

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГУП «ВНИИМС»)**

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ООО «Смарт Энерго»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора ФГУП «ВНИИМС»
по производственной метрологии

_____ Д.Н. Краев
"16" _____ 02 _____ 2020 г.
«Смарт Энерго»
М.П. «Smart Energo»
LLC

_____ Н.В. Иванникова
"16" _____ 02 _____ 2020 г.
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ФГУП «ВНИИМС»
М.П.

Государственная система обеспечения единства измерений

**КОНДЕНСАТОРЫ
ГАЗОНАПОЛНЕННЫЕ
МСР**

Методика поверки
МП 206.1-024-2020

г. Москва
2020

Настоящая методика поверки распространяется на конденсаторы газонаполненные МСР (далее - конденсаторы), изготавливаемые HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH, Германия, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

На поверку представляются конденсаторы, укомплектованные в соответствии с руководством по эксплуатации, и комплект следующей технической и нормативной документации:

- руководство по эксплуатации;
- методика поверки.

Интервал между поверками – 2 года.

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

РМГ 51-2002 «ГСИ. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения»;

Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержден Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 г. № 1815;

ПР 50.2.012-94 «ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств измерений»;

ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»;

ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения»;

ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;

ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;

«Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» 04.08.2014 г.;

«Правила эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Главгосэнергонадзором.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 - Перечень операций при первичной и периодических поверках

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2 Проверка электрической прочности	8.2		
3 Опробование	8.3	Да	Да
4 Проверка относительной погрешности воспроизведения емкости	8.4	Да	Да
5 Проверка относительной погрешности коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока *	8.5	Да	Да

Примечание: * - проверка проводится только при наличии блока плеча низкого напряжения C_{LV} в комплекте поставки.

3. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны применяться основные и вспомогательные средства, указанные в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 - Основные средства поверки

Наименование	Требуемые технические характеристики		Рекомендуемый тип	Количество	Номер пункта методики поверки
	Диапазон измерения	Погрешность или класс точности			
1	2	3	4	5	6
Конденсатор измерительный высоковольтный	от 46 до 102 пФ до 200 кВ	$\pm 0,05$ %	КИВ	1	8.4
Мост переменного тока высоковольтный автоматический	от 10 до 100 пФ	$\pm 0,01$ %	СА7100	1	8.3, 8.4, 8.5
Делитель напряжения	от 1 до 400 кВ	$\pm 0,5$ %	ДН-400э	1	8.5
Вольтметр универсальный	до 750 В	$\pm 0,5$ %	GDM-78255A	2	8.5

Таблица 3 - Вспомогательные средства поверки

Наименование	Требуемые технические характеристики		Рекомендуемый тип	Количество	Номер пункта методики поверки
	Диапазон измерения	Погрешность или класс точности			
1	2	3	4	5	6
Измеритель нелинейных искажений	20 Гц - 200 кГц 20 Гц - 1 МГц	$\pm(0,05 \cdot K_{гк} + 0,06)$ % $\pm(0,05 \cdot K_{гк} + 0,02)$ %; $\pm(0,1 \cdot K_{гк} + 0,1)$ %;	С6-11	1	6.2
Термометр ртутный лабораторный	от 0 до 50 °С	± 1 °С	ТЛ-4	1	6.1
Барометр-анероид метеорологический	от 80 до 106 кПа	± 200 Па	БАММ-1	1	6.1
Психрометр аспирационный	от 10 до 100 %	± 1 %	М-34-М	1	6.1
Установка для испытания высоким напряжением	до 800 кВ	± 3 %	УИВ	1	8.2, 8.3, 8.4

3.2 Для проведения поверки допускается применение других средств, не приведенных в таблицах 2 и 3, при условии обеспечения ими необходимой точности измерений.

3.3 Контрольно-измерительная аппаратура и средства измерений, применяемые при поверке, должны обеспечивать требуемую точность и иметь действующие свидетельства о поверке, сертификаты калибровки или аттестаты.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускают поверителей 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 и имеющих стаж работы по данному виду измерений не менее 1 года.

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

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны соблюдаться требования ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», «Правил эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Главгосэнергонадзором.

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

6 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверка должна проводиться при нормальных условиях применения:

- температура окружающей среды, °С от 15 до 25;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106;
- относительная влажность воздуха, % от 10 до 80.

6.2 Напряжение питающей сети переменного тока частотой 50 Гц, действующее значение напряжения 220 В. Допускаемое отклонение от нормального значения при поверке ± 22 В. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения не более 5 %.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

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

7.2 До проведения поверки поверителю надлежит ознакомиться с эксплуатационной документацией на делитель и входящие в его комплект компоненты.

8 МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

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

- комплектность должна соответствовать данным, приведенным в руководстве по эксплуатации;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений, следов окисления и загрязнений;
- маркировка и функциональные надписи должны читаться и восприниматься однозначно;
- наружные поверхности корпуса, разъемы, соединительные кабели и органы управления не должны иметь механических повреждений и деформаций, которые могут повлиять на работоспособность.

При несоответствии по вышеперечисленным позициям конденсатор бракуется и направляется в ремонт.

8.2 Проверка электрической прочности

8.2.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 1.



Рисунок 1 - Схема проверки электрической прочности

8.2.2 Сигнальные выводы конденсатора должны быть закорочены на корпус, соединённый с шиной заземления.

8.2.3 С установки УИВ подайте на поверяемый конденсатор напряжение, равное его номинальному значению $U_{ном}$ и выдержите в течение 1 минуты.

8.2.4 Результаты считаются удовлетворительными, если не произошло пробоя или перекрытия изоляции при подаче испытательного напряжения.

8.3 Опробование

8.3.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 2.

8.3.2 Включите приборы и дайте им прогреться.



Рисунок 2 - Схема измерений электрической емкости

8.3.3 В меню моста CA 7100 (далее – моста) введите паспортное значение дополнительной емкости C_2 .

8.3.4 Задайте с установки УИВ значение выходного напряжения, равное $0,1 \cdot U_{ном1}$ для поверяемой модификации конденсатора и произведите измерения значения основной емкости C_1 . Напряжение контролируйте по встроенной в установку УИВ измерительную систему или показаниям моста.

8.3.5 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если измеренное значение основной емкости C_1 отличается от паспортного не более, чем на $\pm 0,5\%$.

8.4 Проверка относительной погрешности воспроизведения емкости

8.4.1 Прямые измерения

8.4.1.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 3.

8.4.1.2 Включите приборы и дайте им прогреться.

8.4.1.3 В меню моста CA 7100 (далее – моста) введите паспортное значение емкости C_3 конденсатора КИВ-330, используемого в качестве эталона.

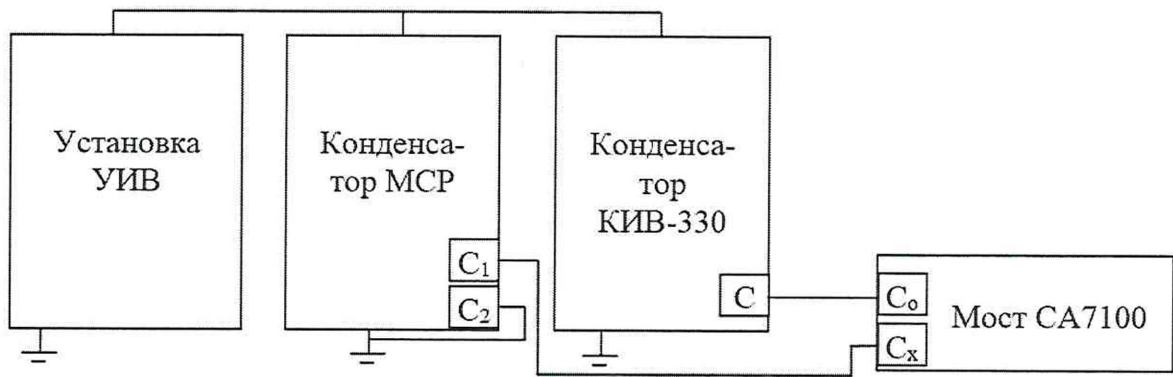


Рисунок 3 - Схема прямых измерений электрической емкости

8.4.1.4 Подключите кабель с выхода конденсатора КИВ-330 к разъему C_0 моста, а с выхода основной емкости C_1 поверяемого конденсатора ко входу C_x моста. Сигнальный вывод дополнительной емкости C_2 поверяемого конденсатора должен быть закорочен на корпус, соединённый с шиной заземления.

8.4.1.5 Произведите измерения емкости C_1 задавая последовательно с установки УИВ значения выходного напряжения U_x в соответствии с таблицей 4 для поверяемой модификации. Результаты измерений занесите в таблицу 5.

8.4.1.6 Переключите кабель с выхода дополнительной емкости C_2 поверяемого конденсатора ко входу C_x моста, а сигнальный вывод основной емкости C_1 поверяемого конденсатора закоротите на корпус, соединённый с шиной заземления. Для модификации МСР 100 операции по п.п. 8.4.1.6 - 8.4.1.7 не производятся из-за отсутствия дополнительной емкости C_2 .

8.4.1.7 Произведите измерения емкости C_2 задавая последовательно с установки УИВ значения выходного напряжения U_x в соответствии с таблицей 4 для поверяемой модификации. Результаты измерений занесите в таблицу 5.

Таблица 4 - Напряжения, при которых проводится поверка по схеме прямых измерений электрической емкости

Модификация	Напряжение в поверяемых точках U_x , кВ				
	10	30	50	75	100
МСР 100	10	30	50	75	100
МСР 200	20	50	100	150	200
МСР 300	30	75	150	200	-
МСР 350	35	100	200	-	-
МСР 400	40	100	200	-	-
МСР 500	50	125	200	-	-
МСР 600	60	130	200	-	-
МСР 700	70	135	200	-	-
МСР 800	80	140	200	-	-

8.4.1.8 По окончании измерений снимите высокое напряжение, отключите и заземлите установку.

8.4.1.9 Рассчитайте значения погрешности воспроизведения емкости по формуле:

$$\delta C = 100 \cdot (C_x - C_0) / C_0, \% \quad (1)$$

где:

C_0 – паспортное значение емкостей C_1 и C_2 , пФ;

C_x – значение емкости C_1 и C_2 , измеренное мостом СА7100, пФ.

8.4.1.10 Результаты расчетов занесите в таблицу 5.

Таблица 5 - Результаты прямых измерений электрической емкости

U _х , кВ	C _{э1} , пФ	C _{х1} , пФ	C _{э2} , пФ	C _{х2} , пФ	Погрешность δC ₁ , %	Погрешность δC ₂ , %	Допускаемый предел δC _д , %
							±0,1

Где:

C_{э1} и C_{х1} – паспортное и измеренное значение основной емкости C₁, пФ;

C_{э2} и C_{х2} – паспортное и измеренное значение дополнительной емкости C₂, пФ.

δC₁ и δC₂ – значения погрешности воспроизведения емкости C₁ и C₂, соответственно.

8.4.1.11 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешностей измерений δC₁ и δC₂ не превышают пределов δC_д, указанных в таблице 5.

8.4.2 Проверка линейности

8.4.2.1 Проверка линейности проводится только для конденсаторов с U_{ном} от 300 кВ.

8.4.2.2 Соберите схему, приведенную на рисунке 2.

8.4.2.3 Включите приборы и дайте им прогреться.

8.4.2.4 В меню моста введите паспортное значение дополнительной емкости C₂.

8.4.2.5 Произведите измерения емкости C₁ задавая последовательно с установки УИВ значения выходного напряжения U_х в соответствии с таблицей 6 для поверяемой модификации. Результаты измерений занесите в таблицу 7.

Таблица 6 - Напряжения, при которых проводится проверка линейности

Модификация	Напряжение в поверяемых точках U _х , кВ				
	150	200	225	260	300
МСП 300	150	200	225	260	300
МСП 350	200	250	300	350	-
МСП 400	200	250	300	350	400
МСП 500	200	275	350	425	500
МСП 600	200	300	400	500	600
МСП 700	200	350	475	600	700
МСП 800	200	350	500	650	800

Таблица 7 - Результаты поверки линейности

U _х , кВ	C _{х1} , пФ	Погрешность δC _л , %	Допускаемый предел δC _{лд} , %
			±0,1

8.4.2.6 Рассчитайте значение линейности конденсатора по формуле:

$$\delta C_{л} = 100 \cdot (1 - C_{х1} / C_{х1\text{мин}}), \% \quad (2)$$

где:

- C_{x1} - измеренное значение емкости C_1 , полученное для каждого значения напряжения в соответствии с таблицей 6;
- $C_{x1\text{мин}}$ - измеренное значение емкости C_1 , полученное при минимальном значении напряжения в соответствии с таблицей 6.

Результаты вычислений занесите в таблицу 7.

8.4.2.7 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения $\delta C_{л}$ не превышают пределов $\delta C_{лд}$, указанных в таблице 7.

8.5 Проверка относительной погрешности коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока

8.5.1 Прямые измерения

8.5.1.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 4.

ВНИМАНИЕ! При проведении всех измерений для передачи сигнала от нижнего плеча поверяемого конденсатора к вольтметру должен использоваться штатный кабель, поставляемый вместе с ним.

8.5.1.2 Включите приборы и дайте им прогреться. На вольтметрах GDM-78255A (далее – вольтметры) установите режим работы на напряжении переменного тока.

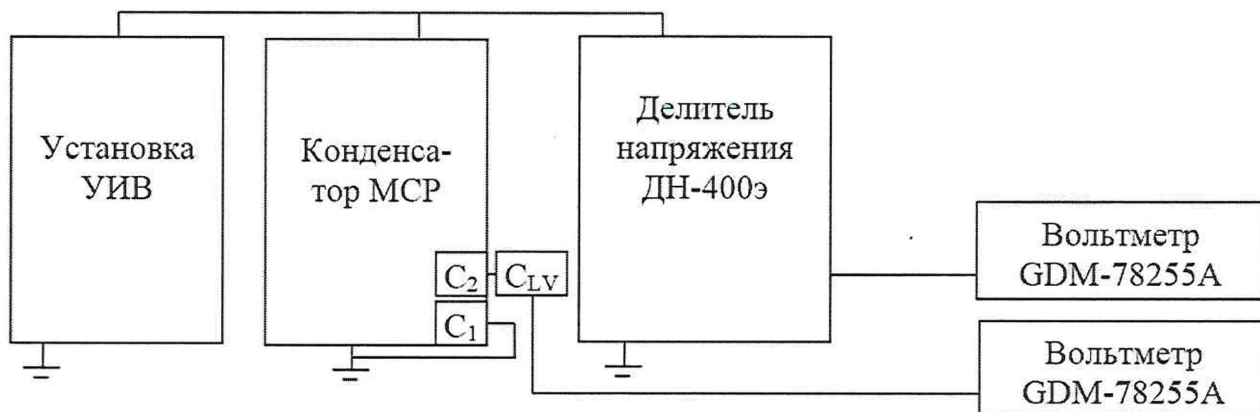


Рисунок 4 - Схема прямых измерений коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока

8.5.1.3 Произведите измерения напряжений U_x на выходе нижнего плеча поверяемого конденсатора задавая последовательно с установки УИВ значения напряжений $U_{ном}$ в соответствии с таблицей 8 для поверяемой модификации. Результаты занесите в таблицу 9.

Таблица 8 - Напряжения, при которых проводится проверка по схеме прямых измерений коэффициента масштабного преобразования

Модификация	Напряжение в поверяемых точках $U_{ном}$, кВ				
	10	25	50	75	100
МСР 100	10	25	50	75	100
МСР 200	20	50	100	150	200
МСР 300	30	75	150	225	300
МСР 350	35	100	150	275	350
МСР 400	40	100	200	300	400
МСР 500	50	125	200	300	400
МСР 600	60	130	200	300	400
МСР 700	70	135	200	300	400
МСР 800	80	140	200	300	400

Таблица 9 - Результаты измерений коэффициента масштабного преобразования

$U_{\text{ном}}$, кВ	U_3 , кВ	U_x , В	Погрешность δK , %	Допускаемый предел погрешности $\delta K_{\text{доп}}$, %
				±3,0

8.5.1.4 По окончании измерений снимите высокое напряжение, отключите и заземлите установку.

8.5.1.5 Рассчитайте значения погрешности измерений коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока по формуле:

$$\delta K = 100 \cdot (U_3 / U_x - K_{\text{ном}}) / K_{\text{ном}} \quad (3)$$

где:

U_3 – значение напряжения на выходе эталонного делителя, умноженное на его коэффициент деления, кВ;

$K_{\text{ном}}$ – номинальное значение коэффициента масштабного преобразования поверяемого конденсатора с плечом низкого напряжения;

U_x – значение напряжения на выходе плеча низкого напряжения поверяемого конденсатора, В;

$U_{\text{ном}}$ – номинальные значения напряжения в поверяемой точке, кВ.

8.5.1.6 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешностей δK не превышают пределов $\delta K_{\text{доп}}$, указанных в таблице 9.

8.5.2 Проверка линейности

8.5.2.1 Проверка линейности проводится только для конденсаторов с $U_{\text{ном}}$ свыше 500 кВ.

8.5.2.2 Соберите схему, приведенную на рисунке 5.



Рисунок 5 - Схема проверки линейности при измерении коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока

8.5.2.3 Включите приборы и дайте им прогреться. На вольтметре установите режим работы на напряжении переменного тока.

8.5.2.4 В меню моста СА 7100 (далее – моста) введите паспортное значение основной емкости C_1 поверяемого конденсатора.

8.5.2.5 Произведите измерения напряжений U_x на выходе нижнего плеча поверяемого

го конденсатора задавая последовательно с установки УИВ значения напряжений $U_{ном}$ в соответствии с таблицей 10 для поверяемой модификации. Результаты занесите в таблицу 11.

Таблица 10 - Напряжения при которых проводится поверка по линейности при измерении коэффициента масштабного преобразования

Модификация	Напряжение в поверяемых точках $U_{ном}$, кВ				
	МСП 500	200	275	350	425
МСП 600	250	350	450	550	600
МСП 700	300	400	500	600	700
МСП 800	300	425	550	675	800

Таблица 11 - Результаты проверки линейности

$U_{ном}$, кВ	U_3 , кВ	U_x , В	K_L	δK_L , %	Допускаемый предел $\delta K_{Лдоп}$, %

где:

U_3 – значение напряжения измеренное мостом СА 7100, кВ;

K_L – полученное значение коэффициента масштабного преобразования поверяемого конденсатора с плечом низкого напряжения;

U_x – значение напряжения на выходе плеча низкого напряжения поверяемого конденсатора, В;

$U_{ном}$ – номинальные значения напряжения в поверяемой точке, кВ.

8.5.2.6 Рассчитайте полученный коэффициент масштабного преобразования для всех точек напряжения, при которых производились измерения, по формуле:

$$K_L = U_3 / U_{хм} \quad (4).$$

Результаты занесите в таблицу 11.

8.5.2.7 Рассчитайте полученную линейность по формуле:

$$\delta K_L = 100 \cdot (1 - K_{Лх} / K_{Лмин}), \% \quad (5)$$

где:

- $K_{Лх}$ – значение коэффициент масштабного преобразования, полученное для каждой ступени напряжения;

- $K_{Лмин}$ – значение коэффициент масштабного преобразования, полученное для ступени с минимальным значением напряжения $U_{ном}$.

Результаты занесите в таблицу 11.

8.5.2.8 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения δK_L не превышают пределов $\delta K_{Лдоп}$, указанных в таблице 11.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке.

9.2 При отрицательных результатах поверки делитель бракуется и не допускается к дальнейшему применению, в паспорт вносится запись о непригодности его к эксплуатации, свидетельство о поверке аннулируется и выдается извещение о непригодности.

Начальник отдела 206.1
ФГУП «ВНИИМС»



Рогожин С.Ю.

Научный сотрудник отдела 206.1
ФГУП «ВНИИМС»



Леонов А.В.