



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 Поверка должна проводиться при следующих условиях окружающей среды:

- температура окружающей среды, °C 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

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	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °C, с $\Delta = \pm 0,4$ °C;	Измеритель-регистратор комбинированный Librotech SX100-P, регистрационный № 80508-20.
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 20 до 90 % с $\Delta = \pm 3$ %;	
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 80 до 106 кПа, $\Delta = \pm 0,3$ кПа.	
п.3.2 Условия проведения поверки	Средства измерений действующих значений напряжения переменного тока от 154 до 450 В с δ не более 0,2 %; средства измерений частоты от 45 до 55 Гц с Δ не более 0,02 Гц; 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 $K_U > 1\%$).	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 поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
измерений	Рабочий эталон единицы тангенса угла потерь 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 емкости и тангенса угла потерь СА6221D-30-10, регистрационный № 70020-17;
	Эталон единицы электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока с номинальным значением от 60 до 100 пФ не ниже 1 разряда, по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 07.08.2023 г. № 1554;	Конденсатор измерительный высоковольтный КИВ-10, регистрационный № 49532-12;
	Рабочий эталон единицы электрического напряжения переменного тока не ниже с номинальным значением 100 В в диапазоне частот от 15 до 1000 Гц 3 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 18.08.2023 г. № 1706.	Калибратор универсальный 9100, регистрационный № 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». Эталоны 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 разъемов, влияющих на его работоспособность;
- соответствие требованиям комплектности и маркировки, приведенным в РЭ;
- заводской номер и модификация, нанесенные на корпус измерителя, должны быть четкими 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.

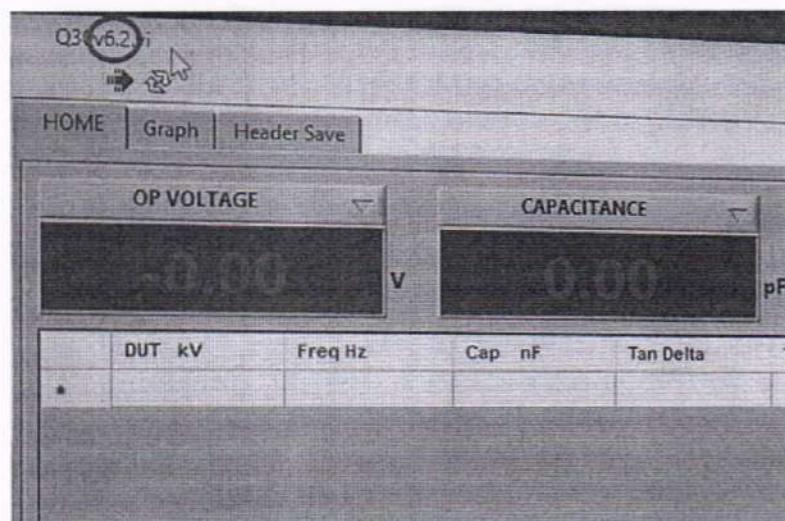


Рисунок 1 – Номер версии ПО

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. Мету, 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

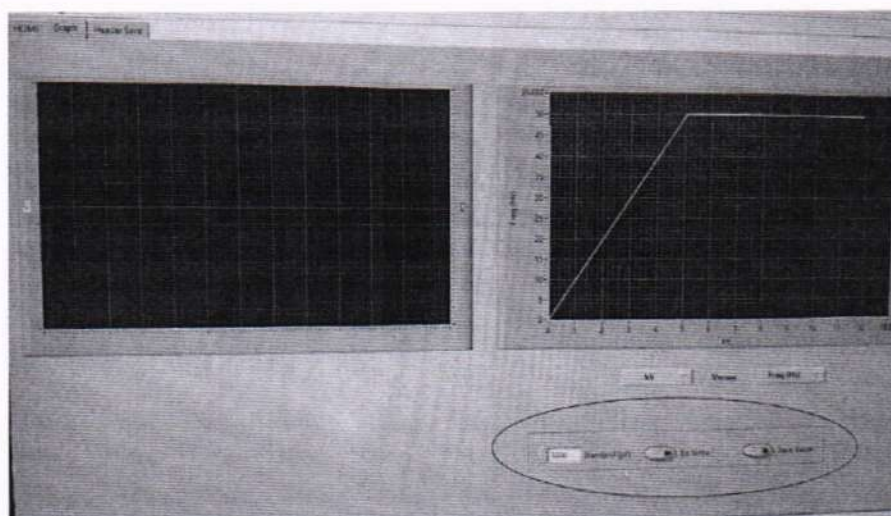


Рисунок 3 – Ввод в память моста значения емкости C_N



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, В	C_0 , пФ	C_X , пФ	ΔC , пФ	$\Delta C_{\text{доп}}$, 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 СА6221D-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 $\text{tg}\delta$, 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 емкости и тангенса угла потерь

U, кВ	C_0 , пФ	$\text{tg}\delta_0$	C_x , пФ	$\text{tg}\delta_x$	ΔC , пФ	$\Delta \text{tg}\delta$	$\Delta C_{\text{доп}}$, пФ	$\Delta \text{tg}\delta_{\text{доп}}$
10								

Где:

- C_0 и $\text{tg}\delta_0$ – действительные значения электрической емкости и тангенса угла потерь меры СА6221D-30-10;

- C_x и $\text{tg}\delta_x$ – значения электрической емкости и тангенса угла потерь, измеренные поверяемым измерителем;

- ΔC и $\Delta \text{tg}\delta$ – абсолютная погрешность измерений электрической емкости и тангенса угла потерь поверяемым измерителем;

- $\Delta C_{\text{доп}}$ и $\Delta \text{tg}\delta_{\text{доп}}$ – допустимые значения ΔC и $\Delta \text{tg}\delta$.

10.3 Проверка абсолютной погрешности измерений напряжения и частоты переменного тока

10.3.1 Проверка проводится с помощью меры Р597 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 Р597 с номинальным значением 1000 пФ, каналы C_{XA} и C_{XB} оставьте не подключенными.

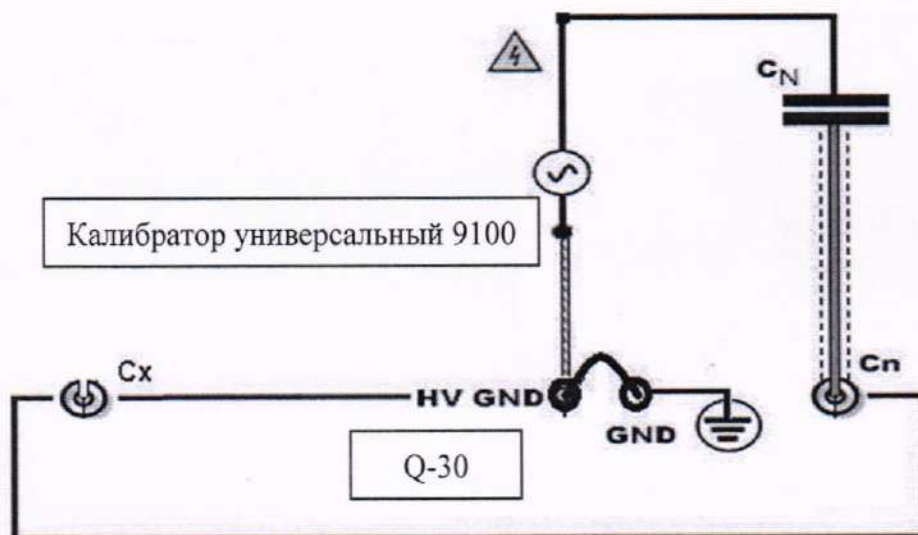


Рисунок 5 – Схема проверки погрешности измерений напряжения и частоты

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 , $\text{tg}\delta_x$, U_x , f_x из таблиц 3, 4, 5 рассчитайте погрешность измерений по формулам:

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

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

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

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

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 $\Delta \text{tg}\delta$ не превышают допустимых пределов $\pm(0,005 \cdot \text{tg}\delta_x + 0,00005)$, 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

Начальник отдела 201/3

Начальник лаборатории 201/1.1

Ю.А. Шатохина

С.Ю. Рогожин

А.А. Куцобин