



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.

Государственная система обеспечения единства измерений

Киловольтметры цифровые КВЦ

Методика поверки

МП 411136.024-2024

г. Москва
2025

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЕ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	6
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	8
5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	9
6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	9
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	9
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	10
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	10
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	11
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	15
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	18

1. Общие положения

Настоящая методика распространяется на киловольтметры цифровые КВЦ (далее – киловольтметры), изготавливаемые Обществом с ограниченной ответственностью «Завод промышленного оборудования СКАТ» (ООО «ЗПО СКАТ»), г. Волгоград, и устанавливает методы и средства их первичной и периодических поверок.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики киловольтметров

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока частотой 50 Гц, кВ для модификаций: КВЦ-10В-0,5; КВЦ-10В-0,25; КВЦ-10С-0,25 для модификаций: КВЦ-70В-1,0; КВЦ-70В-0,5; КВЦ-70С-0,25 для модификаций: КВЦ-100В-1,0; КВЦ-100В-0,5; КВЦ-100С-0,25 для модификаций: КВЦ-120В-1,0; КВЦ-120В-0,5; КВЦ-120С-0,25	от 0,1 до 10 от 1 до 70 от 1 до 100 от 1 до 120
Диапазон измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока частотой от 40 до 65 Гц, кВ для модификаций: КВЦ-10С-0,25 для модификаций: КВЦ-70С-0,25, КВЦ-100С-0,25, КВЦ-120С-0,25	от 0,1 до 10 от 1 до 10
Диапазон измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока частотой от 390 до 410 Гц, кВ для модификаций: КВЦ-10С-0,25, для модификаций: КВЦ-70С-0,25, КВЦ-100С-0,25, КВЦ-120С-0,25	от 0,1 до 10 от 1 до 10
Диапазон измерений напряжения постоянного тока, кВ для модификаций: КВЦ-10В-0,5; КВЦ-10В-0,25; КВЦ-10С-0,25 для модификаций: КВЦ-70В-1,0; КВЦ-70В-0,5; КВЦ-70С-0,25 для модификаций: КВЦ-100В-1,0; КВЦ-100В-0,5; КВЦ-100С-0,25 для модификаций: КВЦ-120В-1,0; КВЦ-120В-0,5; КВЦ-120С-0,25	от 0,1 до 10 от 1 до 70 от 1 до 100 от 1 до 120
Диапазон измерений частоты переменного тока, Гц для модификаций: КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25	от 40 до 65 и/или от 390 до 410
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока, Гц для модификаций: КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25 в диапазоне от 40 до 65 Гц для модификаций: КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25 в диапазоне от 390 до 410 Гц	±0,015 ±0,2
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока частотой 50 Гц, % для модификаций: КВЦ-70В-1,0; КВЦ-100В-1,0; КВЦ-120В-1,0 для модификаций: КВЦ-10В-0,5; КВЦ-70В-0,5; КВЦ-100В-0,5; КВЦ-120В-0,5 для модификаций: КВЦ-10В-0,25, КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25	±1,0 ±0,5 ±0,25
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока частотой от 40 до 65 Гц, % для модификаций: КВЦ-10С-0,25 (в диапазоне от 0,1 до 10 кВ) для модификаций: КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25 (в диапазоне от 1 до 10 кВ)	±0,25 ±0,25

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока частотой от 390 до 410 Гц, % для модификаций: КВЦ-10С-0,25 (в диапазоне от 0,1 до 10 кВ) для модификаций: КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25 (в диапазоне от 1 до 10 кВ)	±0,25 ±0,25
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока, % для модификаций: КВЦ-70В-1,0; КВЦ-100В-1,0; КВЦ-120В-1,0 для модификаций: КВЦ-10В-0,5; КВЦ-70В-0,5; КВЦ-100В-0,5; КВЦ-120В-0,5 для модификаций: КВЦ-10В-0,25, КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25	±1,0 ±0,5 ±0,25
Диапазон измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения, Ku, % для модификаций: КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25	от 0,5 до 30
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения при Ku(n) < 3 % для модификаций: КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25	±0,15
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения при Ku(n) ≥ 3 % для модификаций: КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25	±5

При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость киловольтметров цифровых КВЦ к государственным первичным эталонам единиц величин по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 359 от 24.02.2025 г. «Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения промышленной частоты и композитного напряжения в диапазоне от 1 до 500 кВ со спектральными составляющими от 0,3 до 50 порядка, в диапазоне частот от 15 до 2500 Гц», ГЭТ 191-2019; по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 августа 2023 г. № 1706 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц», ГЭТ 89-2008; по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 1520 от 28.07.2023 г. «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы», ГЭТ 13-2023; по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 3344 от 30.12.2022 г. «Государственная поверочная схема для средств измерений электрического напряжения постоянного тока в диапазоне от 1 до 500 кВ».

Киловольтметры цифровые КВЦ могут использоваться в качестве рабочих средств измерений, а также в качестве эталонов 2 разряда согласно приказу № 359 от 24.02.2025 г. «Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения промышленной частоты и композитного напряжения в диапазоне от 1 до 500 кВ со спектральными составляющими от 0,3 до 50 порядка, в диапазоне частот от 15 до 2500 Гц», и в качестве эталонов 2 разряда согласно приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 3344 от 30.12.2022 г. «Государственная поверочная схема для средств измерений электрического напряжения постоянного тока в диапазоне от 1 до 500 кВ».

Проверка киловольтметров должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики поверки.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки – метод прямых измерений, метод непосредственного сличения.

2. Перечень операций поверки средства измерений

2.1 Проверка киловольтметра должна проводиться в объеме и последовательности, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки средства измерений

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1. Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
2. Опробование средства измерений	да	да	8
3. Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
4. Определение метрологических характеристик.	да	да	10
4.1 Определение относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока	да	да	10.2; 10.3; 10.4
4.2 Определение относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока	да	да	10.5; 10.6
4.3 Определение погрешности измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения	да	да	10.7
4.4 Определение абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока	да	да	10.8
5. Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям	да	да	11
6. Оформление результатов поверки	да	да	12

Примечания:

- 1) при получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и киловольтметр бракуется.
- 2) при проведении поверки по согласованию с заказчиком допускается возможность проведения поверки для меньшего числа величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений, при этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

3. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства измерений, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Применяемые средства измерений при поверке

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.6 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробованию средства измерений)	<p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 до +25 °C с абсолютной погрешностью не более ±0,5 °C;</p> <p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью не более ±3 %;</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более ±0,3 кПа.</p> <p>Средства измерений напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В с относительной погрешностью не более ±1 %;</p> <p>Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 49,5 до 50,5 Гц с относительной погрешностью не более ±1 %;</p> <p>Средства измерений коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения питающей сети (K_u) в диапазоне от 0 до 30 % с абсолютной погрешностью при $K_u < 1$ % не более 0,1 при $K_u > 1$ не более 10</p>	<p>Измеритель-регистратор комбинированный librotech SX100-P, зав. № 110200005222, рег. № 80508-20;</p> <p>Прибор для измерения электроэнергетических величин и показателей качества электрической энергии Энергомонитор 3.3, рег. № 24224-03;</p> <p>Регистраторы показателей качества электрической энергии Парма РК3.01ПТ, рег. № 25731-05;</p> <p>Измерители электрических параметров качества, мощности и количества электрической энергии телеметрические LPW-305, рег. № 46877-16</p>

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.10 Определение метрологических характеристик средства измерений	<p>Эталоны единицы электрического напряжения переменного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3-го разряда по приказу № 1706 от 18 августа 2023 г. <i>в зависимости от модификации киловольтметров</i> в диапазоне измерений напряжения переменного тока частотой от 40 до 65 Гц и/или от 390 до 410 Гц с относительной погрешностью не более $\pm 0,1\%$ или $\pm 0,2\%$</p>	Калибратор многофункциональный Fluke 5720A с усилителем 5725A, рег. № 30447-05
	<p>Эталоны единицы электрического напряжения переменного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1-го разряда или 2-ого разряда по приказу № 359 от 24.02.2025 г. <i>в зависимости от модификации киловольтметра</i> в диапазоне измерений напряжения переменного тока частотой 50 Гц от 1,0 до 120 кВ с относительной погрешностью не более $\pm 0,1$; $\pm 0,2$ или $\pm 0,5\%$.</p>	<p>Рабочие эталоны единицы электрического напряжения переменного тока 1-ого или 2-ого разряда (масштабные измерительные преобразователи высокого напряжения с коэффициентом масштабного преобразования от 1 до 100000, измерительные системы высокого напряжения, киловольтметры и измерители напряжения) 3.1.ZZM.0217.2013 Мультиметр KEYSIGHT 3458A, регистрационный № 25900-03</p>

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Эталоны единицы электрического напряжения переменного тока и средства измерений в части композитного напряжения со спектральными составляющими от 0,3 до 50 порядка, частоты от 15 до 2500 Гц, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1-го разряда по приказу № 359 от 24.02.2025 г. в диапазоне измерений в зависимости от модификации от 1,0 до 12 кВ с погрешностью не более 2 % с суммарным коэффициентом спектральных составляющих напряжения от 0,5 до 30 погрешностью не более $\pm 2 \%$	Масштабные измерительные преобразователи высокого напряжения, измерительные системы высокого напряжения; Мультиметр KEYSIGHT 3458A, регистрационный № 25900-03
	Эталоны единицы электрического напряжения постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по приказу № 1520 от 28.07.2023 г. в диапазоне измерений в зависимости от модификации от 0,1 до 1000 В с относительной погрешностью не более 0,1 или 0,2 %	Калибратор многофункциональный Fluke 5720A с усилителем 5725A, регистрационный № 30447-05
	Эталоны единицы электрического напряжения постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1-го разряда или 2-ого разряда по приказу № 3344 от 30.12.2022 г. в зависимости от модификации киловольтметра в диапазоне от 1,0 до 120 кВ с относительной погрешностью не более $\pm 0,5; \pm 0,2\%; \pm 0,1\%$	Мультиметр KEYSIGHT 3458A, регистрационный № 25900-03; Рабочие эталоны единицы электрического напряжения постоянного тока 1-ого или 2-ого разряда 3.1.ZZM.0503.2022 3.1.ZZM.0351.2017 Установки У400, рег. № 11256-88

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Проверка киловольтметров должна выполняться специалистами, прошедшиими обучение в качестве поверителей данного вида средств измерений, ознакомленных с руководством по эксплуатации и освоившими работу с киловольтметрами, прошедшими проверку знаний правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок с напряжением до и выше 1000 В и имеющие группу по электробезопасности не ниже III.

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования безопасности, которые предусматривают «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ)» (Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н);
 - указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства испытаний;
 - указания по технике безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации киловольтметра;
 - средства поверки должны быть заземлены гибким медным проводом сечением не менее 4 мм²;
 - подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно осуществляться ранее других соединений. Отсоединение заземления при разборке измерительной схемы должно производиться после всех отсоединений;
 - снятие остаточного заряда на генераторе высоковольтном и на высоковольтных емкостях должно производиться посредством наложения заземления с помощью изолирующей штанги;
 - помещения, предназначенные для поверки, должны удовлетворять требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004;
 - должны быть проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 12.2.007.3-75.

Помещение для поверки должно иметь:

- шину заземления;
- аварийное освещение или переносные светильники с автономным питанием;
- средства пожаротушения;
- средства для оказания первой помощи пострадавшим.

6. Требования к условиям проведения поверки

температура окружающего воздуха, °С	от 15 до 25;
относительная влажность, %.....	от 30 до 80;
атмосферное давление, кПа.....	от 84 до 106;
частота питающей сети, Гц	от 49,5 до 50,5;
напряжение питающей сети, В	от 198 до 242;
коэффициент искажения синусоидальности	
кривой напряжения питающей сети, не более, %	5

7. Внешний осмотр средства измерений

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

- комплектность должна соответствовать паспорту;
- все органы коммутации должны обеспечивать надежность фиксации во всех позициях;
- не должно быть механических повреждений корпуса киловольтметров, органов управления, измерительных проводов, комплектующих изделий;
- наличие и различимость маркировки (все надписи должны быть четкими и ясными);
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений, следов окисления и загрязнений;
- заземляющий зажим должен иметь соответствующее обозначение;
- площадки под заземляющие зажимы должны быть без повреждений, чистыми, гладкими, без следов окисления и признаков коррозии
- соединения должны быть надежно закреплены и не иметь повреждений;

- заземляющие контакты вилки сетевого кабеля должны находиться в исправном состоянии и обеспечивать надежный электрический контакт.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если внешний вид соответствует вышеуказанным требованиям.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

- выдержать киловольтметр перед проведением поверки в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха от 15 до 25 °C не менее 2 часов.

8.2 Опробование

Опробование киловольтметра производить в следующей последовательности:

- разместить измерительные приборы на безопасном расстоянии и удобном для проведения работ месте;

- соединить блок индикации и высоковольтный измеритель напряжения межблочным кабелем;

- заземляющие клеммы измерительных приборов и поверяемого киловольтметра соединить с контуром заземления;

- включить питание киловольтметра нажав на клавишу сетевого питания расположенной на задней панели блока индикации киловольтметра;

- нажать кнопку "ПИТАНИЕ", при этом должен загореться индикатор включения питания на передней панели блока индикации, на экране жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) должно отобразиться наименование изделия, заводской номер и номер версии ПО. После этого на соответствующих полях индикатора должны отобразиться нулевые показания выходного напряжения;

- при повторном нажатии на кнопку "ПИТАНИЕ", индикатор "ПИТАНИЕ" должен погаснуть. Отключить питание киловольтметра.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если информация на ЖКИ киловольтметра отображается корректно и выполняются все вышеперечисленные требования.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

При включении киловольтметра на ЖКИ в нижней строке отображается версия ПО, Отображение экрана показано на рисунке 1.

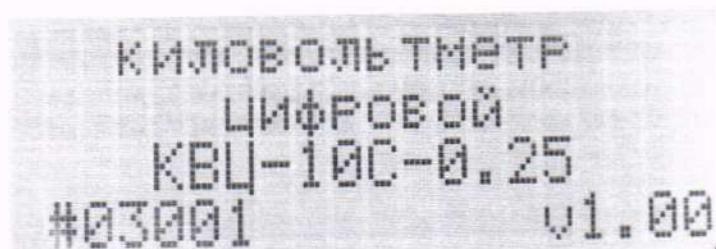


Рисунок 1 – Экран при запуске киловольтметра

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если версия ПО не ниже 1.00. При невыполнении вышеуказанных требований поверка прекращается, и киловольтметр бракуется.

10. Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Метрологические характеристики, подлежащие определению приведены в таблице 1.

10.2 Определение относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока:

a) частотой от 40 до 65 Гц в диапазоне от 0,1 до 1,0 кВ

- собрать схему, приведенную на рисунке 1;

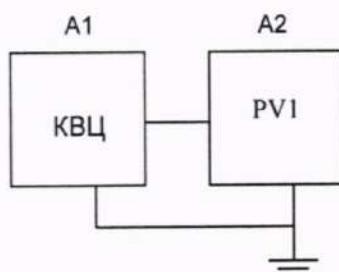


Рисунок 1 – Структурная схема для определения относительной погрешности измерений напряжения переменного и постоянного тока от 100 до 1000 В

A1 – поверяемый киловольтметр КВЦ

A2 – блок калибратора.

- подключить эталонный калибратор измерительным кабелем к киловольтметру, заземлить приборы;

- включить калибратор и киловольтметр, перевести приборы в режим измерений напряжения переменного тока;

- последовательно устанавливать на выходе калибратора следующие значения напряжения переменного тока частотой 40 Гц:

для модификаций: КВЦ-10В-0,5*, КВЦ-10В-0,25*, КВЦ-10С-0,25:

$$0,1^{+0,1} \text{ кВ}; (0,2 \pm 0,1) \text{ кВ}; (0,5 \pm 0,1) \text{ кВ}; (0,7 \pm 0,1) \text{ кВ}; (1 \pm 0,1) \text{ кВ}$$

и фиксировать соответствующие измеренные значения напряжения киловольтметром;

- повторить поочередно измерения при частотах 50 и 65 Гц;

- отключить питание киловольтметра и калибратора;

- рассчитать относительную погрешность измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока синусоидальной формы частотой от 40 до 65 Гц для каждого значения напряжения и частоты по формуле (11.1);

Примечание: * - отмеченные модификации проверять только на частоте 50 Гц.

b) частотой от 390 до 410 Гц в диапазоне от 0,1 до 1,0 кВ

для модификаций: КВЦ-10С-0,25:

- последовательно устанавливать на выходе калибратора следующие значения напряжения переменного тока частотой 390 Гц:

$$0,1^{+0,1} \text{ кВ}; (0,2 \pm 0,1) \text{ кВ}; (0,5 \pm 0,1) \text{ кВ}; (0,7 \pm 0,1) \text{ кВ}; (1 \pm 0,1) \text{ кВ}$$

и фиксировать соответствующие измеренные значения напряжения киловольтметром;

- повторить поочередно измерения на частотах 400 и 410 Гц

- отключить питание киловольтметра и калибратора;

- рассчитать относительную погрешность измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока синусоидальной формы частотой от 390 до 410 Гц для каждого значения напряжения и частоты по формуле (11.1).

10.3 Определение относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока синусоидальной формы частотой 50 Гц выше 1000 В

- собрать схему, приведенную на рисунке 2;

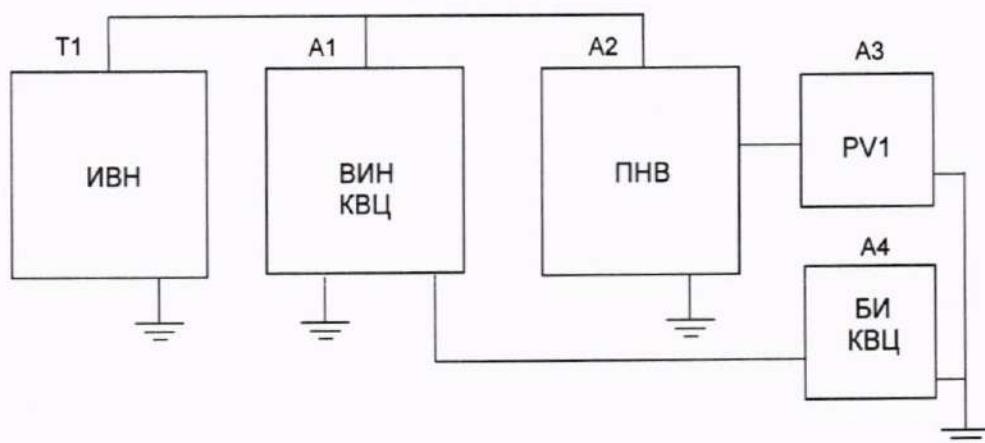


Рисунок – 2 Структурная схема для проверки диапазона измерений и определения относительной погрешности измерений напряжения постоянного и переменного тока

T1 – источник высоковольтного напряжения (ИВН) постоянного/переменного;
 A1 – высоковольтный измеритель напряжения (ВИН) КВЦ;
 A2 – эталонный преобразователь напряжения высоковольтный (ПНВ);
 A3 – эталонный вольтметр;
 A4 – блок индикации КВЦ

- подключить высоковольтный выход ИВН к высоковольтным входам ВИН киловольтметра КВЦ и ПНВ, соединить межблочным кабелем ВИН и БИ киловольтметра КВЦ, подключить эталонный вольтметр, заземлить все приборы;

- включить ИВН и киловольтметр, перевести все приборы в режим измерения напряжения переменного тока;

- при помощи ИВН последовательно устанавливать на выходе поверяемого киловольтметра следующие значения напряжения переменного тока частотой 50 Гц:
для модификаций киловольтметров: КВЦ-10В-0,5, КВЦ-10В-0,25, КВЦ-10С-0,25

$$1^{+0,1} \text{ кВ}; (3 \pm 0,1) \text{ кВ}; (5 \pm 0,1) \text{ кВ}; (7 \pm 0,1) \text{ кВ}; 10_{-0,1} \text{ кВ}$$

и фиксировать соответствующие измеренные значения напряжения эталонным вольтметром;

- отключить питание киловольтметра и используемых средств измерений;
 - провести операции поверки по п. 10.3 в той же последовательности, устанавливая на выходе поверяемого киловольтметра следующие значения напряжения переменного тока частотой 50 Гц:

для модификаций киловольтметров:

КВЦ-70В-1,0, КВЦ-70В-0,5, КВЦ-70С-0,25:

$$1^{+0,2} \text{ кВ}; (10 \pm 0,2) \text{ кВ}; (25 \pm 0,2) \text{ кВ}; (40 \pm 0,2) \text{ кВ}; (50 \pm 0,2) \text{ кВ}; 70_{-0,2} \text{ кВ};$$

для модификаций киловольтметров:

КВЦ-100В-1,0, КВЦ-100В-0,5, КВЦ-100С-0,25

$$1^{+0,2} \text{ кВ}; (15 \pm 0,2) \text{ кВ}; (30 \pm 0,2) \text{ кВ}; (60 \pm 0,2) \text{ кВ}; (80 \pm 0,2) \text{ кВ}; 100_{-0,2} \text{ кВ};$$

для модификаций киловольтметров: КВЦ-120В-1,0, КВЦ-120В-0,5, КВЦ-120С-0,25

$$1^{+0,5} \text{ кВ}; (20 \pm 0,5) \text{ кВ}; (40 \pm 0,5) \text{ кВ}; (70 \pm 0,5) \text{ кВ}; (90 \pm 0,5) \text{ кВ}; 120_{-0,5} \text{ кВ}$$

и фиксировать соответствующие измеренные значения напряжения эталонным вольтметром;

- отключить питание киловольтметра и используемых средств измерений;
- рассчитать относительную погрешность измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока синусоидальной формы частотой 50 Гц для каждого значения напряжения по формуле (11.2).

10.4 Определение относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока частотой 400 Гц напряжением свыше 1000 В

- подключить к высоковольтной части ГЭТ 191 -2019 поверяемый киловольтметр;
- включить и перевести все приборы в режим измерений напряжения переменного тока;
- последовательно устанавливать на выходе ГЭТ 191-2019 следующие значения напряжения переменного тока частотой 400 Гц:

для модификаций киловольтметра КВЦ-10С-0,25, КВЦ-70С-0,25, КВЦ-100С-0,25, КВЦ-120С-0,25:

$$1^{+0,1} \text{ кВ}; (3 \pm 0,1) \text{ кВ}; (5 \pm 0,1) \text{ кВ}; (7 \pm 0,1) \text{ кВ}; 10_{-0,1} \text{ кВ}$$

и фиксировать соответствующие измеренные значения поверяемым киловольтметром;

- отключить питание киловольтметра и используемых средств измерений;
- рассчитать относительную погрешность измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока частотой 400 Гц для каждого значения напряжения по формуле (11.2).

10.5 Определение относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока до 1000 В

- собрать схему, приведенную на рисунке 1;
- подключить эталонный калибратор измерительным кабелем к поверяемому киловольтметру, заземлить приборы;
- включить калибратор и киловольтметр, перевести приборы в режим измерений напряжения постоянного тока;
- последовательно устанавливать на выходе калибратора следующие значения напряжения постоянного тока:

для модификаций киловольтметров: КВЦ-10В-0,5, КВЦ-10В-0,25, КВЦ-10С-0,25:

$$0,1^{+0,1} \text{ кВ}; (0,2 \pm 0,1) \text{ кВ}; (0,5 \pm 0,1) \text{ кВ}; (0,7 \pm 0,1) \text{ кВ}; (1 \pm 0,1) \text{ кВ}$$

и фиксировать соответствующие измеренные значения напряжения поверяемым киловольтметром;

- отключить питание поверяемого киловольтметра и калибратора;
- рассчитать относительную погрешность измерений напряжения постоянного тока для каждого значения напряжения по формуле (11.3).

10.6 Определение относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока свыше 1000 В

- собрать схему, приведенную на рисунке 2;
- подключить высоковольтный выход ИВН к высоковольтным входам ВИН киловольтметра КВЦ и ПНВ, соединить межблочным кабелем ВИН и БИ киловольтметра КВЦ, подключить эталонный вольтметр к ПНВ, заземлить все приборы;
- включить ИВН и киловольтметр, перевести все приборы в режим измерения напряжения постоянного тока;

- при помощи ИВН последовательно устанавливать на выходе поверяемого киловольтметра следующие значения напряжения постоянного тока:

для модификаций киловольтметров: КВЦ-10В-0,5, КВЦ-10В-0,25, КВЦ-10С-0,25:

$$1^{+0,1} \text{ кВ}; (3 \pm 0,1) \text{ кВ}; (5 \pm 0,1) \text{ кВ}; (7 \pm 0,1) \text{ кВ}; 10_{-0,1} \text{ кВ}$$

и фиксировать соответствующие измеренные значения напряжения эталонным вольтметром;

- отключить питание киловольтметра и используемых средств измерений;
- провести аналогично вышеуказанные операции в той же последовательности, устанавливая на выходе поверяемого киловольтметра следующие значения напряжения постоянного тока:

для модификации киловольтметров: КВЦ-70В-1,0, КВЦ-70В-0,5, КВЦ-70С-0,25:

$$1^{+0,2} \text{ кВ}; (10 \pm 0,2) \text{ кВ}; (25 \pm 0,2) \text{ кВ}; (40 \pm 0,2) \text{ кВ}; (50 \pm 0,2) \text{ кВ}; 70_{-0,2} \text{ кВ};$$

для модификации киловольтметра: КВЦ-100В-1,0, КВЦ-100В-0,5, КВЦ-100С-0,25:

$$1^{+0,2} \text{ кВ}; (15 \pm 0,2) \text{ кВ}; (30 \pm 0,2) \text{ кВ}; (60 \pm 0,2) \text{ кВ}; (80 \pm 0,2) \text{ кВ}; 100_{-0,2} \text{ кВ};$$

для модификации киловольтметра: КВЦ-120В-1,0, КВЦ-120В-0,5, КВЦ-120С-0,25:

$$1^{+0,5} \text{ кВ}; (20 \pm 0,5) \text{ кВ}; (40 \pm 0,5) \text{ кВ}; (70 \pm 0,5) \text{ кВ}; (90 \pm 0,5) \text{ кВ}; 120_{-0,5} \text{ кВ}$$

и фиксировать соответствующие измеренные значения напряжения эталонным вольтметром;

- отключить питание киловольтметра и используемых средств измерений;
- рассчитать относительную погрешность измерений напряжения постоянного тока для каждого значения напряжения по формуле (11.4).

10.7 Определение погрешности измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения

Определение погрешности измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения проводить посредством ГЭТ 191 для каждого значения измеренного напряжения в следующей последовательности только для **модификаций** КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25:

- подключить к высоковольтной части ГЭТ 191-2019 поверяемый киловольтметр;
- включить и перевести все приборы в режим измерения напряжения переменного тока;
- установить на ГЭТ композитный сигнал напряжения значением 1, 50, 80 % основной частоты с суммарным коэффициентом спектральных составляющих напряжения 1,5; 5,0; 10 %;
- зафиксировать значение суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения на КВЦ и на измерительной части ГЭТ 191;
- по окончании измерений отключить киловольтметр и приборы согласно их РЭ;
- рассчитать абсолютную (при $Ki(n) < 3\%$) или относительную (при $Ki(n) \geq 3\%$) погрешность измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения по формулам (11.5) и (11.6).

10.8 Определение абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока

Определение погрешности измерений частоты переменного тока проводить посредством ГЭТ 191 в следующей последовательности только для **модификаций** КВЦ-10С-0,25; КВЦ-70С-0,25; КВЦ-100С-0,25; КВЦ-120С-0,25:

- подключить к высоковольтной части ГЭТ 191-2019 поверяемый киловольтметр;
- посредством ГЭТ 191 подать сигнал со следующими параметрами: $U_{RMS}=2,5 \text{ кВ}$, $f=40 \text{ Гц}$) на поверяемый киловольтметр и измерительную часть ГЭТ 191-2019, зафиксировать измеренные значения;

- поочередно провести измерения на частотах $f=50, 65, 390, 400, 410$ Гц, при этом значение напряжения не изменять;
- рассчитать абсолютную погрешность измерений частоты переменного тока по формуле (11.7).

11. Подтверждения соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при определении относительной погрешности измерений напряжения переменного тока частотой от 40 до 65 Гц и от 390 до 410 Гц до 1000 В

Обработку результатов измерений проводить в следующей последовательности:

- рассчитать относительную погрешность измерений для каждого значения напряжения до 1000 В по формуле (11.1):

$$\delta_U = \frac{U_x \cdot 1000 - U_0}{U_0} \cdot 100, \% \quad (11.1),$$

где U_x – измеренное киловольтметром значение напряжения переменного тока, кВ;

U_0 – показание эталонного прибора, В

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока во всех проверяемых точках, рассчитанные по формуле (11.1) не превышают значений указанных в таблице 1 настоящей методики для соответствующих модификаций киловольтметра.

11.2 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при определении относительной погрешности измерений напряжения переменного тока частотой 50 Гц выше 1000 В

Обработку результатов измерений проводить в следующей последовательности:

- рассчитать относительную погрешность измерений для каждого значения напряжения выше 1000 В по формуле (11.2):

$$\delta_U = \frac{U_x \cdot 1000 - U_0 \cdot Kd}{U_0 \cdot Kd} \cdot 100, \% \quad (11.2),$$

где U_x – измеренное киловольтметром значение напряжения переменного тока, кВ;

U_0 – показание эталонного прибора, В;

Kd – коэффициент преобразования (коэффициент деления или коэффициент трансформации в зависимости от используемого преобразователя напряжения).

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока во всех проверяемых точках, рассчитанные по формуле (11.2) не превышают значений, указанных в таблице 1 настоящей методики для соответствующих модификаций киловольтметра.

В случае положительного результата поверки делают вывод о соответствии поверяемого киловольтметра требованиям предъявляемым к рабочим эталонам 2 разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 359 от 24.02.2025 г. «Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения промышленной частоты и композитного напряжения в диапазоне от 1 до 500 кВ со спектральными составляющими от 0,3 до 50 порядка, в диапазоне частот от 15 до 2500 Гц»: доверительные границы относительных погрешностей рабочих эталонов 2-го разряда, при доверительной вероятности $P=0,95$ или пределы допускаемой

относительной погрешности напряжения составляют в части напряжения переменного тока промышленной частоты от $\pm 0,3$ до $\pm 1,0 \%$.

11.3 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при определении относительной погрешности измерений напряжения переменного тока частотой 400 Гц выше 1000 В

Обработку результатов измерений проводят в следующей последовательности:

- рассчитать относительную погрешность измерений для каждого значения напряжения выше 1000 В по формуле (11.2):

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения относительной погрешности измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока во всех проверяемых точках, рассчитанные по формуле (11.2) не превышают значений, указанных в таблице 1 настоящей методики для соответствующих модификаций киловольтметра.

11.4 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при определении относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока до 1000 В

Обработку результатов измерений проводят в следующей последовательности:

- рассчитать относительную погрешность измерений для каждого значения напряжения до 1000 В по формуле (11.3):

$$\delta_U = \frac{U_x \cdot 1000 - U_0}{U_0} \cdot 100, \% \quad (11.3),$$

где U_x – измеренное киловольтметром значение напряжения постоянного тока, кВ;

U_0 – показание эталонного прибора, В

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока во всех проверяемых точках, рассчитанные по формуле (11.3) не превышают значений, указанных в таблице 1 настоящей методики для соответствующих модификаций киловольтметра.

11.5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при определении относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока выше 1000 В

Обработку результатов измерений проводить в следующей последовательности:

- рассчитать относительную погрешность измерений для каждого значения напряжения выше 1000 В по формуле (11.4).

$$\delta_U = \frac{U_x \cdot 1000 - U_0 \cdot Kd}{U_0 \cdot Kd} \cdot 100, \% \quad (11.4),$$

где U_x – измеренное киловольтметром значение напряжения постоянного тока, кВ;

U_0 – показание эталонного прибора, В;

Kd – коэффициент преобразования (коэффициент деления или коэффициент трансформации в зависимости от используемого преобразователя напряжения).).

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока во всех проверяемых точках, рассчитанные по формуле (11.4) не превышают значений, указанных в таблице 1 настоящей методики для соответствующих модификаций киловольтметра.

В случае положительного результата поверки делают вывод о соответствии поверяемого киловольтметра требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 2 разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и

метрологии № 3344 от 30.12.2022 г. «Государственная поверочная схема для средств измерений электрического напряжения постоянного тока в диапазоне от 1 до 500 кВ»: доверительные границы относительных погрешностей рабочих эталонов 2-го разряда, при доверительной вероятности $P=0,95$ или пределы допускаемой относительной погрешности не должны превышать $\pm (0,1 \div 1,0) \%$.

11.6 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при определении погрешности измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения

- рассчитать абсолютную (при $Ku(n) < 3 \%$) погрешность измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения по формулам (11.5):

$$\Delta_{KU} = K_x - K_o \quad (11.5),$$

где: Δ_{KU} – абсолютная погрешность измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения;

K_x – суммарный коэффициент спектральных составляющих напряжения, измеренный поверяемым киловольтметром;

K_o – суммарный коэффициент спектральных составляющих напряжения, измеренный ГЭТ 191;

- рассчитать относительную (при $Ku(n) \geq 3 \%$) погрешность измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения по формулам (11.6):

$$\delta_{KU} = \frac{K_x - K_o}{K_o} \cdot 100, \% \quad (11.6),$$

где: δ_{KU} – относительная погрешность измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения;

K_x – суммарный коэффициент спектральных составляющих напряжения, измеренный поверяемым киловольтметром;

K_o – суммарный коэффициент спектральных составляющих напряжения, измеренный ГЭТ 191;

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если:

- абсолютная погрешность измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения при $Ku(n) < 3 \%$ не превышает $\pm 0,15 \%$;

- относительная погрешность измерений суммарного коэффициента спектральных составляющих напряжения при $Ku(n) \geq 3 \%$ не превышает $\pm 5 \%$.

11.7 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при определении абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока

Обработку результатов измерений проводить в следующей последовательности:

- рассчитать абсолютную погрешность измерений частоты переменного тока по формуле (11.7):

$$\Delta_f = f_x - f_o \quad (11.7),$$

где: Δ_f – абсолютная погрешность измерений частоты переменного тока, Гц;

f_x – показание киловольтметра, Гц;

f_o – установленное значение частоты, Гц.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если абсолютная погрешность измерений частоты переменного тока от 40 до 65 Гц не превышает $\pm 0,015$ Гц, частоты переменного тока от 390 до 410 Гц не превышает $\pm 0,2$ Гц.

12. Оформление результатов поверки

Результаты поверки в целях подтверждения поверки согласно Приказу Минпромторга России № 2510 от 31 июля 2020 г. «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

Положительные результаты поверки (подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) оформляют в соответствии с приказом Минпромторга № 2510 от 31.07.2020 г. На средство измерений наносят знак поверки и (или) вносят в паспорт запись о проведенной поверке, заверяя подпись поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки. По письменному заявлению владельца средства измерений оформляется свидетельство о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством.

При отрицательных результатах поверки (не подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям) оформляют извещение о непригодности установленной формы в соответствии с действующим законодательством с указанием причин. Знак поверки и свидетельство о поверке аннулируют. В паспорт вносят запись о непригодности с указанием причин.

При проведении поверки в сокращенном объеме информация об объеме проведенной поверки согласно Приказу Минпромторга России № 2906 от 28 августа 2020 г. «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений» передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

Зам. начальника центра 201 ФГБУ «ВНИИМС»


Ю.А.Шатохина

Зам. начальника лаборатории 201/1.2 ФГБУ «ВНИИМС»


Е.Б. Селиванова