

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «23» июля 2021 г. № 1436

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 1 ДО 2500 ГЦ**

1. Область применения

Государственная поверочная схема для средств измерений электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц (далее – ГПС СИ ЭЭВ) распространяется на государственный первичный эталон единицы электрической мощности в диапазоне частот 1 - 2500 Гц (ГЭТ 153-2019), реализующий воспроизведение и передачу единиц следующих электроэнергетических величин:

- активная электрическая мощность - ватт (Вт);
 - реактивная электрическая мощность - вар (вар);
 - напряжение основной гармоники несинусоидального напряжения - вольт (В);
 - сила тока основной гармоники несинусоидального тока - ампер (А);
 - угол сдвига фазы между основными гармониками напряжения и тока - градус (°);
 - угол сдвига фазы между основными гармониками напряжения или тока в двух различных фазах в трехфазной системе - градус (°);
 - коэффициенты гармоник напряжения, тока и суммарные коэффициенты гармоник (%);
 - напряжение прямой, обратной и нулевой последовательностей в трехфазных сетях - вольт (В);
 - сила тока прямой, обратной и нулевой последовательностей в трехфазных сетях - ампер (А);
 - коэффициентов несимметрии напряжения обратной и нулевой последовательностей в трехфазных сетях (%).
- ГПС СИ ЭЭВ устанавливает порядок передачи единиц от государственного первичного эталона вторичным и рабочим эталонам, а также соответствующим СИ с указанием методов передачи единиц и показателей точности эталонов и СИ.

Графическая часть ГПС СИ ЭЭВ приведена в Приложениях А - Е.

2. Обозначения и сокращения

В настоящем документе использованы следующие обозначения и сокращения:

- ГПС - государственная поверочная схема;
- ГПЭ - государственный первичный эталон;
- ГЭТ - государственный эталон;
- ВЭТ - вторичный эталон;
- РЭ - рабочий эталон;
- СКО - среднее квадратическое отклонение;
- СКЗ - среднее квадратическое значение;
- S_δ и S_Δ - Относительные и абсолютные значения СКО соответственно;
- $u_{a\delta}$ и $u_{a\Delta}$ - относительная и абсолютная стандартная неопределенность,

оцениваемая по типу А соответственно;

$u_{в\delta}$ и $u_{в\Delta}$ - относительная и абсолютная стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В соответственно;

U_{δ} и U_{Δ} - относительная и абсолютная расширенная суммарная стандартная неопределенность при коэффициенте охвата 2;

Θ_{δ} и Θ_{Δ} - относительная и абсолютная неисключенная систематическая погрешность;

U_1 и I_1 - основные гармоники напряжения и тока соответственно;

φ_{UI} , φ_{UaUb} , φ_{IaIb} - углы сдвига фаз между напряжением и током в одной фазе, между двумя напряжениями или двумя токами в трехфазной сети соответственно;

U_1 , U_2 , U_0 - напряжения прямой, обратной и нулевой последовательностей в трехфазных сетях соответственно;

K_2 и K_0 - коэффициенты обратной и нулевой последовательностей напряжения.

3. Государственный первичный эталон единицы электрической мощности в диапазоне частот 1 - 2500 Гц

3.1. Государственный первичный эталон единицы электрической мощности в диапазоне частот 1 - 2500 Гц (ГПЭ) представляет собой многофункциональную информационно-измерительную систему, состоящую из ряда реальных (аппаратно-реализованных) и виртуальных (программно-реализованных) подсистем, каждая из которых воспроизводит единицы одной или нескольких взаимосвязанных электроэнергетических величин, указанных выше, и обеспечивает возможность их передачи соответствующим вторичным эталонам и наиболее точным СИ:

подсистема воспроизведения единиц активной и реактивной мощности переменного тока (базовая подсистема);

подсистема воспроизведения единиц напряжения и силы тока основных гармоник несинусоидального напряжения и тока;

подсистема воспроизведения единицы угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения и тока в однофазной сети (φ_{UI}) и угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения (φ_{UaUb}) или тока (φ_{IaIb}) в двух различных фазах трехфазной сети;

подсистема воспроизведения единиц коэффициентов гармоник напряжения n -го порядка ($K_{ЭU(n)}$), и тока ($K_{ЭI(n)}$), а также суммарных коэффициентов гармоник ($K_{ЭU}$, $K_{ЭI}$);

подсистема воспроизведения единиц напряжения прямой (U_1), обратной (U_2) и нулевой (U_0) последовательностей в трехфазных сетях;

подсистема воспроизведения единиц коэффициентов несимметрии напряжения обратной (K_2) и нулевой (K_0) последовательностей в трехфазных сетях.

3.2. В состав технических средств государственного первичного эталона единицы электрической мощности в диапазоне частот 1 - 2500 Гц входят:

синхронизированные источники напряжения и тока с программируемым гармоническим составом, обеспечивающие формирование СКЗ напряжения до 1000 В и силы тока до 50 А;

первичные преобразователи напряжения (резистивные и индуктивный делители напряжения);

первичные преобразователи тока (комплект безреактивных шунтов, электронный измерительный трансформатор);

аналого-цифровые измерительные преобразователи напряжения и тока;

средства обработки и представления информации на основе персонального компьютера, обеспечивающие расчет значений всех воспроизводимых эталоном величин;

аппаратура для исследований и периодической аттестации эталона.

3.3. Каждая из указанных выше подсистем ГПЭ выполняет функцию государственного первичного эталона воспроизводимых ею единиц. Метрологические и технические характеристики каждой подсистемы ГПЭ, соответствующих вторичных и рабочих эталонов и СИ представлены далее отдельно и отражены в графических приложениях А - Е.

4. Подсистемы государственного первичного эталона единицы электрической мощности в диапазоне частот 1 - 2500 Гц

4.1. Подсистема воспроизведения единиц электрической мощности

4.1.1. Единицы активной (Вт) и реактивной (вар) электрической мощности воспроизводятся:

в области частот от 1 до 400 Гц в диапазоне мощности от 0 до 50000 Вт (вар), при напряжении от 0,01 до 1000 В, силе тока от 0,01 до 50 А, значениях коэффициентов активной и реактивной мощности от 0 до 1,0

в области частот от 400 до 2500 Гц в диапазоне мощности от 0 до 10000 Вт (вар), при напряжении от 0,01 до 1000 В, силе тока от 0,01 до 10 А, значениях коэффициентов активной и реактивной мощности от 0 до 1,0.

Показатели точности воспроизведения единиц активной и реактивной электрической мощности приведены в таблице 1.

Таблица 1

F	1 - 400Гц	400 - 2500Гц
$S_{\delta}(u_{a\delta})$	$1,1 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6} - 6,8 \cdot 10^{-6}$
Θ_{δ}	$8 \cdot 10^{-6} - 55 \cdot 10^{-6}$	$21 \cdot 10^{-6} - 18 \cdot 10^{-5}$
$u_{в\delta}$	$3,5 \cdot 10^{-6} - 23 \cdot 10^{-6}$	$8,9 \cdot 10^{-6} - 7,6 \cdot 10^{-5}$
U_{δ}	$7,2 \cdot 10^{-6} - 46 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6} - 15 \cdot 10^{-5}$

где:

S_{δ} - среднее квадратическое отклонение (далее - СКО) результата измерений в относительной форме при 30 независимых измерениях;

Θ_{δ} - доверительные границы неисключенной относительной

систематической погрешности;

$u_{a\delta}$ - относительная стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А;

$u_{b\delta}$ - относительная стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В;

U_{δ} - расширенная суммарная стандартная неопределенность при коэффициенте охвата 2.

Примечание: Индекс δ используется для относительных значений показателей точности воспроизведения единиц (S_{δ} , Θ_{δ} , U_{δ} и др.).

4.1.2. Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) используются однофазные и трехфазные измерительные преобразователи (приборы) активной и реактивной электрической мощности и калибраторы (многозначные меры) активной и реактивной электрической мощности. Единицы активной и реактивной электрической мощности передаются рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора. Доверительные границы СКО суммарной относительной погрешности ВЭТ $t_2 S_{\Sigma}$ при 30 независимых измерениях, включая нестабильность ВЭТ за интервал между аттестациями при доверительной вероятности 0,99, должны составлять от $25 \cdot 10^{-6}$ до $70 \cdot 10^{-6}$ в диапазоне частот от 1 до 400 Гц и от $70 \cdot 10^{-6}$ до $250 \cdot 10^{-6}$ в диапазоне частот от 400 до 2500 Гц.

Расширенная стандартная неопределенность измерений U_{δ} в тех же диапазонах частот должна составлять от $29 \cdot 10^{-6}$ до $82 \cdot 10^{-6}$ и от $82 \cdot 10^{-6}$ до $290 \cdot 10^{-6}$ соответственно.

4.1.3. Рабочие эталоны (РЭ) 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единиц активной и реактивной электрической мощности РЭ 2-го разряда и СИ измерений электрической мощности и энергии методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора.

В качестве РЭ 1-го разряда используют однофазные и трехфазные измерительные приборы, измерительные преобразователи электрической мощности и меры - калибраторы электрической мощности.

Пределы допускаемых относительных погрешностей РЭ 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от $1 \cdot 10^{-4}$ до $5,0 \cdot 10^{-4}$ (менее $5,0 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот от 1 до 400 Гц и от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ (менее $1 \cdot 10^{-3}$) в диапазоне частот от 400 до 2500 Гц.

Соотношение пределов допускаемых относительных доверительных погрешностей РЭ 1-го разряда и пределов допускаемых относительных доверительных погрешностей РЭ 2-го разряда должно быть не более 1/3.

4.1.4. Рабочие эталоны 2-го разряда.

РЭ 2-го разряда предназначены для калибровки и поверки средств измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии методами непосредственных сличений и прямых измерений.

В качестве РЭ 2-го разряда применяют однофазные и трехфазные измерительные приборы и преобразователи, калибраторы электрической

мощности и поверочные установки.

Примечание: В методиках поверки и нормативных документах на средства поверки счетчиков электрической энергии наряду с терминами "эталонный измерительный преобразователь мощности" используется термин "эталонный счетчик электрической энергии". Оба типа устройств могут равноправно применяться для целей поверки.

Пределы допускаемых относительных погрешностей РЭ 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от $5 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ (включая $5 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот от 1 до 400 Гц и от $1 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ (включая $1 \cdot 10^{-3}$) в диапазоне частот от 40 до 2500 Гц.

Соотношение пределов допускаемых относительных доверительных погрешностей РЭ 2-го разряда и пределов допускаемых погрешностей средств измерений должно быть не более 1/3.

4.1.5. Средства измерений

4.1.5.1. В качестве СИ применяются однофазные и трехфазные ваттметры, варметры, измерительные преобразователи активной и реактивной электрической мощности и однофазные и трехфазные счетчики электрической энергии.

4.1.5.2. Пределы допускаемых относительных погрешностей СИ за интервал между поверками должны составлять от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-2}$.

4.2. Подсистема воспроизведения единиц напряжения и силы тока основных гармоник несинусоидального напряжения и тока

4.2.1. Единицы напряжения (В) и силы тока (А) основных гармоник несинусоидального напряжения (U_1) и тока (I_1) воспроизводятся в диапазонах: напряжений - от 0,01 до 1000 В, токов - от 0,01 до 50 А и частот основной гармоники - от 40 до 400 Гц с СКО результата измерений и стандартной неопределенность по типу А $S_\delta(u_{A\delta})$ - от $1 \cdot 10^{-6}$ до $4 \cdot 10^{-6}$; неисключенной систематической погрешностью Θ_δ - от $4,9 \cdot 10^{-6}$ до $2,4 \cdot 10^{-5}$; стандартной неопределенность по типу В $u_{B\delta}$ - от $1,9 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ и расширенной суммарной стандартная неопределенность U_δ - от $4,2 \cdot 10^{-6}$ до $2 \cdot 10^{-5}$.

4.2.2. Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единиц напряжения U_1 и тока I_1 используются многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки, селективные вольтметры и амперметры и калибраторы напряжения U_1 и тока I_1 . Единицы напряжения U_1 и тока I_1 передаются рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора в диапазонах напряжений - от 0,01 до 1000 В, токов - от 0,01 до 50 А и частот основной гармоники - от 40 до 400 Гц.

Доверительные границы СКО суммарной относительной погрешности ВЭТ $t_2 S_\Sigma$ при 30 независимых измерениях, включая нестабильность ВЭТ за интервал между аттестациями при доверительной вероятности 0,99, должны составлять от $1,7 \cdot 10^{-5}$ до $6,8 \cdot 10^{-5}$. Расширенная стандартная неопределенность измерений U_δ должна составлять от $2 \cdot 10^{-5}$ до $8 \cdot 10^{-5}$.

4.2.3. Рабочие эталоны 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единиц напряжения U_1 и тока

I_1 эталонам 2-го разряда и рабочим средствам измерений напряжения U_1 и тока I_1 методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора.

В качестве РЭ 1-го разряда используют селективные измерительные преобразователи (приборы) напряжения U_1 и тока I_1 и меры - калибраторы электроэнергетических величин с функцией воспроизведения основных гармоник несинусоидального напряжения и тока. Диапазоны передаваемых значений напряжения - от 0,01 до 1000 В и силы тока - от 0,01 до 50 А.

Пределы допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от $8 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ (мение $5 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот основной гармоники от 1 до 400 Гц.

Соотношение пределов допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых погрешностей РЭ 2-го разряда должно быть не более 1/3.

4.2.4. Рабочие эталоны 2-го разряда.

РЭ 2-го разряда предназначены для калибровки и поверки средств измерений напряжения U_1 и силы тока I_1 методами прямых измерений и непосредственных сличений.

В качестве РЭ 2-го разряда применяют селективные измерительные преобразователи (приборы) напряжения U_1 и тока I_1 и меры - калибраторы электроэнергетических величин с функцией воспроизведения основных гармоник несинусоидального напряжения и тока. Диапазоны передаваемых значений напряжения - от 0,01 до 1000 В и сила тока - от 0,01 до 50 А.

Пределы допускаемых относительных доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от $5 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ (включая $5 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот основной гармоники от 1 до 400 Гц.

Соотношение пределов допускаемых относительных доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда и пределов допускаемых погрешностей рабочих средств измерений должно быть не более 1/3.

4.2.5. Средства измерений

В качестве СИ применяются однофазные селективные вольтметры и амперметры, измерительные преобразователи (приборы) напряжения U_1 и тока I_1 , средства измерений ПКЭ, анализаторы электрической мощности и многофункциональные счетчики электрической энергии с функцией воспроизведения основных гармоник несинусоидального напряжения и тока.

Диапазоны измерений СИ: напряжение - от 0,01 до 1000 В и сила тока - от 0,01 до 50 А. Диапазон частот основной гармоники от 1 до 400 Гц (для счетчиков - от 40 до 70 Гц).

Пределы допускаемых относительных погрешностей СИ Δ_0 за интервал между поверками должны составлять от $2 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-2}$.

4.3. 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 трехфазных сетях

4.3.1. Единица угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения (U_1) и тока (I_1) в одной фазе (φ_{UI}) и углов сдвига фаз между одноименными основными гармониками напряжения или тока в двух разных фазах, например, фазах А и В, в трехфазной сети (φ_{UaUb} или φ_{IaIb}) воспроизводится в диапазоне углов от 0 до 360° (градусов), в диапазонах напряжения - от 0,01 до 500 В, силы тока - от 0,01 до 50 А и частоты основной гармоники - от 40 до 400 Гц с СКО результата измерений и стандартной неопределенность по типу А $S_\Delta(u_{ad})$ - от $5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-4}^\circ$; неисключенной систематической погрешностью Θ_Δ - от $5,8 \cdot 10^{-4}$ до $5,8 \cdot 10^{-3}^\circ$; стандартной неопределенность по типу В $u_{B\Delta}$ - от $2,5 \cdot 10^{-4}$ до $2,5 \cdot 10^{-3}^\circ$ и расширенной суммарной стандартная неопределенность U_Δ - от $5 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-3}^\circ$.

Подсистему воспроизведения единицы углов сдвига фаз φ_{UI} , φ_{UaUb} и φ_{IaIb} применяют для передачи единицы вторичным эталонам и рабочим эталонам 1-го разряда методом прямых измерений или методом сличений с помощью компаратора.

Примечание: Индекс Δ используется для абсолютных значений показатели точности воспроизведения единиц (S_Δ , Θ_Δ , U_Δ и др.),

4.3.2. Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы углов φ_{UI} , φ_{UaUb} и φ_{IaIb} используются однофазные или трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки, измерительные преобразователи активной и реактивной электрической мощности и калибраторы напряжения U_1 , тока I_1 и угла сдвига фаз между ними. Единица угла сдвига фаз передается рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и рабочим средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора. Передача единицы угла сдвига фаз в диапазоне от 0 до 360° производится при напряжении - от 0,01 до 1000 В, токе - от 0,01 до 50 А и частоте основной гармоники - от 40 до 400 Гц.

Доверительные границы СКО суммарной абсолютной погрешности ВЭТ $t_\Sigma S_\Sigma$ при 30 независимых измерениях, включая нестабильность ВЭТ за интервал между аттестациями при доверительной вероятности 0,99 должны составлять от $1,3 \cdot 10^{-3}$ до $0,9 \cdot 10^{-3}^\circ$. Расширенная стандартная неопределенность измерений U_Δ должна составлять от $1,5 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}^\circ$.

4.3.3. Рабочие эталоны 1-го разряда

Эталон 1-го разряда предназначен для передачи единицы углов сдвига фаз φ_{UI} , φ_{UaUb} и φ_{IaIb} в диапазоне от 0 до 360° эталонам 2-го разряда и СИ коэффициентов гармоник напряжения и тока методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора.

В качестве эталонов 1-го разряда используют многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки, измерительные преобразователи активной и реактивной электрической

мощности и калибраторы напряжения U_1 , тока I_1 и угла сдвига фаз между ними.

Единица угла сдвига фаз передается при значениях напряжения - от 0,01 до 1000 В и силы тока - от 0,01 до 50 А в диапазоне частот основных гармоник 1 - 400 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от 0,01 до 0,03° (менее 0,03°)

Соотношение пределов допускаемых доверительных погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда должно быть не более 1/3.

4.3.4. Рабочие эталоны 2-го разряда.

Эталон 2-го разряда предназначен для калибровки и поверки СИ угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения U_1 и тока I_1 в диапазоне от 0 до 360° методами прямых измерений и непосредственных сличений.

В качестве эталонов 2-го разряда используют многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки, измерительные преобразователи активной и реактивной электрической мощности и калибраторы напряжения U_1 , тока I_1 и угла сдвига фаз между ними.

Единица угла сдвига фаз передается при значениях напряжения - от 0,01 до 1000 В и силы тока - от 0,01 до 50 А в диапазоне частот основных гармоник 1 - 400 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от 0,03 до 0,1° (включая 0,03°).

Соотношение пределов допускаемых доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда и пределов допускаемых погрешностей, поверяемых СИ должно быть не более 1/3.

4.3.5. Средства измерений

В качестве СИ применяются однофазные электромеханические фазометры, измерительные преобразователи (приборы) угла сдвига фаз между напряжением и током, между напряжениями или между токами в различных фазах сети, СИ ПКЭ, однофазные и трехфазные анализаторы электрической мощности и многофункциональные счетчики электрической энергии с функцией измерения углов сдвига фаз. Диапазоны измерений СИ - от 0 до 360° при напряжении - от 0,01 до 1000 В и силе тока - от 0,01 до 50 А. Диапазон частот основной гармоники от 1 до 400 Гц (для электромеханических фазометров и счетчиков - от 40 до 70 Гц).

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей СИ за интервал между поверками должны составлять от 0,005 - 3,0°.

4.4. Подсистема воспроизведения единиц коэффициентов гармоник напряжения, тока и суммарных коэффициентов гармоник в области основных частот электроснабжения 40 - 400 Гц

4.4.1 Единица коэффициентов гармоник ($K_{эг}$): напряжения ($K_{эU(n)}$), тока ($K_{эI(n)}$) порядка n и суммарных коэффициентов гармоник ($K_{эU}$, $K_{эI}$), при

значениях n от 2 до 50 воспроизводится в диапазоне от 0,03 до 50% для гармоник напряжения и от 0,03 до 100% для гармоник тока в диапазонах напряжения - от 0,1 до 500 В и силы тока - от 0,01 до 10 А в области основных частот электроснабжения от 40 до 400 Гц (максимальная частота гармоники 2800 Гц).

Примечание: Кэг воспроизводятся с учетом требований стандартов: ГОСТ 30804.4.7-2013 «Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств» и ГОСТ 8.655-2009 «Средства измерений показателей качества электрической энергии. Общие технические требования. В обозначения всех видов Кэг, указанных выше, введен символ «э» (энергетический) в отличие от обозначений коэффициентов гармоник в области акустических и радиотехнических измерений.

Показатели точности воспроизведения единиц коэффициентов гармоник всех видов, приведенные в таблице 2, нормируются в абсолютных значениях для $K_{эг} < 1\%$ (индексы "Δ") и в относительных значениях для $K_{эг} \geq 1\%$ (индексы "δ").

Таблица 2

Абсолютные значения при $K_{эг} < 1\%$	Относительные значения при $K_{эг} \geq 1\%$
$S_{\Delta}(u_{A\Delta})^* 2 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-5} \%$	$S_{\delta}(u_{A\delta})^* 2 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3} \%$
$\Theta_{\Delta} 0,8 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-4} \%$	$\Theta_{\delta} 8 \cdot 10^{-3} - 1,2 \cdot 10^{-2} \%$
$u_{B\Delta} 0,3 \cdot 10^{-4} - 0,4 \cdot 10^{-4} \%$	$u_{B\delta} 3 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3} \%$
$U_{\Delta} 0,7 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-4} \%$	$U_{\delta} 6 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2} \%$

Подсистему воспроизведения единицы Кэг применяют для передачи единиц вторичным эталонам и рабочим эталонам 1-го разряда методом прямых измерений или методом сличений с помощью компаратора.

4.4.2. Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы коэффициентов гармоник $K_{эU(n)}$, $K_{эI(n)}$, $K_{эU}$, и $K_{эI}$ используются измерители коэффициентов гармоник, многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки, и калибраторы полигармонических сигналов напряжения и тока с нормированными значениями коэффициентов гармоник. Единица коэффициента гармоник передается рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и СИ Кэг методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора. Передача единицы коэффициентов гармоник производится в диапазоне от 0,03 до 50% для гармоник напряжения и от 0,03 до 100% для гармоник тока при напряжении - от 0,01 до 500 В, токе - от 0,01 до 10 А, частоте основной гармоники - от 40 до 400 Гц и порядке гармонических составляющих от 2 до 50 (максимальная частота гармоники 2800 Гц).

Доверительные границы СКО суммарной абсолютной погрешности ВЭТ $t_{\Sigma} S_{\Sigma}$ при 30 независимых измерениях, включая нестабильность ВЭТ за интервал между аттестациями при доверительной вероятности 0,99 должны составлять для $K_{эг} < 1\%$ от $4,3 \cdot 10^{-4}$ до $1,3 \cdot 10^{-3} \%$ и для $K_{эг} > 1\%$ от 0,043 до 0,13%. Расширенная стандартная неопределенность измерений U_{Δ} для $K_{эг} < 1\%$ должна составлять от $5 \cdot 10^{-4}$ до $1,5 \cdot 10^{-3} \%$. Расширенная относительная стандартная

неопределенность измерений U_δ для $K_{эг} > 1\%$ должна составлять от 0,05 до 0,15 %.

4.4.3. Рабочие эталоны 1-го разряда

Эталон 1-го разряда предназначен для передачи единицы коэффициентов гармоник $K_{эU(n)}$, $K_{эU}$, $K_{эI(n)}$ и $K_{эI}$ эталонам 2-го разряда и СИ $K_{эг}$ методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора.

В качестве эталонов 1-го разряда используют измерители коэффициентов гармоник, многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки и калибраторы полигармонических сигналов напряжения и тока с нормированными значениями коэффициентов гармоник.

Единица $K_{эг}$ передается в диапазоне от 0,03 до 50% для гармоник напряжения и от 0,03 до 100% для гармоник тока при напряжении - от 0,01 до 500 В, токе - от 0,01 до 10 А, частоте основной гармоники - от 40 до 400 Гц и порядке гармонических составляющих от 2 до 50 (максимальная частота гармоники 2800 Гц).

Пределы допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять: абсолютные при $K_{эг} < 1\%$ от $1,5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3} \%$ (менее $5 \cdot 10^{-3} \%$) и относительные при $K_{эг} > 1\%$ от 0,15 до 0,5 % (менее 0,5 %).

Соотношение пределов допускаемых доверительных погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда должно быть не более 1/3.

4.4.4. Рабочие эталоны 2-го разряда

Эталон 2-го разряда предназначен для калибровки и поверки СИ $K_{эг}$ методами прямых измерений и непосредственных сличений.

В качестве эталонов 2-го разряда используют измерители коэффициентов гармоник, многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки, и калибраторы полигармонических сигналов напряжения и тока с нормированными значениями коэффициентов гармоник.

Единица $K_{эг}$ передается в диапазоне от 0,03 до 50% для гармоник напряжения и от 0,03 до 100% для гармоник тока при напряжении - от 0,01 до 500 В, токе - от 0,01 до 10 А, частоте основной гармоники - от 40 до 400 Гц и порядке гармонических составляющих от 2 до 50 (максимальная частота гармоники 2800 Гц).

Пределы допускаемых доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями абсолютные (Δ) для $K_{эг} < 1\%$ должны составлять от $5,0 \cdot 10^{-3}$ до $1,5 \cdot 10^{-2} \%$ (включая $5 \cdot 10^{-3} \%$) и относительные (δ) для $K_{эг} > 1\%$ должны составлять от 0,5 до 1,5 % (включая 0,5).

Соотношение пределов допускаемых доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда и пределов допускаемых доверительных погрешностей поверяемых СИ должно быть не более 1/3.

4.4.5. Средства измерений

В качестве СИ применяются измерители коэффициента гармоник, измерительные преобразователи (приборы), СИ ПКЭ, анализаторы мощности Счетчики электроэнергии многофункциональные с функцией измерения коэффициента гармоник. Диапазоны измерений СИ - от 0 до 360° при напряжении - от 0,01 до 1000 В и силе тока - от 0,01 до 50 А. Диапазон частот основной гармоники от 40 до 400 Гц.

Пределы абсолютных допускаемых погрешностей СИ за интервал между поверками (Δ) для $K_{\text{эг}} < 1\%$ должны составлять от $5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-2} \%$ и относительных погрешностей (δ) для $K_{\text{эг}} > 1\%$ должны составлять от 0,5 до 5 %.

4.5. Подсистема воспроизведения единицы напряжения прямой (U_1), обратной (U_2) и нулевой (U_0) последовательностей в трехфазных сетях

4.5.1. Единица напряжений прямой (U_1), обратной (U_2) и нулевой (U_0) последовательностей в трехфазных сетях воспроизводятся в диапазонах: напряжений - от 0,01 до 500 В, и частот основной гармоники - от 40 до 70 Гц с СКО результата измерений и стандартной неопределенность по типу А - $S_{\Delta}(u_{\Delta\Delta}) = (4 \cdot 10^{-6} - 7 \cdot 10^{-6}) \cdot U_N$; неисключенной систематической погрешностью - $\Theta_{\Delta} = (2,5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}) \cdot U_N$; стандартной неопределенность по типу В - $u_{\Delta\Delta} = (1 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-5}) \cdot U_N$ и расширенной суммарной стандартная неопределенность $U_{\Delta} = (2 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}) \cdot U_N$. (U_N - номинальное напряжение поддиапазона измерения U_1 , U_2 или U_0).

4.5.2. Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы напряжений U_1 , U_2 и U_0 используются трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), и калибраторы напряжения трехфазные многофункциональные.

Единица напряжений U_1 , U_2 и U_0 передаются рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и рабочим средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора в диапазонах напряжений - от 0,01 до 500 В, и частот от 40 до 70 Гц.

Доверительные границы СКО суммарной относительной погрешности ВЭТ $t_{\Sigma} S_{\Sigma}$ при 30 независимых измерениях, включая нестабильность ВЭТ за интервал между аттестациями при доверительной вероятности 0,99, должны составлять от $4,4 \cdot 10^{-5} U_N$ до $8,5 \cdot 10^{-3} U_N$. Расширенная стандартная неопределенность измерений U_{Δ} должна составлять от $5 \cdot 10^{-5} U_N$ до $1 \cdot 10^{-4} U_N$.

4.5.3. Рабочие эталоны 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единицы напряжений U_1 , U_2 и U_0 эталонам 2-го разряда и средствам измерений методом прямых измерений и сличений с помощью компаратора.

В качестве РЭ 1-го разряда используют трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), трехфазные поверочные установки, анализаторы мощности и калибраторы напряжения трехфазные многофункциональные.

Передача единицы производится в диапазоне напряжения от 0,01 до 500 В при частоте от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от $1,1 \cdot 10^{-4} U_H$ до $5 \cdot 10^{-4} U_H$ (менее $5 \cdot 10^{-4}$).

Соотношение пределов допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых погрешностей РЭ 2-го разряда должно быть не более 1/3.

4.5.4. Рабочие эталоны 2-го разряда.

РЭ 2-го разряда предназначены для калибровки и поверки средств измерений напряжений U_1 , U_2 и U_0 методами прямых измерений и непосредственных сличений.

В качестве РЭ 2-го разряда применяют трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), трехфазные поверочные установки и калибраторы напряжения трехфазные многофункциональные.

Передача единицы производится в диапазоне напряжения от 0,01 до 500 В при частоте от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых относительных доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от $5 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ (включая $5 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот от 40 до 70 Гц.

Соотношение пределов допускаемых относительных доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда и пределов допускаемых погрешностей рабочих средств измерений должно быть не более 1/3.

4.5.5. Средства измерений

В качестве СИ применяются трехфазные многофункциональные, измерительные преобразователи (приборы) напряжения, средства измерений ПКЭ, анализаторы электрической мощности и многофункциональные трехфазные счетчики электрической энергии с функцией измерения показателей несимметрии напряжений в трехфазной сети.

Диапазоны измерений СИ: напряжение - от 0,01 до 500 В, частота основной гармоники от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых погрешностей СИ - Δ_0 за интервал между поверками должны составлять от $1 \cdot 10^{-3} U_H$ до $5 \cdot 10^{-2}$.

4.6. Подсистема воспроизведения единицы коэффициентов несимметрии напряжения обратной (K_2) и нулевой (K_0) последовательностей в трехфазных сетях

4.6.1. Единица коэффициентов несимметрии напряжения K_2 и K_0 воспроизводится в диапазоне от 0 до 50%, в диапазонах напряжения от 0,01 до 500 В и частоты основной гармоники - от 40 до 70 Гц с СКО результата измерений и стандартной неопределенностью по типу А $S_\Delta (u_{\Delta\Delta}) = (5 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}) \%$; неисключенной систематической погрешностью $\Theta_\Delta = (3,5 \cdot 10^{-3} - 7,5 \cdot 10^{-3}) \%$; стандартной неопределенностью по типу В $U_{B\Delta} = (1,5 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}) \%$ и расширенной суммарной стандартной неопределенностью $U_\Delta = (3 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3}) \%$.

4.6.2. Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов единицы используются трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), и калибраторы напряжения трехфазные многофункциональные с функцией воспроизведения заданных значений K_2 и K_0 .

Единица коэффициентов несимметрии напряжения K_2 и K_0 передаются рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и рабочим средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений с помощью компаратора в диапазонах напряжений - от 0,01 до 500 В, и частот от 40 до 70 Гц.

Доверительные границы СКО суммарной относительной погрешности ВЭТ $t_{\Sigma}S_{\Sigma}$ при 30 независимых измерениях, включая нестабильность ВЭТ за интервал между аттестациями при доверительной вероятности 0,99, должны составлять от $5,2 \cdot 10^{-3} \%$ до $1,7 \cdot 10^{-2} \%$. Расширенная стандартная неопределенность измерений должна составлять от $6 \cdot 10^{-3} \%$ до $2 \cdot 10^{-2} \%$.

4.6.3. Рабочие эталоны 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единицы коэффициентов K_2 и K_0 эталонам 2-го разряда и трехфазным СИ показателей несимметрии напряжений в трехфазной сети методом прямых измерений, и методом сличений с помощью компаратора.

В качестве рабочих эталонов 1-го разряда используют многофункциональные трехфазные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки, измерители параметров несимметрии трехфазной сети и калибраторы напряжения трехфазные многофункциональные с функцией формирования заданных значений напряжений коэффициентов K_2 и K_0 .

Передача единицы производится в диапазоне напряжения от 0,01 до 500 В при частоте от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 1-го разряда Δ при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от 0,02 до 0,05 % (менее 0,05%).

Соотношение пределов допускаемых доверительных погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда должно быть не более 1/2,5.

4.6.4. Рабочие эталоны 2-го разряда.

РЭ 2-го разряда предназначены для калибровки и поверки средств измерений коэффициентов несимметрии напряжения K_2 и K_0 методами прямых измерений и непосредственных сличений.

В качестве РЭ 2-го разряда применяют трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), трехфазные поверочные установки и калибраторы напряжения трехфазные многофункциональные.

Передача единицы производится в диапазоне напряжения от 0,01 до 500 В при частоте от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых относительных доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 за интервал между аттестациями должны составлять от 0,05 до 0,3 % (включая 0,05%) в диапазоне

частот от 40 до 70 Гц.

Соотношение пределов допускаемых относительных доверительных погрешностей эталонов 2-го разряда и пределов допускаемых погрешностей рабочих средств измерений должно быть не более $1/3$.

4.6.5. Средства измерений

В качестве СИ применяются трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы) коэффициентов несимметрии напряжений в трехфазной сети, средства измерений ПКЭ, анализаторы электрической мощности и многофункциональные трехфазные счетчики электрической энергии с функцией измерения показателей несимметрии напряжений в трехфазной сети.

Диапазоны измерений СИ: по напряжению - от 0,01 до 500 В при частоте основной от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей СИ - за интервал между поверками должны составлять от 0,03 до 5,0 %.