

Тема 1.18 Трансформаторы тока

Тема урока № 265: Конструкции трансформаторов тока.

Цель урока:

1. Ознакомить с устройством и схемами включения трансформатора тока и напряжения.
2. Подготовка учащихся на учебно-практическую деятельность.

Ход урока.

I. Опрос:

1. Устройство и схема включения трансформатора тока ?
2. Устройство и схема включения трансформатора напряжения?

II. Изучение нового материала.

КОНСТРУКЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Трансформаторы тока по роду установки выпускают для внутренних и наружных электроустановок, а также встроенные в силовые трансформаторы и масляные выключатели.

По способу установки трансформаторы тока делятся на проходные, устанавливаемые в проемах стен, потолков или металлических ограждений комплектных распределительных устройств, и опорные, устанавливаемые на опорных конструкциях.

По конструкции первичной обмотки трансформаторы тока бывают: одновитковые стержневые с первичной обмоткой в виде прямолинейного стержня с линейными зажимами на концах; одновитковые шинные, в которых роль первичной обмотки выполняют шины электроустановок, пропускаемые при монтаже через внутренние отверстия трансформаторов тока; многовитковые с первичными обмотками петлевого, звеньевое и катушечного типов.

Каждому типу трансформатора тока присваивается буквенно-цифровые условные обозначения:

Т — трансформатор тока;

П — проходной (отсутствие буквы П указывает на то, что трансформатор опорный);

В — встроенный в масляный выключатель;

ВТ — встроенный в силовой трансформатор;

О — одновитковый;

Л — с литой смоляной изоляцией;

Ш — шинный;

М — малогабартный (для трансформатора тока внутренней установки);

К — катушечный;

Ф — с фарфоровой изоляцией;

З — для защиты от замыкания на землю;

У — усиленный (с повышенной электродинамической стойкостью);

ФЗ — в фарфоровом корпусе с первичной обмоткой звеньевое типа;

Н — наружной установки;

Р — с сердечником для релейной защиты;

Д — со вторичной обмоткой для питания дифференциальной защиты;

М — маслонаполненный (для трансформаторов тока наружной установки).

первое число после буквенного обозначения — номинальное напряжение трансформатора в киловольтах;

следующая группа чисел "через дробь" — классы точности сердечников (вместо чисел могут стоять буквы Р или Д);

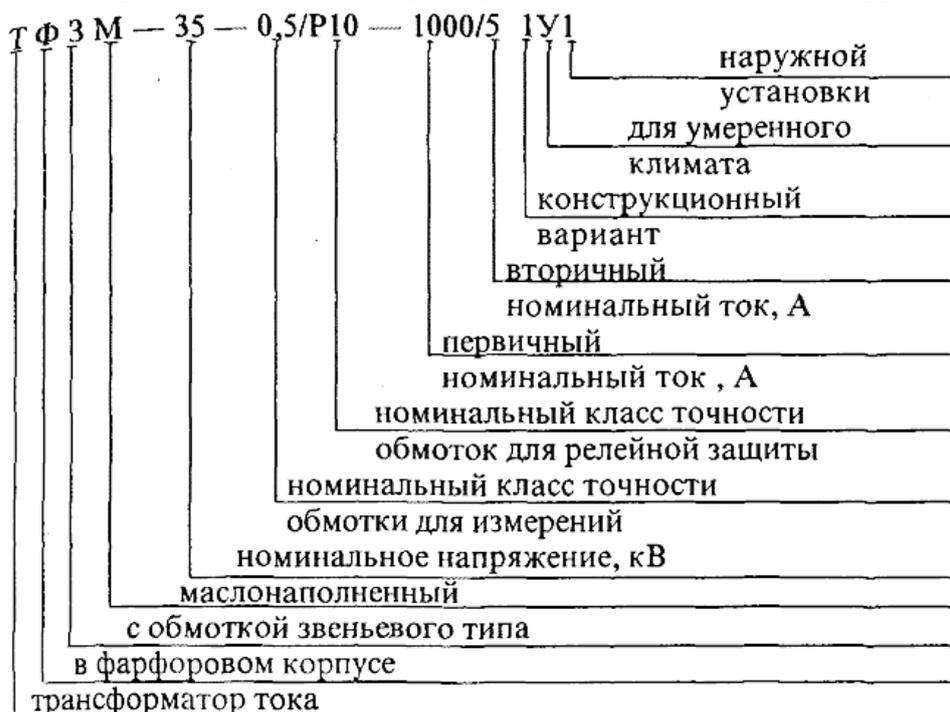
два числа "через дробь" — первичный и вторичный токи;

цифра после номинальных токов — конструкционный вариант исполнения;

буквы после конструкционного варианта — климатическое исполнение;

последняя цифра — категория размещения.

Пример обозначения типа трансформатора тока и его расшифровка:



Трансформаторы тока наружной установки типа ТФЗМ с масляным заполнением (прежнее обозначение ТФН) применяются на напряжения 35-220 кВ. На более высокое напряжение изготавливают каскадные трансформаторы тока.

На рис. 1. показаны магнитопровод с обмотками (а) и внешний вид трансформатора типа ТФЭМ-35 (б). Кольцевой магнитопровод 3 выполнен из ленточной стали. На нем навиты вторичные обмотки, изолированные вместе с сердечником кабельной бумагой 2, пропитанной маслом и покрывающей как вторичную так первичную обмотку 1. Обмотки помещены в фарфоровый корпус, заполненный маслом, скрепленный с цоколем 4. Верхняя часть фарфорового корпуса, являющаяся маслорасширителем, закрыта крышкой 8 с дыхательным клапаном 9, которая крепится к корпусу болтами 10. Первичная обмотка состоит из двух секций, выводы которых крепятся к зажимам 13 и 14, позволяющим соединять секции последовательно или параллельно и изменять тем самым номинальный первичный ток. Линейные выводы первичной обмотки 11 и 12 обозначаются Л1 и Л2, измерительные выводы вторичной обмотки 5 помещены в закрытой коробке 6 и обозначаются И2. Цоколь 4 связан заземляющей шиной 7 с контуром заземления электроустановки.

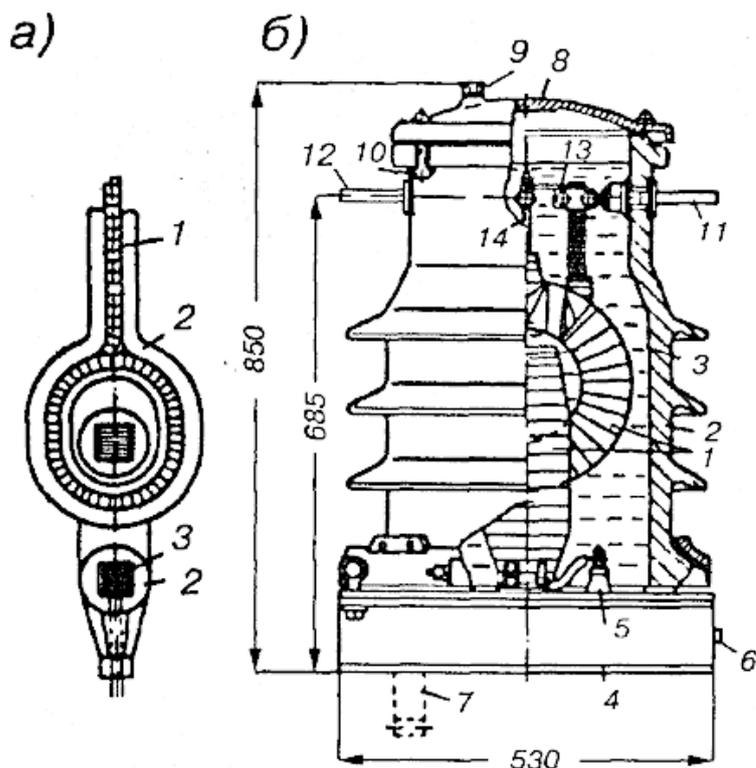


Рис.1. Трансформатор тока типа ТФЗМ-35:

а — магнитопровод с обмотками; б — внешний вид

Для внутренней установки применяют трансформаторы тока с литой эпоксидной изоляцией. На рис. 2 приведены принципиальные схемы выполнения трансформаторов одновитковых (а), многovitковых (б), многovitковых с двумя сердечниками (в).

Наиболее простыми в изготовлении являются проходные одно- витковые трансформаторы типа ТПОЛ на номинальные первичные токи от 400 до 1500 А (рис. 3, а). Первичной обмоткой в них служит прямолинейный стержень 4 с болтовыми зажимами на концах Л1 и Л2. На стержень поверх изоляции надеты два кольцевых магнитопровода 1 и 2 со вторичными обмотками. Магнитопроводы вместе с первичной и вторичными обмотками залиты эпоксидным компаундом 5, образующий сплошной изоляционный корпус трансформатора, предохраняющий сердечники с обмотками от действия влаги и механических повреждений. Выводы 7 вторичных обмоток расположены на боковом приливе верхней части корпуса

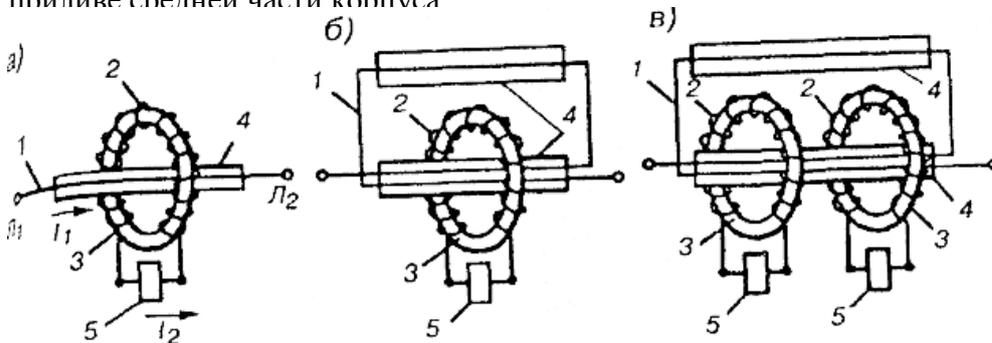


Рис 2 Принцип устройства одновитковых и многovitковых трансформаторов тока

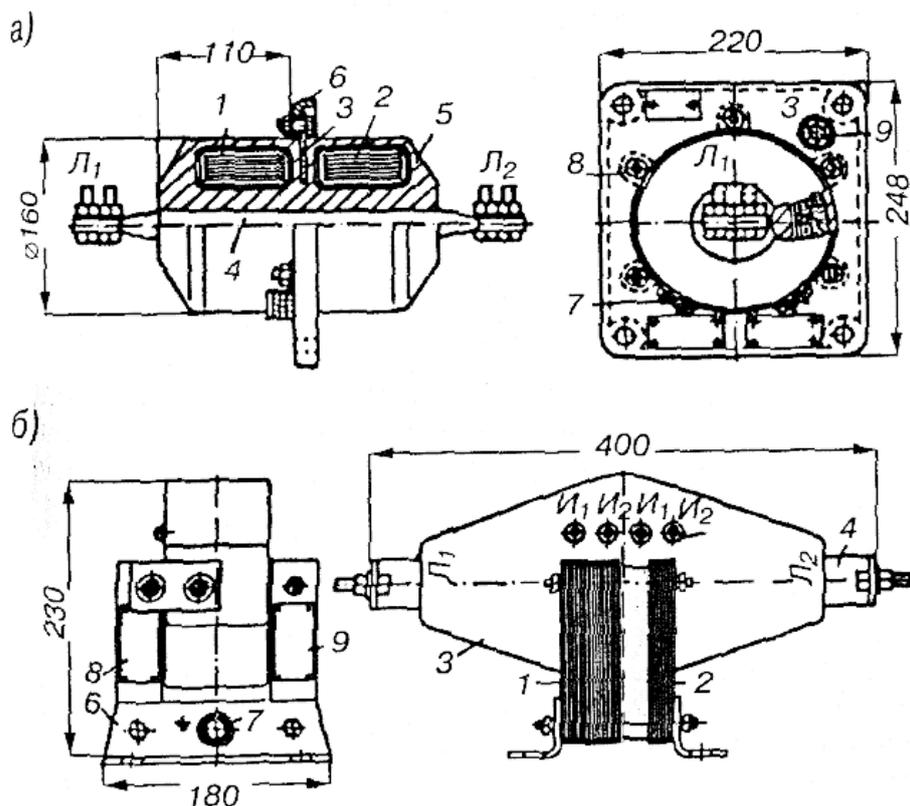


Рис. 3. Трансформаторы тока: а - типа ТПОЛ-10; б - типа ТПЛ-10

По центру корпуса между сердечниками залито крепежное кольцо 3, к которому с помощью болтов присоединяется опорный фланец 6 для крепления к проходной плите.

Трансформаторы тока типа ТПЛ (рис. 3, б) имеют петлевую многовитковую первичную обмотку с выводами 4 и два сердечника: 1 — сердечник Р и 2 — сердечник класса 0,5. Корпус 3, защищающий обмотки от влаги и механических повреждений, выполнен литым компаундом. Зажимами 5 вторичных обмоток размещены на корпусе трансформатора.

Основное исполнение трансформатора ТПЛ-10 — опорное. Для его крепления имеются четыре монтажные отверстия в стальных уголках 6. Выпускаются трансформаторы при необходимости и в проходном исполнении. При этом вместо уголков 6 под стяжные болты сердечника к его боковому стержню со стороны вывода крепятся две стальные пластины с монтажными отверстиями для крепления трансформатора в проеме стены.

Шинные трансформаторы тока типа ТШЛ изготавливают на большие номинальные токи до 24000 А. Они имеют проходные отверстия (окно) для ввода шин, используемых в качестве первичных обмоток.

Встроенные трансформаторы тока типа ТВ и ТВТ выполняют на кольцевых ленточных сердечниках (рис. 4, а). Вторичные обмотки наматывают на сердечник изолированным проводом.

При выполнении обмотки оставляют свободные участки для крепления трансформатора и для распорных клиньев. Эти участки обозначают надписью "клин".

Первичной обмоткой встроенного трансформатора 2 является стержень высоковольтного ввода 1 (рис. 4, б) силового трансформатора или масляного выключателя.

Такое конструктивное выполнение удешевляет трансформаторы тока и упрощает их установку, так как для нее не требуется особое место.

Недостатками таких трансформаторов является большая погрешность и малая вторичная мощность.

Трансформаторы тока с разъемным сердечником, иначе называемые токоизмерительными клещами, применяются для измерения тока в проводах и шинах под напряжением без непосредственного включения в цепь.

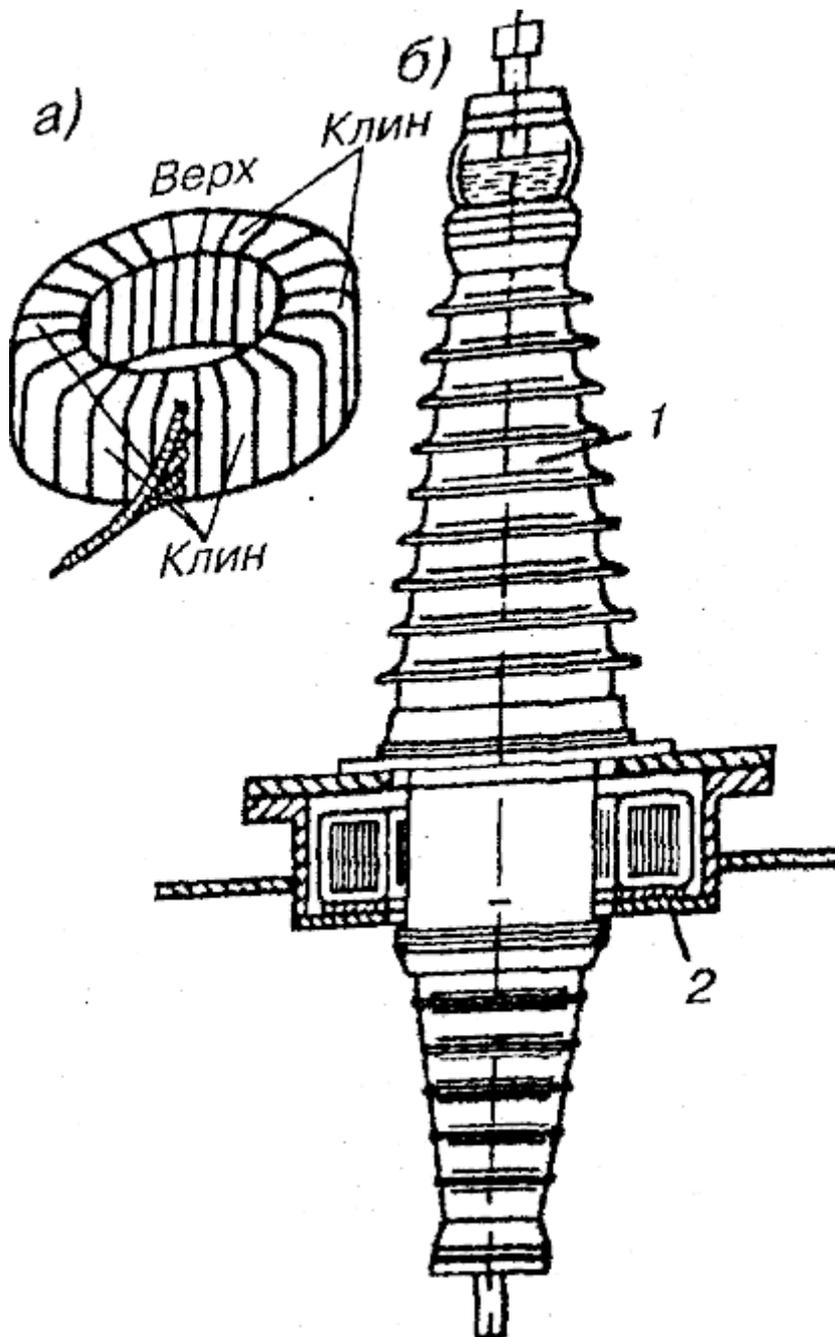


Рис. 4:
 а — встроенный трансформатор тока; б — его установка

На рисунке 5, а изображены двуручные токоизмерительные клещи Ц-90 для электроустановок напряжением до 10 кВ. Они имеют разъемный сердечник 1, на который намотана вторичная обмотка 3. Первичной обмоткой служит провод 2 или шина (рис. 5, б), по которым проходит измерительный ток. К вторичной обмотке присоединяется амперметр 5 с переключателем пределов измерений 4. В этих клещах рукоятки 6 надежно изолированы от магнитопровода.

Промышленностью выпускается несколько разновидностей электроизмерительных клещей с разными пределами измерения: КЭ-44 с пределами измерений от 25 до 500 А; Ц-90 с пределами измерений от 15 до 600 А; Ц-30 для измерения в цепях напряжением до 600 В.

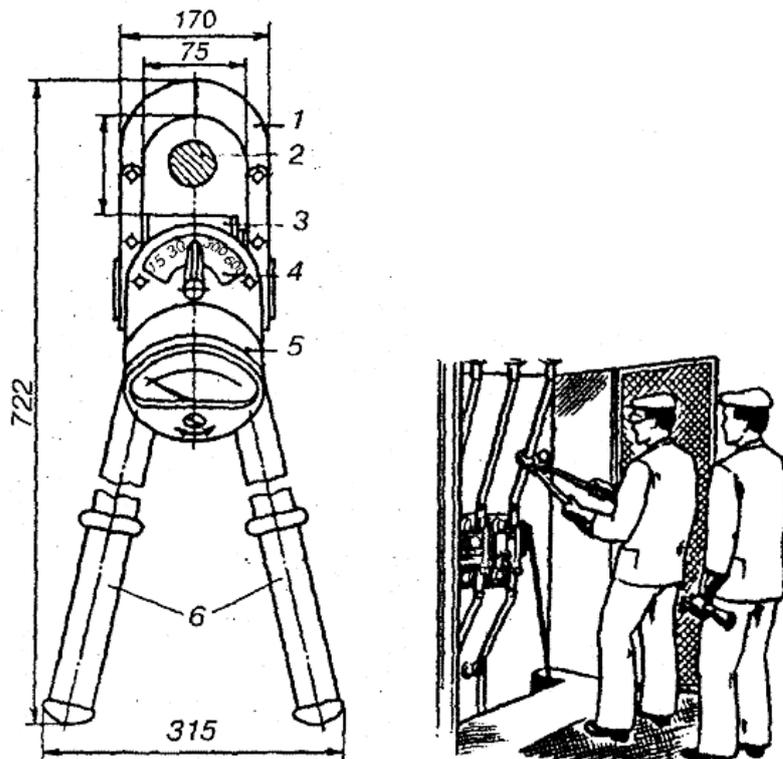


Рис. 5. Разъемный трансформатор тока и измерение тока с его помощью

Домашнее задание:

Конспект.

Тема урока № 266: Обозначение трансформаторов тока.

Цель работы:

1. Ознакомить с обозначением трансформаторов тока.
2. Подготовка учащихся на учебно-практическую деятельность.
3. Изучить технологию установки трансформаторов тока.

I. Изучение нового материала.

Классификация и расшифровка обозначений трансформатора тока



Трансформатор тока — трансформатор, первичная обмотка которого подключена к источнику тока, а вторичная обмотка замыкается на измерительные или защитные приборы, имеющие малые внутренние сопротивления.

Измерительный трансформатор тока — трансформатор, предназначенный для преобразования тока до значения, удобного для измерения. Первичная обмотка трансформатора тока включается последовательно в цепь с измеряемым переменным током, а во вторичную включаются измерительные приборы. Ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора тока, пропорционален току, протекающему в его первичной обмотке.

Трансформаторы тока широко используются для измерения электрического тока и в устройствах релейной защиты электроэнергетических систем, в связи с чем на них накладываются высокие требования по точности. Трансформаторы тока обеспечивают безопасность измерений, изолируя измерительные цепи от первичной цепи с высоким напряжением, часто составляющим сотни киловольт.

К трансформаторам тока предъявляются высокие требования по точности. Как правило, трансформатор тока выполняют с двумя и более группами вторичных обмоток: одна используется для подключения устройств защиты, другая, более точная — для подключения средств учёта и измерения (например, электрических счётчиков).

Классификация трансформаторов тока

Трансформаторы тока классифицируются по различным признакам:

1. По назначению трансформаторы тока можно разделить на измерительные, защитные, промежуточные (для включения измерительных приборов в токовые цепи релейной защиты, для выравнивания токов в схемах дифференциальных защит и т. д.) и лабораторные (высокой точности, а также со многими коэффициентами трансформации).

2. По роду установки различают трансформаторы тока:

- а) для наружной установки (в открытых распределительных устройствах);
- б) для закрытой установки;
- в) встроенные в электрические аппараты и машины: выключатели, трансформаторы, генераторы и т. д.;
- г) накладные — надевающиеся сверху на проходной изолятор (например, на высоковольтный ввод силового трансформатора);
- д) переносные (для контрольных измерений и лабораторных испытаний).

3. По конструкции первичной обмотки трансформаторы тока делятся на:

- а) многовитковые (катушечные, с петлевой обмоткой и с восьмерочной обмоткой);
- б) одновитковые (стержневые);
- в) шинные.

4. По способу установки трансформаторы тока для закрытой и наружной установки разделяются на:

- а) проходные;
- б) опорные.

5. По выполнению изоляции трансформаторы тока можно разбить на группы:

- а) с сухой изоляцией (фарфор, бакелит, литая эпоксидная изоляция и т. д.);
- б) с бумажно-масляной изоляцией и с конденсаторной бумажно-масляной изоляцией;
- в) газонаполненные (элегаз);
- г) с заливкой компаундом.

6. По числу ступеней трансформации имеются трансформаторы тока:

- а) одноступенчатые;
- б) двухступенчатые (каскадные).

7. По рабочему напряжению различают трансформаторы:

- а) на номинальное напряжение свыше 1000 В;
- б) на номинальное напряжение до 1000 В.

Параметры трансформаторов тока

Важными параметрами трансформаторов тока являются коэффициент трансформации и класс точности.

Коэффициент трансформации трансформатора тока определяет номинал измерения тока и означает при каком первичном токе во вторичной цепи будет протекать определённый стандартный ток (чаще всего это 5 А, редко 1 А). Первичные токи трансформаторов тока определяются из ряда стандартизированных номинальных токов.

Коэффициент трансформации трансформатора тока обычно записывается в виде отношения номинального первичного тока ко номинальному вторичному в виде дроби, например: 75/5 (при протекании в первичной обмотке тока 75 А - 5А во вторичной

обмотке, замкнутой на измерительные элементы) или 1000/1 (при протекании в первичной цепи 1000 А, во вторичных цепях будет протекать ток 1 А.

Иногда трансформаторы тока могут иметь переменный коэффициент трансформации, что возможно пересоединением первичных обмоток из параллельного в последовательное соединения (например такое решение применяется в трансформаторах тока ТФЗМ - 110) либо наличием отводов на первичной или вторичной обмоток (последнее применяется в лабораторных трансформаторах тока типа УТТ) или же изменением количества витков первичного провода, пропускаемого в окно трансформаторов тока без собственной первичной обмотки (трансформаторы тока УТТ).

Класс точности

Для определения класса точности трансформатора тока вводятся понятия:

- погрешности по току $\Delta I = I_2 - I_1'$, где I_2 - действительный вторичный ток, $I_1' = I_1/n$ — приведённый первичный ток, I_1 — первичный ток, n — коэффициент трансформатора тока;
- погрешности по углу $\delta = \alpha_1 - \alpha_2$, где α_1 — теоретический угол сдвига фаз между первичным и вторичным током $\alpha_1 = 180^\circ$, α_2 — действительный угол между первичным и вторичным током;
- относительной полной погрешности $\varepsilon\% = (|I_1' - I_2|)/|I_1'|$, где $|I_1'|$ — модуль комплексного приведённого тока.

Погрешности по току и углу объясняются действием тока намагничивания. Для промышленных трансформаторов тока устанавливаются следующие классы точности: 0,1; 0,5; 1; 3; 10Р.

Согласно ГОСТ 7746 - 2001 класс точности соответствует погрешность по току ΔI , погрешность по углу равна: $\pm 40'$ (класс 0,5); $\pm 80'$ (класс 1), для классов 3 и 10Р угол не нормируется. При этом трансформатор тока может быть в классе точности только при сопротивлении во вторичных цепи не более установленного и тока в первичной цепи от 0,05 до 1,2 номинального тока трансформатора.

Для трансформаторов тока с добавлением сзади класса точности литеры S (например 0,5S) означает, что трансформатор будет находится в классе точности от 0,01 до 1,2 номинального тока. Класс 10Р (по старому ГОСТ Д) предназначен для питания цепей защиты и нормируется по относительной полной погрешности, которая не должна превышать 10% при максимальном токе КЗ и заданном сопротивлении вторичной цепи.

Согласно международному стандарту МЭК (IEC 60044-01) трансформаторы тока должны находится в классе точности при протекании по первичной его обмотке тока 0,2 ÷ 200% номинального, что обычно достигается изготовлением сердечника из нанокристаллических сплавов.

Обозначения трансформаторов тока

Отечественные трансформаторы тока имеют следующее обозначения:

- первая буква в обозначении «Т» — трансформатор тока
- вторая буква — разновидность конструкции: «П» — проходной, «О» — опорный, «Ш» — шинный, «Ф» — в фарфоровой крышке

- третья буква — материал изоляции: «М» — масляная, «Л» — литая изоляция

Далее через тире пишется класс изоляции трансформатора тока, климатическое исполнение и категория установки. Например ТПЛ - 10УХЛ4 100/5А: «трансформатор тока проходной с литой изоляцией с классом изоляции 10 кВ, для умеренного и холодного климата, категории 4 с коэффициентом трансформации 100/5» (читается как «сто на пять»).



Домашнее задание:

Законспектировать материал.