


УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель ГЦИ СИ  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»  
Н.И. Ханов  
«13» мая 2010 г.



Преобразователи напряжения измерительные высоковольтные емкостные  
масштабные серии ПВЕ,  
модели ПВЕ-10, ПВЕ-35, ПВЕ-110, ПВЕ-220, ПВЕ-330

Методика поверки

МС2.727.002 МП

Руководитель лаборатории  
государственных эталонов  
в области измерений параметров  
электрических цепей  
 Ю.П. Семенов

<b>1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ</b> .....	<b>3</b>
<b>2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ</b> .....	<b>3</b>
<b>3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ</b> .....	<b>4</b>
<b>4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ</b> .....	<b>4</b>
<b>5 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРКИ</b> .....	<b>4</b>
<b>6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ</b> .....	<b>5</b>
6.1 Внешний осмотр .....	5
6.2 Испытание прочности изоляции первичных цепей .....	5
6.3 Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей .....	5
6.4 Проверка функционирования .....	6
6.5 Определение основной погрешности.....	6
<b>7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ</b> .....	<b>10</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А1. ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПВЕ....</b>	<b>11</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А2. ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПВЕ....</b>	<b>12</b>

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи напряжения высоковольтные емкостные масштабные серии ПВЕ (далее — ПВЕ).

Методика устанавливает объем первичной и периодической поверок ПВЕ, условия поверки, методы и средства поверки и порядок оформления результатов поверки.

Методика распространяется на вновь изготавливаемые, выпускаемые из ремонта и находящиеся в эксплуатации ПВЕ.

Межповерочный интервал устанавливается 1 год.

## 1 Операции поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Первичная поверка	Периодическая поверка
Внешний осмотр	6.1	+	+
Испытание изоляции первичных цепей	6.2	+	+
Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей	6.3	+	+
Функциональная проверка	6.4	+	+
Определение основной погрешности	6.5	+	+

## 2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки рекомендуется применять средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в табл. 2.

Таблица 2

Наименование средств поверки	Основные технические характеристики
Прибор Энергомонитор 3.3Т	Номинальные напряжения фазные 60, 120, 240 В. При измерении погрешности трансформаторов напряжения: ■ погрешность напряжения ..... $\pm(0,02 + 0,02 \Delta f )$ %, ■ угловая погрешность ..... $\pm(1,0 + 0,1 \Delta\delta )$ мин. Абсолютная погрешность измерения частоты, Гц ..... $\pm 0,01$ Относительная погрешность измерения коэффициента гармоник при $K_g > 1$ % ..... $\pm 5$ % Абсолютная погрешность измерения коэффициента гармоник при $K_g < 1$ % ..... $\pm 0,05$ %
Эталонный трансформатор напряжения (например NVRD 40, NVOS 110)	Класс точности 0,01
Мост высоковольтный (например МЭП-2М или СА7100)	Относительная погрешность измерения отношения ёмкостей ..... $\pm 0,02$ % Абсолютная погрешность измерения тангенса угла потерь ..... $\pm 3 \cdot 10^{-5}$

Наименование средств поверки	Основные технические характеристики
Эталонный высоковольтный трехэлектродный конденсатор MCF 135/200 P	Относительная погрешность определения ёмкости ( $\delta_C$ ).. $\pm 0,01$ % Абсолютная погрешность определения тангенса угла потерь ( $\text{tg } \delta$ ), не более ..... $0,5 \cdot 10^{-4}$
Эталонный низковольтный трехэлектродный конденсатор (например КСБ-1)	Номинальная ёмкость ..... 5000 пФ Номинальное напряжение ..... 1000 В Относительная погрешность определения ёмкости ( $\delta_C$ ).. $\pm 0,01$ % Значение тангенса угла потерь ( $\text{tg } \delta$ ), не более ..... $0,5 \cdot 10^{-4}$

2.2 Все используемые средства поверки должны быть исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

2.3 Работа с эталонными средствами измерений должна производиться в соответствии с их эксплуатационной документацией.

2.4 Допускается применение иных средств и вспомогательного оборудования, обеспечивающих требуемые метрологические характеристики и диапазоны измерений.

### 3 Требования безопасности

3.1 При поверке ПВЕ должны быть соблюдены требования безопасности ГОСТ 12.3.019, ГОСТ 22261, ГОСТ 24855, «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межведомственных правил охраны труда (ТБ) при эксплуатации электроустановок», а также меры безопасности, изложенные в руководстве по эксплуатации ПВЕ и другого применяемого оборудования.

3.2 Лица, допускаемые к поверке ПВЕ, должны иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже IV категории свыше 1000 В и быть официально аттестованы в качестве поверителей.

3.3 Перед поверкой средства измерений, которые подлежат заземлению, должны быть надежно заземлены. Подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно производиться ранее других соединений, а отсоединение — после всех отсоединений.

### 4 Условия поверки

При проведении поверки ПВЕ должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С .....  $20 \pm 5$
- относительная влажность воздуха, % ..... 30–80
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) ..... 84–106 (630–795)
- частота питающей сети, Гц .....  $50,0 \pm 0,2$
- напряжение питающей сети переменного тока, В .....  $220 \pm 5$
- коэффициент искажения синусоидальности напряжения питающей сети, %, не более ... 5

### 5 Подготовка к проведению поверки

Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие операции:

- выдержать ПВЕ в условиях окружающей среды, указанных в п. 4, не менее 1 ч, если он находился в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 4;
- соединить зажимы заземления используемых средств поверки с контуром заземления;
- подключить ПВЕ и средства поверки к сети переменного тока 220 В, 50 Гц, включить и дать им прогреться в течение времени, указанного в технической документации на них.

## 6 Проведение поверки

### 6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре ПВЕ проверяется комплект поставки, маркировка, отсутствие механических повреждений.

6.1.1 Комплект поставки должен соответствовать эксплуатационной документации. Комплектность эксплуатационных документов должна соответствовать перечням, указанным в руководстве по эксплуатации.

6.1.2 Маркировка должна быть четкой и содержать:

- изображение знака государственного реестра по ПР50.2.009;
- наименование ПВЕ, номинальные напряжения;
- наименование и товарный знак предприятия-изготовителя;
- номер ПВЕ по системе нумерации предприятия-изготовителя (номер ПВЕ, указанного на маркировочной планке должен соответствовать номеру, указанному в эксплуатационной документации);
- дату изготовления;
- вид и номинальное напряжение питания;
- символ заземления по ГОСТ Р 51350 (класс I).

6.1.3 ПВЕ не должен иметь механических повреждений, которые могут повлиять на его работу (повреждение корпуса, соединителей, кабелей и других изделий в соответствии с комплектом поставки).

Результаты поверки считаются положительными, если выполняются требования пунктов 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3.

### 6.2 Испытание прочности изоляции первичных цепей

Изоляция каждого высоковольтного конденсатора из состава первичного преобразователя ПВЕ перед проведением первичной поверки должна быть подвергнута испытанию напряжением промышленной частоты 50 Гц между высокопотенциальным выводом и зажимом заземления в течение 5 мин значением в соответствии с табл. 3.

Таблица 3

Модель ПВЕ	Номинальное входное напряжение, кВ	Номинальное выходное напряжение, В	Значение испытательного напряжения, кВ
ПВЕ-10	10	100	22
ПВЕ-35	35	100	60
ПВЕ-110	$110/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100
ПВЕ-220	$220/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	183
ПВЕ-330	$330/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	267

Испытание считается успешным, если не произошло полного пробоя или перекрытия изоляции по ГОСТ 1516.2–97.

Образцы ПВЕ, не прошедшие испытания, бракуются и к дальнейшему использованию не допускаются.

### 6.3 Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей

Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей проводится между низковольтным выводом каждого высоковольтного конденсатора из состава преобразователя ПВЕ и клеммой заземления при помощи мегаомметра при испытательном напряжении 500 В. Отсчет показаний производить через 1 мин после подачи напряжения на испытываемую цепь.

Результат измерения считается положительным, если значение сопротивления изоляции составляет не менее 20 МОм.

Проверку сопротивления изоляции блока усилителя УИН проводят между корпусом и электрическими цепями путем измерения сопротивления мегаомметром при испытательном напряжении 500В.

Отсчет показаний производить через 1 мин после подачи напряжения на испытываемую цепь. Произвести измерение сопротивления изоляции последовательно между цепями:

- входная/выходная (при этом все контакты цепи должны быть замкнуты) — сетевая;
- сетевая — корпус;
- входная/выходная (при этом все контакты цепи должны быть замкнуты) — корпус.

Результат измерения считается положительным, если значение сопротивления изоляции не менее 20 МОм.

#### 6.4 Проверка функционирования

Проверка функционирования выполняется подачей номинального первичного напряжения на вход ПВЕ при подключении к выходу ПВЕ прибора сравнения или вольтметра класса точности не хуже 0,5 % и пределом измерения 240 В. Показания вольтметра должны соответствовать номинальному значению вторичного напряжения.

Результат проверки считается положительным, если выполняются функции масштабного преобразования высокого напряжения.

#### 6.5 Определение основной погрешности

При поверке ПВЕ определяются следующие метрологические характеристики:

- основная относительная погрешность по напряжению  $\Delta_f$ ;
- основная абсолютная угловая погрешность  $\Delta_\delta$ .

Определение погрешностей выполняют одним из двух следующих методов.

6.5.1 Определение основной погрешности напряжения  $\Delta_f$  и основной абсолютной угловой погрешности  $\Delta_\delta$  методом сличения с эталонным трансформатором выполняют по ГОСТ 8.216 с помощью прибора сравнения в следующей последовательности.

6.5.1.1 Для проведения измерений собирают схему согласно рис. 1. Эталонный трансформатор TV<sub>0</sub> подключают к прибору сравнения проводниками сопротивлением не более 0,015 Ом.

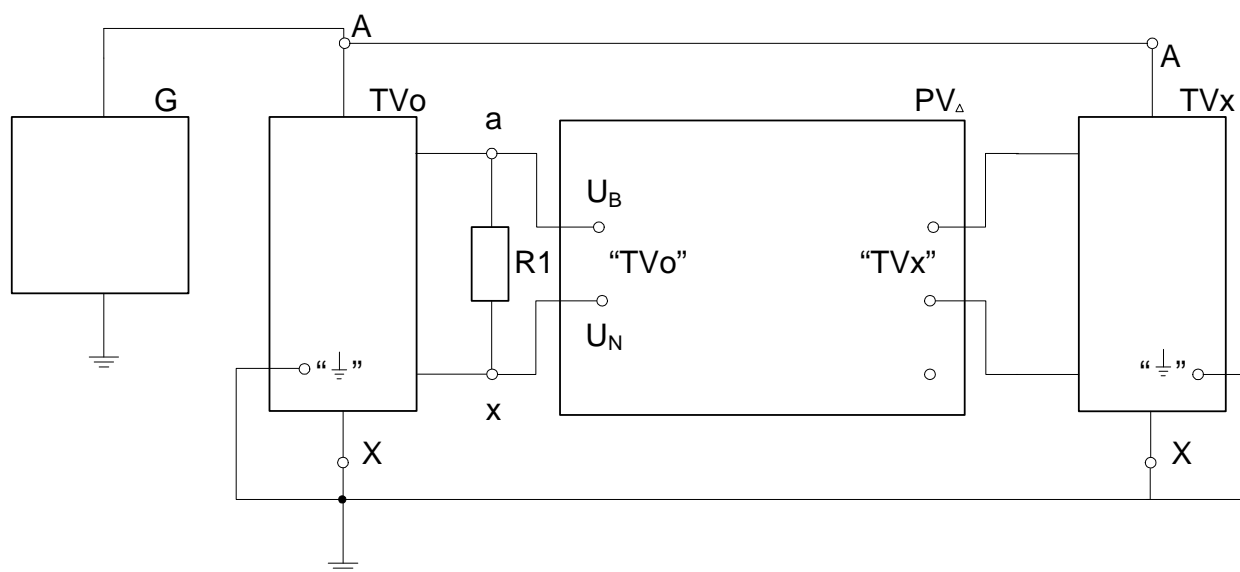


Рис. 1. Схема поверки методом сличения:

**G** — источник высокого напряжения; **TV<sub>0</sub>** — эталонный трансформатор;  
**R1** — нагрузочное устройство; **PV<sub>Δ</sub>** — прибор сравнения; **TV<sub>x</sub>** — ПВЕ

6.5.1.2 Включают источник высокого напряжения, устанавливают на его выходе значения первичного напряжения  $U_1$ , составляющие 40, 80, 100 и 120 % от номинального, указанного в таблице 4. Напряжение контролируют по показаниям прибора сравнения, которое должно быть равно

$$U_B = U_1 / K_{\text{ном}}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{ном}}$  — номинальный коэффициент трансформации эталонного трансформатора.

В случае использования прибора сравнения типа «Энергомонитор 3.3Т1» напряжение контролируют по показаниям значения отношения  $U_B / U_n$  (%).

6.5.1.3 Контроль частоты и коэффициента искажений формы напряжения осуществляют по показаниям прибора сравнения или иных средств измерения.

6.5.1.4 Погрешности  $\Delta_f$  и  $\Delta_\delta$  определяются по показаниям прибора сравнения для каждого из значений напряжения  $U_1$  и при сопротивлении нагрузки ПВЕ, равном 100 кОм. При использовании в качестве прибора сравнения прибора Энергомонитор 3.3Т1 допускается определять погрешности ПВЕ без нагрузки.

Таблица 4

Модель ПВЕ	Номинальное первичное напряжение, кВ	Номинальное вторичное напряжение, В	Пределы допускаемой основной погрешности измерений			
			Класс точности 0,1		Класс точности 0,05	
			Напряжения, %	Угловой, мин	Напряжения, %	Угловой, мин
ПВЕ-10	6	100	$\pm 0,1$	$\pm 5$	$\pm 0,05$	$\pm 3$
	10	100	$\pm 0,1$	$\pm 5$	$\pm 0,05$	$\pm 3$
ПВЕ-35	15	100	$\pm 0,1$	$\pm 5$	$\pm 0,05$	$\pm 3$
	35	100	$\pm 0,1$	$\pm 5$	$\pm 0,05$	$\pm 3$
ПВЕ-110	$110/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$\pm 0,1$	$\pm 5$	$\pm 0,05$	$\pm 3$
ПВЕ-220	$220/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$\pm 0,1$	$\pm 5$	$\pm 0,05$	$\pm 3$
ПВЕ-330	$330/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$\pm 0,1$	$\pm 5$	$\pm 0,05$	$\pm 3$

Примечание. Выпускаются ПВЕ с иными номинальными первичными напряжениями.

Результаты поверки считаются положительными, если значения основной погрешности не превышают пределов допускаемых погрешностей, приведенных в табл. 4.

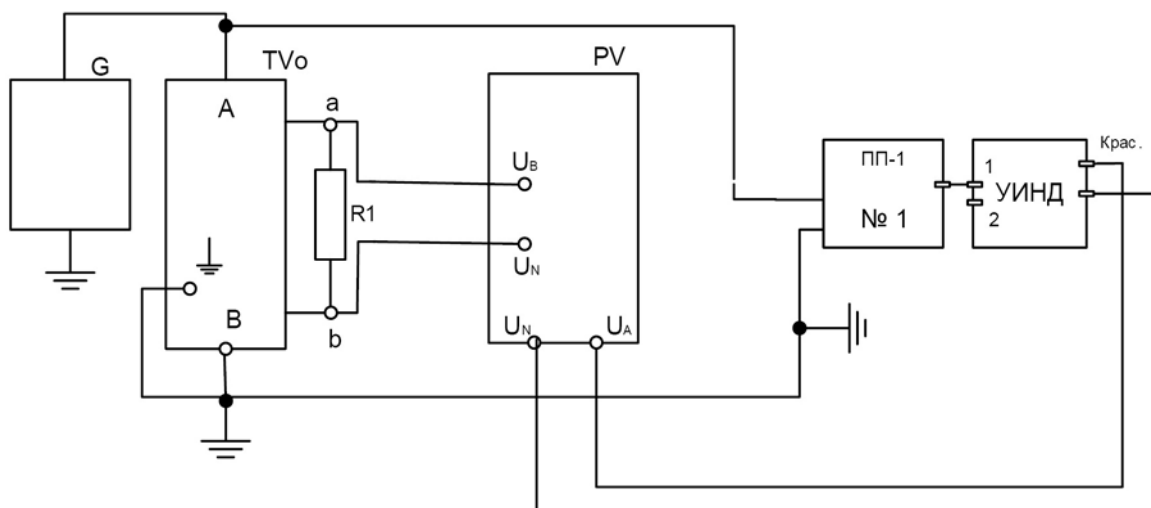
#### 6.5.2 Определение основной погрешности моделей исполнений ПВЕ-10-2 и ПВЕ-35-2

При поверке данных исполнений ПВЕ определяются следующие метрологические характеристики:

- основная относительная погрешность входа 1 по напряжению  $\Delta_{f1}$ ;
- основная относительная погрешность по междуфазному напряжению  $\Delta_{f2}$ ;
- основная абсолютная угловая погрешность входа 1  $\Delta_{\delta 1}$ ;
- основная абсолютная угловая погрешность междуфазного входа  $\Delta_{\delta 2}$ .

6.5.2.1 Определение основной погрешности напряжения  $\Delta_{f1}$  и основной абсолютной угловой погрешности  $\Delta_{\delta 1}$  по входу 1 выполняют по ГОСТ 8.216 методом сличения с эталонным трансформатором с помощью прибора сравнения в следующей последовательности.

Для проведения измерений собирают схему согласно рис. 2.



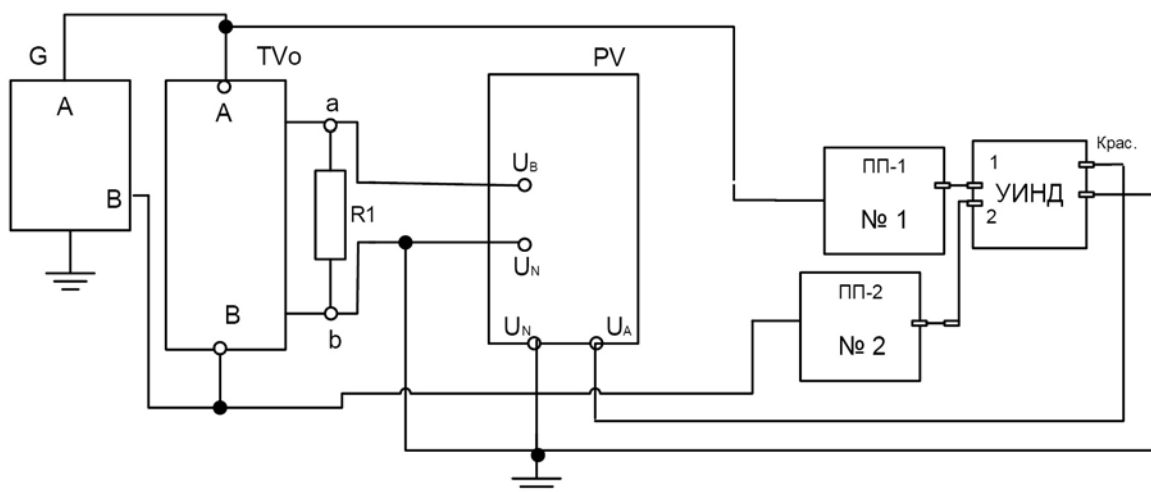
**Рис. 2.** Схема поверки первого входа ПВЕ методом сличения:

**G** — источник высокого напряжения; **TV<sub>o</sub>** — эталонный трансформатор;  
**R1** — нагрузочное устройство; **PV** — прибор сравнения «Энергомонитор 3.3Т1»;  
**ПП-1** — высоковольтный первичный преобразователь из комплекта ПВЕ;  
**УИНД** — усилитель из комплекта ПВЕ

Далее повторяют операции по п.п. 6.5.1.2–6.5.1.4.

6.5.2.2 Определение основной погрешности напряжения  $\Delta_{f2}$  и основной абсолютной угловой погрешности  $\Delta_{\delta 2}$  по междуфазному напряжению выполняют по ГОСТ 8.216 методом сличения с эталонным трансформатором с помощью прибора сравнения в следующей последовательности.

Для проведения измерений собирают схему согласно рис. 3.



**Рис. 3.** Схема поверки междуфазного входа ПВЕ методом сличения:

**G** — источник высокого напряжения; **TV<sub>o</sub>** — эталонный трансформатор;  
**R1** — нагрузочное устройство; **PV** — прибор сравнения «Энергомонитор 3.3Т1»;  
**ПП-1** — высоковольтный первичный преобразователь из комплекта ПВЕ;  
**УИНД** — усилитель из комплекта ПВЕ

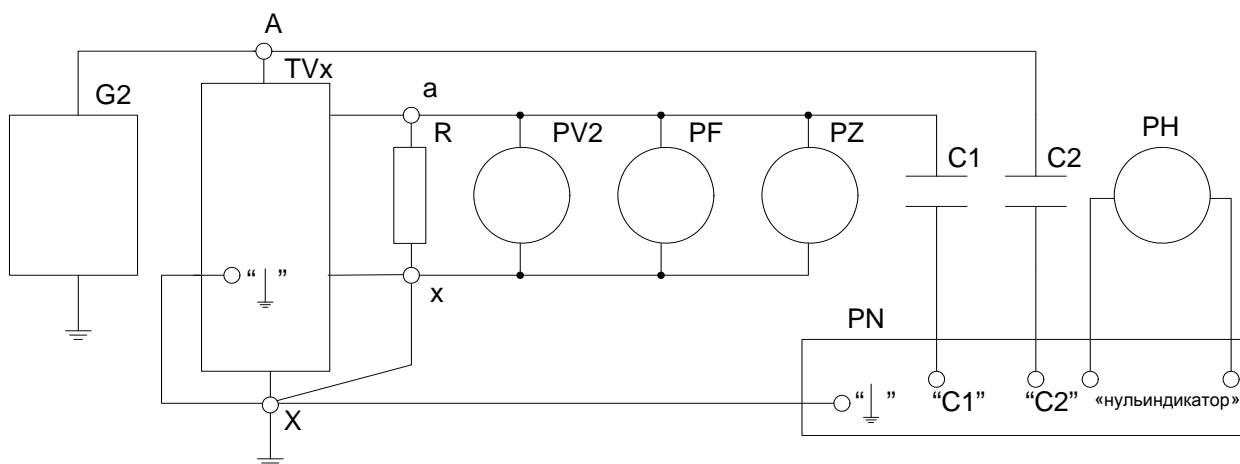
Далее повторяют операции по п.п. 6.5.1.2–6.5.1.4.

Результаты поверки считаются положительными, если значения основной погрешности не превышают пределов допускаемых погрешностей, приведённых в табл. 4.



6.5.3 Определение основной относительной погрешности напряжения  $\Delta_f$  и основной абсолютной угловой погрешности  $\Delta_\delta$  методом компарирования токов выполняют по ГОСТ 8.216 при значениях напряжения и нагрузках, указанных в пунктах 6.5.1.2 и 6.5.1.4.

Для проведения поверки собирают схему в соответствии с рис. 4. Эталонные конденсаторы C1 и C2 должны быть аттестованы в требуемых диапазонах напряжения. Нагрузочное устройство должно иметь сопротивление 100 кОм.



**Рис. 4.** Схема поверки методом компарирования токов:

**G2** — источник высокого напряжения, 25 кВ·А; **C1** — низковольтный эталонный конденсатор емкостью не более 6 нФ; **C2** — высоковольтный эталонный конденсатор; **R** — нагрузочное устройство; **PV2** — вольтметр с пределом измерения 150 В; **PN** — электромагнитный компаратор токов; **PF** — частотомер; **PZ** — измеритель нелинейных искажений; **TV<sub>x</sub>** — ПВЕ, **PH** — нульиндикатор (допускается вместо вольтметра PV2, частотомера PF и измерителя нелинейных искажений PZ использовать прибор сравнения Энергомонитор 3.3Т1)

6.5.3.1 Вычисляют отношение K1 по формуле:

$$K1 = C1/C2 \quad (2)$$

Вычисленное значение заносят в табл. 5

Фазовый сдвиг  $\delta_1$  соответствует тангенсу угла потерь D1 конденсатора C1 и вычисляется по формуле, мин

$$\delta_1 = \arctg(D1) \cdot 180 \cdot 60 / \pi \quad (3)$$

6.5.3.2 Включают источник высокого напряжения, устанавливают на его выходе значение напряжения U<sub>1</sub>, составляющего 40, 80, 100 и 120 % от номинального, указанного в табл. 4.

Фазовый сдвиг  $\delta_2$  соответствует суммарному тангенсу угла потерь D2 схемы, представленной на рисунке 4, и вычисляется по формуле, мин

$$\delta_2 = \arctg(D2) \cdot 180 \cdot 60 / \pi \quad (4)$$

Результаты измерений отношения входных токов компаратора K2 и фазового угла между ними  $\delta_2$  заносят в табл. 5.

Погрешность напряжения  $\Delta_f$ , в процентах, и угловую погрешность  $\Delta_\delta$ , в минутах, вычисляют по формулам:

$$\Delta_f = (1 - K1/(K2 \cdot K_{ном})) \cdot 100 \quad (5)$$

где  $K_{ном} = U_1/U_2$  — номинальный коэффициент трансформации ПВЕ;

$$\Delta_\delta = \delta_2 - \delta_1 \quad (6)$$

и заносят в табл. 5.

Таблица 5

Ном. первичное напряжение, кВ	Ном. вторичное напряжение, В	Первичное напряжение $U_1$ , % от ном. напряжения	Характеристики эталонных конденсаторов		Отсчетные данные компаратора тока		Фазовый сдвиг $\delta_2$ , мин	Погрешность поверяемого трансформатора	
			Отношение $K_1$	Фазовый сдвиг $\delta_1$ , мин	Отношение токов $K_2$	Тангенс угла потерь $D_2$		$\Delta_f$ , %	$\Delta_\delta$ , мин
		40							
		80							
		100							
		120							

Результаты поверки считаются успешными, если полученные значения погрешностей не превышают значений, приведенных в табл. 4.

## 7 Оформление результатов поверки

7.1 ПВЕ, прошедший поверку с положительными результатами, признают годным к эксплуатации и выдают свидетельство о поверке.

7.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке приводят таблицу с результатами определения основных погрешностей (таблица А1 или А2 из приложения А1 или А2).

7.3 Результаты и дату поверки ПВЕ оформляют записью в паспорте (при этом запись должна быть удостоверена клеймом).

7.4 ПВЕ, прошедший проверку с отрицательным результатом хотя бы в одном из пунктов поверки, запрещается к эксплуатации, и на него выдается извещение о непригодности, с указанием причин его выдачи. Клеймо предыдущей поверки гасится.

7.5 Пример рекомендуемой отчетной формы по результатам проведения поверки приведен в приложениях А1 и А2.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А1. Форма протокола поверки преобразователя ПВЕ

### ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

Преобразователя напряжения высоковольтного емкостного масштабного  
ПВЕ-\_\_\_\_\_ класс точности\_\_\_\_\_ зав. № \_\_\_\_\_  
представленного \_\_\_\_\_

#### 1 Условия поверки

- температура окружающего воздуха, °С \_\_\_\_\_
- относительная влажность воздуха, % \_\_\_\_\_
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) \_\_\_\_\_

#### 2 Внешний осмотр

Вывод: соответствует (не соответствует) требованиям РЭ.

#### 3 Испытание изоляции первичных цепей (при первичной поверке)

Вывод: соответствует (не соответствует) требованиям РЭ.

#### 4 Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей

Вывод: соответствует (не соответствует) требованиям РЭ.

#### 5 Проверка функционирования

Вывод: соответствует (не соответствует) требованиям РЭ.

#### 6 Определение основной погрешности

Сопротивление нагрузки составляет 100 кОм.

Таблица А.1

Входное первичное напряжение, % от номинального значения	Предел допускаемой погрешности поверяемого ПВЕ	
	$\Delta_t$ , %	$\Delta_\delta$ , мин
40		
80		
100		
120		

Вывод: соответствует (не соответствует)

Заключение по результатам поверки: соответствует (не соответствует)

\_\_\_\_\_  
*Дата, подпись поверителя*

## ПРИЛОЖЕНИЕ А2. Форма протокола поверки преобразователя ПВЕ

### ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

Преобразователя напряжения высоковольтного емкостного масштабного  
ПВЕ-\_\_\_\_\_ -2\_\_ класс точности\_\_\_\_\_ зав. № \_\_\_\_\_  
представленного\_\_\_\_\_

1 Условия поверки

- температура окружающего воздуха, °С \_\_\_\_\_
- относительная влажность воздуха, % \_\_\_\_\_
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) \_\_\_\_\_

2 Внешний осмотр

Вывод: соответствует (не соответствует) требованиям РЭ.

3 Испытание изоляции первичных цепей (при первичной поверке)

Вывод: соответствует (не соответствует) требованиям РЭ.

4 Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей

Вывод: соответствует (не соответствует) требованиям РЭ.

5 Проверка функционирования

Вывод: соответствует (не соответствует) требованиям РЭ.

6 Определение основной погрешности

Сопротивление нагрузки составляет 100 кОм.

Таблица А.2

Входное первичное напряжение, % от номинального значения	Предел допускаемой погрешности поверяемого ПВЕ			
	Вход 1		Вход междуфазный	
	$\Delta_{r1}$ , %	$\Delta_{\delta 1}$ , мин	$\Delta_{r2}$ , %	$\Delta_{\delta 2}$ , мин
40				
80				
100				
120				

Вывод: соответствует (не соответствует)

Заключение по результатам поверки: соответствует (не соответствует)

\_\_\_\_\_  
*Дата, подпись поверителя*