

**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

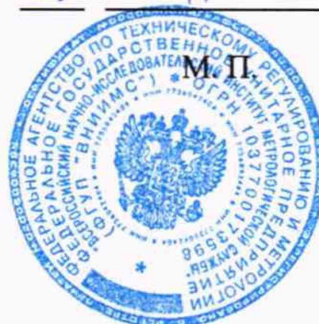
  
\_\_\_\_\_ Д.Н. Краев  
"05" 11 \_\_\_\_\_ 2019 г.

  
\_\_\_\_\_ Н.В. Иванникова  
" 05 " 11 \_\_\_\_\_ 2019 г.

М.П.



М.П.



# СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТЕРЬ В ТРАНСФОРМАТОРАХ LiMOS

Методика поверки  
МП 206.1-124-2019

Настоящая методика поверки распространяется на системы измерения потерь в трансформаторах LiMOS (далее - системы), изготавливаемые HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH, Германия, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

На поверку представляются системы, 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 аппаратов

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 Проверка относительной погрешности измерений напряжения переменного тока	8.3	Да	Да
4 Проверка относительной погрешности измерений силы переменного тока	8.4	Да	Да
5 Проверка абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока	8.5	Да	Да
6 Проверка относительной погрешности измерений погрешности измерений полной и активной составляющей мощности	8.6	Да	Да

### 3. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки систем 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 эталонный	от 1 до 200 кВ	$\pm 0,05 \%$	ДН-230	1	8.3
Калибратор универсальный	до 1000 В до 3 А до 200 Гц	$\pm(0,0005 \cdot U_{\text{ВЫХ}} + 126 \text{ мВ})$ $\pm(0,001 \cdot I_{\text{ВЫХ}} + 480 \text{ мкА})$ $\pm 0,000025 \cdot F_{\text{ВЫХ}}$	Fluke 9100	1	8.2, 8.3, 8.4, 8.5
Калибратор переменного тока	до 1,5 кВт	$\pm(0,1 + 0,02 \cdot ( S_{\text{НОМ}}/P - 1 ))$	Ресурс-К2	1	8.6
Трансформатор тока эталонный двухступенчатый	до 3000 А	$\pm 0,01 \%$	ИТТ-3000.5	1	8.4
Трансформатор тока измерительный лабораторный	до 4000 А	$\pm 0,05 \%$	ТТИ-5000.5	1	8.4
Мультиметр цифровой прецизионный	до 1000 В до 5 А	$\pm(0,0004 \cdot U_{\text{ИЗМ}} + 0,0002 \cdot U_{\text{Д}})$ $\pm(0,001 \cdot I_{\text{ИЗМ}} + 0,0002 \cdot I_{\text{Д}})$	Fluke 8508A	1	8.2, 8.3, 8.4

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
Установка для испытания высоким напряжением	до 200 кВ	$\pm 3 \%$	УИВ-230	1	8.3
Регулируемый источник тока	до 4000 А	$\pm 3 \%$	РИТ-5000	1	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 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 систем 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  $\pm 22$  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 систему и входящие в ее комплект компоненты.

## 8 МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

### 8.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемой системы следующим требованиям:

- комплектность должна соответствовать данным, приведенным в паспорте;
- 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 системы.

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

### 8.2 Опробование

8.2.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 1.

*Внимание!!! Подключение напряжения к блоку датчиков LiMO производите со стороны P1, где установлена перемычка с токоведущей жилы на корпус.*

Включите приборы и дайте им прогреться. При включении необходимо проверить номер версии программного обеспечения, установленного в поверяемой системе.



Рисунок 1 - Схема измерений на напряжении переменного тока до 1000 В

8.2.2 На калибраторе FLUKE 9100 (далее - калибратор FLUKE) установите режим работы на напряжении переменного тока частотой 50 Гц.

8.2.3 Задайте на калибраторе FLUKE значение выходного напряжения, равное 100 В. Проведите измерения и затем отключите подачу напряжения.

8.2.4 Задайте на калибраторе FLUKE значение выходного напряжения, равное 1000 В. Проведите измерения и затем отключите подачу напряжения.

8.2.5 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если система измеряет напряжение с погрешностью  $\pm 0,2\%$  и номер версии программного обеспечения не ниже, чем 18.9.1.0.

### 8.3 Проверка относительной погрешности измерений напряжения переменного тока

8.3.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 1.

*Внимание!!! Подключение напряжения к блоку датчиков LiMO производите со стороны P1, где установлена перемычка с токоведущей жилы на корпус.*

8.3.2 Включите приборы и дайте им прогреться.

8.3.3 Задайте на калибраторе FLUKE значение выходного напряжения переменного тока частотой 50 Гц, равное 100 В. Проведите измерения. Результаты занесите в таблицу 4 и затем отключите подачу напряжения.

8.3.4 Повторите операцию по п. 8.3.3 задавая на калибраторе FLUKE значения вы-

ходного напряжения 500 и 1000 В.

8.3.5 Соберите схему, приведенную на рисунке 2.

*Внимание!!! Подключение напряжения к блоку датчиков LiMO производите со стороны P1, где установлена перемычка с токоведущей жилы на корпус.*

8.3.6 Задайте с источника высокого напряжения переменного тока значение выходного напряжения, равное  $0,1 \cdot U_{ном}$ . Проведите измерения. Результаты занесите в таблицу 4.

8.3.7 Повторите операцию по п. 8.3.6 задавая с источника высокого напряжения переменного тока значения выходного напряжения, равные  $0,25 \cdot U_{ном}$ ,  $0,5 \cdot U_{ном}$ ,  $0,75 \cdot U_{ном}$  и  $1,0 \cdot U_{ном}$ . По окончании измерений снимите высокое напряжение, отключите и заземлите установку.

8.3.8 Рассчитайте погрешность измерений напряжения по формуле:

$$\delta U = (U_x - U_э) / U_э \quad (1).$$

Где:

$U_э$  - значение напряжения, измеренное эталонным оборудованием, кВ;

$U_x$  - результаты измерений напряжения поверяемой системой, кВ.

8.3.9 Результаты расчетов занесите в таблицу 4.



Рисунок 2 - Схема измерений на напряжении переменного тока свыше 1000 В

Таблица 4 - Результаты измерений напряжения переменного тока

$U_{ном}$ , кВ	$U_э$ , кВ	$U_x$ , кВ	Погрешность $\delta U$ , %	Допускаемый предел погрешности $\delta U_{д}$ , %
0,01				±0,2
0,5				
1,0				
$0,1 \cdot U_{ном}$				
$0,25 \cdot U_{ном}$				
$0,5 \cdot U_{ном}$				
$0,75 \cdot U_{ном}$				
$1,0 \cdot U_{ном}$				

Где:

$U_{ном}$  - номинальное значение напряжения для поверяемой модификации, равное 100 или 200 кВ.

8.3.10 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешностей измерений не превышают пределов, указанных в таблице 4.

## 8.4 Проверка относительной погрешности измерений силы переменного тока

8.4.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 3. В качестве источника переменного тока используйте калибратор FLUKE.



Рисунок 3 - Схема измерений силы переменного тока до 20 А

8.4.2 Включите приборы и дайте им прогреться.

8.4.3 Задайте на калибраторе FLUKE значение силы переменного тока частотой 50 Гц, равное 0,1 А. Проведите измерения поверяемой системой и мультиметром. Результаты занесите в таблицу 5 и затем отключите подачу тока.

8.4.4 Повторите операцию по п. 8.4.3 задавая на калибраторе FLUKE значения выходного тока 1 и 20 А.

8.4.5 Соберите схему, приведенную на рисунке 4. В качестве эталонного трансформатора тока используйте ИТТ-3000.5.

*Внимание!!! В каждой измеряемой точке переключайте обмотки эталонного трансформатора так, чтобы на его выходе всегда было номинальное значение вторичного тока, равное 5 А.*

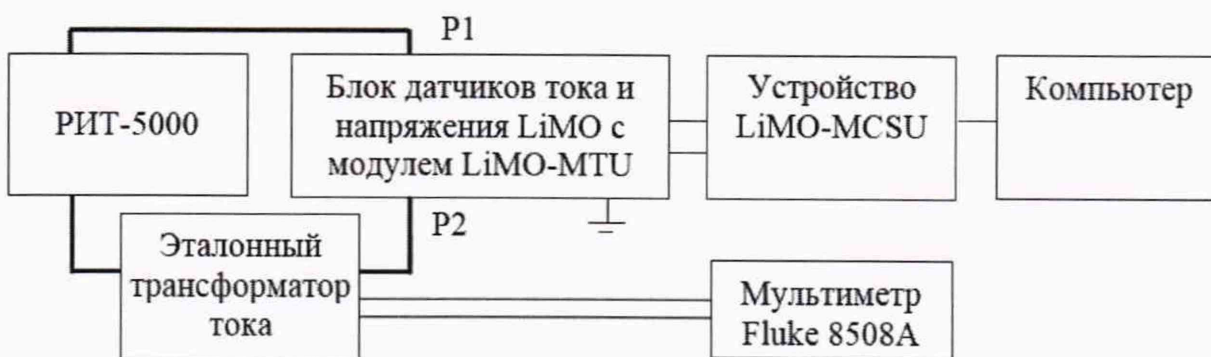


Рисунок 4 - Схема измерений силы переменного тока свыше 20 А

8.4.6 Задайте с источника РИТ-5000 силу тока значением 50 А и проведите измерения. Результаты занесите в таблицу 5. Отключите источник тока.

8.4.7 Повторите операцию по п. 8.4.6 задавая с источника РИТ-5000 значения силы тока, равные 250, 500, 1000 и 2000 А для всех модификаций, а для модификаций LiMOS 4000/100 и LiMOS 4000/200 дополнительно значение 3000 А. По окончании измерений отключите источник тока.

8.4.8 В качестве эталонного трансформатора тока в схеме, приведенной на рисунке 4, включите ТТИ-5000.5.

8.4.9 Только для модификаций LiMOS 4000/100 и LiMOS 4000/200 повторите операцию по п. 8.4.6 задавав с источника РИТ-5000 значение силы тока, равное 4000 А. По окончании измерений отключите источник тока.

8.4.10 Рассчитайте погрешность измерений силы тока по формуле:

$$\delta I = (I_x - I_3)/I_3 \quad (2).$$

Где:

$I_3$  - значение силы тока, измеренное эталонным оборудованием, А;

$I_x$  - результаты измерений силы тока поверяемой системой, А.

8.4.11 Результаты расчетов занесите в таблицу 5.

Таблица 5 - Результаты измерений силы переменного тока

$I_{ном}, А$	$I_3, А$	$I_x, А$	Погрешность $\delta I, \%$	Допускаемый предел погрешности $\delta I_d, \%$
0,1				±0,2
1				
20				
50				
250				
500				
1000				
2000				
3000*				
4000*				

Примечание: \* - только для модификаций LiMOS 4000/100 и LiMOS 4000/200.

8.4.12 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешностей измерений не превышают пределов, указанных в таблице 5.

### 8.5 Проверка абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока

8.5.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 1.

*Внимание!!! Подключение напряжения к блоку датчиков LiMO производите со стороны P1, где установлена перемычка с токоведущей жилы на корпус.*

8.5.2 Включите приборы и дайте им прогреться.

8.5.3 Задайте на калибраторе FLUKE значение выходного напряжения переменного тока 100 В частотой 40 Гц. Проведите измерения. Результаты занесите в таблицу 6 и затем отключите подачу напряжения.

8.5.4 Повторите операцию по п. 8.5.3 задавая на калибраторе FLUKE значение выходного напряжения 100 В частотой 50, 75, 100, 150 и 200 Гц.

8.5.5 Рассчитайте погрешность измерений частоты по формуле:

$$\Delta f = f_x - f_3 \quad (3).$$

Где:

$f_3$  - значение частоты, задаваемое на калибраторе FLUKE, Гц;

$f_x$  - результаты измерений частоты поверяемой системой, Гц.

8.5.6 Результаты расчетов занесите в таблицу 6.



Таблица 6 - Результаты измерений частоты переменного тока

$f_{\text{ном}}$ , Гц	$f_3$ , Гц	$f_x$ , Гц	Погрешность $\Delta f$ , Гц	Допускаемый предел погрешности $\Delta f_{\text{д}}$ , Гц
40				±0,05
50				
75				
100				
150				
200				

8.5.7 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешностей измерений не превышают пределов, указанных в таблице 6.

### 8.6 Проверка относительной погрешности измерений погрешности измерений полной и активной составляющей мощности

8.6.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 5.

8.6.2 Включите приборы и дайте им прогреться.

8.6.3 В меню калибратора Ресурс-К2 установите  $I_{\text{ном}}=5$  А и  $U_{\text{ном}}=220$  В с углом сдвига фаз между ними  $0^\circ$ .

8.6.4 Задайте с калибратора  $I=5$  А и  $U=220$  В, что соответствует номинальной мощности  $P_{\text{ном}}=1100$  Вт и  $S_{\text{ном}}=1100$  В·А. Произведите измерения. Результаты занесите в таблицу 8.

8.6.5 Повторите операцию по п.п. 8.6.3 – 8.6.4 задавая с калибратора Ресурс-К2 значения  $I=5$  А и  $U=220$  В с углами сдвига фаз между током и напряжением в соответствии с таблицей 8.

8.6.6 Рассчитайте погрешности измерений мощности по формулам:

$$\delta S = (S_x - S_{\text{ном}})/S_{\text{ном}} \quad (4);$$

$$\delta P = (P_x - P_{\text{ном}})/P_{\text{ном}} \quad (5).$$

Где:

$S_{\text{ном}}$  и  $P_{\text{ном}}$  - значение мощностей, соответствующих задаваемым токам, напряжениям и углам сдвига фаз между ними (таблица 8);

$S_x$  и  $P_x$  - результаты измерений мощностей поверяемой системой.

8.6.7 Результаты расчетов занесите в таблицу 8.

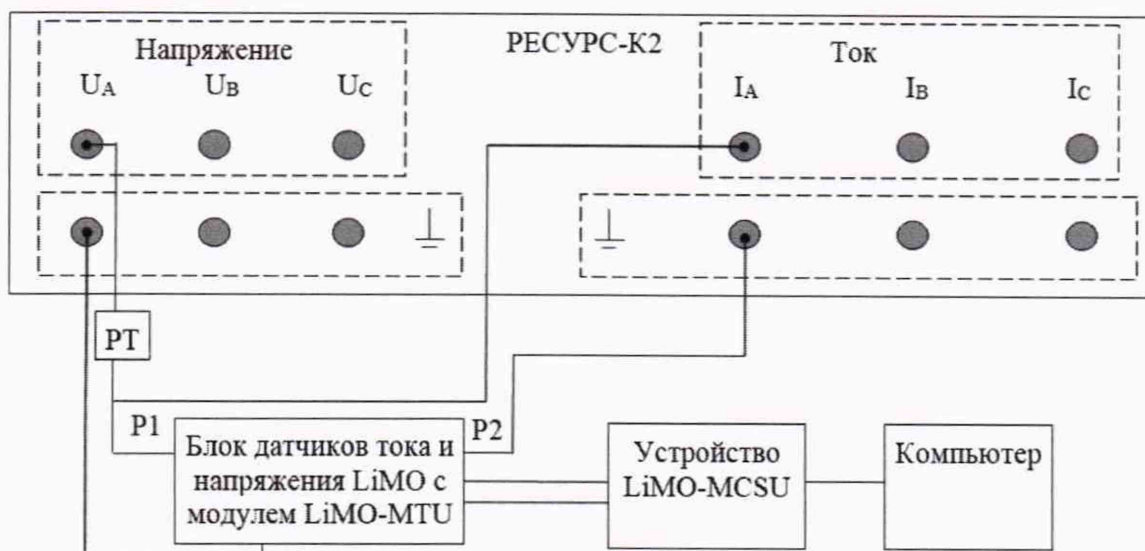


Рисунок 5 - Схема измерений полной и активной составляющей мощности

Где:

РТ – разделительный трансформатор для создания гальванической развязки.

Таблица 7 - Соответствие задаваемого угла фазового сдвига между током и напряжением  $\varphi_{I-U}$  и коэффициентом мощности  $\cos\varphi$

$\varphi_{I-U}, \dots^\circ$	0	84,26	87,13	88,85	89,42	89,54
$\cos\varphi$	1,0	0,1	0,05	0,02	0,01	0,008

Таблица 8 - Результаты измерений мощности

$S_{ном}, В \cdot А$	$P_{ном}, Вт$	$\cos\varphi$	$S_x, В \cdot А$	$P_x, Вт$	$\delta S, \%$	$\delta P, \%$	Допускаемый предел $\delta S_d$ и $\delta P_d, \%$
1100	1100	1,0					$\pm 0,3$
1100	110	0,1					$\pm 0,4$
1100	55	0,05					$\pm 0,5$
1100	22	0,02					$\pm 0,7$
1100	11	0,01					$\pm 1,0$
1100	8,8	0,008					$\pm 1,5$

Где:

$U_{ном}$  - номинальное значение напряжения для поверяемой модификации, равное 100 или 200 кВ.

8.6.8 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешностей измерений не превышают пределов, указанных в таблице 8.

## 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.