

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «28» июля 2023 г. № 1520

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
НАПРЯЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ**

1. Область применения

1.1. Настоящая государственная поверочная схема распространяется на средства измерений постоянного электрического напряжения (далее - напряжение) и электродвижущей силы (далее - ЭДС) в диапазоне до 1000 В (приложение А) и устанавливает порядок передачи единицы напряжения - вольта (В) от государственного первичного эталона единицы электрического напряжения (далее - государственный первичный эталон) при помощи вторичных и рабочих эталонов средствам измерений с указанием погрешностей и основных методов поверки.

1.2. Соотношение погрешностей между эталонами, а также эталонами и средствами измерений при поверке должно быть не более $\frac{1}{2}$ с учетом погрешности, вносимой методом передачи. Допускается проводить поверку средств измерений напряжения и ЭДС при помощи эталонов более высокой точности, чем предусмотрено в текстовой и графической частях настоящей поверочной схемы.

1.3. В настоящей государственной поверочной схеме при воспроизведении и измерении ЭДС и постоянного напряжения используются меры ЭДС, меры напряжения, вольтметры (под вольтметрами также понимаются компараторы, потенциометры, электрометры, измерительные преобразователи, многофункциональные приборы и др.), калибраторы (под калибраторами также понимаются компараторы, электрометры, многофункциональные приборы, источники напряжения и др.), имеющие режимы измерения или воспроизведения постоянного напряжения с нормированными метрологическими характеристиками.

2 Государственный первичный эталон

2.1. В состав государственного первичного эталона входят:

мера напряжения МН-2 и мера напряжения МН-3, осуществляющие воспроизведение единицы электрического напряжения с использованием криогенных преобразователей частоты в постоянное напряжение на основе эффекта Джозефсона, аппаратуры облучения преобразователей СВЧ сигналом, включающей синтезаторы СВЧ диапазона и аппаратуру формирования опорной частоты; аппаратуры управления и контроля;

аппаратура, осуществляющая передачу единицы напряжения;

аппаратура контроля условий измерений.

2.2. Диапазон напряжений, воспроизводимых государственным первичным эталоном, составляет от 1 мВ до 10 В.

2.3. Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы напряжения на основе использования значения константы Джозефсона $K_J = 483\,597,848\,416\,984$ ГГц/В:

со средним квадратическим отклонением (далее - СКО) результата измерений в абсолютной форме, S_0 , не превышающим $1 \cdot 10^{-9}$ В при 30 независимых измерениях для напряжений U в диапазоне 1 мВ – 1 В и не

превышающим $U \cdot 10^{-9}$ В при 30 независимых измерениях для U в диапазоне 1 В – 10 В;

с неисключенной систематической погрешностью (далее - НСП) в абсолютной форме, Θ_0 , не превышающей $1 \cdot 10^{-9}$ В при $P=0,99$ для напряжений U в диапазоне 1 мВ – 1 В и не превышающей $U \cdot 10^{-9}$ В при $P=0,99$ для U в диапазоне 1 В – 10 В;

со стандартной неопределенностью, оцениваемой по типу А, u_{A0} , в абсолютной форме, не превышающей $1 \cdot 10^{-9}$ В для напряжений U в диапазоне 1 мВ – 1 В при 30 независимых измерениях и не превышающей $U \cdot 10^{-9}$ В для U в диапазоне 1 В – 10 В;

со стандартной неопределенностью, оцениваемой по типу В, u_{B0} , в абсолютной форме, не превышающей $0,4 \cdot 10^{-9}$ В для напряжений U в диапазоне 1 мВ – 1 В и не превышающей $0,4 \cdot U \cdot 10^{-9}$ В для U в диапазоне 1 В – 10 В;

с суммарной стандартной неопределенностью – $1,1 \cdot 10^{-9}$ В для воспроизводимых напряжений U в диапазоне 1 мВ – 1 В и $1,1 \cdot U \cdot 10^{-9}$ В для воспроизводимых напряжений U в диапазоне 1 В – 10 В;

с расширенной неопределенностью – $2,2 \cdot 10^{-9}$ В для воспроизводимых напряжений U в диапазоне 1 мВ – 1 В и $2,2 \cdot U \cdot 10^{-9}$ В в диапазоне 1 В – 10 В; при коэффициенте охвата $k = 2$;

с расширенной неопределенностью – $3,3 \cdot 10^{-9}$ В для воспроизводимых напряжений U в диапазоне 1 мВ – 1 В и $3,3 \cdot U \cdot 10^{-9}$ В для воспроизводимых напряжений U в диапазоне 1 мВ – 1 В; при коэффициенте охвата $k = 3$.

2.4. Государственный первичный эталон применяют для передачи единицы напряжения вторичным (ВЭ) и рабочим эталонам (РЭ) методом сличения при помощи компаратора (нановольтметра с применением или без транспортируемой меры напряжения, с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений), и методом прямых измерений вольтметрам (РЭ 1 – го разряда).

2.5. Для обеспечения воспроизведения единицы электрического напряжения должны соблюдаться правила содержания и применения государственного первичного эталона, утвержденные в установленном порядке.

3. Вторичные эталоны

3.1. В качестве вторичных эталонов используют:

эталон-копию;

эталон сравнения с использованием мер напряжения на эффекте Джозефсона;

эталон на основе мер ЭДС и (или) мер напряжения;

эталон на основе мер ЭДС, мер напряжения и меры на основе эффекта Джозефсона;

эталон на основе мер напряжения на основе эффекта Джозефсона.

3.2. Эталон-копия состоит из группы термостатированных насыщенных нормальных элементов (далее - НЭ) и мер напряжения на стабилитронах, в том числе транспортируемых.

Номинальные значения напряжения и ЭДС эталона-копии составляют 1 В и 10 В.

3.3. СКО результатов сличений эталона-копии с государственным первичным эталоном $S_{\Sigma 0}$ при 60 независимых измерениях не должно превышать $1,5 \cdot 10^{-8}$ в относительных единицах при номинальном значении напряжения 1 В и $3 \cdot 10^{-8}$ при номинальном значении напряжения 10 В.

Предел допускаемой относительной нестабильности v_0 эталона-копии за межповерочный / межаттестационный интервал не должен превышать:

$1,5 \cdot 10^{-7}$ для среднего значения ЭДС группы НЭ;

$3 \cdot 10^{-7}$ для мер напряжения на стабилитронах.

3.4. Эталон-копию применяют для передачи единицы напряжения вторичным и рабочим эталонам, а также для проверки средств измерений классов точности от 0,00001 до 0,0002 сличением при помощи компаратора (нановольтметра с применением или без транспортируемой меры напряжения, с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений).

3.5. В качестве эталона сравнения используют транспортируемую меру напряжения на основе эффекта Джозефсона.

Номинальные значения напряжения эталона сравнения составляют 1 В и 10 В.

3.6. СКО результатов сличений эталона сравнения с государственным первичным эталоном $S_{\Sigma 0}$ при 30 независимых измерениях в относительной форме не должно превышать $2 \cdot 10^{-9}$.

Предел допускаемой относительной нестабильности v_0 эталона сравнения за цикл сличений не должен превышать $1 \cdot 10^{-9}$.

3.7. Эталон сравнения применяют для международных сличений государственного первичного эталона с национальными эталонами других стран, а также для передачи единицы напряжения вторичным эталонам на основе меры напряжения на эффекте Джозефсона при помощи компаратора.

3.8. Вторичные эталоны включают:

3.8.1. Группу термостатированных насыщенных НЭ с мерами напряжения на стабилитронах или без них, или меру (группу мер) напряжения на стабилитронах;

Номинальные значения напряжения ВЭ составляют 1 В, 10 В.

3.8.2. Группу термостатированных насыщенных НЭ с мерами напряжения на стабилитронах (включая транспортируемые) или без них в комплекте с мерой напряжения на основе эффекта Джозефсона;

Номинальные значения напряжения ВЭ составляют 0,1 В - 10 В.

3.8.3. Меру напряжения на основе эффекта Джозефсона.

Номинальные значения напряжения ВЭ составляют 1 В, 10 В.

3.9. СКО результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ ВЭ с государственным первичным эталоном, эталоном-копией или эталоном сравнения в относительных единицах не должно превышать в относительной форме:

$5 \cdot 10^{-8}$ для ВЭ по 3.8.1 и 3.8.2;

$1 \cdot 10^{-8}$ для ВЭ по 3.8.3.

Предел допускаемой относительной нестабильности ν_0 ВЭ за межповерочный / межаттестационный интервал не должен превышать:

$5 \cdot 10^{-7}$ для ВЭ по 3.8.1;

$3 \cdot 10^{-7}$ для ВЭ по 3.8.2;

$5 \cdot 10^{-8}$ для ВЭ по 3.8.3.

3.10. ВЭ применяют для поверки рабочих эталонов 1-го и 2-го разрядов, а также для поверки средств измерений классов точности от 0,00001 до 0,0002 сличением при помощи компаратора (вольтметра с применением или без транспортируемой меры напряжения, с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений) или для поверки рабочих эталонов 1-го разрядов, а также для поверки средств измерений классов точности от 0,00005 до 0,0002 методом прямых измерений (с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений).

4. Рабочие эталоны

4.1. Рабочие эталоны 1-го разряда

4.1.1. В качестве РЭ 1-го разряда используют меры ЭДС, меры напряжения на стабилитронах с номинальными значениями 1 В и 10 В, меры напряжения в диапазоне от 10 до 1000 В, вольтметры и калибраторы напряжения в диапазоне напряжений до 1000 В.

4.1.2. Доверительные границы относительных погрешностей δ_0 РЭ 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 не должны превышать $0,7 \cdot 10^{-6}$ для мер ЭДС и мер напряжения на стабилитронах с номинальными значениями 1 В и 10 В и $(0,2 - 1,0) \cdot 10^{-6}$ для мер напряжения от 10 до 1000 В (в зависимости от значений воспроизводимых напряжений).

Предел допускаемой относительной нестабильности ν_0 РЭ 1-го разряда для мер ЭДС и мер напряжения за межповерочный / межаттестационный интервал не должен превышать $1,5 \cdot 10^{-6}$.

Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 РЭ 1-го разряда для вольтметров и калибраторов напряжения не должны превышать $(1,5 - 5) \cdot 10^{-6}$.

4.1.3. РЭ 1-го разряда применяют для поверки РЭ 1-го и 2-го разряда, а также для поверки средств измерений классов точности от 0,0005 до 0,002 сличением при помощи компаратора (вольтметра, с применением или без транспортируемой меры напряжения на стабилитронах из состава РЭ 1-го разряда, с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений), методом прямых измерений (с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений) или методом непосредственного сличения.

4.2. Рабочие эталоны 2-го разряда

4.2.1. В качестве РЭ 2-го разряда используют меры ЭДС или меры напряжения на стабилитронах с номинальными значениями в диапазоне от 0,1 В до 10 В, вольтметры и калибраторы напряжения в диапазоне напряжений до 1000 В.

4.2.2. Доверительные границы относительных погрешностей δ_0 РЭ 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 для мер ЭДС и мер напряжения не должны превышать $2 \cdot 10^{-6}$.

Пределы допускаемой относительной нестабильности ν_0 РЭ 2-го разряда для мер ЭДС и мер напряжения за межповерочный / межаттестационный интервал не должны превышать $5 \cdot 10^{-6}$.

Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 РЭ 2-го разряда для вольтметров и калибраторов не должны превышать $(0,5 - 5,0) \cdot 10^{-5}$ (в зависимости от диапазона измерений).

4.2.3. РЭ 2-го разряда применяют для поверки РЭ 2-го и РЭ 3-го разряда, а также для поверки средств измерений классов точности от 0,0005 до 0,02 сличением при помощи компаратора (вольтметра, с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений), методом прямых измерений (с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений), непосредственным сличением.

4.3. Рабочие эталоны 3-го разряда

4.3.1. В качестве РЭ 3-го разряда используют меры ЭДС и меры напряжения с номинальными значениями в диапазоне от 0,1 В до 10 В, вольтметры и калибраторы напряжения в диапазоне напряжений до 1000 В. Допускается применять в качестве РЭ 3-го разряда вольтметры классов точности от 0,05 до 0,5.

4.3.2. Доверительные границы относительных погрешностей δ_0 РЭ 3-го разряда при доверительной вероятности 0,95 для мер ЭДС и мер напряжения не должны превышать $3 \cdot 10^{-6}$.

Пределы допускаемой относительной нестабильности ν_0 РЭ 3-го разряда за межповерочный / межаттестационный интервал для мер ЭДС и мер напряжения не должны превышать $1 \cdot 10^{-5}$.

Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 РЭ 3-го разряда для вольтметров и калибраторов не должны превышать $(0,5 - 50) \cdot 10^{-4}$ (в зависимости от диапазона измерений).

4.3.3. РЭ 3-го разряда применяют для поверки РЭ 3-го разряда и средств измерений классов точности от 0,005 до 5,0 сличением при помощи компаратора (вольтметра, с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений), методом прямых измерений (с применением или без масштабного преобразователя сравниваемых напряжений), непосредственным сличением.

5. Средства измерений

5.1. В качестве средств измерений используют меры ЭДС, меры напряжения, калибраторы и вольтметры в диапазоне до 1000 В классов точности от 0,00001 до 5,0.

5.2. Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений составляют от $0,1 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-2}$.

