

98 Трансформаторы напряжения. Монтаж трансформаторов напряжения.

Трансформаторы напряжения применяются для питания катушек напряжения электроизмерительных приборов, реле, цепей сигнализации, управления и автоматики. От обычного силового трансформатора они отличаются небольшой мощностью. Например, мощность наиболее распространенного трансформатора напряжения НОМ-10 составляет всего 720 В·А.

Устройство и схема трансформатора напряжения показаны на рис. 13.33. Его первичная обмотка, являющаяся вместе с тем об-

моткой высокого напряжения с большим числом витков, включается на измеряемое напряжение U_1 , а вторичная обмотка, являющаяся обмоткой низкого напряжения, замыкается на вольтметр и цепи напряжения других приборов. Обе обмотки концентрические. Обмотка ВН окружает обмотку НН так же, как в силовых трансформаторах. Все измерительные приборы соединяются между собой параллельно, чтобы в них было одно и то же вторичное напряжение трансформатора.

Сопротивление вольтметра и цепей напряжения измерительных приборов относительно велико (порядка тысяч Ом), т. е. трансформатор напряжения работает в условиях, близких к условиям холостого хода силового трансформатора. Следовательно, внутренние падения напряжения $I_1 Z_1$ и $I_2 Z_2$ в его обмотках относительно малы, и можно считать, что $U_1 = E_1$ и $U_2 = E_2$, а так как $E_1/E_2 = \omega_1/\omega_2 = K_T$, то напряжение $U_1 = K_T U_2$, т. е. вторичное напряжение связано с первичным постоянным соотношением, равным коэффициенту трансформации.

В цепи измерительного прибора вторичное напряжение трансформатора должно совпадать по фазе с первичным. Это достигается соединением обмоток трансформатора напряжения согласно группе 0. Таким образом, трансформатор напряжения передает во вторичную цепь пропорционально измененное значение первичного высокого напряжения и его фазу и позволяет на основании измеренного низкого напряжения U_2 определить высокое напряжение U_1 .

Правильная передача фазы важна не только для вольтметра или частотомера, но и для ваттметра и счетчика.

На шкале вольтметра, постоянно работающего с определенным трансформатором напряжения, наносят значения первичного напряжения. Соответственно ваттметры и счетчики, предназначенные для постоянной работы при известных коэффициентах трансформации измерительных трансформаторов, градуируются с учетом этих коэффициентов. Вторичное номинальное напряжение во всех трансформаторах напряжения имеет одно и то же стандартное значение – 100 В.

В целях безопасности обслуживающего персонала один зажим вторичной обмотки и стальной кожух трансформатора напряже-

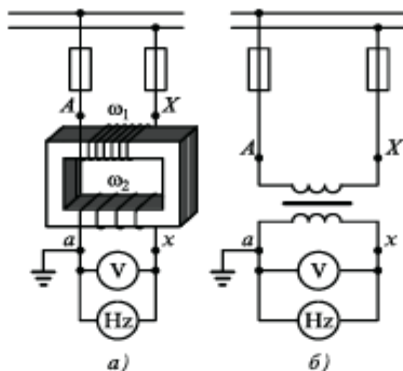


Рис. 13.33. Устройство трансформатора напряжения, нагруженного вольтметром и частотомером (а) и его условное обозначение (б)

ния должны быть заземлены. Тем самым предупреждается возникновение высокого напряжения между присоединенными к трансформатору измерительными приборами и землей при повреждении изоляции между обмотками.

Каждый трансформатор напряжения характеризуется двумя мощностями: номинальной и максимальной.

Номинальная мощность определяет перегрузку, т. е. предел нагрузки, при которой гарантируется работа трансформатора в установленном для него классе точности. Максимальная мощность определяет предел нагрузки трансформатора по допустимому нагреву его обмоток. При нагрузках выше номинальной мощности (и до максимальной) трансформатор напряжения выходит из своего класса точности. В этом случае он работает как силовой, т. е. используется для питания линий освещения, цепей сигнализации и др.

Трансформаторы напряжения различают по числу фаз — однофазные и трехфазные; числу обмоток — двухобмоточные и трехобмоточные; классу точности; способу охлаждения — с масляным охлаждением и естественным воздушным (сухие) и роду установки — внутренние и наружные.

В сетях, подстанциях и РУ промышленных предприятий применяют трансформаторы напряжения классов точности 1 и 3, а для учета электроэнергии — класса 0,5.

Буквы в обозначении трансформаторов напряжения означают: Н — напряжение, О — однофазный, М — масляный, С — сухой, К — залитый компаундом (в обозначении НОСК) или с компенсационной обмоткой (в обозначении НТМК), И — пятистержневой, Т — трехфазный (в обозначении НТМИ).

Цифры после букв указывают номинальное напряжение обмотки ВН. Выводы первичной обмотки ВН трехфазных трансформаторов маркируют буквами А, В, С, а вторичной обмотки НН — а, б, с и цифрой 0. В однофазных трансформаторах выводы соответственно обозначаются А, Х и а, х.

Трансформаторы напряжения понижают ВН до 100 В, что необходимо для питания приборов и цепей вторичных устройств, а также релейной защиты от замыкания на землю.

В распределительных устройствах и подстанциях с напряжением 6...10 кВ применяют преимущественно трансформаторы НОМ-6-10, НТМИ-6-10 или НТМК-6-10.

Масляный трансформатор напряжения серии НОМ показан на рис. 13.34. Он состоит из бака 2, заполненного маслом, магнитопровода, обмоток 8 и выводов на крышке бака в виде проходных изоляторов 3 и 4. Магнитопровод однофазный, броневого типа. Обмотки намотаны на цилиндр из слоев электрокартона одна поверх другой. Обмотка ВН состоит из двух последовательно соединен-

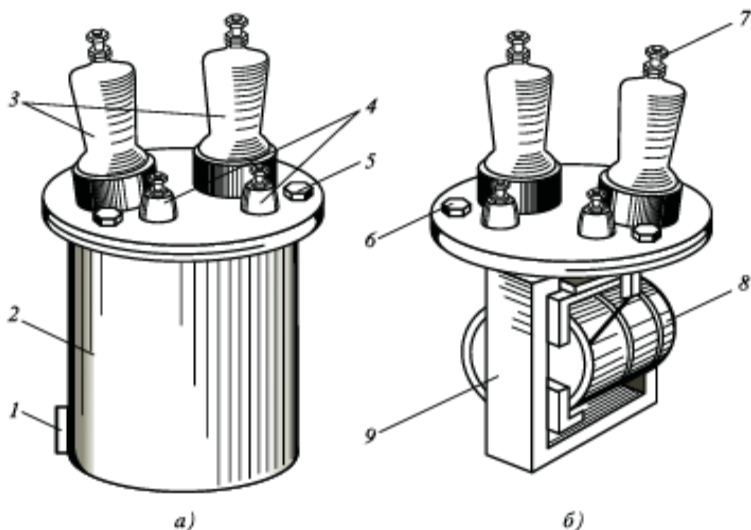


Рис. 13.34. Трансформатор напряжения серии НОМ:

a – общий вид; *б* – выемная часть; 1 – сливная пробка; 2 – бак; 3, 4 – проходные изоляторы; 5 – болт заземления; 6 – винтовая пробка; 7 – контакт высоковольтного вывода; 8 – обмотки; 9 – сердечник

ных катушек и имеет два электростатических экрана для защиты от перенапряжения. На крышке смонтированы выводы первичного и вторичного напряжений, расположена пробка для доливки масла. На баке 2 закреплен болт 5 для заземления трансформатора.

Тепло, выделяемое трансформатором при работе, отводится заполняющим его маслом, которое, нагреваясь, расширяется. Масло не должно доходить до крышки, т. е. под крышкой должно быть небольшое воздушное пространство, связь которого с окружающей атмосферой осуществляется через неплотную резьбу пробки. При монтаже трансформатора из-под крышки удаляют кожаную уплотнительную шайбу, установленную заводом в целях предупреждения течи масла при транспортировке.

В трансформаторах напряжения тропического исполнения дополнительно устанавливается воздухоосушающий фильтр для очистки от влаги и промышленных загрязнений воздуха, поступающего при температурных колебаниях масла.

Схемы включения однофазных трансформаторов напряжения и присоединения к ним измерительных приборов приведены на рис. 13.35.

Два однофазных трансформатора напряжения (см. рис. 13.35, а) соединяются в открытый треугольник, если необходимо включить

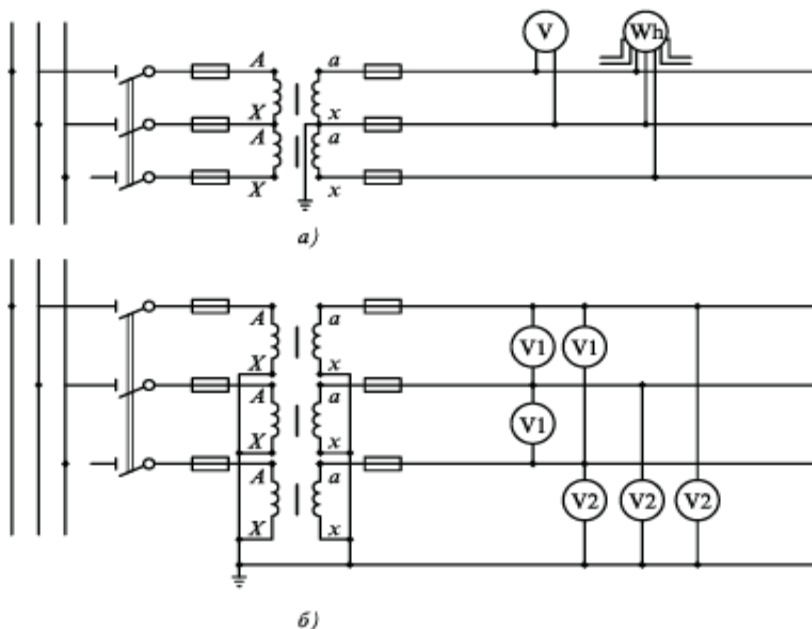


Рис. 13.35. Схемы включения однофазных трансформаторов напряжения: *а* – соединение двух однофазных трансформаторов в открытый треугольник; *б* – соединение трех однофазных трансформаторов в звезду; V1 – вольтметры линейного напряжения; V2 – вольтметры фазного напряжения

измерительные приборы и реле только на междуфазные либо только линейные напряжения. Три однофазных трансформатора напряжения (см. рис. 13.35, б) соединяются в звезду с глухим заземлением нейтрали обмоток, если необходимо включить измерительные приборы и реле и на междуфазные (вольтметры V1) и фазные (вольтметры V2) напряжения. Глухое заземление нейтрали обмотки высокого напряжения позволяет следить при помощи вольтметров V2 (или реле) за состоянием изоляции первичной сети. При нормальном состоянии изоляции вольтметры V2 показывают фазное напряжение. При полном (глухом) замыкании на землю одной из фаз стрелка вольтметра поврежденной фазы будет стоять на нуле, а два вольтметра исправных фаз будут показывать междуфазное напряжение.

Трехфазные трансформаторы напряжения с масляной изоляцией серий НТМК и НТМИ внутренней установки, предназначенные для питания различных приборов и одновременного контроля изоляции, на напряжение до 18 кВ, изготавливают трехстержневым и пятистержневым магнитопроводами.

Трансформатор НТМК-6 (рис. 13.36) повышенной точности служит для присоединения счетчиков, фазометров, реле мощности и других приборов с обмотками тока и напряжения.

Трансформатор НТМИ-10 (рис. 13.37) с пятистержневым магнитопроводом имеет три обмотки — одну первичную и две вторичные, уложенные на трех средних стержнях. Первичная обмотка и основная вторичная обмотка соединены в звезду. Нейтральные точки этих обмоток выведены на крышку трансформатора для заземления. К основной вторичной обмотке присоединяют цепи питания измерительных приборов, а к дополнительной — цепи контроля изоляции сети, реле замыкания на землю и приборы сигнализации. Дополнительная вторичная обмотка соединена в разомкнутый треугольник: ее начало и конец выведены на крышку трансформатора для присоединения приборов, контролирующих состояние изоляции (вольтметра или реле напряжения).

При нормальном состоянии сети напряжение на выводах обмотки разомкнутого треугольника равно нулю, так как равна нулю сумма электродвижущих сил, индуктируемых в дополнительных обмотках. При однополюсном замыкании в сети магнитный поток неповрежденных фаз, замкнувшись через крайние стержни магнитопровода, нарушит нулевое равенство индуктируемых ЭДС, и на выводах обмотки появится напряжение, вследствие чего через обмотку присоединенного вольтметра (или реле) потечет ток. Стрелка вольтметра отклонится от нулевого положения, а реле, сработав и замкнув контакты, включит сигнал, оповещающий о наличии замыкания в сети.

Схемы включения трансформаторов напряжения серий НТМК и НТМИ, а также схема включения измерительных приборов и реле для контроля изоляции во вторичные обмотки трансформатора серии НТМИ показаны на рис. 13.38.

Трансформаторы напряжения с литой изоляцией из эпоксидных смол лишены недостатков масляных трансформаторов, т. е. они

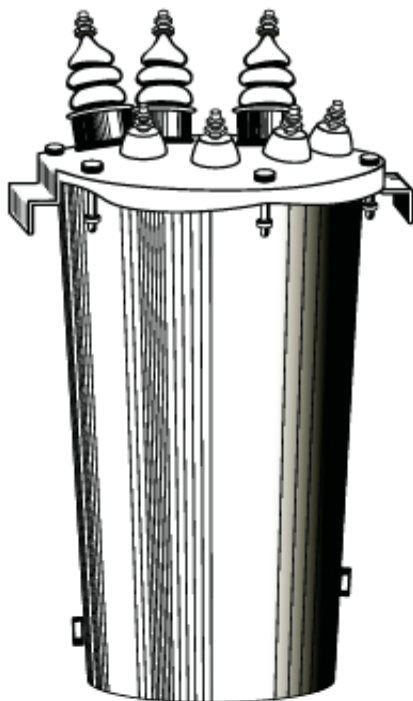


Рис. 13.36. Трансформатор напряжения НТМК-6

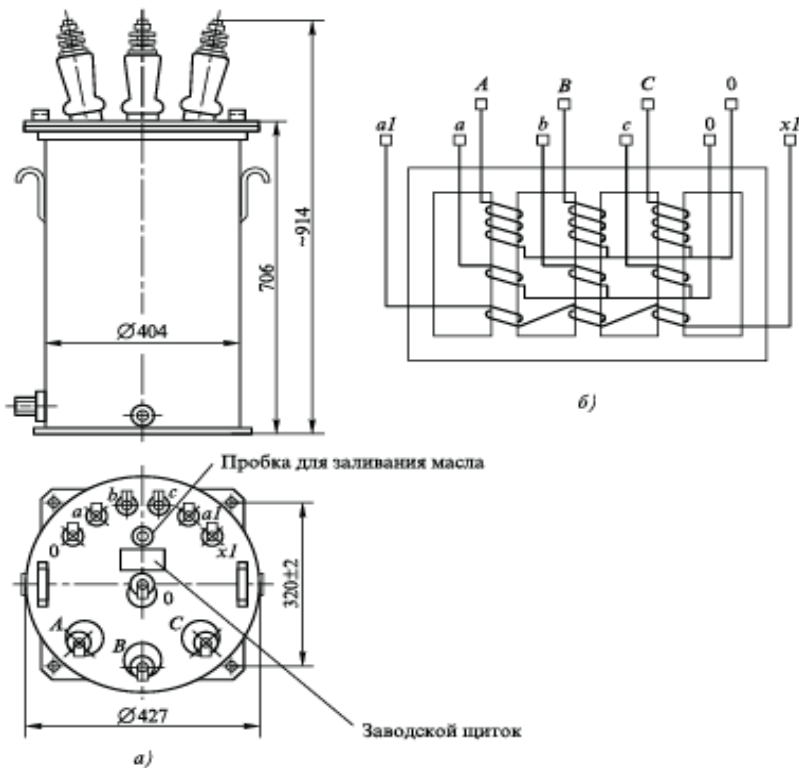


Рис. 13.37. Общий вид (а) и схема соединения обмоток (б) трехфазного пятистержневого трансформатора напряжения НТМИ-10

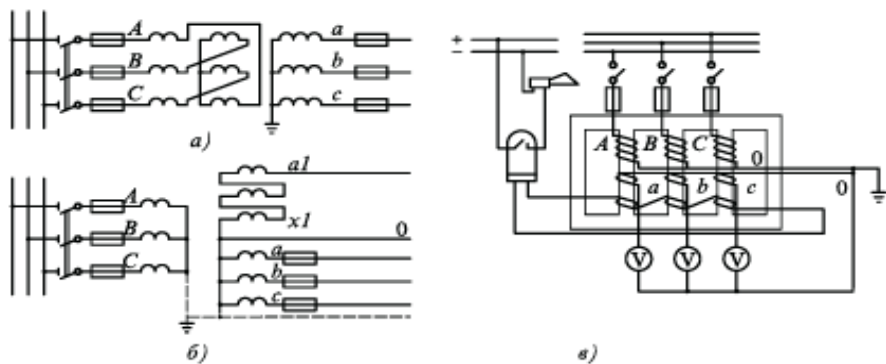


Рис. 13.38. Схемы включения трехфазных трансформаторов напряжения серий НТМК (а), НТМИ (б) и схема включения приборов и реле во вторичные цепи трансформатора серии НТМИ (в)

не требуют постоянного контроля и периодической замены масла; не имеют ограничений при монтаже в помещениях с повышенной пожарной опасностью, а также на передвижных установках; имеют меньшие массу и размеры.

Например, однофазный трансформатор напряжения НОЛ-11-06 (рис. 13.39) с литой изоляцией имеет магнитопровод броневого типа, на среднем стержне которого расположены обмотки, пропитанные эпоксидным компаундом. Концы первичной обмотки и соединяются с высоковольтными выводами в верхней части трансформатора, а концы вторичных обмоток подведены к контактным зажимам в нижней части. Магнитопровод и обмотки залиты эпоксидом в сплошной литой блок.

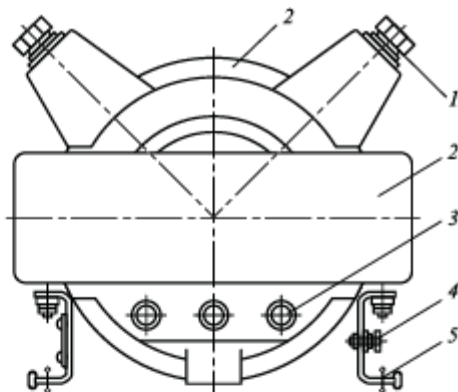


Рис. 13.39. Трансформатор напряжения НОЛ-11-06:

1 – контакт высоковольтного вывода; 2 – литой блок; 3 – контакт вывода вторичной обмотки; 4 – блок заземления; 5 – кронштейн

13.7. Монтаж трансформаторов напряжения

При монтаже трансформаторов напряжения необходимо выполнять следующее требования:

при установке трансформатора на двух угольниках для беспрепятственного доступа к спусковому крану **передний угольник должен быть обращен ребром вниз;**

маслоспускной кран и указатель уровня масла должны быть обращены в сторону коридора обслуживания. В пробках с дыхательными отверстиями следует удалить прокладки;

изоляционные расстойки (в свету) между головками изоляторов и расстойки между ними и осями фаз должны быть выдержаны в соответствии с проектным чертежом;

расстояния между кожухами трансформаторов для обеспечения нормального охлаждения должны быть **не менее 100 мм** (в свету);

к трехфазным трансформаторам серий НТМК и НТМИ шины ВН должны присоединяться следующим образом: желтая фаза к выводу А, зеленая – к выводу В, красная – к выводу С (вывод Х заземляется); вывод ВН однофазного трансформатора серии НОМ с пометкой А присоединяется к любой из трех шин высокого напряжения (если устанавливают три однофазных трансформатора,

то все выводы, имеющие пометку X, соединяются общей шиной и заземляются);

корпуса трехфазных и однофазных трансформаторов напряжения должны присоединяться к заземляющей магистрали отдельными шинами. Первичные и вторичные обмотки трансформаторов напряжения должны закорачиваться на выводах и надежно заземляться на весь период монтажа.

Ревизия трансформаторов напряжения проводится аналогично ревизии трансформаторов тока.

Проверка трансформаторов перед монтажом. При внешнем осмотре трансформаторов напряжения устанавливают, целы ли фарфоровые выводы и их армировка, не поврежден ли бак, нет ли течи масла между баком и крышкой или из-под фланцев выводов. Кроме того, проверяют уровень масла, исправность маслоуказателя, наличие паспортной таблички.

Электрические испытания трансформаторов напряжения аналогичны электрическим испытаниям трансформаторов тока и заключаются в измерении сопротивления изоляции обмоток, определении полярности выводов высокого и низкого напряжений и коэффициента трансформации. Кроме того, так как трансформаторы напряжения являются маслонаполненными аппаратами, берут пробу масла для испытания его на электрическую прочность и химического анализа.

Изоляцию трансформатора напряжения проверяют мегомметром на 1000...2500 В. При этом замеряют сопротивление изоляции обмоток высокого и низкого напряжений по отношению к корпусу и между ними.

Требования к изоляции трансформаторов напряжения те же, что и к изоляции трансформаторов тока.

Для общей оценки состояния междувитковой изоляции обмоток и стали трансформаторы напряжения испытывают током промышленной частоты, измеряя ток холостого хода при номинальном напряжении и при напряжении в 1,3 раза больше номинального. Напряжение подают на вторичную обмотку. Под повышенным напряжением трансформатор выдерживают в течение 1 мин. Полученные значения сравнивают либо с данными заводских испытаний, либо с опытными данными, зафиксированными при испытании аналогичных трансформаторов напряжения.

При неудовлетворительных результатах измерения обмотки сушат тепловоздуховкой при температуре воздуха не выше 90 °С или током. При этом напряжение, подводимое к первичной обмотке, подбирают с таким расчетом, чтобы замкнутая накоротко цепь вторичной обмотки обтекалась током, составляющим 80...85 % длительно допустимого тока для трансформатора, подвергающегося сушке. Силу тока во вторичной обмотке контролируют ампермет-

ром. При сушке выводы трансформаторов напряжения должны быть замкнуты между собой и заземлены.

Полярность выводов проверяют аналогично проверке полярности выводов трансформаторов тока. Постоянный ток подводят к обмотке высокого напряжения, а гальванометр включают в обмотку низкого напряжения. При проверке полярности обмоток трехфазных трансформаторов напряжения источник тока присоединяют поочередно к зажимам ВН — *A* и *B*, *B* и *C*, *C* и *A*, а измерительный прибор присоединяют соответственно к зажимам НН — *a* и *b*, *b* и *c*, *c* и *a*, во всех трех случаях стрелка прибора должна отклониться вправо, что будет свидетельствовать о правильности маркировки. В противном случае необходимо перемаркировать зажимы.

Установка трансформаторов напряжения. Монтаж включает в себя три основные операции:

установку опорной конструкции;

подъем на рабочее место и установку трансформатора напряжения;

присоединение заземления.

Опорные конструкции для трансформаторов напряжения могут быть разного исполнения. Поднимают трансформаторы вручную блоком или талью за кожух, но не за изоляторы. Во время установки зажимы первичной цепи (ВН) должны быть закорочены и заземлены, а провода вторичной цепи (НН) отсоединены, так как при случайном подключении к ним проводов осветительной или силовой сети на выводах первичной обмотки трансформатора появится высокое напряжение.

Вторичные обмотки трансформаторов напряжения присоединяют к проводникам вторичных цепей лишь по окончании всех монтажных работ, т. е. перед началом наладочных работ и после удаления монтажного персонала из помещения распределительного устройства. Это необходимо для того, чтобы не допустить случайной подачи на шины распределительного устройства высокого напряжения вследствие обратной трансформации. Устанавливать аппараты следует так, чтобы маслоспускной кран и указатель уровня масла были обращены в сторону коридора обслуживания.

Устанавливая трехфазные трансформаторы напряжения, следует учитывать, что при подсоединении к ним шин необходимо соблюдать общий порядок чередования фаз. В однофазных трансформаторах вывод, имеющий маркировку *X*, заземляют. Если устанавливают три однофазных трансформатора, все выводы *X* соединяют общей шиной и заземляют.

Когда устанавливают два трансформатора напряжения и соединяют их в открытый треугольник, рабочую фазу НН заземляют, если это предусмотрено проектом. Корпус каждого трансформатора присоединяют к заземляющему устройству отдельной шиной.

Перед включением трансформатора под напряжение вынимают картонную шайбу, заложенную под болт маслосливного отверстия, обеспечивая тем самым возможность свободного «дыхания» трансформатора во время работы.