

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «10» сентября 2025 г. № 1932

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

Содержание

1	Область применения.....	3
2	Обозначения и сокращения	5
3	Государственный первичный эталон единиц электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц	6
4	Подсистемы Государственного первичного эталона единиц электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц	8
4.1	Подсистема воспроизведения единиц электрической мощности	8
4.2	Подсистема воспроизведения единиц напряжения и силы тока основных гармоник несинусоидального напряжения, силы тока.....	11
4.3	Подсистема воспроизведения единиц углов сдвига фаз между основными гармониками напряжения и силы тока в одной фазе и углов сдвига фаз между основными гармониками двух напряжений или двух токов в двух разных фазах	13
4.4	Подсистема воспроизведения единиц коэффициентов гармоник напряжения, силы тока и суммарных коэффициентов гармоник в области основных частот от 40 до 400 Гц	16
4.5	Подсистема воспроизведения единицы напряжения прямой (U ₁), обратной (U ₂) и нулевой(U ₀) последовательностей в трехфазных сетях.....	19
4.6	Подсистема воспроизведения единицы коэффициентов несимметрии напряжения по обратной (K ₂) и нулевой (K ₀) последовательностям в трехфазных сетях	21
4.7	Подсистема воспроизведения единиц модуля синхрофазора основной гармоники напряжения и силы тока.....	23
4.8	Подсистема воспроизведения единицы угла сдвига фазы основной гармоники напряжения и силы тока относительно опорного сигнала 1 Гц (1 PPS), синхронизированного со шкалой времени UTC (SU)	25
4.9	Подсистема воспроизведения единицы скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока.....	27
4.10	Подсистема воспроизведения единицы модуля коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП	29
4.11	Подсистема воспроизведения единицы угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП	31
4.12	Подсистема воспроизведения единиц электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2	33

1 Область применения

Настоящая государственная поверочная схема распространяется на эталоны и средства измерений электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц, применяемые в Российской Федерации, реализующие воспроизведение или (и) передачу или (и) измерение следующих величин:

- активная электрическая мощность – ватт (Вт);
- реактивная электрическая мощность – вар (вар);
- полная электрическая мощность – вольт-ампер ($V \cdot A$);
- напряжение основной гармонической составляющей («гармоники»), несинусоидального напряжения – вольт (В);
- среднее квадратическое значение основной гармоники напряжения (в области измерений параметров синхронизированных векторов - модуля синхрофазора) – вольт (В);
- сила тока основной гармоники несинусоидального тока – ампер (А);
- модуль синхрофазора основной гармоники силы тока – ампер (А);
- угол сдвига фазы между основными гармониками напряжения и тока – ($^{\circ}$)^[1];
- угол сдвига фазы между основными гармониками напряжения или силы тока в двух различных фазах в трехфазной системе – ($^{\circ}$);
- угол сдвига фазы основной гармоники напряжения и силы тока относительно опорного сигнала 1 Гц (1 PPS), синхронизированного со шкалой времени UTC (SU), ($^{\circ}$);
- скорость изменения частоты основных гармоник напряжения и силы тока – Гц/с;
- коэффициенты гармоник напряжения, силы тока и суммарные коэффициенты гармоник напряжения, силы тока (%);
- напряжение прямой, обратной и нулевой последовательностей в трехфазных сетях – вольт (В);
- коэффициенты несимметрии напряжения обратной и нулевой последовательностей в трехфазных сетях (%);
- модуль коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП (%);
- угол фазового сдвига при преобразовании основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП ($^{\circ}$).

а также единиц электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигнала:

- действующее значение напряжения (В);
- действующее значение силы тока (А);
- действующее значение напряжения гармонических составляющих (до 50-го порядка), включая основную гармонику (В);
- действующее значение силы тока гармонических составляющих (до 50-го порядка), включая основную гармонику (А);

^[1] Диапазоны измерения угла сдвига от 0 до 360° и от минус 180 до 180° в настоящей государственной поверочной схеме рассматриваются как равнозначные.

действующее значение напряжения интергармонических составляющих (В);
 действующее значение силы тока интергармонических составляющих (А);
 полная мощность ($V \cdot A$);
 активная, реактивная мощности, определенные как по всему спектру сигнала, так и по основной гармонике (Вт, вар);
 коэффициент мощности;
 напряжение прямой, обратной и нулевой последовательностей (В);
 сила тока прямой, обратной и нулевой последовательностей (А);
 активная мощность прямой, обратной и нулевой последовательностей (Вт);
 угол сдвига фазы между напряжением и силой тока основных гармоник ($^{\circ}$);
 угол сдвига фазы между напряжениями или силами токов основных гармоник разных фаз ($^{\circ}$);
 угол сдвига фазы между основной гармоникой напряжения (силы тока) и высшими гармониками напряжения (силы тока) в одной фазе ($^{\circ}$);
 модуль синхрофазора основной гармоник напряжения (В);
 модуль синхрофазора основной гармоник силы тока (А);
 угол сдвига фаз между основной гармоникой напряжения (силы тока) и опорным сигналом 1 Гц ($^{\circ}$);
 частота основной гармоник напряжения (силы тока) (Гц);
 скорость изменения частоты основной гармоник напряжения (тока) (Гц/с).

Настоящая государственная поверочная схема устанавливает порядок передачи единиц электроэнергетических величин от государственного первичного эталона вторичным и рабочим эталонам, а также соответствующим средствам измерений с указанием методов передачи единиц и показателей точности.

Чертежи государственной поверочной схемы для средств измерений электроэнергетических величин приведены в приложениях А – М согласно ГОСТ 8.061-2024.

2 Обозначения и сокращения

В настоящем документе использованы следующие обозначения и сокращения:

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ВЭТ – вторичный эталон;

ГПС – государственная поверочная схема;

ГПЭ – государственный первичный эталон;

ГЭТ – государственный эталон;

K_2 и K_0 – коэффициенты несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательности соответственно;

K_{GU} и K_{GI} – суммарные коэффициенты гармоник напряжения и тока соответственно;

$K_{GU(n)}$ и $K_{GI(n)}$ – коэффициенты гармоник напряжения и тока n-го порядка соответственно;

ПКЭ – показатели качества электрической энергии;

РЭ – рабочий эталон;

СИ – средство измерений;

СКЗ – среднее квадратическое значение;

СКО – среднее квадратическое отклонение;

S_δ и S_Δ – относительные и абсолютные значения СКО соответственно;

$t_{\Sigma}S_{\Sigma}$ – доверительные границы суммарной погрешности ВЭТ;

$U_{(1)}$ и $I_{(1)}$ – основные гармоники напряжения и тока соответственно;

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

U_n – номинальное электрическое напряжение;

U_δ и U_Δ – относительная и абсолютная расширенные неопределенности при коэффициенте охвата 2, соответственно;

$u_{A\delta}$ и $u_{A\Delta}$ – относительная и абсолютная стандартные неопределенности, оцениваемые по типу A, соответственно;

$u_{B\delta}$ и $u_{B\Delta}$ – относительная и абсолютная стандартные неопределенности, оцениваемые по типу B, соответственно;

Δ – предел допускаемой абсолютной погрешности;

Θ_δ и Θ_Δ – доверительные границы относительной и абсолютной неисключенной систематической погрешности соответственно;

δ – предел допускаемой относительной погрешности;

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

3 Государственный первичный эталон единиц электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц

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

подсистема воспроизведения единиц активной, реактивной и полной мощности переменного тока;

подсистема воспроизведения единиц напряжения и силы тока основных гармоник несинусоидального напряжения ($U_{(1)}$) и тока ($I_{(1)}$);

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

подсистема воспроизведения единиц коэффициентов гармоник напряжения n -го порядка ($K_{U(n)}$), и силы тока ($K_{I(n)}$), а также суммарных коэффициентов гармоник (K_U, K_I);

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;

подсистема воспроизведения единиц модуля синхрофазора основной гармоники напряжения и силы тока;

подсистема воспроизведения единицы угла сдвига фазы основной гармоники напряжения и силы тока относительно опорного сигнала 1 Гц (1 PPS) синхронизированного со шкалой времени UTC (SU);

подсистема воспроизведения единицы скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока;

подсистема воспроизведения единицы модуля коэффициента преобразования основной гармоники в цифровой поток синхронизированным АЦП;

подсистема воспроизведения единицы угла преобразования основной гармоники в цифровой поток синхронизированным АЦП.

Каждая из указанных выше подсистем ГПЭ выполняет функцию государственного первичного эталона воспроизводимых ею единиц.

3.2 В состав технических средств государственного первичного эталона единиц электроэнергетических величин в диапазоне частот 1 – 2500 Гц входят:

синхронизированные источники переменного напряжения и силы тока с программируемым гармоническим составом выходных сигналов,

обеспечивающие формирование СКЗ напряжения до 1000 В и силы тока до 50 А;
первичные преобразователи напряжения (резистивные и индуктивные делители напряжения);
первичные преобразователи тока (комплект безреактивных шунтов, электронные измерительные трансформаторы);
аналого-цифровые измерительные преобразователи;
средства синхронизации оборудования со шкалой времени UTC (SU);
синхронизированный источник цифрового потока;
сегменты сети Ethernet;
средства обработки и представления информации на основе персонального компьютера, обеспечивающие расчет значений всех воспроизводимых эталоном величин;
аппаратура для исследований и периодической аттестации эталона.

4 Подсистемы Государственного первичного эталона единиц электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц

4.1 Подсистема воспроизведения единиц электрической мощности

4.1.1 Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение

Единицы активной (Вт), реактивной (вар) и полной ($\text{В} \cdot \text{А}$) электрической мощности воспроизводятся:

в области частот от 1 до 400 Гц в диапазоне мощности от 0 до 50000 Вт (вар, $\text{В} \cdot \text{А}$), при напряжении от 0,01 до 1000 В, силе тока от 0,01 до 50 А, значениях коэффициентов мощности от минус 1,0 до 1,0;

в области частот от 400 до 2500 Гц в диапазоне мощности от 0 до 10000 Вт (вар, $\text{В} \cdot \text{А}$), при напряжении от 0,01 до 1000 В, силе тока от 0,01 до 10 А, значениях коэффициентов мощности от минус 1,0 до 1,0.

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

Таблица 1

Обозначение показателя точности	В диапазоне частот	
	1 – 400 Гц	400 – 2500 Гц
$S_{\delta} (u_{A\delta})^{[1]}$	$1,1 \cdot 10^{-6} - 2,0 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6} - 6,8 \cdot 10^{-6}$
Θ_{δ}	$8 \cdot 10^{-6} - 55 \cdot 10^{-6}$	$21 \cdot 10^{-6} - 180 \cdot 10^{-6}$
$u_{B\delta}$	$3,5 \cdot 10^{-6} - 23 \cdot 10^{-6}$	$8,9 \cdot 10^{-6} - 76 \cdot 10^{-6}$
U_{δ}	$7,2 \cdot 10^{-6} - 46 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6} - 150 \cdot 10^{-6}$

4.1.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) применяют однофазные и трехфазные измерительные преобразователи (приборы) активной, реактивной и полной электрической мощности и калибраторы (многозначные меры) активной, реактивной и полной электрической мощности, измерительные установки. Единицы активной, реактивной и полной электрической мощности передаются рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора. Доверительные границы 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 $25 \cdot 10^{-6}$ до $70 \cdot 10^{-6}$ в диапазоне частот от 1 до 400 Гц и от $70 \cdot 10^{-6}$ до $25 \cdot 10^{-5}$ в диапазоне частот от 400 до 2500 Гц.

Расширенная неопределенность измерений U_{δ} должна составлять от $29 \cdot 10^{-6}$ до $82 \cdot 10^{-6}$ в диапазоне частот от 1 до 400 Гц и от $82 \cdot 10^{-6}$ до $29 \cdot 10^{-5}$ в диапазоне частот от 400 до 2500 Гц.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых относительных погрешностей РЭ 1-го разряда должно быть не более $1/(2,5)$.

^[1] Индекс δ используется для относительных значений показателей точности воспроизведения единиц (S_{δ} , Θ_{δ} , U_{δ} и др.).

4.1.3 Рабочие эталоны (РЭ) 1-го разряда

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

В качестве РЭ 1-го разряда применяют однофазные и трехфазные измерительные преобразователи (приборы), измерительные и поверочные установки, калибраторы электрической мощности.^[1]

Пределы допускаемых относительных погрешностей РЭ 1-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от $1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ (менее $5 \cdot 10^{-4}$) 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 для однофазных и трехфазных измерительных преобразователей (приборов), измерительных и поверочных установок, от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ (менее $1 \cdot 10^{-3}$) в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц для калибраторов электрической мощности.

Соотношение пределов допускаемых относительных погрешностей РЭ 1-го разряда и пределов допускаемых относительных 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 передачи единиц средствам измерений электрической мощности и энергии методами непосредственного сличения и прямых измерений.

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

Пределы допускаемых относительных погрешностей РЭ 2-го разряда за интервал между поверками (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 400 до 2500 Гц для однофазных и трехфазных измерительных преобразователей (приборов), измерительных и поверочных установок, от $1 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ (включая $1 \cdot 10^{-3}$) в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц для калибраторов электрической мощности.

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

Допускается передача единицы активной, реактивной и полной электрической мощности от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ относительных погрешностей или пределов допускаемой относительной погрешности РЭ для конкретных значений активной, реактивной и полной электрической мощности не более 1/3.

^[1] 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.

4.1.5 Средства измерений

4.1.5.1 В качестве СИ применяют однофазные и трехфазные ваттметры, варметры, ВА-метры, измерительные преобразователи (приборы) активной, реактивной и полной электрической мощности, однофазные и трехфазные счетчики электрической энергии, в том числе многофункциональные, СИ ПКЭ, анализаторы мощности.

4.1.5.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей СИ за интервал между поверками должны составлять от $1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-2}$.

Чертеж подсистемы воспроизведения единиц электрической мощности приведен в приложении А.

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

4.2.1 Государственный первичный эталон

Единицы напряжения (В) и силы тока (А) основных гармоник несинусоидального напряжения $U_{(1)}$ и силы 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 неопределенностью 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 неопределенностью по типу В $u_{B\delta}$ от $1,9 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ и расширенной неопределенностью 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 и силы тока основных гармоник $U_{(1)}$ и $I_{(1)}$ применяют многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки и калибраторы напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$. Единицы напряжения и силы тока основных гармоник напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$ передаются рабочим эталонам и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора в диапазонах напряжений – от 0,001 до 1000 В, токов – от 0,001 до 120 А и частот основной гармоники от 40 до 400 Гц.

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

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых относительных погрешностей РЭ 1-го разряда должно быть не более $1/(2,5)$.

4.2.3 Рабочие эталоны (РЭ) 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единиц напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$ эталонам 2-го разряда и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора.

В качестве РЭ 1-го разряда применяют измерительные преобразователи (приборы) напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$, поверочные и измерительные установки, калибраторы электроэнергетических величин с функцией воспроизведения основных гармоник несинусоидального напряжения и тока. Диапазоны передаваемых значений напряжения от 0,001 до 1000 В и силы тока от 0,001 до 120 А. Пределы допускаемых относительных погрешностей эталонов 1-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от $8 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ (менее $5 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот основной гармоники от 40 до 400 Гц.

Соотношение пределов допускаемых относительных погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых относительных 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 передачи единиц средствам измерений напряжения $U_{(1)}$ и силы тока $I_{(1)}$ методами прямых измерений и непосредственных сличений. В качестве РЭ 2-го разряда применяют измерительные преобразователи (приборы) напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$, поверочные и измерительные установки, калибраторы электроэнергетических величин с функцией воспроизведения основных гармоник несинусоидального напряжения и тока. Диапазоны передаваемых значений напряжения от 0,001 до 1000 В и силы тока от 0,001 до 120 А.

Пределы допускаемых относительных погрешностей эталонов 2-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от $5 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ (включая $5 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот основной гармоники от 40 до 400 Гц.

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

Допускается передача единицы напряжения и силы тока основных гармоник несинусоидального напряжения и силы тока от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ относительных погрешностей или пределов допускаемой относительной погрешности РЭ для конкретных значений напряжения и силы тока основных гармоник несинусоидального напряжения и силы тока не более $1/3$.

4.2.5 Средства измерений

В качестве СИ применяются вольтметры и амперметры, в том числе селективные, измерительные преобразователи (приборы) напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$, средства измерений ПКЭ, анализаторы электрической мощности и многофункциональные счетчики электрической энергии с функцией измерения основных гармоник несинусоидального напряжения и тока.

Диапазоны измерений СИ: напряжение от 0,001 до 1000 В и сила тока от 0,001 до 120 А. Диапазон частот основной гармоники от 40 до 400 Гц (для счетчиков от 40 до 70 Гц).

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

Чертеж подсистемы воспроизведения единиц напряжения и силы тока основных гармоник несинусоидального напряжения и силы тока приведен в приложении Б.

4.3 Подсистема воспроизведения единиц углов сдвига фаз между основными гармониками напряжения и силы тока в одной фазе и углов сдвига фаз между основными гармониками двух напряжений или двух токов в двух разных фазах

4.3.1 Государственный первичный эталон

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 электрических сетях (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 неопределенностью по типу А $S_\Delta(u_{A\delta})$ от $5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-40}$; неисключенной систематической погрешностью Θ_Δ от $5,8 \cdot 10^{-4}$ до $5,8 \cdot 10^{-30}$; стандартной неопределенностью по типу В $u_{B\Delta}$ от $2,5 \cdot 10^{-4}$ до $2,5 \cdot 10^{-30}$ и расширенной неопределенностью U_Δ от $5 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-30}$.^[1]

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 при помощи компаратора.

4.3.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы углов φ_{UI} , φ_{UaUb} и φ_{IaIb} применяют однофазные или трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки, калибраторы напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$ и угла сдвига фаз между ними. Единица угла сдвига фаз передается рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора. Передача единицы угла сдвига фаз в диапазоне от 0 до 360° производится при напряжении от 0,001 до 500 В, токе от 0,001 до 120 А и частоте основной гармоники от 40 до 400 Гц.

Доверительные границы суммарной абсолютной 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 $1,3 \cdot 10^{-3}$ до $0,9 \cdot 10^{-20}$. Расширенная неопределенность измерений U_Δ должна составлять от $1,5 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-20}$.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых абсолютных погрешностей РЭ 1-го разряда должно быть не более $1/(2,5)$.

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 методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора.

^[1] Индекс Δ используется для абсолютных значений показателей точности воспроизведения единиц (S_Δ , Θ_Δ , U_Δ и др.).

В качестве эталонов 1-го разряда применяют многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные и поверочные установки, калибраторы электроэнергетических величин (в части задания напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$ и угла сдвига фаз между ними).

Единица угла сдвига фаз передается при значениях напряжения от 0,001 до 1000 В и силы тока от 0,001 до 120 А в диапазоне частот основных гармоник от 40 до 400 Гц.

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

Соотношение пределов абсолютных допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов абсолютных допускаемых 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 передачи единицы 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 применяют многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные и поверочные установки, калибраторы электроэнергетических величин (в части задания напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$ и угла сдвига фаз между ними).

Единица угла сдвига фаз передается при значениях напряжения от 0,001 до 1000 В и силы тока от 0,001 до 120 А в диапазоне частот основных гармоник от 40 до 400 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 2-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от 0,03 до 0,3° (включая 0,03°).

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

Допускается передача единиц углов сдвига фаз между основными гармониками напряжения и силы тока от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ абсолютных погрешностей или пределов допускаемой абсолютной погрешности РЭ для конкретных значений углов сдвига фаз между основными гармониками напряжения и силы тока не более 1/3.

4.3.5 Средства измерений

В качестве СИ применяются энергетические фазометры, измерительные преобразователи угла сдвига фаз между напряжением и током, между напряжениями или между токами в различных фазах сети, СИ ПКЭ, анализаторы электрической мощности и многофункциональные счетчики электрической энергии с функцией измерения углов сдвига фаз. Диапазоны измерений СИ от 0 до 360° при напряжении от 0,001 до 1000 В и силе тока от 0,001 до 120 А. Диапазон частот основной гармоники от 40 до 400 Гц (для фазометров и счетчиков от 40 до 70 Гц).

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

Чертеж подсистемы 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 приведен в приложении В.

Допускается применять положения настоящей подсистемы при передаче единицы коэффициента мощности, с применением соответствующих тригонометрических расчетов.

4.4 Подсистема воспроизведения единиц коэффициентов гармоник напряжения, силы тока и суммарных коэффициентов гармоник в области основных частот от 40 до 400 Гц

4.4.1 Государственный первичный эталон

Единица коэффициентов гармоник (K_H): напряжения ($K_{U(n)}$), силы тока ($K_{I(n)}$) порядка n и суммарных коэффициентов гармоник (K_U , K_I), 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 2900 Гц).^[1]

Показатели точности воспроизведения единиц коэффициентов гармоник всех видов, приведенные в таблице 2, нормируются в абсолютных значениях для K_H менее 1 % (индексы "Δ") и в относительных значениях для K_H больше или равных 1 % (индексы "δ").

Таблица 2

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

Подсистему воспроизведения единицы коэффициентов гармоник применяют для передачи единиц вторичным эталонам и рабочим эталонам 1-го разряда методом прямых измерений или методом сличений при помощи компаратора.

4.4.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы коэффициентов гармоник $K_{U(n)}$, $K_{I(n)}$, суммарных коэффициентов гармоник K_U и K_I применяют измерители коэффициентов гармоник, многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), измерительные установки, и калибраторы полигармонических сигналов напряжения и силы тока с нормированными значениями коэффициентов гармоник. Единица коэффициента гармоник передается рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и СИ коэффициентов гармоник методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора. Передача единицы коэффициентов гармоник производится в диапазоне от 0,03 до 50 % для гармоник напряжения и от 0,03 до 100 % для гармоник силы тока при напряжении от 0,1 до 500 В, силе тока 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 2900 Гц).

^[1] K_H 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».

Доверительные границы 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 Кг менее 1 % от $4,3 \cdot 10^{-4}$ до $1,3 \cdot 10^{-3}$ % и для Кг больше или равных 1 % от 0,043 до 0,13 %. Расширенная неопределенность измерений U_{Δ} для Кг менее 1 должна составлять от $5 \cdot 10^{-4}$ до $1,5 \cdot 10^{-3}$ %. Расширенная относительная неопределенность измерений U_{δ} для Кг больше или равных 1 должна составлять от 0,05 до 0,15 %.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда должно быть не более 1/(2,5).

4.4.3 Рабочие эталоны 1-го разряда

Эталон 1-го разряда предназначен для передачи единицы коэффициентов гармоник $K_{U(n)}$, $K_{I(n)}$, и суммарных коэффициентов гармоник K_U , K_I эталонам 2-го разряда и СИ коэффициентов гармоник методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора.

В качестве эталонов 1-го разряда применяют измерители коэффициентов гармоник, измерительные преобразователи (приборы), измерительные и поверочные установки, многофункциональные калибраторы электроэнергетических величин, в том числе калибраторы полигармонических сигналов напряжения и тока с нормированными значениями коэффициентов гармоник.

Единица Кг 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 1000 В, токе от 0,01 до 120 А, частоте основной гармоники от 40 до 400 Гц и порядке гармонических составляющих от 2 до 50 (максимальная частота гармоники 2900 Гц).

Пределы допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять: абсолютные при Кг менее 1 % от $1,5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ % (менее $5 \cdot 10^{-3}$ %) и относительные при Кг больше или равных 1 % от 0,15 до 0,5 % (менее 0,5 %).

Соотношение пределов допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых 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 передачи единицы СИ коэффициентов гармоник методами прямых измерений и непосредственных сличений.

В качестве эталонов 2-го разряда применяют измерители коэффициентов гармоник, измерительные преобразователи (приборы), измерительные и поверочные установки, многофункциональные калибраторы электроэнергетических величин, в том числе калибраторы полигармонических сигналов напряжения и тока с нормированными значениями коэффициентов гармоник.

Единица Кг 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 1000 В, токе от 0,01 до 120 А, частоте основной гармоники от 40 до 400 Гц и порядке гармонических составляющих от 2 до 50 (максимальная частота гармоники 2900 Гц).

Пределы допускаемых погрешностей эталонов 2-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) абсолютные (Δ) для Кг менее 1 % должны составлять от $5,0 \cdot 10^{-3}$ до $1,5 \cdot 10^{-1}$ % (включая $5 \cdot 10^{-3}$ %) и относительные (δ) для Кг больше или равных 1 % должны составлять от 0,5 до 3,0 % (включая 0,5 %).

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

Допускается передача единиц коэффициентов гармоник напряжения, силы тока и суммарных коэффициентов гармоник от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ погрешностей или пределов допускаемой погрешности РЭ для конкретных значений коэффициентов гармоник напряжения, силы тока и суммарных коэффициентов гармоник 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 0,03 до 50 % для гармоник напряжения и от 0,03 до 100 % для гармоник тока при напряжении от 0,01 до 1000 В, токе от 0,01 до 120 А, частоте основной гармоники от 40 до 400 Гц и порядке гармонических составляющих от 2 до 50 (максимальная частота гармоники 2900 Гц).

Пределы абсолютных допускаемых погрешностей СИ за интервал между поверками (Δ) для Кг менее 1 должны составлять от $5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-1}$ % и относительных погрешностей (δ) для Кг больше или равных 1 должны составлять от 0,5 до 10 %.

Чертеж подсистемы воспроизведения единиц коэффициентов гармоник напряжения, тока и суммарных коэффициентов гармоник в области основных частот от 40 до 400 Гц приведен в приложении Г.

4.5 Подсистема воспроизведения единицы напряжения прямой (U1), обратной (U2) и нулевой (U0) последовательностей в трехфазных сетях

4.5.1 Государственный первичный эталон

Единица напряжения прямой (U1), обратной (U2) и нулевой (U0) 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 неопределенностью по типу A $S_{\Delta}(u_{\Delta\Delta})$ от $4 \cdot 10^{-6} U_N$ до $7 \cdot 10^{-6} U_N$; неисключенной систематической погрешностью Θ_{Δ} от $2,5 \cdot 10^{-5} U_N$ до $5 \cdot 10^{-5} U_N$; стандартной неопределенностью по типу B $u_{B\Delta}$ от $1 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^{-5} U_N$ и расширенной неопределенностью U_{Δ} от $2 \cdot 10^{-5} U_N$ до $4 \cdot 10^{-5} U_N$.^[1]

4.5.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы напряжений U1, U2 и U0 применяют трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), установки, калибраторы напряжения трехфазные многофункциональные.

Единица напряжений U1, U2 и U0 передаются рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора в диапазонах напряжений от 0,01 до 500 В, и частот от 40 до 70 Гц.

Доверительные границы суммарной 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 $4,4 \cdot 10^{-5} U_N$ до $8,5 \cdot 10^{-3} U_N$. Расширенная неопределенность измерений U_{Δ} должна составлять от $5 \cdot 10^{-5} U_N$ до $1 \cdot 10^{-4} U_N$.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда должно быть не более $1/(2,5)$.

4.5.3 Рабочие эталоны 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единицы напряжений U1, U2 и U0 эталонам 2-го разряда и средствам измерений методом прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора.

В качестве РЭ 1-го разряда применяют 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 1000 В при частоте от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 1-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от $1,1 \cdot 10^{-4} U_N$ до $5 \cdot 10^{-4} U_N$ (менее $5 \cdot 10^{-4} U_N$).

^[1] U_N - номинальное напряжение поддиапазона измерения U1, U2 и U0.

Соотношение пределов допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых абсолютных 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 передачи единицы средствам измерений напряжений U_1 , U_2 и U_0 методами прямых измерений и непосредственных сличений.

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

Передача единицы производится в диапазоне напряжения от 0,01 до 1000 В при частоте от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 2-го разряда за интервал между поверками (поверками (аттестациями)) должны составлять от $5 \cdot 10^{-4} U_N$ до $5 \cdot 10^{-3} U_N$ (включая $5 \cdot 10^{-4} U_N$) в диапазоне частот от 40 до 70 Гц.

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

Допускается передача единицы напряжения прямой, обратной и нулевой последовательностей от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ погрешностей или пределов допускаемой погрешности РЭ для конкретных значений напряжения прямой, обратной и нулевой последовательностей не более $1/3$.

4.5.5 Средства измерений

В качестве СИ применяются трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), 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 1000 В, частота основной гармоники от 40 до 70 Гц.

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

Чертеж подсистемы воспроизведения единицы напряжения прямой, обратной и нулевой последовательностей в трехфазных сетях приведен в приложении Д.

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

4.6.1 Государственный первичный эталон

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 $S_\Delta (u_{\Delta\Delta})$ от $5 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ %; неисключенной систематической погрешностью Θ_Δ от $3,5 \cdot 10^{-3}$ до $7,5 \cdot 10^{-3}$ %; стандартной неопределенностью по типу В $U_{B\Delta}$ от $1,5 \cdot 10^{-3}$ до $3 \cdot 10^{-3}$ % и расширенной неопределенностью U_Δ от $3 \cdot 10^{-3}$ до $6 \cdot 10^{-3}$ %.

4.6.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов единицы применяют трехфазные многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), установки, 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 средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора в диапазонах напряжений от 0,01 до 500 В, и частот от 40 до 70 Гц.

Доверительные границы 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 $5,2 \cdot 10^{-3}$ до $1,7 \cdot 10^{-2}$ %. Расширенная стандартная неопределенность измерений должна составлять от $6 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-2}$ %.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых относительных погрешностей РЭ 1-го разряда должно быть не более $1/(2,5)$.

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 методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора.

В качестве рабочих эталонов 1-го разряда применяют многофункциональные трехфазные измерительные преобразователи (приборы), измерительные и поверочные установки, измерители параметров несимметрии сети, 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 1000 В при частоте от 40 до 70 Гц.

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

Соотношение пределов абсолютных допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых абсолютных 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 передачи единицы средствам 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, измерители параметров несимметрии сети, калибраторы напряжения трехфазные многофункциональные.

Передача единицы производится в диапазоне напряжения от 0,01 до 1000 В при частоте от 40 до 70 Гц.

Пределы абсолютных допускаемых погрешностей эталонов 2-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от 0,05 до 0,3 % (включая 0,05 %) в диапазоне частот от 40 до 70 Гц.

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

Допускается передача единицы коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ погрешностей или пределов допускаемой погрешности РЭ для конкретных значений коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям не более $1/3$.

4.6.5 Средства измерений

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

Диапазоны измерений СИ по напряжению от 0,01 до 1000 В при частоте основной гармоники от 40 до 70 Гц.

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

Чертеж подсистемы воспроизведения единицы коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностей в трехфазных сетях приведен в приложении Е.

4.7 Подсистема воспроизведения единиц модуля синхрофазора основной гармоники напряжения и силы тока

4.7.1 Государственный первичный эталон

Единицы модулей синхрофазоров напряжения (В) и силы тока (А) основных гармоник напряжения $U_{(1)}$ и силы тока $I_{(1)}$ воспроизводятся в диапазонах: напряжений от 0,01 до 500 В, токов от 0,01 до 10 А и частот основной гармоники от 45 до 55 Гц с СКО результата измерений и стандартной неопределенностью по типу А $S_{\delta}(u_{A\delta})$ от $2 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-6}$; неисключенной систематической погрешностью Θ_{δ} от $1,6 \cdot 10^{-5}$ до $3,4 \cdot 10^{-5}$; стандартной неопределенностью по типу В $u_{B\delta}$ от $6,5 \cdot 10^{-6}$ до $14 \cdot 10^{-6}$ и расширенной неопределенностью U_{δ} от $14 \cdot 10^{-6}$ до $3 \cdot 10^{-5}$.

4.7.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единиц модулей синхрофазоров напряжения и силы тока основных гармоник напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$ применяют многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), устройства синхронизированных векторных измерений, измерительные установки и калибраторы напряжения и силы тока.

Единицы модулей синхрофазоров основных гармоник напряжения и силы тока передаются рабочим эталонам и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора в диапазонах напряжений от 0,01 до 500 В, токов от 0,01 до 10 А и частот основной гармоники от 45 до 55 Гц.

Доверительные границы 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 $2,5 \cdot 10^{-5}$ до $8,5 \cdot 10^{-5}$. Расширенная неопределенность измерений U_{δ} должна составлять от $3 \cdot 10^{-5}$ до $10 \cdot 10^{-5}$.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых относительных погрешностей РЭ 1-го разряда должно быть не более $1/(2,5)$.

4.7.3 Рабочие эталоны (РЭ) 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единиц модулей синхрофазоров основных гармоник напряжения и силы тока эталонам 2-го разряда и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора.

В качестве РЭ единиц модулей синхрофазоров основных гармоник напряжения и силы тока 1-го разряда применяют измерительные преобразователи (приборы) напряжения $U_{(1)}$ и тока $I_{(1)}$, поверочные и измерительные установки, устройства синхронизированных векторных измерений, 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 120 А.

Пределы допускаемых относительных погрешностей эталонов 1-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от

$1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ (менее $5 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот основной гармоники от 45 до 55 Гц.

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

4.7.4 Рабочие эталоны 2-го разряда

РЭ 2-го разряда предназначены для передачи единиц устройствам синхронизированных векторных измерений методами прямых измерений и непосредственных сличений. В качестве РЭ 2-го разряда применяют измерительные преобразователи (приборы), поверочные и измерительные установки, 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 120 А.

Пределы допускаемых относительных погрешностей эталонов 2-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от $5 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ (включая $5 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот основной гармоники от 45 до 55 Гц.

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

Допускается передача единиц модуля синхрофазора основной гармоники напряжения и силы тока от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ погрешностей или пределов допускаемой погрешности РЭ для конкретных значений единиц модуля синхрофазора основной гармоники напряжения и силы тока не более $1/3$.

4.7.5 Средства измерений

В качестве СИ применяются устройства синхронизированных векторных измерений, измерительные преобразователи (приборы), многофункциональные анализаторы электроэнергетических сигналов.

Диапазоны измерений СИ: напряжение от 0,01 до 1000 В и сила тока от 0,01 до 120 А. Диапазон частот основной гармоники от 45 до 55 Гц.

Пределы допускаемых относительных погрешностей СИ за интервал между поверками должны составлять от $5 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-2}$.

Чертеж подсистемы воспроизведения единиц модуля синхрофазора основной гармоники напряжения и силы тока приведен в приложении Ж.

4.8 Подсистема воспроизведения единицы угла сдвига фазы основной гармоники напряжения и силы тока относительно опорного сигнала 1 Гц (1 PPS), синхронизированного со шкалой времени UTC (SU)

4.8.1 Государственный первичный эталон

Единица угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения $U_{(1)}$ или силы тока $I_{(1)}$ и опорным сигналом 1 Гц (1 PPS) синхронизированного со шкалой времени UTC (SU) φ_{Ua1} или φ_{Ia1} воспроизводится в диапазоне углов от 0 до 360°, в диапазонах напряжения от 0,01 до 500 В, силы тока от 0,01 до 10 А и частоты основной гармоники от 45 до 55 Гц с СКО результата измерений и стандартной неопределенностью по типу А $S_{\Delta}(u_{\Delta\delta}) = 0,0006^\circ$; неисключенной систематической погрешностью $\Theta_{\Delta} = 0,0034^\circ$; стандартной неопределенностью по типу В $u_{B\Delta} = 0,0013^\circ$ и расширенной неопределенностью $U_{\Delta} = 0,003^\circ$.^[1]

Подсистему воспроизведения единицы углов сдвига фаз φ_{Ua1} и φ_{Ia1} применяют для передачи единицы вторичным эталонам и рабочим эталонам методом прямых измерений или методом сличений при помощи компаратора. В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения $U_{(1)}$ или силы тока $I_{(1)}$ и опорным сигналом 1 Гц (1 PPS) синхронизированного со шкалой времени UTC (SU) применяют измерительные установки и калибраторы напряжения и силы тока, многофункциональные измерительные преобразователи (приборы), устройства синхронизированных векторных измерений.

Единица угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения или силы тока и опорным сигналом 1 Гц (1 PPS) синхронизированного со шкалой времени UTC (SU) передаются рабочим эталонам и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора в диапазонах напряжений от 0,01 до 500 В, токов от 0,01 до 10 А и частот основной гармоники от 45 до 55 Гц.

Доверительные границы 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 0,0025 до 0,013°. Расширенная неопределенность измерений U_{δ} должна составлять от 0,003 до 0,015°.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых абсолютных погрешностей РЭ 1-го разряда должно быть не более 1/(2,5).

4.8.3 Рабочие эталоны (РЭ) 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единицы угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения или силы тока и опорным сигналом 1 Гц (1 PPS) синхронизированного со шкалой времени UTC (SU) средствам измерений методами прямых измерений и непосредственных сличений.

^[1] Индекс Δ используется для абсолютных значений показателей точности воспроизведения единиц (S_{Δ} , Θ_{Δ} , U_{Δ} и др.).

В качестве РЭ единиц угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения или силы тока и опорным сигналом 1 Гц (1 PPS) 1-го разряда применяют измерительные преобразователи (приборы), поверочные и измерительные установки, устройства синхронизированных векторных измерений, 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 120 А.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 1-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от 0,015 до 0,05° (менее 0,05°) в диапазоне частот основной гармоники от 45 до 55 Гц.

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

Допускается передача единицы угла сдвига фаз между основными гармониками напряжения или силы тока и опорным сигналом 1 Гц (1 PPS) синхронизированного со шкалой времени UTC (SU) от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ абсолютных погрешностей или пределов допускаемой абсолютной погрешности РЭ для конкретных значений угла сдвига фаз не более 1/3.

4.8.4 Средства измерений

В качестве СИ применяются устройства синхронизированных векторных измерений, измерительные преобразователи (приборы), многофункциональные анализаторы электроэнергетических сигналов.

Диапазоны измерений СИ от 0 до 360° при средних квадратических значениях напряжений от 0,01 до 1000 В и силы тока от 0,01 до 120 А. Диапазон частот основной гармоники от 45 до 55 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей СИ за интервал между поверками должны составлять от 0,015 до 0,5°.

Чертеж подсистемы воспроизведения единицы угла сдвига фазы основной гармоники напряжения и силы тока относительно опорного сигнала 1 Гц (1 PPS), синхронизированного со шкалой времени UTC (SU) приведен в приложении И.

4.9 Подсистема воспроизведения единицы скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока

4.9.1 Государственный первичный эталон

Единица скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока воспроизводится в диапазоне от 0,01 до 5 Гц/с, в диапазонах напряжения от 0,01 до 500 В, силы тока от 0,01 до 10 А и частоты основной гармоники от 45 до 55 Гц с СКО результата измерений и стандартной неопределенностью по типу А $S_{\Delta(uA\delta)} = 0,0006$ Гц/с; неисключенной систематической погрешностью $\Theta_{\Delta} = 0,0034$ Гц/с; стандартной неопределенностью по типу В $u_{B\Delta} = 0,0013$ Гц/с и расширенной неопределенностью $U_{\Delta} = 0,003$ Гц/с.^[1]

Подсистему воспроизведения скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока применяют для передачи единицы вторичным эталонам и рабочим эталонам методом прямых измерений или методом сличений при помощи компаратора.

4.9.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока применяют измерительные установки и калибраторы напряжения и силы тока, multifunctional измерительные преобразователи (приборы), устройства синхронизированных векторных измерений.

Единица скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока передаются рабочим эталонам и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора в диапазонах значений скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока от 0,01 до 5 Гц/с при средних квадратических значениях напряжения от 0,01 до 1000 В, силы тока от 0,01 до 120 А, частоты основной гармоники от 45 до 55 Гц.

Доверительные границы 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 0,0025 до 0,0085 Гц/с. Расширенная неопределенность измерений U_{δ} должна составлять от 0,003 до 0,01 Гц/с.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых абсолютных погрешностей РЭ 1-го разряда должно быть не более $1/(2,5)$.

4.9.3 Рабочие эталоны (РЭ) 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единицы скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока средствам измерений методами прямых измерений и непосредственных сличений.

В качестве РЭ единицы скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока 1-го разряда применяют измерительные преобразователи (приборы), поверочные и измерительные установки,

^[1] Индекс Δ используется для абсолютных значений показателей точности воспроизведения единиц (S_{Δ} , Θ_{Δ} , U_{Δ} и др.).

устройства синхронизированных векторных измерений, калибраторы электроэнергетических величин с функцией воспроизведения основных гармоник несинусоидального напряжения и тока. Диапазоны передаваемых значений скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока от 0 до 5 Гц/с при средних квадратических значениях напряжения от 0,01 до 1000 В, силы тока от 0,01 до 120 А, частоты основной гармоники от 45 до 55 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 1-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от 0,01 до 0,05 Гц/с (менее 0,05 Гц/с).

Соотношение пределов допускаемых относительных погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых относительных погрешностей СИ должно быть не более $1/3$.

Допускается передача единицы скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ абсолютной погрешностей или пределов допускаемой абсолютной погрешности РЭ для конкретных скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы не более $1/3$.

4.9.4 Средства измерений

В качестве СИ применяются устройства синхронизированных векторных измерений, измерительные преобразователи (приборы), многофункциональные анализаторы электроэнергетических сигналов.

Диапазоны измерений СИ от 0 до 5 Гц/с при средних квадратических значениях напряжений от 0,01 до 1000 В и силы тока от 0,01 до 120 А. Диапазон частот основной гармоники от 45 до 55 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей СИ за интервал между поверками должны составлять от 0,05 до 0,4 Гц/с.

Чертеж подсистемы воспроизведения единицы скорости изменения частоты основной гармоники напряжения и силы тока приведен в приложении К.

4.10 Подсистема воспроизведения единицы модуля коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП

4.10.1 Государственный первичный эталон

Единица модуля коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП воспроизводится в диапазонах: напряжений от 0,01 до 500 В и частот основной гармоники от 40 до 70 Гц с СКО результата измерений и стандартной неопределенностью по типу А $S_{\Delta(u_{\Delta\Delta})}$ от $2 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-6}$; неисключенной систематической погрешностью Θ_{Δ} от $1,6 \cdot 10^{-5}$ до $3,4 \cdot 10^{-5}$; стандартной неопределенностью по типу В $u_{B\Delta}$ от $6,5 \cdot 10^{-6}$ до $14 \cdot 10^{-6}$ и расширенной неопределенностью U_{Δ} от $14 \cdot 10^{-6}$ до $3 \cdot 10^{-5}$.

Подсистему воспроизведения единицы модуля коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП применяют для передачи единицы вторичным эталонам и рабочим эталонам методом прямых измерений или методом сличений при помощи компаратора.

4.10.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы модуля коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП применяют многофункциональные измерительные преобразователи, устройства сопряжения с шиной процесса, измерительные установки.

Единица модуля коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП передаются рабочим эталонам и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора в диапазонах напряжений от 0,01 до 500 В и частот основной гармоники от 40 до 70 Гц.

Доверительные границы суммарной абсолютной 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 $2,5 \cdot 10^{-5}$ до $8,5 \cdot 10^{-5}$. Расширенная неопределенность измерений U_{Δ} должна составлять от $3 \cdot 10^{-5}$ до $10 \cdot 10^{-5}$.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых относительных погрешностей РЭ 1-го разряда должно быть не более $1/(2,5)$.

4.10.3 Рабочие эталоны (РЭ) 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единицы модуля коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП средствам измерений методами прямых измерений и непосредственных сличений.

В качестве РЭ единиц модуля коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП 1-го разряда применяют измерительные преобразователи напряжения, поверочные и измерительные установки, устройства сопряжения с шиной процесса, компараторы, калибраторы с функцией одновременного

воспроизведения основных гармоник напряжения в виде аналогового сигнала и цифрового потока. Диапазоны значений напряжения от 0,01 до 1000 В.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 1-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от $1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ (менее $5 \cdot 10^{-4}$) в диапазоне частот основной гармоники от 40 до 70 Гц.

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

Допускается передача единиц модуля коэффициента преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ абсолютных погрешностей или пределов допускаемой абсолютной погрешности РЭ для конкретных значений модуля коэффициента преобразования не более 1/3.

4.10.4 Средства измерений

В качестве СИ применяются устройства сопряжения с шиной процесса, измерительные преобразователи.

Диапазон рабочих напряжений от 0,01 до 1000 В. Диапазон частот основной гармоники от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей СИ за интервал между поверками должны составлять от $1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-2}$.

Чертеж подсистемы приведен в приложении Л.

4.11 Подсистема воспроизведения единицы угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП

4.11.1 Государственный первичный эталон

Единица угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП воспроизводится в диапазоне углов от 0 до 360°, 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 $S_{\Delta}(u_{A\delta}) = 0,00055^\circ$; неисключенной систематической погрешностью $\Theta_{\Delta} = 0,0034^\circ$; стандартной неопределенностью по типу В $u_{B\Delta} = 0,0013^\circ$ и расширенной неопределенностью $U_{\Delta} = 0,003^\circ$.^[1]

Подсистему воспроизведения единицы угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП применяют для передачи единицы вторичным эталонам и рабочим эталонам методом прямых измерений или методом сличений при помощи компаратора.

4.11.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единицы угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП применяют измерительные преобразователи, устройства сопряжения с шиной процесса, измерительные установки.

Единица угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП передаются рабочим эталонам и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора в диапазонах напряжений от 0,01 до 500 В и частот основной гармоники от 40 до 70 Гц.

Доверительные границы 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 0,0025 до 0,0085°. Расширенная неопределенность измерений U_{δ} должна составлять от 0,003 до 0,01°.

Соотношение расширенной неопределенности (с коэффициентом охвата $k=2$) и пределов допускаемых абсолютных погрешностей РЭ 1-го разряда должно быть не более $1/(2,5)$.

4.11.3 Рабочие эталоны (РЭ) 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единицы угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП средствам измерений методами прямых измерений и непосредственных сличений.

В качестве РЭ единиц угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП 1-го разряда применяют измерительные преобразователи, поверочные и измерительные установки, устройства сопряжения с шиной процесса, компараторы, калибраторы

^[1] Индекс Δ используется для абсолютных значений показателей точности воспроизведения единиц (S_{Δ} , Θ_{Δ} , U_{Δ} и др.).

с функцией одновременного воспроизведения основных гармоник напряжения в виде аналогового сигнала и цифрового потока. Диапазоны значений напряжения от 0,01 до 1000 В.

Пределы допускаемых относительных погрешностей эталонов 1-го разряда за интервал между поверками (аттестациями) должны составлять от 0,01 до 0,05° (менее 0,05°) в диапазоне частот основной гармоники от 40 до 70 Гц.

Соотношение пределов допускаемых абсолютных погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых относительных погрешностей СИ должно быть не более 1/3.

Допускается передача единицы угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ относительных погрешностей или пределов допускаемой относительной погрешности РЭ для конкретных значений угла сдвига фаз не более 1/3.

4.11.4 Средства измерений

В качестве СИ применяются устройства сопряжения с шиной процесса, измерительные преобразователи.

Диапазоны измерений СИ от 0 до 360° при средних квадратических значениях напряжений от 0,01 до 1000 В. Диапазон частот основной гармоники от 40 до 70 Гц.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей СИ за интервал между поверками должны составлять от 0,01 до 0,4°.

Чертеж подсистемы воспроизведения единицы угла преобразования основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП приведен в приложении М.

4.12 Подсистема воспроизведения единиц электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2

4.12.1 Государственный первичный эталон

Единицы электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2, воспроизводятся с приведенными в Таблице 3 диапазонами, СКО результатов измерений (стандартной неопределенностью по типу А), неисключенными систематическими погрешностями, стандартными неопределенностями по типу В, расширенными неопределенностями.

Таблица 3

Воспроизводимая (измеряемая) в цифровой копии сигнала величина	Диапазон значений	S	Θ	u _a	u _B	U _{P0}
Действующее значение напряжения	$50 \text{ В} \leq U < 2 \cdot 10^6 \text{ В}$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	0,003 % (δ)
	$10 \text{ В} < U < 50 \text{ В}$	0,002	0,017	0,002	0,007	0,015 % (δ)
	$0,1 < U \leq 10 \text{ В}$	0,0003	0,0017	0,0003	0,0007	0,0015 В (Δ)
Действующее значение силы тока	$5 \text{ А} \leq I < 3 \cdot 10^5 \text{ А}$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	0,003 % (δ)
	$1 \text{ А} < I < 5 \text{ А}$	0,002	0,017	0,002	0,007	0,015 % (δ)
	$0,01 \text{ А} < I \leq 1 \text{ А}$	0,00003	0,00017	0,00003	0,00007	0,00015 А (Δ)
Действующее значение напряжения гармонических составляющих (до 50-го порядка), включая основную гармонику	$50 \text{ В} \leq U < 2 \cdot 10^6 \text{ В}$	0,00031	0,0022	0,00031	0,00093	0,002 % (δ)
	$10 \text{ В} < U < 50 \text{ В}$	0,0016	0,011	0,0016	0,005	0,01 % (δ)
	$0,1 \text{ В} < U \leq 10 \text{ В}$	0,00016	0,0011	0,00016	0,0005	0,001 В (Δ)
Действующее значение силы тока гармонических составляющих (до 50-го порядка), включая основную гармонику	$5 \text{ А} \leq I < 3 \cdot 10^5 \text{ А}$	0,00031	0,0022	0,00031	0,00093	0,002 % (δ)
	$1 \text{ А} < I < 5 \text{ А}$	0,0016	0,011	0,0016	0,005	0,01 % (δ)
	$0,01 \text{ А} < I \leq 1 \text{ А}$	0,000016	0,00011	0,000016	0,00005	0,0001 А (Δ)
Действующее значение напряжения интергармонических составляющих	$50 \text{ В} \leq U < 2 \cdot 10^6 \text{ В}$	0,00016	0,011	0,00016	0,005	0,01 % (δ)
	$10 \text{ В} < U < 50 \text{ В}$	0,005	0,033	0,005	0,014	0,03 % (δ)
	$0,1 \text{ В} < U \leq 10 \text{ В}$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	0,003 В (Δ)
Действующее значение силы тока интергармонических составляющих	$5 \text{ А} \leq I < 3 \cdot 10^5 \text{ А}$	0,00016	0,011	0,00016	0,005	0,01 % (δ)
	$1 \text{ А} < I < 5 \text{ А}$	0,005	0,033	0,005	0,014	0,03 % (δ)
	$0,01 \text{ А} < I \leq 1 \text{ А}$	0,00005	0,00033	0,00005	0,00014	0,0003 А (Δ)

Воспроизводимая (измеряемая) в цифровой копии сигнала величина	Диапазон значений	S	Θ	u_a	u_b	U_{P0}
Полная мощность	$5 A \leq I;$ $50 B \leq U$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	0,003 % (δ)
	$5 A \leq I;$ $10 B < U < 50 B$ или $1 A < I < 5 A;$ $50 B \leq U$	0,0023	0,016	0,0023	0,007	0,015 % (δ)
	$1 A < I < 5 A;$ $10 B < U < 50 B$	0,004	0,027	0,004	0,012	0,025 % (δ)
Активная, реактивная мощности, определенные как по всему спектру сигнала, так и по основной гармонике	$5 A \leq I;$ $50 B \leq U$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	0,003 % (приведенная к полной мощности)
	$5 A \leq I;$ $10 B < U < 50 B$ или $1 A < I < 5 A;$ $50 B \leq U$	0,0023	0,016	0,0023	0,007	0,015 % (приведенная к полной мощности)
	$1 A < I < 5 A;$ $10 B < U < 50 B$	0,004	0,027	0,004	0,012	0,025 % (приведенная к полной мощности)
Коэффициент мощности	От 0 до 1	0,00008	0,00055	0,00008	0,00023	0,0005 (Δ)
Напряжение прямой, обратной и нулевой последовательностей	$50 B < U < 2 \cdot 10^6 B$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	0,003 % (δ)
	$10 B < U < 50 B$	0,023	0,016	0,023	0,007	0,015 % (δ)
	$1 B < U \leq 10 B$	0,0023	0,0016	0,0023	0,0007	0,0015 (Δ)
Сила тока прямой, обратной и нулевой последовательностей	$5 A < I < 3 \cdot 10^5 A$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	0,003 % (δ)
	$1 A < I < 5 A$	0,023	0,016	0,023	0,007	0,015 % (δ)
	$0,1 A < I \leq 1 A$	0,00023	0,00016	0,00023	0,00007	0,00015 (Δ)
Активная мощность прямой, обратной и нулевой последовательностей	$5 A \leq I; 50 B \leq U$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	$\pm 0,003$ % (приведенная к полной мощности)
	$5 A \leq I;$ $10 B < U < 50 B$ или $1 A < I < 5 A;$ $50 B \leq U$	0,0023	0,016	0,0023	0,007	$\pm 0,015$ % (приведенная к полной мощности)
	$1 A < I < 5 A;$ $10 B < U < 50 B$	0,004	0,027	0,004	0,012	$\pm 0,025$ % (приведенная к полной мощности)

Воспроизводимая (измеряемая) в цифровой копии сигнала величина	Диапазон значений	S	Θ	u_a	u_B	U_{P0}
Угол сдвига фазы между напряжением и током основных гармоник, градус	от -180 до +180	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	$\pm 0,003 \cdot (f/50)$ (Δ) при $I > 5$; $U > 50$
Угол сдвига фазы между напряжениями или токами основных гармоник разных фаз, градус	от -180 до +180	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	$\pm 0,003 \cdot (f/50)$ (Δ) при $I > 5$; $U > 50$
Угол сдвига фазы между основной гармоникой напряжения (тока) и высшими гармониками напряжения (тока) в одной фазе, градус	от -180 до +180	0,0016	0,011	0,0016	0,046	$\pm 0,01 \cdot (f/50)$ (Δ) при $I_g > 5$ A; $U_g > 50$ B
Модуль синхрофазора основной гармоники напряжения	$50 \text{ B} < U < 2 \cdot 10^6 \text{ B}$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	$\pm 0,003 \% (\delta)$
	$10 \text{ B} < U < 50 \text{ B}$	0,0023	0,016	0,0023	0,007	$\pm 0,015 \% (\delta)$
Модуль синхрофазора основной гармоники силы тока	$5 \text{ A} < I < 3 \cdot 10^5 \text{ A}$	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	$\pm 0,003 \% (\delta)$
	$1 \text{ A} < I < 5 \text{ A}$	0,0023	0,016	0,0023	0,007	$\pm 0,015 \% (\delta)$
Угол сдвига фаз между основной гармоникой напряжения (тока) и опорным сигналом 1 Гц, градус	от -180 до +180	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	$\pm 0,003 \cdot (f/50)$ (Δ) при $I > 5$ A; $U > 50$ B
Частота основной гармоники напряжения (тока)	от 40 до 70 Гц	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$4,6 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$ Гц (Δ) при $I > 5$ A; $U > 50$ B
Скорость изменения частоты основной гармоники напряжения (тока)	от 0,01 до 5 Гц/с	0,0005	0,0033	0,0005	0,0014	0,003 Гц/с (Δ)
Примечание δ – относительные значения; Δ – абсолютные значения						

4.12.2 Вторичные эталоны

4.12.2.1 Эталон-копия

В качестве эталона-копии применяют реплику подсистемы воспроизведения единиц электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 ГПЭ. При этом диапазоны воспроизведения и метрологические характеристики эталона-копии в силу свойств цифровых копий сигналов совпадают с диапазонами воспроизведения и метрологическими характеристиками ГПЭ.

Единицы электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 передаются

рабочим эталонам и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора в диапазонах величин, приведенных в Таблице 3.

4.12.2.2 Вторичные эталоны

В качестве вторичных эталонов (ВЭТ) единиц электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 применяют калибраторы, измерительные преобразователи, измерительные установки.

Перечень измеряемых (воспроизводимых) ВЭТ величин должен соответствовать полностью или частично перечню, представленному в Таблице 3.

Единицы электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 передаются рабочим эталонам и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора.

Соотношение расширенной неопределенности измерений электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2, выполняемых ВЭТ и расширенной неопределенности воспроизведения электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2, приведенных в Таблице 3, должно быть не более 3.

4.12.3 Рабочие эталоны (РЭ) 1-го разряда

РЭ 1-го разряда предназначены для передачи единиц электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 средствами измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора.

В качестве РЭ единиц электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 1-го разряда применяют калибраторы, измерительные преобразователи, измерительные установки. Перечень измеряемых (воспроизводимых) РЭ 1-го разряда величин должен соответствовать полностью или частично перечню, представленному в Таблице 3.

Единицы электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 передаются средствами измерений методами прямых измерений, непосредственных сличений и сличений при помощи компаратора.

Соотношение пределов допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда, при измерении (воспроизведении) электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 и расширенной неопределенности измерений электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2, приведенных в Таблице 3, должно быть не более 10.

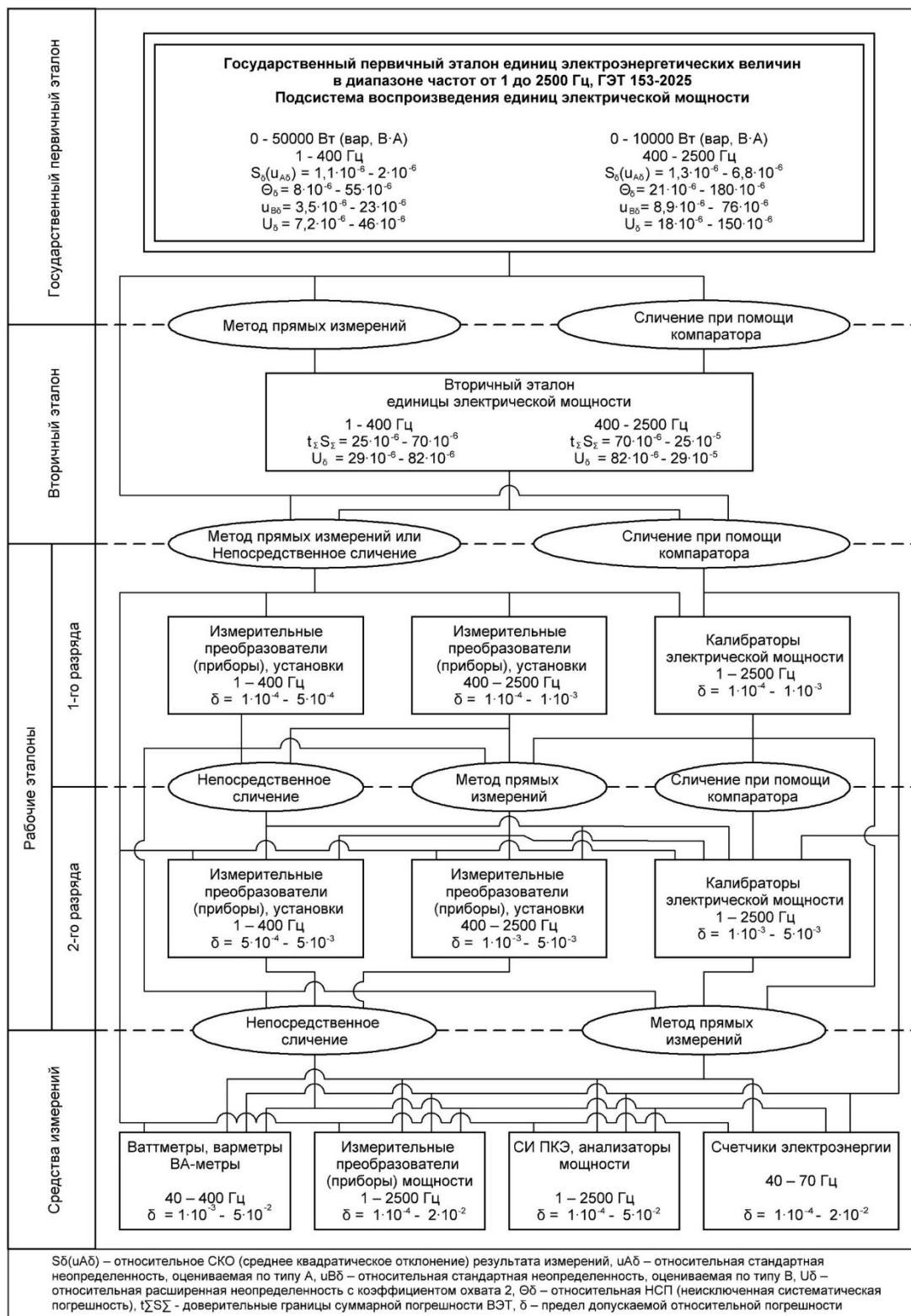
Соотношение пределов допускаемых погрешностей эталонов 1-го разряда и пределов допускаемых погрешностей СИ должно быть не более 1/3.

Допускается передача единиц электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 от РЭ к другим РЭ (внутри поля «Рабочие эталоны» настоящей государственной поверочной схемы) при соотношении доверительных границ погрешностей или пределов допускаемой погрешности РЭ для конкретных значений электроэнергетических величин, представленных в цифровых копиях сигналов, передаваемых по протоколам МЭК 61850-9-2 не более $1/3$.

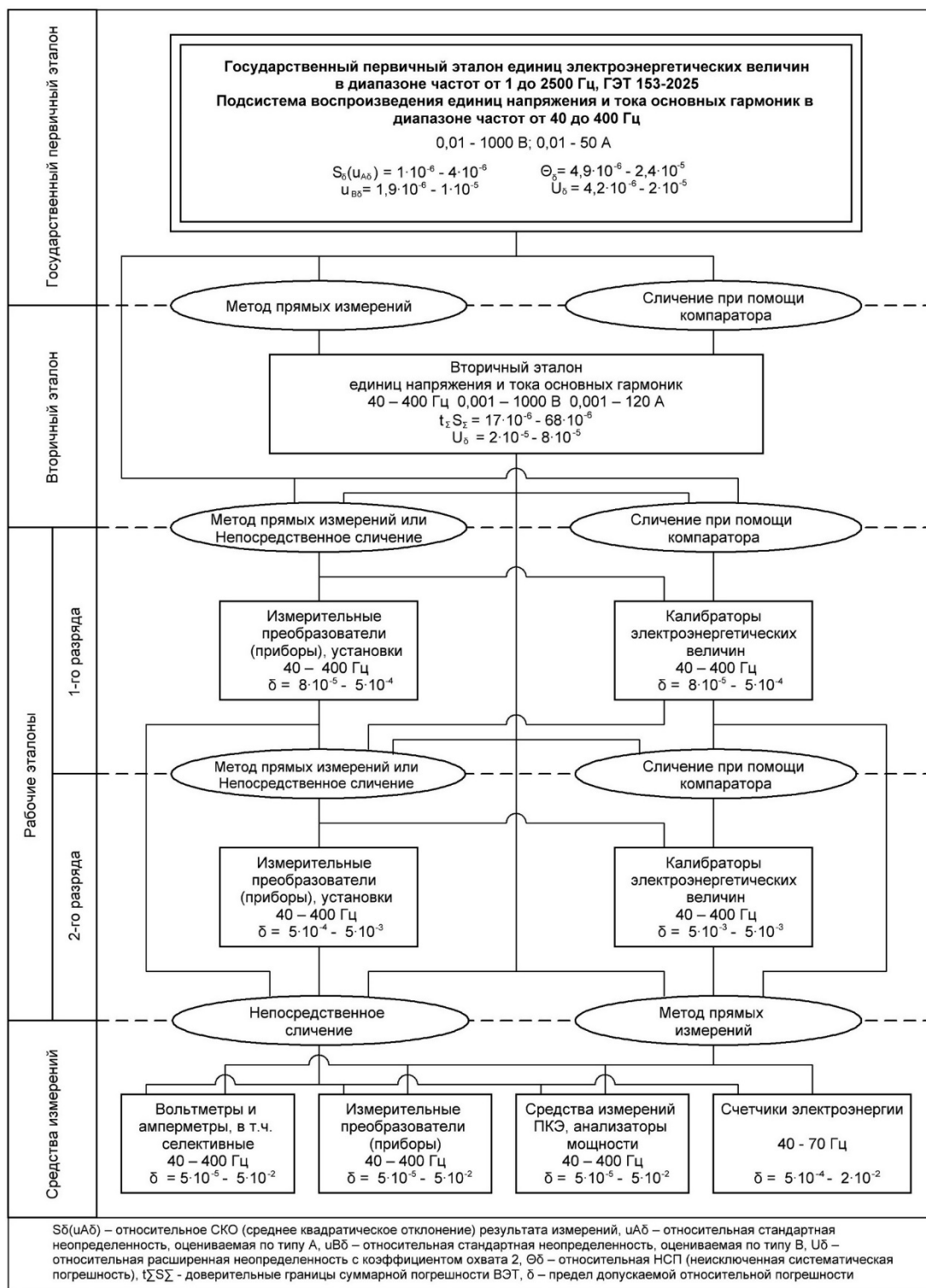
4.12.4 Средства измерений

В качестве СИ применяются средства измерений электроэнергетических величин, у которых входным сигналом являются цифровые копии аналоговых сигналов, передаваемые по протоколам МЭК 61850-9-2, а результатом одна или несколько величин, приведенных в Таблице 3.

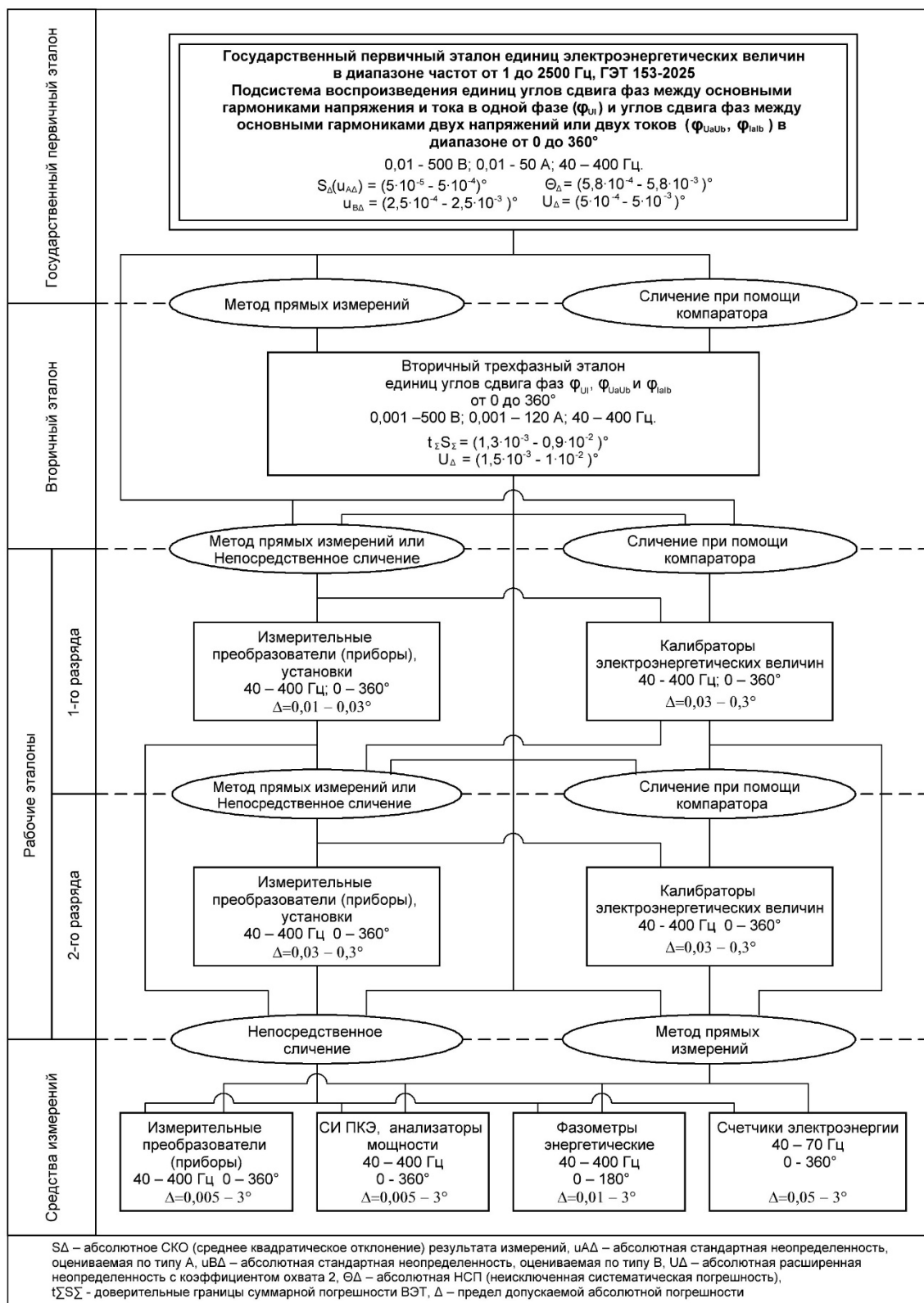
Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единиц электрической мощности



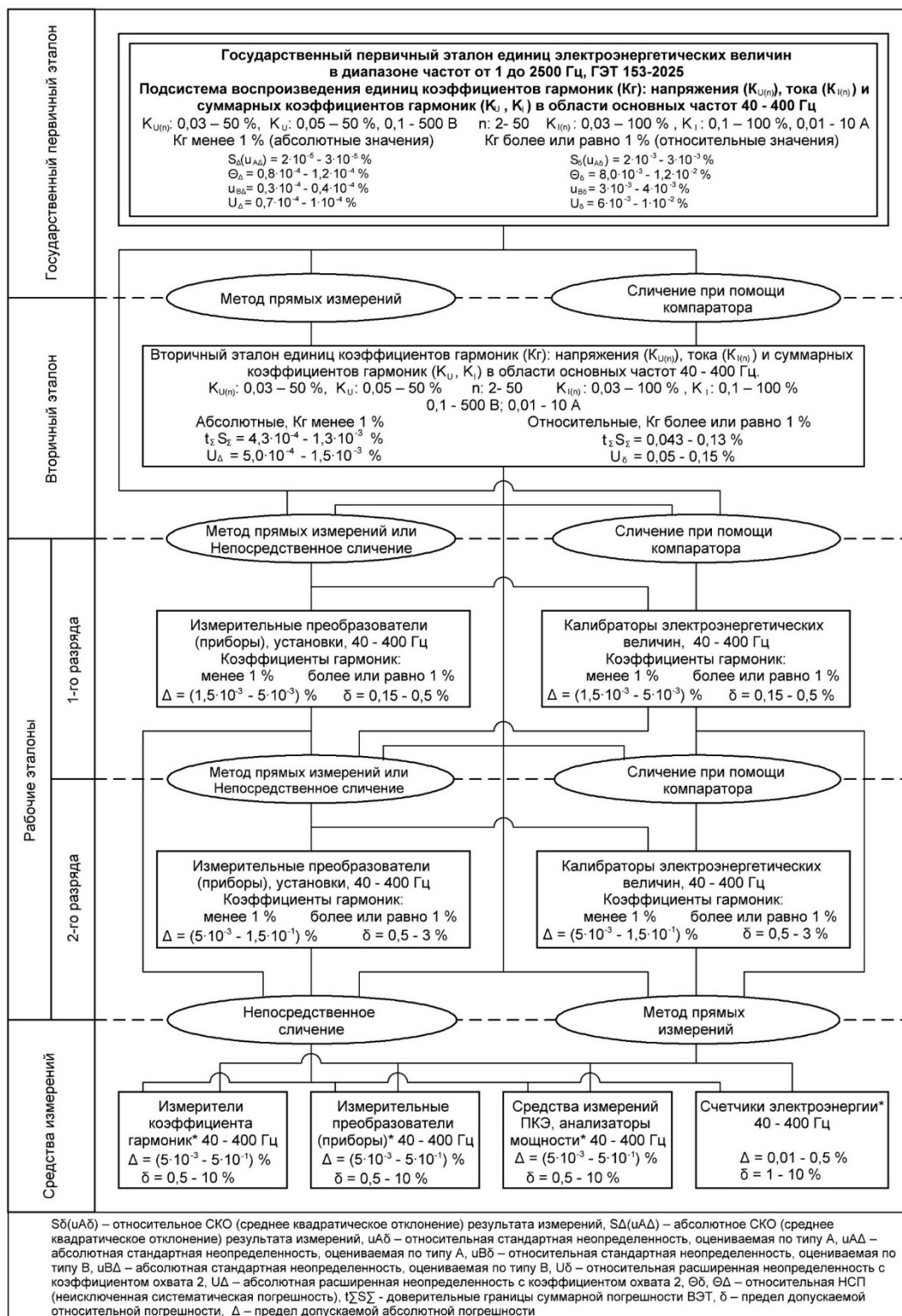
**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единиц напряжения и силы тока основных гармоник
несинусоидального напряжения, силы тока**



**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение 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**

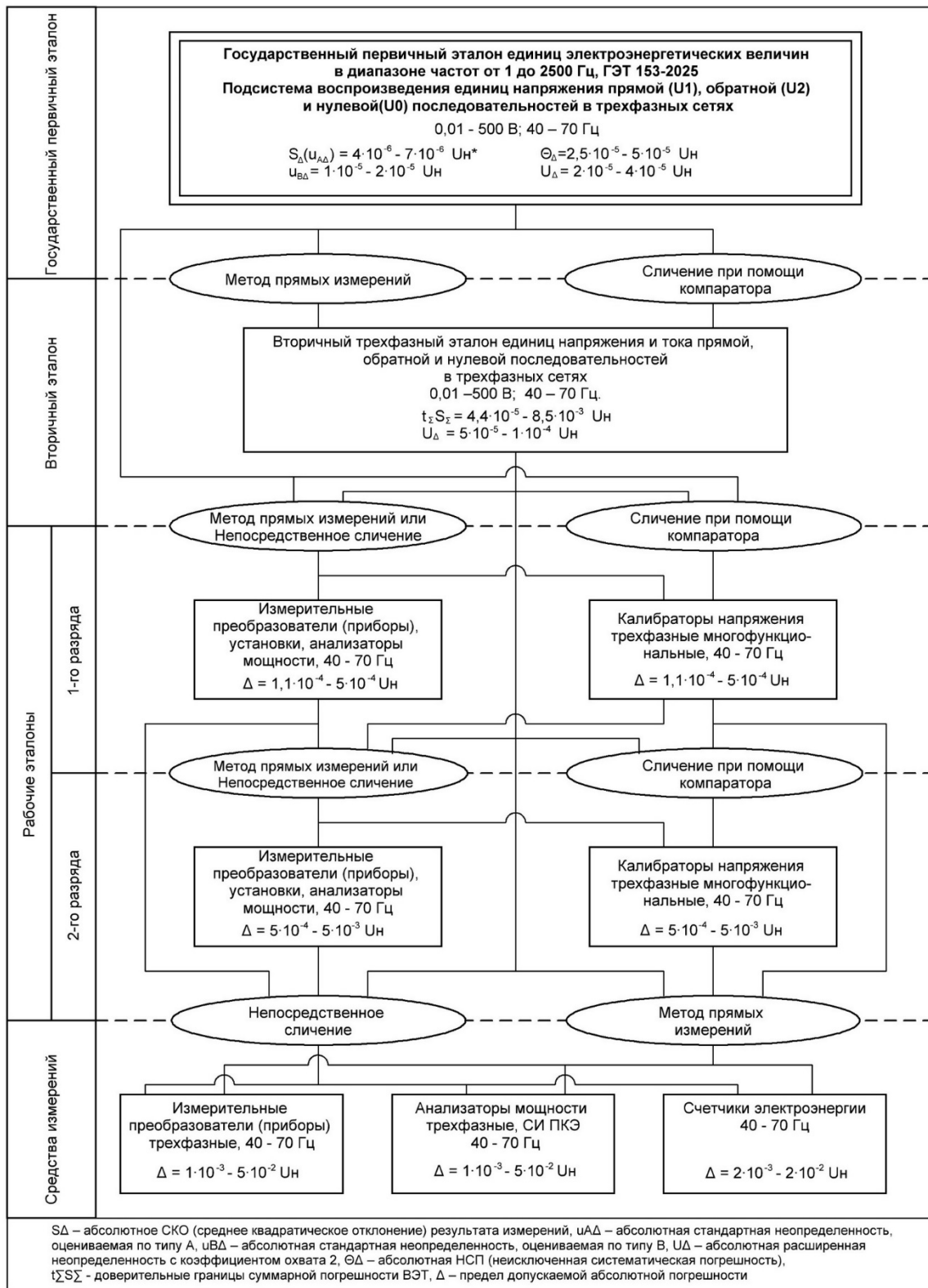


**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единиц коэффициентов гармоник напряжения, силы тока
и суммарных коэффициентов гармоник в области основных частот
от 40 до 400 Гц**



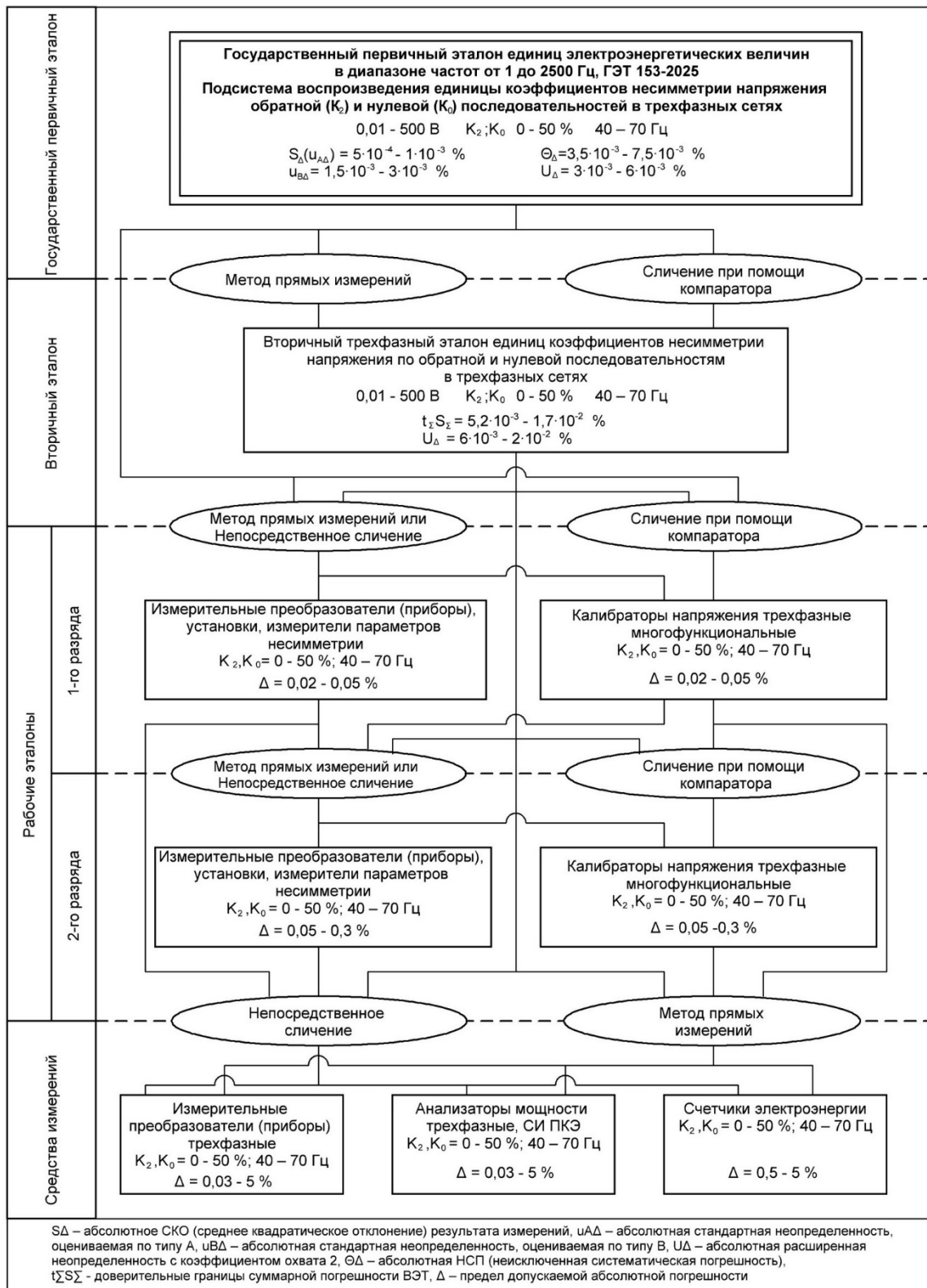
* Для коэффициента гармоник менее 1 % - погрешность абсолютная (Δ)
Для коэффициента гармоник более или равного 1 % - погрешность относительная (δ)

**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единицы напряжения прямой (U1), обратной (U2) и
нулевой(U0) последовательностей в трехфазных сетях**

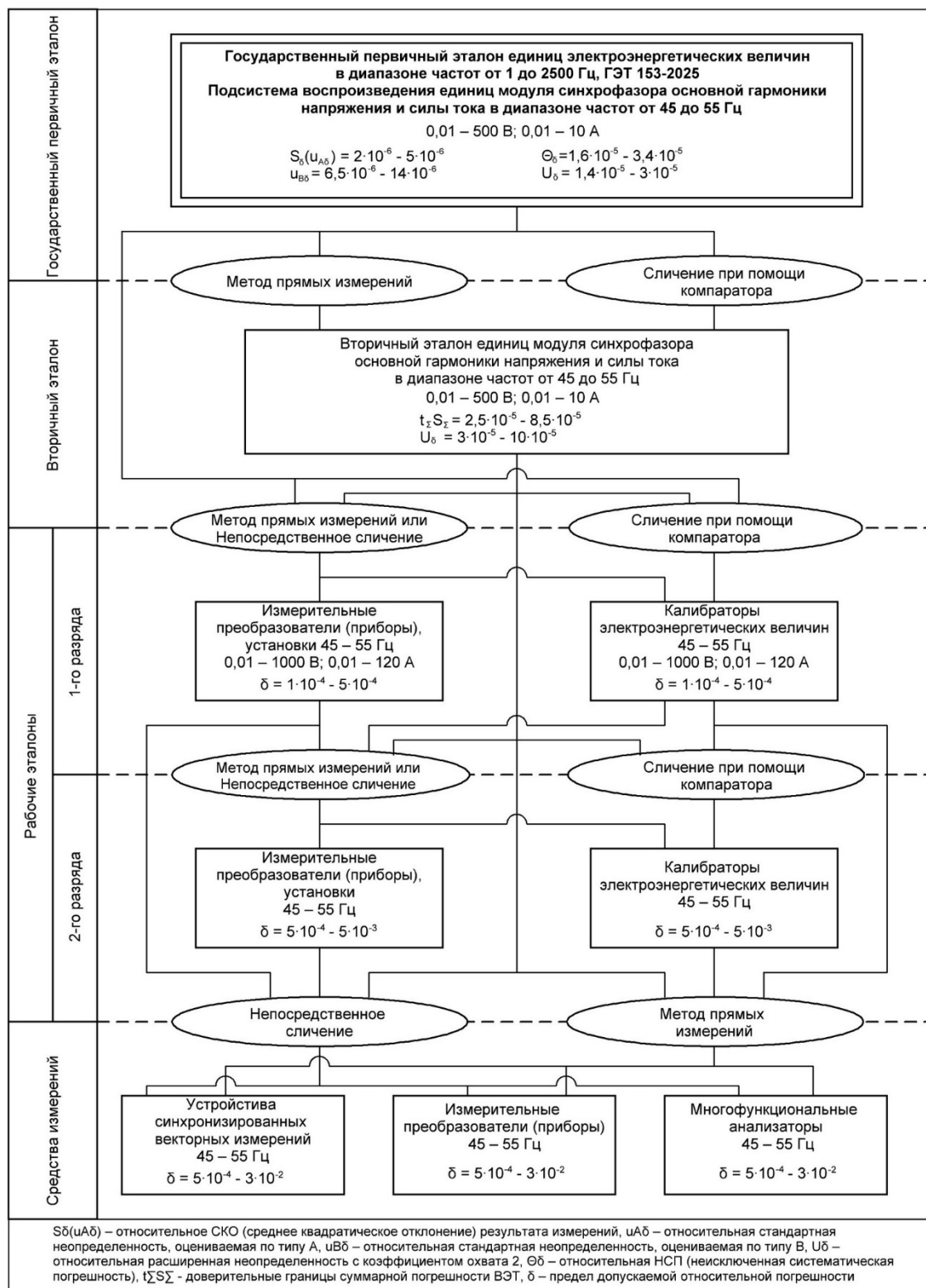


* Ун - Номинальное напряжение поддиапазона измерения U1, U2 или U0

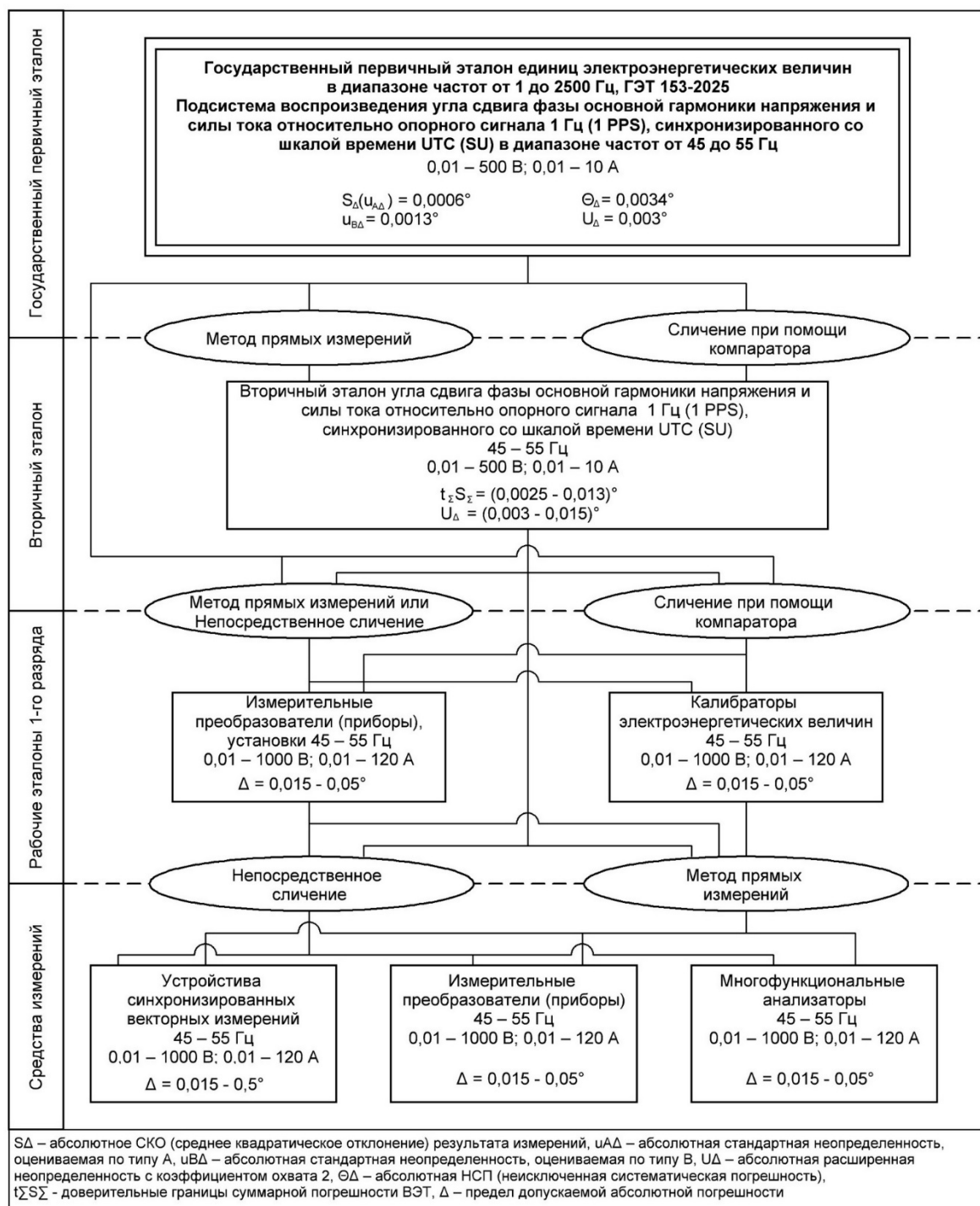
**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единицы коэффициентов несимметрии напряжения по
обратной (K_2) и нулевой (K_0) последовательностям в трехфазных сетях**



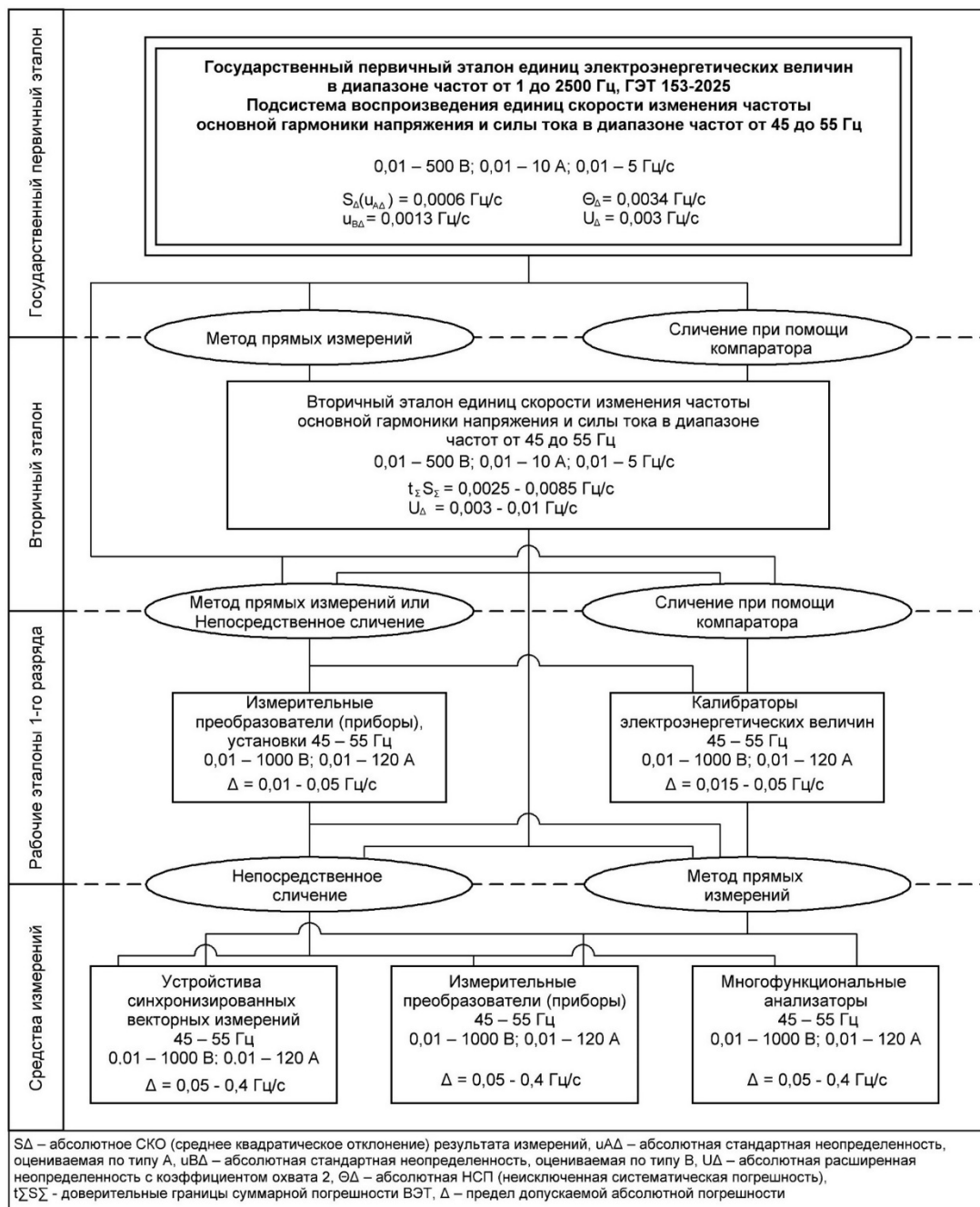
**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единиц модуля синхрофазора основной гармоники
напряжения и силы тока**



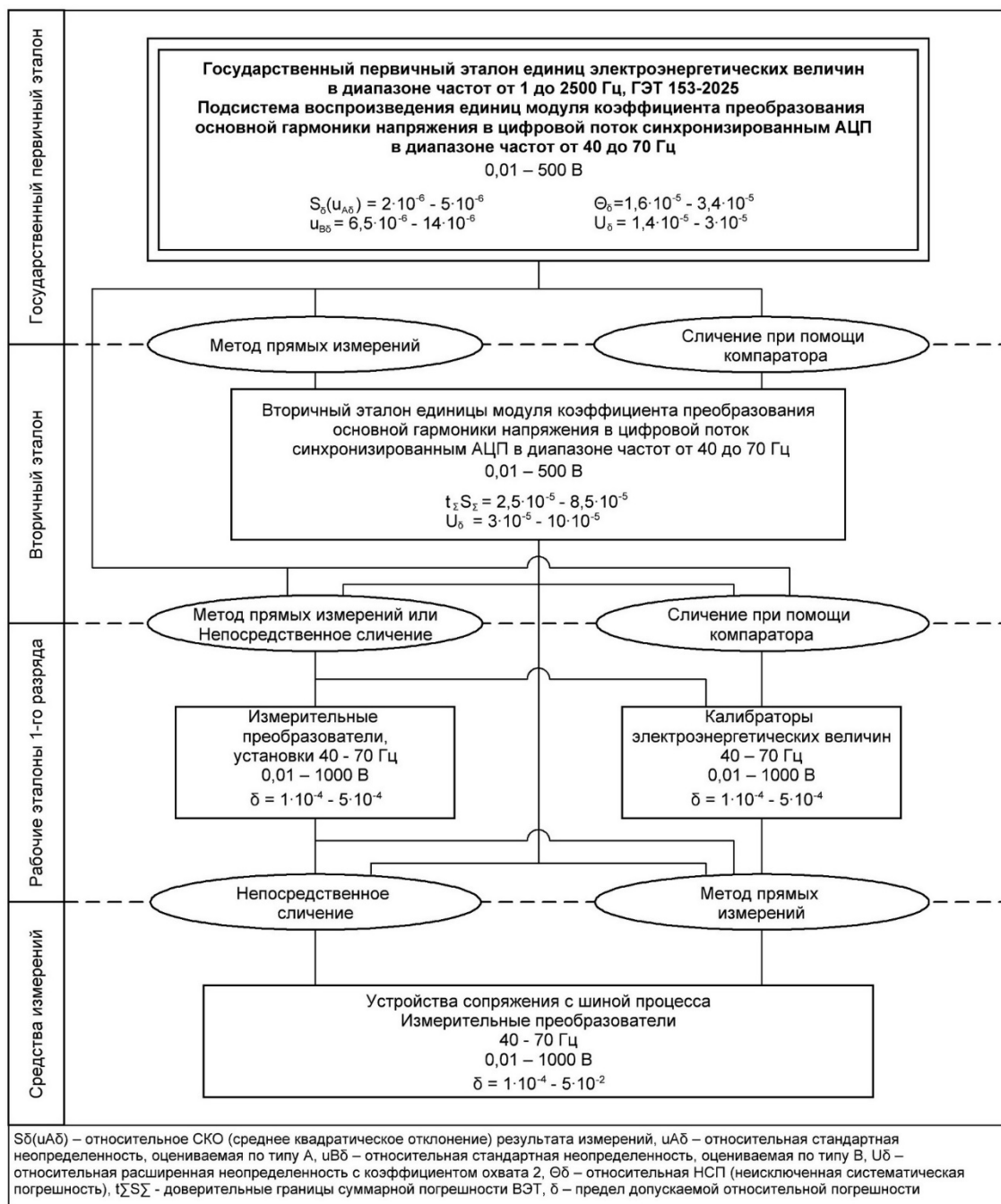
**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единицы угла сдвига фазы основной гармоники
напряжения и силы тока относительно опорного сигнала 1 Гц (1 PPS)
синхронизированного со шкалой времени UTC (SU) в диапазоне частот
от 45 до 55 Гц**



**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единицы скорости изменения частоты основной
гармоники напряжения и силы тока в диапазоне частот от 45 до 55 Гц**



**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единицы модуля коэффициента преобразования
основной гармоники напряжения в цифровой поток синхронизированным
АЦП в диапазоне частот от 45 до 70 Гц**



**Государственная поверочная схема для средств измерений
электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц.
Воспроизведение единицы угла преобразования основной гармоники
напряжения в цифровой поток синхронизированным АЦП в диапазоне
частот от 45 до 70 Гц**

