

Методика

проведения испытаний трансформаторов напряжения 6 — 10 кВ.

Назначение методики выполнения измерений.

Данная методика предназначена для проведения испытаний трансформаторов напряжения 6—10 кВ. Эти испытания необходимы для обеспечения бесперебойного питания электроприёмников, безаварийной работы электрооборудования. В нее входит измерение сопротивления изоляции, измерение тока холостого хода (далее ХХ), измерение сопротивления обмоток постоянному току, испытание трансформаторного масла и испытание повышенным напряжением трансформаторов напряжения (далее ТН) до 10 кВ включительно.

Условия проведения измерений.

Испытание трансформаторов 6-10 кВ проводится в атмосферных условиях близких к нормальным:

- температура изоляции не ниже +10
- относительная влажность воздуха не более 90 %.

Изоляция ТН должна быть очищена от грязи, пыли и поверхностной влаги и не иметь видимых повреждений.

Метод измерения-испытания.

Измерение сопротивления изоляции ТН.

Измерение сопротивления изоляции первичной обмотки ТН производится мегомметром на 2500 В. Сопротивление изоляции первичной обмотки ТН не нормируется (кроме ТН серии НКФ для которых сопротивление изоляции первичной обмотки должно быть не менее 300 МОм).

Измерение сопротивления изоляции вторичных обмоток производится мегомметром на напряжение 500 — 1000 В. сопротивление изоляции вторичных обмоток не нормируется, но вместе с собранными и присоединенными к обмоткам вторичными цепями должно быть не менее 1 Мом.

Испытание трансформаторного масла из ТН.

Масло из трансформаторов напряжения после монтажа и в эксплуатации испытывается в следующем объеме:

- наименьшее пробивное напряжение, кВ;
- содержание механических примесей;
- кислотное число, мг КОН на 1г масла;
- содержание водорастворимых кислот и щелочей;
- температура вспышки, С°.

Из ТН до 35 кВ включительно с объемом масла менее 30 кг пробы масла могут не отбираться, и допускается полная замена масла при пониженном сопротивлении изоляции.

Измерение тока холостого хода ТН.

Для ТН значение тока ХХ не нормируется, но при проверке следует исходить из того, что ток во вторичной обмотке не может превышать максимально допустимого значения, определяемого максимальной мощностью трансформатора по паспорту.

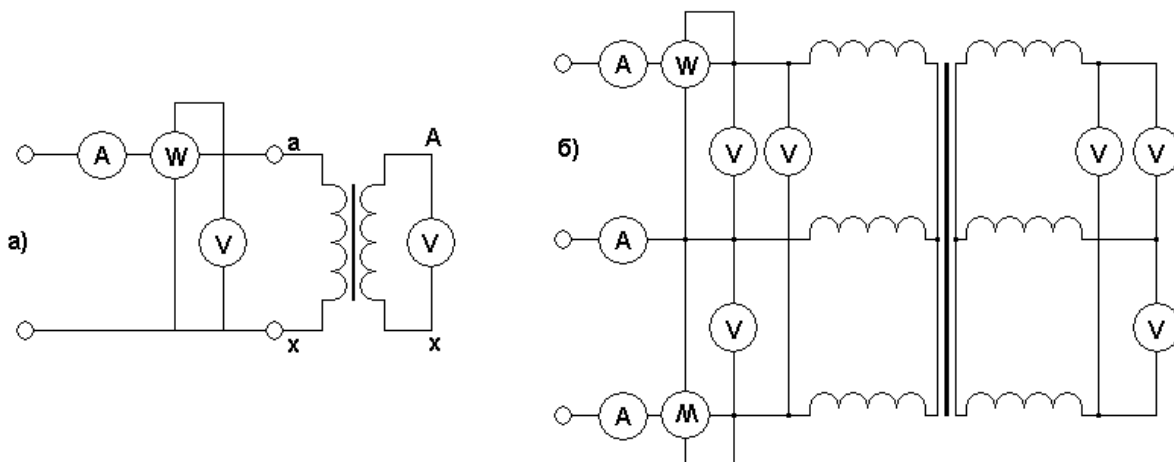
Измерение тока производится при подаче на вторичную обмотку номинального напряжения. Схема измерения изображена на рисунке 1.

Испытание повышенным напряжением частоты 50 Гц.

Значение испытательного напряжения изоляции первичных обмоток частотой 50 Гц приведено в таблице. В эксплуатации допускается испытывать ТН совместно с ошиновкой.

	Фарфоровая изоляция	Другие виды изоляции ^{*)}
До 0,69	1	1
3	24	21,6
6	32	28,8
10	42	37,6

^{*)}Под другими видами изоляции понимается бумажно-масляная изоляция, изоляция из органических твердых материалов, кабельных масс и жидких диэлектриков, а также изоляция, состоящая из фарфора в сочетании с перечисленными диэлектриками.



Схемы опытов холостого тока однофазного (а) и трехфазного (б) трансформатора.

Продолжительность приложения испытательного напряжения для ТН 1 мин, если основная изоляция фарфоровая, жидкая или бумажно-масляная, и 5 мин — для ТН с литой изоляцией. ТН с ослабленной изоляцией одного из выводов испытанию повышенным напряжением не подвергаются.

Значение испытательного напряжения для изоляции вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями принимается равным 1 кВ. Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин. При отсоединенных вторичных цепях, вторичные обмотки ТН испытываются напряжением 1,8 кВ в течении 1 мин.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току производится мостом постоянного тока (P333) при температуре ТН в пределах 20 ± 5 С. Возможно производить измерение сопротивления обмоток ТН, отличающейся от 20 ± 5 С, но при условии, что измеренные значения сопротивления будут приведены к температуре 20 С. Отклонение значения сопротивления обмотки приведенного к 20 С от указанного в паспорте должно быть не более ± 10 % .

Средства измерения.

Для измерения сопротивления изоляции ТН применяют мегомметр Ф4102/2-1М. Диапазон измерения от 0 до 50000 МОм. Класс точности 1,5 по ГОСТ 8.401—80. Предел допускаемого значения основной погрешности равен $\pm 1,5$ % от длины шкалы.

Для измерения тока ХХ трансформатора применяем измерительный комплект К540.

Для измерения сопротивления обмоток постоянному току применяют мост постоянного тока измерительный P333. Класс точности моста, предел допускаемой основной погрешности показаний моста, выраженный в процентах от номинального значения измеряемого сопротивления, указаны в таблице 2.

Для проведения испытаний ТН повышенным напряжением частоты 50 Гц используем передвижную в/в лабораторию СПЭИИ.

Таблица 2.

Класс точности	Предел допускаемой основной погрешности, %	Диапазон измерения, Ом
0,5	$\pm 0,5$	от 1 до 99990
1,0	$\pm 1,0$	от 0,1 до 0,9999
5,0	$\pm 5,0$	от 0,005 до 0,0999

Подготовка к выполнению измерений.

Перед началом проведения измерений — испытаний необходимо:

- ознакомиться с паспортом завода изготовителя ТН (если имеется)
- ознакомиться с протоколом испытания трансформаторного масла.
- выполнить организационные и технические мероприятия необходимые для проведения испытаний ТН
- произвести визуально осмотр наружной изоляции ТН (наличие сколов, механических повреждений и т.п.)

Выполнение измерений.

Измерение сопротивления изоляции первичной обмотки ТН.

Установить прибор (мегомметр) в горизонтальное положение. Снять крышку прибора и закрепить её на боковой стенке в предусмотренных гнездах. В отсек питания установить сетевой блок, при питании от сети или 9 элементов А373 при питании от химических источников тока. К клемме «┴» подключить шнур соединительный первый, к клемме с охранным кольцом и к клемме «Э» подключить шнур соединительный второй в соответствии с маркировкой. Установить переключатель измерительных напряжений в нужное положение.

При разомкнутых зажимах R_x , нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1» и установить ручкой «УСТ.∞» указатель мегомметра на отметку (∞).

Замкнуть зажимы R_x , нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1» и установить ручкой «УСТ. 0» указатель прибора на отметку (0), а затем, нажав обе кнопки «ИЗМЕРЕНИЕ 2», проверить установку указателя на отметку (0).

В случае отклонения указателя от отметки (0), установить указатель в первом и во втором случае так, чтобы отметка (0) оказалась посередине этих двух показаний.

Для проведения измерений нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1», подав тем самым на объект измерения высокое напряжение. На время измерения держать кнопку нажатой.

При необходимости проведения измерений с повышенной точностью, не отпуская кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1», нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 2» и сделать отсчет измеряемого сопротивления по шкале 2.

Замеренное сопротивление изоляции ТН записать в рабочую тетрадь, для последующего сравнения с замерами, полученными после испытания повышенным напряжением (если необходимо).

Измерение сопротивления изоляции вторичных обмоток ТН.

Подготовить мегомметр по п.6.1

Подключить мегомметр так, чтобы соединительный провод от клеммы «┴» на заземленный цоколь ТН, а второй соединительный провод от клеммы с охранным кольцом к одному из выводов вторичной обмотки (основной - *а* или *х*^{*}; дополнительной - *ад* или *хд*^{*}).

Для проведения измерений нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1», подав тем самым на объект измерения высокое напряжение. На время измерения держать кнопку нажатой.

При необходимости проведения измерений с повышенной точностью, не отпуская кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1», нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 2» и сделать отсчет измеряемого сопротивления по шкале 2.

Замеренное сопротивление изоляции вторичной обмотки ТН записать в рабочую тетрадь.

Измерение тока холостого хода ТН.

Для измерения тока ХХ применяют измерительный комплект К540 и автотрансформатор для регулирования напряжения. Вывод первичной обмотки Х при измерении тока ХХ должен быть обязательно заземлен. Подаем на вторичную обмотку номинальное напряжение. Производим отсчет измерений тока, напряжения и мощности по шкале приборов установленных на измерительном комплекте К540.

В рабочий журнал заносим измеренные значения.

Испытание повышенным напряжением.

Испытание повышенным напряжением ТН проводится после обязательной проверки и принятия мер по технике безопасности (ограждения, плакаты и т.д.) и согласно инструкции по эксплуатации ЭТЛ.

Высоковольтный вывод испытательной установки присоединяем к одному из выводов первичной обмотки (А или Х). Вторичные обмотки ТН закорачиваем и заземляем. Убеждаемся в достаточности изоляционного расстояния между высоковольтным выводом и заземленными частями электроустановки. Подаем на испытательную установку питание (220 В). Снимаем заземление с высоковольтного вывода испытательной установки и начинаем плавный подъем напряжения со скоростью 1-2 кВ/с до максимального испытательного напряжения (таблица 1.)

При испытаниях не должно быть пробоев, перекрытий и т.п. С истечением времени испытания производим снижение испытательного напряжения до нуля. Затем заземляем высоковольтный вывод установки и отключаем испытательную установку от сети 220 В.

Сопротивление изоляции, измеренное после испытания должно быть не меньше, чем до испытания.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

Для измерения сопротивления обмоток постоянному току применяют мост постоянного тока Р333.

Измерение сопротивления вторичных обмоток производится по четырех зажимной схеме включения моста, для чего необходимо:

- перемычку, соединяющую зажимы 1 и 2 отсоединить;
 - измеряемую обмотку *а-х* присоединить к зажимам 1,2 и 3,4 с помощью четырех проводников (сопротивление проводников должно быть не более 0,005 Ом);
 - переключатель схемы поставить в положение *МВ*;
 - установить переключатель плеч отношений на соответствующий множитель, в зависимости от предполагаемой величины R_x ;
 - установить на четырех декадах сравнительного плеча ожидаемое сопротивление;
 - нажать кнопку ВКЛЮЧ. ГАЛЬВАНОМЕТРА и переходить на измерение при нажатой кнопке ГРУБО. Уравновешивание схемы производится ручками переключателей П1 — П4 (до тех пор, пока стрелка гальванометра не станет на нуль);
 - нажать кнопку ТОЧНО и окончательно уравновесить мост;
 - после окончания измерений кнопки ТОЧНО, ГРУБО и ВКЛЮЧ. ГАЛЬВ. Отжать.
- Аналогичные замеры провести на обмотке *ад-хд*.

Для измерения сопротивления постоянному току первичной обмотки ТН используем мост Р-333 с двухзажимной схемой подключения. Последовательность выполнения операций для определения сопротивления первичной обмотки ТН аналогично измерению сопротивления постоянному току вторичных обмоток ТН.

Обработка и вычисление результатов измерений.

Ток холостого хода вычисляется по формуле

$$I_{XX} = k \cdot I, \text{ А}$$

Где: **k** -цена деления амперметра

I -показания амперметра

Сопротивление обмоток постоянному току измеренное мостом Р333 вычисляется по формуле:

$$R_x = nR, \text{ Ом}$$

Где: **n** — множитель, устанавливаемый на декаде плеч отношений;

R — сопротивление сравнительного плеча;

Для сравнения с данными завода изготовителя полученное сопротивление необходимо привести к температуре заводских испытаний. Приведение измеренного сопротивления к необходимой температуре для последующего сравнения производится по формулам:

$$\text{для меди} \quad R_{\text{прив.зав}} = R_x (235 + T_{\text{зав.исп}}) / (235 + T_x)$$

$$\text{для алюминия} \quad R_{\text{прив.зав}} = R_x (245 + T_{\text{зав.исп}}) / (245 + T_x)$$

где: **R_{прив.зав}** — сопротивление, соответствующее температуре $T_{\text{зав.исп}}$;

R_x — сопротивление, соответствующее температуре T_x ;

T_{зав.исп} — температура заводских испытаний;

235 и 245 — постоянные коэффициенты.

Для определения температуры изоляции ТН (T_x) используют следующую формулу:

$$T_x = (R_x - R_{\text{зав.исп}}) (235 + T_{\text{зав.исп}}) / R_{\text{зав.исп}} + T_{\text{зав.исп}}$$

где: $T_{\text{зав.исп}}$ — температура заводских испытаний;

$R_{\text{зав.исп}}$ — сопротивление, измеренное на заводе при температуре $T_{\text{зав.исп}}$.

Сопротивление изоляции сильно зависит от температуры.

Для приведения сопротивления изоляции полученного при измерениях к заводским данным используем следующую формулу:

$$R_{T2} = R_{T1} K$$

где: R_{T1}, R_{T2} -сопротивление изоляции постоянному току при температурах $T1$ и $T2$;

K -коэффициент, зависящий от типа изоляции (для изоляции класса А = 40, для изоляции класса В = 60).

Сопротивление изоляции класса А при понижении температуры на каждые 10 С увеличивается в 1,5 раза и наоборот. На основе этого определены следующие коэффициенты приведения результатов измерения к одной температуре:

Разность температур $T2-T1, C^{\circ}$	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
Коэффициент изменения R_{60}	1,04	1,08	1,13	1,17	1,22	1,5	1,84	2,25	2,75	3,4

Сопротивление изоляции класса В при повышении температуры на каждые 18 С снижается примерно в 2 раза. Из этого закона исходят при приведении результатов измерения $R_{из}$ к одной температуре для изоляции класса В.

Оформление результатов измерений.

Результаты обработки и вычислений произведенные в разделе 7 данной методики заносятся в рабочую тетрадь, с последующим составлением протокола. Форма протокола приведена в приложении.

Требования к квалификации персонала.

Испытания производит специально обученный персонал электролаборатории в соответствии с требованиями правил техники безопасности

Требования к безопасности выполняемых работ.

Работа должна выполняться в соответствии с инструкцией по охране труда.