


УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по инновациям

ФГУП «ВНИИОФИ»




«28» 10

И.С. Филимонов

2020 г.

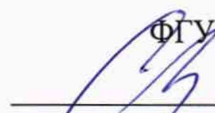
Государственная система обеспечения единства измерений

**ПОЛИГОННОЕ АВТОНОМНОЕ УСТРОЙСТВО
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ
ПАУ ИПИ**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 036.М12-20**

Главный метролог

ФГУП «ВНИИОФИ»

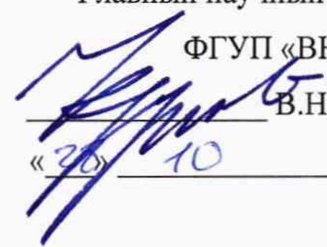

«28» 10

С.Н. Неода

2020 г.

Главный научный сотрудник

ФГУП «ВНИИОФИ»


«28» 10

В.Н. Крутиков

2020 г.

Москва 2020

1 ВВЕДЕНИЕ

Полигонное автономное устройство для измерения параметров излучения ПАУ ИПИ (далее – ПАУ ИПИ) предназначено для измерений амплитудно-временных параметров сверхширокополосных электромагнитных импульсов (СШП ЭМИ).

Настоящая методика поверки распространяется на полигонное автономное устройство для измерения параметров излучения ПАУ ИПИ и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Операции первичной и периодической поверок

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	Да	Да
Опробование	8.2	Да	Да
Подтверждение соответствия программного обеспечения	8.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик*)	8.4		
Определение коэффициента преобразования и относительной погрешности коэффициента преобразования преобразователей измерительных	8.4.1	Да	Да
Расчет диапазона измерений напряженности импульсного электрического поля	8.4.2	Да	Да
Расчет относительной погрешности измерений напряженности импульсного электрического поля	8.4.3	Да	Да
Определение времени нарастания переходной характеристики преобразователей измерительных между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	8.4.4	Да	Да
Определение длительности переходной характеристики преобразователей измерительных по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды	8.4.5	Да	Да
Расчет относительной погрешности измерений временных значений импульсов напряженности электрического поля	8.4.6	Да	Да

* – допускается проведение поверки для одного или нескольких измерительных каналов в соответствии с заявлением заказчика

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 8.4.1 – 8.4.6 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.

2.5 ПАУ ИПИ обеспечивает следующие метрологические характеристики:

– коэффициент преобразования преобразователей измерительных не менее $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ В} \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{м}$, пределы относительной погрешности коэффициента преобразования $\pm 10 \%$;

– диапазон измерений напряженности импульсного электрического поля от $\pm 1,0 \cdot 10^2$ до $\pm 2,0 \cdot 10^5 \text{ В/м}$;

– пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряженности импульсного электрического поля $\pm 15 \%$;

– время нарастания переходной характеристики преобразователей измерительных между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды не более 40 пс;

– длительность переходной характеристики преобразователей измерительных по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды не менее 3 нс;

– пределы допускаемой относительной погрешности измерений временных значений импульсов напряженности электрического поля $\pm 15 \%$.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются эталоны и поверенные средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства для проведения первичной и периодической поверок

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Основные технические и (или) метрологические характеристики
<i>Основные средства поверки</i>		
8.2; 8.4	1) Вторичный эталон единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей ВЭ-1 (далее – ВЭ-1)	Диапазоны значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей, в которых эталон хранит и передает значение величин соответственно от 0,2 до $1,0 \cdot 10^2 \text{ В/м}$ и от $5,2 \cdot 10^{-4}$ до $2,6 \cdot 10^{-1} \text{ А/м}$; Длительность фронта воспроизводимых импульсов напряженностей электрического и магнитного полей между уровнями от 0,1 до 0,9 от амплитуды от $2,0 \cdot 10^{-11}$ до $5,0 \cdot 10^{-10} \text{ с}$; Длительность воспроизводимых импульсов напряженностей электрического и магнитного полей на уровне 0,5 от амплитуды от $2,0 \cdot 10^{-11}$ до $3,0 \cdot 10^{-9} \text{ с}$; Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения импульсов напряженностей электрического и магнитного полей от 4,0 до 9,0 %.

<p>2) Вторичный эталон единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей ВЭ-2 (далее – ВЭ-2)</p>	<p>Диапазоны значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей, в которых эталон хранит и передает значение величин соответственно от $1,0 \cdot 10^2$ до $2,0 \cdot 10^5$ В/м и от $2,6 \cdot 10^{-1}$ до $5,3 \cdot 10^2$ А/м; Длительность фронта воспроизводимых импульсов напряженностей электрического и магнитного полей между уровнями от 0,1 до 0,9 от амплитуды от $1,0 \cdot 10^{-10}$ до $1,0 \cdot 10^{-9}$ с; Длительность воспроизводимых импульсов напряженностей электрического и магнитного полей на уровне 0,5 от амплитуды от $1,0 \cdot 10^{-9}$ до $3,0 \cdot 10^{-8}$ с; Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения импульсов напряженностей электрического и магнитного полей от 3,0 до 7,0 %</p>
<p>3) Вольтметр универсальный В7-54/3 (далее – вольтметр) (регистрационный номер 15250-96)</p>	<p>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 $\pm (0,004 \% \cdot U + 4 \text{ мкВ})$ 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 $0,2 \text{ кОм} \pm (0,01 \% \cdot R + 3 \text{ мОм})$, где R – измеряемое значение сопротивления, Ом.</p>
<p>4) Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп» (регистрационный номер 32014-06)</p>	<p>Диапазон измерений температуры от минус 10 до плюс 50 °С; Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,2$ °С; Диапазон измерений относительной влажности от 30 до 98 %; Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности ± 3 %; Диапазон измерений абсолютного атмосферного давления от 80 до 110 кПа; Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,13$ кПа</p>

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 КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации на ПАУ ИПИ и средства поверки, имеющие квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328н, прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Перед началом поверки необходимо изучить руководство по эксплуатации ПАУ ИПИ и настоящую методику поверки.

5.2 При проведении поверки следует соблюдать требования, установленные правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н. Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям 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 ПАУ ИПИ.

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

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- | | |
|---------------------------------------|----------------|
| – температура окружающего воздуха, °С | от 18 до 35; |
| – относительная влажность воздуха, % | от 50 до 80; |
| – атмосферное давление, кПа | от 96 до 104; |
| – напряжение питания сети, В | от 200 до 240; |
| – частота сети, Гц | от 49 до 51. |

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

6.3 В помещении, где проводится поверка, должны отсутствовать механические вибрации, а также постоянные и переменные электрические и магнитные поля, которые могут привести к искажению результатов измерений.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Проверьте наличие средств поверки по таблице 2, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

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

7.3 Подготовку, соединение, включение и прогрев ПАУ ИПИ и средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке произведите в соответствии с эксплуатационной документацией на указанные средства.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Проверяют комплектность ПАУ ИПИ.

Комплектность ПАУ ИПИ должна соответствовать таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность ПАУ ИПИ

Наименование	Обозначение	Количество
Преобразователь измерительный	АРВД.434854.003	8 шт
Осциллограф цифровой Tektronix DPO72304DX (регистрационный номер 57169-14)	–	2 шт
Кабина экранированная	АРВД.305127.001	2 шт
Медиаконвертер Gateray GR-120A	–	2 шт
Медиаконвертер Gateray GR-120B	–	2 шт
Коммутатор Zyxel GS1900-8-EU0101F	–	1 шт
Шнур оптический Patch Cord FBT SM FC/UPC- SC/UPC simplex L-100.0m	–	2 шт
Шнур оптический Patch Cord FBT SM FC/UPC- SC/UPC simplex L-1.0m	–	2 шт
Персональный компьютер iROBO-7000-N511/Intel Core i7-5500U	–	1 шт
Адаптер HYPERLINE FC-FC SM	–	2 шт
Аттенюатор коаксиальный HUBER+SUHNER 6630 SMA-50-3/199 NE	–	8 шт
Программное обеспечение «ПО ПАУ ИПИ»	АРВД.411734.001 ПМ26	1 экз
Паспорт	АРВД.411734.001 ПС	1 экз
Руководство по эксплуатации	АРВД.411734.001 РЭ	1 экз
Методика поверки	МП 036.M12-20	1 экз
Упаковка	–	1 шт

8.1.2 Проверяют ПАУ ИПИ на отсутствие механических повреждений и ослаблений элементов конструкции.

8.1.3 Проверяют наличия действующих свидетельств о поверки (актуальной записи о результатах поверки на портале Росстандарта и ФГИС «Аршин»), входящих в состав ПАУ ИПИ осциллографов Tektronix DPO72304DX.

8.1.4 ПАУ ИПИ признается прошедшим операцию поверки, если не обнаружены несоответствия комплектности, механические повреждения, ослабления элементов конструкции, неисправности разъемов и имеются сведения о действующих результатах положительной поверки осциллографов Tektronix DPO72304DX.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании ПАУ ИПИ оценивают работоспособность измерительных каналов системы с целью выявления внутренних скрытых дефектов (нарушение целостности сборки), возникших при транспортировании или эксплуатации, препятствующих дальнейшей поверке ПАУ ИПИ.

8.2.2 Соединяют составные части ПАУ ИПИ в соответствии с РЭ и рисунком 1, на котором приняты следующие обозначения: *A1-A8* – преобразователь первичный АРВД.434854.001 (из состава АРВД.434854.003), *A9-A10* – осциллограф цифровой DPO72304DX ф. Tektronix, *A11.1* – медиаконвертер GR-120A ф. Gateray, *A11.2* – блок питания, *A12* – калорифер 60715-018 ф. Schroff (из состава АРВД.305127.001), *A13* – вентиляторный блок 19713-121 ф. Schroff (из состава АРВД.305127.001), *A14.1* – медиаконвертер GR-120A ф. Gateray, *A14.2* – блок питания, *A15* – калорифер 60715-018 ф. Schroff (из состава АРВД.305127.001), *A16* – вентиляторный блок 19713-121 ф. Schroff (из состава

АРВД.305127.001), *A17.1, A18.1* – медиаконвертеры GR-120В ф. Gateray, *A17.2, A18.2* – блоки питания, *A19* – коммутатор GS1900-8-EU0101F ф. Zyxel, *A20* – компьютер iROBO-7000-N511/IntelCorei7-5500U ф. iROBO, *G1-G2* – источник бесперебойного питания CYBER-POWER PR3000ELCDRT2U (из состава АРВД.305127.001), *W1-W8* – аттенуатор коаксиальный HUBER+SUHNER 6630 SMA-50-3/199 NE, *X1-X8* – переход соединительный 34_SMA-50-0-100/111_N ф. HUBER+SUHNER (из состава АРВД.434854.003), *X9-X10* – DIN-рейка Schroff 60715-18 (из состава АРВД.305127.001), *X11-X12* – адаптер FC-FC SM ф. HYPERLINE, *1-8* – сборка кабельная SUCOFLEX SF126EA/11PC3.5-43/11 PC3.5 – 43/3000mm ф. HUBER+SUHNER (из состава АРВД.434854.003), *9-16* – сборка кабельная SUCOFLEX SF126EA/11PC3.5-43/11 PC3.5 – 43/1000mm ф. HUBER+SUHNER (из состава АРВД.434854.003), *17-18* – шнур оптический SM FC/UPC-SC/UPC simplex L-1.0m ф. Patch Cord, *19-20* – жгут-удлиннитель АРВД.685621.017 (из состава АРВД.305127.001), *21* – шнур оптический SM FC/UPC-SC/UPC simplex L-100.0m ф. Patch Cord, *22* – жгут АРВД.685621.014 (из состава АРВД.305127.001), *23* – шнур оптический SM FC/UPC-SC/UPC simplex L-100.0m ф. Patch Cord, *24* – жгут АРВД.685621.014 (из состава АРВД.305127.001).

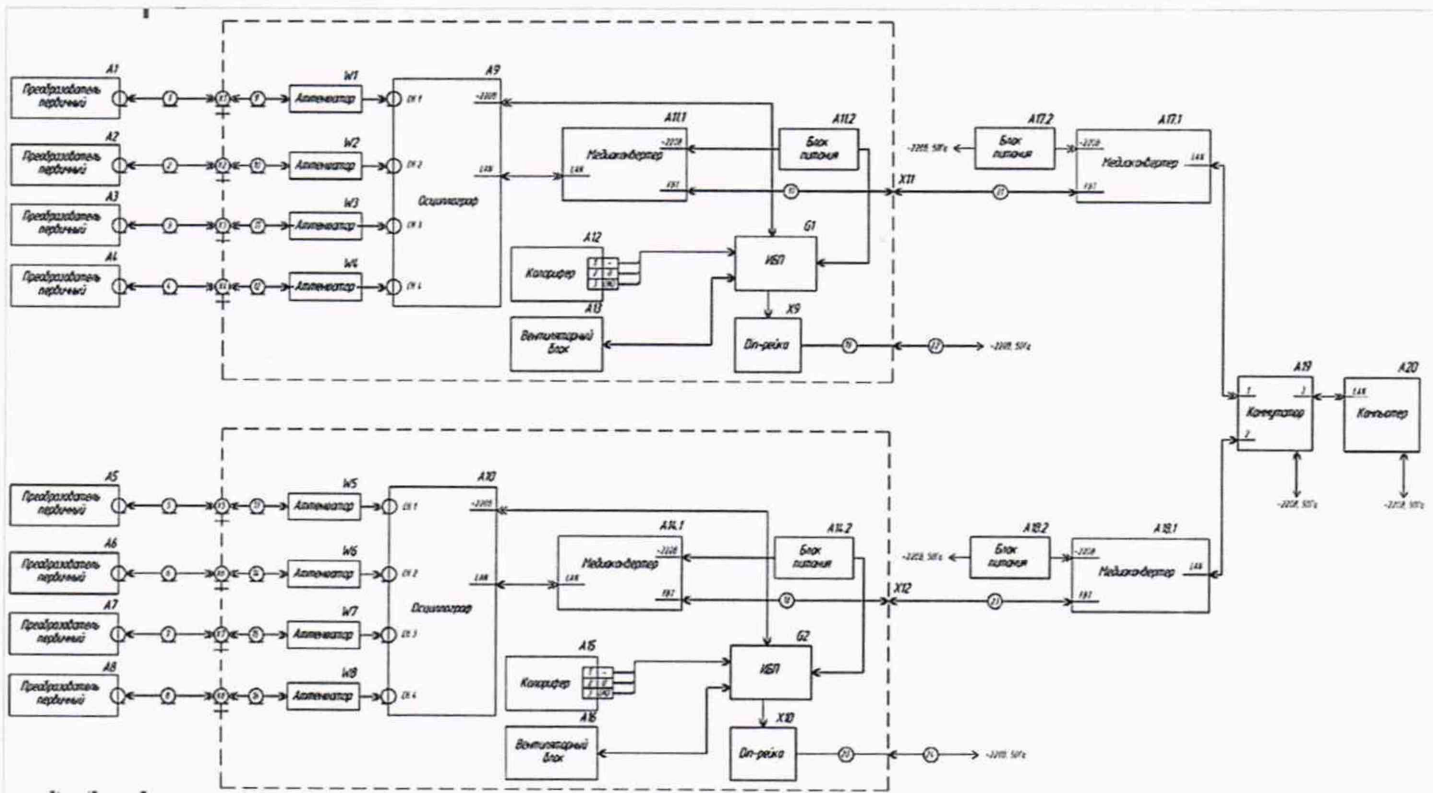


Рисунок 1 – Схема соединений при проведении измерений с помощью ПАУ ИПИ

8.2.3 Подготавливают к работе и включают бесперебойные источники питания PR3000ELCDRT2U (из состава кабины экранированной АРВД.305127.001) в соответствии с ее руководством пользователя. Запускают на компьютере iROBO-7000-N511/Intel Core i7-5500U рабочую программу АРВД.411734.001 ПМ26 путем открытия файла raupri.exe. При запуске на экране компьютера отображается окно рабочей программы. Оно разделено на вкладки. На первой вкладке с названием «Описание измерения» (рисунок 2) необходимо ввести данные о номере измерения, месте и условиях проведения измерения. Также необходимо ввести данные о лицах, проводящих измерение и проверку результатов. Введенная на данной вкладке информация в дальнейшем будет отображена в протоколе, который можно будет сформировать по результатам измерения и обработки измеренных данных.

Далее необходимо перейти на вкладку «Осциллографы», изображенную на рисунке 3. Ввести «Visa»-адреса используемых осциллографов и нажать кнопку «Подключить». При успешном подключении программного обеспечения к осциллографам производится предварительная установка параметров с возможностью их изменения оператором (таблица на данной вкладке становится активной). При необходимости, в процессе проведения измерений, устанавливаются параметры:

- номер канала триггера;
- уровень срабатывания;
- развертка по времени;
- развертка по напряжению

таким образом, чтобы зарегистрированный импульс напряжения занимал по вертикали и горизонтали максимальную площадь экрана.

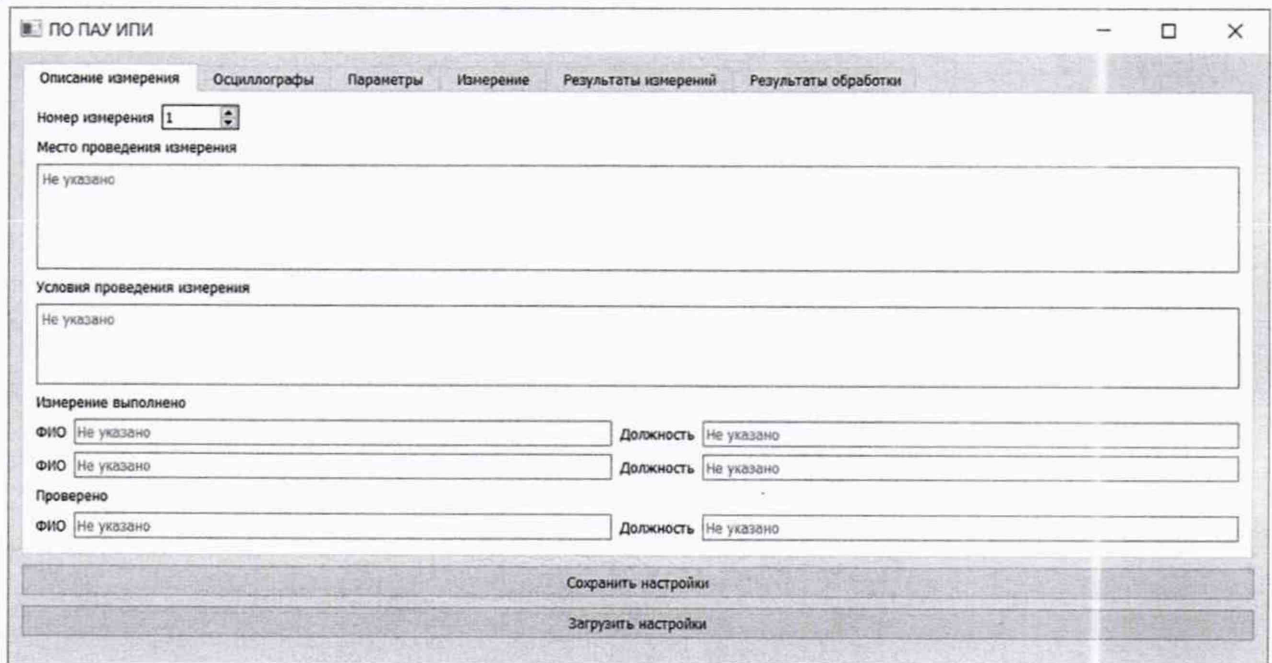


Рисунок 2 – Вкладка рабочей программы «Описание измерения»

Измененные параметры автоматически установятся в соответствующий осциллограф. Установленные параметры могут быть сохранены при помощи кнопки «Сохранить настройки». При последующем запуске программы эти параметры будут установлены автоматически.

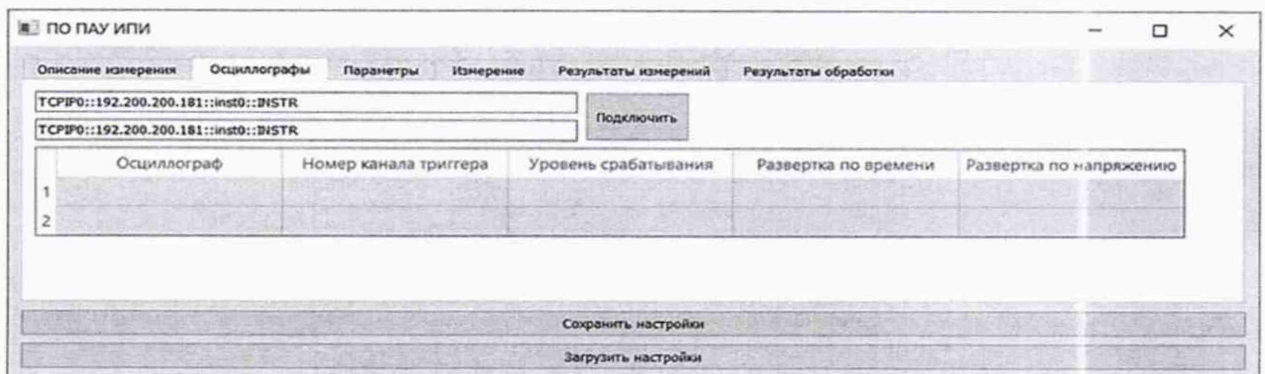


Рисунок 3 – Вкладка рабочей программы «Осциллографы»

Перейти на вкладку «Параметры» (см. рисунок 4) и установить следующие параметры:

- расстояние до преобразователей измерительных (далее – ПИ);
 - коэффициент преобразования каждого ПИ;
 - угол между осью излучения и осью, соединяющей раскрыв апертуры излучателя генератора СШП ЭМИ с каждой измерительной позицией;
 - время нарастания фронта переходной характеристики каждого ПИ;
 - коэффициент ослабления в каждом измерительном канале;
 - время нарастания фронта переходной характеристики каждого осциллографа.
- При необходимости сохранить введенные параметры в файл (кнопка «Сохранить») или загрузить параметры из ранее сохраненного файла (кнопка «Загрузить»).

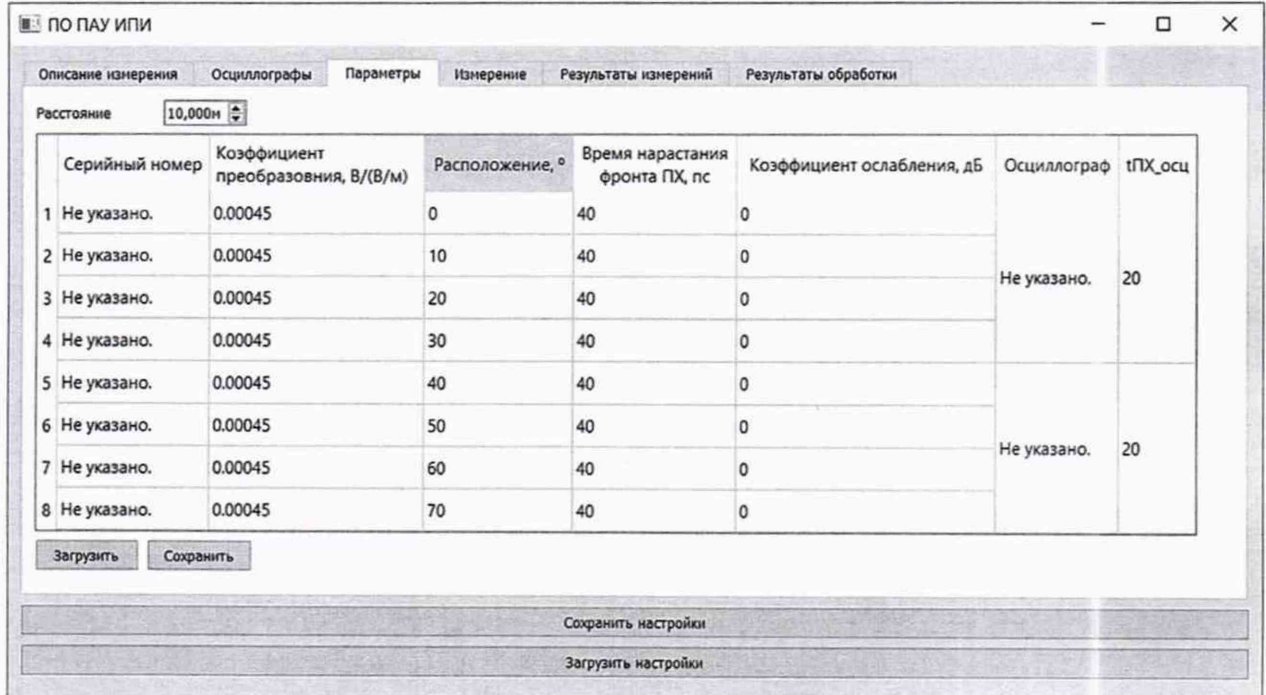


Рисунок 4 – Вкладка рабочей программы «Параметры»

Для проведения измерений перейти на вкладку «Измерение» (см. рисунок 5). Для запуска измерения амплитудно-временных параметров излучения генераторов СШП ЭМИ нажать кнопку «Запуск». После нажатия данная кнопка переходит в состояние «Нажато», и сохранит данное состояние до окончания измерения. Переход кнопки в состояние «Не нажато» означает завершение измерения.

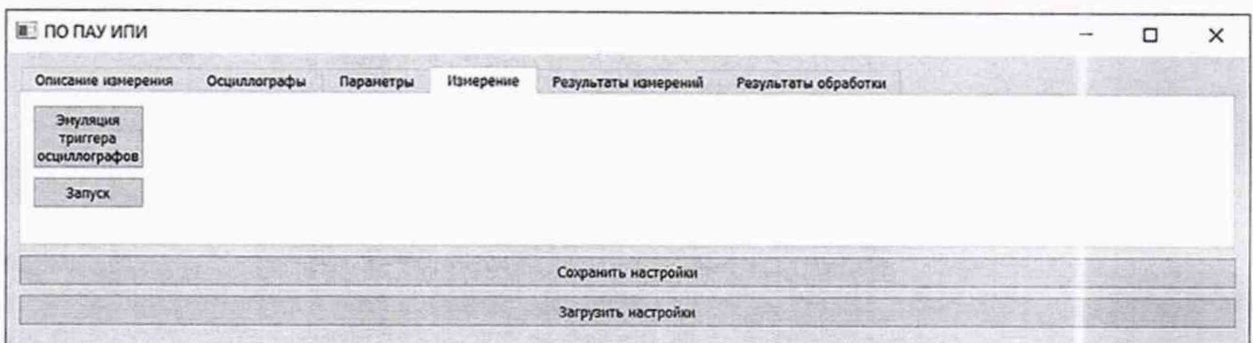


Рисунок 5 – Вкладка рабочей программы «Измерение»

После перехода кнопки в состояние «Не нажато» переходим на вкладку «Результаты измерений» (рисунок 6). На данной вкладке отображаются результаты измерения в виде временных зависимостей напряжения (осциллограмм) принятого сигнала, полученные с осциллографов по каждому измерительному каналу. Кнопка «Сохранить измеренные данные»

позволяет сохранить полученные результаты измерения в отдельный файл. Кнопка «Загрузить измеренные данные» позволяет загрузить в рабочую программу ранее сохраненные результаты измерения из файла.

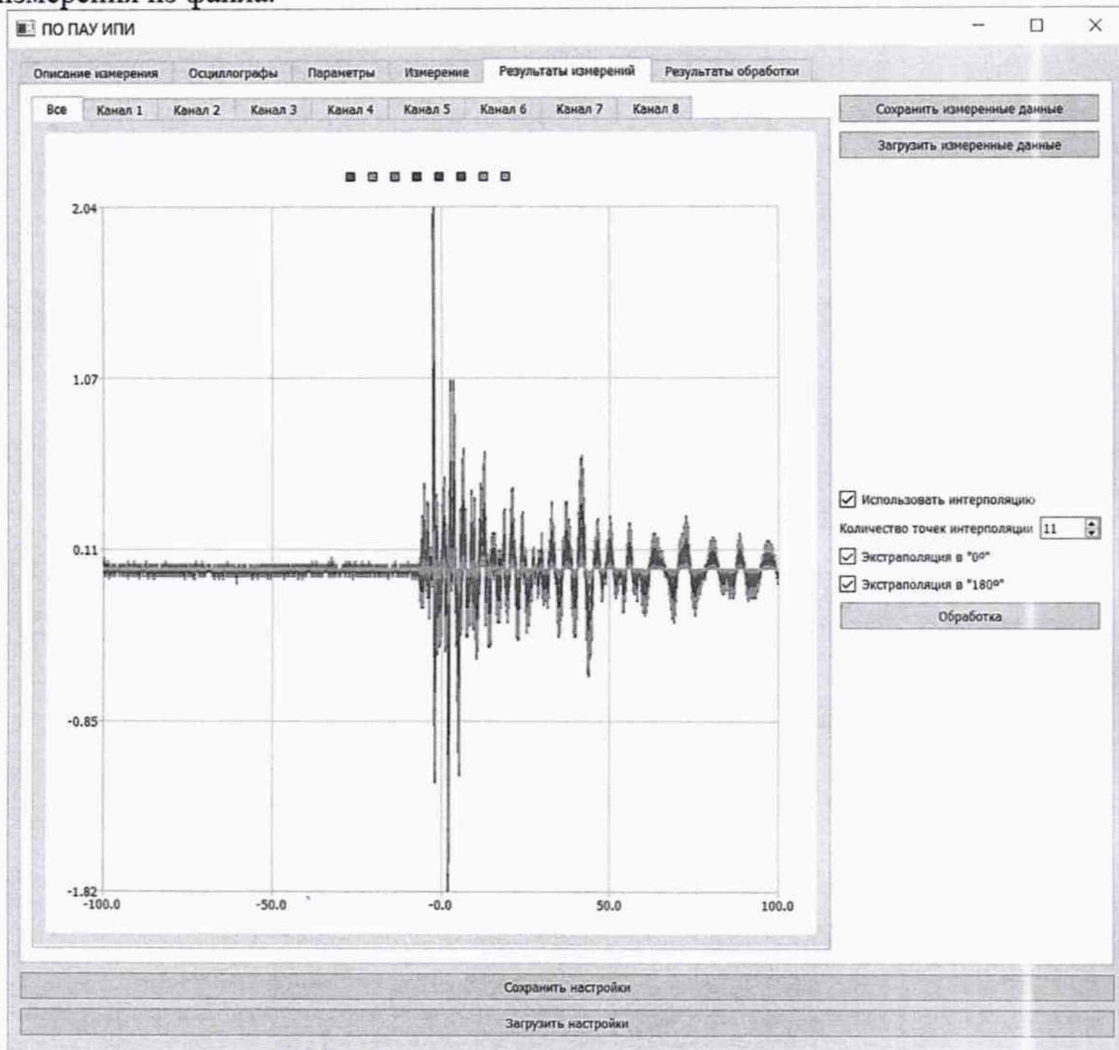


Рисунок 6 – Вкладка рабочей программы «Результаты измерений»

С помощью левой кнопки мыши выделить на осциллограмме временную область дальнейшей обработки результатов измерения. Справа на данной вкладке рабочей программы задать необходимые параметры обработки и нажать кнопку «Обработка».

Примечание – Перечень параметров обработки и их значение устанавливаются Заказчиком перед проведением измерений.

Далее перейти на вкладку «Результаты обработки» (см. рисунок 7). На данной вкладке отображаются следующие результаты обработки измеренных осциллограмм:

- временные зависимости напряженности электрического поля в каждой измерительной позиции (восемь измерительных позиций);
- максимальное значение напряженности электрического поля в каждой измерительной позиции;
- длительность импульса электрического поля в каждой измерительной позиции;
- время нарастания фронта импульса электрического поля в каждой измерительной позиции;
- диаграмма направленности излучающей антенны;
- пиковая мощность излучения.

Кнопка «Сохранить результаты» позволяет сохранить результаты обработки и измеренные осциллограммы в файлы в бинарном и текстовом формате.

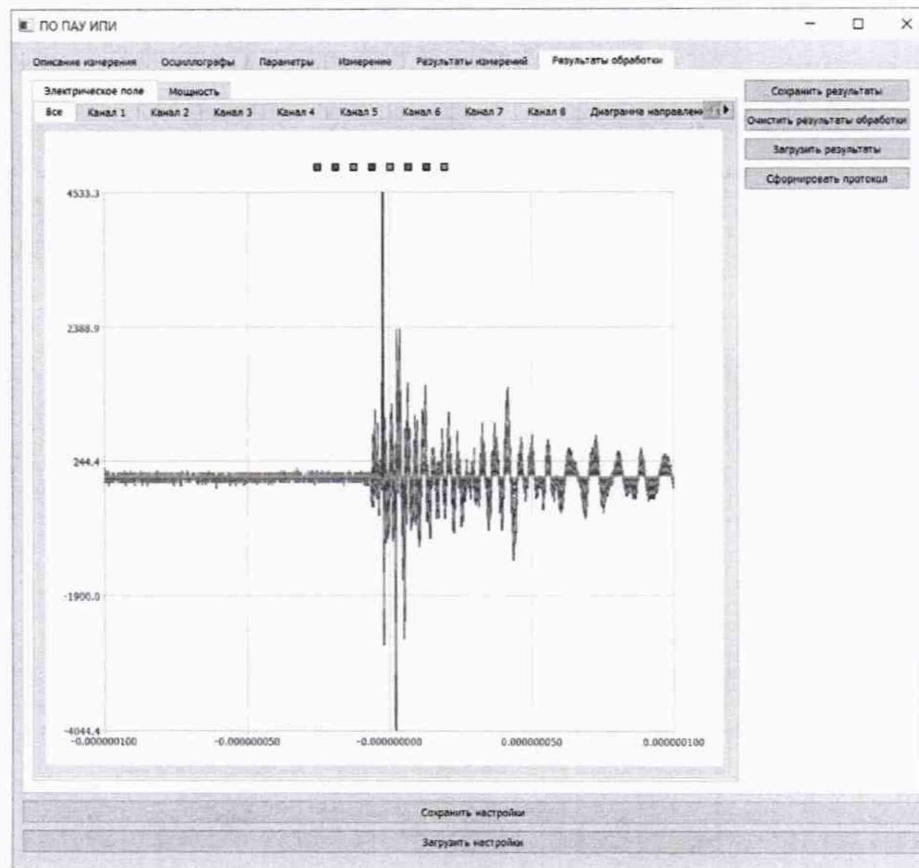


Рисунок 7 – Вкладка рабочей программы «Результаты обработки»

Для формирования протокола необходимо нажать на кнопку «Сформировать протокол». При этом оператору будет представлено окно выбора расположения и имени файла, в котором будет сохранен сформированный протокол.

8.2.4 Помещают первичный измерительный преобразователь (далее – ПИП) из состава ПИ, №01 (см. рисунок 8) на заземленную поверхность в центр рабочей зоны полеобразующей системы ПС-2 (далее – ПС-2) из состава вторичного эталона единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей ВЭ-2 в соответствии с нанесенной маркировкой. Соединяют выход ПИП с помощью линии связи (далее – ЛС) из его состава с входом цифрового осциллографа Tektronix DPO72304DX, который располагают в кабине экранированной.

8.2.5 Устанавливают в ПС-2 ВЭ-2 режим воспроизведения импульсов ступенчатой формы и напряженность электрического поля в рабочей зоне ПС-2 $E_{пс2}$ равной 100 В/м и воспроизводят импульсы поля в ВЭ-2. Регистрируют импульсы напряжения на выходе ПИ №01 с помощью цифрового осциллографа Tektronix DPO72304DX. С помощью программного обеспечения «ПО ПАУ ИПИ» проводят обработку полученной информации и определяют среднее значение амплитуды импульса напряжения V_{cp} , В (см. рисунок 9).

8.2.6 Вычисляют значение коэффициента преобразования $K_{пр}$, $B \cdot B^{-1} \cdot м$, преобразователя измерительного №01 по формуле

$$K_{пр} = V_{cp} / E_{пс2} \quad (1)$$

8.2.7 Аналогичные работы по 8.2.4 – 8.2.6 проводят для преобразователей измерительных № 02 – 08, используя оба запоминающих осциллографа Tektronix DPO72304DX из состава ПАУ ИПИ.

8.2.8 ПАУ ИПИ признается прошедшим операцию проверки, если вычисленные значения коэффициентов преобразования ПИ №01 – 08 составляют не менее $1,0 \cdot 10^{-4} B \cdot B^{-1} \cdot м$.

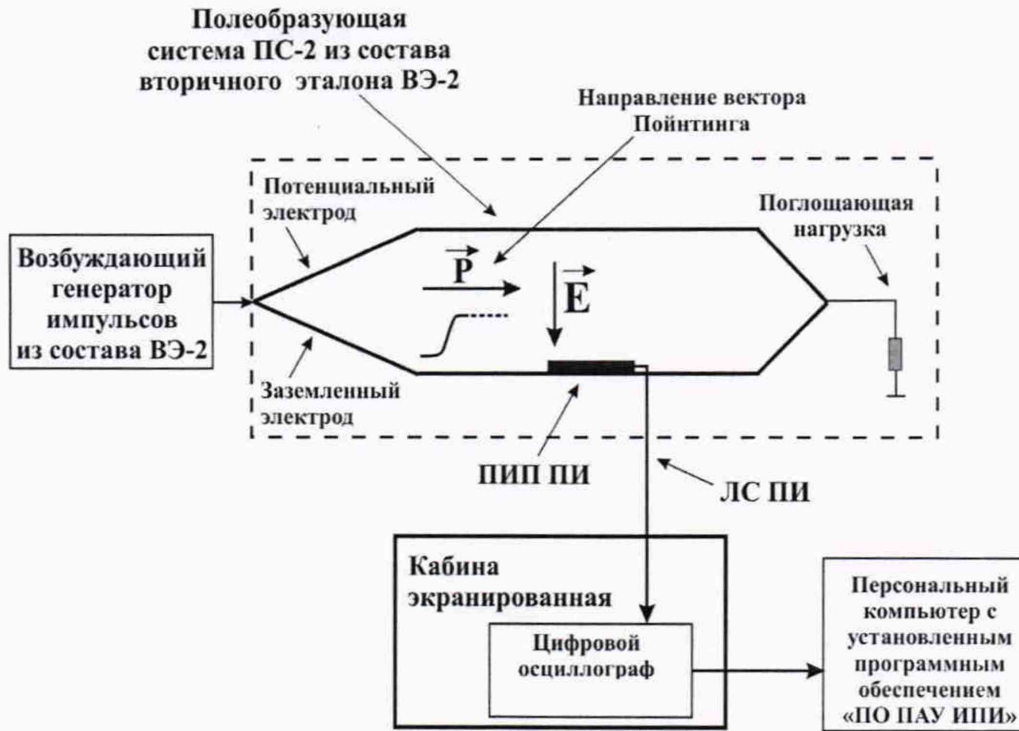


Рисунок 8 – Схема исследований при определении характеристик измерительных преобразователей с использованием вторичного эталона единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей ВЭ-2

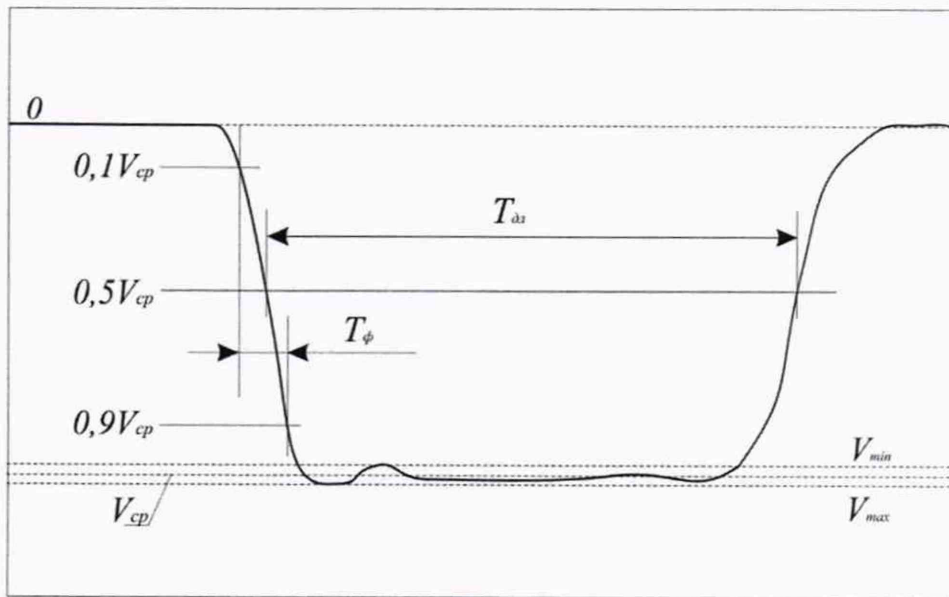


Рисунок 9 – Эпюра напряжения на выходе преобразователя измерительного при определении метрологических характеристик

8.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

8.3.1 Для просмотра идентификационных данных программного обеспечения «ПО ПАУ ИПИ» АРВД.411734.001 ПМ26 в главном окне программы, нажимают на пункт меню «О программе», отобразится диалоговое окно, которое содержит наименование ПО, версию ПО, контрольную сумму метрологически значимой части и название организации, разработавшей ПО.

8.3.2 ПАУ ИПИ признается прошедшим операцию поверки, если идентификационные данные программного обеспечения соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные признаки программного обеспечения «ПО ПАУ ИПИ»

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	«ПО ПАУ ИПИ»
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма метрологически значимой части ПО)	YZld6v+vSco3atlV3nCX9g==
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	md5

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 Определение коэффициента преобразования и относительной погрешности коэффициента преобразования преобразователей измерительных

8.4.1.1 Размещают ПИП ПИ №01 в рабочей зоне излучающей антенны электромагнитного поля со сверхкороткой длительностью фронта ПВА-50 из состава ВЭ-1, таким образом, чтобы ПИП располагался на биссектрисе угла рабочей зоны полеобразующей системы (координата X), образованной электродами конуса на расстоянии порядка 0,6 м от точки ввода (см. рисунок 10). Соединяют выход ПИП с входом цифрового осциллографа Tektronix DPO72304DX, который располагают в кабине экранированной.

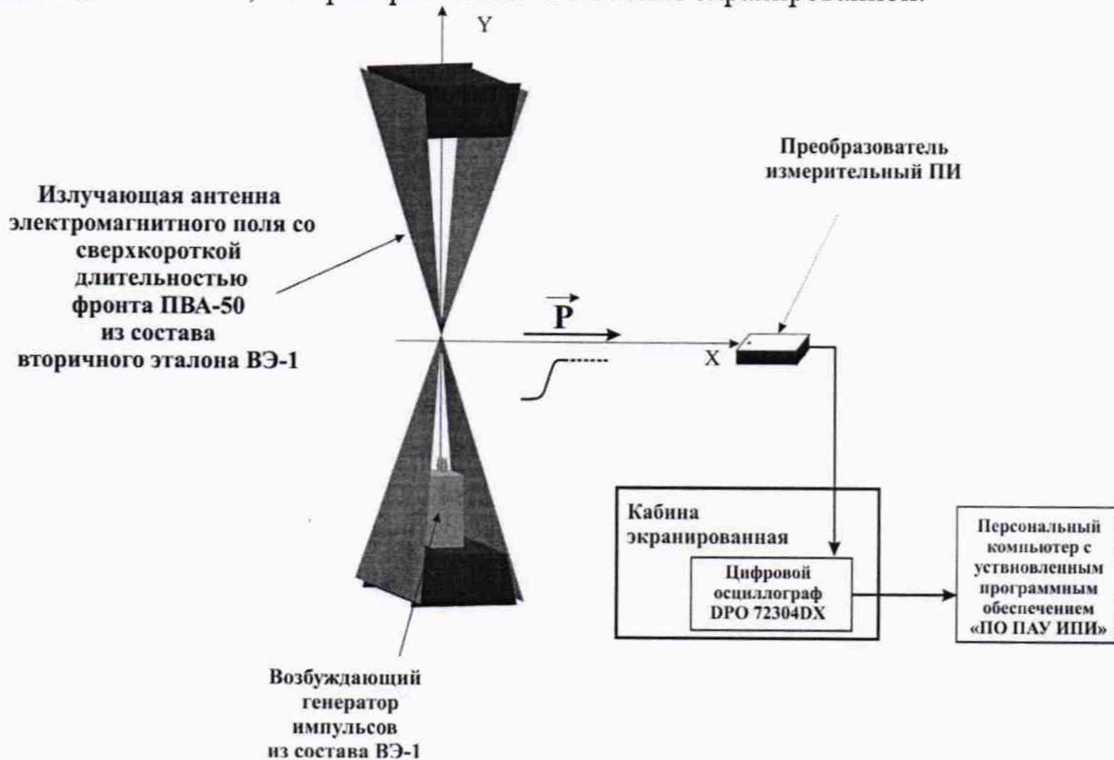


Рисунок 10 – Схема исследований при определении характеристик преобразователей измерительных ПИ с использованием вторичного эталона ВЭ-1

8.4.1.2 Устанавливают в ВЭ-1 режим воспроизведения импульсов ступенчатой формы и напряженность $E_{ПВА-50}$, В/м, электрического поля в рабочей зоне ПС-2 равной 100 В/м, воспроизводят импульсы поля. Регистрируют импульсы напряжения на выходе ПИ №01 с помощью цифрового осциллографа Tektronix DPO 72304DX.

По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа на вершине импульса измеряют две величины: V_{max} , В, – соответствующую максимальному значению

амплитуды и V_{\min} , В, – соответствующую минимальному значению амплитуды (см. рисунок 9).

8.4.1.3 Измерения по 8.4.1.2 производят $n = 10$ раз и по формулам вычисляют средние арифметические значения \bar{V}_{\max} и \bar{V}_{\min} , В:

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

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

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

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

8.4.1.4 Значение коэффициента преобразования K_{np} , В·В⁻¹·м, преобразователя измерительного ПИ № 01 определяют по формуле

$$K_{np} = (\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min}) / (2 \cdot \text{ЕПВА-50}). \quad (4)$$

8.4.1.5 Вычисляют средние квадратические отклонения среднего арифметического (далее – СКО) $S(\bar{V}_{\max})$ и $S(\bar{V}_{\min})$, %, измерений максимального V_{\max} , В, и минимального V_{\min} , В, значений напряжения на выходе ПИ №01 и получают оценку СКО коэффициента преобразования $S(K_{np})$, %, по формулам

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

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

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

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

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

8.4.1.7 Доверительные границы неисключенной систематической составляющей погрешности коэффициента преобразования $\Theta_{K_{np}}$, %, при доверительной вероятности $P=0,95$ и поправочном коэффициенте $k = 1,1$ определяют по формуле

$$\Theta_{K_{np}} = 1,1 \cdot (\Theta_{BЭ-1}^2 + \Theta_{V_{\max}}^2 + \Theta_{V_{\min}}^2 + \Theta_{V_{\text{ог}}}^2 + \Theta_{\text{нер.вер}}^2)^{1/2}, \quad (9)$$

где $\Theta_{BЭ-1}$ – неисключенная систематическая погрешность ВЭ-1, характеризуемая относительной погрешностью воспроизведения напряженности электрического поля ВЭ-1 (в соответствии с эксплуатационной документацией ВЭ-1), %;

$\Theta_{V_{\max}}$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix DPO 72304DX при определении максимальной амплитуды V_{\max} , В, импульсов напряжения на выходе преобразователя (в соответствии с результатами поверки данного средства измерений), %;

$\Theta_{V_{\min}}$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix DPO 72304DX при определении минимальной амплитуды V_{\min} , В, импульсов напряжения на выходе преобразователя (в соответствии с результатами поверки данного средства измерений), %;

$\Theta_{\text{оу}} = 0,5 \%$ – относительная погрешность, обусловленная неточностью установки ПИП преобразователя в рабочей зоне полеобразующей системы ПВА-50 из состава ВЭ-1;

$\Theta_{\text{нер.вер}} = ((\bar{V}_{\max} - \bar{V}_{\min}) / (\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min})) \cdot 100 \%$ – относительная погрешность, обусловленная неравномерностью вершины импульса на выходе преобразователя, где \bar{V}_{\max} и \bar{V}_{\min} , В, – средние арифметические значения в соответствии с 8.4.1.3.

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

$$\delta_{K_{np}} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (11)$$

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

$$S_{\Sigma} = 1,1 \sqrt{S_{\Theta}^2 + S(K_{np})^2}, \quad (12)$$

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

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{K_{np}}}{1,1\sqrt{3}}. \quad (13)$$

Коэффициент K вычисляют по формуле

$$K = \frac{\varepsilon_{K_{np}} + \Theta_{K_{np}}}{S(K_{np}) + S_{\Theta}}. \quad (14)$$

8.4.1.9 Аналогичные работы по 8.4.1.1 – 8.4.1.8 проводят для преобразователей измерительных № 02 – 08.

8.4.1.10 ПАУ ИПИ признается прошедшим операцию поверки, если коэффициенты преобразования преобразователей измерительных № 01 – 08 составляют не менее $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ В} \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{м}$, а относительная погрешность коэффициентов преобразования не превышает $\pm 10 \%$.

8.4.2 Расчет диапазона измерений напряженности импульсного электрического поля

8.4.2.1 За нижнюю границу диапазона измерений напряженности импульсного электрического поля преобразователя ПИ №01 принимают значение $E_{\text{ниж.гр}} = \pm 1,0 \cdot 10^2 \text{ В/м}$, если выполняется условие

$$U_{\text{ПИ.мин}} \leq E_{\text{ниж.гр}} \cdot K_{\text{пр.ПИ}\#01} \quad (15)$$

где $U_{\text{ПИ.мин}} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ В}$ – минимальная амплитуда выходного напряжения с ПИ №01, при

которой обеспечивается уверенная регистрация импульсов напряжения с помощью осциллографа Tektronix DPO 72304DX (в соответствии с эксплуатационной документацией на средство измерений);

$E_{\text{ниж.гр}} = 1,0 \cdot 10^2$ В/м – заданное значение нижней границы диапазона измерений напряженности импульсного электрического поля;

$K_{\text{пр.ПИ}\#01}$ – коэффициент преобразования преобразователя измерительного № 01, $\text{В} \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{м}$, в соответствии с 8.4.1.4.

8.4.2.2 За верхнюю границу диапазона измерений напряженности импульсного электрического поля преобразователя ПИ №01 принимают значение $E_{\text{верх.гр}} = \pm 2,0 \cdot 10^5$ В/м, если выполняется условие

$$U_{\text{ПИ.макс}} \geq E_{\text{верх.гр}} \cdot K_{\text{пр.ПИ}\#01} \cdot K_{\text{коак.атт}} \quad (16)$$

где $U_{\text{ПИ.макс}} = 1$ В – максимальная допустимая амплитуда выходного напряжения с ПИ №01, подаваемая на вход осциллографа Tektronix DPO 72304DX (в соответствии с эксплуатационной документацией на средство измерений), В;

$E_{\text{верх.гр}} = 2,0 \cdot 10^5$ В/м – заданное значение верхней границы диапазона измерений напряженности импульсного электрического поля;

$K_{\text{пр.ПИ}\#01}$ – коэффициент преобразования преобразователя измерительного № 01, $\text{В} \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{м}$, в соответствии с 8.4.1.4;

$K_{\text{коак.атт}}$ – расчетный коэффициент деления коаксиальных аттенуаторов из состава ПАУ ИПИ (в соответствии с эксплуатационной документацией на изделие), В/В.

8.4.2.3 Аналогичные работы по 8.4.2.1 – 8.4.2.2 проводят для преобразователей измерительных № 02 – 08.

8.4.2.4 ПАУ ИПИ признается прошедшим операцию поверки, если диапазон измерений напряженности импульсного электрического поля составляет от $\pm 1,0 \cdot 10^2$ до $\pm 2,0 \cdot 10^5$ В/м.

8.4.3 Расчет относительной погрешности измерений напряженности импульсного электрического поля

8.4.3.1 Относительную погрешность измерений напряженности импульсного электрического поля в диапазоне от $\pm 1,0 \cdot 10^2$ до $\pm 2,0 \cdot 10^5$ В/м для каждого измерительного канала СШП ЭМИ, включающего: преобразователь измерительный, цифровой осциллограф и коаксиальные аттенуаторы при доверительной вероятности $P = 0,95$ и поправочном коэффициенте $k = 1,1$ вычисляют (без учета знака) по формуле

$$\theta_{\text{Е.изм}} = 1,1 \sqrt{\theta_{\text{Кпр}}^2 + 2\theta_{\text{осц}}^2}, \quad (17)$$

где $\theta_{\text{Кпр}}$ – относительная погрешность измерений коэффициента преобразования используемого преобразователя измерительного ПИ, определенная в соответствии с 8.4.1.8, %;

$\theta_{\text{осц}}$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix DPO 72304DX при определении максимальной и минимальной амплитуды импульсов напряжения на выходе ПИ при проведении измерений напряженности импульсного электрического поля (в соответствии с результатами поверки данного средства измерений).

8.4.3.2 ПАУ ИПИ признается прошедшим операцию поверки, если относительная погрешность измерений напряженности импульсного электрического поля для каждого измерительного канала СШП ЭМИ составляет не более ± 15 %.

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

8.4.4.1 Проводят работы по 8.4.1.1. Для возбуждения излучающей антенны электромагнитного поля со сверхкороткой длительностью фронта ПВА-50 используют генератор с минимальной длительностью фронта импульсов из состава ВЭ-1. Воспроизводят

импульсы поля в ВЭ-1 и обеспечивают с помощью осциллографа Tektronix DPO 72304DX регистрацию импульсов на выходе преобразователя. Определяют среднее (установившееся) значение амплитуды импульса напряжения V_{cp} , В. С помощью 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 (см. рисунок 9).

Время нарастания $T_{н.ПХ.i}$, с, переходной характеристики преобразователя измерительного №01 между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, вычисляют по формуле

$$T_{н.ПХ.i} = \sqrt{T_{\phi_i}^2 - T_{фр.ВЭ-1}^2 - T_{н.ПХ.осц}^2}, \quad (18)$$

где T_{ϕ_i} – зарегистрированное значение длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя измерительного ПИ №01, с;

$T_{фр.ВЭ-1}$ – длительность фронта воспроизводимых импульсов напряженностей импульсных электрического и магнитного полей в ВЭ-1 между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды (в соответствии с эксплуатационной документацией на вторичный эталон), с;

$T_{н.ПХ.осц}$ – время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды осциллографа Tektronix DPO 72304DX (в соответствии с результатами поверки данного средства измерений), с.

8.4.4.2 Работы по 8.4.4.1 последовательно проводят десять раз и определяют для каждого измерения время нарастания переходной характеристики преобразователя между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды T_{ϕ_i} , с, $i=1...10$.

8.4.4.3 По формуле (19) вычисляют среднее арифметическое значение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды преобразователя измерительного ПИ по 10 измерениям $\bar{T}_{н.ПХ.}$, с

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

где $T_{н.ПХ.i}$ – i – тый результат измерений, с;

n – количество измерений.

8.4.4.4 Аналогичные работы по 8.4.4.1 – 8.4.4.3 проводят для преобразователей измерительных № 02 – 08.

8.4.4.5 ПАУ ИПИ признается прошедшим операцию поверки, если время нарастания переходной характеристики преобразователей измерительных между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды составляет не более 40 пс.

8.4.5 Определение длительности переходной характеристики преобразователей измерительных по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды

8.4.5.1 Помещают ПИП из состава преобразователя измерительного ПИ №01 (см. рисунок 8) на заземленную поверхность в центр рабочей зоны полеобразующей системы ПС-2 из состава ВЭ-2 в соответствии с нанесенной маркировкой. Соединяют выход ПИП с помощью ЛС из его состава с входом цифрового осциллографа Tektronix DPO72304DX, который располагают в кабине экранированной.

8.4.5.2 Устанавливают в ПС-2 ВЭ-2 режим воспроизведения импульсов ступенчатой формы с длительностью не менее 30 нс и напряженность электрического поля в рабочей зоне ПС-2 равной 100 В/м и воспроизводят импульсы поля в ВЭ-2. Регистрируют импульсы напряжения на выходе ПИ №01 с помощью цифрового осциллографа Tektronix DPO 72304DX. Определяют среднее (установившееся) значение амплитуды импульса напряжения V_{cp} , В. С

помощью маркеров осциллографа проводят измерение длительности $T_{дл_i}$, с, $i=1$ по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды импульса напряжения на выходе преобразователя. (см. рисунок 9).

8.4.5.3 Работы по 8.4.5.2 последовательно проводят десять раз и определяют для каждого измерения длительность по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды импульсов напряжения на выходе преобразователя $T_{дл_i}$, с, $i=1...10$.

8.4.5.4 Вычисляют среднее арифметическое значение длительности по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды ПХ ПИ №01 по 10 измерениям, $\bar{T}_{дл}$, с, по формуле

$$\bar{T}_{дл} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{дл_i}, \quad (20)$$

где $T_{дл_i}$ - i -тый результат измерений, с;

n - количество измерений.

8.4.5.5 Полученную величину $\bar{T}_{дл}$ принимают за значение $T_{дл.ПХ}$ длительности переходной характеристики ПИ №01 по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды.

8.4.5.6 Аналогичные работы по 8.4.5.1 – 8.4.5.5 проводят для преобразователей измерительных № 02 – 08.

8.4.5.7 ПАУ ИПИ признается прошедшим операцию поверки, если длительность переходной характеристики преобразователей измерительных № 01 – 08 по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды составляет не менее 3 нс.

8.4.6 Расчет относительной погрешности измерений временных значений импульсов напряженности электрического поля

8.4.6.1 Доверительные границы $\Theta_{н.ПХ}$, %, относительной погрешности измерений времени нарастания ПХ преобразователя измерительного между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды при доверительной вероятности $P = 0,95$ (без учета знака) определяют по формуле

$$\Theta_{н.ПХ} = 1,1 \sqrt{\Theta_{фр.ВЭ-1}^2 + \Theta_{осц.V}^2 + \Theta_{осц.T}^2}, \quad (21)$$

где $\Theta_{фр.ВЭ-1}$ – относительная погрешность воспроизведения длительности фронта импульсов электромагнитного поля между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды ВЭ-1 (в соответствии с эксплуатационной документацией на средство измерений), %;

$\Theta_{осц.V}$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix DPO 72304DX при определении амплитуды импульсов напряжения в установившемся режиме на выходе преобразователя (в соответствии с результатами поверки данного средства измерений), %;

$\Theta_{осц.T}$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix DPO 72304DX при определении длительности фронта импульса между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя (в соответствии с результатами поверки данного средства измерений), %.

Доверительные границы $\Theta_{дл.ПХ}$, %, относительной погрешности измерений длительности ПХ преобразователя на уровне 0,5 от установившегося значения амплитуды при доверительной вероятности $P = 0,95$ (без учета знака) определяют по формуле

$$\Theta_{дл.ПХ} = 1,1 \sqrt{\Theta_{дл.ВЭ-2}^2 + \Theta_{осц.V}^2 + \Theta_{осц.T}^2}, \quad (22)$$

где $\Theta_{\text{дл.ВЭ-2}}$ – относительная погрешность воспроизведения длительности импульсов электромагнитного поля на уровне 0,5 от установившегося значения амплитуды в ВЭ-2 (в соответствии с эксплуатационной документацией на вторичный эталон), %;

$\Theta_{\text{осц.У}}$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix DPO 72304DX при определении амплитуды импульсов напряжения в установившемся режиме на выходе преобразователя (в соответствии с результатами поверки данного средства измерений), %;

$\Theta_{\text{осц.Т}}$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix DPO 72304DX при определении длительности импульса на уровне 0,5 от установившегося значения амплитуды на выходе преобразователя (в соответствии с результатами поверки данного средства измерений), %.

8.4.6.2 Относительную погрешность $\Theta_{\text{вр.ПХ}}$, %, измерений временных интервалов при доверительной вероятности 0,95 вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{вр.ПХ}} = \sqrt{\Theta_{\text{н.ПХ}}^2 + \Theta_{\text{дл.ПХ}}^2} \cdot \quad (23)$$

8.4.6.3 ПАУ ИПИ признается прошедшим операцию поверки, если относительная погрешность измерений временных значений импульсов напряженности электрического поля составляет не более ± 15 %.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки оформляются протоколом (Приложение А). Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд.

Начальник лаборатории
ФГУП «ВНИИОФИ»



К.Ю. Сахаров

Ведущий научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»



О.В. Михеев

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Рекомендуемое)
к Методике поверки МП 036.М12-20
«Полигонное автономное устройство для
измерения параметров излучения ПАУ ИПИ»

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

Средство измерений: Полигонное автономное устройство для измерения параметров излучения ПАУ ИПИ

(Наименование СИ, тип (если в состав СИ входит несколько автономных блоков)

то приводят их перечень (наименования) и типы с разделением знаком «косая дробь» /)

Зав. № _____

Заводские номера блоков

Принадлежащее _____

Наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки «ГСИ. Полигонное автономное устройство для измерения параметров излучения ПАУ ИПИ. Методика поверки МП 036.М12-20», утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» «28» октября 2020 г.

Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата

С применением эталонов _____

(наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность)

При следующих значениях влияющих факторов: _____

(приводят перечень и значения влияющих факторов, нормированных в методике поверки)

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность воздуха, %, не более
- атмосферное давление, кПа
- напряжение питания сети, В
- частота сети, Гц

Внешний осмотр _____.

Опробование _____.

Получены результаты поверки метрологических характеристик:

Характеристика	Результат	Требования методики поверки
Коэффициент преобразования преобразователей измерительных, В·В ⁻¹ ·м		не менее $1,0 \cdot 10^{-4}$
Относительная погрешность коэффициента преобразования преобразователей измерительных, %		не более ± 10
Диапазон измерений напряженности импульсного электрического поля, В/м		от $\pm 1,0 \cdot 10^2$ до $\pm 2,0 \cdot 10^5$
Допускаемая относительная погрешность измерений напряженности импульсного электрического поля, %		не более ± 15

Время нарастания переходной характеристики преобразователей измерительных между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, пс		не более 40
Длительность переходной характеристики преобразователей измерительных по уровню 0,5 от установившегося значения амплитуды, нс		не менее 3
Относительная погрешность измерений временных значений импульсов напряженности электрического поля, %		не более ± 15

Рекомендации _____

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Исполнители: _____

подписи, ФИО, должность