


СОГЛАСОВАНО

Директор
ООО «Челэнергоприбор»


Г.И. Волович
2019 г.



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по
производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»


Н.В. Иванникова
2019 г.



Измерители параметров
силовых трансформаторов
СЭИТ-4М-К540

Методика поверки
ПТМР.4111722.039 МП

Настоящая методика поверки предназначена для проведения первичной и периодической поверки и распространяется на измерители параметров силовых трансформаторов СЭИТ-4М-К540 (в дальнейшем – измерители), выпускаемые ООО «Челэнергоприбор», г.Челябинск и предназначенные для проведения измерений при электромагнитных испытаниях силовых трансформаторов в цеховых условиях в соответствии с ГОСТ 3484.1-88 в составе испытательного стенда или передвижной лаборатории. Измерители предназначены для измерения действующих значений напряжений и токов как в однофазной, так и в трехфазных цепях с одновременным вычислением активной мощности и частоты, а также сопротивлений обмоток трансформаторов постоянному току. Измерители позволяют проводить опыты холостого хода и короткого замыкания трансформаторов. По данным измерений напряжений измерители рассчитывают коэффициент трансформации и определяют группу соединений обмоток трансформатора.

В состав измерителя входят измерительно-вычислительный блок (ИВБ), который может комплектоваться блоком трансформаторов тока ЧЭП3905 (БТТ), и РС-совместимый компьютер (ноутбук). Предусмотрена возможность отдельной поверки блоков ИВБ и БТТ измерителя.

Методика устанавливает объем, условия испытаний, методы и средства экспериментального исследования метрологических характеристик измерителей и порядок оформления результатов поверки.

Межповерочный интервал – 5 лет.

1 Операции и средства поверки

1.1 Выполняемые при поверке операции, а также применяемые при этом средства измерений (в дальнейшем – СИ) и вспомогательные средства поверки и испытаний указаны в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операции | № пункта настоящей методики | Наименование эталонных СИ и вспомогательных средств поверки и испытаний |
|--|-----------------------------|---|
| 1. Внешний осмотр | 4.1 | Визуально |
| 2. Опробование | 4.2 | Визуально |
| 3. Проверка электрической прочности изоляции | 4.3 | Установка для проверки параметров электрической безопасности GPI-826 №RI200186, выходное напряжение от 0 до 5 кВ, (1-1999) МОм, погрешность $\pm(0,03U_{инд}+30В)$, измеряемое сопротивление (1-1999) МОм, погрешность 5% (Рег.№27141-04); |
| 4. Проверка программного обеспечения | 4.4 | Визуально |

| | | |
|---|---------|--|
| 5. Время установления рабочего режима | 4.5 | Визуально |
| 6. Определение метрологических характеристик: | 4.6 | |
| Определение диапазона измерений и предела допускаемой основной погрешности измерения ИВБ: | 4.6.1 | |
| — действующего значения напряжения переменного тока | 4.6.1.1 | Источник переменного тока и напряжения трехфазный программируемый «Энергоформа 3.3», диапазон воспроизводимого фазного напряжения от 0 до 260 В, тока от 0 до 7,5 А, частоты от 45 до 65 Гц; |
| — частоты напряжения переменного тока | 4.6.1.2 | |
| — действующего значения силы переменного тока | 4.6.1.3 | Прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор-61850» диапазон измерения напряжения переменного тока от 0 до 960 В, погрешность $\pm[0,01+0,002(1,2U_H/U-1)]\%$; |
| — активной электрической мощности | 4.6.1.4 | диапазон измерения силы переменного тока от 0 до 120 А, погрешность $\pm[0,01+0,002(1,2I_H/I-1)]\%$; диапазон измерения активной мощности от 0 до 80000 Вт, погрешность $\pm[0,01+0,004(1,44P_H/P-1)]\%$; диапазон измерения частоты от 40 до 70 Гц, погрешность $\pm 0,0002$ Гц; диапазон измерения угла сдвига фаз от 0 до 360 °, погрешность $\pm 0,003$ °; (Рег.№ 73445-18); |
| — электрического сопротивления постоянному току | 4.6.1.5 | Однозначная мера электрического сопротивления Р310 номиналом 0,001 Ом, кл.т. 0,01 (Рег.№ 1162-58); Однозначная мера электрического сопротивления Р310 номиналом 0,01 Ом, кл.т. 0,01 (Рег.№ 1162-58); Однозначная мера электрического сопротивления Р321 номиналом 0,1 Ом, кл.т. 0,1 (Рег.№ 1162-58); |

| | | |
|-----------------------------------|-------|--|
| Определение класса точности БТТ | 4.6.2 | <p>Катушка сопротивления электрическая Р323 номиналом 0,0001 Ом, кл.т. 0,05 (Рег.№ 1683-62); Магазин сопротивления Р4831 кл.т. 0,02 (Рег.№ 6332-77).</p> <p>Автотрансформатор TDGC2-20, диапазон воспроизводимого тока от 0 до 80 А; Прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор -61850» диапазон измерения силы переменного тока от 0 до 120 А, погрешность $\pm[0,01+0,002(1,2I_n/I-1)]\%$; диапазон измерения угла сдвига фаз от 0 до 360 °, погрешность $\pm 0,003$ °; (Рег.№ 73445-18)</p> |
| 7. Оформление результатов поверки | 5 | - |

Допускается проведение поверки измерителей с применением средств измерений и вспомогательных средств поверки, не указанных в таблице 1, но обеспечивающих определение и контроль метрологических характеристик поверяемых изделий с требуемой точностью.

Допускается возможность проведения периодической поверки измерителей для меньшего числа величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений на основании письменного заявления владельца СИ, оформленного в произвольной форме.

2 Требования безопасности

2.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, «Правил охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Главгосэнергонадзором.

2.2 К проведению поверки допускают лиц, аттестованных в качестве поверителей средств измерений электрических величин.

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

2.4 Помещение для проведения поверки должно соответствовать правилам техники безопасности.

3 Условия поверки и подготовка к ней

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия применения:

- температура окружающего воздуха (25 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

3.2 Подготовку к проведению поверки измерителя, представленного на поверку, производят в соответствии с требованиями, изложенными в соответствующих эксплуатационных документах.

3.3 Для контроля нормальных условий следует применять термометры с ценой деления не более 0,2 °С, диапазон измерения не менее 20-30 °С; психрометр для измерения влажности в диапазоне 30-80% с погрешностью не более $\pm 5\%$.

4 Проведение поверки

4.1 Внешний осмотр

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

- комплектность должна соответствовать данным, приведенным в паспорте;
- все органы коммутации должны обеспечивать надежность фиксации во всех позициях;
- все разъемы, клеммы, функциональные кнопки и соединительные провода не должны иметь повреждений, следов окисления и загрязнений;
- маркировка и функциональные надписи должны читаться и восприниматься однозначно;
- наружные поверхности корпуса, лицевая панель, разъемы, клеммы, функциональные кнопки, соединительные провода и органы управления не должны иметь механических повреждений и деформаций, могущих повлиять на работоспособность стенда;
- серийный номер измерителя, указанный на крышке корпуса измерителя, должен соответствовать номеру, указанному в паспорте.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если комплектность и серийный номер соответствуют указанным в паспорте, маркировка и надписи на наружных панелях соответствуют эксплуатационной документации, а также отсутствуют механические повреждения.

При несоответствии измерителя по вышеперечисленным позициям, поверку прекращают и устройство бракуют.

4.2 Опробование

Опробование поверяемого измерителя состоит в проверке его работоспособности в соответствии с п. 4.2 руководства по эксплуатации.

4.3 Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции

Проверку электрической прочности и сопротивления изоляции измерителя СЭИТ-4М-К540 проводят между корпусом и штекерами вилки, между корпусом и клеммами на лицевой панели измерителя.

Изоляция штекеров вилки питания относительно корпуса ИВБ измерителя должна выдерживать воздействие испытательного напряжения 2 кВ в течение 1 мин.

Изоляция электрических зажимов, подключаемых к испытываемому трансформатору (клемм на лицевой панели ИВБ и клемм на лицевой панели БТТ), относительно корпуса должна выдерживать воздействие испытательного напряжения 3 кВ в течение 1 мин.

Измеритель считают выдержавшим проверку, если не произошло пробоя или перекрытия изоляции и измеритель после испытания функционирует нормально.

Сопротивление изоляции электрических цепей измерителя СЭИТ-4М-К540 между корпусом и изолированными по постоянному току электрическими цепями (штекерами вилки сетевого шнура и клеммами на лицевой панели измерителя) проверяют при напряжении постоянного тока 500 В. Отсчет значения сопротивления изоляции следует проводить через 1 мин после приложения напряжения.

Сопротивление изоляции должно быть не менее 30 МОм между корпусом и клеммами на лицевой панели измерителя и не менее 20 МОм между корпусом и штекерами вилки сетевого шнура.

4.4 Проверка программного обеспечения

Проверку программного обеспечения проводить с помощью ПО «СЭИТ-4М-К540»-Клиент, установленного на персональном компьютере, версии не ниже 1.0.0. В соответствии с руководством по эксплуатации ПТМР.4111722.039 РЭ установить соединение с измерителем СЭИТ-4М-К540. После чего на панели «Параметры измерителя» в поле «FWVers» выводится версия ПО измерителя.

Результат проверки считают положительным, если номер версии ПО СЭИТ-4М-К540 не ниже 1.0.0.

4.5 Проверка времени установления рабочего режима

Время установления рабочего режима измерителя СЭИТ-4М-К540 к работе определяют опытным путем согласно руководству по эксплуатации ПТМР.4111722.039 РЭ.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если время установления рабочего режима не превышает 15 мин.

4.6 Определение метрологических характеристик

4.6.1 Определение диапазона измерений и основной погрешности ИВБ измерителя.

4.6.1.1 Проверка диапазона и определение основной погрешности измерения действующего значения напряжения переменного тока проводится методом прямых измерений.

Собрать схему подключения измерителя, приведенную на рисунке 2 с помощью приборов, указанных в таблице 1 по п.4.

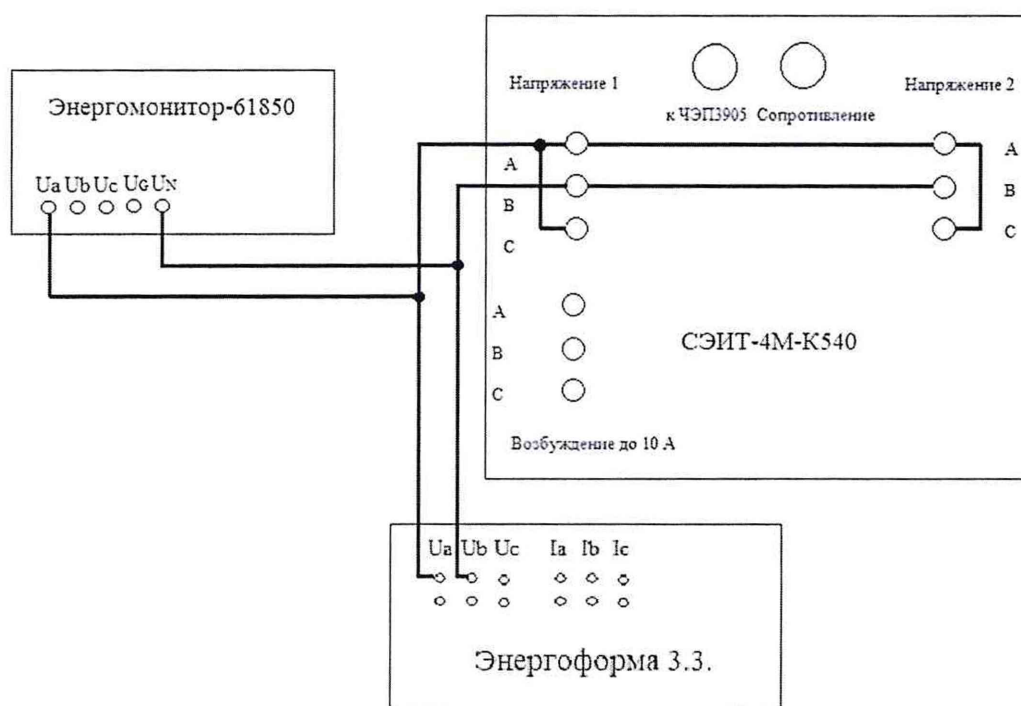


Рисунок 1. Схема измерений для определения основной погрешности измерения напряжения в диапазоне от 0 до 400 В

Подключить измеритель СЭИТ-4М-К540 и прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор-61850» (далее – прибор «Энергомонитор-61850») к источнику переменного тока и напряжения «Энергоформа 3.3». Включить измеритель. В соответствии с «Руководством по эксплуатации» (далее – РЭ) выбрать необходимый предел измерения напряжения. Включить источник. Установить частоту выходного напряжения 50 Гц, сдвиг фаз между напряжениями U_A и U_B равным 180° . После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерение переменного напряжения в следующих точках диапазона:

- для предела 400 В:

$$U_1=(0,05\dots0,1)U_k; U_2=(0,2\dots0,3)U_k; U_3=(0,4\dots0,6)U_k; U_4=(0,7\dots0,8)U_k; U_5=(0,9\dots1,1)U_k,$$

- для пределов измерения напряжения 20 В, 100 В:

$$U_1=(0,05\dots0,1)U_k; U_2=(0,9\dots1,1)U_k,$$

где U_k – конечное значение выбранного диапазона измерения напряжения.

На каждой из фаз источника «Энергоформа 3.3» устанавливается напряжение, равное половине значения из указанного ряда.

После измерений вычислить отклонения показаний от значений эталона $U_{эт}$ (абсолютные погрешности) по формуле:

$$\Delta_j = |U_j - U_{эт}|, \quad (1)$$

и приведенные погрешности по формуле:

$$\gamma_j = \frac{\Delta_j}{U_k} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где U_j – измеренное значение напряжения переменного тока, В;

$U_{эт}$ – действительное значение напряжения переменного тока, В.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если вычисленные приведенные погрешности измерения напряжения в каждой точке не превышают $\pm 0,2\%$

4.6.1.2 Определение диапазона и определение погрешности измерения частоты напряжения переменного тока проводится по схеме, изображенной на рисунке 1.

Установить выходное напряжение источника переменного тока и напряжения «Энергоформа 3.3» 100 – 200 В. Установить частоту выходного сигнала 45 Гц. Произвести измерение частоты измерителем СЭИТ-4М-К540 и прибором «Энергомонитор-61850». Повторить измерения на частотах 50, 55 Гц.

Вычислить отклонения показаний прибора от значения эталона $f_{эт}$ (абсолютные погрешности) по формуле:

$$\Delta_j = |f_j - f_{эт}|, \quad (3)$$

где f_j – измеренное значение частоты напряжения переменного тока, Гц;

$f_{эт}$ – действительное значение частоты напряжения переменного тока, Гц.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если получившиеся погрешности не превышают $\pm 0,05$ Гц.

4.6.1.3 Проверка диапазона и определение основной погрешности измерения действующего значения силы переменного тока

Подключить измеритель СЭИТ-4М-К540 и прибор «Энергомонитор-61850» к источнику переменного тока и напряжения «Энергоформа 3.3» в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.

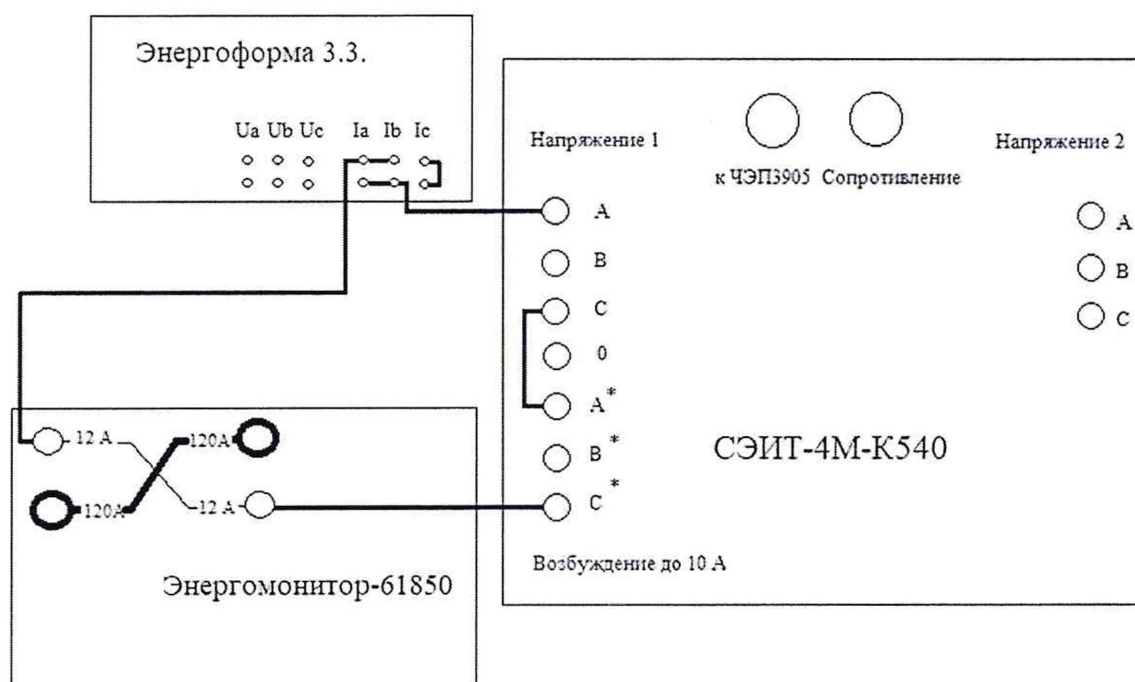


Рисунок 2. Схема измерений для определения основной погрешности измерения тока

Токовые клеммы фаз А и В источника соединить параллельно, токовые клеммы А и С измерителя соединить последовательно и между начальными и конечными токовыми выводами источника последовательно включить прибор «Энергомонитор-61850» и измеритель СЭИТ-4М-К540, используя проводники с низким сопротивлением. Установить частоту выходного напряжения 50 Гц, сдвиг фаз между токами I_A и I_B равным 0° . Включить измеритель. В соответствии с РЭ выбрать необходимый предел измерения тока. После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерения в следующих точках диапазона:

- для предела 10 А

$$I_1 = (0,05 \dots 0,1)I_k; \quad I_2 = (0,2 \dots 0,3)I_k; \quad I_3 = (0,4 \dots 0,6)I_k; \quad I_4 = (0,7 \dots 0,8)I_k; \\ I_5 = (0,9 \dots 1,1)I_k,$$

- для предела 1 А:

$$I_1 = (0,05 \dots 0,1)I_k; \quad I_2 = (0,9 \dots 1,1)I_k$$

где I_k – конечное значение выбранного предела измерения силы тока.

На каждой из фаз источника устанавливается ток, равный половине значения из указанного ряда.

После измерений вычислить отклонения показаний прибора от значения эталона $I_{эт}$ (абсолютные погрешности) по формуле:

$$\Delta_j = |I_j - I_{эт}|, \quad (4)$$

и приведенные погрешности по формуле:

$$\gamma_j = \frac{\Delta_j}{I_k} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где I_j – измеренное значение силы переменного тока, А;

$I_{эт}$ – действительное значение силы переменного тока, А.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если вычисленные приведенные погрешности измерения тока в каждой точке не превышают $\pm 0,2\%$.

4.6.1.4 Проверка диапазона и определение основной погрешности измерения активной электрической мощности осуществляется по схемам, представленным на рисунках 3, 4.

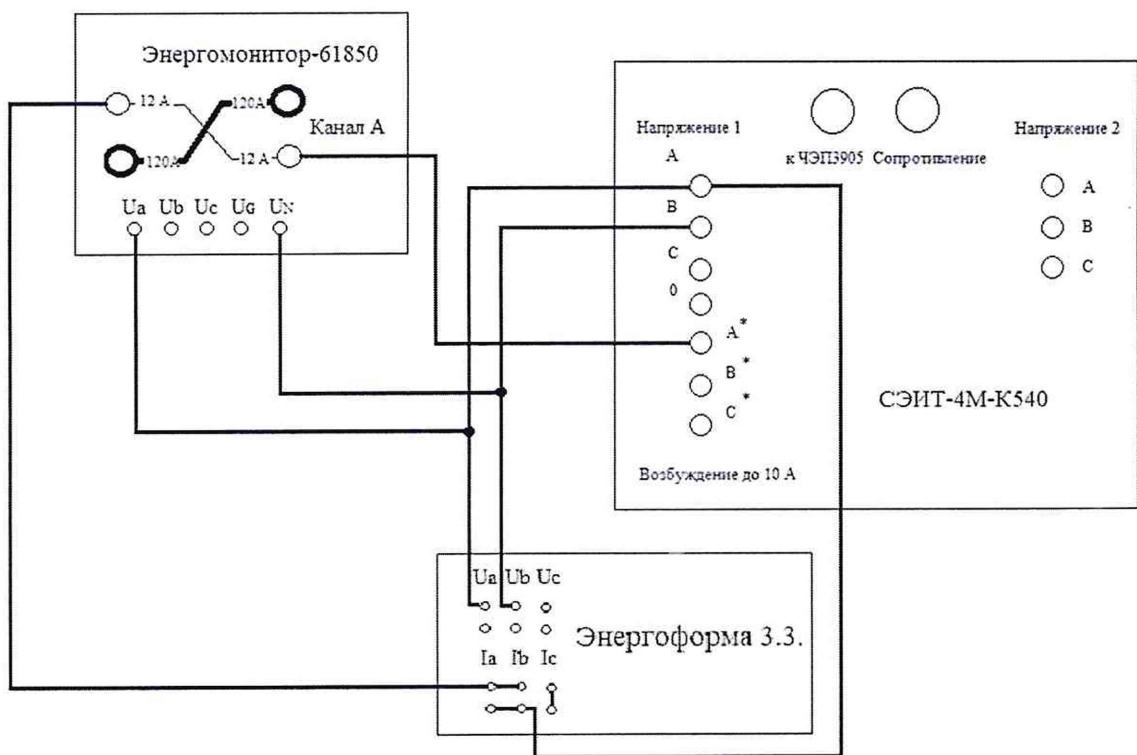


Рисунок 3. Схема определения основной погрешности измерения мощности канала АВ

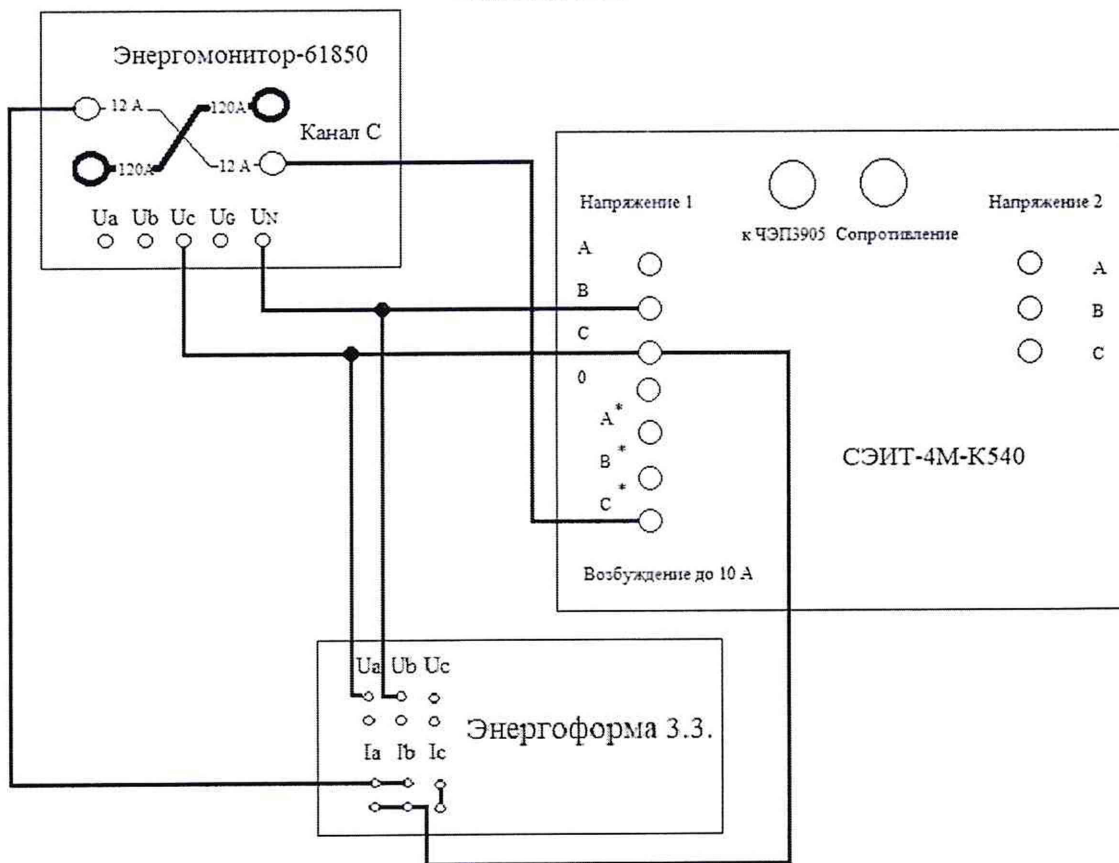


Рисунок 4. Схема определения основной погрешности измерения мощности канала ВС

Токовые клеммы фаз А и В источника «Энергоформа 3.3» соединить параллельно. Подключить прибор «Энергомонитор-61850» к источнику, собрав последовательно с измерителем СЭИТ-4М-К540 токовые цепи и параллельно цепи напряжения. Потенциальные клеммы А и В источника подключить к клеммам напряжения А и В измерителя для проверки канала АВ (рис.3), затем к клеммам напряжения В и С измерителя для проверки канала ВС (рис.4). Установить частоту выходного напряжения 50 Гц, сдвиг фаз между напряжениями U_A и U_B 180° , сдвиг фаз между током и напряжением U_A и I_A равным 0° , сдвиг фаз между током и напряжением U_B и I_B равным 180° . Включить измеритель. В соответствии с РЭ выбрать необходимые пределы измерения тока и напряжения. После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерения в точках диапазона в соответствии с таблицей 2.

На каждой из фаз источника устанавливаются ток и напряжение, равные половине необходимого значения. Эти величины устанавливаются с отклонениями от значений, указанных в таблице 2, не более $\pm 5\%$.

Таблица 2

| Предел напряжения, В | Значение напряжения, В | Предел тока, А | Значение тока, А | Расчетное значение показаний, Вт |
|----------------------|------------------------|----------------|------------------|----------------------------------|
| «400» | 400 | «10» | 10 | 4000 |
| «400» | 400 | «10» | 8 | 3200 |
| «400» | 400 | «10» | 5 | 2000 |
| «400» | 400 | «10» | 2 | 800 |
| «400» | 400 | «10» | 1 | 400 |
| «400» | 300 | «10» | 10 | 3000 |
| «400» | 200 | «10» | 10 | 2000 |
| «400» | 100 | «10» | 10 | 1000 |
| «400» | 40 | «10» | 10 | 400 |
| «400» | 40 | «10» | 1 | 40 |
| «400» | 400 | «1» | 1 | 400 |
| «400» | 40 | «1» | 0,1 | 4 |
| «100» | 100 | «10» | 10 | 1000 |
| «100» | 10 | «10» | 1 | 10 |
| «100» | 100 | «1» | 1 | 100 |
| «100» | 10 | «1» | 0,1 | 1 |
| «20» | 20 | «10» | 10 | 200 |
| «20» | 2 | «10» | 1 | 2 |
| «20» | 20 | «1» | 1 | 20 |
| «20» | 2 | «1» | 0,1 | 0,2 |

После измерений вычислить отклонения показаний прибора от значения эталона $P_{Эт}$ (абсолютные погрешности) по формуле:

$$\Delta_j = |P_j - P_{Эт}|, \quad (6)$$

и приведенные погрешности по формуле:

$$\gamma_j = \frac{\Delta_j}{P_k} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где P_j – измеренное значение активной мощности переменного тока, Вт;

$P_{Эт}$ – действительное значение активной мощности переменного тока, Вт;

$P_k = U_k \cdot I_k$ – конечное значение выбранного предела измерения активной мощности переменного тока, Вт.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если вычисленные приведенные погрешности измерения активной мощности в каждой точке не превышают $\pm 0,2\%$.

4.6.1.5 Проверка диапазона и определение основной погрешности измерения электрического сопротивления постоянному току проводится методом измерения сопротивления однозначной или многозначной меры сопротивления испытываемым измерителем.

Однозначную меру сопротивления подключают ко входным зажимам (щупам) прибора так, что токовые зонды прибора соединяются с токовыми зажимами катушки, а потенциальные – с потенциальными, и производят измерение сопротивления однозначной или многозначной меры сопротивления.

Значения измеряемого сопротивления устанавливаются в диапазоне:

- 0,01 Ом: $R_1=0,0001$ Ом; $R_2=0,001$ Ом; $R_3=0,01$ Ом;
- 0,2 Ом: $R_1=0,001$ Ом; $R_2=0,01$ Ом; $R_3=0,1$ Ом; $R_4=0,2$ Ом;
- 2 Ом: $R_1=0,1$ Ом; $R_2=0,4$ Ом; $R_3=0,7$ Ом; $R_4=1$ Ом; $R_5=2$ Ом;
- 20 Ом: $R_1=1$ Ом; $R_2=4$ Ом; $R_3=7$ Ом; $R_4=10$ Ом; $R_5=20$ Ом;
- 200 Ом: $R_1=20$ Ом; $R_2=40$ Ом; $R_3=70$ Ом; $R_4=100$ Ом; $R_5=200$ Ом.

Примечание: Для определения основной погрешности сопротивления в точках $R=0,0001$ Ом; 0,001 Ом; и 0,01 Ом в качестве эталона используются однозначные меры электрического сопротивления (катушки). Для определения основной погрешности сопротивления в других точках в качестве эталона используется многозначная мера (магазин) электрического сопротивления. При этом вначале все переключатели многозначной меры устанавливаются в положение 0 и производится измерение. Полученное значение $R_{ост}$ запоминается. Далее переключателями многозначной меры устанавливается необходимое сопротивление и измерение повторяется.

После измерений значение абсолютной погрешности сопротивления находят по формуле:

$$\Delta R = | R - R_{\text{ост}} - R_{\text{ЭТ}} |, \quad (8)$$

и приведенной погрешности по формуле:

$$\gamma_j = \frac{\Delta R}{R_k} \cdot 100\% , \quad (9)$$

где R – измеренное значение электрического сопротивления постоянному току, Ом;

$R_{\text{ЭТ}}$ – действительное значение электрического сопротивления постоянному току, Ом;

R_k – конечное значение выбранного предела измерения электрического сопротивления постоянному току, Ом.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если вычисленные приведенные погрешности измерения сопротивления постоянному току в каждой точке не превышают $\pm 0,5\%$.

4.6.2 Определение токовой и угловой погрешности БТТ измерителя

Определение токовой и угловой погрешности измерения БТТ измерителя осуществляется дифференциальным методом по схеме представленной на рисунке 5.

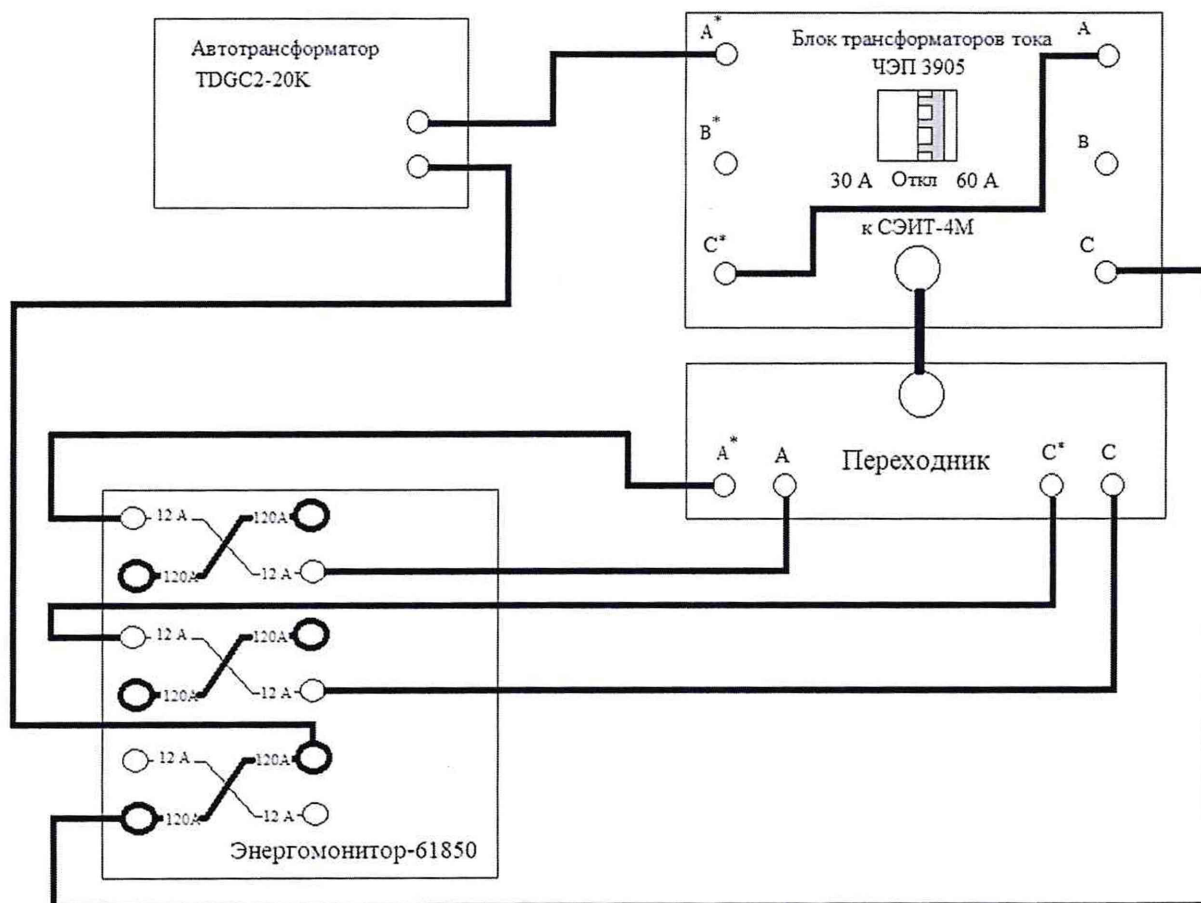


Рисунок 5. Схема измерений для определения основной погрешности БТТ

Испытательный ток подается от регулируемого источника переменного тока, обеспечивающего диапазон регулирования от 1% до 120% номинального тока (например, автотрансформатора типа TDGC2-20К, 20 кВ·А, 80 А, 0-250 В) на соединенные последовательно первичные обмотки А*А и С*С БТТ. Измерение первичного тока осуществляется прибором «Энергомонитор-61850» через отдельный вход для измерения силы тока до 120 А. Для измерения вторичных токов используется специальный переходник, который подключается к БТТ при помощи штатных соединительных разъемов.

Измерение вторичных токов фаз А и С производится прибором «Энергомонитор-61850» одновременно, через разные токовые каналы измерения. Для того, чтобы снять токовые и угловые погрешности, необходимо согласно РЭ перевести «Энергомонитор-61850» в режим компаратора и выбрать в качестве двух сравниваемых сигналов первичный и вторичный ток фазы А, записать показания, повторить измерения для фазы С. Погрешности определять для каждого значения тока из таблицы 3 для пределов 30 А и 60 А.

Таблица 3

| Первичный ток I_1 , % номинального значения | Предел допускаемой погрешности | |
|--|--------------------------------|------------|
| | токовой, % | угловой, ' |
| 5 | $\pm 0,2$ | ± 10 |
| 20 | $\pm 0,1$ | ± 5 |
| 100 | $\pm 0,1$ | ± 5 |

Результаты поверки БТТ измерителя считаются удовлетворительными, если значения относительной токовой погрешности в процентах и абсолютной угловой погрешности в минутах в каждой точке не превышают пределов, указанных в таблице 3.

5 Оформление результатов поверки

5.1 Оформление результатов поверки производится в соответствии с требованиями Приказа Минпромторга России от 02.07.2015г. № 1815.

5.2 Результаты поверки отражаются в протоколе поверки.

5.3 Положительные результаты поверки оформляют записью в соответствующем разделе паспорта или свидетельстве о поверке, заверенной оттиском поверительного клейма. Голографическая наклейка о поверке наклеивается на лицевую панель прибора.

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

Начальник отд.206.1
ФГУП «ВНИИМС»

С.Ю. Рогожин

Ведущий инженер отд.206.1
ФГУП «ВНИИМС»

Е.Н. Мартынова

Инженер-метролог
ООО «Челэнергоприбор»

О.П. Хусаинова