

ИЗМЕРИТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ

КОЭФФИЦИЕНТ

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
РУКЮ 411212.015 РЭ**



Сертификат России: RU.C.34.033.A (№38752-08 в Госреестре СИ РФ)

Редакция руководства по эксплуатации – 4.0.8

Версия ПО – 2.4.1.0

Содержание

1 Описание и работа измерителя.....	4
1.1 Назначение и область применения.....	4
1.2 Технические характеристики.....	5
1.3 Устройство и работа.....	7
2 Указания мер безопасности	9
3 Подготовка к работе	9
4 Порядок работы.....	10
4.1 Режим измерения коэффициента трансформации.....	11
4.2 Режим измерения тока и потерь холостого хода на малом напряжении	13
4.3 Режим измерения сопротивления короткого замыкания	15
5 Возможные неисправности и способы их устранения	18
6 Методика поверки	19
7 Маркировка и пломбирование	29
8 Транспортирование и хранение	29
9 Гарантии изготовителя (поставщика)	30
10 Свидетельство об упаковывании	30
11 Сведения об утилизации	30
12 Свидетельство о приемке.....	30

Настоящее руководство по эксплуатации (далее - РЭ) содержит сведения, необходимые для эксплуатации измерителя параметров трансформаторов «КОЭФФИЦИЕНТ» (далее - измеритель). Эти сведения включают информацию о назначении и области применения измерителя, составе и принципе действия, подготовке к работе, порядке работы и техническому обслуживанию.

Персонал, эксплуатирующий измеритель, должен иметь квалификационную группу по ПТБ не ниже III.

1 Описание и работа измерителя

1.1 Назначение и область применения

1.1.1 Измеритель в соответствии с требованиями раздела 2 “Методы контроля состояния силовых трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих и дугогасящих реакторов” сборника методических пособий по контролю состояния электрооборудования ОРГРЭС обеспечивает измерение для трансформаторов всех схем и групп соединения по ГОСТ 30830 следующих параметров:

- коэффициента трансформации;
- тока и потерь холостого хода на малом напряжении;
- сопротивления короткого замыкания.

Измеритель предназначен для технического обслуживания, ремонта, наладки, испытаний различных силовых трансформаторов, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Измеритель также может использоваться в качестве вольтметра и амперметра переменного тока. Одновременно возможно использование двух вольтметров (в режиме измерения коэффициента трансформации) или вольтметра и амперметра (в режиме измерения тока холостого хода или сопротивления короткого замыкания).

1.1.2 Измеритель обеспечивает выполнение своих функций в условиях применения, соответствующих группе 3 по ГОСТ 22261-94:

1.1.2.1 Нормальные условия применения:

- температура окружающего воздуха, °C 20±5;
- относительная влажность воздуха, % 30-80;
- атмосферное давление, кПа (мм. рт. ст.) 84-106 (630-795);
- напряжение питающей сети переменного тока, В 220±4,4;
- частота питающей сети, Гц 50,0±0,5.

1.1.2.2 Рабочие условия применения:

- температура окружающего воздуха, °C от +5 до +40;
- относительная влажность воздуха, % до 80 при 30 °C;
- атмосферное давление, кПа (мм. рт. ст.) 84-106,7 (630-800);
- напряжение питающей сети переменного тока, В 220±22;
- частота питающей сети, Гц 50±1.

1.1.3 Измеритель не имеет собственного источника напряжения возбуждения. В качестве U_B рекомендуется использовать напряжение сети. Номинальное действующее (среднеквадратическое) значение переменного напряжения возбуждения (U_B): ~220 В. Также допускается в качестве напряжения возбуждения использовать напряжение значением ~380В.

1.1.4 Отклонение U_B от номинального не более ±10%.

1.1.5 Результаты измерений и вычислений индицируются на многофункциональном жидкокристаллическом дисплее прибора.

Режим работы	Индицируемые значения
Коэффициент трансформации	U, U_{nn}, K_m
Потери холостого хода	U, I, P
Сопротивление короткого замыкания	$U, I, Z_{кз}$

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Виды, диапазоны и допускаемые погрешности измерений приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Измеряемая величина	Обозначение	Диапазоны измерений	Пределы допускаемой относительной основной погрешности измерения, %
Действующее (среднеквадратическое) значение переменного напряжения, В (канал измерения U)	U	25-420	$\pm[0,5 + 0,05 \times (U_k/U - 1)]$
Действующее (среднеквадратическое) значение переменного напряжения, В (канал измерения U_{nn})	U_{nn1}	42-420	$\pm[0,5 + 0,05 \times (U_{nn1k}/U_{nn1} - 1)]$
	U_{nn2}	2-42	$\pm[0,5 + 0,05 \times (U_{nn2k}/U_{nn2} - 1)]$
Коэффициент трансформации	K_{m1}	U_B / U_{nn1}	$\pm[0,5 + 0,05 \times (K_{T1}/K_{T1H} - 1)]$
	K_{m2}	U_B / U_{nn2}	$\pm[0,5 + 0,05 \times (K_{T2}/K_{T2H} - 1)]$
Действующее (среднеквадратическое) значение тока, А	I_0	20-100 (*)	$\pm[2 + 0,2 \times (I_{0k}/I_0 - 1)]$

Ческое) значение переменного тока, А	I_1	2,0-20	$\pm[0,5 + 0,05 \times (I_{1к}/I_1 - 1)]$
	I_2	0,20-2,0	$\pm[0,5 + 0,05 \times (I_{2к}/I_2 - 1)]$
	I_3	0,020-0,20	$\pm[1 + 0,1 \times (I_{3к}/I_3 - 1)]$
Потери холостого хода на малом напряжении (активная электрическая мощность) ($\cos \varphi = 1,0$), Вт	P_{11}	$I_1 \cdot U_B$	$\pm[0,5 + 0,05 \times (P_{11к}/P_{11} - 1)]$
	P_{21}	$I_2 \cdot U_B$	$\pm[0,5 + 0,05 \times (P_{21к}/P_{21} - 1)]$
	P_{31}	$I_3 \cdot U_B$	$\pm[1 + 0,1 \times (P_{31к}/P_{31} - 1)]$
Потери холостого хода на малом напряжении (активная электрическая мощность) ($\cos \varphi = 0,5$), Вт	P_{12}	$I_1 \cdot U_B$	$\pm[1 + 0,1 \times (P_{12к}/P_{12} - 1)]$
	P_{22}	$I_2 \cdot U_B$	$\pm[1 + 0,1 \times (P_{22к}/P_{22} - 1)]$
	P_{32}	$I_3 \cdot U_B$	$\pm[2 + 0,2 \times (P_{32к}/P_{32} - 1)]$
Сопротивление короткого замыкания, Ом	$Z_{кз3}$	U_B/I_3	$\pm[1 + 0,1 \times (Z_{кз3}/Z_{кз3н} - 1)]$
	$Z_{кз2}$	U_B/I_2	$\pm[0,5 + 0,05 \times (Z_{кз2}/Z_{кз2н} - 1)]$
	$Z_{кз1}$	U_B/I_1	$\pm[0,5 + 0,05 \times (Z_{кз1}/Z_{кз1н} - 1)]$
	$Z_{кз0}$	$U_B/I_0 (*)$	$\pm[2 + 0,2 \times (Z_{кз0}/Z_{кз0н} - 1)]$
X_n и X_k – начальная и конечная точки диапазона измерения соответственно; * - при использовании токовых клещей;			

Рассчитанные по таблице 1.1 минимальные и максимальные измеряемые значения при $U_B=220$ В приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Измеряемая величина	Обозначение	Мин.	Макс.
Коэффициент трансформации	K_{m1}	0,52	5,24
	K_{m2}	5,24	110
Активная электрическая мощность, Вт ($\cos \varphi = 1,0$)	P_{11}	440	4400
	P_{21}	44	440
	P_{31}	4,4	44
Активная электрическая мощность, Вт ($\cos \varphi = 0,5$)	P_{12}	220	2200
	P_{22}	22	220
	P_{32}	2,2	22
Сопротивление короткого замыкания, Ом	$Z_{кз3}$	110	1100
	$Z_{кз2}$	11	110
	$Z_{кз1}$	1,1	11
	$Z_{кз4}$	0,22	11

1.2.2 Диапазон рабочих частот от 45 до 55 Гц.

1.2.3 Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерений, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной до любой в пределах диапазона рабочих температур, не более пределов допускаемой основной погрешности измерений.

1.2.4 Электропитание измерителя осуществляется от сети переменного напряжения 220 В и частотой 50 Гц.

1.2.5 Максимальная потребляемая мощность от сети электропитания не более 10 ВА.

1.2.6 Время измерения не более 10 с.

1.2.7 Время установления рабочего режима не превышает 5 мин.

1.2.8 Продолжительность непрерывной работы измерителя при питании от сети не менее 16 ч. Время перерыва до повторного включения не менее 30 мин.

1.2.9 Измеритель соответствует I классу защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током по ГОСТ Р МЭК 536.

1.2.10 Изоляция измерителя в нормальных условиях применения выдерживает в течение 1 мин без пробоя и перекрытия изоляции действие испытательного напряжения переменного тока частотой 50 Гц и действующим значением 1,5 кВ.

1.2.11 Сопротивление изоляции в нормальных условиях применения не менее 20 МОм.

1.2.12 Сопротивление защитного заземления не более 0,1 Ом.

1.2.13 Степень защиты оболочки измерителя по ГОСТ 14254 IP40. Категория монтажа I, степень загрязнения 1.

1.2.14 Габаритные размеры измерителя, не более 280×250×125 мм.

1.2.15 Габаритные размеры измерителя в упаковке, не более 285×255×130 мм.

1.2.16 Масса измерителя (без токовых клещей) не более 5 кг.

1.2.17 Масса измерителя в полной комплектности в транспортной таре не более 6 кг.

1.2.18 Комплект поставки представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Наименование составной части	Количество, шт.	Примечание
1	2	3
1 Измеритель параметров трансформаторов «КОЭФФИЦИЕНТ» РУКЮ.411212.015	1	
2 Кабель сетевой	1	
3 «Измеритель параметров трансформаторов «КОЭФФИЦИЕНТ». Руководство по эксплуатации. РУКЮ.411212.015 РЭ» с методикой поверки	1	
4 «Измеритель параметров трансформаторов «КОЭФФИЦИЕНТ». Схемы подключения. РУКЮ.411212.015 СП»	1	
5 Коробка упаковочная	1	
6 Преобразователь переменного тока «КОЭФФИЦИЕНТ» (токовые клещи) РУКЮ.411911.005	1	
7 «Преобразователь переменного тока «КОЭФФИЦИЕНТ». Руководство по эксплуатации. РУКЮ.411212.015 ПТ»	1	
8 Трансформатор напряжения РУКЮ.671117.002	1	Поставляется по отдельному заказу

1.3 Устройство и работа

1.3.1 Принцип работы измерителя основан на измерении тока, напряжения, сдвига фаз между ними и вычислении контролируемых параметров.

1.3.2 Структурная схема измерителя показана на рисунке 1.1.

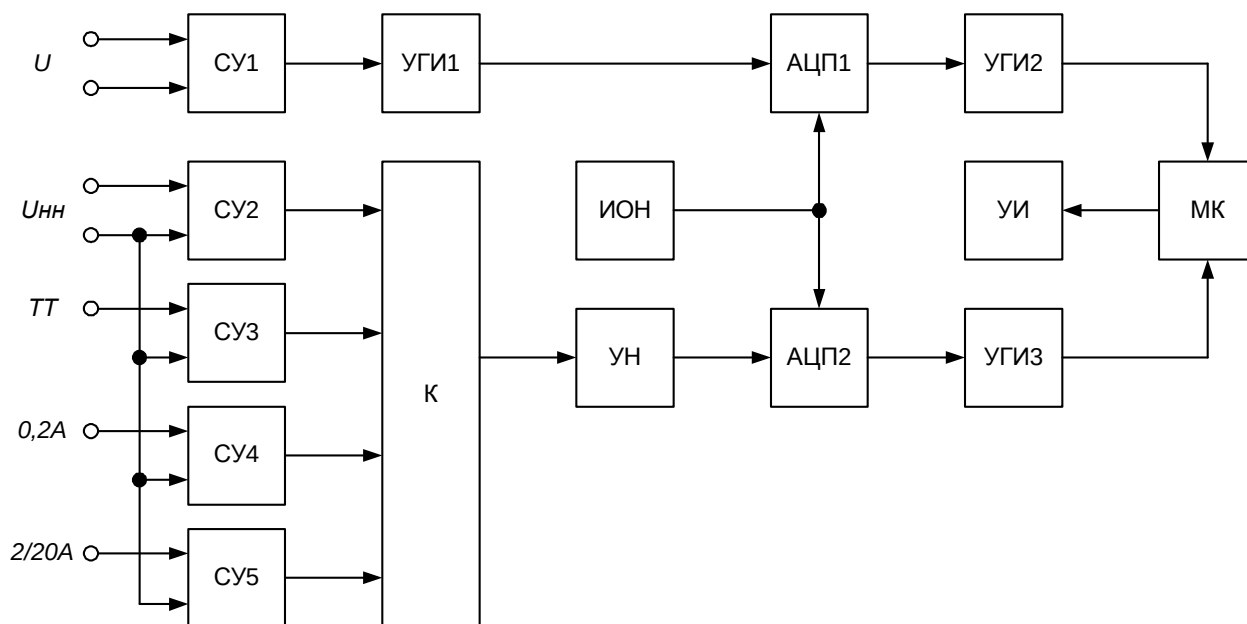


Рисунок 1.1

Обозначения, принятые на рисунке 1.1:

- 1) СУ1, СУ2, СУ3, СУ4, СУ5 – согласующие узлы;
- 2) УГИ1, УГИ2, УГИ3 – узлы гальванической изоляции;
- 3) К – коммутатор;
- 4) ИОН – источник опорного напряжения;
- 5) УН – усилитель напряжения;
- 6) АЦП1, АЦП2 – аналого-цифровые преобразователи;
- 7) УИ – узел индикации;
- 8) МК – микроконтроллер.

1.3.3 На лицевой панели измерителя (рисунок 1.2) расположены:

- 1 - клеммы подключения входных кабелей;
- 2 - жидкокристаллический индикатор результатов измерения;
- 3 - зажим защитного заземления;
- 4 - колодка подключения шнура сетевого питания;
- 5 – сетевой предохранитель (2,0А);
- 6 - выключатель СЕТЬ сетевого питания;
- 7 - кнопка ПУСК (запуск режима измерения), кнопки "Δ" (вверх) и "∇" (вниз) (выбор режима измерения);
- 8 – предохранители амперметров (0,25А и 30А).

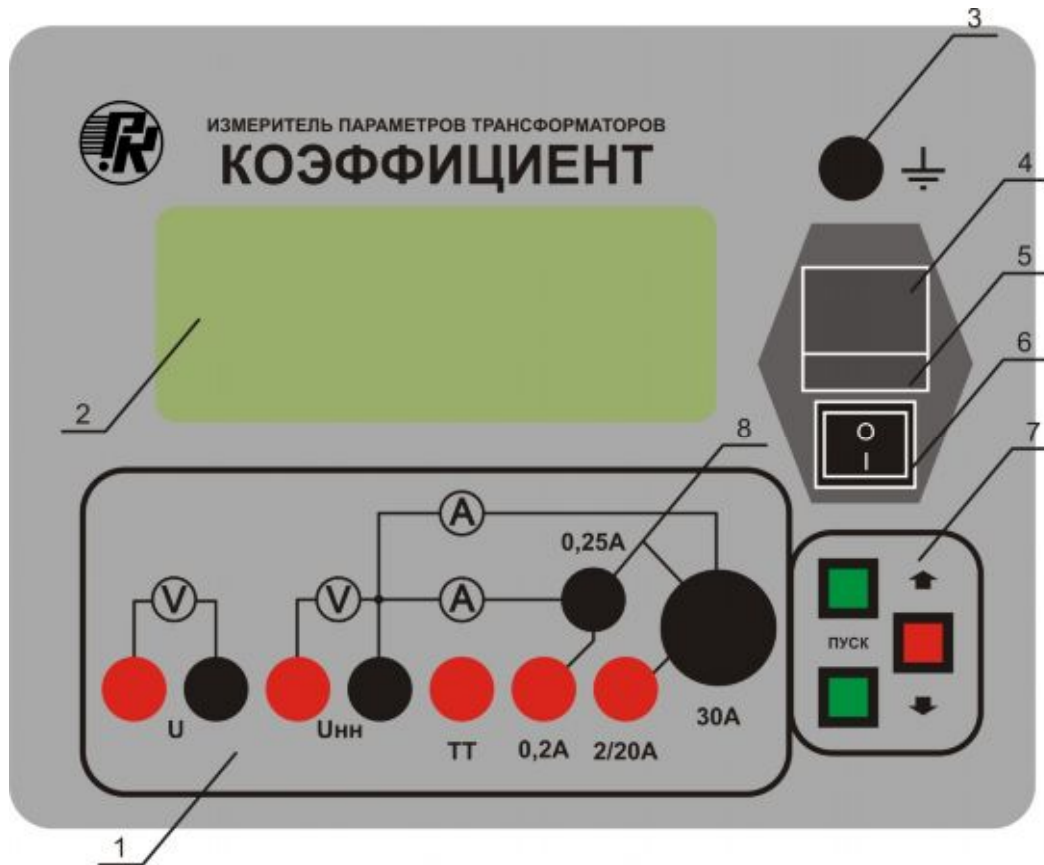


Рисунок 1.2

2 Указания мер безопасности

К работе с измерителем допускаются лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации и прошедшие инструктаж по безопасности труда при работе с оборудованием, запитываемым от сети ~220 В.

3 Подготовка к работе

Если измеритель внесен в помещение после пребывания при температуре окружающей среды ниже -5°C , он должен быть выдержан в нормальных условиях в выключенном состоянии не менее 4 ч.

В случае резкого изменения (перепада) температуры окружающей среды на величину более 10°C необходимо выдержать измеритель в рабочих условиях эксплуатации в выключенном состоянии не менее 30 мин.

При попадании внутрь корпуса влаги, загрязнений, снега и т.п. использование измерителя не допускается!

3.1 Установить измеритель вблизи мест заземления и сетевого питания на горизонтальной поверхности.

3.2 При отсутствии розетки сетевого питания с заземляющим контактом подключить зажим защитного заземления прибора к контуру защитного заземления (объекта измерения).

3.3 Руководствуясь схемами подключений и требованиями настоящего РЭ, подключить измеритель к объекту контроля (не находящемуся под напряжением) с помощью измерительных кабелей из комплекта поставки или проводников, сечение которых выбирается исходя из значения протекающего тока. При проведении измерений входные кабели должны быть расправлены (не уложены в бухту). Не рекомендуется связывать входные кабели между собой. Схема внутренних соединений представлена на рисунке 3.1. Разъем “ТТ” используется для подключения токовых клещей (рисунок 4.11).

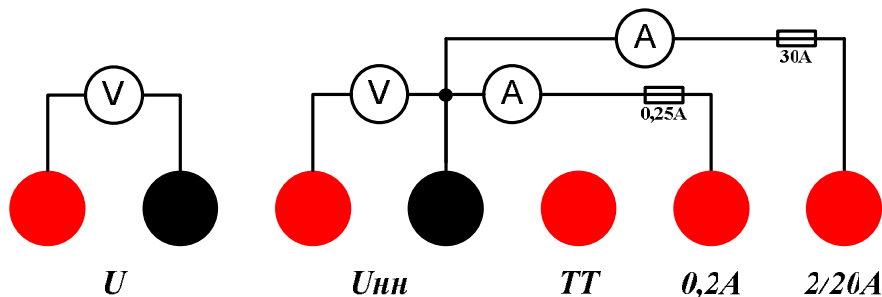


Рисунок 3.1

3.4 Установить выключатель СЕТЬ в положение "Выключено".

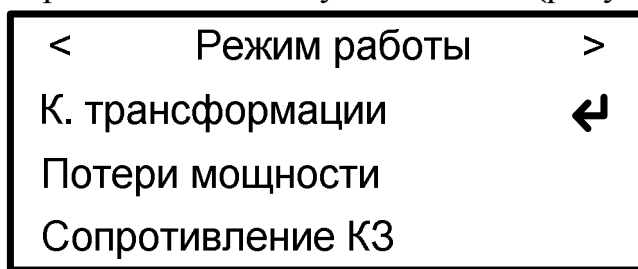
3.5 Подключить вилку сетевого шнура измерителя к сети ~220 В.



Разъём “ТТ” предназначен для подключения токовых клещей!

4 Порядок работы

✓ Включить измеритель, установив выключатель СЕТЬ в положение "Включено", при этом на индикатор выводится следующее меню (рисунок 4.1):



“К. трансформации” – режим измерения коэффициента трансформации.

“Потери мощности” – режим измерения тока и потерь холостого хода.

“Сопротивление КЗ” – режим измерения сопротивления короткого замыкания.

Рисунок 4.1

- ✓ Подать напряжение возбуждения на объект контроля (трансформатор).
- ✓ В соответствии с собранной схемой подключения кнопками "Δ" (вверх) и "▽" (вниз) выбрать режим измерения.
- ✓ Запустить измерение нажатием кнопки “ПУСК”.
- ✓ Провести измерение и отключить напряжение возбуждения.

✓ Выйти из измерения в меню выбора режима измерения нажатием кнопки “ПУСК”.

4.1 Режим измерения коэффициента трансформации

Определением коэффициента трансформации проверяется правильность числа витков трансформатора, которое должно соответствовать расчетному значению.

В условиях эксплуатации определение коэффициента трансформации актуально после ремонта трансформатора, если при этом производится замена или реконструкция обмоток. При вводе в эксплуатацию нового трансформатора коэффициент трансформации может контролироваться, если возникает необходимость.

В процессе эксплуатации коэффициент трансформации рекомендуется определять из опыта холостого хода трансформатора методом двух вольтметров при одновременном измерении напряжения на обмотках. При этом испытание проводится путем подачи напряжения 380/220 В на обмотку более высокого напряжения.

Коэффициент трансформации следует определять на всех регулировочных ответвлениях и на всех фазах.

Схема соединения при измерении коэффициента трансформации - трансформаторная или автотрансформаторная.

У трехобмоточных трансформаторов (автотрансформаторов) и трансформаторов с расщепленной обмоткой НН достаточным считается определение коэффициента трансформации двух пар обмоток. Как правило, определяется коэффициента трансформации между обмотками ВН-НН и СН-НН. При таком выборе пар обмоток коэффициент трансформации определяется на всех регулировочных ответвлениях, так как регулирование напряжения осуществляется на одной из обмоток (ВН или СН). Кроме того, у некоторых трехобмоточных трансформаторов на обмотке ВН имеется переключающее устройство под нагрузкой (РПН), а на обмотке СН - переключающее устройство без возбуждения (ПБВ) и при указанном выборе пар обмоток испытания не усложняются.

Пример схемы подключения для определения коэффициента трансформации однофазного двухобмоточного трансформатора (рисунок 4.2):

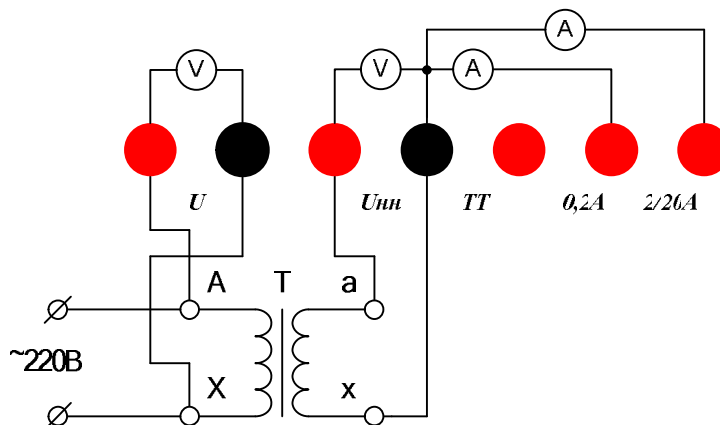


Рисунок 4.2

Нажатие кнопки “ПУСК” на пункте меню выбора режима измерения “К. трансформации” переводит прибор в меню выбора множителя, используемого при расчете значения коэффициента трансформации (рисунок 4.3):

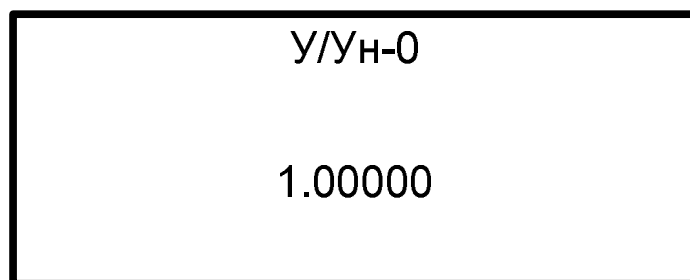


Рисунок 4.3

Кнопками "Δ" (вверх) и "∇" (вниз) осуществляется выбор множителя. При включении питания прибора множитель установлен равным 1.0.

Коэффициенты трансформации трехфазных трансформаторов при однофазном и трехфазном питании обмоток ВН (СН)

Схема и группа соединения обмоток трансформатора	Питание обмотки ВН (СН)	Значение коэффициента трансформации
Y _H /Δ-11	однофазное	K_m
Y _H /Δ/Δ-11-11		K_m
Y _H авто/Δ-0-11		K_m
Y _H /Y _H /Δ-0-11		K_m
Y _H /Y-0		$0.5 \cdot K_m$
Y/Y _H -0		$2 \cdot K_m$
Y/Δ-11		$2 \cdot K_m$
Y/Y _H -0	трехфазное	K_m
Y/Δ-11		$\sqrt{3} \cdot K_m$

Значения устанавливаемых коэффициентов для трансформаторов с различными схемами и группами соединения:

Схема и группа соединения	Y/Y _H -0	Y _H /Y-0	Y/Δ-11	Y/Y _H -0
Множитель (M_n)	1.00000	2.00000	0.57735	0.50000

В итоге значение коэффициента трансформации рассчитывается как отношение измеренных напряжений обмоток (ВН и НН), умноженное на выбранный множитель.

Выход из режима выбора множителя и запуск измерения осуществляются нажатием кнопки “ПУСК”. При этом выбранное значение множителя сохраняется до отключения питания прибора. То есть, при следующем включении прибора по умолчанию инициализируется значение коэффициента - 1.0.

После запуска измерения проводится инициализация текущего режима работы и непосредственно измерение. До получения первого результата измерения на индикаторе отображается следующее сообщение (рисунок 4.4):

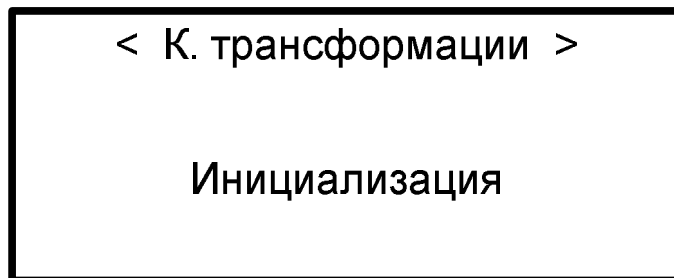
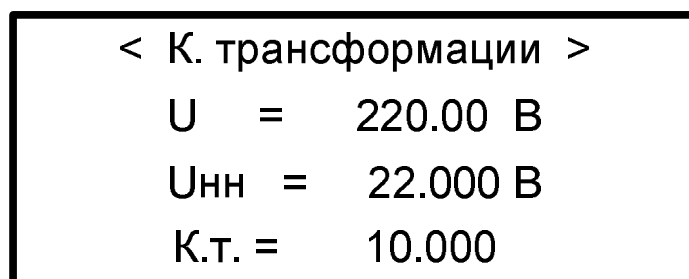


Рисунок 4.4

Все измерения проводятся в следящем режиме и не требуют повторных нажатий управляющих кнопок. Результаты измерения отображаются на индикаторе (рисунок 4.5).



U – действующее значение напряжения обмотки ВН;

$U_{нн}$ – действующее значение напряжения обмотки НН;

$K_T = \frac{U}{U_{нн}} \times M_k$ – рассчитанное значение коэффициента трансформации.

Рисунок 4.5

4.2 Режим измерения тока и потерь холостого хода на малом напряжении

Для условий эксплуатации опыт холостого хода (ХХ) при малом напряжении является основным способом измерения тока и потерь холостого хода.

Измерения потерь ХХ трансформаторов при вводе их в эксплуатацию производятся с целью выявления возможных витковых замыканий в обмотках, замыканий в элементах магнитопровода и замыканий магнитопровода на бак трансформатора.

Опыты ХХ рекомендуется проводить при малом напряжении 380/220 В. При этом напряжение подается на обмотку НН, а другие обмотки остаются свободными.

Пример схемы подключения для определения тока и потерь холостого хода на малом напряжении (рисунок 4.6):

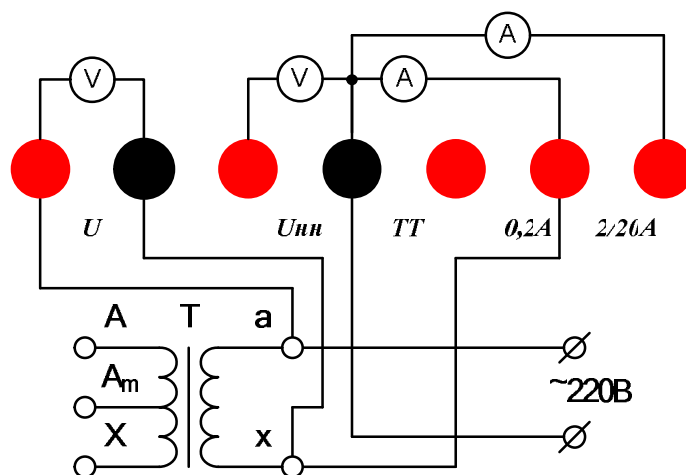


Рисунок 4.6

Перед проведением опыта ХХ трансформатора, находящегося в эксплуатации, необходимо размагнитить его магнитопровод от остаточного намагничивания, возникающего вследствие внезапного сброса питающего напряжения (отключение трансформатора от сети) и обрыва тока при его переходе не через нуль.

При вводе в эксплуатацию нового трансформатора снятие остаточного намагничивания может не производиться, если трансформатор не прогревался постоянным током и измерению тока и потерь ХХ не предшествовало измерение сопротивления обмоток постоянному току.

При пусконаладочных испытаниях опыт ХХ следует проводить перед началом других видов испытаний.

Согласно ГОСТ 3484.1-88 допускается производить измерение потерь ХХ при отклонении частоты не более $\pm 3\%$ от номинального значения (50 Гц).

Для трансформаторов, находящихся в эксплуатации, потери ХХ не нормируются, поэтому при отклонении частоты испытываемого напряжения до $\pm 3\%$ нет необходимости вносить поправки в измеренные значения потерь ХХ по частоте напряжения.

Испытание трехфазных трансформаторов производится путем пофазного измерения потерь ХХ. Это позволяет измеренные значения потерь каждой фазы сопоставлять не только с заводскими данными, но и между собой, что дает возможность выявить неисправную фазу.

Потери ХХ трансформаторов, полученные из опытов холостого хода при малом напряжении, нет необходимости приводить к номинальному напряжению трансформатора. Их сопоставляют с аналогичными потерями, измеренными при том же напряжении на заводе-изготовителе или при пусконаладочных испытаниях вновь вводимого трансформатора.

Все измерения проводятся в следящем режиме и не требуют повторных нажатий управляющих кнопок. Измеритель имеет ручной выбор предела измерения тока. Кнопками " Δ " (вверх) и " ∇ " (вниз) осуществляется переход к более старшему или младшему пределу соответственно.

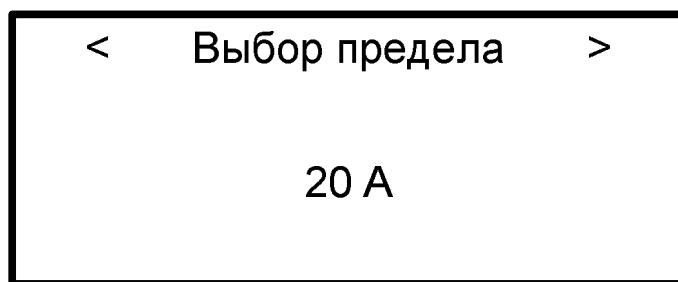


Рисунок 4.7

Рекомендуется начинать измерение с более старшего поддиапазона и при необходимости переключаться на более младший.

Для работы на пределе измерения 0,2А используется разъём “0,2А”. Для работы на пределах измерения 2А и 20А используется разъём “2/20А”.

После запуска измерения проводится инициализация текущего режима работы и непосредственно измерение. До получения первого результата измерения на индикаторе отображается следующее сообщение (рисунок 4.8):

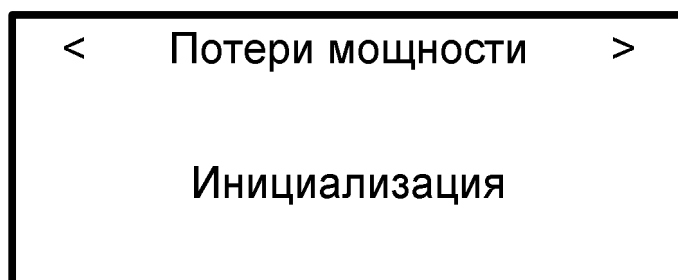
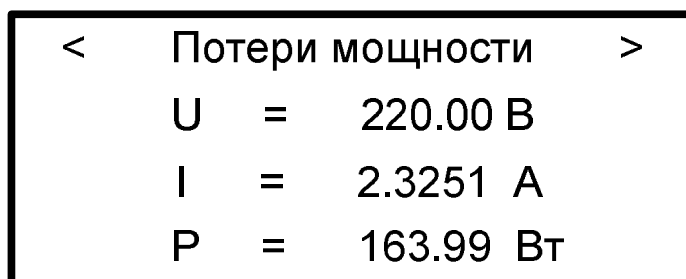


Рисунок 4.8



U – напряжение обмотки НН;

I – ток холостого хода;

$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ – потери холостого хода.

Рисунок 4.9

4.3 Режим измерения сопротивления короткого замыкания

Полное сопротивление короткого замыкания (КЗ) трансформаторов и автотрансформаторов класса напряжения 110 кВ и выше определяется с целью выявления возможных деформаций с повреждением изоляции обмоток, вызванных сквозными короткими замыканиями. Для этого производится сопоставление измеренного значения со-

противления КЗ с исходным – базовым значением этого параметра, определенным на исправном трансформаторе.

В документации, поставляемой заводом-изготовителем трансформаторов, в качестве базовых для трехфазного трансформатора приводятся среднеарифметические значения сопротивления КЗ всех трех фаз, однако использование их в качестве базовых не рекомендуется, так как при наличии деформации в какой-либо обмотке одной из фаз трансформатора она может оказаться не выявленной, ибо фазное значение сопротивления КЗ этой обмотки может “затеряться” при исчислении среднеарифметического значения сопротивления КЗ.

Рекомендуется сопоставлять фазные значения сопротивления КЗ трансформатора. При этом в качестве базовых должны использоваться значения параметра, измеренные при пусконаладочных испытаниях вновь вводимого трансформатора.

При контроле состояния однофазных трансформаторов могут использоваться в качестве базовых заводские данные.

Измерение сопротивления КЗ проводится на низком напряжении 380/220 В.

При проведении опыта КЗ в процессе эксплуатации трансформатор возбуждается со стороны обмотки более высокого напряжения (ВН, СН).

При испытании трехфазных трансформаторов на обмотку подается трехфазное напряжение, а измерения тока и напряжения КЗ производятся последовательно на каждой фазе.

Пример схемы подключения для определения сопротивления короткого замыкания (рисунок 4.10):

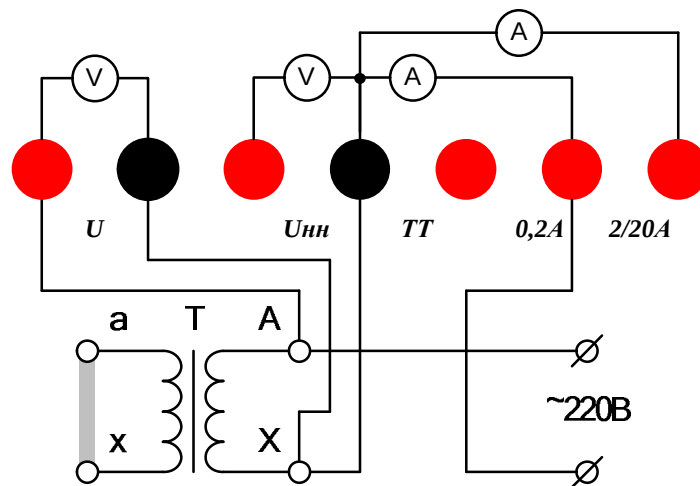


Рисунок 4.10

Для работы с пределом измерения 100А к измерителю необходимо подключить токовые клещи из комплекта поставки согласно рисунку 4.11.

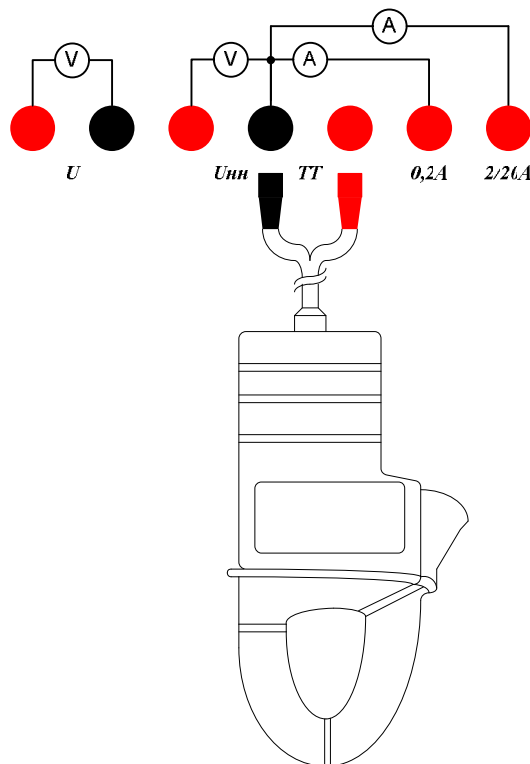


Рисунок 4.11

Все измерения проводятся в следящем режиме и не требуют повторных нажатий управляющих кнопок. Измеритель имеет ручной выбор предела измерения тока. Кнопками " Δ " (вверх) и " ∇ " (вниз) осуществляется переход к более старшему или младшему пределу соответственно.

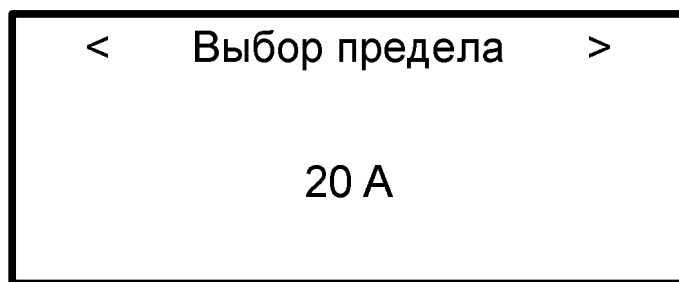


Рисунок 4.12

Рекомендуется начинать измерение с более старшего поддиапазона и при необходимости переключаться на более младший.

Для работы на пределе измерения 0,2А используется разъем "0,2А". Для работы на пределах измерения 2А и 20А используется разъем "2/20А". Если выбран предел 100А, то токовые клещи должны быть подключены к разъему "ТТ" как показано на рисунке 4.11.

После запуска измерения проводится инициализация текущего режима работы и непосредственно измерение. До получения первого результата измерения на индикаторе отображается следующее сообщение (рисунок 4.13):

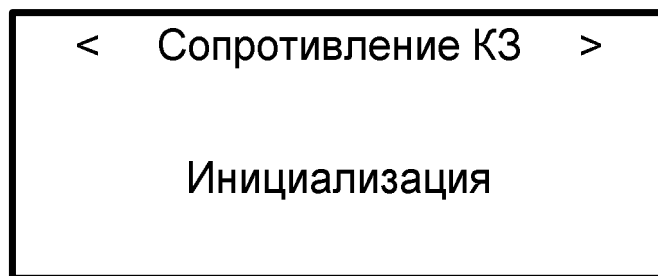
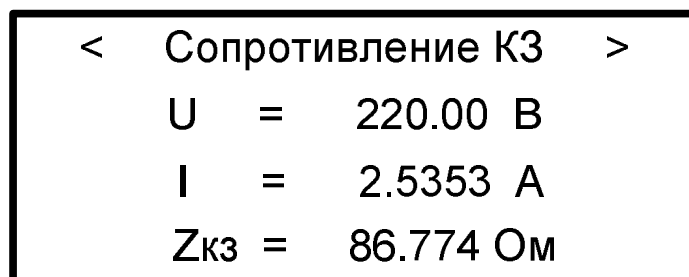


Рисунок 4.13



U – напряжение обмотки ВН;

I – ток короткого замыкания;

$Z_{кз} = U/I$ – сопротивление короткого замыкания.

Рисунок 4.14

5 Возможные неисправности и способы их устранения

Возможные неисправности измерителя и способы их устранения приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Наименование неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
Нет индикации на табло результатов измерения при включении питания прибора.	Неисправен шнур сетевого питания. Перегорел предохранитель.	Исправить повреждение шнура. Заменить предохранитель.
Нестабильность показаний результатов измерений.	Ненадёжное заземление прибора. Ненадёжное контактирование с объектом контроля.	Восстановить надёжное заземление. Устранить ненадёжное контактирование.
Не измеряется ток на пределах 0,2А, 2А, 20А.	Перегорел предохранитель.	Заменить соответствующий предохранитель.
Токовыми клещами не измеряется ток (предел 100А, режим измерения сопротивления КЗ).	На разъём "ТТ" ток был подан напрямую	Ремонт измерителя изготовителем.
В режиме измерения "Потери мощности" значение активной мощности отображается равным нулю.	Неверное подключение к объекту контроля.	Изменить подключение амперметра на обратное.

При проявлении неисправности, не указанной в таблице 5.1, измеритель должен быть снят с эксплуатации до устранения неисправности.

6 Методика поверки

6.1 Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки измерителя.

6.2 Измеритель подлежит обязательной поверке. Межповерочный интервал 1 год.

6.3 Операции и средства поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Наименование операции	Номер пункта методики	Выполнение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
1 Внешний осмотр	6.7.1	+	+
2 Проверка электрической прочности изоляции	6.7.2	+	-
3 Определение сопротивления защитного заземления	6.7.3	+	-
4 Определение сопротивления изоляции	6.7.4	+	+
5 Опробование	6.7.5	+	+
6 Проверка основной погрешности измерений действующего (среднеквадратического) значения переменного напряжения	6.7.6	+	+
7 Проверка основной погрешности измерений коэффициента трансформации	6.7.7	+	+
8 Проверка основной погрешности измерений действующего (среднеквадратического) значения переменного тока и потерь холостого хода на малом напряжении (активной электрической мощности)	6.7.8	+	+
9 Проверка основной погрешности измерений сопротивления короткого замыкания	6.7.9	+	+

6.4 Условия поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C 20 ± 5 ;
- относительная влажность воздуха, % 30 – 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) 84–106 (630 – 795);
- частота питающей сети, Гц $50,0 \pm 0,5$;
- напряжение питающей сети переменного тока, В $220,0 \pm 4,4$.

6.5 Средства поверки

При проведении поверки должны применяться средства измерений, указанные в таблице 6.2.

Таблица 6.2

№ п/п	Рекомендуемые средства поверки	Требуемые технические характеристики	Номер пункта методики	Номер по госреестру
1	2	3	4	5
Основные средства поверки				
1	Прибор для измерений электро-энергетических величин и показателей качества электрической энергии «Энергомонитор-3.3Т»	Номинальные значения фазных (междуфазных напряжений) 240 (415 В); Относительная погрешность измерений напряжений, % $\pm (0,1 + 0,01 \cdot [U_H/U - 1])$; Диапазон измерений действующих значений напряжений переменного тока от $0,01 \cdot U_H$ до $1,5 \cdot U_H$ Номинальные значения переменных токов с блоком трансформаторов 0,5, 5, 50 А; Относительная погрешность измерений токов, % $\pm (0,1 + 0,01 \cdot [I_H/I - 1])$; Диапазон измерений действующих значений переменного тока от $0,005 I_H$ до $1,5 I_H$; Погрешность измерений активной мощности не более $\pm 0,1$ %.	6.7.5-6.7.9	31953-06
2	Прибор для поверки вольтметров переменного тока В1-9	Рабочая частота 50 Гц Диапазон выходных напряжений от 2 В до 420 В. Пределы допускаемой основной погрешности выходного напряжения $\pm \left(0,1 + 0,01 \cdot \left(\frac{U_K}{U} - 1 \right) \right) \%$	6.7.5, 7.6.6, 7.6.7	
3	Трансформатор тока ТОП-0,66-5-0,2S-100/5 УЗ	Номинальный первичный ток 100 А; Номинальный вторичный ток 5 А; Номинальное напряжение 0,66 кВ; Класс точности 0,2S	6.7.8, 6.7.9	28565-05
4	Мегаомметр Ф4101	Предел измерений до 200 МОм; Выходное напряжение до 1000 В.	6.7.4	4542-74
5	Измеритель сопротивления заземления ИСЗ	Диапазон измерений сопротивлений до 2 Ом; Погрешность измерения сопротивления $\pm 2,5$ %.	6.7.3	27833-04
Вспомогательные устройства				
6	Фазорегулятор ФР52 РУХЛИ	Номинальное первичное напряжение 220/380 В; Номинальное вторичное напряжение 220 В; Диапазон углов сдвига от -120° до 120° .	6.7.8	
7	Автотрансформатор однофазный TDGC2-7 «SOL-BY»	Входное напряжение 220 В; Выходное напряжение от 0 до 250 В; Выходной ток 28 А.	6.7.6-6.7.9	
8	Трансформатор напряжения РУКЮ.671117.002	Входное напряжение 220 В; Выходное напряжение 5 В; Выходной ток 100 А.	6.7.8, 6.7.9	

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5
9	Резисторы	C5-35B-160-1 Ом $\pm$ 5 %	6.7.8, 6.7.9	
10	Резисторы	C5-35B-50-20 Ом $\pm$ 5 %	6.7.8, 6.7.9	
11	Универсальная пробойная установ- ка УПУ-1М	Диапазон выходных переменных напряжений от 0 до 10 кВ; Пульсации выходного напряжения $\pm$ 5 %.	6.7.2	
Средства контроля условий поверки				
12	Гигрометр пси- хрометрический ВИТ-2	Диапазон измерений температуры от 15 до 41 °С; Цена деления 0,2 °С; Диапазон измерений относительной влажности от 20 до 93 %; Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений влажности $\pm$ 1 %.	6.4	9364-04
13	Барометр-анероид метеорологиче- ский БАММ-1	Диапазон измерений давления от 80 кПа до 107 кПа; Абсолютная погрешность измерений давления $\pm$ 1 кПа.	6.4	5738-76
14	Частотомер сете- вой Ф 246	Диапазон измерений частоты от 45 до 55 Гц; Входное напряжение частотомера от 176 до 264 В; Пределы допускаемой основной погрешности $\pm$ 0,04 %.	6.4	6627-89
15	Вольтметр Э 545	Диапазон измерений от 0 до 300 В; Класс точности 0,5.	6.4	9955-85
Примечания: 1 Допускается применять другие средства измерений, удовлетворяющие по точности требованиям настоящей методики поверки. 2 В качестве сопротивления нагрузки R_n для задания тока при поверке тока, мощности и сопротивления короткого замыкания рекомендуется использовать резисторы C5-35B-160-1 Ом $\pm$ 5 % и C5-35B-50-20 Ом $\pm$ 5 % (или их аналоги), соединенные параллельно или последовательно.				

6.6 Требования безопасности

При проведении поверки руководствуются Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ – 016, РД 153 – 34.0 – 03.150, «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей».

6.7 Проведение поверки

6.7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

- поверяемый измеритель должен быть укомплектован в соответствии с настоящим руководством по эксплуатации;
- измеритель не должен иметь механических повреждений, которые могут повлиять на его метрологические и технические характеристики, а также на безопасность персонала;

- заводской номер и тип, нанесенные на корпус измерителя, должны быть четкими и не допускать неоднозначности в прочтении.

6.7.2 Проверка электрической прочности изоляции

6.7.2.1 Проверку электрической прочности изоляции на пробой проводить на универсальной пробойной установке УПУ-1М (далее - установке) следующим образом.

6.7.2.2 Замкнуть между собой входные штыри вилки кабеля сетевого питания измерителя и подключить к ним выходную шину пробойной установки, а вторую выходную шину установки - к заземляющему зажиму измерителя.

6.7.2.3 Включить установку и, повышая напряжение (плавно или равномерно ступенями не более, чем по 300 В, так, чтобы оно достигло испытательного значения за 5–10 с), установить значение выходного напряжения равным 1500 В.

6.7.2.4 Выдержать измеритель под испытательным напряжением в течение 1 мин. Отключить испытательное напряжение.

6.7.2.5 Результаты считать удовлетворительными при выполнении требований 1.2.10. Появление “короны” или шума при испытании не является признаком неудовлетворительных результатов.

6.7.3 Проверка сопротивления защитного заземления

6.7.3.1 Электрическое сопротивление между заземляющим контактом измерителя и заземляющим контактом вилки кабеля сетевого питания проверить с помощью измерителя сопротивления заземления.

6.7.3.2 Измеритель считается выдержавшим проверку, если измеренное сопротивление не превышает 0,1 Ом.

6.7.4 Проверка сопротивления изоляции

6.7.4.1 Проверку сопротивления изоляции измерителя проводить мегомметром следующим образом.

6.7.4.2 Замкнуть между собой входные штыри вилки кабеля сетевого питания измерителя и подключить к ним выходной зажим мегомметра, а второй выходной зажим мегомметра - к заземляющему зажиму измерителя.

6.7.4.3 Измерить электрическое сопротивление изоляции. Отсчет результата измерения производить не ранее, чем через 30 с после подачи измерительного напряжения.

6.7.4.4 Результаты считать удовлетворительными, если значение сопротивления изоляции не менее 20 МОм.

6.7.5 Опробование

6.7.5.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 6.1.

6.7.5.2 Подключить схему к сети ~220 В. Включить измеритель.

6.7.5.3 Установить на приборе В1-9 напряжение 25 В частотой 50 Гц.

6.7.5.4 Выполнить операции, указанные в разделе 4.1 настоящего руководства по эксплуатации, измерить одновременно напряжение на канале «U» и канале «U_{нн}». При этом на цифровом табло индикации измерителя должно отобразиться значение напряжения близкого к 25 В.

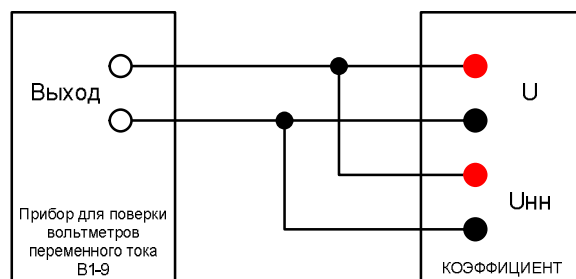


Рисунок 6.1

6.7.5.5 Повторить 6.7.5.3, 6.7.5.4 для напряжений 100, 200, 300, 420 В.

6.7.6 Проверка основной погрешности измерений действующего (среднеквадратического) значения переменного напряжения

6.7.6.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 6.2.

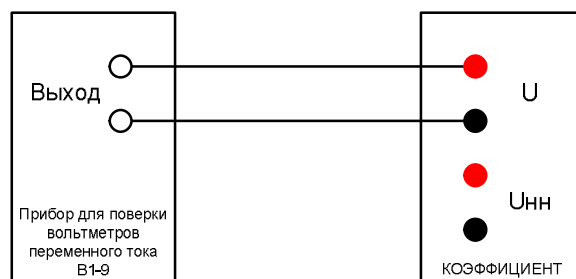


Рисунок 6.2

6.7.6.2 Установить на приборе В1- 9 напряжение 25 В частотой 50 Гц.

6.7.6.3 Выполнить операции, указанные в разделе 4.1 настоящего руководства по эксплуатации, измерить напряжение на канале «U».

6.7.6.4 По формуле (6.1) вычислить основную погрешность измерения напряжения δ_U и занести её в протокол испытаний

$$\delta_U = \frac{U_u - U_0}{U_0} \cdot 100 \%, \quad (6.1)$$

где U_u – результат измерений измерителя;

U_0 – выходное напряжение прибора В1-9.

6.7.6.5 Повторить 6.7.6.2...6.7.6.4 для напряжений 100, 200, 300, 420 В.

6.7.6.6 Измеритель считать пригодным к эксплуатации, если основная погрешность измерения напряжения δ_U не превышает значений, рассчитанных по таблице 1.1.

6.7.6.7 Собрать схему в соответствии с рисунком 6.3.

6.7.6.8 Установить на приборе В1-9 выходное напряжение 2 В частотой 50 Гц.

6.7.6.9 Выполнить операции, указанные в разделе 4.1 настоящего руководства по эксплуатации, измерить напряжение на канале «Uнн».

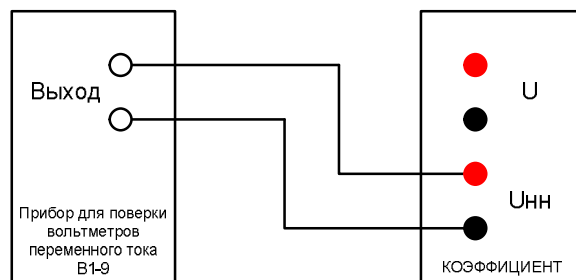


Рисунок 6.3

6.7.6.10 По формуле (6.2) вычислить основную погрешность измерения напряжения $\delta_{U_{нн}}$ и занести её в протокол испытаний

$$\delta_{U_{нн}} = \frac{U_u - U_0}{U_0} \cdot 100 \%, \quad (6.2)$$

где U_u – результат измерений измерителя;

U_0 – выходное напряжение прибора В1-9.

6.7.6.11 Повторить 6.7.6.8...6.7.6.10 для каждого поддиапазона не менее чем в трех точках, равномерно расположенных по поддиапазону.

6.7.6.12 Измеритель считать пригодным к эксплуатации, если основная погрешность измерения напряжения $\delta_{U_{нн}}$ не превышает значений, рассчитанных по таблице 1.1.

6.7.7 Проверка основной погрешности измерений коэффициента трансформации

6.7.7.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 6.4.

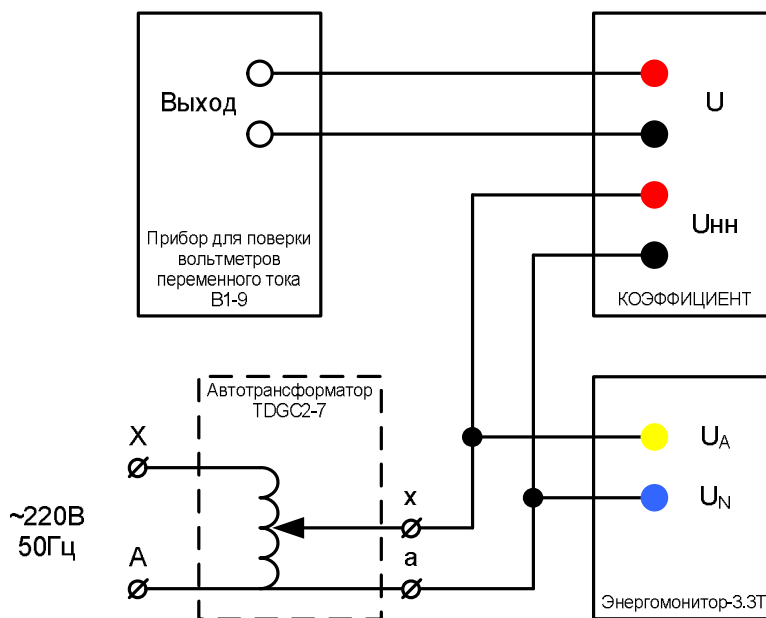


Рисунок 6.4

6.7.7.2 Установить на приборе В1-9 выходное напряжение 220 В частотой 50 Гц.

6.7.7.3 Автотрансформатором по прибору “Энергомонитор-3.3Т” установить напряжение 220 В и зафиксировать показания измерителя “КОЭФФИЦИЕНТ”.

6.7.7.4 Вычислить коэффициент трансформации по формуле (6.3)

$$k_{m0} = \frac{U_0}{U_{нмн}}, \quad (6.3)$$

где U_0 – выходное напряжение с прибора В1-9;

$U_{нмн}$ – результат измерений прибора “Энергомонитор-3.3Т”.

6.7.7.5 По формуле (6.4) вычислить основную погрешность измерения коэффициента трансформации δ_k и занести её в протокол испытаний

$$\delta_k = \frac{k_{ти} - k_{т0}}{k_{т0}} \cdot 100 \%, \quad (6.4)$$

где $k_{ти}$ – результат измерений измерителя.

6.7.7.6 Изменяя выходное напряжение автотрансформатора повторить 6.7.7.3...6.7.7.5 для каждого поддиапазона не менее чем в трех точках, равномерно расположенных по поддиапазону.

6.7.7.7 Измеритель считать пригодным к эксплуатации, если основная погрешность измерения коэффициента трансформации δ_k не превышает значений, рассчитанных по таблице 1.1.

6.7.8 Проверка основной погрешности измерений действующего (среднеквадратического) значения переменного тока и потерь холостого хода на малом напряжении (активной электрической мощности)

6.7.8.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 6.5.

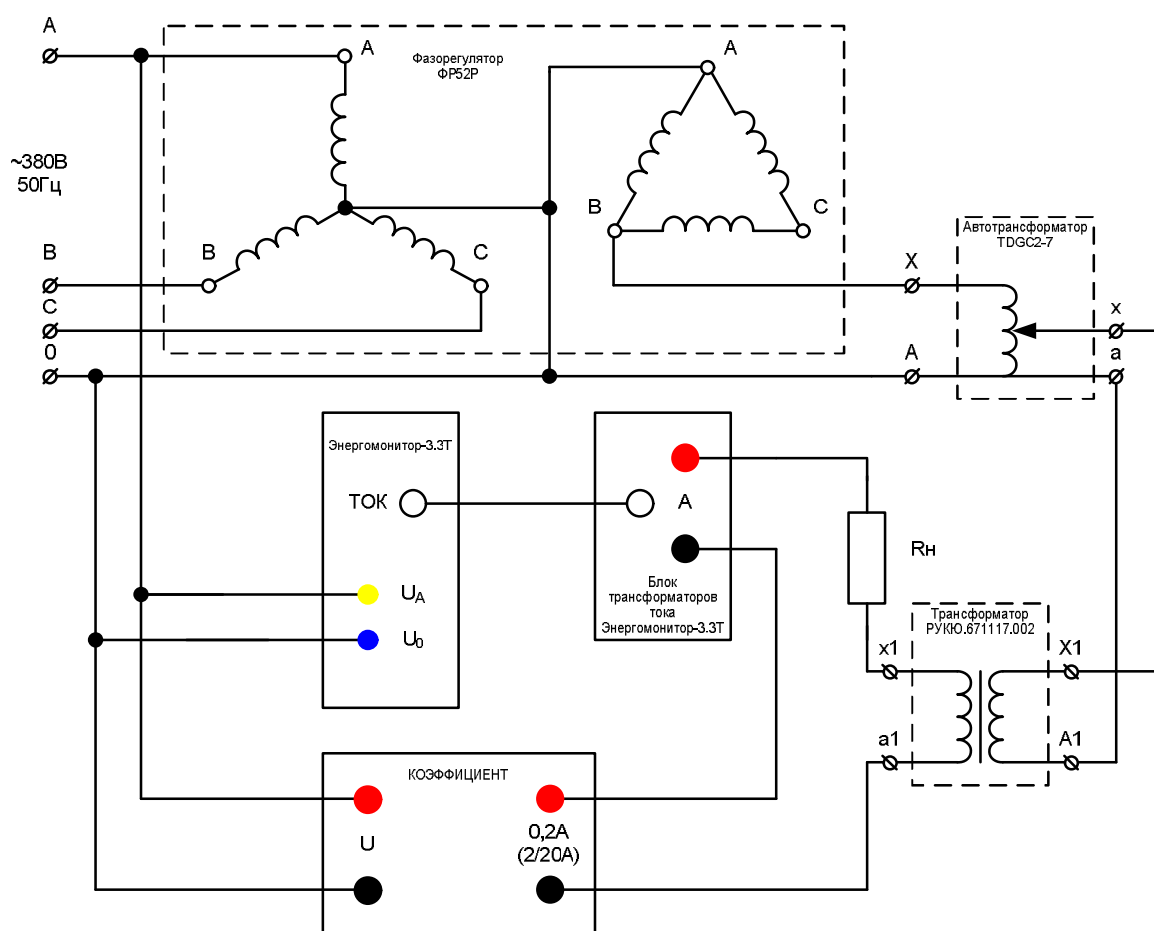


Рисунок 6.5

6.7.8.2 Фазорегулятором по прибору “Энергомонитор-3.3Т” установить $\cos\varphi = 0,5L$.

6.7.8.3 Регулируя напряжение автотрансформатором, по прибору “Энергомонитор-3.3Т” установить ток 0,020 А. Зафиксировать показания измерителя “КОЭФФИЦИЕНТ” на пределе 0,20 А (I и P) и прибора “Энергомонитор-3.3Т” (I_0 и P_0).

6.7.8.4 По формуле (6.5) вычислить основную погрешность измерения тока δ_I и занести её в протокол испытаний

$$\delta_I = \frac{I_{\text{и}} - I_0}{I_0} \cdot 100 \%. \quad (6.5)$$

6.7.8.4 По формуле (6.6) вычислить основную погрешность измерения активной мощности δ_P и занести её в протокол испытаний

$$\delta_P = \frac{P_{\text{и}} - P_0}{P_0} \cdot 100 \%. \quad (6.6)$$

6.7.8.5 Изменяя выходное напряжение автотрансформатора повторить 6.7.8.2, 6.7.8.3 для каждого поддиапазона не менее чем в трех точках, равномерно расположенных по поддиапазону. На пределах измерения 2А и 20А вместо разъёма “0,2А” использовать разъём “2/20А”.

6.7.8.6 Проверить основную погрешность измерения активной мощности при $\cos\varphi = 1,0L$, руководствуясь 6.7.8.3-6.7.8.5.

6.7.8.6 Измеритель считать пригодным к эксплуатации, если основная погрешность измерения тока δ_I и активной мощности δ_P не превышает значений, рассчитанных по таблице 1.1.

6.7.8.7 Собрать схему в соответствии с рисунком 6.6.

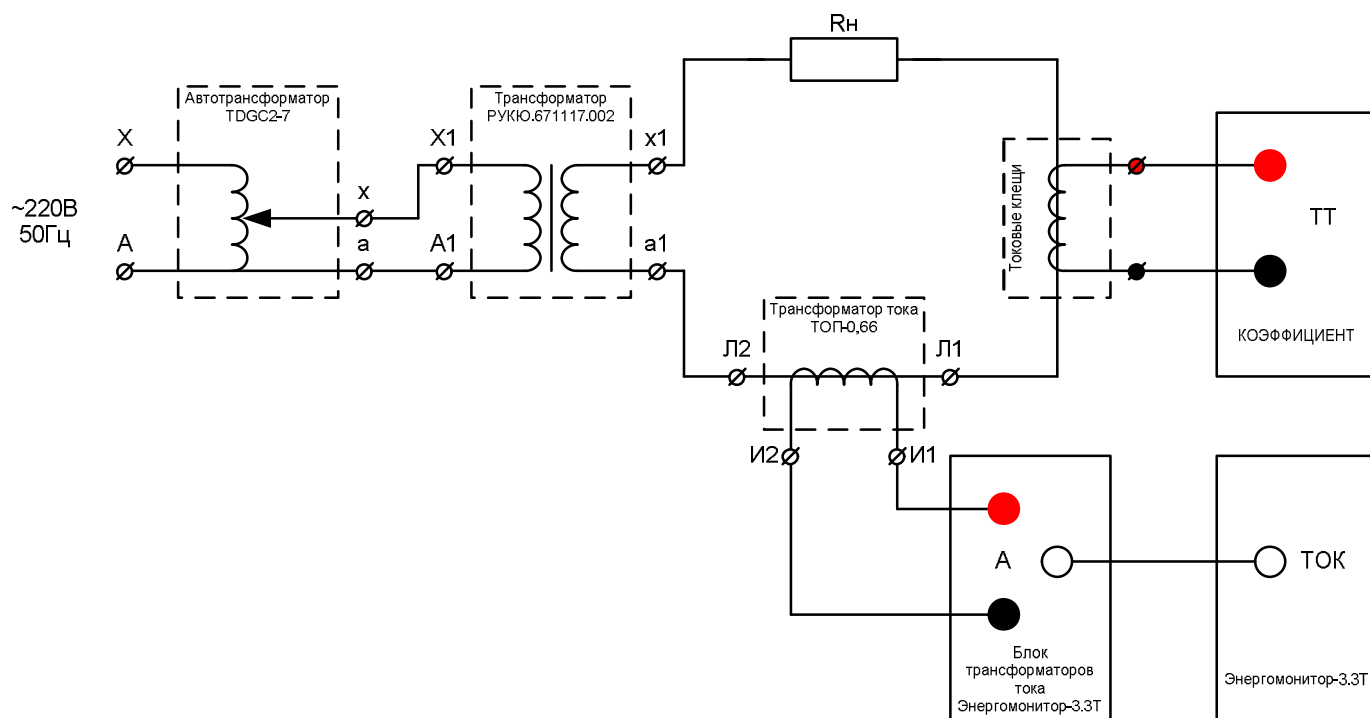


Рисунок 6.6

6.7.8.8 Регулируя напряжение автотрансформатором, по прибору “Энергомонитор-3.3Т” установить ток 20 А. Зафиксировать показания измерителя “КОЭФФИЦИЕНТ” (I_H') и прибора “Энергомонитор-3.3Т” (I_0).

6.7.8.9 По формуле (6.6) вычислить основную погрешность измерения тока $\delta_{I'}$ и занести её в протокол испытаний

$$\delta_{I'} = \frac{I'_H - I_0 \cdot k_{\text{ТТ}}}{I_0 \cdot k_{\text{ТТ}}} \cdot 100 \%, \quad (6.6)$$

где $k_{\text{ТТ}} = 20$ – коэффициент трансформации трансформатора тока ТОП-0,66.

6.7.8.10 Изменяя выходное напряжение автотрансформатора повторить 6.7.8.8 и 6.7.8.9 для токов 50 и 100 А.

6.7.8.11 Измеритель считать пригодным к эксплуатации, если основная погрешность измерения тока $\delta_{I'}$ не превышает значений, рассчитанных по таблице 1.1.

6.7.9 Проверка основной погрешности измерений сопротивления короткого замыкания

6.7.9.1 Для измерения сопротивления короткого замыкания на поддиапазонах 0,2А, 2А и 20А собрать схему в соответствии с рисунком 6.7. Для измерения сопротивления короткого замыкания на поддиапазоне 0,2А использовать разъём “0,2А”. Для измерения сопротивления короткого замыкания на поддиапазонах 2А и 20А использовать разъём “2/20А”.

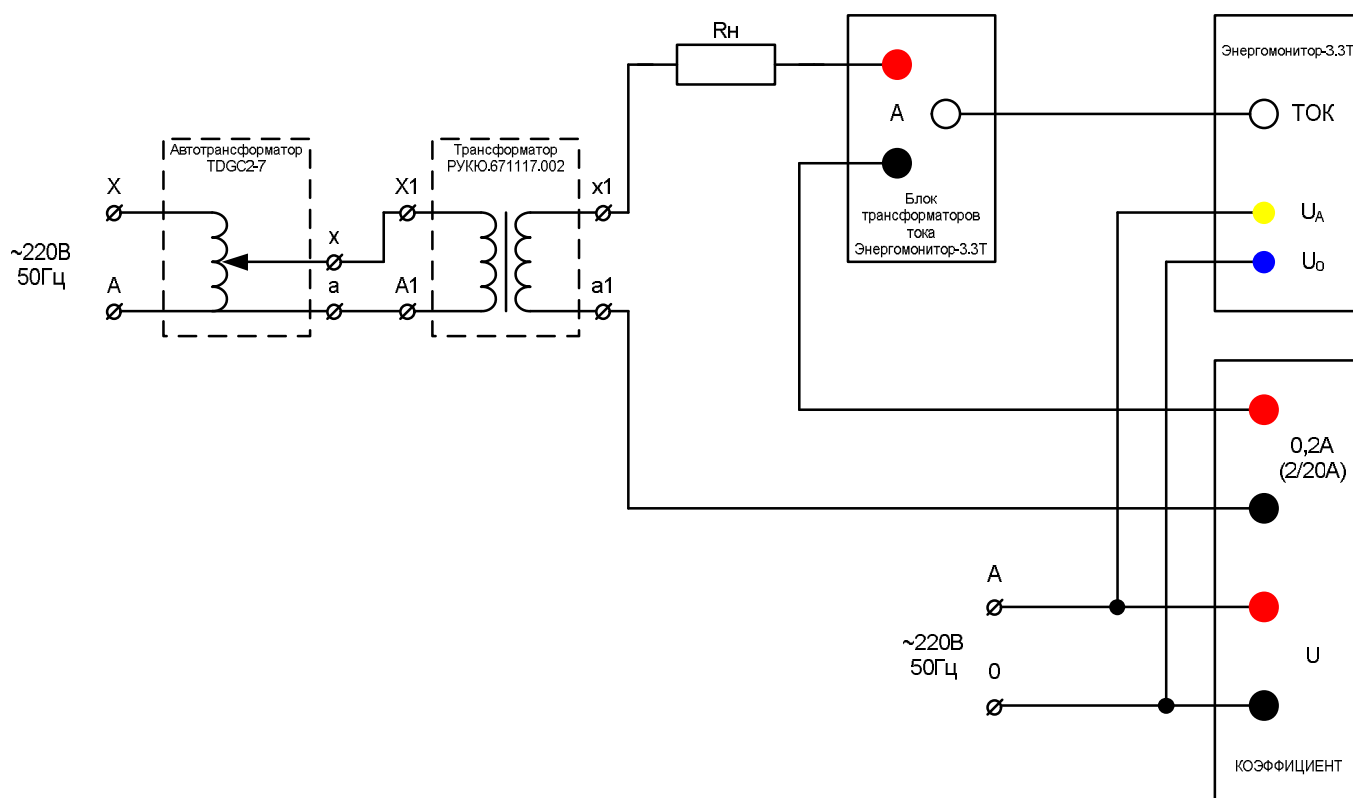


Рисунок 6.7

6.7.9.2 Для измерений сопротивлений короткого замыкания при токах от 20 до 100 А собрать схему в соответствии с рисунком 6.8.

6.7.9.3 Подать на входы каналов измерения напряжения прибора “Энергомонитор-3.3Т” и измерителя “КОЭФФИЦИЕНТ” (вход U) напряжение 220 В, частотой 50 Гц (U_0).

6.7.9.4 Регулируя напряжение автотрансформатором по прибору “Энергомонитор 3.3Т” установить значение тока для получения заданного сопротивления. Одновременно зафиксировать показания прибора “Энергомонитор-3.3Т” (ток I_0 и напряжение U_0) и сопротивление короткого замыкания ($Z_{кз}$) измерителя “КОЭФФИЦИЕНТ”.

6.7.9.5 По формуле (6.7) вычислить номинальное значение сопротивления Z_0 и занести его в протокол испытаний

$$Z_0 = \frac{U_0}{I_0} . \quad (6.7)$$

6.7.9.6 По формуле (6.8) вычислить основную погрешность измерения сопротивления короткого замыкания δ_z и занести её в протокол испытаний

$$\delta_z = \frac{Z_{кз} - Z_0}{Z_0} \cdot 100 \% . \quad (6.8)$$

6.7.9.7 Изменяя выходное напряжение автотрансформатора повторить 6.7.7.3, 6.7.7.6 для каждого поддиапазона не менее чем в трех точках, равномерно расположенных по поддиапазону.

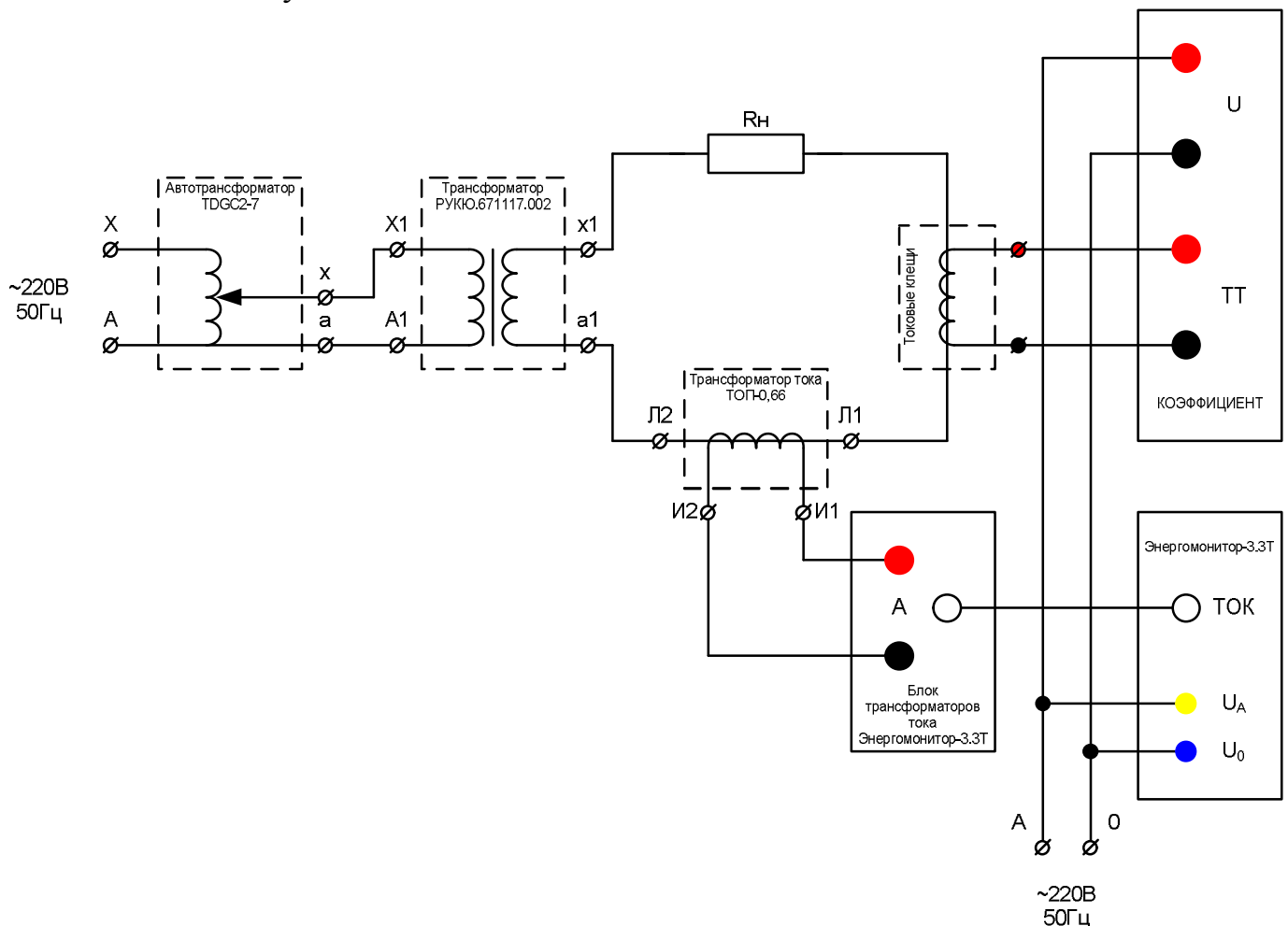


Рисунок 6.8

6.7.9.8 Измеритель считать пригодным к эксплуатации, если основная погрешность измерений сопротивлений короткого замыкания δ_z не превышает значений, рассчитанных по таблице 1.1.

6.8 Оформление результатов поверки

6.8.1 Результаты поверки измерителя оформляются выдачей свидетельства о поверке, в котором указывается срок действия и дата очередной поверки или нанесением поверительного клейма либо непосредственно на измеритель, либо в руководство по эксплуатации.

6.8.2 При отрицательных результатах поверки измеритель к применению не допускается и выдаётся извещение о непригодности с указанием причин.

7 Маркировка и пломбирование

7.1 На крышке корпуса измерителя находится маркировочная планка, на которую нанесены: наименование – Измеритель параметров трансформаторов «КОЭФФИЦИЕНТ», товарный знак предприятия-изготовителя, зав. номер и дата изготовления.

7.2 Предприятием-изготовителем осуществляется пломбирование измерителей. Место пломбирования находится на передней панели измерителя.

7.3 Снятие пломб производится поверочной организацией, она же после соответствующего ремонта и поверки вновь пломбирует измеритель.

8 Транспортирование и хранение

8.1 Предельные условия транспортирования:

- температура окружающего воздуха, °С от минус 50 до плюс 70;
- относительная влажность воздуха, % до 95 при 30 °С;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) от 84 до 106,7 (от 630 до 800);
- транспортная тряска:
- число ударов в минуту от 80 до 120;
- максимальное ускорение, м/с² 30;
- продолжительность воздействия, ч 1.

Положение измерителя при транспортировании в упаковке в транспортном средстве – горизонтальное.

8.2 Измерители до введения в эксплуатацию (в течение гарантийного срока хранения) должны храниться в упаковке предприятия – изготовителя на складах при температуре окружающего воздуха от 0 до 40 °С и относительной влажности воздуха 80 % при температуре 35 °С.

8.3 При транспортировании измерителя самолетом, его следует располагать в герметизированном отапливаемом отсеке.

8.4 Хранить измерители без упаковки следует при температуре окружающего воздуха от 10 до 40 °С и относительной влажности воздуха 80 % при температуре 25 °С. В атмосфере внутри транспортных средств и помещений для хранения содержание коррозионно-активных агентов должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к атмосфере типа I по ГОСТ 15150.

8.5 По требованию заказчика измеритель может быть законсервирован для длительного хранения по ГОСТ 9.014

9 Гарантии изготовителя (поставщика)

9.1 Изготовитель гарантирует соответствие измерителя техническим характеристикам, указанным в РЭ при соблюдении условий эксплуатации, транспортирования и хранения, установленных настоящим документом.

9.2 Гарантийный срок измерителя составляет 12 месяцев со дня его отгрузки.

9.3 Адрес для предъявлений претензий по качеству:

10 Свидетельство об упаковывании

Измеритель параметров трансформаторов “КОЭФФИЦИЕНТ” РУ-КЮ.411212.015 зав. № _____ упакован в соответствии с действующей технической документацией.

должность

личная подпись

расшифровка подписи

год число месяц

Свидетельство об упаковывании заполняет изготовитель измерителя.

11 Сведения об утилизации

13.1 Измеритель не представляет опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды.

13.2 После окончания срока службы (эксплуатации) узлы и блоки измерителя сдаются в металлолом в установленном на предприятии порядке в соответствии с ГОСТ 12.0.003. Драгматериалов в измерителе не содержится.

12 Свидетельство о приемке

Измеритель параметров трансформаторов “КОЭФФИЦИЕНТ” РУ-КЮ.411212.015 зав. № _____ изготовлен и принят в соответствии с обязательными требованиями государственных стандартов, действующей технической документацией и признан годным для эксплуатации.

Представитель ОТК

М.П.

личная подпись

расшифровка подписи

год, месяц

Поверка измерителя КОЭФФИЦИЕНТ зав. № _____ проведена.
Поверитель

М.П.

личная подпись

расшифровка подписи

год, месяц