

ми K_2 правой половины контактора вставляют изоляционные прокладки на все три фазы одновременно.

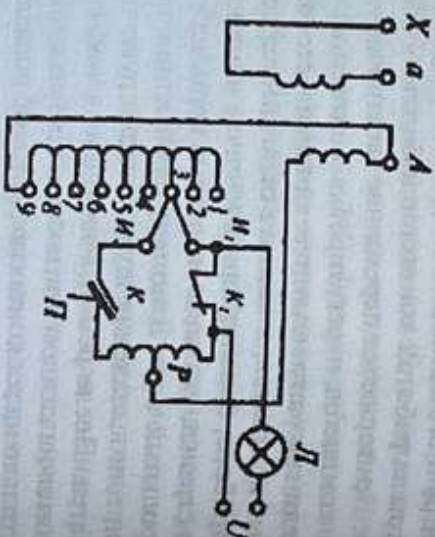


Рис. 6.19. Схема снятия крутовой диаграммы переключающего устройства типа РНТ-13 без выделенной средней точки реактора.
 K — контактор; L — нагрузка; P — переключатель; R — реактор; H — прокладка

Перед снятием крутовой диаграммы переключающего устройства прокручивают во всем диапазоне регулировки, чтобы убедиться в отсутствии каких-либо ненормальностей в работе механической части привода и регулировочного устройства. Если замечены какие-либо дефекты (заседание, неравномерность хода и т.п.), они устраняются, а уж затем производится снятие крутовой диаграммы.

Проверка быстродействующих переключающих устройств при их наладке заключается в измерениях контактного нажатия и переходных сопротивлений контактов, электрического сопротивления токоограничивающих резисторов, проверке работы контактов избирателя переключателя устройства и чередования работы контактов контактора.

Измерение контактного нажатия и переходных сопротивлений контактов быстродействующих переключающих устройств производится при ревизии избирателя и контактора. Сопротивление контактов избирателя измеряется до заливки устройства переключающего ответвлений трансформаторным маслом, когда доступ к контактам свободен. Из-

мерения производят на каждом контакте поочередно, переводя подвижные контакты переключателя с одной лампы на другую при работе ручным приводом. Такой способ контроля позволяет, кроме того, визуально наблюдать за характером работы контактной системы избирателя. Номинальная сила нажатия контактных пружин для контактов избирателей равна 6 кгс. При ревизии контактора измерения переходные сопротивления его контактов, которые должны быть в пределах 10–20 мкОм, а также токоограничивающих резисторов.

Для измерения сопротивлений резисторов достаточно искусственно разомкнуть дугогасительные контакты контактора, проложив между ними какую-либо изоляцию (бумагу, картон, прессишпан и т.п.). При измерении щупы от микрометра (в случае применения мостовой схемы) или милливольтметра (в случае применения метода падения напряжения) прикладываются непосредственно к выводам токоограничивающих сопротивлений. Измеренное сопротивление токоограничивающего резистора должно отличаться от паспортных данных не более чем на 2%, т.е. фактически на 0,03–0,04 Ом.

Проверка правильности работы переключающего устройства производится на полностью собранном трансформаторе после измерения коэффициента трансформации и сопротивлений постоянному току. Проверка правильности работы переключающего устройства заключается в снятии крутовой диаграммы избирателя и осциллографировании процесса переключения контактов контактора. Перед снятием крутовой диаграммы проверяется плавность хода механизма переключения путем прокручивания его в одну и другую стороны во всем диапазоне регулирования. Делается это от ручного привода, так как при этом легче обнаружить какие-либо ненормальности в работе механизма.

9. Испытания трансформаторного масла. Важным элементом изоляции масляных трансформаторов является трансформаторное масло, от качества которого зависит надежность и длительность работы трансформатора. Трансформаторное масло во время эксплуатации трансформатора

торов обычных конструкций, соприкасаясь с окружающим воздухом, активно поглощает из него влагу, кислород и озон, которые окисляют масло и снижают его электрическую прочность. Кроме того, под воздействием электрического поля и температуры происходит постепенное окисление и старение масла. Окисленное масло ускоряет процесс старения изоляции, приводит к коррозии магнетита и других металлических частей трансформатора. Поглощение кислорода приводит к химическому окислению масла, сопровождающемуся выпадением шлама. Шлам оседает на активных частях трансформатора и ухудшает условия их охлаждения; в результате чего начинается повышаться температура трансформатора.

Каждая партия поступившего с завода трансформаторного масла перед заливкой в оборудование должна подвергаться испытанием по следующему показателю качества: минимальное пробивное напряжение; содержание механических примесей; содержание взвешенного углерода; кислотное число; реакция водной вытяжки; температура вспышки; кинематическая вязкость; температура застывания; нагретая проба; прозрачность; общая стабильность против окисления; тангенс угла диэлектрических потерь. Значение показателей качества трансформаторного масла приведены в [7].

Масло, вновь залитое в оборудование перед его включением под напряжение после монтажа, должно быть подвергнуто сокращенному анализу, в который входят: определение пробивного напряжения; качественное определение содержания взвешенного углерода и механических примесей; определение кислотного числа; определение реакции водной вытяжки или количественное определение водорастворимых кислот и определение температуры вспышки. Пробу масла набирают из нижней части бака, предварительно промыв маслом сливное отверстие. Посуда, в которую отбирают пробу масла, должна быть чистой и хорошо высушенной.

Минимальное пробивное напряжение масла определяют на аппаратах АМИ-60, АМИ-70, КГПН-901, АИМ-90 в маслопробном сосуде со стандартным разрядником, ко-

торый состоит из двух плоских латунных электродов толщиной 8 мм, диаметром 25 мм, с расстоянием между электродами 2,5 мм (устанавливается по шупу). Залитое в сосуд масло необходимо выдерживать 15–20 минут для удаления воздушных включений. Повышение напряжения до пробоя производится плавно со скоростью 1–2 кВ/с.

Всего производится шесть пробоев с интервалами между ними 5–10 минут. Первый пробой не учитывается.

Пробивное напряжение пробы масла определяется как среднеарифметическое значение из пяти последующих пробоев.

10. Включение силовых трансформаторов в работу. Включение трансформатора в работу производится при условии удовлетворительных результатов всех измерений и испытаний и соответствии их требованиям Норм. Перед пробным включением трансформатора необходимо произвести проверку действия всех устройств релейной защиты, которые при первом включении должны быть обязательно включены на отключение, поэтому включение трансформатора под напряжение следует, как правило, производить со стороны, где установлена защита. В этом случае при наличии неисправности трансформатор может быть ею отключен. Первое включение заключается в 3–5-кратной подаче на холостой трансформатор током номинального напряжения. Если защиты при этом не произвели отключения и не наблюдается признаков ненормальной работы, то трансформатор остается под напряжением на время не менее 30 минут, для того чтобы осуществить прослушивание и наблюдение за состоянием трансформатора. При номинальном напряжении измеряется ток холостого хода, который обычно составляет 2–3% номинального. Измеренный ток холостого хода сравнивается с заводскими данными и если он превышает значение, приведенное в протоколах заводских испытаний, за трансформатором устанавливается особое наблюдение во время эксплуатации.

6.4. Проверка и испытания измерительных трансформаторов

1. Основные технические данные измерительных трансформаторов напряжения.

Трансформаторы напряжения (ТН) предназначены для питания цепей автоматики, релейной защиты, сигнализации и измерения в электроустановках высокого напряжения. Согласно ГОСТ выходы первичной обмотки (ВН) имеют обозначения А, Х для однофазных, и А, В, С, N для трехфазных ТН. Выходы основной вторичной обмотки (НН) имеют соответственно обозначения а, х и а, в, с, N, выходы вторичной дополнительной обмотки — ад и хд, для однофазных и трехфазных ТН. Начала первичных и вторичных обмоток присоединяются соответственно к выводам, обозначенным А, В, С; а, в, с; N [1].

Трансформаторы напряжения классифицируются по числу фаз — однофазные и трехфазные; числу обмоток — двухобмоточные и трехобмоточные; конструктивному исполнению (касадные); классу точности; способу охлаждения — с масляным охлаждением (масляные), с естественным воздушным охлаждением (сухие и с литой изоляцией); роду установки — для внутренней, наружной установки, для комплектных распределительных устройств.

Однофазные трансформаторы имеют один или два вывода первичной обмотки, изоляция которых соответствует полному рабочему напряжению. В связи с такими особенностями их выполнения ТН называют иногда одно- и двухполюсными. У однополюсных трансформаторов один вывод первичной обмотки, имеющий пониженную изоляцию, всегда во время работы и при производстве электрических испытаний должен быть заземлен.

Трехфазные и двухобмоточные ТН имеют трехстержневые магнитопроводы; трехфазные трехобмоточные трансформаторы представляют собой группу из трех однофазных однополюсных единиц, объединенных в одном корпусе, обмотки которых соединены по соответствующей схеме (рис. 6.20).

Номинальным напряжением трансформатора называется номинальное напряжение его первичной обмотки $V_N (U_{ном})$.

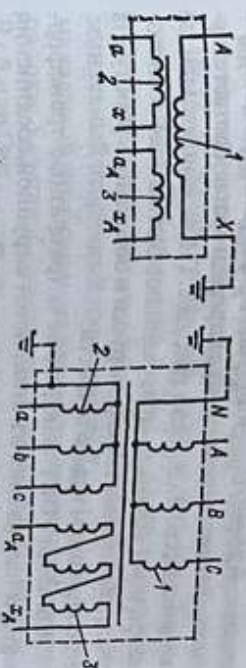


Рис. 6.20. Схемы и обозначения обмоток двухобмоточного ТН: а — однофазного; б — трехфазного; 1 — первичная обмотка; 2 — вторичная обмотка основной; 3 — то же дополнительная

Номинальное напряжение может отличаться от классического, указанного в типе трансформатора, на что обращается внимание при проверке технических данных установленного и монтируемого оборудования; так, например, НОМ-15 выпускается на номинальное напряжение 10,0; 13,8; 15,75; 18,0 кВ. Первичные обмотки трансформаторов напряжения изготавливаются на все стандартные напряжения распределительных сетей, однофазные ТН, у которых один конец первичной обмотки всегда заземляется, изготавливаются на соответствующие фазные напряжения: $6/\sqrt{3}$, $10/\sqrt{3}$ кВ и т.д.

Номинальное напряжение вторичных обмоток $U_{ном}$ принято равным 100, $100/\sqrt{3}$ и $100/3$ В. По специальному заказу изготавливаются ТН, имеющие другие значения вторичного напряжения.

Номинальные напряжения $U_{ном}$ и $U_{ном}$ указываются в паспортной табличке трансформатора, здесь же указываются номинальный коэффициент трансформации трансформатора $K_{ном} = U_{ном} / U_{ном}$ и номинальная мощность. Каждый трансформатор имеет несколько значений мощности, соответствующих различным классам точности; чем выше класс точности, тем меньше номинальная мощность ТН. Погрешности трансформаторов, соответствующие классам точности 0,5; 1 и 3, обеспечиваются при следующих условиях: частоте 50 Гц; первичном напряжении $(0,8-1,2) U_{ном}$; коэффициенте мощности нагрузки вторичной обмотки 0,8; вторичной нагрузке в пре-

делах от $0,25 (U_1/U_{ном})^2 P_{ном}$ до $(U_1/U_{ном})^2 P_{ном}$, где $P_{ном}$ — номинальная мощность трансформатора в соответствующем классе, В. А. Если нагрузка ТН незначительна, то вторичным обмоткам присоединяют балластные резисторы, чтобы повысить $\cos \varphi$ нагрузки и обеспечить работу ТН в необходимом классе точности.

Согласно ГОСТ однофазные и трехфазные трансформаторы напряжения изготавливаются с группой соединения первичных и вторичных обмоток 0. Принято обозначать однофазные трансформаторы напряжения 1/1-0 (один-один-ноль), 1/1/1-0-0 (то же при наличии дополнительной обмотки); трехфазные трансформаторы $Y/Y_n = 0$ (звезда-звезда с выведенной нейтрально-нуль), $Y/Y_n = 0$ (то же при выведенной нейтрали ВН и НН).

2. Основные технические данные трансформаторов тока. Трансформаторы тока (ТТ) — электрические устройства, обеспечивающие в определенных рабочих режимах пропорциональную зависимость вторичного тока от первичного при практическом их совпадении по фазе. Первичная обмотка ТТ включается последовательно в измеряемую цепь (в расщелку токопровода), вторичная замыкается на нагрузку (токовые обмотки измерительных приборов, устройств, реле и т.д.).

Трансформаторы тока классифицируются по следующим основным признакам:

- по роду установки — для работы на открытом воздухе, в закрытых помещениях, для встраивания в электроустановки;
- по принципу конструкции — опорные, проходные, шинные, втулочные, встроенные, разъемные;
- по числу ступеней трансформации — одноступенчатые, каскадные;
- по числу вторичных обмоток — с одной или несколькими вторичными обмотками;
- по назначению вторичных обмоток — для измерения, для защиты, для измерения и защиты;
- по количеству коэффициентов трансформации — с одним или несколькими значениями коэффициента.

Выпускаемые промышленностью трансформаторы тока выполняются на номинальные напряжения $U_{ном}$ 0,66; 6; 10; 15; 20; 24; 27; 35; 110; 150; 220; 330; 500; 750 кВ и номинальные первичные токи $I_{ном}$ от 1 до 40 000 А и характеризуются следующими номинальными данными: $I_{ном}$ — номинальный вторичный ток 1 или 5 А; $K_{ном} = I_{ном}/I_{ном}$ — номинальный коэффициент трансформации трансформатора тока; $S_{ном}$ или $Z_{ном}$ — номинальная вторичная нагрузка, В. А или Ом.

$$Z_{ном} = S_{ном} / I_{ном}^2$$

Обозначение выводов первичных и вторичных обмоток выполняется в соответствии с рис. 6.21.

Условное обозначение трансформатора тока состоит из букв и цифр. Цифры соответствуют номинальному напряжению ТТ в киловольтках.

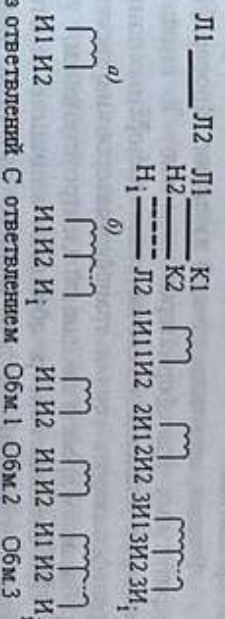


Рис. 6.21. Схема обозначения выводов обмоток ТТ:

- а — первичная обмотка с одной секцией;
- б — первичная обмотка с несколькими секциями;
- в — ТТ с одной вторичной обмоткой;
- г — ТТ с несколькими вторичными обмотками.

Буквенные обозначения трансформаторов тока внутренней установки: Т — трансформатор тока; П — проходной; О — одновитковый стержневой; Ш — одновитковый шинный; В — с воздушной изоляцией, встроенный или с водяным охлаждением магнитопровода; Г — для генераторных токопроводов; К — катушечный; Л — с литой изоляцией; М — модернизированный или малобаритный; Ч — для повышенной частоты; С — специальный.

Трансформаторы тока наружной установки выполняются только опорного типа, преимущественно со следующими разновидностями бумажно-масляной изоляции: с-

рия ТФН (ТФНД, ТФНУ, ТФНР, ТФЗМ) на номинальные напряжения 35–500 кВ с чисто бумажномасляной изоляцией, серия ТФКН на номинальное напряжение 330 кВ с бумажно-масляной изоляцией конденсаторного типа, серия ТРН (ТФРМ) на номинальные напряжения 330–750 кВ с бумажно-масляной изоляцией конденсаторного типа рывовидной формы.

Буквы в обозначении типа трансформаторов тока на ружной установки обозначают: Т – трансформатор тока; Ф – с фарфоровой изоляцией (покрышкой); Н – наружной установки; К – с конденсаторной бумажно-масляной изоляцией или каскадной; Д – для дифференциальной защиты; Р – для релейной защиты или с изоляцией рывовидной формы; З – для защиты от замыканий на землю с звеньевой обмоткой; М – маслонеполненный или модернизированный.

3. Ревизия, испытание главной изоляции. Проверку измерительных трансформаторов начинают с внешнего осмотра и установления соответствия паспортных данных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения требованиям проекта для данной электроустановки.

При внешнем осмотре обращают внимание на отсутствие повреждений фарфора и литой изоляции, надежность крепления выводов вторичных обмоток, отсутствие подтекания масла у маслонеполненных трансформаторов. Особое внимание обращают на надежность контакта у переключателей, соединяющих выходы вторичных обмоток трансформаторов тока наружной установки, расположенных в плите цоколя, с проходными изоляторами, расположенными в коробке выводов. Для доступа к этим переключателям требуется снять металлическую крышку, закрывающую плоскость цоколя трансформатора.

Состояние изоляции обмоток предварительно проверяется измерением мегаомметром 2500 В сопротивления главной изоляции; 500–1000 В – сопротивления вторичных обмоток относительно корпуса и между всеми обмотками.

Значение сопротивления изоляции не нормируется, но сопротивление изоляции вторичных обмоток должно быть не ниже 1 МОм вместе с подсоединенными к ним цепями.

При оценке состояния вторичных обмоток можно ориентироваться на следующие средние значения сопротивления изоляции исправной обмотки: у встроенных трансформаторов тока 10 МОм, у выносных трансформаторов тока 50 МОм. У трансформаторов тока серии ТФН на напряжение 220 кВ при наличии вывода от экрана вторичной обмотки измеряется сопротивление изоляции между экраном и вторичной обмоткой.

Сопротивление должно быть не менее 1 МОм.

О состоянии главной изоляции трансформаторов тока и напряжения с бакелитовой или бумажной изоляцией судят также по результатам измерения тангенса угла диэлектрических потерь.

Измерение производится по перевернутой схеме в случае заземления одного вывода аппарата и по нормальной схеме при испытании изолированных от земли аппаратов.

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь $\tan \delta$ изоляции обмоток производится у трансформаторов на протяжении 35 кВ и выше, у которых оба вывода первичной обмотки рассчитаны на номинальное напряжение, а также у трансформаторов тока всех напряжений с основной изоляцией, выполненной из бумаги, бакелита или битуминозных материалов, а также у трансформаторов тока серии ТФН и ТФЗН при неудовлетворительных показателях качества залитого в них масла. Следует обращать внимание на характер изменения $\tan \delta$ и емкости с течением времени.

После измерения $\tan \delta$ у измерительных трансформаторов 35 кВ и выше производится испытание трансформаторного масла. У измерительных трансформаторов ниже 35 кВ проба масла не отбирается, а допускается полная замена масла, если оно не удовлетворяет нормативам при профилактических испытаниях изоляции.

При удовлетворительных результатах измерений R_{50} и $\tan \delta$, а также испытания масла, залитого в трансформатор, проводится испытание обмоток повышенным напряжением промывленной частоты.

Для трансформаторов тока продолжительность испытания 1 мин, если основная изоляция фарфоровая, жилая или бумажно-масляная, и 5 мин, если основная изоля-

ция состоит из органических твердых материалов или ка-
бельных масс; для трансформаторов напряжения продол-
жительность испытания 1 мин.

Трансформаторы напряжения с ослабленной изоляци-
ей одного из выводов испытанию не подвергаются. Допу-
скается испытывать измерительные трансформаторы со-
вместно с ошиновкой. В этом случае испытательное на-
пряжение принимается по нормам для электрооборудо-
вания с самым низким уровнем испытательного напряже-
ния. Испытание повышенным напряжением трансформа-
торов тока, соединенных с силовыми кабелями 6–10 кВ,
производится без расшивки вместе с кабелями по нор-
мам, принятым для силовых кабелей. Испытание повы-
шенным напряжением без расшивки электрооборудо-
вания производится для каждой фазы в отдельности при
двух других заземленных фазах.

Кроме того, производится испытание повышенным
напряжением изоляции вторичных обмоток и доступных
стыжных болтов. Испытательное напряжение 1000 В при-
кладывается в течение 1 мин. Такие испытания проводя-
тся только при вскрытии измерительных трансформаторов.
При удовлетворительных результатах испытания повы-
шенным напряжением выносятся окончательное сужде-
ние об удовлетворительном состоянии изоляции. В про-
тивном случае должны производиться ремонт или замена
трансформатора.

4. Проверка полярности выводов обмоток. Данная про-
верка проводится обязательно для трансформаторов с по-
врежденными заводскими обозначениями выводов, для
трансформаторов, подвергавшихся ремонту с отсоеди-
нением обмоток или не имеющих заводских паспортных
данных, для измерительных трансформаторов напряже-
ния (ТН), используемых в устройствах релейной защиты
и автоматики с фазочувствительными элементами, для из-
мерительных трансформаторов тока (ТТ), предназначен-
ных для установки во вводы выключателей.

Проверка полярности выводов вторичных обмоток од-
нофазных измерительных ТТ производится обычно мето-
дом гальванометра по схеме на рис. 6.22. При этом источ-

ник постоянного тока присоединяется положительным
полюсом к началу первичной обмотки (Л1). Началом вто-
ричной обмотки И1 считается тот вывод, при присоеди-
нении к которому положительного зажима гальванометра
стрелка отклоняется вправо в момент включения рубиль-
ника S. В тех случаях, когда источником тока является ак-
кумуляторная батарея напряжением 6–12 В, необходимо
включать добавочный балластный резистор ($R_{доб}$), ограни-
чивающий ток в цепи.

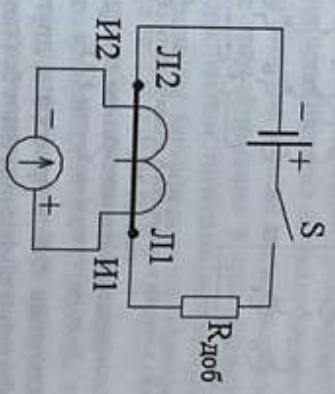


Рис. 6.22. Схема проверки полярности выводов обмоток
трансформатора тока

При определении однополярных выводов ТТ с больши-
ми номинальными токами на выводах вторичных обмоток
может кратковременно появляться высокое напряжение,
поэтому при таких проверках недопустимо проводить сле-
дующие работы в токовых цепях проверяемых транс-
форматоров тока. В момент замыкания и размыкания ру-
бильника S не следует касаться измерительного прибора
и токоведущих цепей вторичных обмоток.

Проверку полярности обмоток однофазных измери-
тельных трансформаторов напряжения рекомендуется
производить импульсами постоянного тока по схеме, при-
веденной на рисунке 6.15.

Некоторые особенности имеет проверка полярности
выводов у трехфазных трансформаторов напряжения. При
проверке измерительных ТН с соединением обмоток Y/Δ по
схеме, приведенной на рис. 6.23 а, при замыкании цепи
стрелка прибора отклоняется вправо, если плюс прибора

подключен к выводу вторичной обмотки, однополярному с выводом первичной обмотки, к которому подключен источник тока.

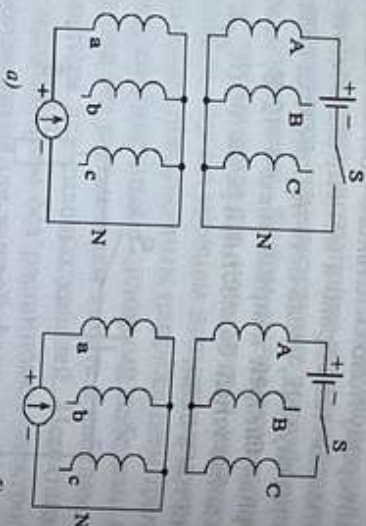


Рис. 6.23. Схема проверки полярности и правильности обозначения выводов ТН:
а — трансформатор со схемой соединения Y/Y_n ; б — то же со схемой соединения Y/Δ_n

При подключении плюса прибора к другим выводам вторичной обмотки и замыкании цепи без изменения схемы подключения к выводам ВН стрелка отклоняется влево.

Проверку ТН с соединением Y/Y_n рекомендуется проводить по схеме на рис. 6.23 б. Поочередно плюс прибора подключается к выводам а, б, с, минус прибора постоянно соединен с нулем вторичной обмотки. Батарея последовательно подключается на выводы АВ, ВС, СА, плюс источника соединяется при этом соответственно с выводами А, В, С. При замыкании цепи, если полярность обмоток правильная и плюс прибора включен на вывод а, его стрелка отклоняется вправо, при включении на вывод с — влево,

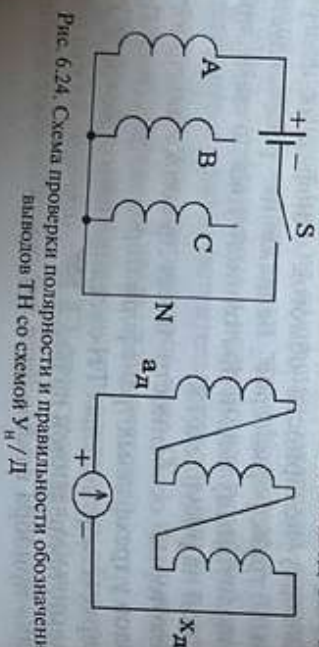


Рис. 6.24. Схема проверки полярности и правильности обозначения выводов ТН со схемой Y_n/Δ

при включении на вывод б — незначительно в любую сторону или отклонение равно нулю.

При проверке выводов, соединенных в разомкнутый треугольник, применяют схему, приведенную на рис. 6.24. Положительный вывод батареи поочередно подключается к выводам А, В, С, плюс прибора всегда подключен к а; если выводы однополярные, стрелка при замыкании цепи всегда отклоняется вправо.

Измерение коэффициента трансформации. Измерение коэффициента трансформации трансформатора тока производится для установления соответствия его паспортным и проектным данным, а также для установки заданного коэффициента трансформации у трансформаторов, выпускаемых с устройством, позволяющим производить их изменение. Проверка коэффициентов трансформации ТТ производится по схемам на рис. 6.25.

В первичную обмотку трансформатора тока с помощью наружного трансформатора Т подается ток, близкий к номинальному, но не менее 20% номинального. Коэффициент трансформации кт определяется как отношение первичного тока I_1 ко вторичному I_2 .

$$k_T = I_1 / I_2.$$

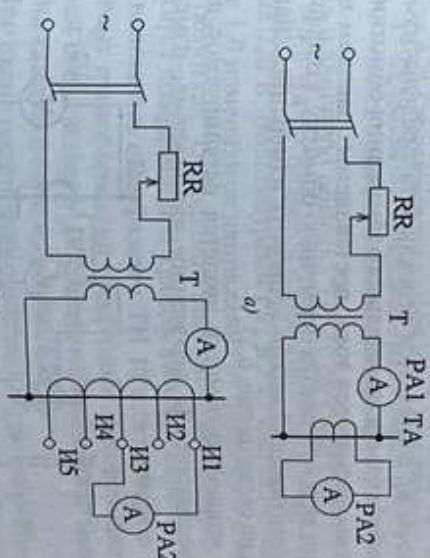


Рис. 6.25. Схема проверки коэффициента трансформации трансформаторов тока:
а — вольтоизмеритель; б — амперметр

У встроенных трансформаторов тока коэффициент трансформации проверяется на всех ответвлениях. В качестве регулирующего устройства может быть использован автотрансформатор (рис. 6.26).

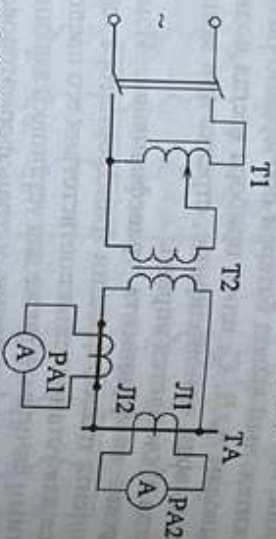


Рис. 6.26. Схема проверки коэффициента трансформации ТТ

Выбор нагрузочного устройства Т2 и регулирующего устройства Т1 зависит от номинального первичного тока ТТ. Значение тока, при котором производится измерение, не регламентируется и устанавливается из условий удобства и точности измерений приборами PA1 и PA2. Первичный ток устанавливается обычно в пределах $(0,1-0,25)I_{ном}$. При проверке ТТ, имеющих несколько вторичных обмоток, каждая из них должна быть замкнута на прибор или перемычку. При измерении тока во вторичной обмотке амперметр не допускается переключать пределы измерения прибора без предварительного замыкания обмотки ТТ.

У трансформаторов тока, поставляемых заводом в собранном виде и имеющих первичную обмотку, коэффициент трансформации можно проверить измерением напряжений по схеме на рис. 6.27.

На вторичную обмотку подается регулируемое автотрансформатором Т1 переменное напряжение, измерен-

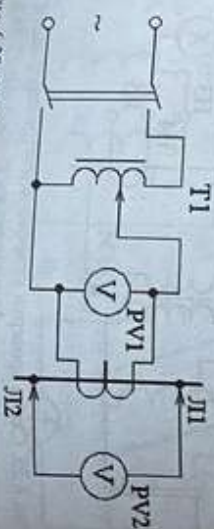


Рис. 6.27. Схема проверки k_T методом измерения напряжения

ное вольтметром PV1, напряжение на первичной обмотке измеряется вольтметром PV2. Коэффициент трансформации в этом случае определяется как отношение напряжений:

$$k_T = U_1 / U_2.$$

Напряжение U_2 на зажимах Л1-Л2 обычно мало — 0,3-1 В и должно измеряться прибором с большим внутренним сопротивлением. Рекомендуется использовать приборы с сопротивлением 1 кОм/В.

Проверка коэффициента трансформации однофазных трансформаторов до 10 кВ производится по схеме на рис. 6.28 а.

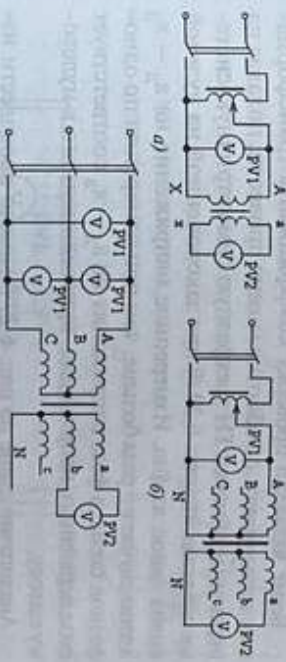


Рис. 6.28. Схемы измерения коэффициентов трансформации ТН:
а — однофазных; б — трехфазных со схемой соединения Y_{H}/Y_{H} ;
в — трехфазных со схемой соединения Y_{H}/Y_{H}

На первичную обмотку ТН от регулирующего устройства типа ЛАТР подается однофазное переменное напряжение 220 В. Вольтметрами PV1 и PV2 класса точности не ниже 1,0 измеряются напряжения на первичной и вторичной обмотках. Отношение показаний вольтметров соответствует коэффициенту трансформации данного ТН.

Аналогично однофазным ТН можно проверить коэффициент трансформации трехфазных трансформаторов со схемой соединения Y_{H}/Y_{H} подзвон поочередно напряжения на каждую фазу и ноль (рис. 6.28 б).

При схеме соединения обмоток Y_{H}/Y_{H} целесообразно подавать на выводы ВН симметричное трехфазное напряжение до 380 В и провести измерения напряжения между одноименными фазами ВН и НН (рис. 6.28 в).

Дополнительные обмотки у трехфазных ТН соединяются внутри бака и от них выходят только два вывода $a_d - x_d$, поэтому проверка коэффициента трансформации дополнительной обмотки имеет свои особенности. Проверку можно проводить однофазным и трехфазным напряжением. Однофазное напряжение поочередно подается на две другие первичные обмотки присоединяют к нулевому выводу. Отношение первичного напряжения к измеренному на выводах $a_d - x_d$ будет соответствовать определённому коэффициенту трансформации для дополнительной обмотки.

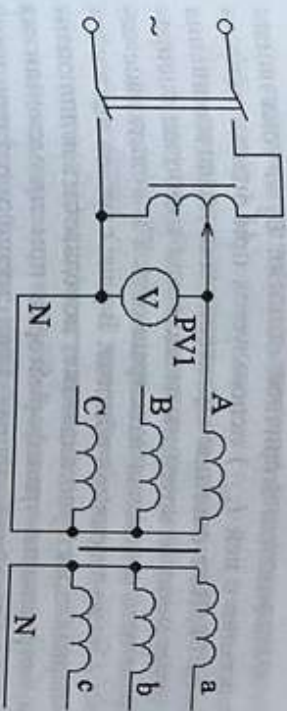
Более наглядно проверку коэффициента трансформации дополнительной обмотки можно провести, подавая на первичные обмотки ТН трехфазную симметричную систему напряжений (рис. 6.29 б) при закороченной на нулевой вывод одной из фаз. Измеренное напряжение на $a_d - x_d$ в этом случае в 3 раза больше, чем при измерении по однофазной схеме, а фаза напряжения на $a_d - x_d$ соответствует фазе первичного напряжения, присоединенного к нулевому выводу.

Аналогично схеме на рис. 6.29 б можно произвести измерение напряжения небаланса и правильности включения дополнительной обмотки у трансформаторов напряжения, соединенной по схеме разомкнутого треугольника. Вывод первичной обмотки, отключенный от сети, должен быть заземлен для имитации однофазного замыкания на землю (рис. 6.30). Измерение производят при помощи высокоомного вольтметра.

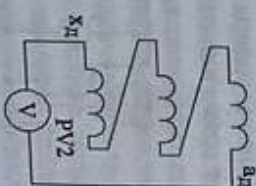
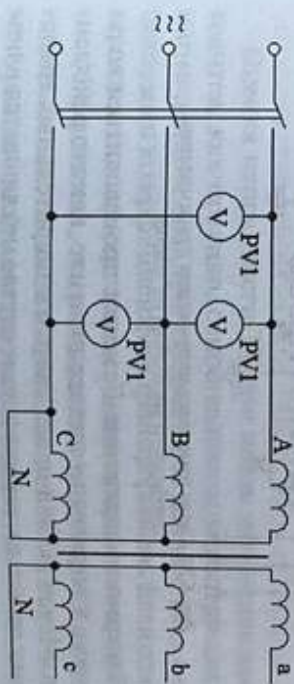
При симметрии первичных напряжений на ТН, работающем на холостом ходу, измеренное напряжение не должно превышать 8 В.

Для проверки наличия напряжения, превышающего в 3 раза значения, измеренного при симметрии первичных напряжений, имитируют однополюсное короткое замыкание путем отключения одной фазы первичной обмотки с последующим её заземлением.

6. Снятие характеристики намагничивания сердечников трансформаторов тока. Данная характеристика (зависит



а)



б)

Рис. 6.29. Схемы измерения коэффициентов трансформации ТН: а — трехфазных со схемой соединения звезда с выведенной нулевой точкой — разомкнутый треугольник по однофазной схеме; б — то же по трехфазной схеме

мость напряжения вторичной обмотки U_2 от тока намагничивания в ней $I_{\text{зам}}$) используется при оценке исправности ТТ. По снижению характеристики намагничивания и изменению её крутизны выявляется наиболее распространенная и опасная неисправность ТТ — витковое замыкание во вторичной обмотке. В ряде случаев эта вольт-амперная характеристика может использоваться для оценки погрешности трансформаторов при применении их в схемах релейной защиты. При снятии характеристики разомкнутой первичной обмотке вторичную обмотку при регулируемом напряжении, измеряемом вольтметром РВ, и измеряется проходящий по обмотке ток амперметром РА (рис. 6.31).

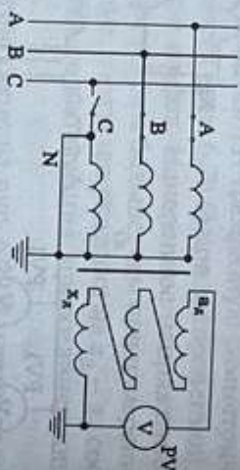


Рис. 6.30. Схема измерения напряжения при имитации однофазного замыкания на землю

Измерение напряжения U_2 может производиться вольтметром, измеряющим среднее значение, как это рекомендуется Инструкцией при проверке измерительных трансформаторов тока, так как в этом случае исключается влияние на результаты измерения формы кривой напряжения. Для сравнения результатов измерения с заводскими дан-

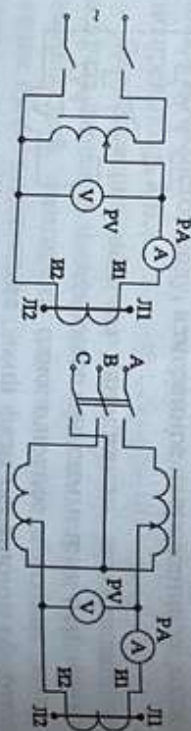


Рис. 6.31. Схема снятия характеристик намагничивания ТТ:
а — с одним регулируемым устройством;
б — с двумя регулирующими устройствами

ными полученное среднее значение следует умножить на коэффициент 1,11.

При проверках должна применяться испытательная схема с регулированием напряжения автотрансформатором, обеспечивающая наименьшее искажение формы кривой напряжения. Схема с использованием одного ЛАТР-2 обеспечивает пределы регулирования от 0 до 250 В, схема с использованием двух ЛАТР-2, включаемых на две разные фазы трехфазной сети, позволяет получить регулируемое напряжение до 450 В.

Для трансформаторов тока, имеющих собственную первичную обмотку, допускается измерение напряжения U_1 производить на выводах первичной обмотки и пересчитывать его на напряжение U_2 вторичной обмотки. При пересчете показания вольтметра необходимо умножить на коэффициент 1,11 (если прибор градуирован в средних значениях), а также на отношение витков вторичной и первичной обмоток:

$$U_2 = 1,11 \cdot U_1 (w_2/w_1).$$

Оценка исправности ТТ при новом включении производится, как правило, сопоставлением характеристик намагничивания всех трансформаторов данного типа с одинаковыми коэффициентами трансформации. Если одна из характеристик располагается значительно ниже остальных (на 50% и более), это указывает на наличие в ТТ виткового замыкания, если отличие составляет 25–40%, необходимо, прежде чем браковать трансформатор, сравнить характеристику намагничивания с типовой и провести некоторые дополнительные проверки, позволяющие с большей достоверностью выявить наличие короткозамкнутых витков. Дополнительные проверки для трансформаторов тока с самой низкой характеристикой намагничивания, если есть подозрения о наличии виткового замыкания, проводятся в сравнении с результатами таких же проверок на заведомо исправном аналогичном ТТ. Измерение коэффициента трансформации первичным током производят, включив во вторичную цепь ТТ резистор (рис. 6.32) сопротивле-

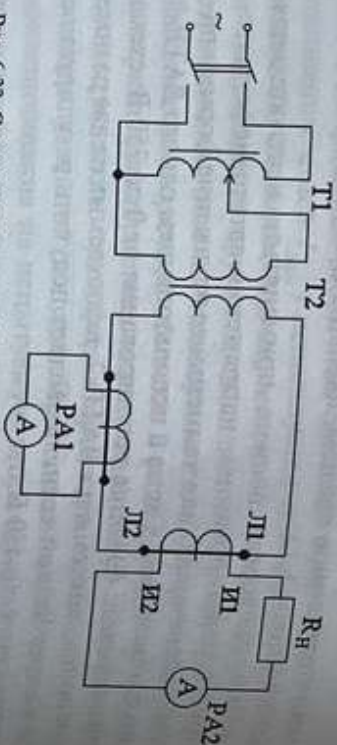


Рис. 6.32. Схема проверки коэффициента трансформации при различных значениях $Z_{\text{наг}}$

У исправных ТТ значение коэффициента трансформации изменяется незначительно, при наличии виткового замыкания значение вторичного тока уменьшается, коэффициент трансформации увеличивается.

Прибором ВАФ-85М измеряется угол между U_2 и I_2 у исправных ТТ в линейной части характеристики намагничивания U_2 опережает I_2 на угол $30-50^\circ$, по мере насыщения угол достигает 90° , при наличии виткового замыкания угол опережения при тех же значениях тока значительно меньше, увеличение угла наблюдается при больших значениях I_2 .

В соответствии с требованиями ГОСТ заводы-изготовители в паспорте на трансформаторы тока указывают значения U_2 и I_2 для контрольных замеров при нормальном включении.

7. Проверка сопротивления вторичных обмоток ТТ постоянному току. Измерение производится одним из приведенных в гл. 3 методов, обеспечивающих соответствующую точность. Для трансформаторов тока, в паспорте которых приведены результаты заводских измерений, необходимо использовать приборы класса 0,5. Значения измеренных сопротивлений, приведенные к температуре 20°C , при которой производится измерения на заводе, не должны отличаться от значений, указанных в паспорте, более чем на 2%. Для всех других ТТ при измерениях используют, как правило, малогабаритный мост постоянного тока типа ММВ или комбинированные приборы.

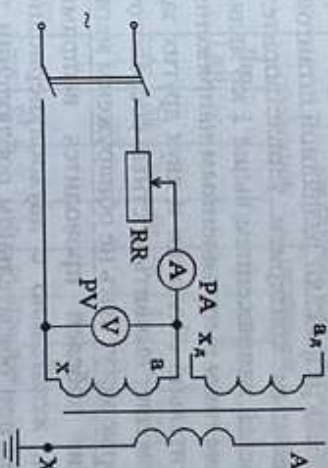


Рис. 6.33. Схема измерения тока холостого хода (намагничивая) ТН

При проверке следует исходить из того, что ток во вторичной обмотке не может превышать максимально допустимого значения, определяемого максимальной мощностью трансформатора по паспорту.

Значение тока холостого хода не нормируется.

9. Испытание трансформаторного масла. Данное испытание производится у измерительных трансформаторов на напряжение 35 кВ и выше.

У измерительных трансформаторов, имеющих повышенный $tg \delta$ изоляции обмоток, производят также испытание масла с измерением тангенса угла диэлектрических потерь.

У измерительных трансформаторов напряжением ниже 35 кВ проба масла не отбирается, а при браковочных результатах испытаний изоляции производится полная замена трансформаторного масла.

8. Измерение тока холостого хода ТН. Согласно заводским требованиям ток холостого хода измеряется только у каскадных ТН. Измерение тока производится при подаче на вторичную обмотку номинального напряжения (рис. 6.33). Для проверки тока холостого хода рекомендуется приложить нагрузочный реостат, который позволяет регулировать ток до 40-50 А, так как у некоторых типов ТН этот ток составляет 25 А и выше.

При использовании в качестве регулирующего устройства автотрансформатора амперметр показывает заниженное значение из-за значительного искажения формы кривой тока.