

Испытания силовых трансформаторов

Наружный осмотр

- При наружном осмотре проверяют целостность бака, радиаторов и изоляторов, а также пломбы и закраску головок болтов (гаек) у заглушки крана, отсутствие следов подтекания масла и уровень масла, залитого в трансформатор, который должен быть в пределах отметок маслоуказателя. Подтягивать уплотняющие болты до проверки герметичности не разрешается. Необходимо обратить внимание на наличие заземления бака трансформатора.

Определение увлажненности обмоток

- Трансформаторы всех мощностей и напряжений могут вводиться в эксплуатацию без предварительной сушки, если результаты испытаний изоляции, произведенных на монтаже, при сопоставлении с данными заводских испытаний соответствуют требованиям «Инструкции по контролю состояния изоляции трансформаторов перед вводом в эксплуатацию». Ниже приводится методика отдельных измерений, по совокупности которых определяют возможность включения трансформатора в эксплуатацию без сушки.

Измерение сопротивления изоляции

- Сопротивление изоляции между каждой обмоткой и корпусом и между обмотками трансформатора измеряют мегомметром на напряжение 2500 В.
- Перед началом измерения сопротивления изоляции испытуемую обмотку трансформатора заземляют на 2—3 мин и тщательно протирают поверхность вводов. Показания мегомметра отсчитывают через 15 и 60 сек после начала вращения рукоятки, что соответствует значениям R15 и R60. Рукоятку мегомметра следует вращать равномерно со скоростью 110—120 об/мин.

- По этим замерам определяют также коэффициент абсорбции, т. е. отношение R_{15} / R_{60} ., являющийся одним из показателей степени увлажнения обмоток.
 - Для трансформатора напряжением до 35 кВ включительно, мощностью менее 10 МВА при различной температуре обмотки величина сопротивления изоляции должна быть не менее указанных величин:
- | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| • Температура обмотки в °С . | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| R60 в МоМ. | 450 | 300 | 200 | 130 | 90 | 60 | 40 |
- Измеренную величину сопротивления изоляции сопоставляют со значением сопротивления изоляции по данным завода-изготовителя (по протоколу заводских испытаний).

- Перед сопоставлением значение R60, измеренное на заводе, приводят к температуре измерения на монтаже путем умножения на коэффициент пересчета K1

Разность температур $t_2 - t_1$ в °С	5	10	15	20	25	30	35
Коэффициент пересчета K_1	1,23	1,5	1,84	2,25	2,75	3,4	4,15
Разность температур $t_2 - t_1$ в °С	40	45	50	55	60	65	70
Коэффициент пересчета K_1	5,1	6,2	7,5	9,2	11,2	13,9	17

- Значение коэффициента K1 в зависимости от разности температур при заводских испытаниях (t_2) и при измерении на монтаже (t_1)
- Сопротивление изоляции на монтаже должно быть не ниже 70% сопротивления изоляции по данным протокола заводских испытаний. Значение коэффициента абсорбции R60 / R15. Должно быть не ниже 1,3 при температуре 10— 30° С.

Измерение емкости обмоток при различных частотах

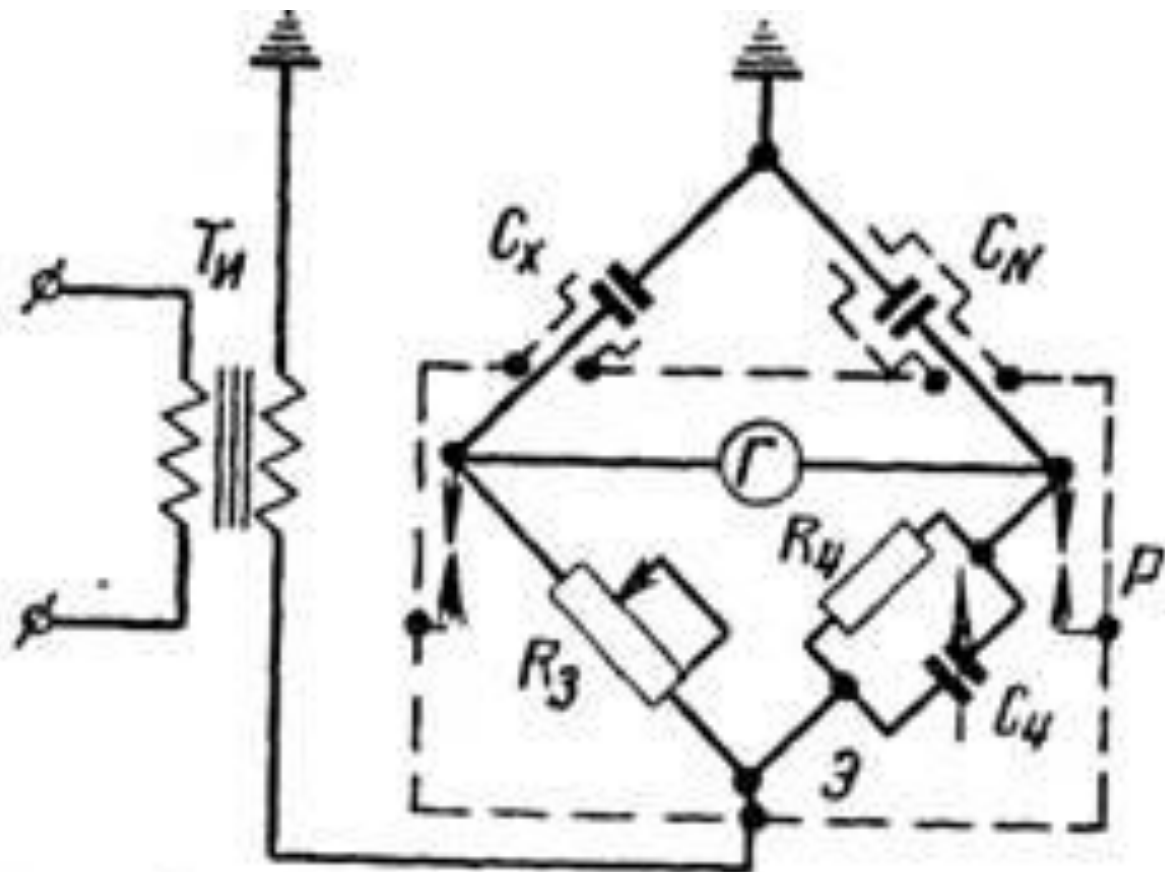
- Степень увлажнения обмоток трансформатора может быть также определена путем измерения их емкости при различных частотах (метод емкость — частота). Емкость обмоток измеряют при частоте 50 Гц (C_{50}) и при частоте 2 Гц (C_2) специальным прибором контроля влажности типа ПКВ на трансформаторе, залитом маслом, между каждой обмоткой и корпусом при заземленных свободных обмотках. Перед измерением испытываемая обмотка должна быть заземлена на 2—3 мин. Чем больше увлажнена изоляция обмоток трансформатора, тем больше отношение C_2/C_{50} . Оно увеличивается также при повышении температуры обмоток трансформатора, поэтому измерения производят при температуре обмоток 10—30° С.

- Для трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно и мощностью менее 10 МВА величина S_2/S_{50} обмоток при различной температуре не должна превышать следующих - величин:

- | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|
| Температура обмотки в ° С | 10 | 20 | 30 |
| Отношение S_2/S_{50} | 1,1 | 1,2 | 1,3 |

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$)

- Увлажнение изоляции обмоток трансформатора, а также ряд других дефектов ведут к увеличению диэлектрических потерь и, как следствие этого, к увеличению тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$).
- Измерение $\text{tg}\delta$ производят мостом переменного тока типа МД-16. Обычно применяется так называемая «перевернутая» схема моста (рис. 1), позволяющая производить измерения без снятия вводов с трансформатора.



МД-16 (перевернутая) T_n —
 испытательный трансформатор; C_x —
 испытуемый объект; C_N —
 образцовый конденсатор; Γ —
 гальванометр; R_3 — переменное
 сопротивление; R_t — постоянное
 сопротивление; C — магазин
 емкостей; \mathcal{E} — экран; P — разрядник

Величина $\text{tg}\delta$ изоляции обмоток трансформатора не должна превышать значений, приведенных в таблице

Мощность трансформатора , класс напряжения обмотки ВН	В % ПРИ температуре обмотки град. С						
	10	20	30	40	50	60	70
До 35 кВ включительно мощностью менее 2 500 кВА	1,5	2	2,6	3,4	4,6	6	8
До 35 кВ включительно мощностью менее 10 000 кВА	1,2	1,5	2	2,6	3,4	4,5	6

Отбор пробы масла

- Пробу масла отбирают из нижней части бака при температуре отбираемого масла не ниже $+ 5^{\circ}\text{C}$. Посуда, в которую отбирается проба, должна быть чистой и хорошо высушенной. Отобранное масло подвергают сокращенному лабораторному анализу на отсутствие влаги, содержание механических примесей, реакцию водной вытяжки и определение кислотного числа
- Пробивное напряжение масла должно быть не ниже 25 кВ для трансформаторов напряжением до 15 кВ включительно и не ниже 30 кВ для трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно.

Испытание изоляции обмоток трансформаторов повышенным напряжением переменного тока

- Этому испытанию подвергают каждую обмотку трансформатора по отношению к корпусу, к которому на время испытания присоединяют остальные, предварительно замкнутые обмотки.
- Испытательное напряжение повышают плавно с быстротой, допускающей возможность уверенного отсчета показаний измерительных приборов. Длительность испытания 1 мин, после чего напряжение плавно снижают до нуля. Величину испытательного напряжения допускается измерять по вольтметру, включенному с низкой стороны испытательного трансформатора.

- Величина испытательного напряжения принимается не более 90% испытательного напряжения на заводе-изготовителе. Величина заводских испытательных напряжений (по ГОСТ 1516—60) приведена в таблице.

Повреждения изоляции при испытании выявляются по резким толчкам стрелок приборов, измеряющих испытательное напряжение и ток установки, по характерному звуку разрядов внутри бака трансформатора или выделению дыма из дыхательной пробки, либо по отключению автомата со стороны питания испытательной установки.

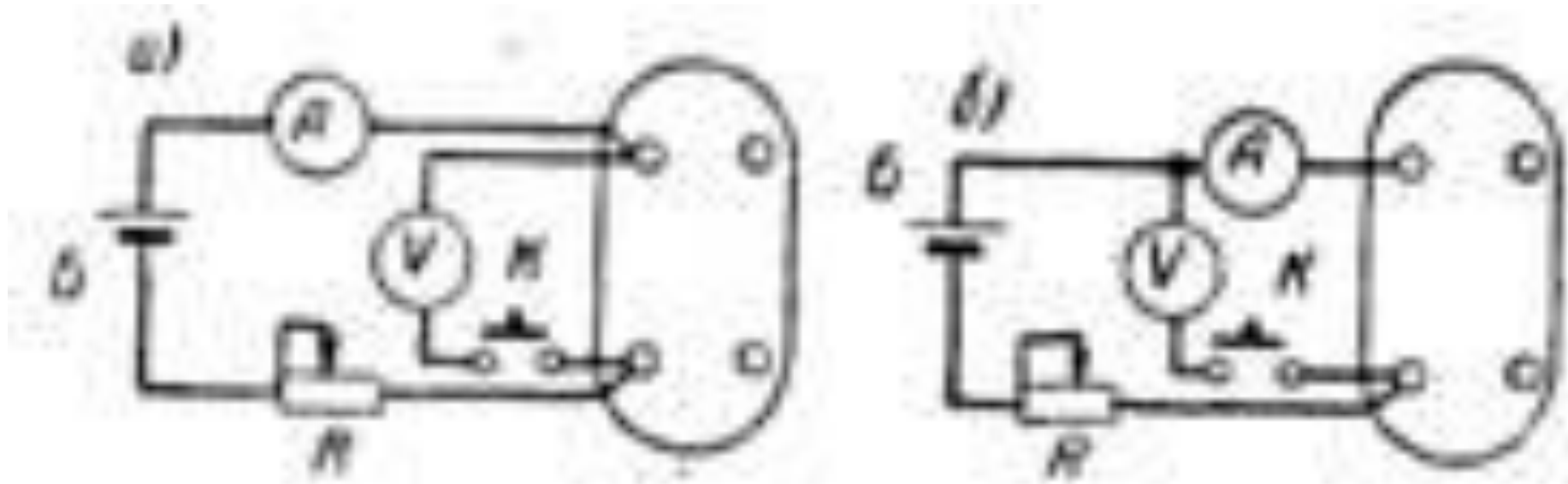
- После окончания испытания необходимо повторно измерить

СОI Тип изоляции трансформатора	Испытательное напряжение при номинальном напряжении обмоток в кВ						
	до 0,525	3	6	10	15	20	30
Нормальная	5	18	25	35	45	55	85

Измерение сопротивления обмоток трансформатора постоянному току

- Измерение сопротивления обмоток трансформатора постоянному току производится с целью выявления обрывов обмотки и ответвлений, плохих контактов, нарушения паяк и обнаружения витковых замыканий в катушках. Сопротивление обмоток измеряют методом падения напряжения.
- Приборы, применяемые для измерения, должны быть класса точности не ниже 0,5. Величина тока при измерениях не должна превышать 20% номинального тока обмотки, чтобы не внести дополнительной погрешности в измерения за счет нагрева обмотки.
- Сопротивления следует измерять при установившейся температуре; температура, при которой произведены измерения, должна быть замерена и указана в протоколе испытания.

Измеряют линейные сопротивления всех обмоток трансформатора, а при наличии переключателя ответвлений — на всех его положениях.



Измерение сопротивления обмотки трансформатора постоянному току методом падения напряжения
а - для малых сопротивлений; б — для больших сопротивлений; Б — аккумуляторная батарея 6—12
R — реостат; К — кнопка включения вольтметра

- Полученные величины необходимо сопоставить между собой и с данными заводских испытаний.
- Величины сопротивлений отдельных фаз трансформатора не должны отличаться одна от другой и от заводских данных более чем на 2%. Если расхождение с заводскими данными превышает 2%, но одинаково для всех фаз, следует искать ошибку в измерениях.

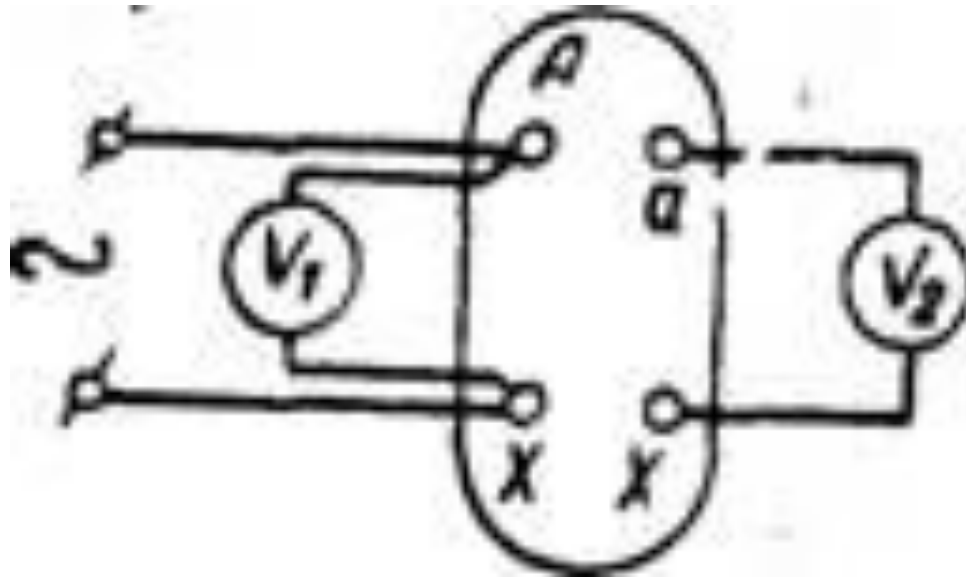
Определение коэффициента трансформации

- Коэффициент трансформации определяют для трансформаторов после их капитального ремонта со сменой обмоток, импортных и не имеющих паспорта.
- Коэффициентом трансформации трансформатора называется отношение напряжения на обмотке высшего напряжения (ВН) к напряжению на обмотке низшего напряжения (НН) при холостом ходе:

$$K_T = \frac{U_1}{U_2},$$

где K_T — коэффициент трансформации;
 U_1 - напряжение на обмотке ВН;
 U_2 - напряжение на обмотке НН.

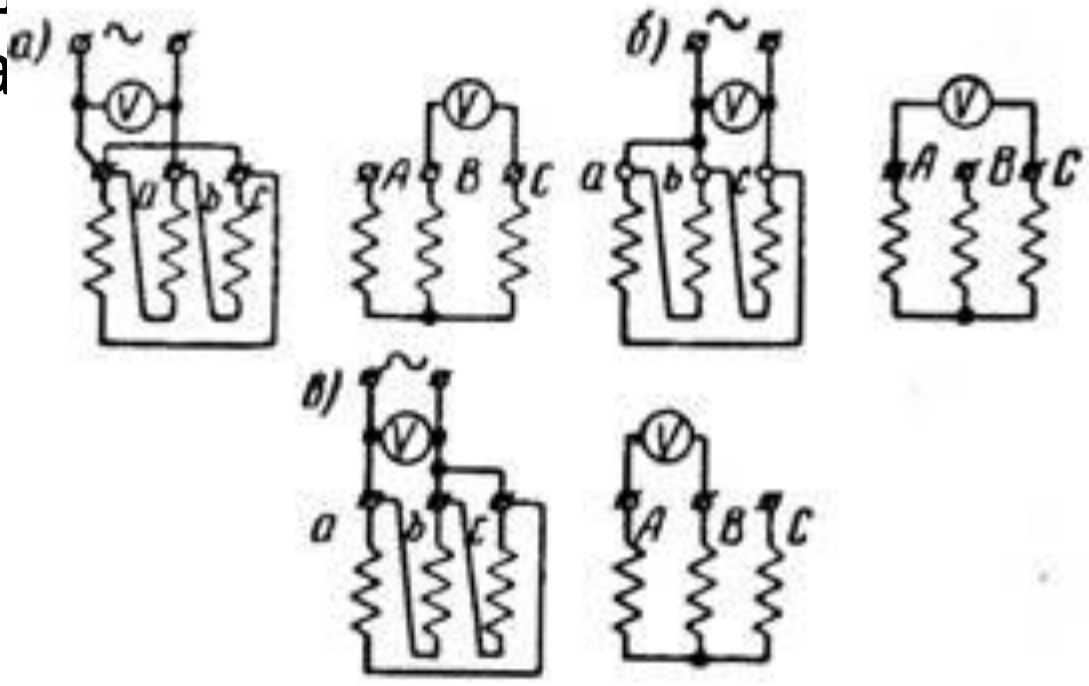
- При испытании трехфазных трансформаторов к одной обмотке подают симметричное трехфазное напряжение и одновременно измеряют напряжение между соответствующими одноименными линейными выводами обеих проверяемых обмоток.



Измерение коэффициента трансформации трансформатора

• При отсутствии трехфазного симметричного напряжения коэффициент трансформации можно определять при однофазном возбуждении, если возможно измерить фазовые напряжения, а также для трансформаторов, у которых хотя бы одна обмотка соединена в «треугольник».

Коэффициент трансформации измеряют при поочередном закорачивании одной из фаз по схемам, приведенным на рисунке, а, б, в. Коэффициент трансформации при этом методе будет равным $2/K_{\phi}$ (при схеме Y/Д) и $1/K_{\phi}$ — фазовый



ПРОВЕРКА ГРУППЫ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК

- ДЗ

Измерение величины тока холостого хода

- Величина потерь силового трансформатора состоит из так называемых потерь в меди и потерь в стали. Первые связаны с протеканием тока нагрузки через проводники обмоток, имеющие определенное электрическое сопротивление. Потери же в стали обусловлены вихревыми токами, токами намагничивания, возникающими в магнитопроводе.
- При проведении опыта холостого хода на одну обмотку подключается напряжение, другая остается разомкнутой. Мощность, потребляемая при этом трансформатором из сети, тратится в большей степени на намагничивание стали магнитопровода, в меньшей – на нагрев проводников обмотки, чем можно пренебречь. Поэтому этот опыт позволяет измерить мощность потерь в стали, называемыми потерями холостого хода.