

УДК 621.3

**Измерительные трансформаторы тока: назначение, принцип работы, типы**

Иселёнок Е.Б., Базан Т.В., Галабурда Я.В., Бусел Е.В.  
 Научный руководитель – ст. препод. ПЕТРАШЕВИЧ Н.С.

Мощные электротехнические установки могут работать с напряжением несколько сот киловольт, при этом величина тока в них может достигать более десятка килоампер. Естественно, что для измерения величин такого порядка не представляется возможным использовать обычные приборы. Поэтому при измерении переменного тока большой силы пользуются обычно измерительными трансформаторами тока (ИТТ). Трансформаторы тока используют в схемах измерений и учета электроэнергии. Трансформаторы тока являются также элементами устройств релейной защиты и автоматики. Через трансформаторы тока релейные схемы получают информацию о состоянии электронных цепей высочайшего напряжения. Также трансформаторы тока предназначены для изолирования реле, к которым имеет доступ обслуживающий персонал, от цепи высокого напряжения.

Принципиальная схема одноступенчатого электромагнитного трансформатора тока и его схема замещения приведены на рис.1. Как видно из схемы, основными элементами трансформатора тока, участвующими в преобразовании тока, являются первичная 1 и вторичная 2 обмотки, намотанные на один и тот же магнитопровод 3. Первичная обмотка включается последовательно (в рассечку токопровода высокого напряжения 4), т.е. обтекается током линии  $I_1$ . Ко вторичной обмотке подключаются измерительные приборы (амперметр, токовая обмотка счетчика) или реле. При работе трансформатора тока вторичная обмотка всегда замкнута на нагрузку.

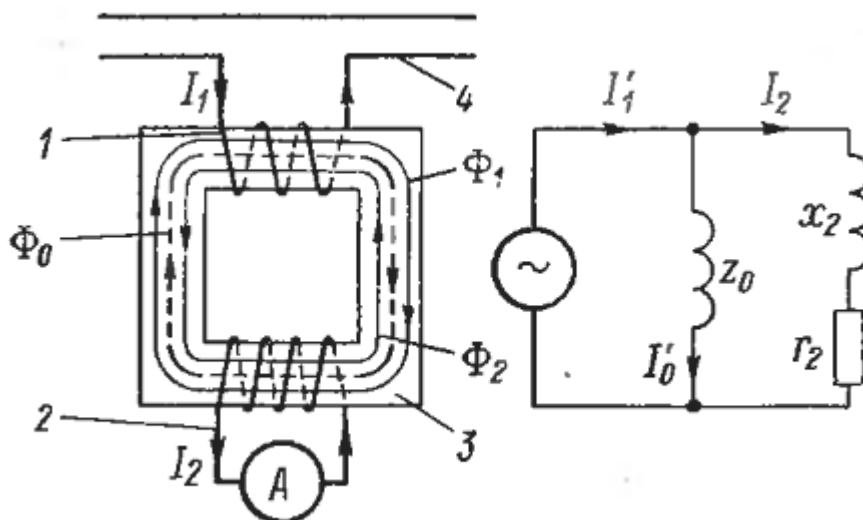


Рисунок 1 – Принципиальная схема трансформатора тока и его схема замещения.

Первичную обмотку совместно с цепью высокого напряжения называют первичной цепью, а внешнюю цепь, получающую измерительную информацию от вторичной обмотки трансформатора тока (т.е. нагрузку и соединительные провода), называют вторичной цепью.

Из принципиальной схемы трансформатора видно, что между первичной и вторичной обмотками не имеется электрической связи. Они изолированы друг от друга на полное рабочее напряжение. Это и позволяет осуществить непосредственное присоединение измерительных приборов или реле ко вторичной обмотке и тем самым исключить воздействие высокого напряжения, приложенного к первичной обмотке, на обслуживающий трансформатор [1].

Рассмотрим принцип работы трансформатора тока. По первичной обмотке 1 трансформатора тока проходит первичный ток  $I_1$ . Он зависит только от параметров

первичной цепи, поэтому при анализе явлений, происходящих в трансформаторе тока, первичный ток можно считать заданной величиной. При прохождении  $I_1$  по обмотке 1 в магнитопроводе создаётся переменный магнитный поток  $\Phi_1$ . Магнитный поток охватывает витки как первичной, так и вторичной обмоток. Пересекая витки вторичной обмотки,  $\Phi_1$  при своем изменении индуцирует в ней электродвижущую силу (ЭДС). Так как вторичная обмотка замкнута на нагрузку, то по действием ЭДС в ней будет проходить ток. Этот ток согласно закону Ленца будет иметь направление, противоположное направлению  $I_1$ . Ток, проходящий по вторичной обмотке, создаёт в магнитопроводе переменный магнитный поток  $\Phi_2$ , который направлен встречно  $\Phi_1$ . В результате сложения магнитных потоков  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  в магнитопроводе устанавливается результирующий магнитный поток  $\Phi_0$ . Поток  $\Phi_0$  и является тем передаточным звеном, посредством которого осуществляется передача энергии от первичной обмотки ко вторичной в процессе преобразования тока. Результирующий магнитный поток  $\Phi_0$  пересекая витки обеих обмоток, индуцирует во вторичной обмотке ЭДС  $E_2$ . Под воздействием  $E_2$  во вторичной обмотке протекает ток  $I_2$ . Если пренебречь намагничивающим током при коротком замыкании, то

$$I_1 \cdot w_1 = I_2 \cdot w_2, \quad (1)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{w_2}{w_1} = \frac{1}{k}, \quad (2)$$

$$I_1 = I_2 \cdot \frac{1}{k}. \quad (3)$$

где  $k$ -коэффициент трансформации,

$I_1$  и  $I_2$  – первичный и вторичный ток,

$w_1$  и  $w_2$ - число витков первичной и вторичной обмоток соответственно.

Так как речь идёт об измерении токов значительной силы амперметром небольшой силы тока, то коэффициент трансформации всегда (и притом часто значительно) меньше единицы, так как первичная обмотка имеет малое число витков ( $w_1=1-3$ ), а вторичная несколько сот витков [2].

В зависимости от рода тока измерительные трансформаторы тока разделяют на:

- ИТ переменного тока

- ИТ постоянного тока

По уровню напряжения:

- низкого напряжения (до 1000В)

- высокого напряжения (выше 1000В)

По роду установки:

- наружной установки (размещение в ОРУ-открытое распределительное устройство),

- внутренней установки (размещаемые в ЗРУ-закрытое распределительное устройство),

- встроенные в электрические машины, коммутационные аппараты: генераторы, трансформаторы, аппараты и др.,

- накладные — устанавливаемые сверху на проходные изоляторы,

- переносные (для лабораторных испытаний и диагностических измерений).

По выполнению первичной обмотки:

- одновитковые,

- многовитковые.

По числу ступеней трансформации:

- одноступенчатые,

- каскадные (многоступенчатые), т.е. с несколькими ступенями трансформации тока.

По способу установки:

- проходные (предназначены для использования в качестве ввода и устанавливаемые в проемах стен, потолков и конструкций),

- опорные (предназначены для установки на опорной плоскости).

Исходя из конструктивного исполнения первичной обмотки:

- многовитковое (катушечные, с обмоткой в виде петли или восьмёрки),

- одновитковые,

- шинные.

По способу исполнения изоляции:

- с сухой изоляцией (из фарфора, литой изоляции из эпоксида, бекелита и т. д.) ,

- с бумажно-масляной либо конденсаторной бумажно-масляной изоляцией,

- имеющие заливку из компаунда.

В зависимости от их назначения:

- защитные,

- измерительные,

- промежуточные, используемые для подключения устройств измерения

в токовые цепи и т.д.

- лабораторные.

По числу коэффициентов трансформации:

- с одним коэффициентом трансформации,

- с несколькими коэффициентами трансформации.

Класс точности трансформатора тока является одной из важнейших характеристик трансформатора тока, которая указывает, что его погрешность измерений не превышает значений, установленных в нормативных документах. Погрешность в свою очередь зависит от многих факторов. При этом комбинации классов точности обмоток могут быть самыми различными и удовлетворять любым запросам служб эксплуатации. Самыми простыми и популярными вариантами являются 0,5/10P и 0,5S/10P, в последнее время пользуются спросом комбинации 0,5S/0,5/10P и 0,2S/0,5/10P, но встречаются и более специальные сочетания, как например 0,2S/0,5/5P/10P.

### Литература

1. Афанасьев, В.В. Трансформаторы тока / В.В.Афанасьев, Н.М. Адоньев, Б.С.Стогний. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1989- 9 с.

2. Холуянов, Ф.И. Трансформаторы однофазного и трёхфазного тока/ Ф.И. Холуянов. – 4изд.- Москва: Энергоатомиздат, 1934- 203 с.