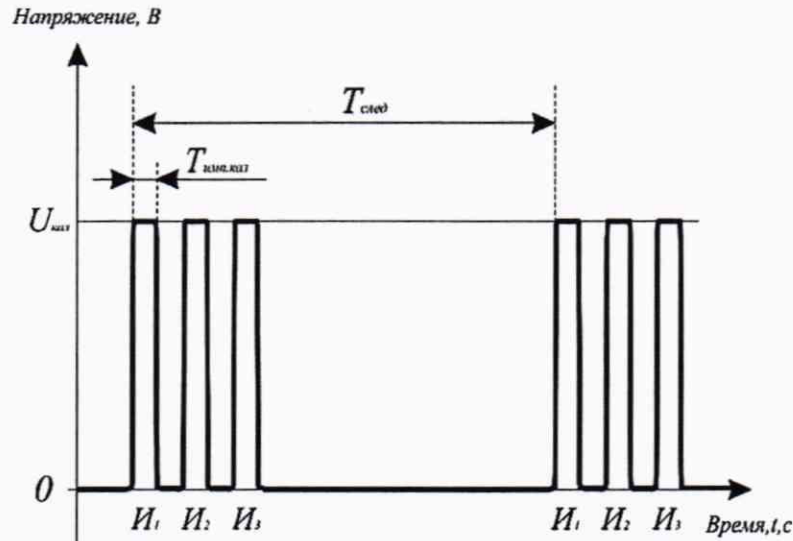


Рисунок 2 – Типовая эпюра калибровочных импульсов напряжения системы СИНТ-4/8(Р)

8.7 Аналогичные работы по 8.6 проводят для ИК №2 – №4 системы СИНТ-4/8(Р).

8.8 Аналогичные работы по 8.5 – 8.7 проводят для ИК №5 – №8 системы СИНТ-4/8(Р), при этом к каналу №1 БИ подключается ПИПТ №05, к каналу №2 БИ подключается ПИПТ №06 и т.д.

8.9 Переводят систему СИНТ-4/8(Р) в соответствии с ее РЭ в режим измерения входных сигналов силы тока с допустимой максимальной амплитудой, составляющей $I_{\text{изм.ИК.макс.3Д}} = 1,0 \cdot 10^{-1}$ А (третий поддиапазон измерений). Подключают к входному разъему первого измерительного канала токовый выход вторичного эталона 2.1.ZZA.0057.2015. Устанавливают на вторичном эталоне режим воспроизведения сигналов силы тока с амплитудой $1,0 \cdot 10^{-1}$ А, проводят регистрацию импульсов напряжения на экране осциллографа и с помощью маркеров (см. рисунок 5) определяют среднее значение амплитуды $V_{\text{ср.верх.3Д}}$, В, импульса напряжения на выходе измерительного канала.

8.10 Аналогичные работы по 8.9 проводят для ИК №2 – №4 системы СИНТ-4/8(Р).

8.11 Аналогичные работы по 8.9 – 8.10 проводят для ИК №5 – №8 системы СИНТ-4/8(Р), при этом к каналу №1 БИ подключается ПИПТ №05, к каналу №2 БИ подключается ПИПТ №06 и т.д.

8.12 Система СИНТ-4/8(Р) признается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если на экране осциллографа при проверки работоспособности системы с помощью встроенного внутреннего калибратора (см. рисунок 2) для каждого измерительного канала №1 – №8 и каждого 1 – 3 поддиапазонов измерений зарегистрированы соответствующие импульсы напряжения, а измеренные параметры $U_{\text{кал}}$, В, $T_{\text{имп.кал}}$, с, $T_{\text{след}}$, с, отличаются от значений, приведенных в 8.6а, не более чем в два раза, а при проверки работоспособности системы при максимальных входных сигналах силы тока полученные средние значения $V_{\text{ср.верх.3Д}}$, В, выходных напряжений с ИК №1 – №8 не превышают $\pm 1,5$ В.

В случае, если измеренные параметры $U_{\text{кал}}$, В, $T_{\text{имп.кал}}$, с, $T_{\text{след.}}$, с, отличаются от значений, приведенных в 8.6а более чем в два раза и (или) значения $V_{\text{ср.верх.3Д}}$, В, выходных напряжений с ИК №1 – №8 превышают $\pm 1,5$ В, то принимают меры к выявлению источников электромагнитных помех и проводят работы по уменьшению их влияния на регистрирующую аппаратуру.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение диапазона измеряемых значений сигналов силы тока

9.1.1 Собирают источник сигналов силы тока, который включает в себя генератор импульсов Г5-102 и адаптер СПА с установленным согласующим резистором.

Для определения значения номинала согласующего резистора подключают вольтметр В7-54/3 к входным клеммам первичного измерительного преобразователя тока ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) (см. рисунок 3). Устанавливают на вольтметре режим измерения сопротивления постоянному току и нижний предел измерений «0,2 кОм». Проводят измерение значения входного сопротивления $R_{\text{вх}}$, Ом, ПИПТ. Из набора резистивных элементов (см. таблицу 2) подбирают согласующий резистор $R_{\text{с}}$, Ом, с таким номинальным значением сопротивления, чтобы суммарное значение сопротивления $R_{\text{изм.ПИПТ01}} = (R_{\text{с}} + R_{\text{вх}})$, Ом, находилось в диапазоне от 49,5 до 50,5 Ом. Согласующий резистор устанавливают в адаптер СПА1, который подключают последовательно к контактам входного разъема ПИПТ первого канала.



Рисунок 3 – Схема соединений при определении метрологических характеристик системы СИНТ-4/8(Р)

В соответствии с рисунком 3 с помощью вольтметра В7-54/3 проводят измерение суммарного значения входного сопротивления $R_{\text{изм.ПИПТ01.i}}$, Ом, для ПИПТ №01.

Описанные измерения проводят десять раз и вычисляют среднее арифметическое значение $R_{\text{изм.ПИПТ01}}$, Ом, по формуле

$$R_{\text{изм.ПИПТ01}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{\text{изм.ПИПТ01.i}}}{n} \quad (1)$$

9.1.2 Подключают первый выход генератора импульсов Г5-102 (в соответствии с рисунком 3) к рабочему эталону единицы импульсного электрического напряжения 2-го разряда. Подготавливают генератор для воспроизведения импульсов напряжения положительной полярности с длительностью $T_{\text{имп}}$ по уровню 0,5 от амплитуды равной 100 мс и амплитудой $V_{\text{Г5-102.ниж}}$, В, которую определяют по формуле

$$I_{\text{изм.ИК.вх.ниж.1Д}} = V_{\text{Г5-102.ниж}} / R_{\text{изм.ПИПТ01}}, \quad (2)$$

где $I_{\text{изм.ИК.вх.ниж.1Д}} = 5,0 \cdot 10^{-4}$ А – нижняя граница заданного динамического диапазона измерений сигналов силы тока (первый поддиапазон измерений $\pm$ (от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $4,0 \cdot 10^{-3}$ А)).

Воспроизводят импульсы напряжения положительной полярности на первом выходе генератора и с помощью рабочего эталона единицы импульсного электрического напряжения 2-го разряда (цифрового осциллографа) проводят измерения и подтверждают установленные параметры: амплитуду $V_{\text{Г5-102.ниж}}$, В, и длительность $T_{\text{имп}}$, с, импульсов напряжения (см. рисунок 4) на выходе генератора Г5-102.

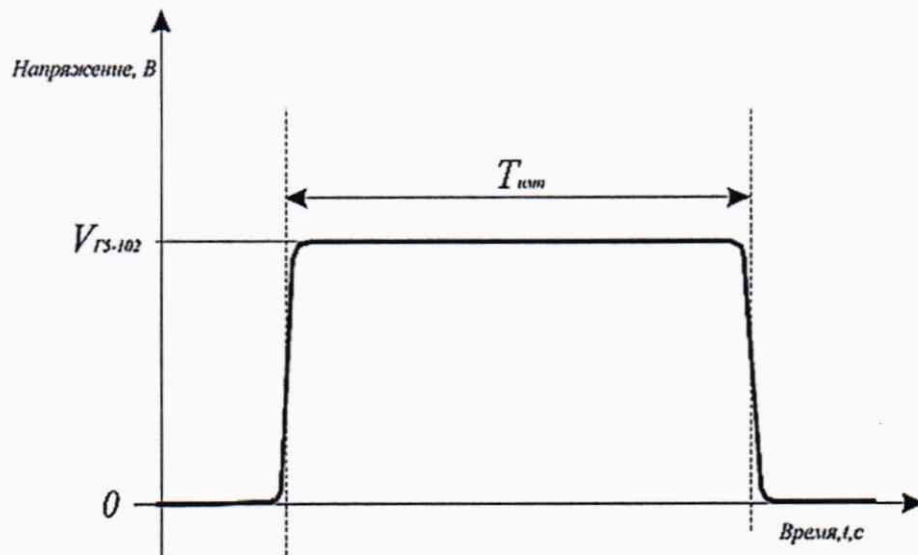


Рисунок 4 – Осциллограмма импульса напряжения на выходе генератора Г5-102

9.1.3 Собирают первый измерительный канал. Для этого соединяют в соответствии с рисунками 1 и 3 оптические разъемы «ПИТ/УПР» и «ИЗМ» на ПИПТ №01 с помощью состыкованных между собой внутриобъектовой ВОЛС длиной 10 м и внешнеобъектовой ВОЛС длиной 50 м с соответствующими оптическими разъемами первого канала, расположенными на блоке измерительном 4-х канальном БИ.

Соединяют выход «ОСЦИЛЛОГРАФ» первого канала на БИ с помощью 50-омного кабеля радиочастотного соединительного с одним из входов рабочего эталона единицы импульсного электрического напряжения 2-го разряда с установленным входным сопротивлением 50 Ом. При измерениях может использоваться цифровой осциллограф 4-х канальный Tektronix TDS 784D.

Подключают собранный источник сигналов силы тока к входным клеммам первичного измерительного преобразователя тока ПИПТ №01 первого измерительного канала системы СИНТ-4/8(Р).

9.1.4 Подготавливают первый измерительный канал с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) в соответствии с ее РЭ к регистрации сигналов силы тока в первом измерительном поддиапазоне работы и осциллограф к регистрации импульсов напряжения с выхода БИ.

9.1.5 Воспроизводят на выходе источника сигналов силы тока однократный сигнал силы тока $I_{\text{изм.ИК.вх.ниж.1Д}}$, А, с установленной по формуле (2) амплитудой положительной полярности, и с помощью осциллографа обеспечивают регистрацию импульса напряжения (см. рисунок 5) на выходе первого измерительного канала системы СИНТ-4/8(Р).

По полученной осциллограмме (см. рисунок 5) определяют:

V_{max} – максимальное значение амплитуды импульса напряжения на выходе ИК, В;

V_{min} – минимальное значение амплитуды импульса напряжения на выходе ИК, В.

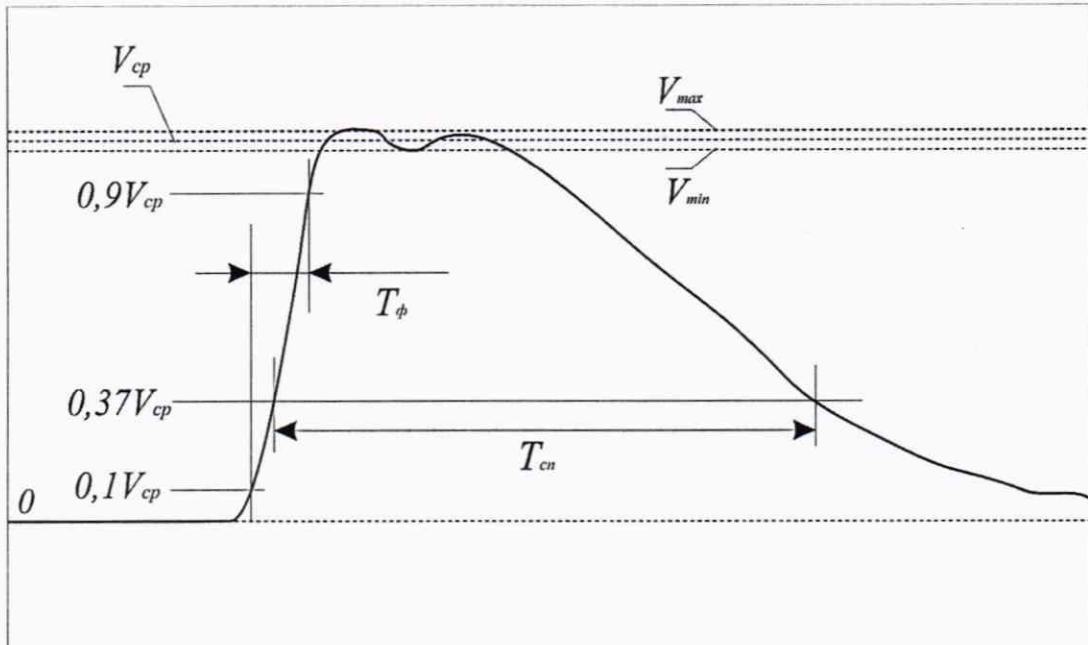


Рисунок 5 – Эпюра напряжения на выходе измерительного канала системы СИНТ-4/8(Р) при определении характеристик

9.1.6 Измерения по 9.1.5 производят $n = 10$ раз.

9.1.7 Измерения по 9.1.5 – 9.1.6 производят для отрицательной полярности сигналов силы тока на выходе генератора тока для ИК №1. Амплитуду импульсов напряжения $V_{Г5-102.верх}$, В, на выходе генератора импульсов Г5-102 при этом определяют аналогично по формуле (2).

9.1.8 Измерения по 9.1.5 – 9.1.7 производят для установленных значений сигналов силы тока на входе ПИПТ №01 первого измерительного канала, соответствующих верхней границе заданного динамического диапазона измерений сигналов силы тока для первого поддиапазона измерений $I_{\text{изм.ИК.вх.верх.1Д}} = \pm 4,0 \cdot 10^{-3}$ А.

9.1.9 Аналогичные измерения по 9.1.2 – 9.1.8 проводят для первого измерительного канала с ПИПТ №01 для второго поддиапазона измерений сигналов силы тока: $\pm$ (от $4,0 \cdot 10^{-3}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$ А) и третьего поддиапазона измерений сигналов силы тока: $\pm$ (от $2,0 \cdot 10^{-2}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$ А).

9.1.10 Работы по 9.1.1 – 9.1.9 проводят последовательно для измерительных каналов №2 – №8 для ПИПТ №02 – №08. При этом для измерительных каналов №5 – №8 системы СИНТ-4/8(Р) к каналу №1 БИ подключается ПИПТ №05, к каналу №2 БИ подключается ПИПТ №06 и т.д.

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

9.2.1 Проводят аналогичные работы по 9.1.1 – 9.1.4 для первого измерительного канала с ПИПТ №01 для средней амплитудной точки первого поддиапазона измерений, составляющей $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.1Д}} = \pm 2,0 \cdot 10^{-3}$ А и подготавливают генератор Г5-102 для воспроизведения

импульсов напряжения положительной полярности с длительностью $T_{\text{имп}}$ по уровню 0,5 от амплитуды равной 10 мкс и амплитудой $V_{Г5-102.сред}$, В, которую определяют аналогично по формуле (2). При выполнении работ используют третий импульсный выход генератора Г5-102 и, при необходимости, для уменьшения амплитуды выходных импульсов, делитель напряжения из состава генератора И1-15, который устанавливают на выходе Г5-102.

Воспроизводят на выходе источника сигналов силы тока однократный сигнал силы тока $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.1Д}}$, А, установленной амплитудой $V_{Г5-102.сред}/R_{\text{изм.ПИПТ01}}$, А, положительной полярности и с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D обеспечивают регистрацию импульса напряжения на выходе первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р). По полученной осциллограмме (см. рисунок 5) определяют длительность фронта $T_{ф.и}$, с, импульса между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося (среднего) значения амплитуды на выходе первого измерительного канала. Измерения последовательно проводят $n = 10$ раз.

9.2.2 Проводят аналогичные работы по 9.2.1 в первом поддиапазоне измерений для отрицательной полярности входного сигнала силы тока для первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р).

9.2.3 Проводят аналогичные работы по 9.2.1 – 9.2.2 для первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) для второго поддиапазона измерений сигналов силы тока для амплитудной точки $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.2Д}} = \pm 1,2 \cdot 10^{-2}$ А и для третьего поддиапазона измерений сигналов силы тока для амплитудной точки $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.3Д}} = \pm 6,0 \cdot 10^{-2}$ А.

9.2.4 Работы по 9.2.1 – 9.2.3 проводят последовательно для измерительных каналов №2 – №8 для ПИПТ №02 – №08. При этом для измерительных каналов №5 – №8 системы СИНТ-4/8(Р) к каналу №1 БИ подключается ПИПТ №05, к каналу №2 БИ подключается ПИПТ №06 и т.д.

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

9.3.1 Проводят аналогичные работы по 9.1.1 – 9.1.4 для первого измерительного канала с ПИПТ №01 для средней амплитудной точки первого поддиапазона измерений, составляющей $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.1Д}} = \pm 2,0 \cdot 10^{-3}$ А и подготавливают генератор Г5-102 для воспроизведения импульсов напряжения положительной полярности с длительностью $T_{\text{имп}}$ по уровню 0,5 от амплитуды равной 100 мс и амплитудой $V_{Г5-102.сред}$, В, которую определяют аналогично по формуле (2). При выполнении работ используют первый импульсный выход генератора Г5-102.

Воспроизводят на выходе источника сигналов силы тока однократный сигнал силы тока $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.1Д}}$, А, установленной амплитудой $V_{Г5-102.сред}/R_{\text{изм.ПИПТ01}}$, А, положительной полярности и с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D обеспечивают регистрацию импульса напряжения на выходе первого измерительного канала с ПИПТ №01. По полученной осциллограмме (см. рисунок 5) определяют постоянную времени спада $T_{сп.и}$, с, переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося (среднего) значения амплитуды на выходе первого измерительного канала.

9.3.2 Работы по 9.3.1 последовательно проводят десять раз и определяют для каждого измерения постоянную времени спада $T_{сп.и}$, с, переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося (среднего) значения амплитуды, $i = 1 \dots 10$.

9.3.3 Проводят аналогичные работы по 9.3.1 в первом поддиапазоне измерений для отрицательной полярности входного сигнала силы тока для первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р).

9.3.4 Проводят аналогичные работы по 9.3.1 – 9.3.3 для первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) для второго поддиапазона измерений сигналов силы тока для амплитудной точки $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.2Д}} = \pm 1,2 \cdot 10^{-2}$ А и для третьего поддиапазона измерений сигналов силы тока для амплитудной точки $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.3Д}} = \pm 6,0 \cdot 10^{-2}$ А.

9.3.5 Работы по 9.3.1 – 9.3.4 проводят последовательно для измерительных каналов №2 – №8 для ПИПТ №02 – №08. При этом для измерительных каналов №5 – №8 системы СИНТ-4/8(Р) к каналу №1 БИ подключается ПИПТ №05, к каналу №2 БИ подключается ПИПТ №06 и т.д.

9.4 Определение приведенной относительной погрешности измерений значений сигналов силы тока

9.4.1 Проводят работы по 9.1.1 – 9.1.6 для первого измерительного канала с ПИПТ №01 для нижней амплитудной точки первого поддиапазона измерений, составляющей $I_{\text{изм.ИК.вх.ниж.1Д}} = \pm 5,0 \cdot 10^{-4}$ А. При регистрации импульсов напряжения с выхода БИ используют цифровой осциллограф Tektronix TDS 784D (см. рисунок 3). Подготавливают генератор Г5-102 для воспроизведения импульсов напряжения положительной полярности с длительностью $T_{\text{имп}}$ по уровню 0,5 от амплитуды равной 100 мс и амплитудой $V_{\text{Г5-102.ниж}}$, В, которую определяют аналогично по формуле (2). Воспроизводят однократный сигнал силы тока $I_{\text{изм.ИК.вх.ниж.1Д}}$, А, установленной амплитудой $V_{\text{Г5-102.ниж}}/R_{\text{изм.ПИПТ01}}$, А, положительной полярности на выходе генератора тока и с помощью осциллографа обеспечивают регистрацию импульса напряжения на выходе ИК №1. По полученной осциллограмме (см. рисунок 5) аналогично по 9.1.5 определяют максимальное и минимальное значение амплитуды импульса напряжения на выходе ИК. Указанные измерения производят $n = 10$ раз.

9.4.2 Проводят аналогичные работы по 9.4.1 в первом поддиапазоне измерений для отрицательной полярности входного сигнала силы тока для первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р).

9.4.3 Проводят аналогичные работы по 9.4.1 – 9.4.2 в первом поддиапазоне измерений для первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) для амплитудных точек $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.1Д}} = \pm 2,0 \cdot 10^{-3}$ А и $I_{\text{изм.ИК.вх.верх.1Д}} = \pm 4,0 \cdot 10^{-3}$ А.

9.4.4 Проводят аналогичные работы по 9.4.1 – 9.4.3 во втором поддиапазоне измерений для первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) для амплитудных точек $I_{\text{изм.ИК.вх.ниж.2Д}} = \pm 4,0 \cdot 10^{-3}$ А, $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.2Д}} = \pm 1,2 \cdot 10^{-2}$ А, $I_{\text{изм.ИК.вх.верх.2Д}} = \pm 2,0 \cdot 10^{-2}$ А и в третьем поддиапазоне измерений для амплитудных точек $I_{\text{изм.ИК.вх.ниж.3Д}} = \pm 2,0 \cdot 10^{-2}$ А, $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.3Д}} = \pm 6,0 \cdot 10^{-2}$ А и $I_{\text{изм.ИК.вх.верх.3Д}} = \pm 1,0 \cdot 10^{-1}$ А.

9.4.5 Работы по 9.4.1 – 9.4.4 проводят последовательно для измерительных каналов №2 – №8 для ПИПТ №02 – №08. При этом для измерительных каналов №5 – №8 системы СИНТ-4/8(Р) к каналу №1 БИ подключается ПИПТ №05, к каналу №2 БИ подключается ПИПТ №06 и т.д.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Подтверждение диапазона измеряемых значений сигналов силы тока

10.1.1 Используя результаты проведенных измерений по 9.1.6, вычисляют средние арифметические значения $\bar{V}_{\text{max}}$, В, и $\bar{V}_{\text{min}}$, В, по формулам

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

$$\bar{V}_{\text{min}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{\text{min}_i}, \quad (4)$$

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

Определяют среднее значение $V_{\text{ср.ниж.1Д}}$, В, выходного напряжения ИК №1 в нижней точке первого поддиапазона измерений сигналов силы тока по формуле

$$V_{\text{ср.ниж.1Д}} = (\bar{V}_{\text{max}} + \bar{V}_{\text{min}}) / 2. \quad (5)$$

10.1.2 Аналогично по 10.1.1 по формуле (5) определяют среднее значение $(-V_{\text{ср.ниж.1Д}})$, В, выходного напряжения ИК №1 в нижней точке первого поддиапазона измерений сигналов силы тока для отрицательной полярности сигналов силы тока на выходе генератора тока для ИК №1.

10.1.3 Аналогично по 10.1.1 – 10.1.2 определяют средние значения $\{-V_{\text{ср.верх.1Д}}; +V_{\text{ср.верх.1Д}}\}$, В, выходного напряжения ИК №1 в верхней точке первого поддиапазона измерений сигналов силы тока для положительной и отрицательной полярностей сигналов силы тока на выходе генератора тока для ИК №1.

10.1.4 Аналогично по 10.1.1 – 10.1.3 определяют средние значения $\{-V_{\text{ср.верх.2Д}}; +V_{\text{ср.верх.2Д}}\}$, В, $\{-V_{\text{ср.верх.3Д}}; +V_{\text{ср.верх.3Д}}\}$, В, выходного напряжения ИК №1 для второго и третьего поддиапазонов измерений сигналов силы тока для положительной и отрицательной полярностей сигналов силы тока на выходе генератора тока для ИК №1.

10.1.5 Аналогично по 10.1.1 – 10.1.4 определяют средние значения $\{-V_{\text{ср.верх.1Д}}; +V_{\text{ср.верх.1Д}}\}$, В, $\{-V_{\text{ср.верх.2Д}}; +V_{\text{ср.верх.2Д}}\}$, В, и $\{-V_{\text{ср.верх.3Д}}; +V_{\text{ср.верх.3Д}}\}$, В, выходного напряжения для измерительных каналов №2 – №8 для ПИПТ №02 – №08.

10.1.6 Система СИНТ-4/8(Р) признается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если для каждого измерительного канала №1 – №8 обеспечиваются диапазоны измерений сигналов силы тока $\pm$ (от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$ А), первый поддиапазон $\pm$ (от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $4,0 \cdot 10^{-3}$ А), второй поддиапазон $\pm$ (от $4,0 \cdot 10^{-3}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$ А), третий поддиапазон $\pm$ (от $2,0 \cdot 10^{-2}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$ А), а полученные средние значения $\pm V_{\text{ср.ниж.1.2.3Д}}$, В, и $\pm V_{\text{ср.верх.1.2.3Д}}$, В, выходных напряжений с ИК №1 – №8 в нижней и верхней точках для каждого поддиапазона измерений удовлетворяют условию

$$\pm 0,05 \text{ В} \leq V_{\text{ср.ниж.1.2.3Д}}, \pm V_{\text{ср.верх.1.2.3Д}} \leq \pm 1,50 \text{ В}. \quad (6)$$

Примечание – Диапазон амплитуд напряжения от $\pm 0,05$ до $\pm 1,50$ В соответствует диапазону амплитуд выходного напряжения блока измерительного 4-х канального БИ, при котором в соответствии с РЭ, обеспечивается его заданное рабочее функционирование и заявленные значения погрешности измерений сигналов силы тока.

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

10.2.1 Используя результаты проведенных измерений по 9.2.1, для каждого i измерения, $i = 1 \dots 10$, определяют время нарастания $T_{\text{н.ПХ.ИК1.}i}$, с, переходной характеристики первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) для положительной полярности входного сигнала силы тока между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды по формуле

$$T_{\text{н.ПХ.ИК1.}i} = \sqrt{T_{\text{ф.}i}^2 - T_{\text{фр.Г5-102}}^2 - T_{\text{н.ПХ.ДН-1}}^2 - T_{\text{н.ПХ.осц}}^2} \quad (7)$$

где $T_{\text{фр.Г5-102}}$ – длительность фронта выходных импульсов напряжения между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды генератора Г5-102 (в соответствии с паспортом и технической документацией), с;

$T_{\text{н.ПХ.ДН-1}}$ – время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды делителя напряжения ДН-1 из состава генератора И1-15 (в соответствии с паспортом и технической документацией), с;

$T_{н.ПХ.осц}$ – время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды используемого цифрового осциллографа Tektronix TDS 784D (в соответствии с паспортом и технической документацией), с.

10.2.2 Вычисляют среднее арифметическое значение $\bar{T}_{н.ПХ.ИК1.1Д}$, с, времени нарастания ПХ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды первого измерительного канала системы СИИТ-4/8(Р) по 10 измерениям для положительной полярности входного сигнала силы тока по формуле

$$\bar{T}_{н.ПХ.ИК1.1Д} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{н.ПХ.ИК1i}, \quad (8)$$

где $T_{н.ПХ.ИК1.i}$ – значение i -го расчета времени нарастания ПХ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды в соответствии с 10.2.1, с;

$n = 10$ – количество измерений.

10.2.3 Аналогично определяют по 10.2.1 – 10.2.2 в первом поддиапазоне измерений среднее арифметическое значение $\bar{T}_{н.ПХ.ИК1.1Д.отр}$, с, времени нарастания ПХ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды первого измерительного канала системы СИИТ-4/8(Р) по 10 измерениям для отрицательной полярности входного сигнала силы тока.

10.2.4 Аналогично определяют по 10.2.1 – 10.2.3 во втором и третьем поддиапазонах измерений время нарастания ПХ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды первого измерительного канала системы СИИТ-4/8(Р) по 10 измерениям для положительной и отрицательной полярностей входного сигнала силы тока.

10.2.5 Аналогично определяют по 10.2.1 – 10.2.4 время нарастания ПХ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды для измерительных каналов №2 – №8 для ПИПТ №02 – №08. При этом для измерительных каналов №5 – №8 системы СИИТ-4/8(Р) к каналу №1 БИ подключается ПИПТ №05, к каналу №2 БИ подключается ПИПТ №06 и т.д.

10.2.6 Система СИИТ-4/8(Р) признается прошедшей операцию проверки с положительным результатом, если для каждого измерительного канала №1 – №8 обеспечивается время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды в первом – третьем поддиапазонах при положительной и отрицательной полярностях входного сигнала силы тока не более 5 нс.

10.3 Расчет постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды

10.3.1 Вычисляют среднее арифметическое значение $\bar{T}_{сп.ИК1.1Д}$, с, постоянной времени спада импульса по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды первого измерительного канала с ПИПТ №01 по 10 измерениям для положительной полярности входного сигнала силы тока по формуле

$$\bar{T}_{сп.ИК1.1Д} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{сп.i}, \quad (9)$$

где $T_{сп.i}$ – i -ый результат измерений постоянной времени спада импульса по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды в соответствии с 9.3, с;

$n = 10$ – количество измерений.

10.3.2 Аналогично по 10.3.1 определяют в выбранном поддиапазоне измерений для отрицательной полярности входного сигнала силы тока для первого измерительного канала с ПИПТ №01 среднее арифметическое значение $\bar{T}_{сп.ИК1.1Д.отр}$, с, постоянной времени спада импульса по уровню 0,37 от установившегося (среднего) значения амплитуды.

Полученные величины $\bar{T}_{сп.ИК1.1Д}$, с, и $\bar{T}_{сп.ИК1.1Д.отр}$, с, принимают за значения $\bar{T}_{сп.ПХ.ИК1.1Д}$, с, и $\bar{T}_{сп.ПХ.ИК1.1Д.отр}$, с, постоянной времени спада переходной характеристики

первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды при положительной и отрицательной полярностях входного сигнала силы тока в первом поддиапазоне измерений.

10.3.3 Аналогично определяют по 10.3.1 – 10.3.2 во втором и третьем поддиапазонах измерений постоянную времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) по 10 измерениям для положительной и отрицательной полярностей входного сигнала силы тока.

10.3.4 Аналогично определяют по 10.3.1 – 10.3.3 постоянную времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды для измерительных каналов №2 – №8 для ПИПТ №02 – №08. При этом для измерительных каналов №5 – №8 системы СИНТ-4/8(Р) к каналу №1 БИ подключается ПИПТ №05, к каналу №2 БИ подключается ПИПТ №06 и т.д.

10.3.5 Система СИНТ-4/8(Р) признается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если для каждого измерительного канала №1 – №8 обеспечивается постоянная времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды в первом – третьем поддиапазонах при положительной и отрицательной полярностях входного сигнала силы тока не менее 200 мкс.

10.4 Расчет приведенной относительной погрешности измерений значений сигналов силы тока

10.4.1 Используя результаты проведенных измерений по 9.4.1, для каждого i измерения, $i = 1...10$, определяют по формулам (3) и (4) средние арифметические значения $\bar{V}_{\max}$, В, и $\bar{V}_{\min}$, В.

Коэффициент преобразования по току в нижней точке первого поддиапазона при амплитуде входного тока $I_{\text{изм.ПИПТ.вх.ниж.1Д}} = 5,0 \cdot 10^{-4}$ А для первого измерительного канала с ПИПТ №01 для положительной полярности входного сигнала силы тока определяют по формуле

$$K_{\text{пр.ИК1.ниж.1Д}} = (\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min}) / (2 \cdot I_{\text{изм.ИК.вх.ниж.1Д}}). \quad (10)$$

Аналогично определяют коэффициент преобразования $K_{\text{пр.ИК1.ниж.1Д.отр}}$, В/А, по току в нижней точке первого поддиапазона для отрицательной полярности входного сигнала силы тока первого измерительного канала с ПИПТ №01 при амплитуде входного тока $I_{\text{изм.ПИПТ.вх.ниж.1Д}} = 5,0 \cdot 10^{-4}$ А

10.4.2 Аналогичные работы по 10.4.1 проводят для средней амплитудной точки первого поддиапазона измерений, составляющей $I_{\text{изм.ИК.вх.сред.1Д}} = \pm 2,0 \cdot 10^{-3}$ А для положительной и отрицательной полярностей входного сигнала силы тока первого измерительного канала с ПИПТ №01 и определяют значение $K_{\text{пр.ИК1.сред.1Д}}$, В/А, и $K_{\text{пр.ИК1.сред.1Д.отр}}$, В/А.

10.4.3 Аналогичные работы по 10.4.1 проводят для первого измерительного канала с ПИПТ №01 для верхней амплитудной точки первого поддиапазона измерений составляющей $I_{\text{изм.ИК.вх.вер.1Д}} = \pm 4,0 \cdot 10^{-3}$ А положительной полярности и вычисляют средние арифметические значения $\bar{V}_{\max}$, В, и $\bar{V}_{\min}$, В и определяют относительную погрешность $\Theta_{\text{нер.верх.ИК1.1Д}}$, %, обусловленную неравномерностью вершины импульса на выходе первого измерительного канала с ПИПТ №01, по формуле

$$\Theta_{\text{нер.верх.ИК1.1Д}} = 100 \% \cdot (\bar{V}_{\max} - \bar{V}_{\min}) / (\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min}). \quad (11)$$

Коэффициент преобразования $K_{\text{пр.1}}$, В/А, по току в верхней точке первого поддиапазона при амплитуде входного тока $I_{\text{изм.ИК.вх.вер.1Д}} = 4,0 \cdot 10^{-3}$ А первого измерительного канала с ПИПТ №01 определяют по формуле

$$K_{\text{пр.1}} = (\bar{V}_{\text{max}} + \bar{V}_{\text{min}}) / (2 \cdot I_{\text{изм.ИК.вх.вер.1Д}}). \quad (12)$$

Вычисляют средние квадратические отклонения среднего арифметического (СКО) $S(\bar{V}_{\text{max}})$ и $S(\bar{V}_{\text{min}})$, %, измерений максимального V_{max} , В, и минимального V_{min} , В, значений напряжения на выходе первого измерительного канала с ПИПТ №01 и получают оценку СКО погрешности измерений значений сигналов силы тока $S(K_{\text{пр1}})$, %, по формулам

$$S(\bar{V}_{\text{max}}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{\text{max}_i} - \bar{V}_{\text{max}})^2}{n(n-1)}} \cdot \frac{100\%}{\bar{V}_{\text{max}}}, \quad (13)$$

$$S(\bar{V}_{\text{min}}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{\text{min}_i} - \bar{V}_{\text{min}})^2}{n(n-1)}} \cdot \frac{100\%}{\bar{V}_{\text{min}}}, \quad (14)$$

$$S(K_{\text{пр1}}) = \sqrt{S(\bar{V}_{\text{max}})^2 + S(\bar{V}_{\text{min}})^2}. \quad (15)$$

Доверительные границы $\varepsilon_{I.\text{прив.1Д}}$, %, случайной составляющей погрешности измерений значений сигналов силы тока первого измерительного канала с ПИПТ №01 для верхней амплитудной точки $I_{\text{изм.ИК.вх.вер.1Д}}$, А, первого поддиапазона измерений (без учета знака), при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 10$ находят по формуле

$$\varepsilon_{I.\text{прив.1Д}} = 2,262 \cdot S(K_{\text{пр1}}). \quad (16)$$

10.4.4 Коэффициент преобразования $K_{\text{пр.1Д}}$, В/А, для положительной полярности входного сигнала силы тока первого измерительного канала с ПИПТ №01 в первом поддиапазоне измерений определяют по формуле

$$K_{\text{пр.1Д}} = 100\% \cdot (K_{\text{пр.1.макс}} + K_{\text{пр.1.мин}}) / 2, \quad (17)$$

где $K_{\text{пр.1.макс}}$ и $K_{\text{пр.1.мин}}$ – максимальное и минимальное значения коэффициентов преобразования, которые выбирают из $\{K_{\text{пр.ИК1.ниж.1Д}}, K_{\text{пр.ИК1.сред.1Д}}, K_{\text{пр.1}}\}$.

Нелинейность $\Theta_{\text{нел.Кпр1Д}}$, %, коэффициента преобразования определяют по формуле

$$\Theta_{\text{нел.Кпр1Д}} = 100\% \cdot (K_{\text{пр.1.макс}} - K_{\text{пр.1.мин}}) / (K_{\text{пр.1.макс}} + K_{\text{пр.1.мин}}). \quad (18)$$

10.4.5 Доверительные границы $\Theta_{I.\text{прив.1Д}}$, %, неисключенной систематической составляющей погрешности измерений значения сигналов силы тока в верхней амплитудной точки первого поддиапазона измерений $I_{\text{изм.ИК.вх.вер.1Д}} = 4,0 \cdot 10^{-3}$ А при доверительной вероятности $P=0,95$ и поправочном коэффициенте $k = 1,1$ определяют по формуле

$$\Theta_{I.\text{прив.1Д}} = 1,1 \cdot (\Theta_{R_{\text{изм}}}^2 + \Theta_{V_{\text{Г5-102}}}^2 + \Theta_{D_{\text{Н-1}}}^2 + \Theta_{\text{нер.верх.ИК1.1Д}}^2 + \Theta_{V_{\text{max}}}^2 + \Theta_{V_{\text{min}}}^2 + \Theta_{\text{нел.Кпр1Д}}^2)^{1/2}, \quad (19)$$

где $\Theta_{R_{\text{изм}}}$ – относительная погрешность измерения сопротивления с помощью вольтметра В7-54/3 (в соответствии с технической документацией на средство измерений), %;

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

$\Theta_{ДН-1}$ – относительная погрешность коэффициента ослабления делителя напряжения ДН-1 из состава генератора И1-15 при его использовании (в соответствии с паспортом и технической документацией), %;

$\Theta_{\text{нер.верх.ИК1.1Д}}$ – относительная погрешность, обусловленная неравномерностью вершины импульса на выходе первого измерительного канала с ПИПТ №01, определяемая по формуле (11), %;

$\Theta_{V_{\text{max}}}$ – относительная погрешность цифрового 4-канального запоминающего осциллографа Tektronix TDS 784D при определении максимальной амплитуды V_{max} , В, импульсов напряжения на выходе первого измерительного канала с ПИПТ №01 для верхней амплитудной точки первого поддиапазона измерений по 9.4.1, %;

$\Theta_{V_{\text{min}}}$ – относительная погрешность цифрового 4-канального запоминающего осциллографа Tektronix TDS 784D при определении минимальной амплитуды V_{min} , В, импульсов напряжения на выходе первого измерительного канала с ПИПТ №01 для верхней амплитудной точки первого поддиапазона измерений по 9.4.1, %;

$\Theta_{\text{нел.Кпр1Д}}$ – нелинейность коэффициента преобразования первого измерительного канала с ПИПТ №01, определяемая по формуле (18), %.

10.4.6 Доверительные границы приведенной относительной погрешности измерений значений сигналов силы тока для верхней амплитудной точки первого поддиапазона измерений, составляющей $I_{\text{изм.ИК.вх.вер.1Д}} = \pm 4,0 \cdot 10^{-3}$ А положительной полярности, первого измерительного канала с ПИПТ №01 системы СИНТ-4/8(Р) вычисляют по полученным значениям случайной и неисключенной систематической погрешности в соответствии с ГОСТ 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения» по формуле

$$\delta_{I.\text{прив.1Д}} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (20)$$

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

S_{Σ} – суммарное среднее квадратическое отклонение измерений сигналов силы тока, определяемое по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S(K_{\text{пр1}})^2}, \quad (21)$$

где S_{Θ} – СКО неисключенной систематической погрешности измерений сигналов силы тока, вычисляемое по формуле

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{I.\text{прив.1Д}}}{1,1\sqrt{3}}. \quad (22)$$

Коэффициент K вычисляют по формуле

$$K = \frac{\varepsilon_{I.\text{прив.1Д}} + \Theta_{I.\text{прив.1Д}}}{S(K_{\text{пр1}}) + S_{\Theta}}. \quad (23)$$

10.4.7 Аналогичные работы по 10.4.1 – 10.4.6 проводят для первого измерительного канала с ПИПТ №01 для верхней амплитудной точки первого поддиапазона измерений, составляющей $I_{\text{изм.ИК.вх.вер.1Д}} = \pm 4,0 \cdot 10^{-3}$ А, отрицательной полярности и определяют значение $\delta_{I.\text{прив.1Д.отр.}}$.

10.4.8 Аналогичные работы по 10.4.1 – 10.4.7 проводят для первого измерительного канала с ПИПТ №01 для верхней амплитудной точки второго поддиапазона измерений, составляющей $I_{\text{изм.ИК.вх.вер.2Д}} = \pm 2,0 \cdot 10^{-2}$ А, и для верхней амплитудной точки третьего поддиапазона измерений, составляющей $I_{\text{изм.ИК.вх.вер.3Д}} = \pm 1,0 \cdot 10^{-1}$ А.

10.4.9 Аналогичные работы по 10.4.1 – 10.4.8 проводят последовательно для измерительных каналов №2 – №8 для ПИПТ №02 – №08.

10.4.10 Система СИНТ-4/8(Р) признается прошедшей операцию поверки с положительным результатом и допускается к применению, если для каждого измерительного канала №1 – №8 для первого – третьего поддиапазонов измерений сигналов силы тока положительной и отрицательной полярностей вычисленные значения доверительных границ приведенной относительной погрешности измерений значений сигналов силы тока составляют не более $\pm 20 \%$.

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 При положительных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме.

11.3 При отрицательных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

11.4 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник лаборатории
ФГУП «ВНИИОФИ»

Ведущий научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»

К.Ю. Сахаров

О.В. Михеев

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Рекомендуемое)
Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ / ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ № _____
«Система измерения наведенных токов многоканальная СИИТ-4/8(Р)»
(регистрационный № _____)

Заводской номер: 01 Год выпуска: 20____
Владелец СИ: _____
ИНН владельца СИ: _____
Применяемые эталоны: Вторичный эталон единицы силы импульсного тока в диапазоне от 0,1 до $1,0 \cdot 10^4$ А по ГОСТ 8.644-2014. Рабочий эталон единицы импульсного электрического напряжения 2-го разряда по ГПС, утвержденной Приказом Росстандара от 30 декабря 2019 г. №3463
Применяемая методика поверки: ГСИ. Система измерения наведенных токов многоканальная СИИТ-4/8(Р). Методика поверки МП 033.М12-21

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха, °C _____;
- относительная влажность воздуха, % _____;
- атмосферное давление, кПа _____;
- напряжение питания сети, В _____;
- частота сети, Гц _____.

Место проведения поверки: _____, комн. № _____.

Проведение поверки

А.1 Внешний осмотр _____

А.2 Опробование _____

А.3 Определение метрологических характеристик средства измерений

Результаты измерений при определении диапазона измеряемых значений сигналов силы тока для положительной и отрицательной полярностей выходного сигнала каждого измерительного канала системы СИИТ-4/8(Р) записывают в соответствии с рисунком А.1.

Таблица

№ изм.	Отрицательная полярность		Положительная полярность	
	$V_{\min}$, мВ	$V_{\max}$, мВ	$V_{\min}$, мВ	$V_{\max}$, мВ
1				
...				
10				

Рисунок А.1 – Форма записи результатов измерений при определении диапазона измеряемых значений сигналов силы тока

Результаты измерений при определении времени нарастания переходной характеристики каждого измерительного канала системы СИИТ-4/8(Р) между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды записывают в соответствии с рисунком А.2.

Таблица

№ i изм.	Длительность фронта $T_{\phi i}$, пс	
	отрицательная полярность	положительная полярность
1		
...		
10		

Рисунок А.2 – Форма записи результатов измерений при определении времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

Результаты измерений при определении постоянной времени спада переходной характеристики каждого измерительного канала системы СИНТ-4/8(Р) по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды записывают в соответствии с рисунком А.3.

Таблица

№ i изм.	Время спада T_{cn_i} , нс	
	отрицательная полярность	положительная полярность
1		
...		
10		

Рисунок А.3 – Форма записи результатов измерений при определении постоянной времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды

А.4 Заключение по результатам поверки

Метрологическая характеристика	Полученные значения	Требования методики поверки
Диапазон измеряемых значений сигналов силы тока, А – первый поддиапазон – второй поддиапазон – третий поддиапазон		$\pm$ (от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$) $\pm$ (от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $4,0 \cdot 10^{-3}$) $\pm$ (от $4,0 \cdot 10^{-3}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$) $\pm$ (от $2,0 \cdot 10^{-2}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$)
Время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, нс, не более		5
Постоянная времени спада переходной характеристики по уровню 0,37 от установившегося значения амплитуды, мкс, не менее		200
Пределы приведенной относительной погрешности измерений значений сигналов силы тока, %		± 20

Рекомендации _____

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Срок очередной поверки _____ 20 ____ г.

Поверитель:

подпись

инициалы, фамилия

дата

Руководитель:

подпись

инициалы, фамилия

дата