



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

---

СОГЛАСОВАНО  
Директор  
ООО «Саранскабель»

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора ФГУП «ВНИИМС»  
по производственной метрологии

  
\_\_\_\_\_  
" 17 " \_\_\_\_\_ В.В. Логунов  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

  
\_\_\_\_\_  
" 17 " \_\_\_\_\_ Н.В. Иванникова  
\_\_\_\_\_ 2019 г.



**МОСТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ  
ЕМКОСТИ И ТАНГЕНСА УГЛА ПОТЕРЬ  
АВТОМАТИЧЕСКИЙ  
Tettex 2877**

Методика поверки  
МП 206.1-141-2019

Настоящая методика поверки распространяется на мост для измерений емкости и тангенса угла потерь автоматический Tettex 2877, зав. № 151138 (далее по тексту – мост), изготовленный Haefely Test AG, Швейцария, и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверки.

На поверку представляется мост, укомплектованный 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, указанные 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 Опробование	8.2	Да	Да
3 Определение относительной погрешности измерений емкости	8.3	Да	Да
4 Определение абсолютной погрешности измерений тангенса угла потерь	8.4	Да	Да
5 Определение относительной погрешности измерений напряжения и абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока	8.5	Да	Да



### 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
Делитель напряжения	от 1 до 20 кВ	$\pm 0,5\%$	ДН-20э	1	8.5
Вольтметр универсальный цифровой	до 1000 В	$\pm 0,5\%$	GDM-78255A	1	8.5
Меры емкости образцовые	от 1 нФ до 1 мФ	$\pm 0,05\%$	P597	1	8.2, 8.3
Конденсатор измерительный высоковольтный	100 пФ	$\pm 0,1\%$	КИВ-10	1	8.4
Мера электрической емкости и тангенса угла потерь	от 2 до 30 пФ от $1 \cdot 10^{-4}$ до 0,1	$\pm 0,05\%$ $\pm (3 \cdot 10^{-5} + 0,002 \cdot \text{tg} \delta)$	CA6221 D-30-10	1	8.4
Универсальный калибратор	до 1000 В 50 Гц	0,025 % 0,0025 %	Fluke 9100	1	8.2, 8.3

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	$\pm (0,05 \text{ Кгк} + 0,06)\%$ $\pm (0,05 \text{ Кгк} + 0,02)\%$ $\pm (0,1 \text{ Кгк} + 0,1)\%$	С6-11	1	6.2
Термометр ртутный лабораторный	от 0 до 50 °С	$\pm 1\text{ °С}$	ТЛ-4	1	6.1
Барометр-анероид метеорологический	от 80 до 106 кПа	$\pm 200\text{ Па}$	БАММ-1	1	6.1
Психрометр аспирационный	от 10 до 100 %	$\pm 1\%$	М-34-М	1	6.1
Аппарат высоковольтный испытательный	от 1 до 10 кВ 50 Гц	$\pm 3,0\%$	УПУ-10М	1	8.4, 8.5

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 на аппараты, 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 преобразователей должна проводиться при нормальных условиях применения:

- температура окружающей среды, °C от +15 до +25;
- атмосферное давление, кПа от 86 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  $\pm 22$  В. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения не более 5 %. Остальные характеристики сети переменного тока должны соответствовать ГОСТ 32144-2013.

#### **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 мост и входящие в его комплект компоненты.

#### **8 МЕТОДЫ ПОВЕРКИ**

##### **8.1 Внешний осмотр**

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

- комплектность должна соответствовать данным, приведенным в Руководстве по эксплуатации;
- маркировка и функциональные надписи должны читаться и восприниматься однозначно;
- наружные поверхности корпуса, разъемы, соединительные кабели, ЖКИ-дисплеи и органы управления не должны иметь механических повреждений и деформаций, которые могут повлиять на работоспособность моста.

При несоответствии по вышперечисленным позициям мост бракуется и направляется в ремонт.



## 8.2 Опробование

8.2.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 1.

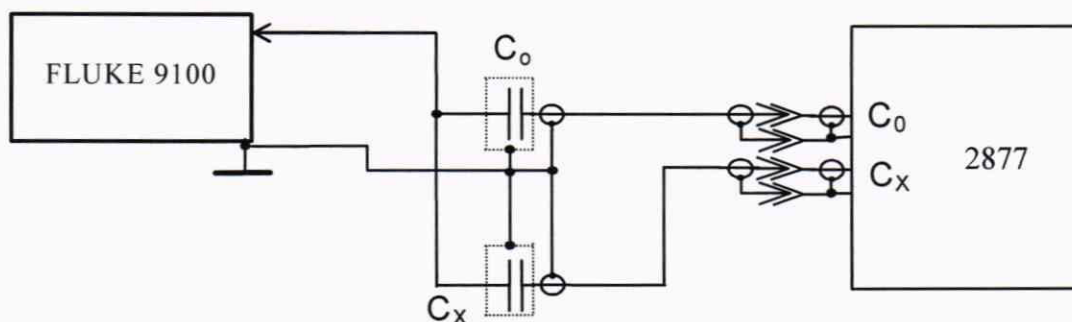


Рисунок 1 - Схема измерений электрической емкости

8.2.2 Подключите к мосту в качестве эталонного конденсатора и объекта измерений меры емкости P597 с номиналами 1000 пФ.

8.2.3 Введите в меню поверяемого моста действительное значение емкости конденсатора P597, используемого в качестве меры  $C_0$ .

8.2.4 Задайте напряжение на выходе калибратора 100 В частотой 50 Гц.

8.2.5 С помощью моста определите значения емкости  $C_x$  и тангенса  $\text{tg}\delta_x$  измеряемой меры.

8.2.6 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если мост производит измерения емкости, тангенса угла потерь, напряжения и частоты переменного тока.

## 8.3 Определение относительной погрешности измерений емкости

8.3.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 1.

8.3.2 В качестве эталонной емкости  $C_0$  включите меру P597 номиналом 1000 пФ, а в качестве измеряемой емкости  $C_x$  - меру P597 с номиналом 1000 пФ.

8.3.3 Введите в меню поверяемого моста действительные значения емкости конденсатора P597, используемого в качестве меры  $C_0$ .

8.3.4 Для измеряемой меры  $C_x$  запишите в соответствующий столбец таблицы 4 её действительное значение емкости  $C_m$ .

8.3.5 Задайте напряжение на выходе калибратора 100 В частотой 50 Гц.

8.3.6 С помощью поверяемого моста определите значение емкости  $C_x$  измеряемой меры.

8.3.7 Результаты измерений занесите в столбец  $C_x$  таблицы 4.

8.3.8 Повторите операции по п.п. 8.3.5 - 8.3.7, подключив в качестве измеряемой емкостей меру с номиналами 4 нФ.

8.3.9 В качестве эталонной емкости  $C_0$  включите меру P597 номиналом 10 нФ, а в качестве измеряемой емкости  $C_x$  - меру P597 с номиналом 10 нФ.

8.3.10 Для измеряемой меры  $C_x$  запишите в соответствующий столбец таблицы 4 её действительное значение емкости  $C_m$ .

8.3.11 Задайте напряжение на выходе калибратора 20 В частотой 50 Гц.

8.3.12 С помощью поверяемого моста определите значение емкости  $C_x$  измеряемой меры.

8.3.13 Результат измерений занесите в столбец  $C_x$  таблицы 4.

8.3.14 Повторите операции по п.п. 8.3.11 - 8.3.13, подключая в качестве измеряемых емкостей меры с номиналами 100 и 1000 нФ.

Таблица 4 - Результаты измерений электрической емкости

Номинал $C_m$ , нФ	$C_m$ , пФ	$C_x$ , пФ	$\delta C$ , %
1			
4			
10			

Номинал $C_m$ , нФ	$C_m$ , пФ	$C_x$ , пФ	$\delta C$ , %
100			
1000			

8.3.15 Вычислите расхождение между измеренными значениями емкостей  $C_x$  и их действительными значениями  $C_m$  по формуле:  $\delta C = 100 \cdot (C_x - C_m) / C_m$ .

8.3.16 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения  $\delta C$  не более  $\pm 0,1$  %.

#### 8.4 Определение абсолютной погрешности измерений тангенса угла потерь

8.4.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 2.

8.4.2 В качестве эталонной емкости  $C_0$  включите конденсатор КИВ-10 с номинальным значением емкости 40 пФ, а в качестве измеряемой емкости  $C_x$  - меру электрической емкости и тангенса угла потерь СА6221D-30-10 с номинальным значением емкости 30 пФ и тангенса угла потерь  $1 \cdot 10^{-4}$ .

8.4.3 Введите в меню поверяемого моста действительные значения емкости конденсатора КИВ-10, используемого в качестве меры  $C_0$ .

8.4.4 Для измеряемой меры  $C_x$  запишите в соответствующие столбцы таблицы 5 её действительные значения емкости  $C_m$  и тангенса угла потерь  $\text{tg}\delta_m$ .

8.3.5 Задайте напряжение на выходе установки УПУ-10М значением 10 кВ частотой 50 Гц.

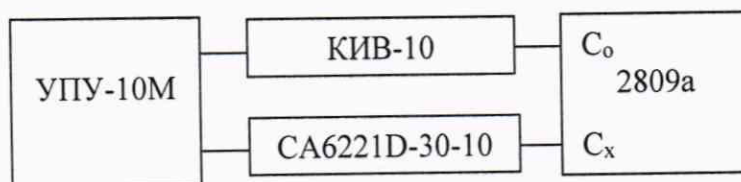


Рисунок 2 - Схема измерений тангенса угла потерь

8.4.6 С помощью поверяемого моста определите значения емкости  $C_x$  и  $\text{tg}\delta_x$  измеряемой меры.

8.4.7 Результаты измерений занесите в соответствующие столбцы таблицы 5.

8.4.8 Повторите операции по п.п. 8.4.4 - 8.4.7, включая последовательно в качестве объекта измерений меру электрической емкости и тангенса угла потерь СА6221D-30-10 с номинальным значением емкости 30 пФ и тангенса угла потерь  $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-1}$ .

Таблица 5 - Результаты измерений тангенса угла потерь

Номинал $\text{tg}\delta_m$	$C_m$ , пФ	$\text{tg}\delta_m$	$C_x$ , пФ	$\text{tg}\delta_x$	$\delta C$ , %	$\Delta \text{tg}\delta$
$1 \cdot 10^{-4}$						
$1 \cdot 10^{-3}$						
$1 \cdot 10^{-2}$						
$1 \cdot 10^{-1}$						

8.4.9 Вычислите расхождение между измеренным значением емкостей  $C_x$  и их действительными значениями  $C_m$  по формуле:  $\delta C = 100 \cdot (C_x - C_m) / C_m$  и между измеренным значением  $\text{tg}\delta_x$  и действительными значениями  $\text{tg}\delta_m$  по формуле:  $\Delta \text{tg}\delta = \text{tg}\delta_x - \text{tg}\delta_m$ .

8.4.10 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения  $\delta C$  не более  $\pm 0,1$  %, а полученные значения  $\Delta \text{tg}\delta$  не более  $\pm (1,0 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-3} \cdot \text{tg}\delta_x)$ .



## 8.5 Определение относительной погрешности измерений напряжения и абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока

8.5.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 3.

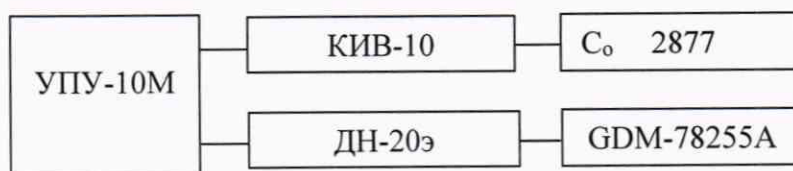


Рисунок 3 - Схема измерений напряжения и частоты переменного тока

8.5.2 Подключите в качестве эталонной емкости  $C_0$  конденсатор КИВ-10 с номинальным значением емкости 40 пФ.

8.5.3 Введите в меню поверяемого моста действительное значение емкости конденсатора КИВ-10, используемого в качестве меры  $C_0$ .

8.5.4 Задайте на выходе УПУ-10М напряжение, значением 1 кВ частотой 50 Гц.

8.5.5 Произведите измерение напряжения и частоты, результаты занесите в таблицу 6.

8.5.6 Повторите операции по п.п. 8.5.4 - 8.5.5 последовательно устанавливая на выходе УПУ-10М значения напряжения 2,5, 5,0, 7,5 и 10 кВ частотой 50 Гц.

8.5.7 Вычислите расхождение между измеренными значениями напряжений  $U_x$  и  $U_0$  по формуле:

$$\delta U = 100 \cdot (U_x - U_0) / U_0, \%$$

8.5.8 Вычислите расхождение между измеренными значениями частоты  $f_x$  и  $f_0$  по формуле:

$$\Delta f = f_x - f_0.$$

Таблица 6 - Результаты измерения напряжения и частоты

Номинальное значение напряжения $U_n$ , кВ	1	2,5	5	7,5	10
Измеренное измерительной системой, состоящей из ДН-20э и GDM-78255A значение напряжения $U_0$ , В					
Измеренное значение частоты $f_0$ , Гц					
Измеренное поверяемым мостом значение напряжения $U_x$ , В					
Измеренное значение частоты $f_x$ , Гц					

8.5.9 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если  $\delta U$  не более  $\pm 1,5 \%$ , а  $\Delta f$  не более  $\pm 0,005 \cdot f_x$ .

## 9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Положительные результаты поверки оформляются свидетельством о поверке согласно требованиям нормативных документов (НД) Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

9.2 При отрицательных результатах свидетельство о поверке не выдается, ранее выданное свидетельство о поверке аннулируется, запись о поверке в паспорте гасится и выдается извещение о непригодности согласно требованиям НД Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Начальник отдела 206.1  
ФГУП «ВНИИМС»



С.Ю. Рогожин

Научный сотрудник отдела 206.1  
ФГУП «ВНИИМС»



А.В. Леонов