

Методические указания по проверке трансформатора тока

1. Объем выполнения работ при техническом обслуживании трансформатора тока. В соответствии с Правилами технического обслуживания устройств и комплексов релейной защиты и автоматики, утвержденными приказом Минэнерго от 13.07.2020 г. N 555, при проведении технического обслуживания трансформатора тока выполняются следующие проверки:

- определение однополярных выводов первичной и вторичной обмоток и проверка их соответствия маркировке организации-изготовителя;
- проверка коэффициента трансформации на рабочем ответвлении;
- проверка вольт-амперной характеристики со снятием остаточной намагниченности;
- проверка рабочей точки характеристики намагничивания со снятием остаточной намагниченности.

2. Паспортные данные трансформатора тока. Паспортные данные трансформатора тока, для которого проводится техническое обслуживание, представлены в таблице.

Общие параметры	Тип трансформатора тока	Номинальное напряжение трансформатора тока, кВ	Номинальный первичный ток, А	Год выпуска
	Параметры вторичных обмоток	Номинальный вторичный ток, А	Класс точности	Номинальная вторичная нагрузка, В·А
№1				
№2				
№3				

3. Определение однополярных выводов первичной и вторичной обмоток и проверка их соответствия маркировке организации-изготовителя. В соответствии с п. 9.4. ГОСТ 8.217-2003 при проверке правильности обозначения контактных зажимов и выводов допускается применять методы, описанные в руководстве по эксплуатации по работе с испытательным комплексом (см. страницы 93–94 руководства по эксплуатации РЕТОМ-25). При проверке правильности обозначения контактных зажимов и выводов действующее значение первичного тока должно быть не меньше 10% от номинального значения в соответствии с п. 9.4.2 ГОСТ 8.217-2003. При проведении проверки вторичной обмотки №1 с помощью комплекса РЕТОМ-21, 25 необходимо:

- подключить амперметр РА к выводам вторичной обмотки №1 (вывод РА, отмеченный «*», должен быть подключен к выводу И1 вторичной обмотки);
- замкнуть накоротко выводы всех прочих вторичных обмоток;

- настроить измеритель разницы фаз между током источника I3 и током, измеряемым амперметром PA, а также амперметр, измеряющий ток I3;
- подключить источник №3 к выводам первичной обмотки трансформатора тока (вывод источника 3, отмеченный «*», должен быть подключен к выводу Л1 первичной обмотки);
- установить действующее значение первичного тока равным не менее 10% от номинального значения;
- зафиксировать значение разницы фаз в таблицу;
- оценить правильность маркировки первичной и вторичной обмоток.

Схема для проведения проверки представлена на рисунке 1.

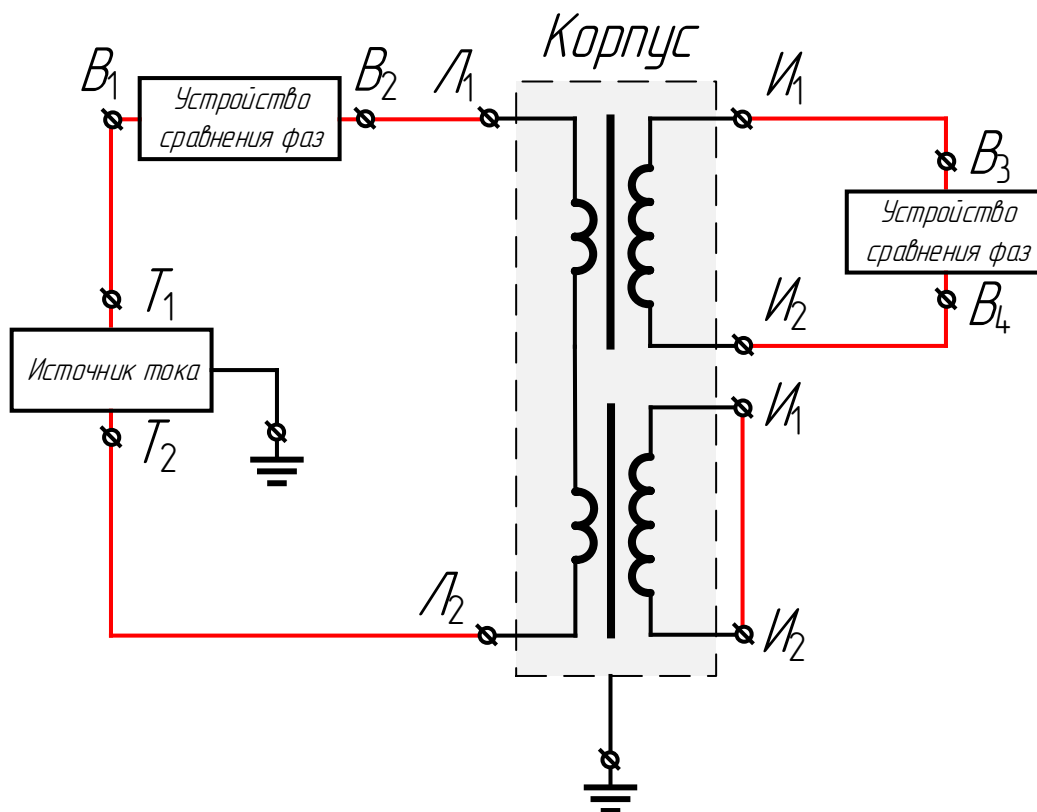


Рисунок 1 – Схема для проверки полярности выводов первичной и вторичной обмоток трансформатора тока

Для проверки полярности прочих вторичных обмоток необходимо выполнить аналогичные действия.

Значение разницы фаз, градус	Вторичная обмотка №1	Вторичная обмотка №2	Вторичная обмотка №3

По результатам проверки сформулировать вывод о соответствии полярности обмоток трансформатора тока маркировке организации-изготовителя.

4. Проверка коэффициента трансформации. В соответствии с п. 3.9. РД 153-34.0-35.301-2002 для проверки коэффициента трансформации необходимо использовать источник тока, подключаемый к выводам первичной обмотки, и амперметры, измеряющие

первичный и вторичный токи. Действующее значение первичного тока должно быть не менее 25% от номинального. В соответствии с п. 7.4 РД 34.45-51.300-97 отклонение значения коэффициента трансформации от паспортного значения не должно превышать 2%. Для проверки коэффициента трансформации вторичной обмотки №1 с помощью испытательного комплекса РЕТОМ-21, 25 необходимо:

- подключить амперметр РА к выводам вторичной обмотки №1;
- замкнуть накоротко выводы всех прочих вторичных обмоток;
- настроить амперметр РА, измеряющий вторичный ток, и амперметр, измеряющий ток I3;
- подключить источник №3 к выводам первичной обмотки трансформатора тока;
- установить действующее значение первичного тока равным не менее 25% от номинального значения;
- зафиксировать значения первичного и вторичного тока в таблицу;
- рассчитать действительный коэффициент трансформации;
- оценить отклонение рассчитанного коэффициента трансформации от паспортного значения.

Схема для проведения проверки представлена на рисунке 2.

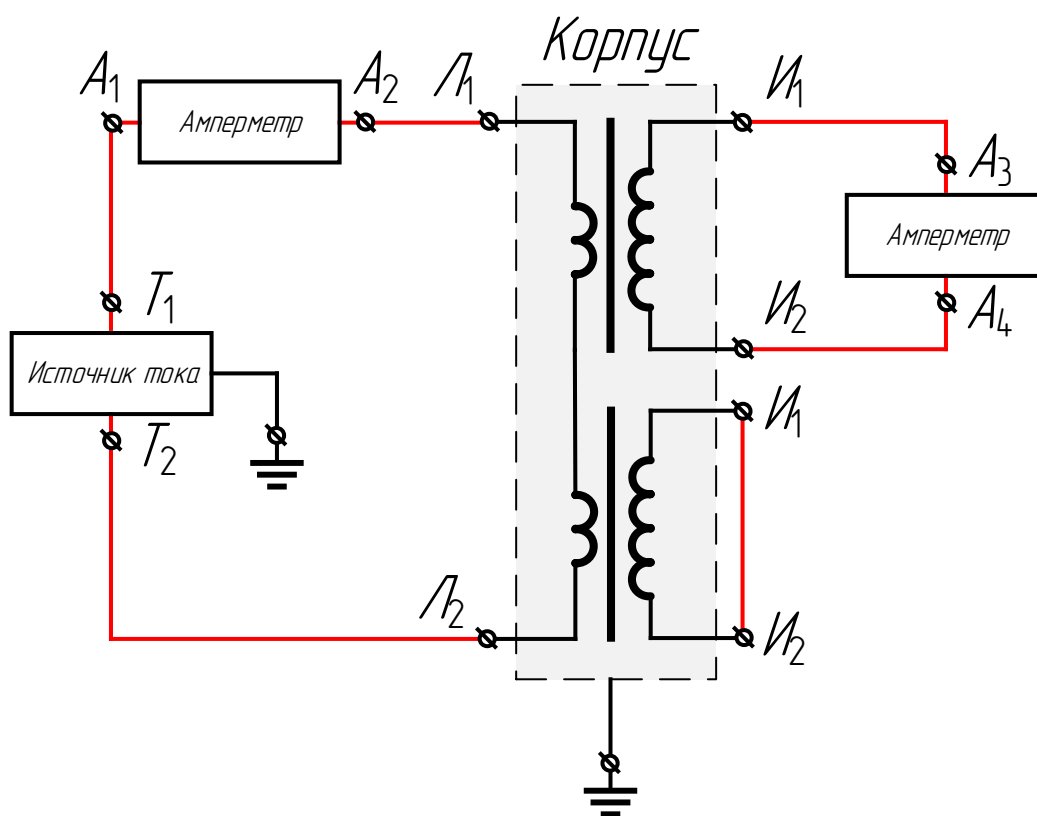


Рисунок 2 – Схема для проверки коэффициента трансформации

Для проверки коэффициента трансформации прочих вторичных обмоток необходимо выполнить аналогичные действия.

Вторичная обмотка	Первичный ток, А	Вторичный ток, А	Коэффициент трансформации	Отклонение от паспортного значения, %
№1				

Вторичная обмотка	Первичный ток, А	Вторичный ток, А	Коэффициент трансформации	Отклонение от паспортного значения, %
№2				
№3				

По результатам проверки сформулировать вывод о соответствии коэффициентов трансформации вторичных обмоток паспортным данным.

5. Проверка вольт-амперной характеристики. В соответствии с п. 3.7. РД 153-34.0-35.301-2002 вольт-амперная характеристика (ВАХ) вторичной обмотки трансформатора тока представляет собой зависимость среднего абсолютного значения переменного напряжения на выводах вторичной обмотки от действующего значения тока, протекающего по этой обмотке, при разомкнутой первичной обмотке. Характеристика снимается до значения тока, равного $0,1K_{пр}I_{2ном}$ ($K_{пр}$ – номинальная предельная кратность; $I_{2ном}$ – номинальный вторичный ток). После снятия характеристика сопоставляется с паспортной кривой для оценки наличия короткозамкнутых витков. Для вольт-амперной характеристики вторичной обмотки №1 с помощью испытательного комплекса РЕТОМ-21, 25 необходимо:

- рассчитать максимальный вторичный ток, до которого снимается характеристика, $I_{2макс} = 0,1K_{пр}I_{2ном}$ и записать в таблицу;
- рассчитать значение напряжения на выводах вторичной обмотки при работе ТТ в линейном режиме $U_{2(10\%)} = k_{пр ном} S_{ном} / I_{2ном}$ ($I_{2ном}$ – номинальный вторичный ток, А; $k_{пр ном}$ – номинальная предельная кратность; $S_{ном}$ – номинальная нагрузка вторичной обмотки, В·А.) и записать в таблицу;
- выбрать диапазон источника №3 в соответствии с рассчитанными параметрами: $U_{диапазон} > U_{2(10\%)}$ и $I_{диапазон} > I_{2макс}$;
- подключить источник напряжения №3 к выводам вторичной обмотки №1;
- разомкнуть первичную обмотку и прочие вторичные обмотки;
- настроить вольтметр для измерения среднего абсолютного значения, приведенного к действующему значению, переменного напряжения U_3 (в меню указано как «СРВП1,11»);
- настроить амперметр для измерения действующего значения тока I_3 ;
- изменяя напряжение на выводах вторичной обмотки, фиксировать показания измерительных приборов и записывать их в таблицу;
- построить вольт-амперную характеристику на координатной плоскости в соответствии с таблицей.

Схема для проведения проверки представлена на рисунке 3.

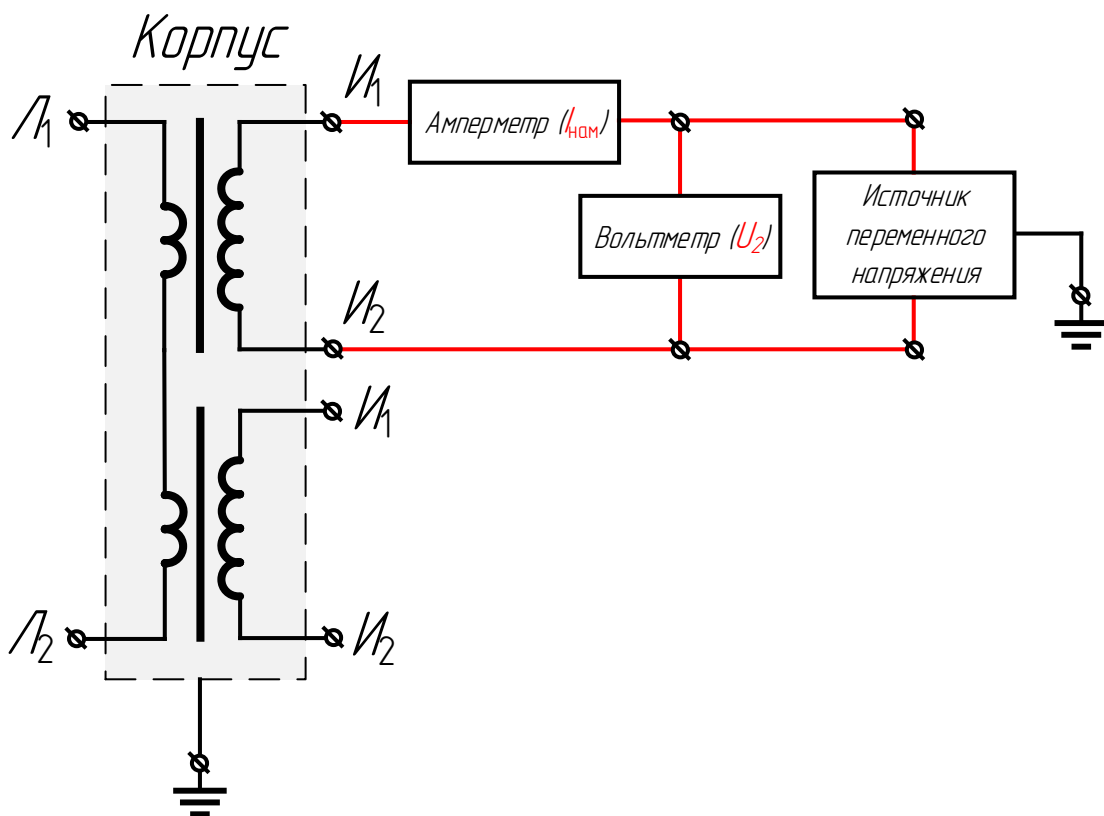
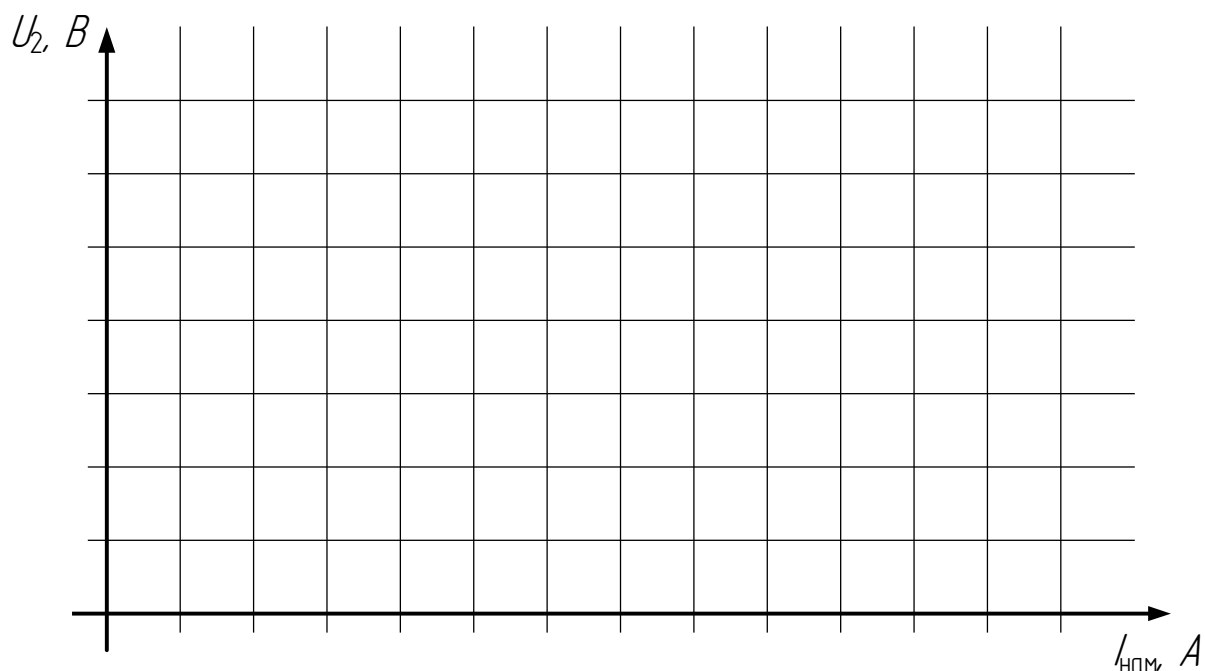


Рисунок 3 – Схема для снятия вольт-амперной характеристики

Для проверки вольт-амперной характеристики прочих вторичных обмоток необходимо выполнить аналогичные действия.

Вторичная обмотка №1 ($U_{2(10\%)} = \underline{\hspace{2cm}}$ В)								
Напряжение, В								
Ток, А								$I_{2\text{макс}} =$
Вторичная обмотка №2 ($U_{2(10\%)} = \underline{\hspace{2cm}}$ В)								
Напряжение, В								
Ток, А								$I_{2\text{макс}} =$
Вторичная обмотка №3 ($U_{2(10\%)} = \underline{\hspace{2cm}}$ В)								
Напряжение, В								
Ток, А								$I_{2\text{макс}} =$

По результатам проверки сформулировать вывод о соответствии вольт-амперных характеристик паспортным данным.



7. Проверка рабочей точки характеристики намагничивания. В соответствии с п. 9.8 ГОСТ 7746-2015 для определения значения полной погрешности вторичной обмотки трансформатора тока требуется измерить действующее значение тока намагничивания при подаче напряжения, действующее значение которого рассчитывается в соответствии с выражением:

$$U_{2(10\%)} = I_{2\text{ном}} k_{\text{пр ном}} \sqrt{(R_2 + 0.8Z_{2\text{ном}})^2 + (0.6Z_{2\text{ном}})^2},$$

где $I_{2\text{ном}}$ – номинальный вторичный ток, А; $k_{\text{пр ном}}$ – номинальная предельная кратность; R_2 – активное сопротивление вторичной обмотки, Ом; $Z_{2\text{ном}}$ – модуль полного сопротивления номинальной нагрузки, Ом.

При отсутствии значения активного сопротивления вторичной обмотки R_2 напряжение $U_{2(10\%)}$ рассчитывается по упрощенному выражению.

$$U_{2(10\%)} = \frac{k_{\text{пр ном}} S_{\text{ном}}}{I_{2\text{ном}}},$$

где $S_{\text{ном}}$ – номинальная нагрузка вторичной обмотки, В·А.

В соответствии с измеренным действующим значением тока намагничивания $I_{\text{нам}(10\%)}$ необходимо рассчитать величину полной погрешности вторичной обмотки трансформатора тока.

$$\varepsilon_{\text{расч}} = \frac{I_{\text{нам}(10\%)}}{k_{\text{пр ном}} I_{2\text{ном}}} 100\%.$$

В соответствии с п. 6.5.2 ГОСТ 7746-2015 рассчитанное значение полной погрешности $\varepsilon_{\text{расч}}$ не должно превышать значения полной погрешности трансформатора тока, определяемой классом точности.

Для проверки рабочей точки характеристики намагничивания вторичной обмотки №1 с помощью испытательного комплекса РЕТОМ-21, 25 необходимо:

- рассчитать значение напряжения $U_{2(10\%)}$ и записать в таблицу;
- подключить источник напряжения №3 к выводам вторичной обмотки №1;
- разомкнуть первичную обмотку и прочие вторичные обмотки;
- настроить вольтметр для измерения среднего абсолютного значения, приведенного к действующему значению, переменного напряжения U_3 (в меню указано как «СРВП1,11»);
- настроить амперметр для измерения действующего значения тока I_3 ;
- установить значение напряжения на выводах вторичной обмотки равным напряжению $U_{2(10\%)}$;
- измерить действующее значение тока $I_{\text{нам}(10\%)}$ и записать в таблицу;
- рассчитать полную погрешность трансформатора тока и записать в таблицу;
- оценить соответствие расчетных параметров классу точности вторичной обмотки трансформатора тока.

Определение параметров рабочей точки характеристики намагничивания осуществляется с помощью схемы для снятия вольт-амперной характеристики (рисунок 3).

Для проверки рабочей точки вольт-амперной характеристики прочих вторичных обмоток необходимо выполнить аналогичные действия.

Вторичная обмотка	Напряжение на выводах вторичной обмотки $U_{2(10\%)}$, В	Ток намагничивания $I_{\text{нам}(10\%)}$, А	Расчетное значение полной погрешности
№1			
№2			
№3			

По результатам проверки сформулировать вывод о соответствии рабочих точек вольт-амперных характеристик паспортным данным.

8. Проверка омического сопротивления вторичных обмоток. В соответствии с п. 7.6 РД 34.45-51.300-97 проверка проводится для трансформаторов тока с номинальным напряжением 110 кВ и выше для целостности цепи вторичных обмоток. При измерении омического сопротивления с помощью источника постоянного напряжения значение тока должно быть установлено равным номинальному вторичному току трансформатора тока. В соответствии с п. 7.6 РД 34.45-51.300-97 отклонение измеренного значения от паспортного значения не должно превышать 2%. Измеренное значение омического сопротивления должно приводиться к паспортной температуре по выражению:

$$R_n = R_n(1 + k(T_n - T_n)),$$

где R_n – измеренное значение сопротивления; T_n – паспортная температура; T_n – температура, при которой производится измерение; k – температурный коэффициент изменения сопротивления (для меди $k = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}$).

Для проверки омического сопротивления вторичной обмотки №1 с помощью испытательного комплекса РЕТОМ-21, 25 необходимо:

- подключить источник напряжения №4 к выводам вторичной обмотки №1;
- настроить вольтметр для измерения постоянного напряжения U_4 ;
- настроить амперметр для измерения постоянного тока I_4 ;
- установить значение тока равным номинальному вторичному току обмотки;
- зафиксировать показания измерительных приборов и записать в таблицу;
- рассчитать омическое сопротивление $R_{и}$ в соответствии с показаниями измерительных приборов и записать в таблицу;
- привести измеренное значение сопротивления к паспортной температуре $R_{п}$;
- оценить отклонение сопротивления $R_{п}$ от паспортного значения омического сопротивления.

Схема для проведения проверки представлена на рисунке 4.

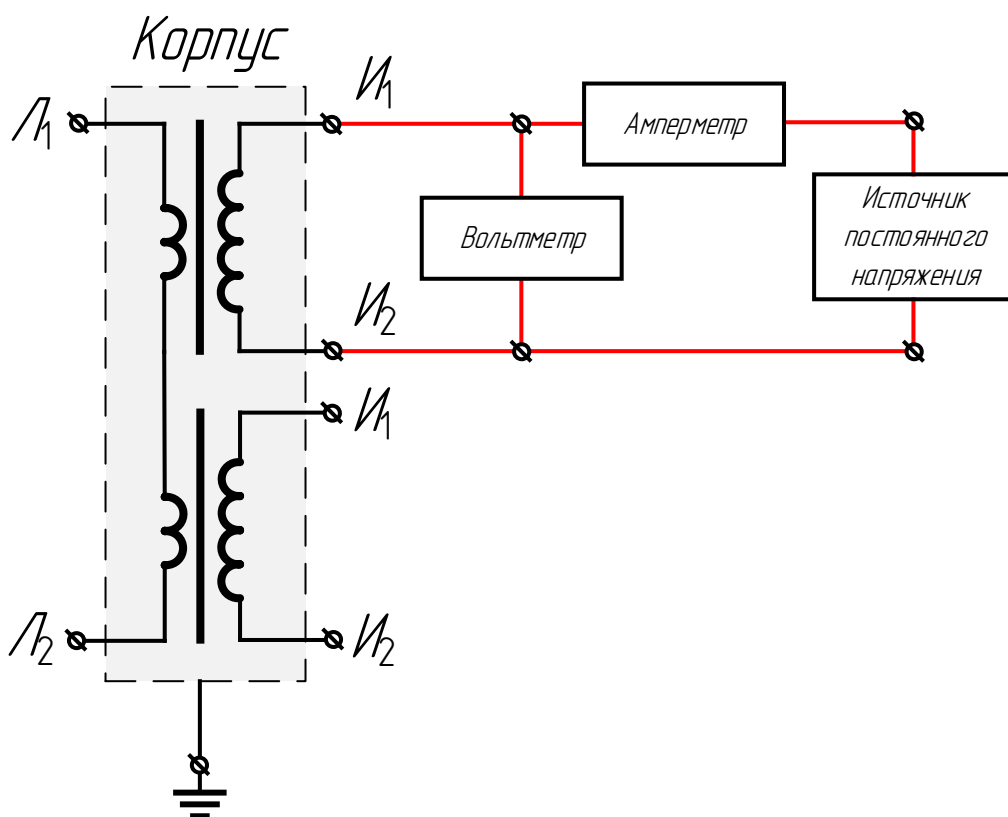


Рисунок 4 – Схема для проверки омического сопротивления вторичной обмотки

Для проверки омического сопротивления прочих вторичных обмоток необходимо выполнить аналогичные действия.

Напряжение, В	Ток, А	Омическое сопротивление вторичной обмотки $R_{и}$, Ом	Температура воздуха в помещении $T_{и}$, °С
Паспортная температура $T_{п}$, °С	Значение сопротивления, приведенное к паспортной температуре $R_{п}$, Ом	Паспортное значение сопротивления вторичной обмотки, Ом	Отклонение сопротивления $R_{п}$ от паспортного значения, %

По результатам проверки сформулировать вывод о соответствии омического сопротивления вторичных обмоток паспортным данным.

9. Размагничивание магнитопровода трансформатора тока. В соответствии с Правилами технического обслуживания устройств и комплексов релейной защиты и автоматики, утвержденными приказом Минэнерго от 13.07.2020 г. N 555, после снятия вольт-амперной характеристики и ее рабочей точки необходимо произвести размагничивание магнитопровода трансформатора тока. В соответствии с п. 9.3.3 ГОСТ 8.217-2003 для размагничивания магнитопровода трансформатора тока необходимо:

- подключить к выводам вторичной обмотки источник переменного напряжения, остальные обмотки разомкнуть;
- подать переменное напряжение, при котором действующее значение вторичного тока равняется 10% от номинального значения;
- плавно (в течение 1-2 минут) уменьшать значение подаваемого напряжения до тех пор, пока значение тока не станет равным 0.2% от номинального значения.

Размагничивание магнитопровода вторичной обмотки трансформатора тока осуществляется с помощью схемы для снятия вольт-амперной характеристики (рисунок 3).

По результатам проверки сформулировать вывод о проведении размагничивания трансформатора тока (проведено / не проведено).