

# Измерительные трансформаторы тока

# Трансформаторы тока

**Измерительные трансформаторы тока** предназначены для передачи информации измерительным приборам.

Они устанавливаются в цепях высокого напряжения или в цепях с большим током, т.е. в цепях, в которых невозможно непосредственное включение измерительных приборов. Ко вторичной обмотке трансформаторов тока для измерений подключаются амперметры, токовые обмотки ваттметров, счетчиков и аналогичных приборов.

Таким образом, измерительный трансформатор тока обеспечивает:

1. Преобразование переменного тока любого значения в переменный ток, приемлемый для непосредственного измерения с помощью стандартных измерительных приборов
2. Изолирование измерительных приборов, к которым имеет доступ обслуживающий персонал, от цепи высокого напряжения.

# Конструкция трансформаторов тока

## 1. По роду установки:

- a) Для работы на открытом воздухе;
- b) Для работы в закрытых помещениях;
- c) Для встраивания в полости электрооборудования;
- d) Для специальных установок.

## 2. По способу установки:

- a) опорные, устанавливаемые на опорной плоскости;
- b) проходные, используемые в качестве вводов, изоляторов, разделяющих одновременно отсеки КРУ;
- c) встраиваемые, предназначенные для установки в полости электрооборудования.

## 3. По выполнению первичной обмотки:

- a) одновитковые;
- b) многовитковые.

# Конструкция трансформаторов тока

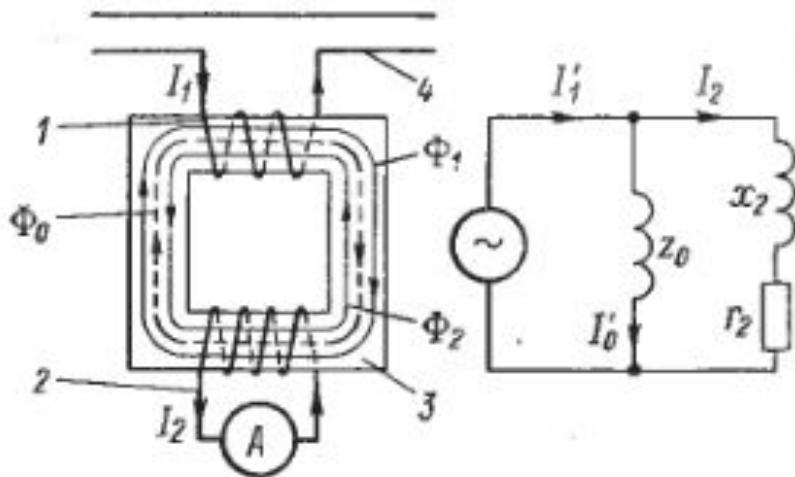
## **4. По числу коэффициентов трансформации:**

- a) С одним коэффициентом трансформации;
- b) С несколькими коэффициентами трансформации (получаемыми изменением числа витков первичной или вторичной обмотки, или обеих обмоток, или применением нескольких вторичных обмоток с различным числом витков, соответствующим различному номинальному вторичному току.)

## **5. По роду изоляции между первичной и вторичной обмотками ТТ изготавливаются:**

- a) С твердой изоляцией (фарфор, литая изоляция, прессованная изоляция);
- b) С вязкой изоляцией (заливочные компаунды);
- c) С комбинированной изоляцией (бумажно – масляная, конденсаторного типа);
- d) С газообразной изоляцией (воздух, элегаз).

# Схема трансформаторов тока



Как видно из схемы, основными элементами ТТ, участвующими в преобразовании тока, являются первичная обмотка 1 и вторичная обмотка 2, 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 или реле. При работе трансформатора тока вторичная обмотка всегда замкнута на нагрузку.

Первичную обмотку совместно с цепью высокого напряжения называют **первичной цепью**, а внешнюю цепь, получающую измерительную информацию от вторичной обмотки ТТ, называют **вторичную цепью**. Цепь, образуемую вторичной обмоткой и присоединенной к ней вторичной цепью, называют **ветвью вторичного тока**.

# Условия работы трансформаторов тока

Трансформаторам тока приходится работать в различных режимах, имеющих место в электрической цепи, а именно в установившемся и переходных режимах.

**Установившимся** называют режим работы ТТ, при котором токи в первичной и вторичных обмотках ТТ не содержат затухающих свободных апериодических и периодических составляющих.

**Переходным режимом** работы ТТ называют электромагнитный процесс, возникающий при переходе от одного режима к другому вследствие резкого изменения параметров первичного тока или нагрузки ТТ (например при к.з. или коммутациях в первичной цепи либо при внезапном замыкании накоротко ветви вторичного тока).

Условия работы ТТ, предназначенного для измерений, существенно отличаются от условий работы ТТ, используемого для защиты. Основным режимом ТТ для измерений является нормальный режим. В этом режиме ТТ должен обеспечить пропорциональное воспроизведение первичного тока с наименьшими погрешностями как модуля, так и фазы.

# Выбор трансформаторов тока

## 1. по конструкции и классу точности.

Трансформаторы тока предназначены для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле. (5 А, реже 1 или 2,5 А), а также для отделения цепей управления и защиты от первичных цепей высокого напряжения. Трансформаторы тока, применяемые в РУ, выполняют одновременно роль проходного изолятора (ТПЛ, ТПОЛ). В комплектных РУ до 35 кВ применяются опорно-проходные (стержневые) трансформаторы тока – ТЛМ, ТПЛК, ТНЛМ, шинные – ТШЛ.

В РУ 35 кВ и выше используются встроенные в силовые трансформаторы и выключатели (ТВ, ТВТ), а также трансформаторы тока наружной установки (ТФЗМ).

## 2. по напряжению

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$

$U_{уст}$  – напряжение установки, кВ;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение, кВ.

# Выбор трансформаторов тока

## 3. по первичному току

$$I_{\text{раб}} \leq I_{1\text{ном}}$$

$$I_{\text{раб.утяж}} \leq I_{1\text{ном}}$$

$I_{\text{раб}}$  – рабочий максимальный ток нормального режима, А;

$I_{1\text{ном}}$  – первичный номинальный ток, А;

$I_{\text{раб.утяж}}$  – рабочий максимальный ток утяжеленного режима, А.

## 4. по электродинамической стойкости

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}$$

## 5. по электродинамической стойкости

$$B_{\text{красч}} \leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}$$

## 6. по вторичной нагрузке

$$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$$

$Z_2$  – вторичная нагрузка трансформатора тока, Ом;

$Z_{2\text{ном}}$  – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности (определяются по каталогу), Ом.



# Измерительные трансформаторы напряжения

# Трансформаторы напряжения

**Трансформаторы напряжения (ТН)** предназначены для понижения высокого напряжения до значения, равного 100 В, необходимого для питания измерительных приборов, цепей автоматики, сигнализации и защитных устройств.

Для питания защитных устройств применяются трехобмоточные трансформаторы с дополнительной вторичной обмоткой.

Применение трансформаторов напряжения позволяет использовать для измерения на высоком напряжении стандартные измерительные приборы, расширяя пределы измерения; обмотки реле, включаемых через ТН, также могут иметь стандартные исполнения.

Трансформатор напряжения изолирует измерительные приборы и реле от высокого напряжения, благодаря чему обеспечивается безопасность их обслуживания.



# Трансформаторы напряжения

Схема включения однофазного трансформатора напряжения показана на рис.; первичная обмотка включена на напряжение сети  $U_1$ , а к вторичной обмотке (напряжение  $U_2$ ) присоединены параллельно катушки измерительных приборов и реле.

Для безопасности обслуживания один выход вторичной обмотки заземлен. Трансформатор напряжения в отличие от трансформатора тока работает в режиме, близком к холостому ходу, так как сопротивление параллельных катушек приборов и реле большое, а ток, потребляемый ими, невелик.

Номинальный коэффициент трансформации определяется следующим выражением:

$$K_U = \frac{U_{1\text{ном}}}{U_{2\text{ном}}},$$

где  $U_{1\text{ном}}$  и  $U_{2\text{ном}}$  - номинальные первичное и вторичное напряжения соответственно.

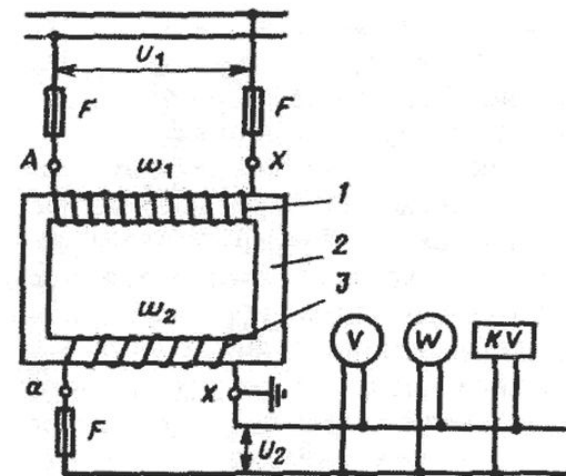


Схема включения трансформатора напряжения:  
1 — первичная обмотка; 2 — магнитопровод; 3 — вторичная обмотка

# Трансформаторы напряжения

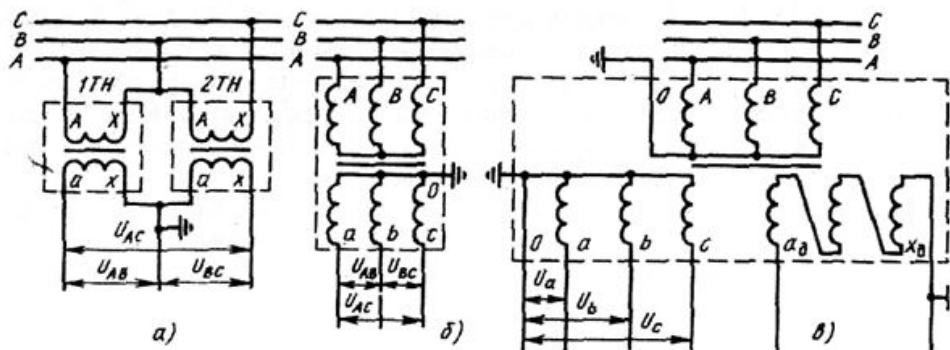
Рассеяние магнитного потока и потери в сердечнике приводят к погрешности измерения

$$\Delta U \% = \frac{K_U U_2 - U_1}{U_1} 100.$$

Погрешность зависит от конструкции магнитопровода, магнитной проницаемости стали и от  $\cos\varphi_2$ , т.е. от вторичной нагрузки. В конструкции трансформаторов напряжения предусматривается компенсация погрешности по напряжению путем некоторого уменьшения числа витков первичной обмотки, а также компенсация угловой погрешности за счет специальных компенсирующих обмоток.

Суммарное потребление обмоток измерительных приборов и реле, подключенных к вторичной обмотке трансформатора напряжения, не должно превышать номинальную мощность трансформатора

# Трансформаторы напряжения



В зависимости от назначения могут применяться трансформаторы напряжения с различными схемами соединения обмоток.

Для измерения трех междуфазных напряжений можно использовать два однофазных двухобмоточных трансформатора НОМ, НОС, НОЛ, соединенных по схеме открытого треугольника, а также трехфазные двухобмоточные трансформаторы НТМК, обмотки которых соединены в звезду.

Для измерения напряжения относительно земли могут применяться три однофазных трансформатора, соединенных по схеме  $Y_0/Y_0$ , или трехфазные трехобмоточные трансформаторы НТМИ или НАМИ. В последнем случае обмотка, соединенная в звезду, используется для присоединения измерительных приборов, а к обмотке, соединенной в разомкнутый треугольник, присоединяется реле защиты от замыканий на землю.

Таким же образом в трехфазную группу соединяются однофазные трехобмоточные трансформаторы типа ЗНОМ и каскадные трансформаторы НКФ.

# Выбор трансформаторов напряжения

## 1. по напряжению

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$$

$U_{\text{уст}}$  – напряжение установки, кВ;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение, кВ.

## 2. по конструкции и схеме соединения обмоток

Выбор типа трансформатора определяется его назначением.

## 3. по классу точности

Класс точности зависит от вторичной нагрузки.

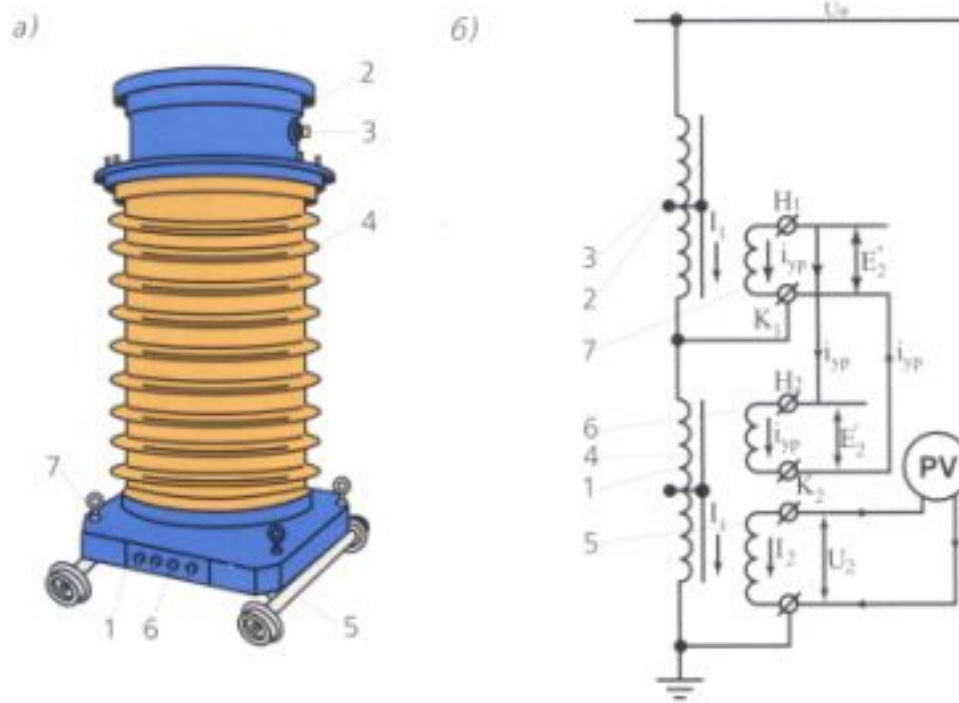
## 4. по вторичной нагрузке

$$S_{2\Sigma} \leq S_{\text{ном}}$$

$S_{\text{ном}}$  – номинальная мощность в выбранном классе точности. При расчете следует иметь в виду, что для однофазных трансформаторов, соединенных в звезду, следует взять суммарную мощность всех трех фаз, а для соединенных по схеме открытого треугольника – удвоенную мощность одного трансформатора:

$S_{2\Sigma}$  – нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору, ВА.

# Конструкция трансформаторов напряжения



ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ 110кВ:

а-общий вид;

1-вторичные выводы;

2-расширитель;

3-указатель уровня масла;

4-фарфоровая покрывка;

5-тележка;

6-коробка с выводами;

7-болт для подъема;

б-электрическая схема;

1 и 2-секции первичной обмотки;

3 и 4-магнитопроводы;

5-вторичная обмотка;

6 и 7-уравнительные обмотки