

СОГЛАСОВАНО

Заместитель главного метролога

АО «ПриСТ»



А. Е. Бреев

«11» июня 2026 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Анализаторы качества электроэнергии
АКЭ-2000**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ПР-01-2022МП**

с изменением № 2

**Москва
2026 г.**

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок анализаторов качества электроэнергии АКЭ-2000, изготовленных "Shijiazhuang Suin Instruments CO., LTD.", Китай.

Анализаторы качества электроэнергии АКЭ-2000 (далее – анализаторы) предназначены для измерений и анализа показателей качества электроэнергии, используемых для контроля качества электроэнергии в однофазных и трехфазных цепях и системах электроснабжения.

Поверка анализаторов может осуществляться юридическим лицом, аккредитованным на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации в национальной системе аккредитации, в соответствии с его областью аккредитации.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых источников к государственным первичным эталонам единиц величин в соответствии с:

- государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520, к Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения – ГЭТ 13-2023;

- государственной поверочной схемой для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц, утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 г. № 1706, к Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения – ГЭТ 89-2008;

- государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Росстандарта от 10.09.2025 года № 1932 к Государственному первичному эталону единиц электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц – ГЭТ 153-2025.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по п.п. 10.1 – 10.16 применяется метод прямых измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

При проведении первичной и периодической поверок установок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1. Операции по п.п. 10.1 – 10.16 выполняются в произвольном порядке.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	Раздел 7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование	Раздел 8	да	да
3 Проверка программного обеспечения	Раздел 9	да	да
4 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока	10.1	да	да
5 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения переменного тока	10.2	да	да
6 Определение абсолютной погрешности измерения частоты переменного тока	10.3	да	да
7 Определение абсолютной погрешности измерения силы переменного тока без использования токовых преобразователей	10.4	да	да
8 Определение абсолютной погрешности измерения силы переменного тока при помощи токовых преобразователей ¹⁾	10.5	да	да
9 Определение абсолютной погрешности измерения активной мощности	10.6	да	да

Продолжение таблицы 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
10 Определение абсолютной погрешности измерения коэффициента мощности	10.7	да	да
11 Определение абсолютной погрешности измерения дозы фликера	10.8	да	да
12 Определение абсолютной погрешности измерения коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения	10.9	да	да
13 Определение абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения	10.10	да	да
14 Определение абсолютной погрешности измерения значения n-ой гармонической составляющей тока ¹⁾	10.11	да	да
15 Определение абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими тока ¹⁾	10.12	да	да
16 Определение абсолютной погрешности измерения значения и длительности провалов и выбросов напряжения	10.13	да	да
17 Определение абсолютной погрешности измерения коэффициентов несимметрии напряжений	10.14	да	да
18 Определение абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	10.15	да	да
19 Определение абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между токами основной частоты ¹⁾	10.16	да	да
20 Подтверждение соответствия средства измерений установленным метрологическим требованиям	10.17	да	да
21 Оформление результатов поверки	Раздел 11	да	да
Примечание:			
¹⁾ Проводится при наличии токовых преобразователей			

3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
8.4	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 °С до +30 °С с абсолютной погрешностью ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью ± 3 %	Термогигрометр Fluke мод. 1620A DewK рег. № 58174-14
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 30 до 120 кПа с абсолютной погрешностью ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511, рег. № 53431-13
	Средства измерений переменного напряжения в диапазоне от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения 0,2 %. Средства измерений частоты от 45 до 66 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты 0,1 %.	Прибор универсальный измерительный параметров электрической сети DMG 800, рег. № 49072-12
10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.6, 10.7, 10.8	Эталон единицы напряжения постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы. Приказ Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» Эталон единицы напряжения переменного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В Приказ Росстандарта от 18.08.2023 г. № 1706 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц»	Калибратор многофункциональный Fluke 5522A с модулем PQ, рег. № 70345-18
10.5	Эталон единицы силы переменного электрического тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений силы переменного электрического тока Приказ Росстандарта от 17.03.2022 года № 668 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы переменного электрического тока от $1 \cdot 10^{-8}$ до 100 А в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц».	Калибратор электрической энергии трехфазный Fluke 6003A с опцией 6003A-90A, рег. № 63701-16

Продолжение таблицы 2

1	2	3
10.9, 10.10, 10.11, 10.12, 10.13, 10.14, 10.15, 10.16	Эталон единиц электроэнергетических величин и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц. Подсистема воспроизведения единиц электрической мощности. Подсистема воспроизведения единиц углов сдвига фаз между основными гармониками напряжения и тока в одной фазе и углов сдвига фаз между основными гармониками двух напряжений или двух токов в двух разных фазах. Подсистема воспроизведения единиц коэффициентов гармоник напряжения, силы тока и суммарных коэффициентов гармоник в области основных частот от 40 до 400 Гц. Подсистема воспроизведения единицы напряжения прямой (U1), обратной (U2) и нулевой (U0) последовательностей в трехфазных сетях. Подсистема воспроизведения единицы коэффициентов несимметрии по обратной (K₂) и нулевой (K₀) последовательности в трехфазных сетях. Приказ Росстандарта от 10.09.2025 года № 1932 «Об утверждении Государственного первичного эталона единиц электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц и Государственной поверочной схемы для средств измерений электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц».	Калибратор РЕСУРС-K2, рег. № 31319-07
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

Номер пункта методики поверки	Тип средства поверки
10.5	Катушки для калибровки бесконтактных измерителей тока Fluke 52120A/COIL3KA, Fluke 52120A/COIL6KA. Пределы допускаемой погрешности значения коэффициента трансформации $\pm 0,65\%$

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка анализаторов должна выполняться специалистами организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющими необходимую квалификацию, ознакомленными с руководством по эксплуатации и освоившими работу с анализаторами и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику поверки.

4.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III

5 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.3.019-80 (с Изменением № 1), требования Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 года № 903н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C 23 ± 5 ;
- относительная влажность, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106;
- напряжение питания однофазной сети переменного тока, В... от 220 до 240;
- частота сети переменного тока, Гц..... $50 \pm 0,5$.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого анализатора следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

При наличии дефектов поверяемый анализатор бракуется и подлежит ремонту.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

– проведение технических и организационных мероприятий по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.3.019-80 (с Изменением № 1);

– проверка наличия действующих документов о поверке на основные и вспомогательные средства поверки.

8.2 Средства поверки и поверяемый анализатор должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации и прогреты в течение 30 минут.

8.3 Поверитель должен иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже III.

8.4 Контроль условий проведения поверки по пункту 5 должен быть проведен перед началом поверки.

8.5 При опробовании проверяют работоспособность дисплея, регуляторов и функциональных клавиш. Режимы, отображаемые на дисплее, при переключении режимов измерений и нажатии соответствующих клавиш, должны соответствовать требованиям руководства по эксплуатации.

При неверном функционировании анализатор бракуется и направляется в ремонт.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Проверка программного обеспечения осуществляется путем считывания с дисплея информации о версии программного обеспечения. Порядок просмотра версии описан в соответствующей главе руководства по эксплуатации.

Результат проверки считать положительным, если номер версии программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	отсутствует
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.0.0

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Методикой поверки предусмотрена возможность проведения периодической поверки для меньшего числа измеряемых величин, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» Описания типа.

10.1 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока проводится в следующей последовательности:

10.1.1 Подключить входы L1, L2, L3 анализатора к калибратору Fluke 5522A в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1 – Схема подключения приборов при определении погрешности измерения напряжения, частоты, дозы фликера

10.1.2 В настройках анализатора выбрать трехфазную схему подключения "3P WYE". Установить значение номинального напряжения (U_n) равным 230 В. Перевести анализатор в режим измерения напряжения, силы тока и частоты.

10.1.3 На выходе "NORMAL" калибратора последовательно установить значения постоянного напряжения, равные 100, 300, 500 В.

10.1.4 Зафиксировать значения напряжения по показаниям анализатора для каждого входа (L1, L2, L3).

10.1.5 Подключить вход N анализатора к калибратору в соответствии с рисунком 1.

10.1.6 Провести измерения по п.п. 10.1.3 – 10.1.4 для входа N.

10.1.7 Определить абсолютную погрешность измерения напряжения по формуле (1).

$$\Delta U = U_{\text{изм}} - U_{\text{к}} \quad (1)$$

где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение напряжения по показаниям анализатора, В;
 $U_{\text{к}}$ – значение напряжения, установленное на калибраторе, В.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешностей, определенные по формуле (1), не превышают допусковых пределов, В:

- для АКЭ-2100: $\pm(0,005 \cdot U_n)$;
- для АКЭ-2200: $\pm(0,001 \cdot U_n)$.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения переменного тока

проводится в следующей последовательности:

10.2.1 Подключить входы L1, L2, L3 анализатора к калибратору Fluke 5522A в соответствии с рисунком 1.

10.2.2 В настройках анализатора выбрать схему подключения "3P WYE". Установить значение номинального напряжения (U_n) равным 230 В, значение частоты 50 Гц. Перевести анализатор в режим измерения напряжения, силы тока и частоты.

10.2.3 На выходе "NORMAL" калибратора последовательно установить значения переменного напряжения, равные 100, 300, 500 В; значение частоты установить равным 50 Гц.

10.2.4 Зафиксировать значения напряжения по показаниям анализатора для каждого входа (L1, L2, L3).

10.2.5 Подключить вход N анализатора к калибратору в соответствии с рисунком 1.

10.2.6 Провести измерения по п.п. 10.2.3 – 10.2.4 для входа N.

10.2.7 Определить абсолютную погрешность измерения напряжения по формуле (1).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешностей, определенные по формуле (1), не превышают допусковых пределов, В:

- для АКЭ-2100: $\pm 0,005 \cdot U_n$;
- для АКЭ-2200: $\pm 0,001 \cdot U_n$.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерения частоты переменного тока

проводится в следующей последовательности:

10.3.1 Подключить анализатор к калибратору Fluke 5522A в соответствии с рисунком 1.

10.3.2 В настройках анализатора выбрать схему подключения "3P WYE". Установить значение номинального напряжения (U_n) равным 230 В, значение частоты 50 Гц. Перевести анализатор в режим измерения напряжения, силы тока и частоты.

10.3.3 Установить на выходе "NORMAL" калибратора значение переменного напряжения, равное 230 В; последовательно установить значения частоты, равные 43, 50, 57 Гц.

10.3.4 Зафиксировать значения частоты по показаниям анализатора.

10.3.5 В настройках анализатора установить значение частоты 60 Гц.

10.3.6 На выходе "NORMAL" калибратора последовательно установить значения частоты, равные 52, 60, 68 Гц.

10.3.7 Зафиксировать значения частоты по показаниям анализатора.

10.3.8 В настройках анализатора установить значение частоты 400 Гц.

10.3.9 На выходе "NORMAL" калибратора последовательно установить значения частоты, равные 325, 400, 475 Гц.

10.3.10 Зафиксировать значения частоты по показаниям анализатора.

10.3.11 Определить абсолютную погрешность измерения частоты по формуле (2).

$$\Delta f = f_{\text{изм}} - f_k \quad (2)$$

где $f_{\text{изм}}$ – измеренное значение частоты по показаниям анализатора, Гц;

f_k – значение частоты, установленное на калибраторе, Гц.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешностей, определенные по формуле (2), не превышают допусковых пределов:

$\pm 0,01$ Гц.

10.4 Определение абсолютной погрешности измерения силы переменного тока без использования токовых преобразователей
проводится в следующей последовательности:

10.4.1 Подключить токовый вход L1 анализатора к калибратору Fluke 5522A при помощи кабеля BNC-banana в соответствии с рисунком 2.



Рисунок 2 – Схема подключения приборов при определении погрешности измерения силы переменного тока без использования токовых преобразователей.

10.4.2 В настройках анализатора выбрать произвольный преобразователь тока. Перевести анализатор в режим измерения напряжения, силы тока и частоты.

10.4.3 Вычислить максимальное значение входного напряжения для выбранного преобразователя тока по формуле (3).

$$U_{\max} = I_{\max} \cdot K_{\text{пр}} \quad (3)$$

где $I_{\max}$ – диапазон измерения силы тока выбранного преобразователя тока, А;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент преобразования выбранного преобразователя тока, мВ/А.

10.4.4 На выходе "NORMAL" калибратора последовательно установить значения напряжения, равные U_k : $0,1 \cdot U_{\max}$, $0,5 \cdot U_{\max}$, $0,9 \cdot U_{\max}$ частотой 50 Гц.

10.4.5 Зафиксировать значения силы тока по показаниям анализатора.

10.4.6 Провести измерения по п.п. 10.4.1 – 10.4.5 для токовых входов L2, L3, N.

10.4.7 Определить абсолютную погрешность измерения силы переменного тока по формуле (4).

$$\Delta I = I_{\text{изм}} - U_k / K_{\text{пр}} \quad (4)$$

где $I_{\text{изм}}$ – измеренное значение силы тока по показаниям анализатора, А;

U_k – значение напряжения, установленного на калибраторе мВ;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент преобразования выбранного преобразователя тока, мВ/А.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешностей, определенные по формуле (4), не превышают допускаемых пределов, А:

– для АКЭ-2100:

$\pm(0,005 \cdot I_{\text{изм}} + 0,1)$ для коэффициентов преобразования 1 и 10 мВ/А;

$\pm(0,01 \cdot I_{\text{изм}} + 2)$ для коэффициента преобразования 50 и 65 мВ/1000 А;

$\pm(0,01 \cdot I_{\text{изм}} + 1,5)$ для коэффициента преобразования 100 мВ/1000 А;

– для АКЭ-2200:

$\pm(0,001 \cdot I_{\text{изм}} + 0,1)$ для коэффициентов преобразования 1 и 10 мВ/А;

$\pm(0,01 \cdot I_{\text{изм}} + 0,2)$ для коэффициента преобразования 50 и 65 мВ/1000 А.

$\pm(0,01 \cdot I_{\text{изм}} + 0,15)$ для коэффициента преобразования 100 мВ/1000 А;

10.5 Определение абсолютной погрешности измерения силы переменного тока при помощи токовых преобразователей
проводится при наличии токовых преобразователей в следующей последовательности:

10.5.1 Подключить токовый вход L1 анализатора к калибратору Fluke 6003A при помощи токового преобразователя. Преобразователи, измеряющие силу тока в диапазоне до 100 А, подключаются к закороченному выходу адаптера 6003A-90A. Преобразователи, измеряющие силу тока в диапазоне свыше 100 А, подключаются через катушки Fluke 52120A/COIL3KA (исполнение в виде токовых клещей) и Fluke 52120A/COIL6KA (исполнение в виде гибких петель).

10.5.2 На калибраторе выбрать режим объединения выходов ("High I").

10.5.3 В настройках анализатора выбрать используемый преобразователь тока. Перевести анализатор в режим измерения напряжения, силы тока и частоты.

10.5.4 В случае использования катушек рассчитать предельное значение силы тока, устанавливаемое на калибраторе, по формуле (5).

$$I_{\text{пр}} = I_{\text{max}} / n \quad (5)$$

где I_{max} – диапазон измерения силы тока выбранного преобразователя, А;

n – число витков используемой катушки.

10.5.5 На выходе калибратора последовательно установить значения силы тока, равные $I_{\text{к}}$: $0,1 \cdot I_{\text{пр}}$, $0,5 \cdot I_{\text{пр}}$, $0,9 \cdot I_{\text{пр}}$. Для каждой из этих точек вычислить соответствующее значение силы тока $I_{\text{к}}$, равное $0,1 \cdot I_{\text{max}}$, $0,5 \cdot I_{\text{max}}$, $0,9 \cdot I_{\text{max}}$ соответственно. В случае прямого подключения $I_{\text{пр}}$ принять равным I_{max} . Значение частоты установить равным 50 Гц.

10.5.6 Зафиксировать значения силы тока по показаниям анализатора.

10.5.7 Провести измерения по п.п. 10.5.1 – 10.5.6 для токовых входов L2, L3, N.

10.5.8 Определить абсолютную погрешность измерения силы переменного тока по формуле (6):

$$\Delta I = I_{\text{изм}} - I_{\text{к}} \quad (6)$$

где $I_{\text{изм}}$ – измеренное значение силы тока по показаниям анализатора, А;

$I_{\text{к}}$ – значение силы тока, установленного на калибраторе, А.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешностей, определенные по формуле (6), не превышают допусковых пределов, А:

$\pm(0,002 \cdot I_{\text{изм}})$ – для преобразователей ST08, CTC0080, CTC0130;

$\pm(0,01 \cdot I_{\text{изм}})$ – для преобразователей CTC1535;

$\pm(0,03 \cdot I_{\text{изм}})$ – для преобразователей ETCR035AD;

$\pm(0,015 \cdot I_{\text{изм}})$ – для преобразователей SY-1500A;

$\pm(0,03 \cdot I_{\text{изм}})$ – для преобразователей PY-3000A, PY-5000A, SY-6000A.

10.6 Определение абсолютной погрешности измерения активной мощности
проводится в следующей последовательности:

10.6.1 Подключить вход L1 анализатора к калибратору Fluke 5522A в соответствии с рисунком 3.

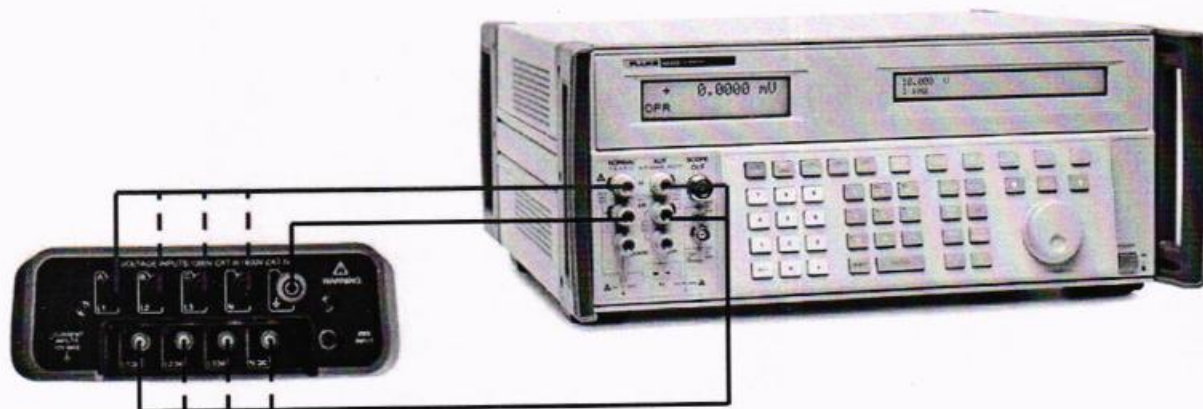


Рисунок 3 – Схема подключения приборов при определении погрешности измерения мощности и коэффициента мощности

10.6.2 В настройках анализатора выбрать произвольный преобразователь тока. Перевести анализатор в режим измерения мощности и энергии.

10.6.3 Вычислить максимальное значение входного напряжения $U_{\max}$ для выбранного преобразователя тока по формуле (3).

10.6.4 На выходе "NORMAL" калибратора установить значение напряжения равным 500 В. На выходе "AUX" калибратора последовательно установить значения напряжения, равные $0,1 \cdot U_{\max}$, $0,5 \cdot U_{\max}$, $0,9 \cdot U_{\max}$. Значение частоты установить равным 50 Гц.

10.6.5 Зафиксировать значения мощности по показаниям анализатора.

10.6.6 Провести измерения по п.п. 10.6.1 – 10.6.5 для входов L2, L3.

10.6.7 Определить абсолютную погрешность измерения активной мощности по формуле (7).

$$\Delta P = P_{\text{изм}} - P_{\text{к}} \quad (7)$$

где $P_{\text{изм}}$ – измеренное значение активной мощности по показаниям анализатора, Вт;
 $P_{\text{к}}$ – расчетное значение активной мощности, установленной на калибраторе, Вт.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешностей, определенные по формуле (7), не превышают допускаемых пределов, Вт:

– для АКЭ-2100: $\pm(0,15 \cdot P_{\text{изм}} + 10 \text{ е.м.р.})$;

– для АКЭ-2200: $\pm(0,1 \cdot P_{\text{изм}} + 10 \text{ е.м.р.})$.

10.7 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента мощности проводится в следующей последовательности:

10.7.1 Подключить вход L1 анализатора к калибратору Fluke 5522A в соответствии с рисунком 3.

10.7.2 В настройках анализатора выбрать произвольный преобразователь тока. Перевести анализатор в режим измерения мощности и энергии.

10.7.3 На выходе "NORMAL" калибратора установить значение напряжения равным 100 В. На выходе "AUX" калибратора установить значение напряжения равным 100 мВ. Значение частоты установить равным 50 Гц.

10.7.4 В меню калибратора выбрать режим установки коэффициента мощности (WAVE MENU > Ф&REF MENU > auxФNRM > SHOW PF).

10.7.5 Последовательно установить значения коэффициента мощности, равные 0,9, 0,5, 0,1.

10.7.6 Зафиксировать значения коэффициента мощности по показаниям анализатора.

10.7.7 Провести измерения по п.п. 10.7.1 – 10.7.6 для входов L2, L3.

10.7.8 Определить абсолютную погрешность измерения коэффициента мощности по формуле (8).

$$\Delta PF = PF_{\text{изм}} - PF_{\text{к}} \quad (8)$$

где $PF_{\text{изм}}$ – измеренное значение коэффициента мощности по показаниям анализатора;
 $PF_{\text{к}}$ – значение коэффициента мощности, установленное на калибраторе.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешностей, определенные по формуле (8), не превышают допускаемых пределов:

– для АКЭ-2100: $\pm 0,03$;

– для АКЭ-2200: $\pm(0,001 \cdot PF_{\text{изм}})$.

10.8 Определение абсолютной погрешности измерения дозы фликера проводится в следующей последовательности:

10.8.1 Подключить анализатор к калибратору Fluke 5522A в соответствии с рисунком 1 (входы L1, L2, L3).

10.8.2 На калибраторе установить режим моделирования фликера. (MORE MODES > PQ: AMPL > SETΔ > PST=1 VALUES). Установить частоту изменения амплитуды напряжения равной 110 изменений в минуту (110 chg/m) и кратковременную дозу фликера равной 1 (PST=1). Установить значение напряжения на выходе равным 10 В, частоту 50 Гц. Нажать функциональную клавишу "LOAD WAVE". Включить выход калибратора.

10.8.3 Перевести анализатор в режим измерения дозы фликера.

10.8.4 По истечении 10 минут зафиксировать по показаниям анализатора кратковременную дозу фликера (Pst) для каждого входа.

10.8.5 Установить на калибраторе частоту изменения амплитуды напряжения равной 1620 изменений в минуту (1620 chg/m) и кратковременную дозу фликера равной 3 (PST=3). Нажать функциональную клавишу "LOAD WAVE".

10.8.6 По истечении 10 минут зафиксировать по показаниям анализатора кратковременную дозу фликера (Pst) для каждого входа.

10.8.7 Сбросить показания анализатора и снова включить режим измерения дозы фликера.

10.8.8 Установить на калибраторе частоту изменения амплитуды напряжения равной 4000 изменений в минуту (4000 chg/m) и кратковременную дозу фликера равной 5 (PST=5). Нажать функциональную клавишу "LOAD WAVE".

10.8.9 По истечении 10 минут зафиксировать по показаниям анализатора кратковременную дозу фликера (Pst) для каждого входа.

10.8.10 Определить абсолютную погрешность измерения кратковременной дозы фликера по формуле (9).

$$\Delta Pst = Pst_{изм} - Pst_k \quad (9)$$

где $Pst_{изм}$ – измеренное значение дозы фликера по показаниям анализатора;

Pst_k – значение дозы фликера, установленное на калибраторе.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности, определенные по формуле (9), не превышают допустимых пределов:

$$\pm 0,05 \cdot Pst_{изм}.$$

10.9 Определение абсолютной погрешности измерения коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения

проводится в следующей последовательности:

10.9.1 Подключить потенциальный вход L1 анализатора к калибратору Ресурс-К2 в соответствии с рисунком 4.

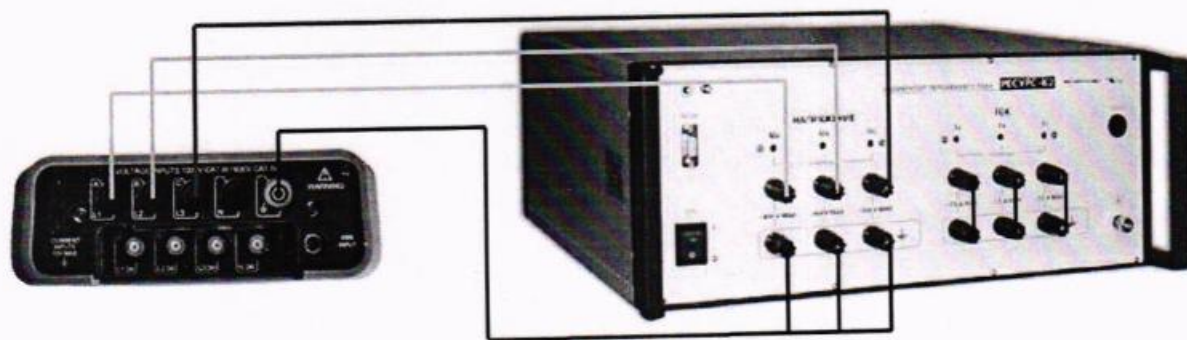


Рисунок 4 – Схема подключения приборов при определении погрешности измерения коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения, угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения

10.9.2 Перевести анализатор в режим измерения гармонических составляющих.

10.9.3 В ПО калибратора установить значение напряжения равным 100 В. Значения коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения установить из таблицы 5. Передать сигнал калибратору.

Таблица 5

$n^{1)}$	$K_{Ua(n)}^{2)}, \%$	$K_{Ub(n)}^{3)}, \%$	$K_{Uc(n)}^{4)}, \%$
5	30	30	30
10	25	25	25
20	20	20	20
30	15	15	15
40	10	10	10

Примечания:

¹⁾ n – номер гармонической составляющей напряжения;²⁾ $K_{Ua(n)}$ – коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения фазы А;³⁾ $K_{Ub(n)}$ – коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения фазы В;⁴⁾ $K_{Uc(n)}$ – коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения фазы С.

10.9.4 Зафиксировать значения коэффициентов гармонических составляющих по показаниям анализатора.

10.9.5 Определить абсолютную погрешность измерения значения n -ой гармонической составляющей напряжения по формуле (10).

$$\Delta K_U = K_{U_{\text{изм}}} - K_{U(n)} \quad (10)$$

где $K_{U_{\text{изм}}}$ – измеренное значение коэффициента гармоник по показаниям анализатора, %;

$K_{U(n)}$ – значение коэффициента гармоник, установленное на калибраторе, %.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности, определенные по формуле (10), не превышают допустимых пределов:

$$\pm(0,001 \cdot n + 0,1).$$

10.10 Определение абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения

проводится в следующей последовательности:

10.10.1 Подключить анализатор к калибратору Ресурс-К2 в соответствии с рисунком 4.

10.10.2 Перевести анализатор в режим измерения гармонических составляющих.

10.10.3 В ПО калибратора установить параметры сигнала из таблицы 6. Передать сигнал калибратору.

Таблица 6

$n^{1)}$	$K_{Ua(n)}^{2)}, \%$	$\varphi_{Ua}^{3)}, ^\circ$	$K_{Ub(n)}^{4)}, \%$	$\varphi_{Ub}^{5)}, ^\circ$	$K_{Uc(n)}^{6)}, \%$	$\varphi_{Uc}^{7)}, ^\circ$
2	5	-30	5	-30	5	-30
3	5	-30	5	-30	5	-30
4	5	-30	5	-30	5	-30
8	5	-90	5	-90	5	-90
9	5	-90	5	-90	5	-90
10	5	-90	5	-90	5	-90
14	5	-150	5	-150	5	-150
15	5	-150	5	-150	5	-150
16	5	-150	5	-150	5	-150
20	5	150	5	150	5	150
21	5	150	5	150	5	150
22	5	150	5	150	5	150
26	5	90	5	90	5	90
27	5	90	5	90	5	90
28	5	90	5	90	5	90
32	5	30	5	30	5	30
33	5	30	5	30	5	30
34	5	30	5	30	5	30

Продолжение таблицы 6

Примечания:

- ¹⁾ n – номер гармонической составляющей напряжения;
- ²⁾ $K_{Ua(n)}$ – коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения фазы А;
- ³⁾ φ_{Ua} – угол фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения фазы А;
- ⁴⁾ $K_{Ub(n)}$ – коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения фазы В;
- ⁵⁾ φ_{Ub} – угол фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения фазы В;
- ⁶⁾ $K_{Uc(n)}$ – коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения фазы С;
- ⁷⁾ φ_{Uc} – угол фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения фазы С.

10.10.4 Зафиксировать значения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими по показаниям анализатора.

10.10.5 Определить абсолютную погрешность измерения значения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения по формуле (11).

$$\Delta\varphi = \varphi_{\text{изм}} - \varphi_0 \quad (11)$$

где $\varphi_{\text{изм}}$ – измеренное значение угла фазового сдвига по показаниям анализатора, °;
 φ_0 – действительное значение угла фазового сдвига, указанное в таблице 7, °.

Таблица 7

n ¹⁾	$\varphi_U^{2)}, ^\circ$	$\varphi_{0a}^{3)}, ^\circ$	$\varphi_{0b}^{4)}, ^\circ$	$\varphi_{0c}^{5)}, ^\circ$
1	2	3	4	5
2	-30	-30	90	-150
3	-30	-30	-30	-30
4	-30	-30	-150	90
8	-90	-90	30	150
9	-90	-90	-90	-90
10	-90	-90	150	30
14	-150	-150	-30	90
15	-150	-150	-150	-150
16	-150	-150	90	-30
20	150	150	-90	30
21	150	150	150	150
22	150	150	30	-90
26	90	90	-150	-30
27	90	90	90	90
28	90	90	-30	-150
32	30	30	150	-90
33	30	30	30	30
34	30	30	-90	150

Примечания:

- ¹⁾ n – номер гармонической составляющей напряжения;
- ²⁾ φ_U – значение угла фазового сдвига, установленное на калибраторе;
- ³⁾ φ_{0a} – действительное значение угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения фазы А;
- ⁴⁾ φ_{0b} – действительное значение угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения фазы В;
- ⁵⁾ φ_{0c} – действительное значение угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения фазы С;

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности, определенные по формуле (11), не превышают допустимых пределов:

- для АКЭ-2100: $\pm 1,5 \cdot n, ^\circ$;
- для АКЭ-2200: $\pm 0,1 \cdot n, ^\circ$.

10.11 Определение абсолютной погрешности измерения коэффициента n -ой гармонической составляющей тока

проводится при наличии токовых преобразователей в следующей последовательности:

10.11.1 Подключить анализатор к калибратору Ресурс-К2 в соответствии с рисунком 5.

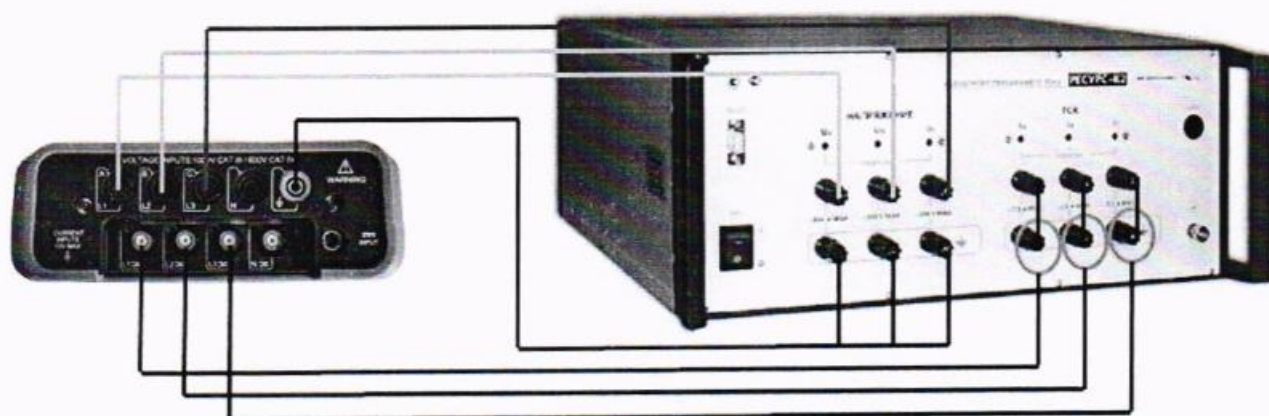


Рисунок 5 – Схема подключения приборов при определении погрешности измерения коэффициента n -ой гармонической составляющей тока, угла фазового сдвига между гармоническими составляющими тока

10.11.2 В настройках анализатора выбрать используемые преобразователи тока. Перевести анализатор в режим измерения гармонических составляющих.

10.11.3 В ПО калибратора установить значение силы тока равным 2,5 А. Значения коэффициента n -ой гармонической составляющей тока установить из таблицы 8. Передать сигнал калибратору.

Таблица 8

$n^{1)}$	$K_{Ia(n)}^{2)}, \%$	$K_{Ib(n)}^{3)}, \%$	$K_{Ic(n)}^{4)}, \%$
5	50	50	50
10	40	40	40
20	30	30	30
30	20	20	20
40	10	10	10

Примечания:

¹⁾ n – номер гармонической составляющей тока;

²⁾ $K_{Ia(n)}$ – коэффициент n -ой гармонической составляющей тока фазы А;

³⁾ $K_{Ib(n)}$ – коэффициент n -ой гармонической составляющей тока фазы В;

⁴⁾ $K_{Ic(n)}$ – коэффициент n -ой гармонической составляющей тока фазы С.

10.11.4 Зафиксировать значения коэффициентов гармонических составляющих по показаниям анализатора.

10.11.5 Определить абсолютную погрешность измерения значения n -ой гармонической составляющей тока по формуле (12).

$$\Delta K_I = K_{I\text{изм}} - K_{Ia(n)} \quad (12)$$

где $K_{I\text{изм}}$ – измеренное значение коэффициента гармоник по показаниям анализатора, %;
 $K_{Ia(n)}$ – значение коэффициента гармоник, установленное на калибраторе, %.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности, определенные по формуле (12), не превышают допусковых пределов:
 $\pm(0,001 \cdot n + 0,1)$.

10.12 Определение абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими тока

проводится при наличии токовых преобразователей в следующей последовательности:

10.12.1 Подключить анализатор к калибратору Ресурс-К2 в соответствии с рисунком 5.

10.12.2 Перевести анализатор в режим измерения гармонических составляющих.

10.12.3 В ПО калибратора установить параметры сигнала из таблицы 9. Передать сигнал калибратору.

Таблица 9

$n^{1)}$	$K_{Ia(n)}^{2)}, \%$	$\varphi_{Ua}^{3)}, ^\circ$	$K_{Ib(n)}^{4)}, \%$	$\varphi_{Ub}^{5)}, ^\circ$	$K_{Ic(n)}^{6)}, \%$	$\varphi_{Uc}^{7)}, ^\circ$
2	5	-30	5	-30	5	-30
3	5	-30	5	-30	5	-30
4	5	-30	5	-30	5	-30
8	5	-90	5	-90	5	-90
9	5	-90	5	-90	5	-90
10	5	-90	5	-90	5	-90
14	5	-150	5	-150	5	-150
15	5	-150	5	-150	5	-150
16	5	-150	5	-150	5	-150
20	5	150	5	150	5	150
21	5	150	5	150	5	150
22	5	150	5	150	5	150
26	5	90	5	90	5	90
27	5	90	5	90	5	90
28	5	90	5	90	5	90
32	5	30	5	30	5	30
33	5	30	5	30	5	30
34	5	30	5	30	5	30

Примечания:

¹⁾ n – номер гармонической составляющей тока;

²⁾ $K_{Ia(n)}$ – коэффициент n -ой гармонической составляющей тока фазы А;

³⁾ φ_{Ua} – угол фазового сдвига между гармоническими составляющими тока фазы А;

⁴⁾ $K_{Ib(n)}$ – коэффициент n -ой гармонической составляющей тока фазы В;

⁵⁾ φ_{Ub} – угол фазового сдвига между гармоническими составляющими тока фазы В;

⁶⁾ $K_{Ic(n)}$ – коэффициент n -ой гармонической составляющей тока фазы С;

⁷⁾ φ_{Uc} – угол фазового сдвига между гармоническими составляющими тока фазы С.

10.12.4 Зафиксировать значения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими по показаниям анализатора.

10.12.5 Определить абсолютную погрешность измерения значения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения по формуле (13).

$$\Delta\varphi = \varphi_{\text{изм}} - \varphi_0 \quad (13)$$

где $\varphi_{\text{изм}}$ – измеренное значение угла фазового сдвига по показаниям анализатора, $^\circ$;

φ_0 – действительное значение угла фазового сдвига, указанное в таблице 10, $^\circ$.

Таблица 10

$n^{1)}$	$\varphi_1^{2)}, ^\circ$	$\varphi_{0a}^{3)}, ^\circ$	$\varphi_{0b}^{4)}, ^\circ$	$\varphi_{0c}^{5)}, ^\circ$
2	-30	30	150	-90
3	-30	30	30	30
4	-30	30	-90	150
8	-90	90	-150	-30
9	-90	90	90	90
10	-90	90	-30	-150
14	-150	150	-90	30
15	-150	150	150	150
16	-150	150	30	-90
20	150	-150	-30	90
21	150	-150	-150	-150
22	150	-150	90	-30
26	90	-90	30	150
27	90	-90	-90	-90
28	90	-90	150	30
32	30	-30	90	-150
33	30	-30	-30	-30
34	30	-30	-150	90

Примечания:

¹⁾ n – номер гармонической составляющей тока;²⁾ φ_1 – значение угла фазового сдвига, установленное на калибраторе;³⁾ φ_{0a} – действительное значение угла фазового сдвига между гармоническими составляющими тока фазы А;⁴⁾ φ_{0b} – действительное значение угла фазового сдвига между гармоническими составляющими тока фазы В;⁵⁾ φ_{0c} – действительное значение угла фазового сдвига между гармоническими составляющими тока фазы С;

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности, определенные по формуле (13), не превышают допустимых пределов:

– для АКЭ-2100: $\pm 1,5 \cdot n^\circ$;– для АКЭ-2200: $\pm 0,1 \cdot n^\circ$.

10.13 Определение абсолютной погрешности измерения значений и длительности провалов и выбросов напряжения

проводится в следующей последовательности:

10.13.1 Подключить анализатор к калибратору Ресурс-К2 в соответствии с рисунком 6.

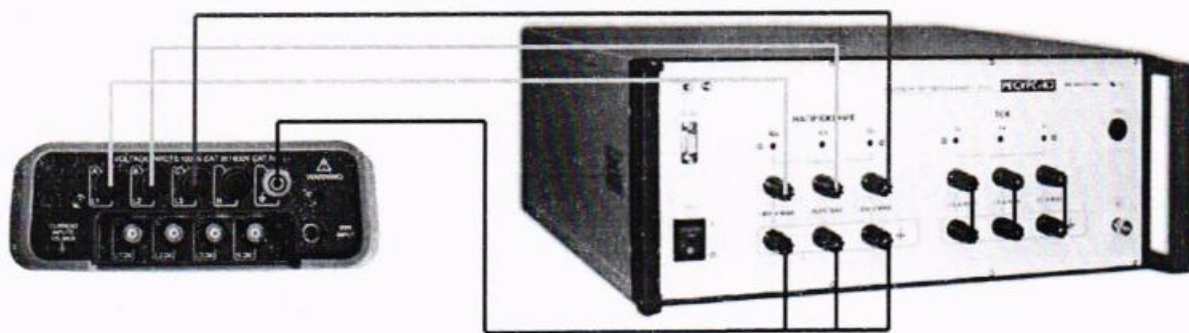


Рисунок 6 – Схема подключения приборов при определении погрешности измерения значений и длительности провалов и выбросов напряжения, коэффициента несимметрии напряжений, угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты

10.13.2 В настройках анализатора выбрать схему подключения "3P WYE". Установить значение номинального напряжения (U_n) равным 230 В, значение частоты 50 Гц. Перевести анализатор в режим регистрации провалов и выбросов напряжения.

10.13.3 Передать новый (по умолчанию) сигнал с ПК калибратору. Убедиться, что измерение напряжения происходит по всем входам анализатора.

10.13.4 В ПО калибратора установить для фазы А (вход L1) величину провала напряжения 10 % ($U_c=198$ В), длительность 3 с.

10.13.5 Передать характеристики сигнала с ПК калибратору. Убедиться, что анализатор зарегистрировал новое событие.

10.13.6 В ПО калибратора установить для фазы А (вход L1) величину провала напряжения 20 % ($U_c=176$ В), длительность 5 с.

10.13.7 Передать характеристики сигнала с ПК калибратору. Убедиться, что анализатор зарегистрировал новое событие.

10.13.8 Повторить действия по п.п. 10.13.4 – 10.13.5 для фаз В (вход L2), С (вход L3).

10.13.9 В ПО калибратора установить для фазы А (вход L1) коэффициент выброса напряжения 1.2 ($U_c=264$ В), длительность 1 с.

10.13.10 Передать характеристики сигнала с ПК калибратору. Убедиться, что анализатор зарегистрировал новое событие.

10.13.11 Повторить действия по п.п. 10.12.7 – 10.12.10 для фаз В (вход L2), С (вход L3).

10.13.12 Нажатием клавиши "F2" анализатора включить режим отображения событий. Зафиксировать значения напряжения и длительности каждого события.

10.13.13 Определить абсолютную погрешность измерения провалов и выбросов напряжения по формуле (14).

$$\Delta U = U_{\text{изм}} - U_c \quad (14)$$

где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение напряжения по показаниям анализатора, В;
 U_c – значение напряжения события, установленное на калибраторе, В.

10.13.14 Определить абсолютную погрешность измерения длительности провалов и выбросов напряжения по формуле (15).

$$\Delta t = t_{\text{изм}} - t_c \quad (15)$$

где $t_{\text{изм}}$ – измеренное значение длительности события по показаниям анализатора, с;
 t_c – значение длительности события, установленное на калибраторе, с.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности, определенные по формулам (14) и (15), не превышают допустимых пределов:

$\pm 0,002 \cdot U_{\text{изм}}$ – для провалов и выбросов напряжения;

± 20 мс – для длительности провалов и выбросов напряжения при частоте 50 Гц.

10.14 Определение абсолютной погрешности измерения коэффициента несимметрии напряжений

проводится в следующей последовательности:

10.14.1 Подключить анализатор к калибратору Ресурс-К2 в соответствии с рисунком 6.

10.14.2 Перевести анализатор в режим измерения параметров несимметрии напряжений. Нажатием клавиши F4 включить отображение векторной диаграммы напряжений и токов.

10.14.3 В ПО калибратора установить значение напряжения фазы А равным 220 В, значения напряжения фаз В и С равными 190 В. Передать сигнал с ПК калибратору.

10.14.4 Зафиксировать значения коэффициентов несимметрии напряжений по нулевой (K_{0U})¹⁾ и обратной (K_{2U})²⁾ последовательности.

10.14.5 В ПО калибратора восстановить параметры сигнала по умолчанию (кнопка "Восстановить"). Установить значение угла фазового сдвига ϕ_v равным $-102,917^\circ$. Передать сигнал с ПК калибратору.

10.14.6 Зафиксировать значения коэффициентов несимметрии напряжений по нулевой (K_{0U}) и обратной (K_{2U}) последовательности.

10.14.7 Определить абсолютную погрешность измерения коэффициентов несимметрии по формулам (16) и (17).

$$\Delta K = K_{0U_{\text{изм}}} - K_{0U} \quad (16)$$

$$\Delta K = K_{2U_{\text{изм}}} - K_{2U} \quad (17)$$

где $K_{0U_{\text{изм}}}$ ($K_{2U_{\text{изм}}}$) – измеренное значение коэффициента несимметрии по показаниям анализатора;

K_{0U} (K_{2U}) – значение коэффициента несимметрии по показаниям ПО калибратора.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности, определенные по формулам (16) и (17), не превышают допусковых пределов:

– для АКЭ-2100: $\pm 0,05\%$;

– для АКЭ-2200: $\pm 0,1\%$.

Примечания:

¹⁾ В меню анализатора обозначается Zero.

²⁾ В меню анализатора обозначается Neg.

10.15 Определение абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты

проводится в следующей последовательности:

10.15.1 Подключить анализатор к калибратору Ресурс-К2 в соответствии с рисунком 6.

10.15.2 Перевести анализатор в режим измерения параметров несимметрии напряжений. Нажатием клавиши F4 включить отображение векторной диаграммы напряжений и токов.

10.15.3 В ПО калибратора восстановить параметры сигнала по умолчанию. Установить значение угла фазового сдвига между напряжениями U_A и U_B равным -45° , значение угла фазового сдвига между напряжениями U_A и U_C равным -315° .

10.15.4 Зафиксировать значения углов фазового сдвига между напряжениями по показаниям анализатора.

10.15.5 В ПО калибратора восстановить параметры сигнала по умолчанию. Установить значение угла фазового сдвига между напряжениями U_A и U_B равным -135° , значение угла фазового сдвига между напряжениями U_A и U_C равным -225° .

10.15.6 Зафиксировать значения углов фазового сдвига между напряжениями по показаниям анализатора.

10.15.7 Определить абсолютную погрешность измерения угла фазового сдвига по формуле (18).

$$\Delta \varphi = \varphi_{\text{изм}} - \varphi_k \quad (18)$$

где $\varphi_{\text{изм}}$ – измеренное значение угла фазового сдвига по показаниям анализатора, $^\circ$;
 φ_k – значение угла фазового сдвига, установленное на калибраторе, $^\circ$.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности, определенные по формуле (18), не превышают допусковых пределов:

– для АКЭ-2100: $\pm 2^\circ$;

– для АКЭ-2200: $\pm 0,1^\circ$.

10.16 Определение абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между токами основной частоты

проводится при наличии токовых преобразователей в следующей последовательности:

10.16.1 Подключить анализатор к калибратору Ресурс-К2 в соответствии с рисунком 5.

10.16.2 Перевести анализатор в режим измерения параметров несимметрии напряжений. Нажатием клавиши F4 включить отображение векторной диаграммы напряжений и токов.

10.16.3 В ПО калибратора восстановить параметры сигнала по умолчанию. Установить значение угла фазового сдвига между напряжениями U_A и U_B равным -45° , значение угла фазового сдвига между напряжениями U_A и U_C равным -315° .

10.16.4 Зафиксировать значения углов фазового сдвига между токами по показаниям анализатора.

10.16.5 В ПО калибратора восстановить параметры сигнала по умолчанию. Установить значение угла фазового сдвига между напряжениями U_A и U_B равным -135° , значение угла фазового сдвига между напряжениями U_A и U_C равным -225° .

10.16.6 Зафиксировать значения углов фазового сдвига между токами по показаниям анализатора.

10.16.7 Определить абсолютную погрешность измерения угла фазового сдвига по формуле (18).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности, определенные по формуле (18), не превышают допусковых пределов:

- для АКЭ-2100: $\pm 5^\circ$;
- для АКЭ-2200: $\pm 0,5^\circ$.

10.17 Подтверждение соответствия средства измерений установленным метрологическим требованиям

10.17.1 Анализаторы соответствует метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты его поверки считают положительными, если выполняются условия, установленные в п.п. 10.1 – 10.16.

10.17.2 В случае невыполнения условий по п. 10.17.1 результаты поверки анализатора считают отрицательными.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) наносится знак поверки на средство измерений.

11.3 Периодическая поверка для меньшего числа измеряемых величин допускается на основании письменного заявления владельца прибора или лица, представившего его на поверку, оформленного в произвольной форме. Информация об объеме проведенной поверке передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке прибора (если выдается).

11.4 При отрицательных результатах поверки (когда не подтверждается соответствие средств измерений метрологическим требованиям) по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

11.5 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями, установленными в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний АО «ПриСТ»

О. В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»

М. В. Образцов

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Метрологические требования подтверждаемые в результате поверки

Таблица 1 – Метрологические характеристики¹⁾ анализаторов АКЭ-2100

Наименование характеристики	Значение
1	2
Режим "Вольт/Ампер/Герц"	
Диапазон измерений переменного напряжения, В (среднеквадратичное значение)	от 1 до 1000
Диапазон измерений постоянного напряжения, В	от +1 до +1000 ²⁾
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения постоянного и переменного напряжения, В	$\pm 0,005 \cdot U_n$ ³⁾
Разрешение при измерении постоянного и переменного напряжения, В	0,1
Диапазоны измерения силы переменного тока, А - при коэффициенте преобразования 10 мВ/А - при коэффициенте преобразования 1 мВ/А - при коэффициенте преобразования 0,050; 0,065; 0,100 мВ/А	от 0,001 до 100 от 1 до 1000 от 15 до 5000
Разрешение при измерении силы переменного тока, А (кА) ⁴⁾ - при коэффициенте преобразования 10 мВ/А - при коэффициенте преобразования 1 мВ/А - при коэффициенте преобразования 0,050; 0,065; 0,100 мВ/А	0,001 0,001 0,001
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения силы переменного тока ⁵⁾ , А - при коэффициенте преобразования 10 мВ/А - при коэффициенте преобразования 1 мВ/А - при коэффициенте преобразования 0,050; 0,065; 0,100 мВ/А	$\pm (0,005 \cdot I_{изм} + 0,2)$ $\pm (0,005 \cdot I_{изм} + 0,2)$ $\pm (0,01 \cdot I_{изм} + 2)$
Диапазоны измерения частоты переменного тока, Гц - при номинальном значении частоты 50 Гц - при номинальном значении частоты 60 Гц - при номинальном значении частоты 400 Гц	от 42,5 до 57,5 от 51 до 69 от 385 до 414
Разрешение при измерении частоты переменного тока, Гц	0,01
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты переменного тока, Гц - при номинальном значении частоты 50 или 60 Гц - при номинальном значении частоты 400 Гц	$\pm 0,01$ $\pm 0,1$
Режим "Провалы и перенапряжения"	
Диапазон измерений провалов напряжения, % ⁷⁾	от 0 до 100
Диапазон измерений выбросов напряжения, % ⁶⁾	от 100 до 200
Разрешение при измерении провалов и выбросов напряжения, В, среднеквадратичное значение, обновляемое для каждого полупериода	0,1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения провалов и выбросов напряжения, %	$\pm 0,01 \cdot U_{изм}$ ⁸⁾
Разрешение при измерении длительности провалов и перенапряжений, с	$0,5 \cdot T$ ⁹⁾
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длительности провалов и перенапряжений, с	$\pm 1 \cdot T$
Режим "Гармоники"	
Диапазон измерений (номер гармоники)	от 1 до 50
Диапазон измерений коэффициента гармонических составляющих напряжения, %	от 0 до 100

Продолжение таблицы 1

1	2
Разрешение при измерении коэффициента гармонических составляющих напряжения, %	0,01
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента гармонических составляющих напряжения, %	$\pm(0,001 \cdot n^{10})+0,1$
Диапазон измерений коэффициента гармонических составляющих тока, %	от 0 до 100
Разрешение при измерении коэффициента гармонических составляющих тока, %	0,01
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента гармонических составляющих тока, %	$\pm(0,001 \cdot n+0,1)$
Диапазон измерений коэффициента искажения синусоидальности напряжения или тока, %	от 0 до 100
Разрешение при измерении коэффициента искажения синусоидальности напряжения или тока, %	0,1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента искажения синусоидальности напряжения или тока, %	$\pm 2,5$
Диапазон измерений угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения или тока	от -360° до 0°
Разрешение при измерении угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения или тока	1°
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения или тока	$\pm 1,5^\circ \cdot n$
Режим "Мощность и Энергия"	
Максимальный диапазон измерений мощности, МВт ¹¹⁾	от 1 до 20
Разрешение при измерении мощности, Вт	100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения мощности, Вт	$\pm(0,015 \cdot P_{\text{изм}}^{12})+10 \text{ с.м.р.}^{13})$
Максимальный диапазон индикации энергии, кВт·ч ¹¹⁾	от 0 до $200 \cdot 10^6$
Диапазон измерений коэффициента мощности	от 0 до 1
Разрешение при измерении коэффициента мощности	0,01
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента мощности	$\pm 0,03$
Режим "Фликер"	
Диапазон измерений дозы фликера	от 0 до 20
Разрешение при измерении дозы фликера	0,01
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения дозы фликера, %	± 5
Режим "Несимметрия"	
Диапазон измерений коэффициента несимметрии напряжений, %	от 0 до 5
Разрешение при измерении коэффициента несимметрии напряжений, %	0,1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента несимметрии напряжений, %	$\pm 0,5$
Диапазон измерений угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	от -360° до 0°
Диапазон измерений коэффициента несимметрии токов, %	от 0 до 20
Разрешение при измерении коэффициента несимметрии токов, %	0,1

Продолжение таблицы 1

1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента несимметрии токов, %	± 1
Диапазон измерений угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	от -360° до 0°
Разрешение при измерении угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	1°
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	$\pm 2^\circ$
Диапазон измерений угла фазового сдвига между токами основной частоты	от -360° до 0°
Разрешение при измерении угла фазового сдвига между токами основной частоты	1°
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	$\pm 2^\circ$
Диапазон измерений угла фазового сдвига между токами основной частоты	от -360° до 0°
Разрешение при измерении угла фазового сдвига между токами основной частоты	1°
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между токами основной частоты	$\pm 5^\circ$
Примечания: 1) Метрологические характеристики в режимах измерения переменных напряжения, силы тока и мощности нормируются в диапазоне частот от 40 до 70 Гц; 2) Постоянная составляющая напряжения измеряется по модулю; 3) U_n – номинальное значение напряжения, устанавливается в настройках прибора, В; 4) Единица измерения зависит от установленного коэффициента преобразования; 5) Без учета собственной погрешности токового преобразователя; 6) $I_{изм}$ – измеренное значение силы тока, А; 7) От номинального значения напряжения U_n ; 8) $U_{изм}$ – измеренное значение напряжения, В; 9) T – период основной частоты, с; 10) n – номер гармоники; 11) Зависит от типа используемого токового преобразователя; 12) $P_{изм}$ – измеренное значение мощности, Вт; 13) е.м.р. – единица младшего разряда, Вт.	

Таблица 2 – Метрологические характеристики¹⁾ анализаторов АКЭ-2200

Наименование характеристики	Значение
1	2
Режим "Вольт/Ампер/Герц"	
Диапазон измерений переменного напряжения, В (среднеквадратичное значение)	от 1 до 1000
Диапазон измерений постоянного напряжения, В	от +1 до +1000 ²⁾
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения постоянного и переменного напряжения, В	$\pm 0,001 \cdot U_n^{3)}$
Разрешение при измерении постоянного и переменного напряжения, В, - при номинальном напряжении U_n от 1 до 120 В - при номинальном напряжении U_n от 121 до 400 В - при номинальном напряжении U_n от 400 до 1000 В	0,001 0,01 0,1

Продолжение таблицы 2

1	2
Диапазоны измерения силы переменного тока, А - при коэффициенте преобразования 10 мВ/А - при коэффициенте преобразования 1 мВ/А - при коэффициенте преобразования 0,065; 0,100 мВ/А	от 0,01 до 150 от 1 до 2000 от 10 до 6000
Разрешение при измерении силы переменного тока - при коэффициенте преобразования 10 мВ/А - при коэффициенте преобразования 1 мВ/А - при коэффициенте преобразования 0,065; 0,100 мВ/А	0,01 А 0,1 А 0,001 кА
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения силы переменного тока ⁴⁾ , А - при коэффициенте преобразования 10 мВ/А - при коэффициенте преобразования 1 мВ/А - при коэффициенте преобразования 0,065; 0,100 мВ/А	$\pm(0,001 \cdot I_{изм} + 0,1)$ $\pm(0,001 \cdot I_{изм} + 0,1)$ $\pm(0,001 \cdot I_{изм} + 5)$
Диапазоны измерения частоты переменного тока, Гц - при номинальном значении частоты 50 Гц - при номинальном значении частоты 60 Гц - при номинальном значении частоты 400 Гц	от 42,5 до 57,5 от 51 до 69 от 320 до 480
Разрешение при измерении частоты переменного тока, Гц	0,01
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты переменного тока, Гц	$\pm 0,01$
Режим "Провалы и перенапряжения"	
Диапазон измерений провалов напряжения, % ⁵⁾	от 0 до 100
Диапазон измерений выбросов напряжения, % ⁶⁾	от 100 до 200
Разрешение при измерении провалов и выбросов напряжения, В (среднеквадратичное значение, обновляемое для каждого полупериода)	0,01
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения провалов и выбросов напряжения, %	$\pm 0,002 \cdot U_{изм}^{6)}$
Разрешение при измерении длительности провалов и перенапряжений, с	$0,5 \cdot T^{7)}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длительности провалов и перенапряжений, с	$\pm 1 \cdot T$
Режим "Гармоники"	
Диапазон измерений (номер гармоники)	от 1 до 100
Диапазон измерений коэффициента гармонических составляющих напряжения, %	от 0 до 100
Разрешение при измерении коэффициента гармонических составляющих напряжения, %	0,01
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента гармонических составляющих напряжения, %	$\pm(0,001 \cdot n^{8)}) + 0,1)$
Диапазон измерений коэффициента гармонических составляющих тока, %	от 0 до 100
Разрешение при измерении коэффициента гармонических составляющих тока, %	0,01
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента гармонических составляющих тока, %	$\pm(0,001 \cdot n + 0,1)$
Диапазон измерений коэффициента искажения синусоидальности напряжения или тока, %	от 0 до 100
Разрешение при измерении коэффициента искажения синусоидальности напряжения или тока, %	0,01

Продолжение таблицы 2

1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента искажения синусоидальности напряжения или тока, %	$\pm 2,5$
Диапазон измерений угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения или тока	от -180° до $+180^\circ$
Разрешение при измерении угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения или тока	$0,1^\circ$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между гармоническими составляющими напряжения или тока	$\pm 0,1^\circ \cdot n$
Режим "Мощность и Энергия"	
Максимальный диапазон измерений мощности, МВт ⁹⁾	от 0 до 6000
Разрешение при измерении мощности, Вт	100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения мощности, Вт	$\pm (0,01 \cdot P_{\text{изм}}^{10}) + 10 \text{ е.м.р.}^{11})$
Максимальный диапазон индикации энергии, кВт·ч (МВт·ч, ГВт·ч, ТВт·ч) ¹²⁾	от 0 до 99999
Диапазон измерений коэффициента мощности	от 0 до 1
Разрешение при измерении коэффициента мощности	0,01
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения коэффициента мощности, %	$\pm 0,1$
Режим "Фликер"	
Диапазон измерений дозы фликера	от 0 до 20
Разрешение при измерении дозы фликера	0,01
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения дозы фликера, %	± 5
Режим "Несимметрия"	
Диапазон измерений коэффициента несимметрии напряжений, %	от 0 до 20
Разрешение при измерении коэффициента несимметрии напряжений, %	0,1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента несимметрии напряжений, %	$\pm 0,1$
Диапазон измерений коэффициента несимметрии токов, %	от 0 до 20
Разрешение при измерении коэффициента несимметрии токов, %	0,1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента несимметрии токов, %	± 1
Диапазон измерений угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	от -360° до 0°
Разрешение при измерении угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	$0,1^\circ$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	$\pm 0,1^\circ$
Диапазон измерений угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	от -360° до 0°
Разрешение при измерении угла фазового сдвига между напряжениями основной частоты	$0,1^\circ$

Продолжение таблицы 2

1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига между токами основной частоты	$\pm 0,5^\circ$
Примечания: 1) Метрологические характеристики в режимах измерения переменных напряжения, силы тока и мощности нормируются в диапазоне частот от 40 до 70 Гц; 2) Постоянная составляющая напряжения измеряется по модулю; 3) U_n – номинальное значение напряжения, устанавливается в настройках прибора, В; 4) Без учета собственной погрешности токового преобразователя; 5) От номинального значения напряжения U_n ; 6) $U_{изм}$ – измеренное значение напряжения, В; 7) T – период основной частоты, с; 8) n – номер гармоники; 9) Зависит от типа используемого токового преобразователя; 10) $P_{изм}$ – измеренное значение мощности, Вт; 11) е.м.р. – единица младшего разряда, Вт; 12) Единица измерения зависит от установленного номинального напряжения, выбранного токового преобразователя и установленных коэффициентов преобразования напряжения и тока.	

Таблица 4 – Метрологические характеристики токовых преобразователей

Модификация токового преобразователя	Диапазоны измерения силы переменного тока, А	Коэффициент преобразования, мВ/А	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений, А
Клещи			
ST08	от 0,001 до 5	10	$\pm 0,002 \cdot I_{изм}^{1)}$
СТС0080	от 0,001 до 100	10	$\pm 0,002 \cdot I_{изм}$
СТС0130	от 0,001 до 200	1	$\pm 0,002 \cdot I_{изм}$
СТС1535	от 0,001 до 1000	1	$\pm 0,01 \cdot I_{изм}$
ЕТСR035AD	от 0,001 до 1000	1	$\pm 0,03 \cdot I_{изм}$
Токовые петли			
SY-1500A	от $1^{2)}$ до 1500	0,100	$\pm 0,015 \cdot I_{изм}$
PY-3000A	от 15 до 3000	0,065	$\pm 0,03 \cdot I_{изм}$
PY-5000A	от 20 до 5000	0,050	$\pm 0,03 \cdot I_{изм}$
SY-6000A	от 20 до 6000	0,065	$\pm 0,03 \cdot I_{изм}$
Примечание: 1) $I_{изм}$ – измеренное значение силы тока, А; 2) Метрологические характеристики нормируются при значении силы тока от 10 А.			