

Трансформаторы тока

Устройство и схемы включения трансформаторов тока

Трансформаторы тока применяются для измерения больших токов, когда невозможно непосредственное включение измерительных приборов в контролируемые цепи. Использование трансформаторов тока позволяет устанавливать измерительные приборы на любом расстоянии от контролируемых цепей, концентрируя их в одном месте - на щите или пульте управления.

Трансформатор тока состоит из замкнутого магнитопровода, набранного из тонких литых листов электротехнической стали, и двух обмоток - первичной и вторичной.

Первичная обмотка трансформатора тока включается последовательно в линию, а его вторичная обмотка замыкается непосредственно на амперметр и цепи тока других измерительных приборов, которые тоже соединяются между собой последовательно, так как ток в них должен быть один и тот же.

Суммарное сопротивление амперметра и цепей тока измерительных приборов относительно мало (обычно меньше 1 Ом), поэтому трансформатор тока работает в условиях, близких к условиям короткого замыкания силового трансформатора.

Изменение тока в первичной обмотке трансформатора вызывает изменение тока в его вторичной обмотке, при этом вторичный ток пропорционален первичному.

Соотношение между токами и витками обмоток трансформатора тока имеет вид

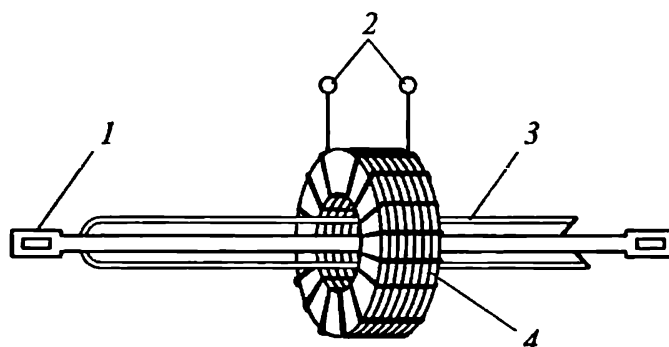
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = K_{т.т},$$

где I_1 , I_2 - соответственно первичный и вторичный токи; ω_1/ω_2 - соответственно число витков первичной и вторичной обмоток; $K_{т.т}$ - коэффициент трансформации.

При этом магнитный поток, создаваемый током вторичной обмотки, направлен против магнитного потока, создаваемого током первичной обмотки, т. е. при их сложении образуется очень малый поток, замыкающийся в стали сердечника трансформатора. Когда же поток во вторичной обмотке отсутствует, например, при обрыве ее цепи, в магнитопроводе трансформатора тока действует полный магнитный поток, создаваемый током первичной обмотки, т. е. весь первичный ток оказывается намагничивающим.

Увеличение магнитного потока при размыкании вторичной цепи вызывает появление во вторичной обмотке ЭДС E_2 порядка сотен вольт и до 1,5 кВ в трансформаторах, рассчитанных на большие токи. Следовательно, возникает опасность для жизни человека. Поэтому, если необходимо отключить измерительные и защитные

приборы при включенном трансформаторе тока, концы его вторичной обмотки замыкают накоротко.



Проходной трансформатор тока: 1 - первичная обмотка; 2 - зажимы вторичной обмотки; 3 - изолирующий цилиндр; 4 – сердечник

Вторичный номинальный ток во всех трансформаторах тока составляет 5 А (в некоторых специальных случаях - 1 А).

В целях безопасности один зажим вторичной обмотки и стальной кожух трансформатора тока заземляются. Особенности работы трансформатора тока определяются тем, что у него независимой величиной является не первичное напряжение, а первичный ток который в большинстве случаев во много раз больше вторичного тока, поэтому число витков первичной обмотки должно быть во много раз меньше числа витков вторичной обмотки. Для больших токов первичная обмотка выполняется в виде провода, продетого в окно стального сердечника.

Напряжение на зажимах первичной обмотки трансформатора тока во много раз меньше его вторичного напряжения, а следовательно, если его вторичное напряжение несколько вольт, то первичное часто составляет порядка сотых долей вольт.

Трансформаторы тока выбирают по следующим параметрам: номинальному напряжению, рабочему току, классу точности вторичной обмотки, а также значениям термической и динамической устойчивости при прохождении токов короткого замыкания.

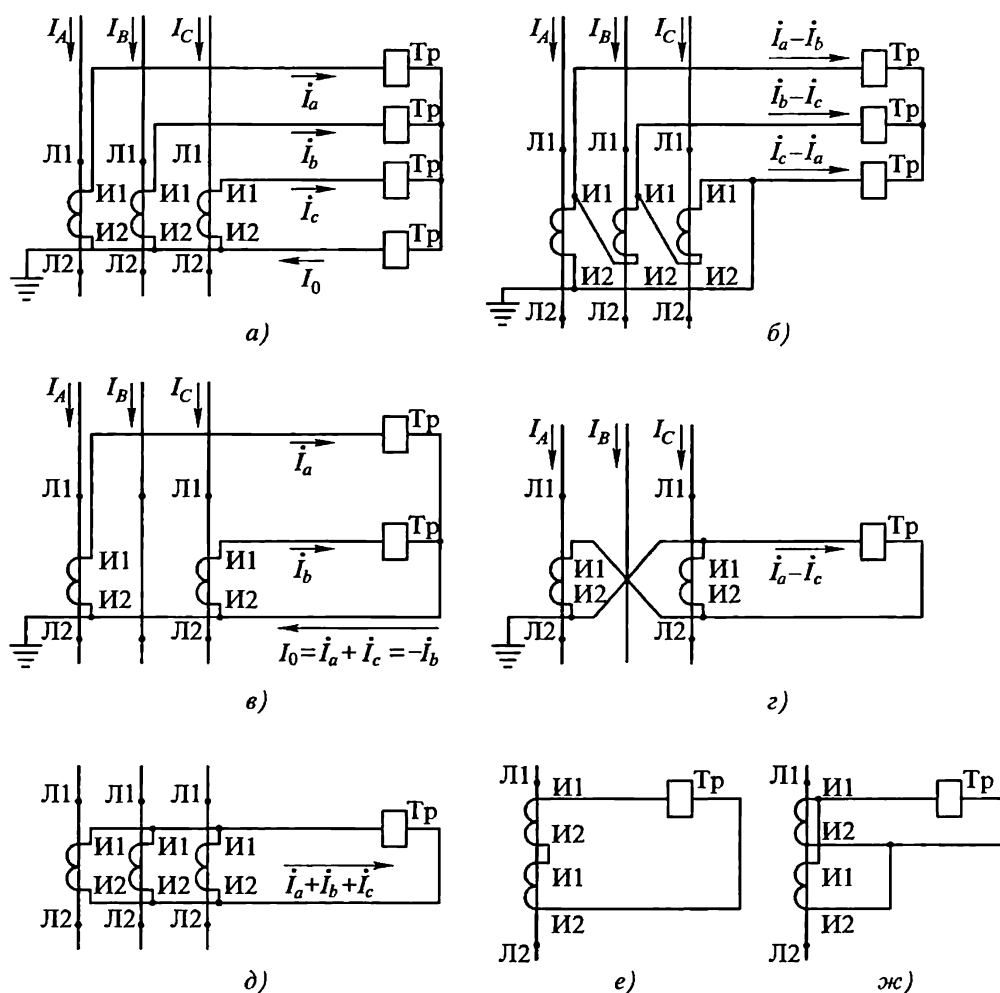
Трансформаторы тока в распределительных устройствах обеспечивают:

- расширение пределов измерительных приборов с токовыми обмотками (амперметров, ваттметров, счетчиков);
- питание токовых обмоток реле, а в некоторых случаях обмоток отключающих устройств приводов силовых выключателей;
- отделение вторичных цепей от первичных.

Последний фактор имеет особое значение, так как определяет безопасность обслуживающего персонала. Вторичные обмотки трансформаторов тока и их корпуса, как правило, соединяют с землей.

Для правильного соединения нескольких трансформаторов тока в общую схему и присоединения к ним приборов необходимо знать их полярность, т. е. соответствуют ли начало и конец первичной обмотки началу и концу вторичной обмотки, для чего их маркируют: начало первичной обмотки, включаемой в линию, обозначают Л1, а ее конец - Л2; начало и конец вторичной обмотки обозначают соответственно И1 и И2.

В зависимости от характера нагрузки, задач измерения и видов релейной защиты в линиях трехфазного тока измерительные трансформаторы устанавливают на одной, двух или трех фазах.



Схемы соединения трансформаторов тока:

а — полная звезда; *б* — треугольник; *в* — неполная звезда; *г* — на разность токов; *д* — на сумму трех токов; *е* — последовательное соединение двух обмоток одной фазы; *ж* — параллельное соединение двух обмоток одной фазы

Конструкции трансформаторов тока

По конструкции трансформаторы тока подразделяют на опорные, проходные, шинные, встроенные, разъемные и втулочные.

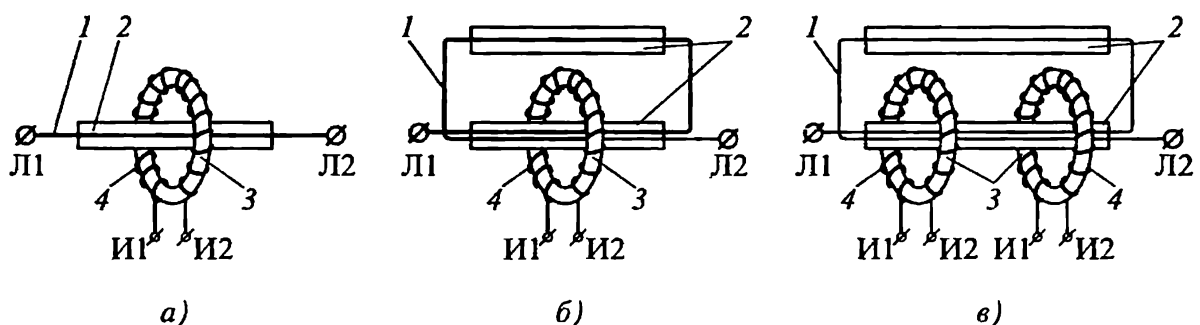
В зависимости от числа витков первичной обмотки различают одно- и многовитковые трансформаторы тока, а также с одной вторичной обмоткой или несколькими. При монтаже РУ на напряжение 6...10 кВ применяют трансформаторы тока с литой и фарфоровой изоляцией, а при напряжениях до 1 кВ - с литой, хлопчатобумажной и фарфоровой.

Одновитковые трансформаторы тока конструктивно проще, имеют меньшие размеры, дешевле и более устойчивы при коротких замыканиях, чем многовитковые. Существенным их недостатком является невысокая точность при измерении малых токов. Применяются они для внутренней установки на первичные токи от 400 до 6000 А.

В основном многовитковые трансформаторы с одним сердечником применяются для внутренней установки на номинальные первичные токи от 5 до 600 А и для наружной установки на токи от 1000 до 2000 А.

В многовитковых трансформаторах тока с двумя сердечниками каждый из сердечников имеет свою вторичную обмотку, а первичная обмотка у них общая, т. е. получается как бы сдвоенный трансформатор тока. Каждая вторичная обмотка такого трансформатора рассчитана на определенную номинальную нагрузку, при которой он будет работать в пределах своего класса точности. Обычно одну из вторичных обмоток используют для включения измерительных приборов, а другую - для реле защиты. При этом обмотки могут быть одинаковых или разных классов точности.

В некоторых случаях трансформаторы тока (на 110 кВ и выше) изготавливают с тремя и четырьмя сердечниками.



Принципиальные схемы трансформаторов тока:

а — одновиткового; *б* — многовиткового с одним сердечником; *в* — многовиткового с двумя сердечниками; 1 — первичная обмотка; 2 — изоляция; 3 — сердечник; 4 — вторичная обмотка

Обозначение трансформаторов тока

Буквы в обозначении трансформаторов тока означают следующее: Т - трансформатор тока, П - проходной, О - одновитковый, М - многовитковый, Л - с литой изоляцией, Ф - с фарфоровой изоляцией. Также в обозначении могут быть цифры, определяющие номинальное напряжение. Отсутствие буквы П указывает на то, что трансформатор тока не проходной, а опорный. Может быть также указан класс точности, а при наличии двух сердечников под чертой указывают номинальный первичный ток. Кроме того, могут быть добавлены буквы, характеризующие исполнение трансформатора тока: нормальное (без дополнительных обозначений); усиленное по термической или динамической устойчивости (У); для дифференциальной защиты (Д); для защиты от замыканий на землю (З).

Монтаж трансформаторов тока

Монтаж трансформаторов тока включает в себя ревизию и проверку их перед установкой и непосредственно установку.

Предварительно трансформаторы тока проверяют в монтажных мастерских. Там же, если необходимо, сушат их обмотки. Если сопротивление изоляции обмоток менее 1 МОм, для этого используют тепловоздуховку или сушильную камеру с температурой воздуха не выше 90 °С. Во время сушки сопротивление изоляции измеряют через каждые полчаса. Сушку трансформаторов с напряжением 1... 10 кВ можно считать законченной, когда сопротивление их изоляции будет не менее 10 МОм.

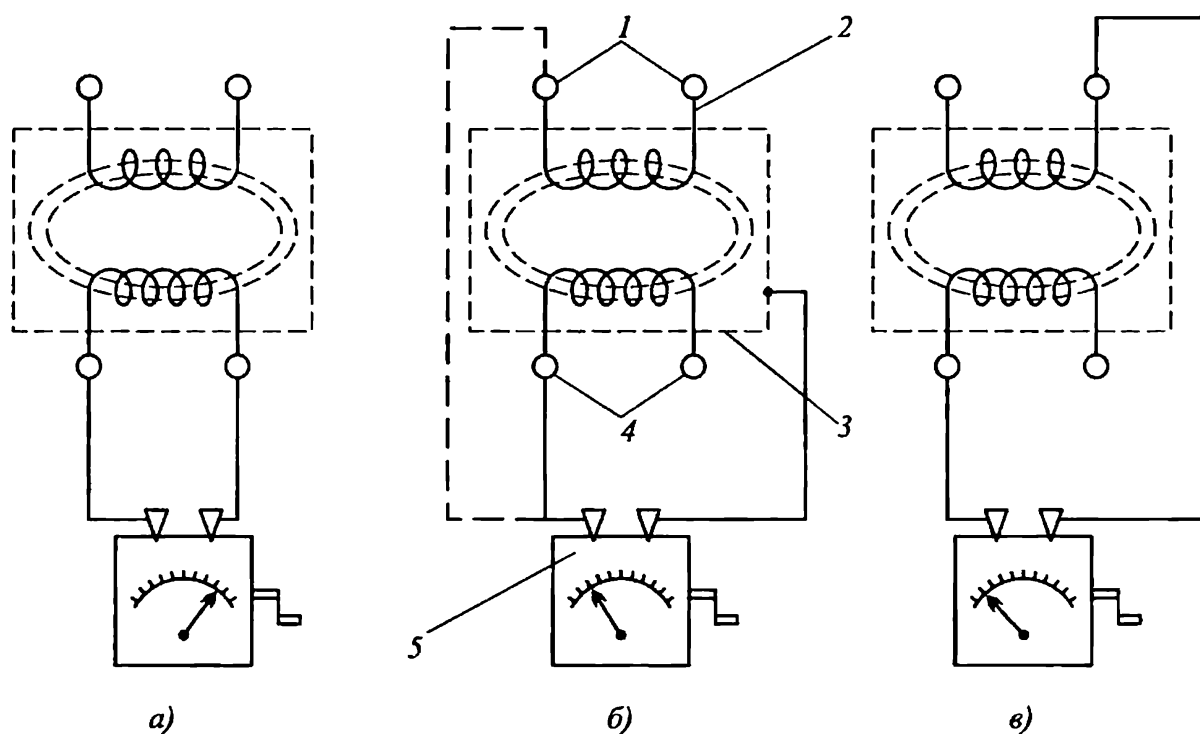
Ревизия трансформаторов. Подлежащие монтажу трансформаторы тока подвергают ревизии, проверяя комплектность аппарата и крепежных деталей, состояние фарфоровых частей и кожуха, целостность обмотки и колодки вторичных выводов, наличие обозначений выводов и паспортной таблички, правильность обозначений (полярность) выводов, состояние выводных стержней и резьбы на них, наличие и исправность гаек и шайб. Монтаж начинают с разметки по шаблонам расположения отверстий и крепежных конструкций (плит, угольников) в месте установки трансформаторов, затем сверлят необходимые отверстия и устанавливают соответствующие конструкции.

Проверка трансформаторов перед установкой. Принимая для монтажа, трансформатор осматривают, чтобы убедиться в отсутствии повреждений отдельных частей, наличии обозначений выводов и паспортной таблички. Кроме того, обязательно проводится серия электрических испытаний в центральных мастерских или наладочными бригадами.

Проверяют вторичные обмотки трансформатора, чтобы убедиться в том, что они не имеют обрыва (в случае обрыва стрелка мегомметра при вращении его рукоятки показывает бесконечность). Проверить вторичные обмотки можно и с помощью малогабаритного моста Уитстона. В этом случае об обрыве свидетельствует бесконечно большое сопротивление, получаемое при измерении.

Проверка состояния изоляции первичной и вторичной обмоток ведется с помощью мегомметра, рассчитанного на напряжение 1000... 2500 В. Сопротивление изоляции не нормируется, но должно быть в первичной обмотке не менее 50 МОм, а во вторичных - не менее 10 МОм.

Окончательное решение о состоянии изоляции трансформатора тока принимается после испытания его повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин (вторичные обмотки - напряжением 2000 В, а первичные - напряжением, определяемым ГОСТом).



Схемы для проверки трансформаторов тока:

а – отсутствия обрыва в цепи вторичной обмотки; *б* – сопротивления изоляции первичной (пунктир) и вторичной обмоток; *в* – сопротивления изоляции между первичной и вторичной обмотками; 1 – зажим первичной обмотки; 2 – первичная обмотка; 3 – корпус трансформатора; 4 – зажимы вторичной обмотки; 5 – мегомметр

Правильность маркировки выводов и соответствие их заводским обозначениям проверяют по схеме, в которой используются гальванометр с нулем посередине шкалы и батарейка от карманного фонаря или портативная аккумуляторная батарея на 6... 12 В.

Если полярность обмоток правильная, стрелка прибора в момент замыкания цепи батареи должна отклониться вправо. Отклонение стрелки прибора влево указывает на то, что полярность вторичной обмотки обратна полярности, обозначенной в заводской маркировке.

Установка трансформаторов. Трансформаторы тока монтируют на конструкциях или проходных плитах, а также на стальных перегородках в камерах КРУ Их поднимают на проектные места вручную за фланцы и укрепляют болтами, сначала без затяжки.

Основные вертикальные оси трансформаторов должны находиться в одной плоскости или располагаться симметрично по отношению к осям ближайших элементов установки, с которыми они в дальнейшем будут соединяться шинами.

Выверку осуществляют перемещением в пределах зазоров отверстий на плите или конструкции. По окончании выверки постепенно и равномерно затягивают крепящие болты.

При монтаже трансформаторов тока необходимо выполнять следующие требования:

- при установке в проемах стен и перекрытий между корпусом трансформатора и стеной необходимо оставлять по всему периметру зазор 2... 3 мм (в который затем закладывается лист толя) для обеспечения возможности его свободного демонтажа и предохранения корпуса от коррозии;

- не следует устанавливать трансформаторы вплотную один к другому, поскольку это нарушает их охлаждение (между их корпусами должен оставаться просвет не менее 100 мм);

- в горизонтальных перекрытиях и опорных конструкциях для удобства обслуживания трансформаторы тока нужно устанавливать так, чтобы их плиты с паспортной табличкой были обращены вверх

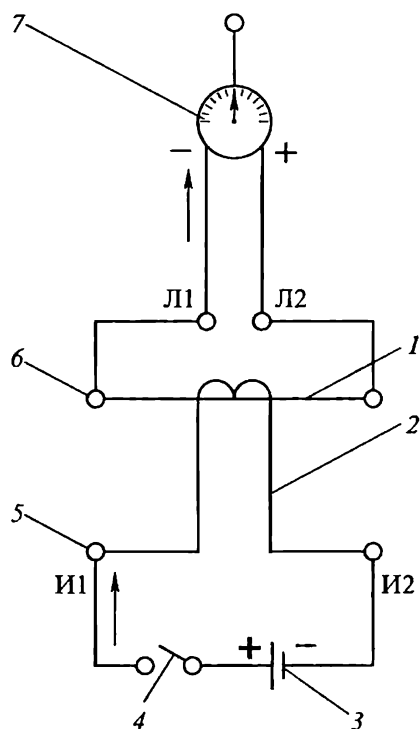


Схема проверки полярности обмоток:

1 - первичная обмотка; 2 - вторичная обмотка; 3 - батарейка; 4 - рубильник; 5, 6 - зажимы обмоток; 7 - гальванометр

или в сторону коридора управления (при установке на вертикальных стенах ячеек);

- при номинальном токе трансформатора более 1500 А обязательно принимать меры для предотвращения нагрева близко расположенных стальных деталей;

- питающие шины высокого напряжения (например, подходящие от сборных шин) нужно присоединять к зажимам трансформатора с пометкой Л1 (начало обмотки), а отходящие шины - к зажимам Л2 (конец обмотки). В этом случае и зажимы вторичной обмотки с пометками И1 и И2 будут соответствовать началу и концу обмотки;

- не допускать действия на токопроводящие стержни и изоляторы изгибающих усилий от присоединенных к зажимам трансформаторов шин и проводов.

Вторичные обмотки, не присоединенные к приборам, должны быть замкнуты накоротко и заземлены непосредственно на зажимы трансформатора. Установленный трансформатор тока также заземляют. Вторичную обмотку заземляют гибким медным проводом, присоединив его к болту заземления на корпусе трансформатора тока.