



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»

С.А. Денисенко



2025 г.

«ГСИ. Измерители электрической емкости и тангенса угла
диэлектрических потерь Q-30. Методика поверки»

РТ-МП-305-201/1.1-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для проведения поверки измерителей электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь Q-30, (далее по тексту – измерители), изготавливаемых KVTEK Power Systems Pvt. Ltd., Индия, и используемых в качестве средств измерений в соответствии с:

- государственной поверочной схемой для средств измерений коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и средств измерений электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 07.08.2023 г. № 1554;

- государственной поверочной схемой для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 18.08.2023 г. № 1706;

- государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 26.09.2022 г. № 2360.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки должна обеспечиваться:

- передача единицы переменного электрического напряжения с прослеживаемостью к государственному первичному эталону ГЭТ 89-2008;

- передача единиц электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты с прослеживаемостью к государственному первичному эталону ГЭТ 175-2023;

- передача единицы времени, частоты и национальной шкалы времени с прослеживаемостью к государственному первичному эталону ГЭТ 1-2022.

На поверку представляется измеритель, укомплектованный в соответствии с руководством по эксплуатации.

При проведении поверки следует руководствоваться указаниями, приведенными в п.п. 2 – 6 настоящей методики поверки и руководстве по эксплуатации.

Методом, обеспечивающим реализацию методики поверки, является метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки

2.1 Поверка проводится в объеме и в последовательности, указанной в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций при первичной и периодических поверках

| Наименование операции поверки | Обязательность выполнения операций поверки при | | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|---|--|-----------------------|--|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| Внешний осмотр | Да | Да | 7 |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Да | Да | 8 |
| Проверка программного обеспечения | Да | Да | 9 |
| Определение метрологических характеристик средств измерений | Да | Да | 10 |
| Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | Да | Да | 11 |

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Проверка должна проводиться при следующих условиях окружающей среды:

- температура окружающей среды, °С от +15 до +25;
 - атмосферное давление, кПа от 84 до 106;
 - относительная влажность воздуха, % до 80.

3.2 Напряжение питающей сети переменного тока частотой от 49,5 до 50,5 Гц, действующее значение напряжения от 198 до 242 В. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения не более 5 %. Остальные характеристики сети переменного тока должны соответствовать ГОСТ 32144-2013.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускают специалистов из числа сотрудников организаций, аккредитованных на право проведения поверки в соответствии с действующим законодательством РФ, изучивших настоящую методику поверки и руководство пользователя/руководство по эксплуатации на поверяемое СИ и имеющих стаж работы по данному виду измерений не менее 1 года.

4.2 Специалист должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право проведения работ в электроустановках с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III до и выше 1000 В.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки с характеристиками, указанными в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

| Таблица 2 Метрологические и технические требования к средствам измерений | | |
|---|--|---|
| Операции поверки, требующие применения средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
| п.3.1 Условия проведения поверки | <p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °C, с $\Delta = \pm 0,4$ °C;</p> <p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 20 до 90 % с $\Delta = \pm 3$ %;</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 80 до 106 кПа, $\Delta = \pm 0,3$ кПа.</p> | Измеритель-регистратор комбинированный Librotech SX100-P, регистрационный № 80508-20. |
| п.3.2 Условия проведения поверки | <p>Средства измерений действующих значений напряжения переменного тока от 154 до 450 В с δ не более 0,2 %;</p> <p>средства измерений частоты от 45 до 55 Гц с Δ не более 0,02 Гц;</p> <p>Средства измерений коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения от 0 до 30 % с δ не более 0,2 % (при $K_U < 1\%$) и не более 10 % (при $K_U > 1\%$).</p> | Регистраторы показателей качества электрической энергии Парма РК3.01ПТ, регистрационный № 25731-05. |
| п.10 Определение метрологических характеристик средств | Рабочие эталоны единицы электрической емкости с номинальными значениями 1 нФ, 10 нФ и 1 мкФ не ниже 3 разряда по ГОСТ 8.371-80; | Меры емкости образцовые Р597, регистрационный № 2684-70; |

| Операции по-верки, требую-щие применения средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для прове-дения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|---|---|
| измерений | Рабочий эталон единицы тангенса угла по-терь с номинальными значениями $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-1}$ не ниже 2 разряда, по ГОСТ 8.019-85; | Мера электрической ем-кости и тангенса угла по-терь СА6221Д-30-10, ре-гистрационный № 70020-17; |
| | Эталон единицы электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении пере-менного тока с номинальным значением от 60 до 100 пФ не ниже 1 разряда, по приказу Фе-дерального агентства по техническому регу-лированию и метрологии (Росстандарт) от 07.08.2023 г. № 1554; | Конденсатор измеритель-ный высоковольтный КИВ-10, регистрацион-ный № 49532-12; |
| | Рабочий эталон единицы электрического напряжения переменного тока не ниже с но-минальным значением 100 В в диапазоне ча-стот от 15 до 1000 Гц 3 разряда в соотве-тствии с ГПС, утвержденной приказом Феде-рального агентства по техническому регули-рованию и метрологии (Росстандарт) от 18.08.2023 г. № 1706. | Калибратор универсаль-ный 9100, регистрацион-ный № 25985-09. |

Примечание – допускается использовать при поверке другие эталоны единиц величин или средства измерений, обеспечивающие необходимую точность измерений.

5.2 Средства измерений, применяемые при поверке, должны обеспечивать требуемую точность, быть поверены и иметь действующие записи о поверке во ФГИС «Аршин». Этaloны единиц величин должны быть аттестованы и иметь свидетельства об аттестации.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться требования ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.3.019, а также выполнен комплекс мероприятий по обеспечению безопасности, установленных приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 г. № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с настоящей методикой, эксплуатационной документацией на поверяемые СИ и средства поверки.

Должны быть также обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого СИ следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений измерителя, соединительных кабелей и разъ-емов, влияющих на его работоспособность;
- соответствие требованиям комплектности и маркировки, приведенным в РЭ;
- заводской номер и модификация, нанесённые на корпус измерителя, должны быть чёткими и не допускать неоднозначности в прочтении.

7.2 Соответствие требованиям комплектности и маркировки, а также отсутствие внешних механических повреждений проверяются визуально.

7.3 Результат операции поверки по 7.1 считается положительным, если отсутствуют внешние механические повреждения, комплектность и маркировка соответствуют требованиям РЭ, заводской номер и модификация, нанесённые на корпус измерителя, читаемы и не допускают неоднозначности в прочтении.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Средства поверки должны быть подготовлены к работе согласно указаниям, приведенным в соответствующих эксплуатационных документах.

8.1.2 До проведения поверки поверителю надлежит ознакомиться с эксплуатационной документацией на поверяемое СИ и используемые средства поверки.

8.2 Опробование

8.2.1 Опробование проводят путем проверки работоспособности измерителя после включения напряжения питания и подключения его к ПК.

8.4.2 Результат операции считается положительным, если измеритель включается, на лицевой панели горит индикатор работоспособности, органы управления функционируют, и на мониторе ПК корректно отображается вся информация.

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Для проверки версии программного обеспечения необходимо:

- включить питание измерителя и запустить программное обеспечение, необходимое для работы моста, (далее – ПО) на компьютере;

- в появившемся окне проверить номер версии ПО в левом верхнем углу проявившегося окна на дисплее, как показано на рисунке 1.

9.2 Результат операции считается положительным, если номер версии программного обеспечения не ниже, чем v6.2.

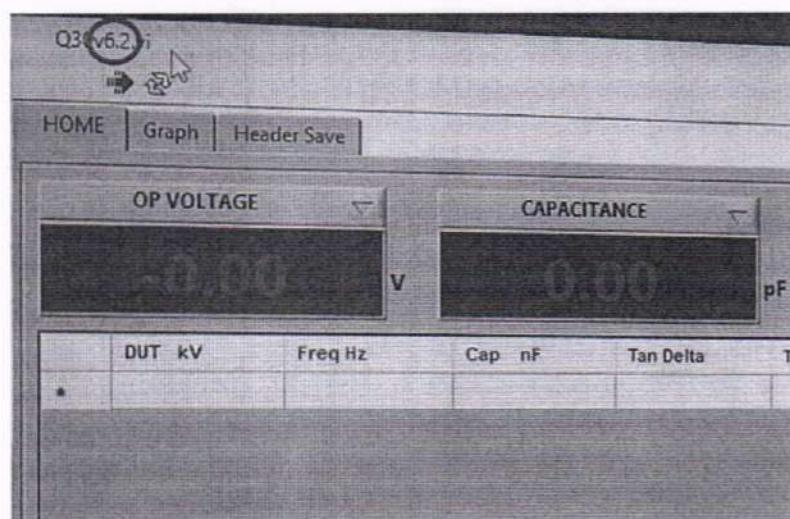


Рисунок 1 – Номер версии ПО

10 Определение метрологических характеристик средств измерений

10.1 Проверка абсолютной погрешности измерений электрической емкости

10.1.1 Проверка проводится с помощью мер емкости образцовых Р597 (далее – меры Р597).

10.1.2 Соберите схему, приведенную на рисунке 2. В качестве C_N и C_X включите меры Р597 с номинальным значением 1000 пФ. Меру, используемую в качестве C_X , включите в канал C_{XA} .

10.1.3 Включите питание измерителя и запустите ПО.

10.1.4 В появившемся окне ПО перейдите на вкладку «Graph», показанную на рисун-

ке 3, в правом нижнем углу появившегося она нажмите на кнопку «En Write», задайте в поле «Standard» действительное значение емкости конденсатора в пФ, включенного в канал C_N и нажмите на кнопку «Save Value».

10.1.5 Перейдите на вкладку «HOME», показанную на рисунке 4, в окне «Test Mode» выберите режим работы измерителя «UST A». В четырех окошках, отображающих текущие результаты измерений, выберите следующие значения: «OP VOLTAGE», «FREQUENCY», «CAPACITANCE» и «TAN DELTA».



Рисунок 2 – Схема проверки абсолютной погрешности измерений электрической емкости и тангенса угла потерь

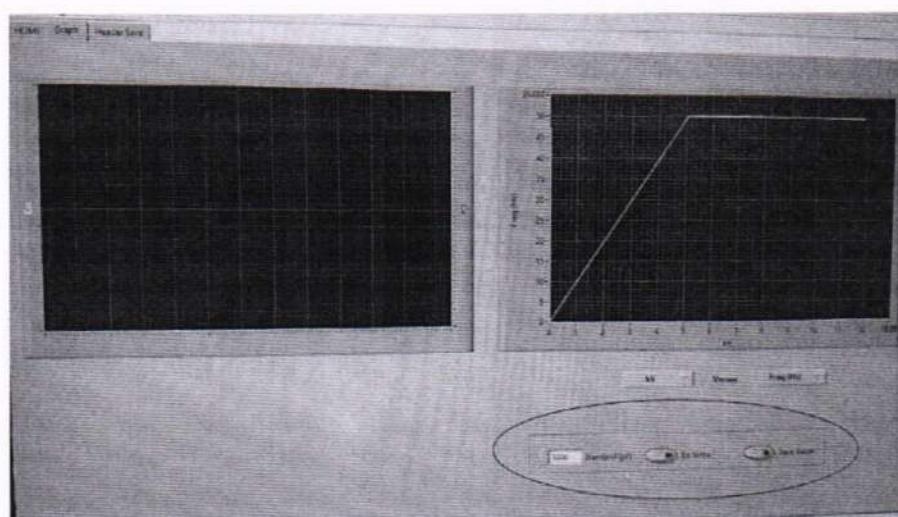


Рисунок 3 – Ввод в память моста значения емкости C_N



Рисунок 4 – Выбор отображаемых параметров и режима работы

10.1.6 Подайте с источника напряжения переменного тока 100 В частотой 50 Гц, после установления показаний зафиксируйте измеренное значение ёмкости. Результаты измерений занесите в таблицу 3.

10.1.7 В качестве C_N включите меру P597 с номинальным значением 10 нФ, а в качестве C_X включите меру P597 с номинальным значением 1 мкФ. Меру, используемую в качестве C_X , включите в канал C_{XA} .

10.1.8 В соответствии с п.10.1.4 задайте в поле «Standard» действительное значение емкости конденсатора, включенного в канал C_N .

10.1.9 Подайте с источника напряжения переменного тока 20 В частотой 50 Гц, после установления показаний зафиксируйте измеренное значение ёмкости. Результаты измерений занесите в таблицу 3.

10.1.10 Повторите операции по п.10.1.2 – 10.1.9 подключив меру, используемую в качестве C_X , в канал C_{XB} .

Таблица 3 – Результаты измерений электрической емкости

| $U, \text{В}$ | $C_0, \text{пФ}$ | $C_X, \text{пФ}$ | $\Delta C, \text{пФ}$ | $\Delta C_{\text{доп}}, \text{пФ}$ |
|----------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Канал C_{XA} | | | | |
| 100 | | | | |
| 20 | | | | |
| Канал C_{XB} | | | | |
| 100 | | | | |
| 20 | | | | |

Где:

- C_0 – паспортное значение емкости меры P597;
- C_X – значение электрической емкости, измеренное поверяемым измерителем;
- ΔC – абсолютная погрешность измерений электрической емкости поверяемым измерителем;
- $\Delta C_{\text{доп}}$ – допустимое значение ΔC .

10.2 Проверка абсолютной погрешности измерений электрической емкости и тангенса угла потерь

10.2.1 Проверка проводится с помощью меры электрической емкости и тангенса угла потерь СА6221Д-30-10 (далее – мера СА) и конденсатора измерительного высоковольтного КИВ-10 (далее – КИВ-10).

10.2.2 Соберите схему, приведенную на рисунке 2. В качестве C_N включите КИВ-10, а в

качестве C_x включите мера СА с номинальным значением 10 пФ и номинальным значением тангенса угла потерь 10^{-4} . Меру, используемую в качестве C_x , включите в канал C_{xA} .

10.2.3 Включите питание измерителя и запустите ПО.

10.2.4 В соответствии с п.10.1.4 задайте в поле «Standard» действительное значение емкости конденсатора, включенного в канал C_N . В соответствии с п.10.1.5 включите отображение указанных параметров.

10.2.5 Подайте с источника напряжения переменного тока 10 кВ частотой 50 Гц, после установления показаний зафиксируйте измеренное значение ёмкости и тангенса угла потерь. Результаты измерений занесите в таблицу 4. Отключите подачу высокого напряжения и заземлите схему.

10.2.6 Повторите операции по п.10.2.2 – 10.2.5 включая последовательно номинальные значения $\operatorname{tg}\delta$, равные $1 \cdot 10^{-3}, 1 \cdot 10^{-2}, 1 \cdot 10^{-1}$.

10.2.7 Повторите операции по п.10.2.2 – 10.2.6 подключив меру СА, используемую в качестве C_x , в канал C_{xB} .

Таблица 4 – Результаты измерений электрической ёмкости и тангенса угла потерь

| U, kV | $C_0, \text{пФ}$ | $\operatorname{tg}\delta_0$ | $C_x, \text{пФ}$ | $\operatorname{tg}\delta_x$ | $\Delta C, \text{пФ}$ | $\Delta \operatorname{tg}\delta$ | $\Delta C_{\text{доп}}, \text{пФ}$ | $\Delta \operatorname{tg}\delta_{\text{доп}}$ |
|----------------|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|
| 10 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Где:

- C_0 и $\operatorname{tg}\delta_0$ – действительные значения электрической ёмкости и тангенса угла потерь меры СА6221Д-30-10;
- C_x и $\operatorname{tg}\delta_x$ – значения электрической ёмкости и тангенса угла потерь, измеренные поверяемым измерителем;
- ΔC и $\Delta \operatorname{tg}\delta$ – абсолютная погрешность измерений электрической ёмкости и тангенса угла потерь поверяемым измерителем;
- $\Delta C_{\text{доп}}$ и $\Delta \operatorname{tg}\delta_{\text{доп}}$ – допустимые значения ΔC и $\Delta \operatorname{tg}\delta$.

10.3 Проверка абсолютной погрешности измерений напряжения и частоты переменного тока

10.3.1 Проверка проводится с помощью меры P597 с номинальным значением 1000 пФ и калибратора универсального 9100 (далее – калибратор).

10.3.2 Соберите схему, приведенную на рисунке 5. В качестве C_N включите меру P597 с номинальным значением 1000 пФ, каналы C_xA и C_xB оставьте не подключенными.



Рисунок 5 – Схема проверки погрешности измерений напряжения и частоты

10.3.3 Включите питание измерителя и запустите ПО.

10.3.4 В соответствии с п.10.1.4 задайте в поле «Standard» действительное значение емкости конденсатора, включенного в канал C_N . В соответствии с п.10.1.5 включите отображение указанных параметров.

10.3.5 Подайте с калибратора напряжения переменного тока 65 В частотой 50 Гц, после установления показаний произведите отсчет показаний напряжения и частоты на поверяемом измерителе. Результаты измерений занесите в таблицу 5.

10.3.6 Повторите операцию по п.10.3.5 подавая с калибратора напряжения переменного тока 100 В частотой 50 Гц. По окончании измерений отключите подачу напряжения.

Таблица 5 – Результаты измерений напряжения и частоты переменного тока

| U_0 , В | f_0 , Гц | U_x , В | f_x , Гц | ΔU , В | Δf , Гц | $\Delta U_{\text{доп}}$, В | $\Delta f_{\text{доп}}$, Гц |
|-----------|------------|-----------|------------|----------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------|
| 65 | 50 | | | | | | |
| 100 | 50 | | | | | | |

Где:

- U_0 и f_0 – значения напряжения и частоты, заданные на калибраторе;
- U_x и f_x – значения напряжения и частоты, измеренные поверяемым измерителем;
- ΔU и Δf – абсолютная погрешность измерений напряжения и частоты поверяемым измерителем;
- $\Delta U_{\text{доп}}$ и $\Delta f_{\text{доп}}$ – допустимые значения ΔU и Δf .

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для каждого измеренного значения C_x , $\operatorname{tg}\delta_x$, U_x , f_x из таблиц 3, 4, 5 рассчитайте погрешность измерений по формулам:

$$\Delta C = C_x - C_0 \quad (1);$$

$$\Delta \operatorname{tg}\delta = \operatorname{tg}\delta_x - \operatorname{tg}\delta_0 \quad (2);$$

$$\Delta U = U_x - U_0 \quad (3);$$

$$\Delta f = f_x - f_0 \quad (4).$$

Результаты вычислений занесите в таблицы 3, 4, 5 соответственно.

Результаты операции поверки по п. 10.1, 10.2 и 10.3 считаются удовлетворительными, если полученные значения ΔC не превышают допустимых пределов $\pm(0,002 \cdot C_x + 0,1)$ пФ, полученные значения $\Delta \operatorname{tg}\delta$ не превышают допустимых пределов $\pm(0,005 \cdot \operatorname{tg}\delta_x + 0,00005)$, полученные значения ΔU не превышают допустимых пределов $\pm(0,01 \cdot U_x + 1)$ В, и полученные значения Δf не превышают допустимых пределов $\pm(0,001 \cdot f_x + 0,1)$ Гц.

11.2 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, являются:

- обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в пунктах 7, 8.2, 9, 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик поверяемого измерителя, требованиям, указанным в пункте 11.1 настоящей методики поверки;

12 Оформление результатов поверки

12.1 В соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений сведения о положительных и отрицательных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.2 Измерители, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, оформленное на бумажном носителе.

12.3 При отрицательных результатах поверки измерители признаются не годными и не допускаются к применению. На основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности, оформленное на бумажном носителе.

Зам. начальника центра 201

Ю.А. Шатохина

Начальник отдела 201/3

С.Ю. Рогожин

Начальник лаборатории 201/1.1

А.А. Кузобин