

Область применения

Рекомендации настоящей методики распространяются на проведение испытаний измерительных трансформаторов тока и напряжения в электроустановках всех типов, напряжения и систем.

Контроль за режимом работы электрических машин и аппаратов, измерение электрических величин, защита и автоматика в распределительных устройствах осуществляется с помощью различных электроизмерительных приборов и аппаратуры.

При больших номинальных токах электроустановок переменного тока измерительные приборы, реле и аппаратура автоматики присоединяется к соответствующему участку электрической цепи с помощью измерительных трансформаторов тока.

Применение измерительных трансформаторов тока позволяет:

- ✚ Расширить пределы измерения токов, получив ток ограниченной, пропорциональной величины, что позволяет изготовить приборы измерения и обмотки реле со стандартной обмоткой (например на 5А, или 1А)

Трансформаторы тока питают токовые обмотки измерительных приборов и реле (амперметров, счётчиков, ваттметров, реле тока, мощности и др.).

Первичные обмотки трансформаторов тока, изолированные соответственно номинальному напряжению установки, включаются последовательно в ту цепь, где необходимо измерять ток.

Внешний вид и размеры самых распространённых типов трансформаторов тока представлены на рисунке 1.

На рисунке 1 изображены: 1 – ТФН-35М(в скобках – размеры для ТФНД-35М); 2 – ТФНД-110М; 3 – ТФНК-500(группа трансформаторов тока наружной установки с фарфоровой основной изоляцией); 4 – трансформатор тока ТПОЛ-35; 5 – ТНШ-0,5 (трансформатор тока на напряжение 0,5кВ и токи 15000 – 25000А); 6 – ТПОЛ-20; 7 – ТПОЛМ-10; 8 – ТВОЛ-10; 9 – ТКЛН-10; 10 – ТПШЛ-10; 11 – ТШЛ-20 (трансформаторы тока высоковольтные с литой изоляцией).

Вторичные обмотки трансформаторов тока изготавливают на ток 1; 2, 2,5 и 5А. измерительные приборы и реле подключаются во вторичную цепь последовательно, а их шкала градуируется в соответствии с номинальным током первичной обмотки.

В целях предупреждения последствий пробоя изоляции между первичной и вторичной обмотками, последние обязательно заземляются. Заземление вторичных цепей трансформаторов тока осуществляется обычно как можно ближе к самому трансформатору.

Особенностью трансформаторов тока является то, что они работают в режиме, близком к режиму короткого замыкания, так как сопротивление их вторичных обмоток и присоединённых к ним приборов весьма мало.

Величина тока в первичной обмотке трансформатора тока зависит только от нагрузки, создаваемой потребителями в этой цепи. Изменение тока в первичной обмотке вызывает соответствующее изменение тока в цепи вторичной обмотки, при этом величина тока во вторичной цепи пропор-

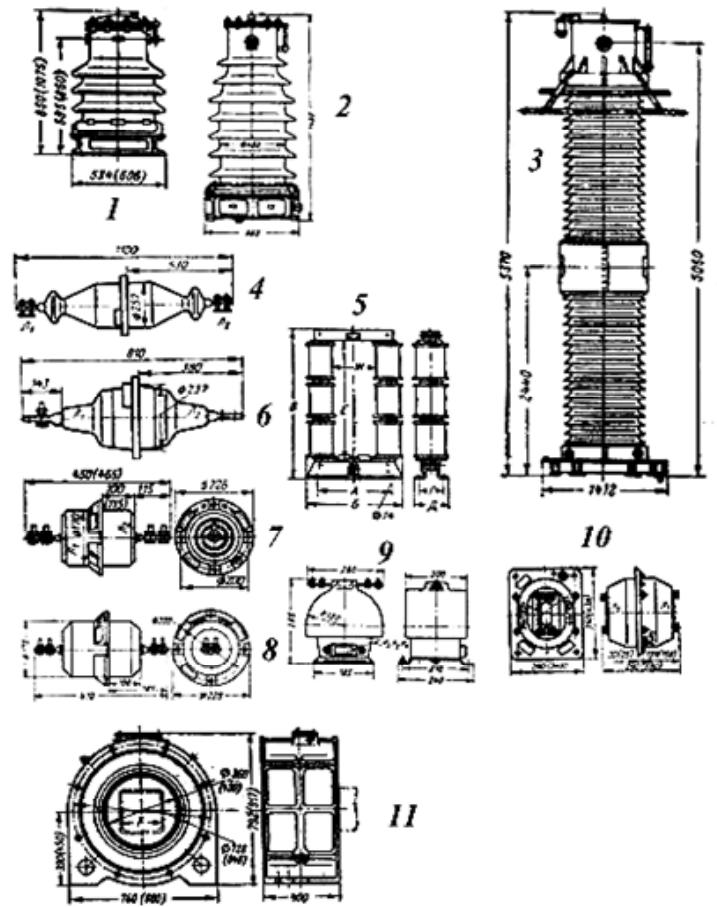


Рисунок 1. Трансформаторы тока

циональна первичному току.

Трансформаторы напряжения используются для включения контрольно-измерительных приборов и реле при больших номинальных напряжениях электроустановок.

Трансформаторы напряжения позволяют:

- ✚ Расширить пределы измерения обычных измерительных приборов, получив напряжение пропорциональной величины, что позволяет стандартизировать их обмотки
- ✚ Отделить измерительные приборы и реле от напряжений выше 380В и тем самым обеспечить безопасность их обслуживания.

Трансформаторы напряжения питают обмотки напряжения измерительных приборов и реле (вольтметров, частотомеров, счётчиков, ваттметров, реле напряжения, мощности, частоты и др.) в установках напряжением выше 380В.

Первичные обмотки трансформаторов напряжения строятся на все номинальные напряжения от 380 до 500000В и включаются в цепь параллельно питающей сети; номинальные напряжения вторичной обмотки составляют 100В. Измерительные приборы и реле включаются во вторичную цепь трансформаторов напряжения параллельно, а их шкала градуируется в соответствии с номинальным напряжением первичной обмотки.

Трансформаторы напряжения на небольших подстанциях в некоторых случаях используются для питания ламп освещения, сигнализации, устройств автоматики и телеуправления.

Трансформаторы напряжения по своему устройству представляют собой обычные трансформаторы небольшой мощности.

При этом каждый трансформатор напряжения характеризуется двумя мощностями: номинальной и максимальной, выраженных в вольт – амперах.

Номинальная мощность определяет предел нагрузки, при котором гарантируется работа трансформатора в установленном для него классе.

Максимальная мощность определяет предел нагрузки трансформатора с точки зрения допустимого нагрева его обмоток. При нагрузке в пределах выше номинальной мощности (до максимальной включительно) трансформатор напряжения выходит из своего класса точности; в этом случае он работает как силовой (например, при использовании для питания линий освещения в цепях сигнализации и других собственных нужд подстанций).

Трансформаторы напряжения изготавливают однофазными и трёхфазными с сухой, литой или масляной изоляцией.

Точность измерения при посредстве измерительных трансформаторов зависит от погрешности (ошибки), которую допускают измерительные трансформаторы и присоединяемые к ним приборы.

Погрешности измерительных трансформаторов бывают двух видов: погрешность по коэффициенту трансформации, т.е. по напряжению или току (для трансформаторов напряжения или тока), и погрешность угловая.

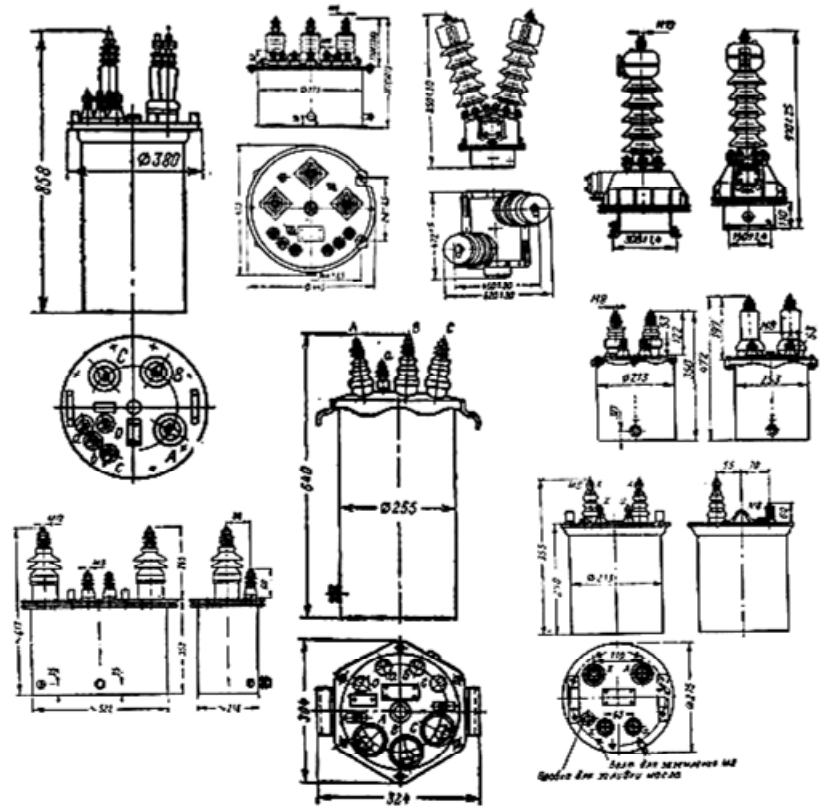


Рисунок 2. Трансформаторы напряжения.

Первая из них зависит от ряда факторов, которые влияют на величину вторичного напряжения или тока при данных значениях первичных величин. Эта погрешность влияет на измерения всеми видами приборов, присоединённых ко вторичной обмотке измерительных трансформаторов.

Вторая (угловая) представляет собой угол сдвига фаз между повернутыми один относительно другого на 180^0 напряжениями (или токами) на зажимах первичной и вторичной обмоток.

Угловая погрешность влияет только на измерения приборами ваттметрового типа (ваттметр, фазометр, счётчики, реле мощности).

Объект испытания.

Объектом испытания в измерительных трансформаторах тока и напряжения являются, прежде всего, изоляция трансформаторов, обмотки трансформаторов как первичная, так и вторичная, а также трансформаторное железо сердечника.

Трансформаторы тока изготавливаются со следующим исполнением внутренней изоляции:

- ⊗ Бумажно-бакелитовая (трансформаторы серии ТП 6-35кВ); керамическая (трансформаторы тока 6-10кВ типов ТПОФ, ТПФ и др).
- ⊗ Литая эпоксидная (трансформаторы тока типов ТПОЛ, ТПШЛ, ТШЛ и др. 6-35кВ).
- ⊗ Бумажно-масляная звеньевоего типа (трансформаторы тока ТФН 35-500кВ).
- ⊗ Бумажно-масляная конденсаторная (трансформаторы тока типа ТФКН-330 и трансформаторы тока серии ТРН 330-750кВ).

Трансформаторы напряжения изготавливаются со следующими типами внутренней изоляции:

- ⊗ Сухая (трансформаторы напряжения до 10кВ включительно типа НОСК-6, ЗНОЛТ-3, ЗНОЛТ-6, ЗНОЛТ-10 и др.).
- ⊗ Бумажно-масляная (трансформаторы напряжением до 35кВ включительно типа НОМ-10, НОМ-35) с изоляцией выводов обмотки на полное номинальное напряжение.
- ⊗ Бумажно-масляная, градированная (трансформаторы напряжения ЗНОМ на напряжение 15,20,24,35 и 110кВ и серии НКФ на номинальное напряжение 110,220,330 и 500кВ)
- ⊗ Литая эпоксидная (чешские однофазные трансформаторы напряжения и трансформаторы типа НОЛ)

Объём испытаний трансформаторов тока:

1. измерение сопротивления изоляции первичной и вторичной (вторичных) обмоток (К, М)
2. измерение $\text{tg } \delta$ изоляции (К, М)
3. испытание повышенным напряжением изоляции обмоток (М)
4. снятие характеристик намагничивания трансформаторов (К)
5. измерение коэффициента трансформации (К)
6. измерение сопротивления обмоток постоянному току (К)
7. испытание трансформаторного масла (М)
8. проверка полярности обмоток (К)

Объём испытаний трансформаторов напряжения:

1. измерение сопротивления изоляции обмоток первичной и вторичной (вторичных) (К, М)
2. испытание повышенным напряжением трансформаторов напряжения с литой изоляцией (К, М)
3. измерение коэффициента трансформации (К)
4. измерение сопротивления обмоток постоянному току (К)
5. испытание трансформаторного масла (К, М)
6. определение группы соединения трёхфазных трансформаторов напряжения (К)
7. измерение тока и потерь холостого хода (К)

Примечание: К – капитальный ремонт, испытание при приёмке в эксплуатацию; М – межремонтные испытания

Определяемые характеристики.

Сопротивление изоляции.

В процессе эксплуатации измерения проводятся:

- ❖ **на трансформаторах тока 3-35кВ** – при ремонтных работах в ячейках (присоединениях), где они установлены.
- ❖ **на трансформаторах тока 110кВ с бумажно-масляной изоляцией** (без уравнительных обкладок) – при неудовлетворительных результатах испытаний масла
- ❖ **на трансформаторах тока 220кВ и выше с бумажно-масляной изоляцией** (без уравнительных обкладок) – при отсутствии контроля изоляции под рабочим напряжением и неудовлетворительных испытаниях масла

Измеренные значения сопротивления изоляции должны быть не менее значений, приведённых в таблице 1.

- ❖ **для трансформаторов напряжения 3-35кВ** – при проведении ремонтных работ в ячейках, где они установлены, если работы не проводятся – не реже 1 раза в 4 года.
- ❖ **для трансформаторов напряжения 110-500кВ** – 1 раз в 4 года.

Измеренные значения сопротивления изоляции при вводе в эксплуатацию и в эксплуатации должны быть не менее значений, приведённых в таблице 2.

Таблица 1. Значения сопротивления изоляции трансформаторов тока

Класс напряжения (кВ)	Допустимые сопротивления изоляции (МОм) не менее				
	Основная изоляция	Измерительный ввод	Наружные слои	Вторичные обмотки*	Промежуточные обмотки
3-35	1000/500	-	-	50(1)/50(1)	-
110-220	3000/1000	-	-	50(1)/50(1)	-
330-750	5000/3000	3000/1000	1000/500	50(1)/50(1)	1/1

**Сопротивление изоляции вторичных обмоток приведены: без скобок – при отключённых вторичных цепях, в скобках – с подключёнными вторичными цепями.*

В числителе указаны значения сопротивления изоляции трансформаторов тока при вводе в эксплуатацию, в знаменателе – в процессе эксплуатации.

Таблица 2. Значения сопротивления изоляции трансформаторов напряжения

Класс напряжения (кВ)	Допустимые сопротивления изоляции (МОм) не менее		
	Основная изоляция	Вторичные обмотки*	Связующие обмотки
3-35	100	50(1)	1
110-500	300	50(1)	1

** Сопротивление изоляции вторичных обмоток приведены: без скобок – при отключённых вторичных цепях, в скобках – с подключёнными вторичными цепями*

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь (tg δ) изоляции обмоток.

Измерение tg δ у трансформаторов тока с основной бумажно-масляной изоляцией производится при напряжении 10кВ.

В процессе эксплуатации измерения проводятся:

- ❖ **на трансформаторах тока 35кВ** – при ремонтных работах в ячейках (присоединениях), где они установлены
- ❖ **на трансформаторах тока 110кВ с бумажно-масляной изоляцией** (без уравнительных обкладок) – при неудовлетворительных результатах испытаний масла
- ❖ **на трансформаторах тока 220кВ и выше с бумажно-масляной изоляцией** (без уравнительных обкладок) – при отсутствии контроля изоляции под рабочим напряжением и неудовлетво-

рительных испытаниях масла

Измеренные значения, приведённые к температуре 20⁰С, должны быть не более указанных значений в таблице 3.

Таблица 3. Значения tg δ для изоляции различных видов

Тип изоляции	Предельные значения tg δ %, основной изоляции трансформаторов тока на номинальные значения (кВ), приведённых к температуре 20 ⁰ С						
	3-15	20-35	110	220	330	500	750
Бумажно-бакелитовая	3,0/12,0	2,5/8,0	2,0/5,0	-	не более 150% от измеренного на заводе, но не выше 0,8 не более 150% от измеренного при вводе в эксплуатацию, но не выше 1,0		
Основная бумажно-масляная и конденсаторная	-	2,5/4,5	2,0/3,0	1,0/1,5			

У каскадных трансформаторов тока tg δ основной изоляции измеряется для трансформатора в целом. При неудовлетворительных результатах таких измерений tg δ основной изоляции дополнительно измеряется по ступеням.

Испытание повышенным напряжением.

Значения испытательного напряжения основной изоляции трансформаторов тока и напряжения приведены в таблице 4. Длительность испытания трансформаторов тока и напряжения с фарфоровой изоляцией – 1 минута, с органической изоляцией – 5 минут.

Допускается проведение испытаний трансформаторов тока совместно с ошиновкой. При совместном испытании измерительных трансформаторов с элементами ошиновки или другими аппаратами, продолжительность испытания принимается равной времени испытания для тех элементов сети, к которым подключены трансформаторы. Например, при испытании трансформаторов тока установленных в ячейке КРУ продолжительность испытания устанавливается равной 1 минуте (изоляторы ошиновки ячейки – фарфоровые). Трансформаторы тока напряжением выше 35кВ не подвергаются испытаниям повышенным напряжением.

Таблица 4. Значения испытательного напряжения промышленной частоты.

Класс напряжения трансформатора (кВ)	Испытательное напряжение (кВ) для трансформаторов тока и напряжения		
	На заводе – изготовителе	Перед вводом в эксплуатацию и в эксплуатации	
		Фарфоровая изоляция	Другие виды изоляции
До 0,69	2,0	1	1
3	24,0	24,0	21,6
6	32,0	32,0	28,8
10	42,0	42,0	37,8
15	55,0	55,0	49,5
20	65,0	65,0	58,5
35	95,0	95,0	85,5

Значения испытательного напряжения для изоляции вторичных обмоток, вместе с присоединёнными к ним цепями, принимается равным 1кВ.

Продолжительность приложения испытательного напряжения – 1 минута.

Снятие характеристик намагничивания трансформаторов тока.

Характеристика снимается методом повышением напряжения на вторичных обмотках до начала насыщения (но не выше 1800В), с одновременным измерением тока в испытуемой обмотке с помощью амперметра.

При наличии у обмоток ответвлений характеристика снимается на рабочем ответвлении, при этом на нерабочих ответвлениях замеры не производятся.

Снятая характеристика сопоставляется с типовой характеристикой намагничивания или с характеристиками намагничивания исправных трансформаторов тока, однотипных с проверяемыми.

Отличия от значений, измеренных на заводе-изготовителе или от измеренных на исправном трансформаторе тока, однотипном с проверяемыми, не должны превышать 10%.

Характеристики наиболее часто встречающихся в эксплуатации трансформаторов тока приведены в приложении №1 к данной методике.

Измерение коэффициента трансформации.

Отклонение измеренного коэффициента трансформации от указанного в паспорте или от измеренного на исправном трансформаторе тока или напряжения, однотипном с проверяемыми, не должно превышать 2%.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

Отклонение измеренного сопротивления обмотки постоянному току от паспортных значений, или от измеренных на других фазах не должно превышать 2%. При сравнении измеренных значений с паспортными данными измеренные значения сопротивления должны приводиться к заводской температуре. При сравнении с другими фазами измерения должны производиться при одинаковой температуре.

Измерения сопротивления обмоток постоянному току производятся у трансформаторов тока на напряжение 110кВ и выше и у связующих обмоток каскадных трансформаторов напряжения.

В качестве дополнительных измерений при комплексных испытаниях данный вид измерения может использоваться и для трансформаторов тока и напряжения всех типонаименований.

Испытание трансформаторного масла.

Испытания трансформаторного масла производятся перед вводом оборудования в эксплуатацию (перед заливкой в трансформаторы тока или напряжения).

В процессе эксплуатации трансформаторное масло из трансформаторов тока и напряжения до 35кВ включительно допускается не испытывать.

Масло из трансформаторов тока напряжением 110-220 и 330-500кВ, не оснащённых системой контроля изоляции под рабочим напряжением испытывается 1 раз в два года.

У трансформаторов напряжения 110кВ и выше устанавливается следующая периодичность испытаний трансформаторного масла:

- ❖ для трансформаторов напряжения 110-220кВ – 1 раз в 4 года
- ❖ для трансформаторов напряжения 330-500кВ – 1 раз в 2 года

Испытания трансформаторного масла проводятся в соответствии с «Методикой проведения испытаний трансформаторного масла».

Определение полярности обмоток трансформаторов тока и проверка группы соединения трансформаторов напряжения.

Определение полярности обмоток трансформаторов тока производится для проверки соответствия выводов обмоток заводской маркировке. Полярность обмоток должна соответствовать заводской маркировке.

Определение группы соединения трансформаторов напряжения производится для проверки соответствия выводов заводской маркировке.

Измерение тока и потерь холостого хода трансформаторов напряжения.

Данные измерения производятся перед вводов в эксплуатацию или после капитального ремонта для определения качества внутренних соединений, сборки и характеристик трансформаторного железа. Измеренные данные не должны отличаться от заводских (паспортных) более чем на 2%, при условии проведения измерений при одинаковых температурах.

Условия испытаний и измерений

Испытание измерительных трансформаторов тока и напряжения производят при температуре окружающей среды не ниже $+10^{\circ}\text{C}$, с контролем температуры обмоток. При проведении испытаний следует помнить, что температура обмоток трансформаторов может быть выше температуры окружающей среды, поэтому контроль температуры обмоток осуществляют непосредственно внутри корпуса трансформатора или по температуре масла. Данное требование не распространяется на трансформаторы тока и напряжения с органической изоляцией, так как малые объёмы изоляции обуславливают её быстрое остывание до температуры окружающей среды.

Влажность окружающего воздуха имеет значение при проведении высоковольтных испытаний обмоток, т.к. конденсат на изоляторах может привести к пробое изоляции и, соответственно, к выходу из строя оборудования (как испытательного, так и испытуемого).

Трансформаторы подвергаются испытаниям в собранном виде, с установленными на них всеми деталями и узлами, которые могут повлиять на результат испытаний. При высоковольтном испытании трансформаторов тока совместно с ошиновкой ячейки, в которой они установлены, испытание проводится при полностью собранной ошиновке, отсутствии всех посторонних предметов. При проведении таковых испытаний (когда подвергаются испытанию измерительные трансформаторы с ошиновкой ячейки) допускается проводить испытание, ориентируясь на меньшее значение испытательного напряжения – например при испытании литых трансформаторов тока типа ТПЛ-10 с номинальным напряжением 10кВ в ячейке распределительного устройства 6кВ с изоляторами, рассчитанными на рабочее напряжение 6кВ, испытание следует проводить напряжением 32кВ, но в течение 5 минут.

Перед проведением высоковольтных испытаний изоляторы трансформаторов (или литой корпус, который сам по себе изолятор) следует протереть от пыли, грязи и влаги. Если испытание проводится совместно с ошиновкой, то необходимо очистить от пыли и влаги изоляторы в ячейке.

Перед испытанием производится внешний осмотр, проверка целостности изоляторов, отсутствие течи масла, целостности изоляции.

Атмосферное давление особого влияние на качество проводимых испытаний не оказывает, но фиксируется для занесения данных в протокол.

Средства измерений.

Измерение сопротивления изоляции производят мегаомметрами на соответствующее напряжение: для обмотки НН (вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения) используют мегаомметры на 1000В, а мегаомметры на напряжение 2500В – для обмоток ВН.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току производится мостами постоянного тока (например Р 333), которые позволяют произвести замеры с точностью до 0,001 Ом. При отсутствии данных приборов возможно использовать метод амперметра – вольтметра с источником постоянного тока, который может обеспечить достаточный ток для проведения данных испытаний. При проведении замеров методом амперметра-вольтметра рабочий ток не должен превышать номинальный ток обмотки испытуемого объекта.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты производят с помощью различных установок, которые состоят из следующих элементов: испытательного трансформатора, ре-

гулирующего устройства, контрольно-измерительной и защитной аппаратуры. К таким аппаратам можно отнести установку АИИ – 70, АИД – 70, а также различные высоковольтные испытательные трансформаторы, которые обладают достаточным уровнем защиты и надлежащим уровнем подготовлены для проведения испытаний.

При проведении испытаний трансформаторов напряжения на потери холостого хода удобно применять измерительные мосты и комплекты (типа К-50). При отсутствии данных приборов можно использовать вольтметр, амперметр и ваттметр.

Все приборы должны быть поверены, а испытательные установки аттестованы в соответствующих государственных органах (ЦСМ).

Порядок проведения испытаний и измерений.

Измерение сопротивления изоляции.

Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформаторов тока и напряжения производят в соответствии со схемой на рисунка 3 и 4.

При проведении измерений сопротивления изоляции вторичных цепей трансформаторов необходимо предварительно снять заземление с этих цепей. У трансформаторов напряжения может заземляться и первичная обмотка, поэтому перед измерением сопротивления изоляции схему трансформатора необходимо разобрать. Это не касается трансформаторов напряжения, включенных на междуфазное напряжение – у них выводы первичной обмотки не заземляются. В любом случае необходимо исходить из местных условий.

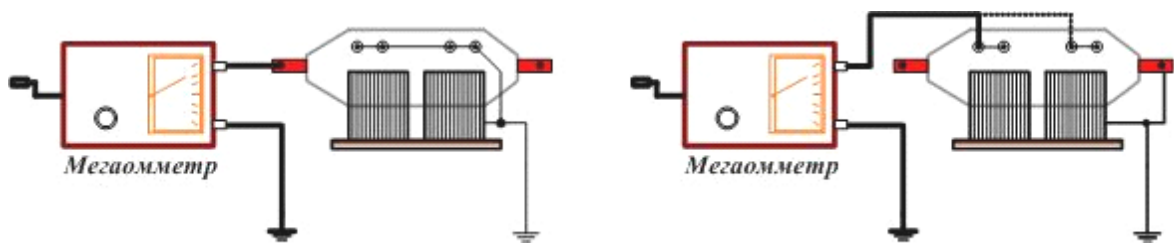


Рисунок 3. Измерение сопротивления изоляции обмотки ВН и НН трансформатора тока

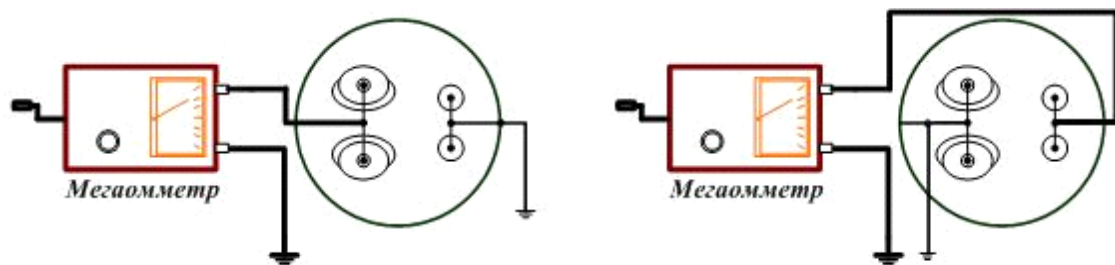


Рисунок 4. Измерение сопротивления изоляции обмотки ВН трансформатора напряжения

Измерение производится на закороченной обмотке относительно корпуса, при этом другая обмотка трансформатора (вторичная или первичная – смотри рисунки выше) должна быть закорочена и заземлена. Для трансформаторов тока первичную обмотку можно не закорачивать – слишком мало сопротивление. Отсчёт показаний мегаомметра производится через 60 секунд после начала измерения.

У трёхфазных трансформаторов напряжения все три фазы первичной обмотки перед измерением закорачиваются, аналогично поступают с вторичными обмотками. Измерение производится у первичной обмотки относительно корпуса и закороченных и заземлённых вторичных обмоток, затем у вторичных обмоток относительно закороченной и заземлённой первичной обмотки.

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

Измерение производится у трансформаторов тока при напряжении 10кВ. Схема соединения испытательной установки с применением моста переменного тока показана на рисунке 5. Примене-

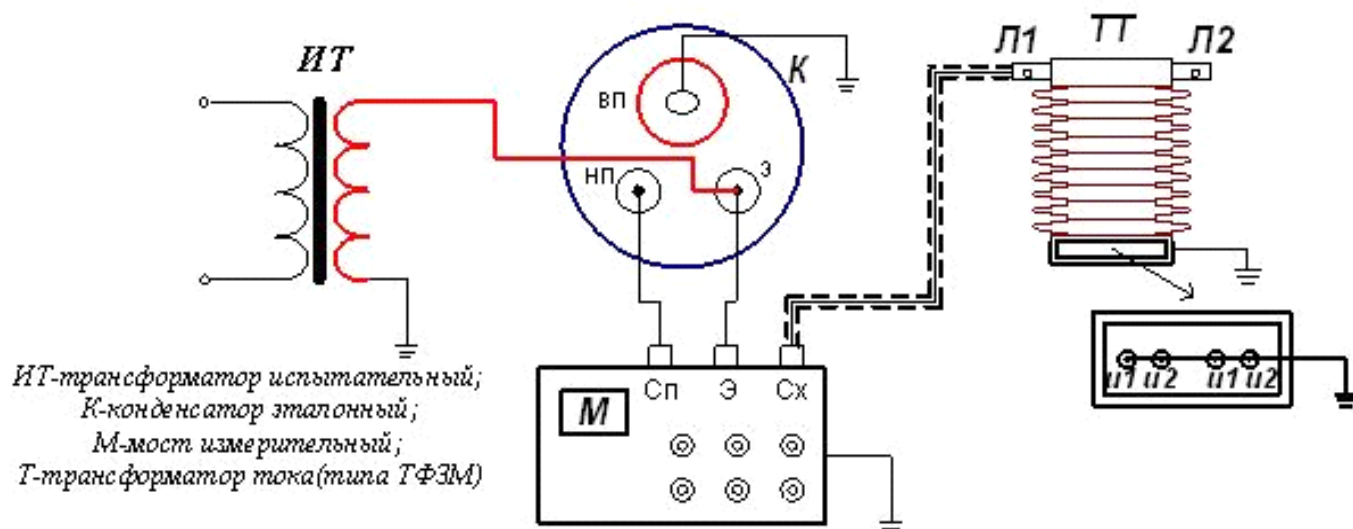


Рисунок 5 Схема измерения tg угла диэлектрических потерь трансформатора тока по "перевёрнутой схеме".

ние «перевёрнутой» схемы оправдано, т.к. основание трансформаторов тока в большинстве случаев соединено с землёй.

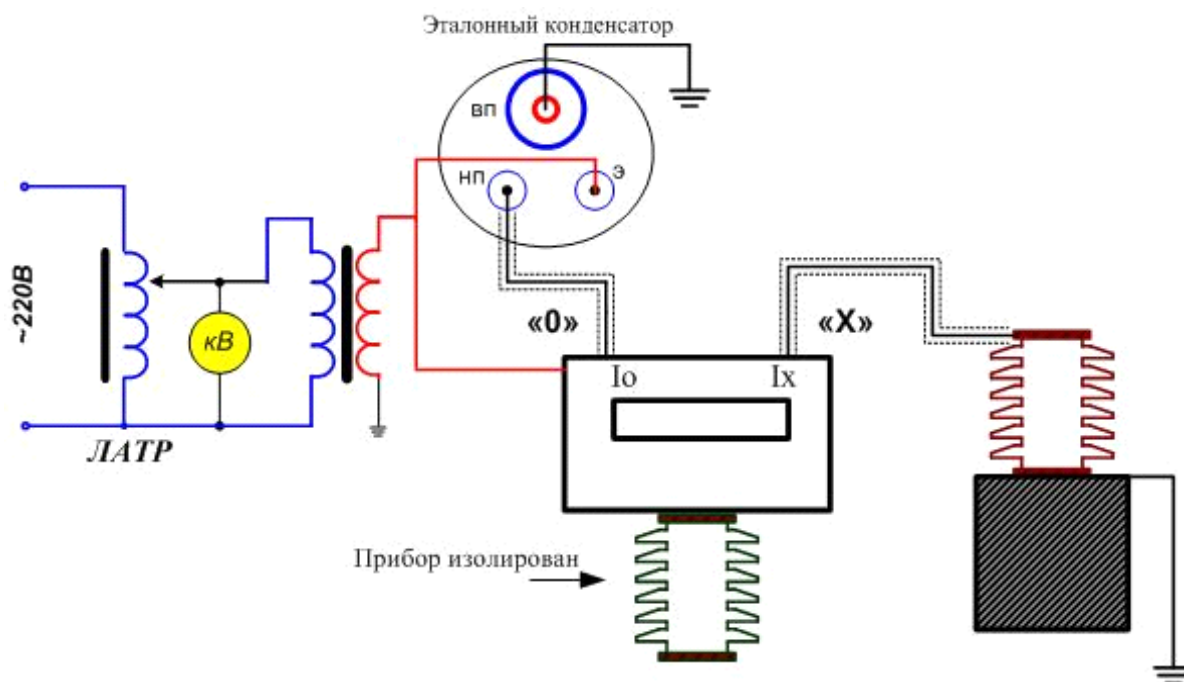


Рисунок 5а. Схема измерения tg угла диэлектрических потерь трансформатора тока напряжением 110кВ с помощью «ВЕКТОРА» обратная (инверсная) схема.

Необходимо сделать два замера – для исключения влияния полярности питающего напряжения (для смены полярности необходимо поменять нуль и фазу на вилке питания).

Измерение тангенса с применением прибора «ВЕКТОР» показано на рисунке 5а.

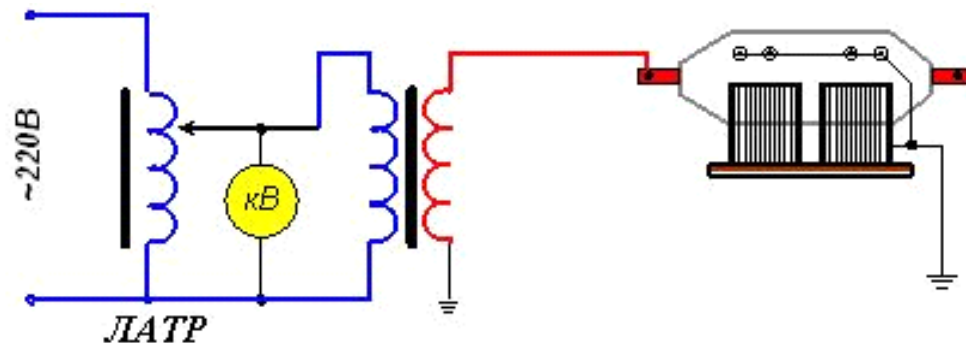
Для проведения измерения прибор «ВЕКТОР» переводится в режим «Диэлектрические параметры». В этом режиме можно нажатием на кнопку «ВЫБОР» перейти в дополнительные режимы с «Компенсацией токов влияния» и «Компенсацией помех общего вида». Во всех режимах прибор измерит I_0 и I_x (мА) – (кнопка «ВЫБОР») ёмкость и tg (рФ и %) – (кнопка «ВЫБОР») рабочее напряжение на объекте и C_0 (кВ и рФ) – (кнопка «ВЫБОР») частота и фаза (Гц и градус).

Измерение с помощью прибора «ВЕКТОР» удобно тем, что измеренные параметры выводятся на дисплей и нет необходимости в пересчёте.

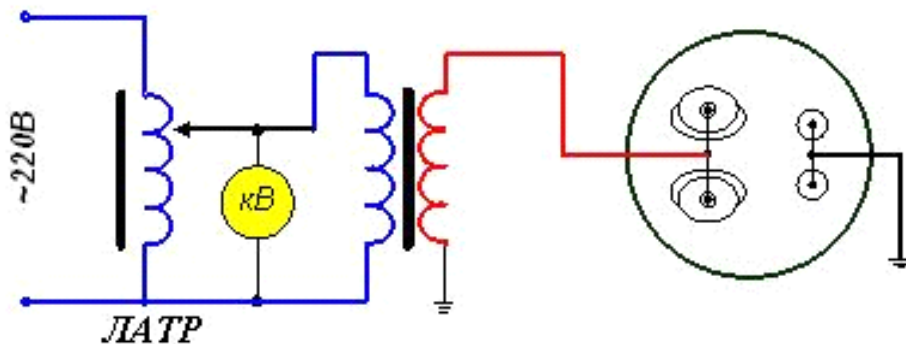
Испытание повышенным напряжением

Испытание повышенным напряжением трансформаторов тока и напряжения проводится в собранном виде с установкой всех деталей, которые могут оказать влияние на результат испытаний.

Испытание первичных обмоток трансформаторов проводится напряжением промышленной частоты по схеме, представленной на рисунке 6.



Испытание изоляции обмотки ВН трансформатора тока



Испытание изоляции обмотки ВН трансформатора напряжения

Рисунок 6. Схема испытания изоляции приложенным напряжением частоты 50Гц.

При проведении испытаний изоляции вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения собирают схему, аналогичную схеме на рисунке 6, только заземляют и соединяют накоротко первичную обмотку трансформатора. Вторичные цепи, в случае испытания трансформатора на месте установки, не отсоединяют.

Снятие характеристик намагничивания трансформаторов тока.

Характеристики намагничивания снимаются для проверки исправности трансформаторов тока. При этом убеждаются в том, что нет накоротко замкнутых витков и повреждения сердечника,

оцениваются возможности использования трансформатора в схеме релейной защиты в конкретных условиях.

Характеристика намагничивания представляет собой зависимость подводимого ко вторичной обмотке напряжения от тока в этой обмотке. Схема для снятия характеристики намагничивания представлена на рисунке 7.

Характеристику намагничивания снимают до номинального тока трансформатора (тока вторичной обмотки), в тех случаях, если это требуется (для особо ответственных трансформаторов) характеристику снимают до начала насыщения трансформатора тока (для 5-амперных трансформаторов – до достижения тока 10А).

Если при снятии характеристики необходимо напряжение выше 250В используют повышающие трансформаторы с более высоким напряжением.

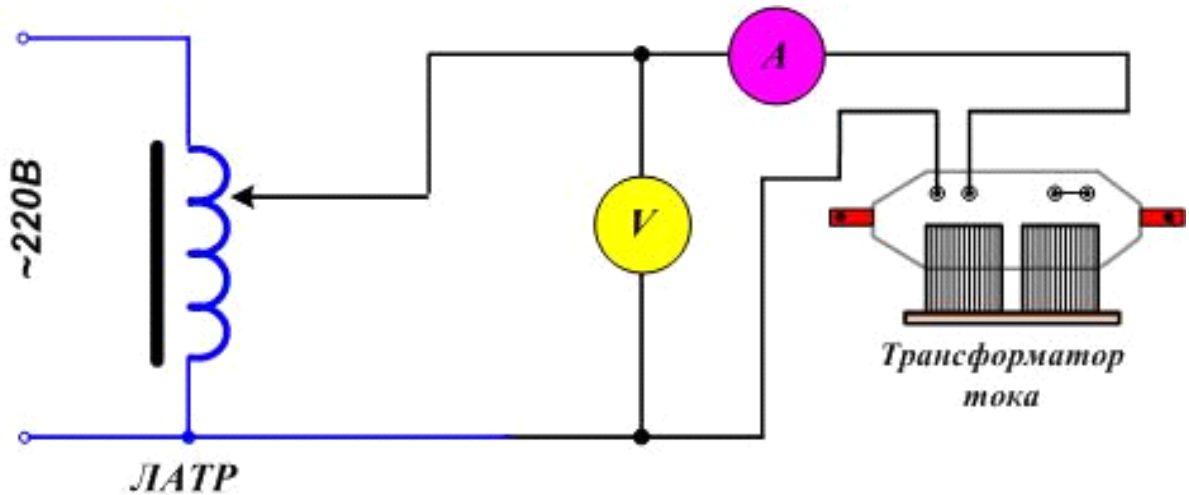


Рисунок 7. Снятие характеристики намагничивания трансформаторов тока.

Измерение коэффициента трансформации.

Для проверки коэффициента трансформации трансформаторов тока собирают схему, представленную на рисунке 8. У встроенных трансформаторов тока коэффициент трансформации проверяется только на рабочих ответвлениях - остальные части обмоток не проверяются.

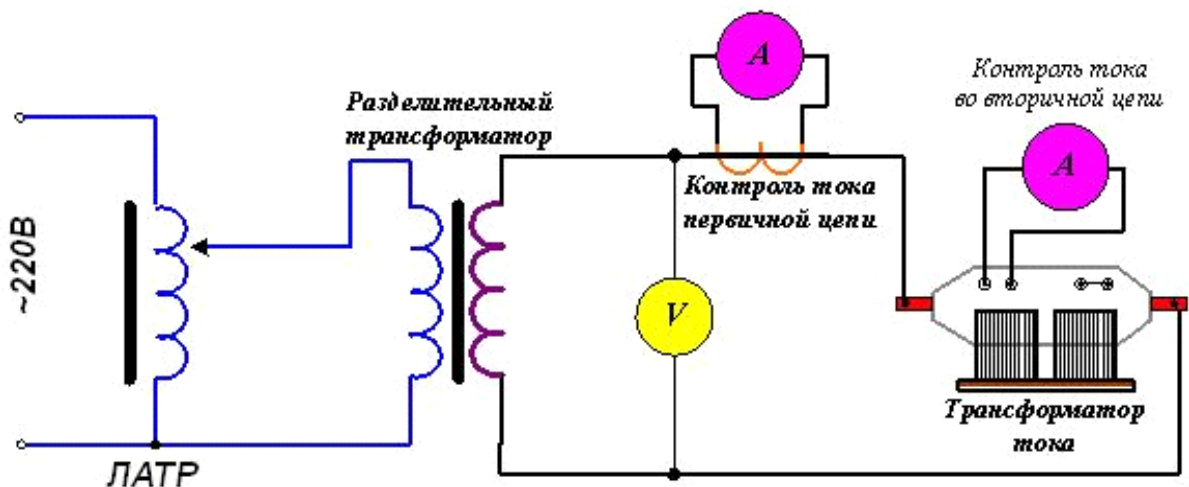


Рисунок 8. Измерение коэффициента трансформации трансформаторов тока

Ток в первичной цепи трансформатора пропорционален току во вторичной цепи. Коэффициент пропорциональности токов и будет искомым коэффициентом трансформации.

Разделительный трансформатор создаёт на своей вторичной обмотке напряжение порядка 5В и ток порядка 1000А (в зависимости от испытываемого трансформатора тока).

Коэффициент трансформации трансформаторов напряжения определяется аналогично, но без использования разделительного (нагрузочного) трансформатора. При испытании напряжение от ЛАТРа подаётся на первичную обмотку трансформатора напряжения, а со вторичной обмотки снимается напряжение (вольтметр с малым диапазоном). Напряжение на первичной обмотке пропорционально напряжению на вторичной обмотке.

При проверке коэффициента трансформации трёхфазных трансформаторов на первичную обмотку подаётся трёхфазное напряжение 380 – 400В, с вторичной обмотки снимается измеряемое напряжение для проведения расчётов.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

Измерение проводится для выявления некачественных соединений, паяк и контактов в обмотке трансформаторов. Для проведения измерений собирают схему, представленную на рисунке 9.

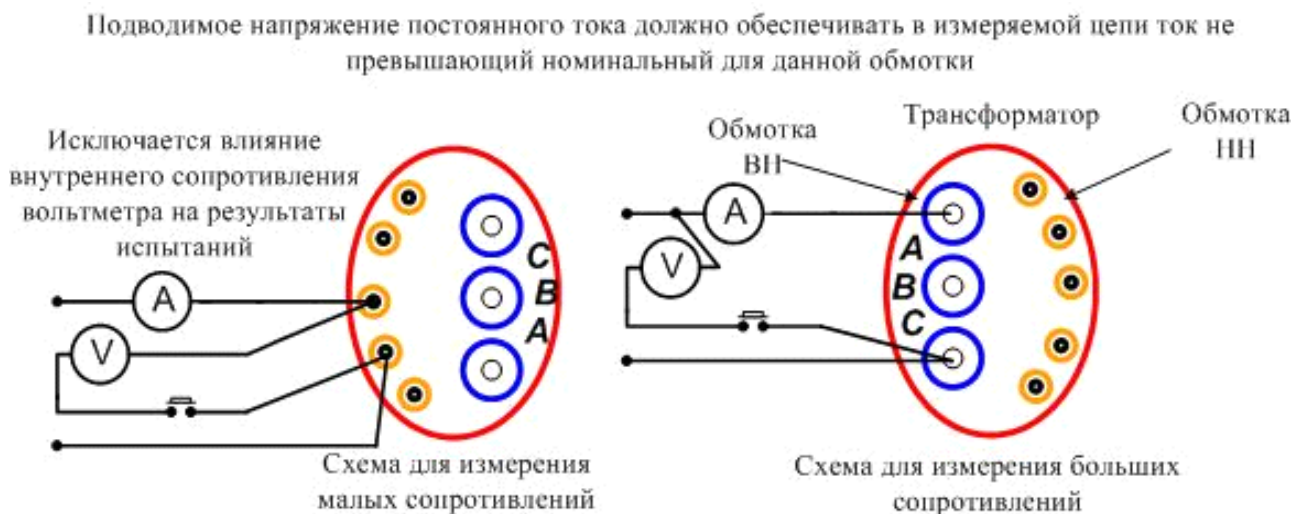


РИС.9 Схема измерений сопротивления обмоток постоянному току.

На рисунке представлена схема для трёхфазного трансформатора напряжения. Сопротивление измеряется как на высоковольтной обмотке, так и на низковольтной.

Для проведения испытаний однофазных трансформаторов напряжения и трансформаторов тока схема аналогична. Измерения сопротивления обмоток постоянному току целесообразно у трансформаторов тока с несколькими ответвлениями – для выявления качества контакта на рабочем положении коэффициента трансформации.

Измерение с помощью вольтметра и амперметра на практике не очень удобны, в связи с тем, что необходимо большое количество приборов, а кроме приборов ещё и источник постоянного тока достаточной мощности. Поэтому проще проводить измерение с применением мостов постоянного тока, таких как Р333, Р4833, а для оценочных измерений можно применять и ММВ.

Для проведения измерений собирают схему, приведённую на рисунке 9а. Необходимо обеспечить хороший контакт на выводах обмоток, поэтому закреплять провода измерительного прибора следует с применением штатных креплений, очистив зажимы от грязи.

Определение полярности обмоток и определение группы трансформаторов напряжения.

Маркировка зажимов измерительных трансформаторов выполняется на заводе-изготовителе и при вводе в эксплуатацию подвергается проверке.

Для приведения опыта используют схемы, представленные на рисунке 10.

При проверке полярности однофазных трансформаторов напряжения и трансформаторов тока зажимы гальванометра подключаются к зажимам вторичных обмоток, а источник питания (в виде батарейки) подключается к первичной обмотке. При кратковременном замыкании элементе питания на первичную обмотку, стрелка гальванометра отклонится вправо, если элемент питания и гальванометр подключены к одноимённым зажимам, и, влево, если подключение не одноимённое (рисунок 10).

При проверке полярности у трёхфазных трансформаторов напряжения с соединением обмоток «звезда-нуль» с высокой и низкой стороны, источник питания также подключается к первичной обмотке, минусом к нулю. Тогда при кратковременном замыкании источника питания на обмотку стрелка гальванометра отклонится вправо, если минус прибора подключен к нулю вторичной обмотки (рисунок 10).

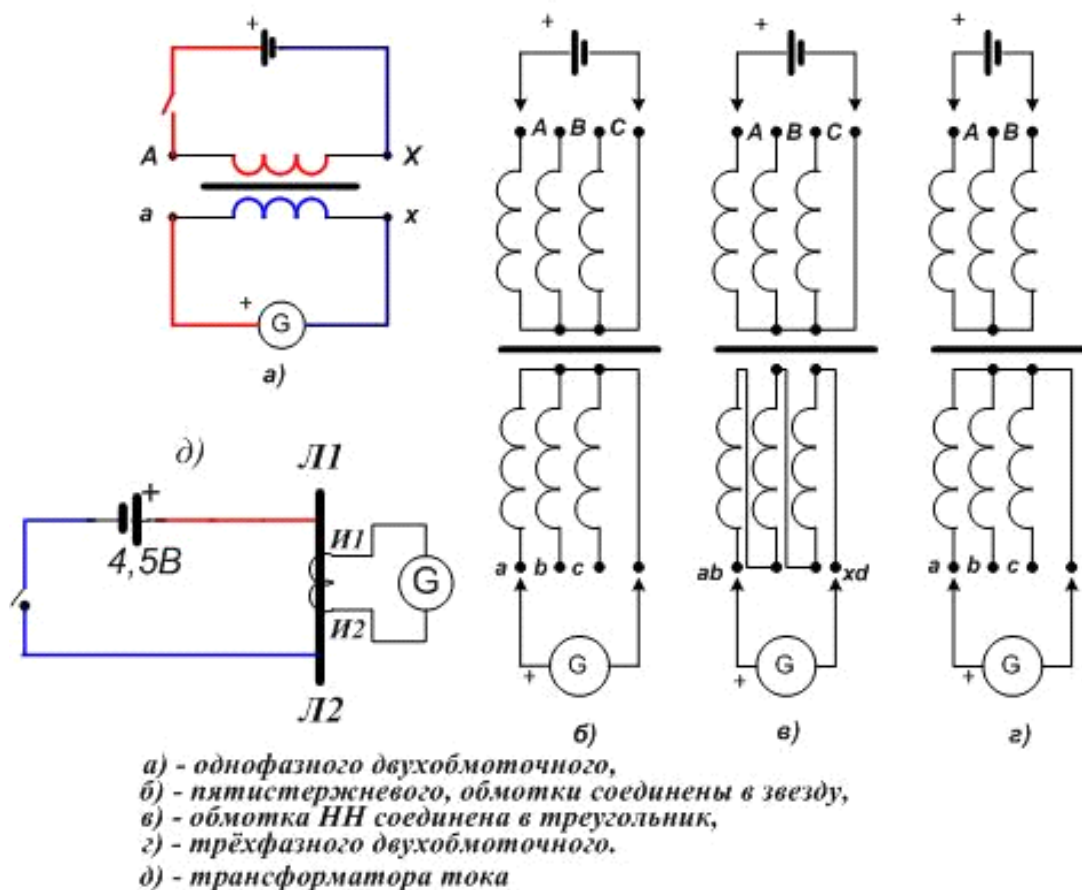


Рисунок 10. Схема проверки полярности выводов или группы соединения трансформаторов напряжения и тока.

Проверка полярности трансформаторов напряжения с соединением «звезда-нуль» - «разомкнутый треугольник», зажимы гальванометра постоянно подключаются плюсом к зажиму a_d трансформатора, а источник питания поочередно подключается плюсом к зажимам первичной цепи «А», «В» и «С». Тогда, при замыкании цепи источника питания, стрелка гальванометра будет отклоняться вправо (рисунок 10).

Проверка трансформаторов напряжения со схемой соединений «звезда» - «звезда-нуль» осуществляется аналогично проверке трансформаторов со схемой соединения «звезда-нуль» на обеих обмотках. Источник питания в этом случае подключается к зажимам «А», «В» и «С» плюсом, а минусом к «С», «В» и «А» поочередно. Стрелка гальванометра будет отклоняться вправо.

Измерение тока и потерь холостого хода трансформаторов напряжения.

Ток и потери холостого хода измеряются при номинальном напряжении вторичной обмотки трансформатора напряжения.

Схема для проведения измерений представлена на рисунке 11.

При измерениях следует учитывать, что у однофазных трансформаторов напряжения, у которых второй вывод первичной обмотки заземляется, номинальное напряжение основной вторичной обмотки составляет $100\sqrt{3}$ В, а дополнительной – 100В или 100/3В. При измерении тока холостого хода следует надёжно заземлить корпус, вторичную обмотку, а также первичную обмотку, имеющую вывод с ослабленной изоляцией, присоединённый к земле.

При измерении тока холостого хода ТН свыше 35кВ необходимо применять регулирующие устройства большой мощности, так как величина тока холостого хода может достигать величин в 10А и выше (у трансформаторов НКФ-110 – 10А, у НКФ-220 – 25А).

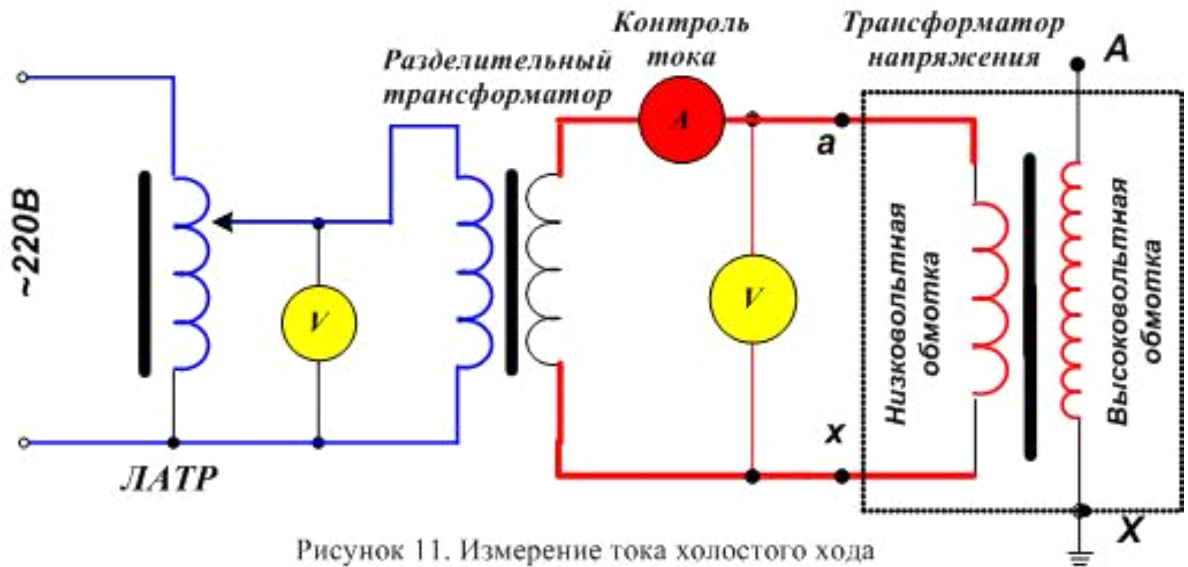


Рисунок 11. Измерение тока холостого хода трансформатора напряжения.

Обработка данных, полученных при испытаниях.

Первичные записи рабочей тетради должны содержать следующие данные:

- ✚ дату измерений.
- ✚ температуру, влажность и давление
- ✚ температуру изоляции измерительных трансформаторов
- ✚ наименование, тип, заводской номер трансформатора
- ✚ номинальные данные объекта испытаний
- ✚ результаты испытаний
- ✚ результаты внешнего осмотра
- ✚ используемую схему

Данные полученные при измерении сопротивления изоляции обмоток и сопротивлении обмоток постоянному току следует сравнивать с заводскими данными на данный трансформатор, с учётом температуры. Кроме того, данные по сопротивлению фаз не должны отличаться друг от друга не более чем на 2% (у трёхфазных трансформаторов напряжения).

Кривые намагничивания трансформаторов тока не должны отличаться от типовых (или паспортных) более чем на 10%. При большем отличии следует рассмотреть возможность работы трансформаторов тока в данной схеме (защита, учёт, измерение).

Определение полярности выводов трансформаторов тока следует учитывать при установке трансформатора на место и соответствующее подключение ко вторичным цепям.

Коэффициент трансформации и потери холостого хода должны соответствовать паспортным данным трансформатора.

Все данные испытаний сравниваются с требованиями НТД и на основании сравнения выдаётся заключение о пригодности электродвигателя к эксплуатации.

Меры безопасности при проведении испытаний и охрана окружающей среды.

Перед началом работ необходимо:

- Получить наряд (разрешение) на производство работ
- Подготовить рабочее место в соответствии с характером работы: убедиться в достаточности принятых мер безопасности со стороны допускающего (при работах по наряду) либо принять все меры безопасности самостоятельно (при работах по распоряжению).
- Подготовить необходимый инструмент и приборы.
- При выполнении работ действовать в соответствии с программами (методиками) по испытанию электрооборудования типовыми или на конкретное присоединение. При проведении высоковольтных испытаний на стационарной установке действовать в соответствии с инструкцией.

При окончании работ следует:

- При окончании работ на электрооборудовании убрать рабочее место восстановив нарушенные в процессе работы коммутационные соединения (если таковое имело место).
- Сдать наряд (сообщить об окончании работ руководителю или оперативному персоналу).
- Сделать запись в кабельный журнал о проведённых испытаниях (при испытании кабеля), либо сделать запись в черновик для последующей работы с полученными данными.
- Оформить протокол на проведённые работы

Проводить измерения с помощью мегаомметра разрешается обученным работникам из числа электротехнической лаборатории. В электроустановках напряжением выше 1000В измерения проводятся по наряду, в электроустановках напряжением до 1000В – по распоряжению.

В тех случаях, когда измерения мегаомметром входят в содержание работ, оговаривать эти измерения в наряде или распоряжении не требуется.

Измерять сопротивление изоляции мегаомметром может работник, имеющий группу III.

Измерение сопротивления изоляции мегаомметром должно осуществляться на отключенных токоведущих частях, с которых снят заряд путём предварительного их заземления. Заземление с токоведущих частей следует снимать только после подключения мегаомметра.

При измерении мегаомметром сопротивления изоляции токоведущих частей соединительные провода следует присоединять к ним с помощью изолирующих держателей (штанг). В электроустановках напряжением выше 1000В, кроме того, следует пользоваться диэлектрическими перчатками.

При работе с мегаомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединён, не разрешается. После окончания работы следует снять с токоведущих частей остаточный заряд путём их кратковременного заземления.

Проведение работ с подачей повышенного напряжения от постороннего источника при испытании.

К проведению испытаний электрооборудования допускается персонал, прошедший специальную подготовку и проверку знаний и требований, содержащихся в разделе 5.1 Правил Безопасности, комиссией, в состав которой включаются специалисты по испытаниям электрооборудования с соответствующей группой.

Испытания электрооборудования, в том числе и вне электроустановок, проводимые с использованием передвижной испытательной установки, должны выполняться по наряду.

Проведение испытаний в процессе работ по монтажу или ремонту оборудования должно оговариваться в строке «Поручается» наряда.

Испытания электрооборудования проводит бригада, в составе которой производитель работ должен иметь группу IV, член бригады – группу III, а член бригады, которому поручается охрана, – группу II.

Массовые испытания материалов и изделий (средства защиты, различные изоляционные детали, масло и т.п.) с использованием стационарных испытательных установок, у которых токоведущие части закрыты сплошным или сетчатым ограждениями, а двери снабжены блокировкой, допускается выполнять работнику, имеющему группу III, единолично в порядке текущей эксплуатации с использованием типовых методик испытаний.

Рабочее место оператора испытательной установки должно быть отделено от той части установки, которая имеет напряжение выше 1000В. Дверь, ведущая в часть установки, имеющую напряжение выше 1000В, должна быть снабжена блокировкой, обеспечивающей снятие напряжения с испытательной схемы в случае открытия двери и невозможность подачи напряжения при открытых дверях. На рабочем месте оператора должна быть предусмотрена раздельная световая, извещающая о включении напряжения до и выше 1000В, и звуковая сигнализация, извещающая о подаче испытательного напряжения. При подаче испытательного напряжения оператор должен стоять на изолирующем ковре.

Передвижные испытательные установки должны быть оснащены наружной световой и звуковой сигнализацией, автоматически включающейся при наличии напряжения на выводе испытательной установки.

Допуск по нарядам, выданным на проведение испытаний и подготовительных работ к ним, должен быть выполнен только после удаления с рабочих мест других бригад, работающих на подлежащем испытанию оборудовании, и сдачи ими нарядов допускающему. В электроустановках, не имеющих местного дежурного персонала, производителю работ разрешается после удаления бригады оставить наряд у себя, оформив перерыв в работе.

При необходимости следует выставлять охрану, состоящую из членов бригады, имеющих группу III, для предотвращения приближения посторонних людей к испытательной установке, соединительным проводам и испытательному оборудованию. Члены бригады, несущие охрану, должны находиться вне ограждения и считать испытываемое оборудование находящимся под напряжением. Покинуть пост эти работники могут только с разрешения производителя работ.

При размещении испытательной установки и испытываемого оборудования в различных помещениях или на разных участках РУ разрешается нахождение членов бригады, имеющих группу III, ведущих наблюдение за состоянием изоляции, отдельно от производителя работ. Эти члены бригады должны находиться вне ограждений и получить перед началом испытаний необходимый инструктаж от производителя работ.

Снимать заземление, установленное при подготовке рабочего места и препятствующие проведению испытаний, а затем устанавливать их вновь разрешается только по указанию производителя работ, руководящего испытаниями, после заземления вывода высокого напряжения испытательной установки.

Разрешение на временное снятие заземлений должно быть указано в стоке «Отдельные указания» наряда.

При сборке испытательной схемы прежде всего должно быть выполнено защитное и рабочее заземление испытательной установки. Корпус передвижной испытательной установки должен быть заземлён отдельным заземляющим проводником из гибкого медного провода сечением не менее 10 мм². Перед испытанием следует проверить надёжность заземления корпуса.

Перед присоединением испытательной установки к сети напряжением 380/220В вывод высокого напряжения её должен быть заземлён.

Сечение медного провода, применяемого в испытательных схемах заземления, должно быть не менее 4 мм².

Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380/220В должно выполняться через коммутационный аппарат с видимым разрывом или через штепсельную вилку, расположенную на месте управления установкой.

Коммутационный аппарат должен быть оборудован устройством, препятствующим самопроизвольному включению, или между подвижным и неподвижным контактами аппарата должна быть установлена изолирующая накладка.

Провод или кабель, используемый для питания испытательной установки от сети напряжением 380/220В, должен быть защищен установленными в этой сети предохранителями или автоматическими выключателями. Подключать к сети передвижную испытательную установку должны представители организации, эксплуатирующие эти сети.

Соединительный провод между испытательной установкой и испытуемым оборудованием сначала должен быть присоединён к её заземлённому выводу высокого напряжения.

Этот провод следует закреплять так, чтобы избежать приближения (подхлестывания) к находящимся под напряжением токоведущим частям на расстояние менее указанного в таблице 1.

Присоединять соединительный провод к фазе, полюсу испытуемого оборудования или к жиле кабеля и отсоединять его разрешается по указанию руководителя испытаний и только после их заземления, которое должно быть выполнено включением заземляющих ножей или установкой переносных заземлений.

Перед каждой подачей испытательного напряжения производитель работ должен:

- Проверить правильность сборки схемы и надёжность рабочих и защитных заземлений;
- Проверить, все ли члены бригады и работники, назначенные для охраны, находятся на указанных им местах, удалены ли посторонние люди и можно ли подавать испытательное напряжение на оборудование;
- Предупредить бригаду о подаче напряжения словами «Подаю напряжение» и, убедившись, что предупреждение услышано всеми членами бригады, снять заземление с вывода испытательной установки и подать на нее напряжение 380/220В.

С момента снятия заземления с вывода установки вся испытательная установка, включая испытываемое оборудование и соединительные провода, должна считаться находящейся под напряжением и проводить какие – либо пересоединения в испытательной схеме и на испытываемом оборудовании не допускается.

Не допускается с момента подачи напряжения на вывод установки находиться на испытываемом оборудовании, а также прикасаться к корпусу испытательной установки, стоя на земле, входить и выходить из передвижной лаборатории, прикасаться к кузову передвижной лаборатории.

После окончания испытаний производитель работ должен снизить напряжение испытательной установки до нуля, отключить её от сети напряжением 380/220В, заземлить вывод установки и сообщить об этом бригаде словами «Напряжение снято». Только после этого допускается пересоединять провода или в случае полного окончания испытания отсоединять их от испытательной установки и снимать ограждения.

При проверке полярности трансформаторов тока и напряжения следует помнить, что на обмотках может возникать ЭДС самоиндукции (если они разомкнуты) значения которой может достигать значительной величины.