

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологической службы» (ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»

А.Е. Коломин



М.п.

«20» марта 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Контроллеры сбора данных ZET

Методика поверки

МП 201/2-003-2024

г. Москва
2024

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
4 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	4
5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	6
6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР	6
7 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	6
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ	7
9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	7
9.1 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении частоты.....	7
9.2 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении коэффициента гармоник.....	8
9.3 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения постоянного электрического тока.....	8
9.4 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения переменного электрического тока на частоте 1 кГц.....	9
9.5 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении неравномерности АЧХ входных каналов относительно опорной частоты 1 кГц.....	10
9.6 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении затухания октавных фильтров.....	11
9.7 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении затухания 1/3 октавных фильтров.....	12
9.8 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров в режиме метрологического самоконтроля	13
10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	17

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика устанавливает объем, средства и методы первичной и периодической поверок контроллеров сбора данных ZET (далее - контроллеры).

1.2 Контроллеры предназначены для измерений напряжения постоянного и переменного электрического тока, частоты сигналов.

1.3 Производство серийное.

1.4 Контроллеры предоставляются в поверку в комплекте с вспомогательными неизмерительными компонентами (в зависимости от модификации - с внешним источником питания или платформой ZET 037, комплектом кабелей, инженерной станцией (ноутбуком) или установщиком программного обеспечения, и т.п.), необходимыми для работы приборов и визуализации результатов измерений поверителю.

1.5 Выполнение всех требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость поверяемых контроллеров к государственным первичным эталонам:

– гэт89-2008 ГПСЭ единицы электрического напряжения (вольта) в диапазоне частот от 10 до $3 \cdot 10^7$ Гц;

– гэт13-2023 ГПЭ единицы электрического напряжения;

– гэт1-2022 ГПЭ единиц времени, частоты и национальной шкалы времени;

– гэт188-2010 ГПЭ единицы коэффициента гармоник в диапазоне от 0,001 до 100 % для сигналов с основной гармоникой в диапазоне частот от 10 до 200000 Гц.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Раздел настоящей методики	Обязательность проведения операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	6	Да	Да
Проверка программного обеспечения	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	9	Да	Да
Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении частоты	9.1	Да	Да
Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении коэффициента гармоник	9.2	Да	Нет
Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения постоянного электрического тока	9.3	Да	Да
Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения переменного электрического тока на частоте 1 кГц	9.4	Да	Да
Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении неравномерности АЧХ входных каналов относительно опорной частоты 1 кГц	9.5	Да	Да

Продолжение таблицы 1

Наименование операции	Раздел настоящей методики	Обязательность проведения операции при поверке	
		первичной	периодической
Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении затухания октавных фильтров	9.6	Да	Да
Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении затухания 1/3 октавных фильтров	9.7	Да	Да
Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров в режиме метрологического самоконтроля	9.8	Да	Да
Оформление результатов поверки	10	Да	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Экспериментальные работы по определению метрологических характеристик контроллеров выполняют в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С от +21 до +25,
- относительная влажность, %, не более 80.

4 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

4.1 В таблице 2 приведены метрологические и технические требования к средствам поверки.

Таблица 2 - Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки ¹
п. 8, п. 9 (контроль условий поверки)	Средства измерений температуры окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\Delta = \pm 0,5$ °С в условиях проведения поверки	Приборы комбинированные Testo 608-H2 (рег. № 53505-13) / Преобразователи
	Средства измерений относительной влажности воздуха с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\Delta = \pm 3,0$ % в условиях проведения поверки	измерительные температуры и влажности ИПТВ 056/M1-02 (рег. № 16447-08)
п. 9.1 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении частоты	Эталоны единицы частоты (F), не ниже уровня 5-го разряда по государственной поверочной схеме (ГПС), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360, с пределами допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты не более $\delta = \pm 2 \cdot 10^{-6}$ в диапазоне св. 0 до 160000 Гц	Генераторы сигналов произвольной формы AFG3151C (рег. № 63658-16) / Генераторы сигналов произвольной формы DG1062Z (рег. № 56013-13)

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки ¹
п. 9.2 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении коэффициента гармоник	Эталоны единицы коэффициента гармоник (K_r), не ниже уровня 1-го разряда по ГПС ГОСТ 8.762-2011, с пределами допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения коэффициента гармоник не более $\Delta = \pm(0,02 \cdot K_r + 0,006) \%$ в диапазоне от 0,01 до 90 %	Генераторы-калибраторы гармонических сигналов СК6-122 (рег. № 46781-11)
п. 9.3 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения постоянного электрического тока	Эталоны единицы напряжения постоянного электрического тока ($=U$), не ниже 2-го разряда по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520, с пределами допускаемой относительной погрешности воспроизведения напряжения не более $\delta = 0,02 \%$ в диапазоне от -10 до +10 В	Калибраторы многофункциональные Fluke 5720A (рег. № 52495-13) / Калибраторы универсальные Н4-6 (рег. № 16690-13)
п. 9.4 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения переменного электрического тока на частоте 1 кГц;	Эталоны единицы напряжения переменного электрического тока ($\sim U$), не ниже 3-го разряда по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 г. № 1706, с пределами допускаемой относительной погрешности воспроизведения напряжения не более $\delta = 0,02 \%$ в диапазоне от 0,001 до 10 В, частота до 160 кГц	Калибраторы многофункциональные Fluke 5720A (рег. № 52495-13) / Калибраторы универсальные Н4-6 (рег. № 16690-13) /
п. 9.5 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении неравномерности АЧХ входных каналов относительно опорной частоты 1 кГц; п. 9.6 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении затухания октавных фильтров; п. 9.7 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении затухания 1/3 октавных фильтров	Средства измерений с функцией воспроизведения периодического сигнала (СИ $x(t)$) со следующими параметрами: напряжение 1 В (СКЗ), частота от 0,1 Гц до 160 кГц; Эталоны единицы напряжения переменного электрического тока ($\sim U$), не ниже 3-го разряда по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 г. № 1706, с пределами допускаемой относительной погрешности измерений напряжения не более $\delta = 0,02 \%$ в диапазоне от 0,001 до 10 В, частота до 160 кГц (опционально для п. 9.5)	Генераторы сигналов произвольной формы AFG3151C (рег. № 63658-16) / Генераторы сигналов произвольной формы DG1062Z (рег. № 56013-13); Вольтметры высокочастотные ВЗ-100 (рег. № 72902-18)
Примечание: рег. № - регистрационный номер средства измерений в ФИФ ОЕИ		

4.2 Допускается использовать иные средства поверки, не приведенные в таблице 2, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице, в том числе обеспечивающие прослеживаемость в соответствии с ГПС, действующими на момент проведения поверки.

4.3 Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть поверены и иметь действующие сведения о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ. Средства измерений, применяемые в качестве эталонов единиц величин, должны быть поверены в качестве эталонов единиц величин, иметь действующие сведения о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ и удовлетворять требованиям точности ГПС.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении экспериментальных работ следует соблюдать требования по охране труда, предусмотренные документами «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 № 903н), ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.2.091-2002 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», действующими местными инструкциями по технике безопасности, указаниями по безопасности, приведенными в эксплуатационно-технической документации на контроллеры, используемые эталоны, средства измерений и испытательное оборудование

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 Проверяют комплектность поверяемого контроллера на соответствие описанию типа и эксплуатационной документации.

6.1.2 Проверяют маркировку поверяемого контроллера с указанием типа и заводского номера на соответствие требованиям эксплуатационной документации.

6.1.3 Контроллер, вспомогательные и соединительные компоненты (кабельные разъемы, клеммные колодки, проводные линии связи и т. д.) не должны иметь визуально определяемых внешних повреждений и должны быть надежно соединены и закреплены.

6.2 При обнаружении несоответствий по п. 6.1 дальнейшие операции по поверке контроллера прекращают до устранения выявленных несоответствий.

7 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

7.1 Подготавливают к работе технологический компьютер с установленным на нем программным обеспечением (ПО) ZETLAB, сравнивают идентификационные данные ПО, отображаемые в окне «О программе», с данными, приведенными в разделе «Программное обеспечение» описания типа контроллеров.

7.2 Поверяемый контроллер признают прошедшим идентификацию ПО с положительным результатом, если полученные при проверке идентификационные данные соответствуют данным, приведенным в разделе «Программное обеспечение» описания типа.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Изучают следующие документы:

- эксплуатационная документация на контроллеры;
- описание типа контроллеров.

8.1.2 Осуществляют подключения линий связи и устанавливают настройки, необходимые для визуализации результатов измерений на дисплее технологического компьютера с установленным ПО ZETLAB. Подготавливают к работе средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

8.1.3 В непосредственной близости от поверяемого контроллера измеряют и заносят в протокол поверки результаты измерений температуры и влажности окружающего воздуха.

8.1.4 Проверяют измеренные значения климатических условий на соответствие допускаемым условиям, указанным в п. 3.1. При обнаружении несоответствий дальнейшие работы по поверке приостанавливают до устранения причин, вызвавших несоответствия.

8.2 Опробование

8.2.1 Опробование контроллера проводят не ранее, чем через 10 минут после его подключения к источнику питания.

8.2.2 Запускают ПО ZETLAB. Запускают программу «Вольтметр переменного тока» из меню «Измерение» панели ZETLAB, в которой выбирают первый канал контроллера.

8.2.3 Подключают эталон $\sim U$ к первому каналу контроллера и устанавливают от него синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 1 В (СКЗ), частота 1 кГц.

8.2.4 Результаты опробования считают положительными, если показания на дисплее технологического компьютера соответствуют заданным параметрам сигнала. При получении отрицательного результата опробования дальнейшие работы по поверке приостанавливают и проводят консультации с владельцем средства измерений и/или изготовителем о необходимости настройки и/или ремонта прибора.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении частоты.

9.1.1 На технологическом компьютере запускают программу «Частотомер», в которой выбирают исследуемый канал контроллера. На вход выбранного канала подключают эталон F.

9.1.2 Выбирают 5 контрольных значений F_i (в контрольных точках $i = 1, 2, 3, 4, 5$) в [Гц], равномерно распределенных по диапазону измерений частоты (например: 0,1 Гц; 1000 Гц; 10000 Гц; 100000 Гц; 160000 Гц) и заносят их в протокол поверки.

9.1.3 Для каждой точки i последовательно проводят операции по пп. 9.1.3.1 - 9.1.3.4.

9.1.3.1 Устанавливают от эталона синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,5 В (СКЗ), частота F_i .

Примечание - для значения $F_i = 0,1$ Гц вместо синусоидальной формы сигнала устанавливают прямоугольную форму, а также увеличивают в ПО количество отображаемых знаков командой PostFix Number += 3.

9.1.3.2 Проводят не менее 4 отсчетов показаний частоты в [Гц] с дисплея технологического компьютера и выбирают из них результат $F_{i,изм}$, наиболее отклоняющийся от контрольного значения.

9.1.3.3 Вычисляют относительную погрешность δ_i исследуемого канала в [отн. ед.] по формуле:

$$\delta_i = \frac{F_{i,изм} - F_i}{F_i} \quad (1)$$

9.1.3.4 Заносят в протокол поверки значения $F_{i,изм}$ и δ_i .

9.1.4 Повторяют операции по пп. 9.1.1 - 9.1.3 для остальных каналов контроллера.

9.1.5 Результаты экспериментального определения метрологических характеристик контроллеров при измерении частоты считают положительными, если для каждого исследованного канала в каждой из контрольных точек i выполняется неравенство $|\delta_i| < |\delta_{от}|$, где $\delta_{от}$ - пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений частоты сигналов, указанные в описании типа.

9.2 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении коэффициента гармоник.

9.2.1 На технологическом компьютере запускают программу «Анализ нелинейных искажений», в которой выбирают исследуемый канал контроллера. На вход выбранного канала подключают эталон K_r .

9.2.2 Выбирают 4 контрольных значения $K_{r,i}$ ($i = 1, 2, 3, 4$) в [%], равномерно распределенных по диапазону измерений коэффициента гармоник (например: 0,01 %; 0,1 %; 10 %; 90 %) и 3 значения частоты первой гармоники F_j ($j = 1, 2, 3$), равномерно распределенных по диапазону частот от 3 Гц до 20 кГц (например: 3 Гц; 1 кГц; 20 кГц), после чего заносят их в протокол поверки.

9.2.3 Для каждой из 12-ти возможных пар значений $K_{r,i}$ и F_j последовательно проводят операции по пп. 9.2.3.1 - 9.2.3.4.

9.2.3.1 В режиме воспроизведения коэффициента гармоник устанавливают от эталона сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,5 В (СКЗ), частота F_j , коэффициент гармоник $K_{r,i}$.

Примечание - для сигнала с частотой $F_1 = 3$ Гц в ПО устанавливают параметр частоты дискретизации 25 кГц и интервал 10 с; для сигналов с частотами $F_2 = 1$ кГц и $F_3 = 20$ кГц устанавливают параметр частоты дискретизации 400 кГц и интервал 0,125 с.

9.2.3.2 Проводят не менее 4 отсчетов показаний коэффициента гармоник в [%] с дисплея технологического компьютера в правой части окна программы (параметр - THD(f)) и выбирают из них результат $K_{r,i,j,изм}$ при частоте F_j , наиболее отклоняющийся от контрольного значения.

9.2.3.3 Вычисляют абсолютную погрешность $\Delta_{i,j}$ исследуемого канала в [%] по формуле:

$$\Delta_{i,j} = K_{r,i,j,изм} - K_{r,i} \quad (2)$$

9.2.3.4 Заносят в протокол поверки значения $K_{r,i,j,изм}$ и $\Delta_{i,j}$.

9.2.4 Повторяют операции по пп. 9.2.1 - 9.2.3 для остальных каналов контроллера.

9.2.5 Результаты экспериментального определения метрологических характеристик контроллеров при измерении коэффициента гармоник считают положительными, если для каждого исследованного канала при каждой из 12-ти возможных заданных пар значений $K_{r,i}$ и F_j выполняется неравенство $|\Delta_{i,j}| < |\Delta_{от}|$, где $\Delta_{от}$ - пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений коэффициента гармоник, указанные в описании типа.

9.3 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения постоянного электрического тока.

9.3.1 Задают программируемый коэффициент усиления равным 1 по всем каналам контроллера.

9.3.2 На технологическом компьютере запускают программу «Вольтметр постоянного тока», в которой выбирают исследуемый канал контроллера. На вход выбранного канала подключают эталон $=U$.

9.3.3 Выбирают 5 контрольных значений U_i (в контрольных точках $i = 1, 2, 3, 4, 5$) в [В], равномерно распределенных по диапазону измерений напряжения постоянного электрического тока (например: -9,9 В; -5 В; 0 В; 5 В; 9,9 В) и заносят их в протокол поверки.

9.3.4 Для каждой точки i последовательно проводят операции по пп. 9.3.4.1 - 9.3.4.4.

9.3.4.1 Устанавливают от эталона контрольное значение сигнала U_i .

9.3.4.2 Проводят не менее 4 отсчетов показаний напряжения постоянного электрического тока в [В] с дисплея технологического компьютера и выбирают из них результат $U_{i,изм}$, наиболее отклоняющийся от контрольного значения.

9.3.4.3 Вычисляют абсолютную погрешность Δ_i исследуемого канала в [В] по формуле:

$$\Delta_i = U_{i,изм} - U_i \quad (3)$$

9.3.4.4 Заносят в протокол поверки значения $U_{i,изм}$ и Δ_i .

9.3.5 Повторяют операции по пп. 9.3.2 - 9.3.4 для остальных каналов контроллера.

9.3.6 Задают программируемый коэффициент усиления равным 30 по всем каналам контроллера.

9.3.7 Проводят операции по пп. 9.3.2 - 9.3.5, выбирая в п. 9.3.3 контрольные значения U_i , равномерно распределенные по диапазону измерений напряжения постоянного электрического тока с учетом установленного коэффициента усиления (например: -0,30 В; -0,17 В; 0 В; 0,17 В; 0,30 В).

9.3.8 Результаты экспериментального определения метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения постоянного электрического тока считают положительными, если для каждого исследованного канала при коэффициентах усиления 1 и 30 в каждой из контрольных точек i выполняется неравенство $|\Delta_i| < |\Delta_{от}|$, где $\Delta_{от}$ - пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного электрического тока, указанные в описании типа.

9.4 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения переменного электрического тока на частоте 1 кГц.

9.4.1 Задают программируемый коэффициент усиления равным 1 по всем каналам контроллера.

9.4.2 На технологическом компьютере запускают программу «Вольтметр переменного тока», в которой выбирают исследуемый канал контроллера. На вход выбранного канала подключают эталон $\sim U$.

9.4.3 Выбирают 5 контрольных значений U_i (в контрольных точках $i = 1, 2, 3, 4, 5$) в [В], равномерно распределенных по диапазону измерений СКЗ ($U_{peak}/\sqrt{2}$) напряжения переменного электрического тока (например: 0,001 В; 0,1 В; 1 В; 5 В; 7 В) и заносят их в протокол поверки.

9.4.4 Для каждой точки i последовательно проводят операции по пп. 9.4.4.1 - 9.4.4.4.

9.4.4.1 Устанавливают от эталона синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение U_i (СКЗ), частота 1 кГц.

9.4.4.2 Проводят не менее 4 отсчетов показаний напряжения переменного электрического тока в [В] с дисплея технологического компьютера и выбирают из них результат $U_{i,изм}$, наиболее отклоняющийся от контрольного значения.

9.4.4.3 Вычисляют абсолютную погрешность Δ_i исследуемого канала в [В] по формуле (3).

9.4.4.4 Заносят в протокол поверки значения $U_{i,изм}$ и Δ_i .

9.4.5 Повторяют операции по пп. 9.4.2 - 9.4.4 для остальных каналов контроллера.

9.4.6 Задают программируемый коэффициент усиления равным 30 по всем каналам контроллера.

9.4.7 Проводят операции по пп. 9.4.2 - 9.4.5, выбирая в п. 9.4.3 контрольные значения U_i , равномерно распределенные по диапазону измерений СКЗ ($U_{peak}/\sqrt{2}$) напряжения переменного электрического тока с учетом установленного коэффициента усиления (например: 0,001 В; 0,01 В; 0,05 В; 0,1 В; 0,2 В).

9.4.8 Результаты экспериментального определения метрологических характеристик контроллеров при измерении напряжения переменного электрического тока на частоте 1 кГц считают положительными, если для каждого исследованного канала при коэффициентах усиления 1 и 30 в каждой из контрольных точек i выполняется неравенство $|\Delta_i| < |\Delta_{от}|$, где $\Delta_{от}$ - пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений напряжения переменного электрического тока на частоте 1000 Гц, указанные в описании типа.

9.5 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении неравномерности АЧХ входных каналов относительно опорной частоты 1 кГц.

9.5.1 Задают программируемый коэффициент усиления равным 1 по всем каналам контроллера.

9.5.2 На технологическом компьютере запускают программу «Вольтметр переменного тока», в которой выбирают исследуемый канал контроллера. На вход выбранного канала подключают средства поверки в соответствии с рисунком 1 или 2.

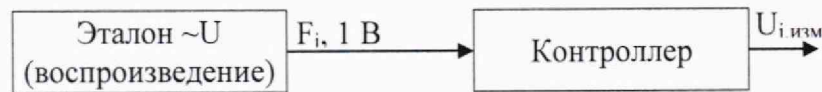


Рисунок 1

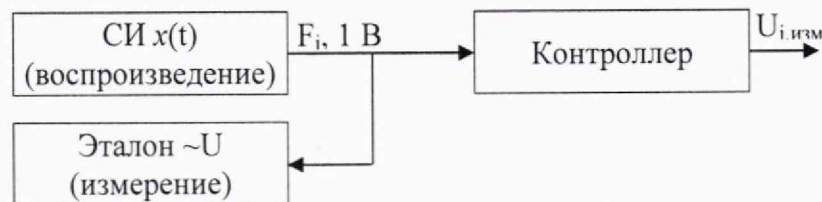


Рисунок 2

Примечание - схему подключения в соответствии с рисунком 2 выбирают при необходимости использования средства измерений с функцией воспроизведения периодических сигналов с заданной частотой и СКЗ напряжения, и применением дополнительного эталона для измерения напряжения переменного электрического тока.

9.5.3 Выбирают 5 значений F_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) в [Гц|кГц], равномерно распределенных по диапазону значений частоты сигнала (например: опорная частота 1 кГц; 0,1 Гц; 90 кГц; 120 кГц; 160 кГц) и заносят их в протокол поверки.

9.5.4 Для каждого значения F_i последовательно проводят операции по пп. 9.5.4.1 - 9.5.4.4, начиная со значения $F_1 = 1$ кГц.

9.5.4.1 Устанавливают от эталона синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 1 В (СКЗ), частота F_i .

Примечание - при значении частоты $F_i = 0,1$ Гц в настройках измерителя переменного напряжения выставляют параметр - «сверхмедленно 10 с».

9.5.4.2 Проводят не менее 4 отсчетов показаний напряжения переменного электрического тока в [В] с дисплея технологического компьютера и выбирают из них результат $U_{i,изм}$, наиболее отклоняющийся от контрольного значения 1 В.

9.5.4.3 Вычисляют значение неравномерности АЧХ dB_i относительно опорной частоты 1 кГц в [дБ] по формуле:

$$dB_i = 20 \cdot \lg(U_{i.изм}/U_{1.изм}) \quad (4)$$

где $U_{1.изм}$ - значение напряжения переменного электрического тока в [В], измеренное на опорной частоте 1 кГц.

Примечание - данные вычисления не проводят для опорной частоты $F_1 = 1$ кГц.

9.5.4.4 Заносят в протокол поверки значения $U_{i.изм}$ и dB_i .

9.5.5 Повторяют операции по пп. 9.5.2 - 9.5.4 для остальных каналов контроллера.

9.5.6 Результаты экспериментального определения метрологических характеристик контроллеров при определении неравномерности АЧХ входных каналов относительно опорной частоты 1 кГц считают положительными, если для каждого исследованного канала при каждом заданном значении частоты F_i выполняется неравенство $|dB_i| < |dB_{от}|$, где $dB_{от}$ - неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) измерительных каналов относительно опорной частоты 1 кГц в соответствующем диапазоне частот, указанная в описании типа.

9.6 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении затухания октавных фильтров.

9.6.1 Задают программируемый коэффициент усиления равным 1 по всем каналам контроллера.

9.6.2 На технологическом компьютере запускают программу «Спектральный анализ октавной полосы», в которой устанавливают параметр долеоктавный анализ «1/1-октавный», выбирают исследуемый канал контроллера и устанавливают курсор на частоту 1 кГц (среднегеометрическая частота фильтра). На вход выбранного канала подключают эталон $\sim U$.

9.6.3 Заносят в протокол поверки 5 значений f_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) в [Гц], равномерно распределенных по диапазону значений частоты от нижней до верхней границ полосового фильтра (707,9 Гц; 841,4 Гц; 1000 Гц; 1188,5 Гц; 1412,5 Гц).

Указанные значения частот вычислены в соответствии с требованиями документа ГОСТ Р 70024.1-2022 «Государственная система обеспечения единства измерений. Фильтры полосовые октавные и на долю октавы. Часть 1. Технические требования» для показателя ширины полосы 1/1 при среднегеометрической частоте полосы пропускания фильтра 1000 Гц для отношений частот Ω , указанных в таблице 3, по формуле: $f_i = \Omega \cdot f_m$.

Таблица 3

i	Относительная частота [$\Omega = f_i/f_m$]		Минимальные и максимальные пределы допуска для относительного затухания (класс 1), дБ
1	$\Omega_{l+\varepsilon}$	$G^{-1/2} + \varepsilon$	-0,4; +5,3
2	Ω_l	$G^{-1/4}$	-0,4; +0,7
3	Ω_l, Ω_h	G^0	-0,4; +0,4
4	Ω_h	$G^{+1/4}$	-0,4; +0,7
5	$\Omega_{2-\varepsilon}$	$G^{+1/2} - \varepsilon$	-0,4; +5,3

Примечания:

G - октавное отношение частот, $G = 10^{3/10} = 1,99526$. Например, $G^{-1/4} = 1,99526^{-1/4} = 0,84139$.

f_m - среднегеометрическая частота полосы пропускания фильтра.

ε - любое малое число, стремящееся к нулю в окрестностях нижней и верхней относительных граничных частот.

9.6.4 Для каждого значения f_i последовательно проводят операции по пп. 9.6.4.1 - 9.6.4.4.

9.6.4.1 Устанавливают от эталона синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 1 В (СКЗ), частота f_i .

9.6.4.2 Проводят не менее 4 отсчетов показаний затухания фильтра в [дБ] с дисплея технологического компьютера и выбирают из них результат $A(\Omega)_i$, наиболее отклоняющийся от основного затухания $A_{ref} = 120$ дБ.

9.6.4.3 Вычисляют значение относительного затухания $\Delta\alpha_i$ в [дБ] по формуле:

$$\Delta\alpha_i = 120 - A(\Omega)_i \quad (5)$$

9.6.4.4 Заносят в протокол поверки значения $A(\Omega)_i$ и $\Delta\alpha_i$.

9.6.5 Повторяют операции по пп. 9.6.2 - 9.6.4 для остальных каналов контроллера.

9.6.6 Результаты экспериментального определения метрологических характеристик контроллеров при определении затухания октавных фильтров считают положительными, если для каждого исследованного канала при каждом заданном значении частоты f_i измеренное значение относительного затухания $\Delta\alpha_i$ не выходит за пределы допуска, указанные в таблице 3.

9.7 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров при определении затухания 1/3 октавных фильтров.

9.7.1 Задают программируемый коэффициент усиления равным 1 по всем каналам контроллера.

9.7.2 На технологическом компьютере запускают программу «Спектральный анализ октавной полосы», в которой устанавливают параметр долеоктавный анализ «1/3-октавный», выбирают исследуемый канал контроллера и устанавливают курсор на частоту 1 кГц (среднегеометрическая частота фильтра). На вход выбранного канала подключают эталон $\sim U$.

9.7.3 Заносят в протокол поверки 5 значений f_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) в [Гц], равномерно распределенных по диапазону значений частоты от нижней до верхней границ полосового фильтра (891,3 Гц; 947,2 Гц; 1000 Гц; 1055,8 Гц; 1122,0 Гц).

Указанные значения частот вычислены в соответствии с требованиями документа ГОСТ Р 70024.1-2022 «Государственная система обеспечения единства измерений. Фильтры полосовые октавные и на долю октавы. Часть 1. Технические требования» для показателя ширины полосы 1/3 при среднегеометрической частоте полосы пропускания фильтра 1000 Гц для отношений частот Ω , указанных в таблице 4, по формуле: $f_i = \Omega \cdot f_m$.

Таблица 4

i	Относительная частота [$\Omega = f_i/f_m$]		Минимальные и максимальные пределы допуска для относительного затухания (класс 1), дБ
1	$\Omega_{l(1/3)+\varepsilon}$	$0,89125 + \varepsilon$	-0,4; +5,3
2	$\Omega_{l(1/3)}$	0,94719	-0,4; +0,7
3	$\Omega_{l(1/3)}, \Omega_{h(1/3)}$	1,00000	-0,4; +0,4
4	$\Omega_{h(1/3)}$	1,05575	-0,4; +0,7
5	$\Omega_{2(1/3)-\varepsilon}$	$1,12202 - \varepsilon$	-0,4; +5,3

Примечания:
 f_m - среднегеометрическая частота полосы пропускания фильтра.
 ε - любое малое число, стремящееся к нулю в окрестностях нижней и верхней относительных граничных частот.

9.7.4 Для каждого значения f_i последовательно проводят операции по пп. 9.7.4.1 - 9.7.4.4.

9.7.4.1 Устанавливают от эталона синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 1 В (СКЗ), частота f_i .

9.7.4.2 Проводят не менее 4 отсчетов показаний затухания фильтра в [дБ] с дисплея технологического компьютера и выбирают из них результат $A(\Omega)_i$, наиболее отклоняющийся от основного затухания $A_{ref} = 120$ дБ.

9.7.4.3 Вычисляют значение относительного затухания $\Delta\alpha_i$ в [дБ] по формуле (5).

9.7.4.4 Заносят в протокол поверки значения $A(\Omega)_i$ и $\Delta\alpha_i$.

9.7.5 Повторяют операции по пп. 9.7.2 - 9.7.4 для остальных каналов контроллера.

9.7.6 Результаты экспериментального определения метрологических характеристик контроллеров при определении затухания 1/3 октавных фильтров считают положительными, если для каждого исследованного канала при каждом заданном значении частоты f_i измеренное значение относительного затухания $\Delta\alpha_i$ не выходит за пределы допуска, указанные в таблице 4.

9.8 Экспериментальное определение метрологических характеристик контроллеров в режиме метрологического самоконтроля

9.8.1 Перед проведением процедуры метрологического самоконтроля проверяют, что все входные каналы свободны от подключенных внешних датчиков и на всех каналах контроллера отключена опция «Использовать ИСР».

9.8.2 Проводят определение постоянного смещения параметров контроллера.

9.8.2.1 Задают программируемый коэффициент усиления равным 1 по всем каналам контроллера.

9.8.2.2 Активируют режим метрологического самоконтроля «50 Ом» в разделе «Тест» окна контроллера.

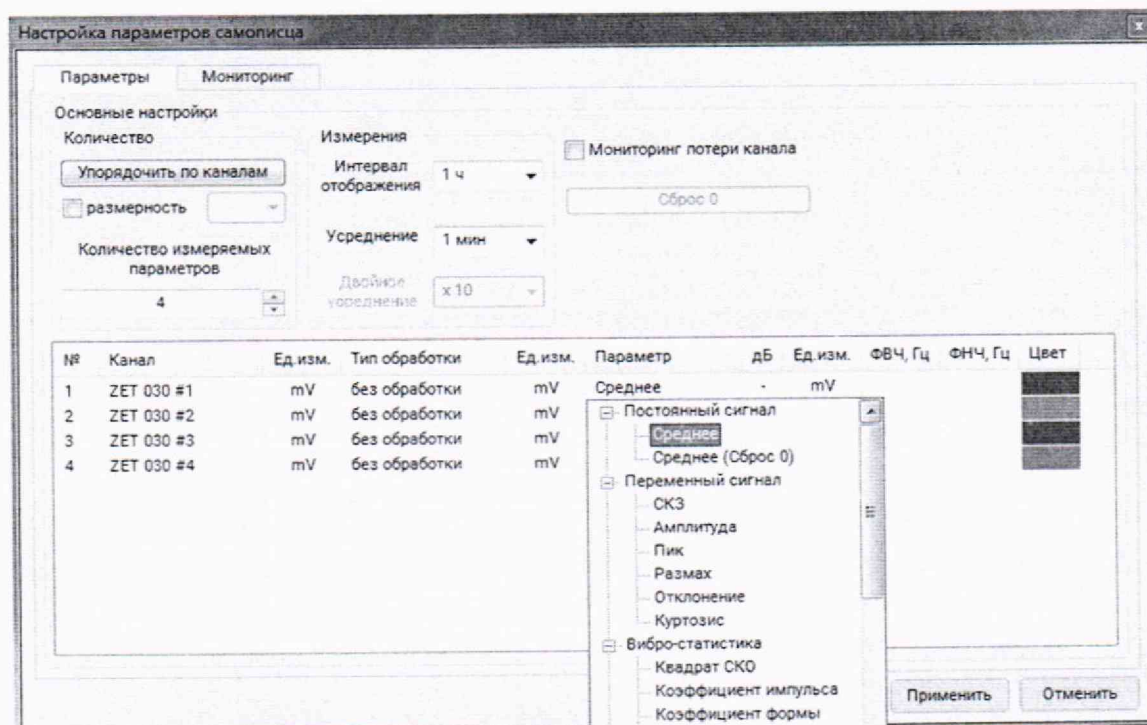
9.8.2.3 Запускают 3 программы «Многоканальный самописец» из меню «Регистрация» панели ZETLAB.

В каждой программе устанавливают следующие настройки:

- количество измеряемых каналов: 4,
- интервал отображения: 1 час,
- усреднение: 1 минута.

В поле индивидуальной настройки каналов программы «Многоканальный самописец» устанавливают по всем каналам параметры отображения в столбце «Параметр»:

- для первой программы: Среднее (Постоянный сигнал),
- для второй программы: СКЗ (Переменный сигнал),
- для третьей программы: Куртозис (Переменный сигнал).



9.8.2.4 По истечении не менее 10 минут фиксируют в протоколе поверки показания каждого параметра (среднее, СКЗ, куртозис) по каждому измерительному каналу.

9.8.2.5 Повторяют операции по пп. 9.8.2.2 - 9.8.2.4 для всех каналов при программируемом коэффициенте усиления, равном 30.

9.8.2.6 Результаты определения постоянного смещения параметров контроллера в режиме самоконтроля считают положительными, если полученные значения находятся в следующих границах:

- среднее значение: от -0,3 мВ до +0,3 мВ,
- СКЗ: не более 0,06 мВ,
- куртозис: от 2,5 до 3,5.

9.8.3 Проводят определение неравномерности относительной амплитудно-частотной характеристики.

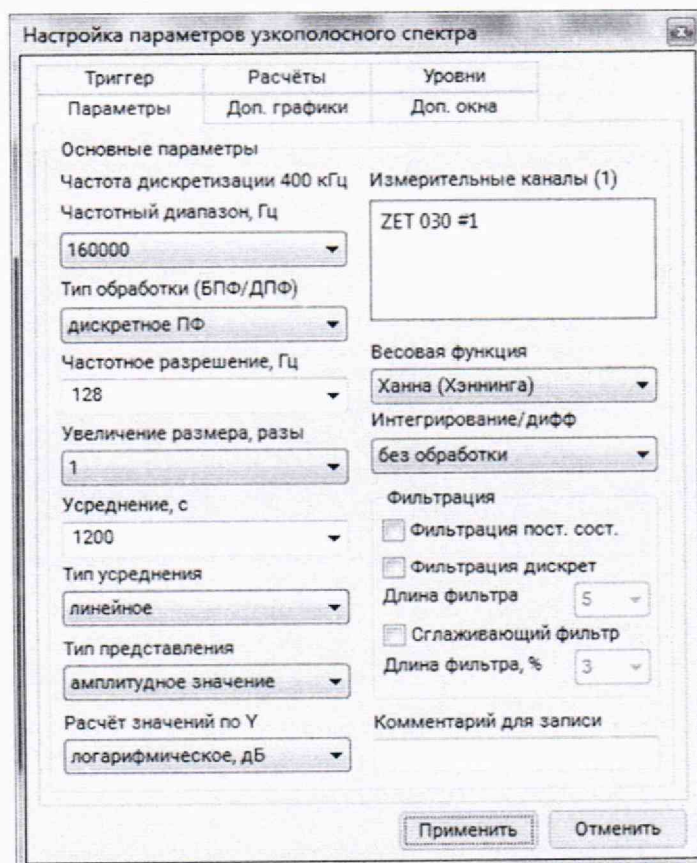
9.8.3.1 Задают программируемый коэффициент усиления равным 1 по всем каналам контроллера.

9.8.3.2 Активируют режим метрологического самоконтроля «Меандр».

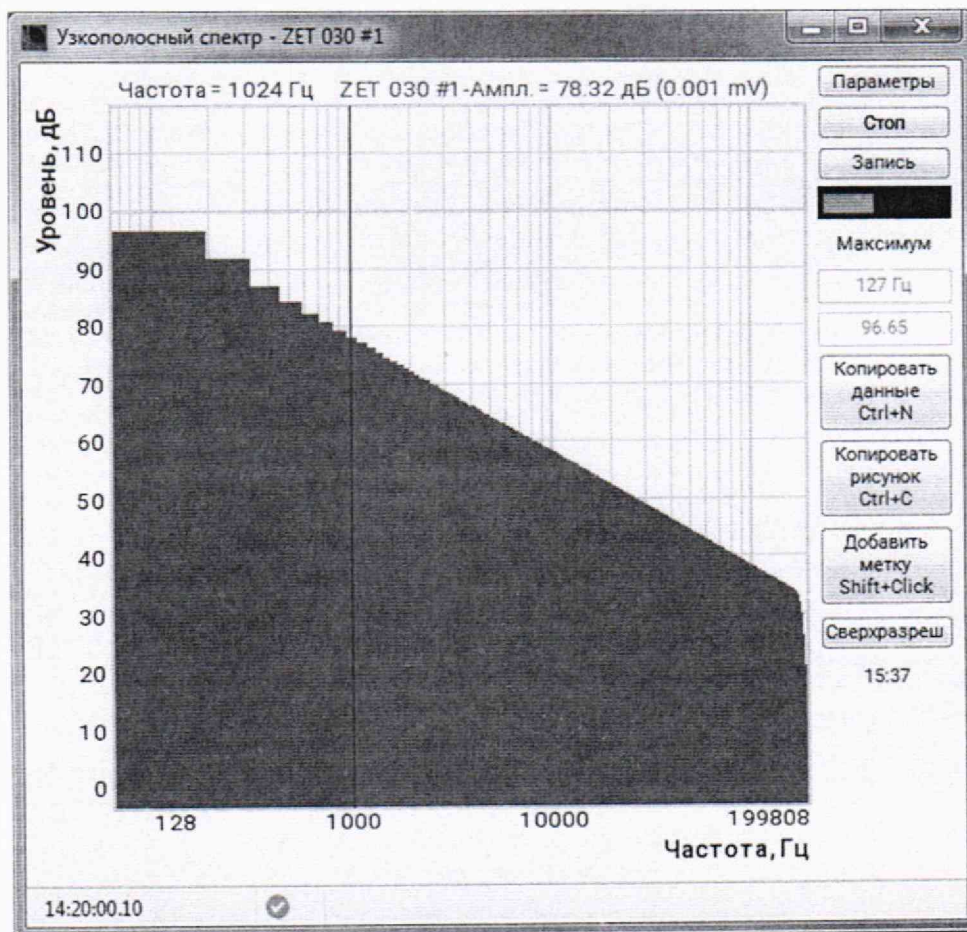
9.8.3.3 Запускают программу «Узкополосный спектр» из меню «Анализ сигналов» панели ZETLAB.

В программе устанавливают следующие настройки:

- Частотный диапазон, Гц: 160000,
- Тип обработки (БПФ/ДПФ): дискретное ПФ,
- Частотное разрешение, Гц: 128,
- Усреднение, с: 1200,
- Тип усреднения: линейное,
- Тип представления: амплитудное значение,
- Расчёт значений по Y: логарифмическое, дБ.



9.8.3.4 Проводят измерения длительностью не менее 40 минут. Через 40 минут фиксируют в протоколе поверки значение амплитуды на частотах: 1024 Гц, 89984 Гц, 120064 Гц и 160000 Гц.



9.8.3.5 Вычисляют и заносят в протокол поверки значения отклонений на частотах 89984 Гц, 120064 Гц и 160000 Гц по формуле:

$$\Delta A = A_f - A_{1k} \quad (6)$$

где A_f - амплитуда сигнала на частотах 89984 Гц, 120064 Гц и 160000 Гц соответственно, дБ;

A_{1k} - амплитуда сигнала на частоте 1024 Гц, дБ.

9.8.3.6 Результаты определения неравномерности относительной амплитудно-частотной характеристики считают положительными, если значения неравномерности АЧХ измерительных каналов относительно опорной частоты 1024 Гц находятся в диапазоне:

- на частоте 89984 Гц: $(-38,98 \pm 0,05)$ дБ,
- на частоте 120064 Гц: $(-41,52 \pm 0,1)$ дБ,
- на частоте 160000 Гц: $(-44,07 \pm 0,3)$ дБ.

9.8.4 Проводят определение отрицательного напряжения.

9.8.4.1 Задают программируемый коэффициент усиления равным 1 по всем каналам контроллера.

9.8.4.2 Активируют режим метрологического самоконтроля «Минус».

9.8.4.3 Запускают 4 программы «Вольтметр постоянного тока» для каждого канала.

9.8.4.4 Фиксируют и заносят в протокол поверки показания по каждому измерительному каналу.

9.8.4.5 Результаты определения отрицательного напряжения считают положительными, если полученные значения находятся в диапазоне от -400 до -100 мВ для напряжения постоянного электрического тока.

9.8.5 Проводят определение разницы между опорным и действительным значением переменного напряжения.

9.8.5.1 Задают программируемый коэффициент усиления равным 1 по всем каналам контроллера.

9.8.5.2 Активируют режим метрологического самоконтроля «Меандр».

9.8.5.3 Запускают 4 программы «Вольтметр переменного тока» из меню «Измерение» панели ZETLAB.

В каждой программе устанавливают следующие настройки:

- Канал: один из четырех каналов контроллера (для первой программы - первый канал; для второй программы - второй, и т.д.),

- Параметр: СКЗ,

- Усреднение: медленно 1 с.

9.8.5.4 Фиксируют и заносят в протокол поверки показания по каждому измерительному каналу.

Примечание - для увеличения количества отображаемых знаков в верхней части окна нажимают правой кнопкой мыши и в выпадающем меню задают строку PostFix Number += 3.

9.8.5.5 Результаты определения разницы между опорным и действительным значением переменного напряжения считают положительными, если отклонение полученных значений напряжения от опорного значения, указанного в паспорте на контроллер, не выходит за границы ± 1 мВ.

9.8.6 Результаты экспериментального определения метрологических характеристик контроллеров в режиме метрологического самоконтроля считают положительными, если получены положительные результаты по всем операциям метрологического самоконтроля контроллера.

9.9 Результаты поверки контроллера считают положительными, если контроллер прошел все операции экспериментального определения метрологических характеристик (пп. 9.1 - 9.8 настоящей методики), внешний осмотр (п. 6.1 настоящей методики), опробование (п. 8.2 настоящей методики) и проверку программного обеспечения (п. 7 настоящей методики) с положительным результатом.

9.10 Если получены отрицательные результаты экспериментального определения метрологических характеристик по отдельным операциям, такой контроллер признают прошедшим поверку с отрицательным результатом.


10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки оформляют в соответствии с приказом Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020 г. «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

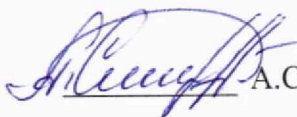
10.2 Нанесение знака поверки на контроллер не предусмотрено.

10.3 Протоколы поверки оформляют в произвольной форме.

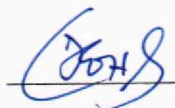
Зам. начальника центра 201 «Центр научных исследований, разработки, испытаний, метрологического обеспечения измерительных систем, электрических и магнитных измерений»
ФГБУ «ВНИИМС»


Ю.А. Шатохина

Начальник отдела 201/2 «Отдел метрологического обеспечения измерительных систем»
ФГБУ «ВНИИМС»


А.С. Смирнов

Разработал:
Инженер 1-й кат. отдела 201/2 «Отдел метрологического обеспечения измерительных систем»
ФГБУ «ВНИИМС»


А.А. Коновалов