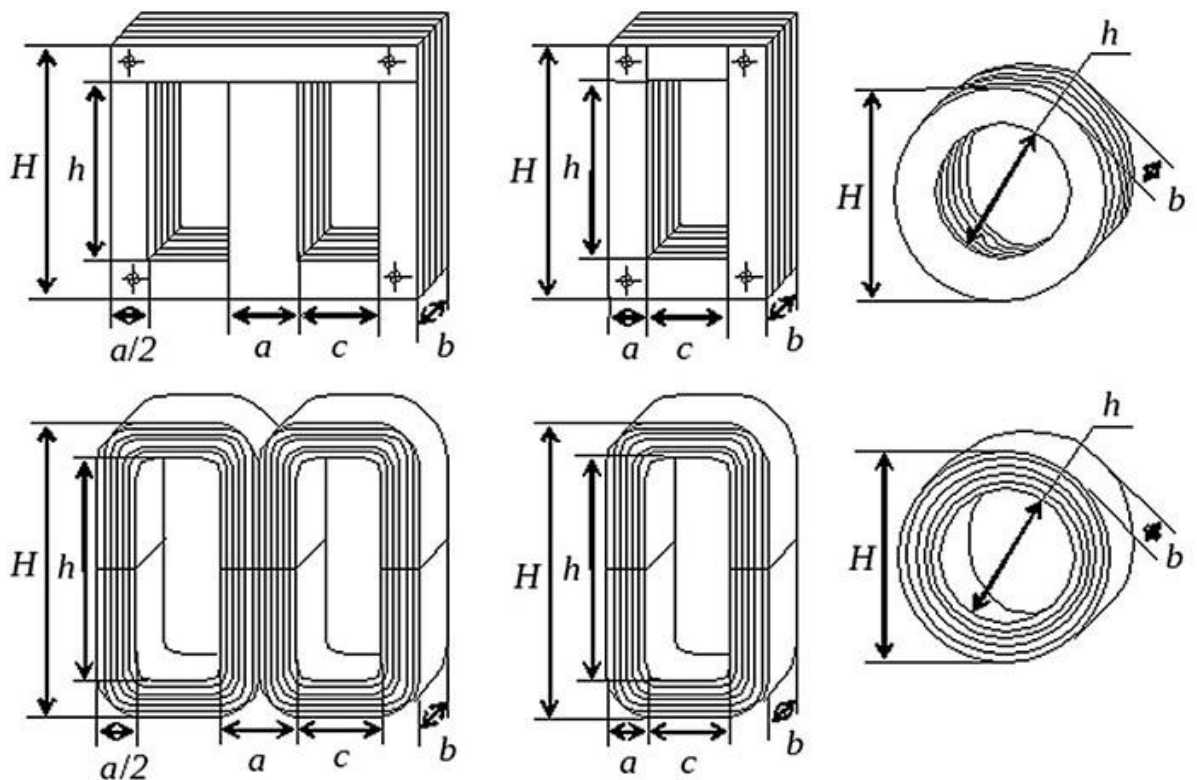


# Принцип действия и устройство трансформатора

## Немного истории

Благодаря английскому физика Майклу Фарадею в 1831 году человечество познакомилось с электромагнитной индукцией. Великому учёному не суждено было стать изобретателем трансформатора, поскольку в его опытах фигурировал постоянный ток. Прообразом устройства можно считать необычную индукционную катушку француза Г. Румкорфа, которая была представлена учёному миру в 1848-м.

В 1876 году русский электротехник П. Н. Яблочков запатентовал трансформатор переменного тока с разомкнутым сердечником. Современному виду устройство обязано англичанам братьям Гопкинсон, а также румынами К. Циперановскому и О. Блати. С их помощью конструкция приобрела замкнутый магнитопровод и сохранила схему до наших дней.



Броневой Ш, ШЛ

Стержневой П, ПЛ

Тороидальный О, ОЛ

Виды магнитопроводов

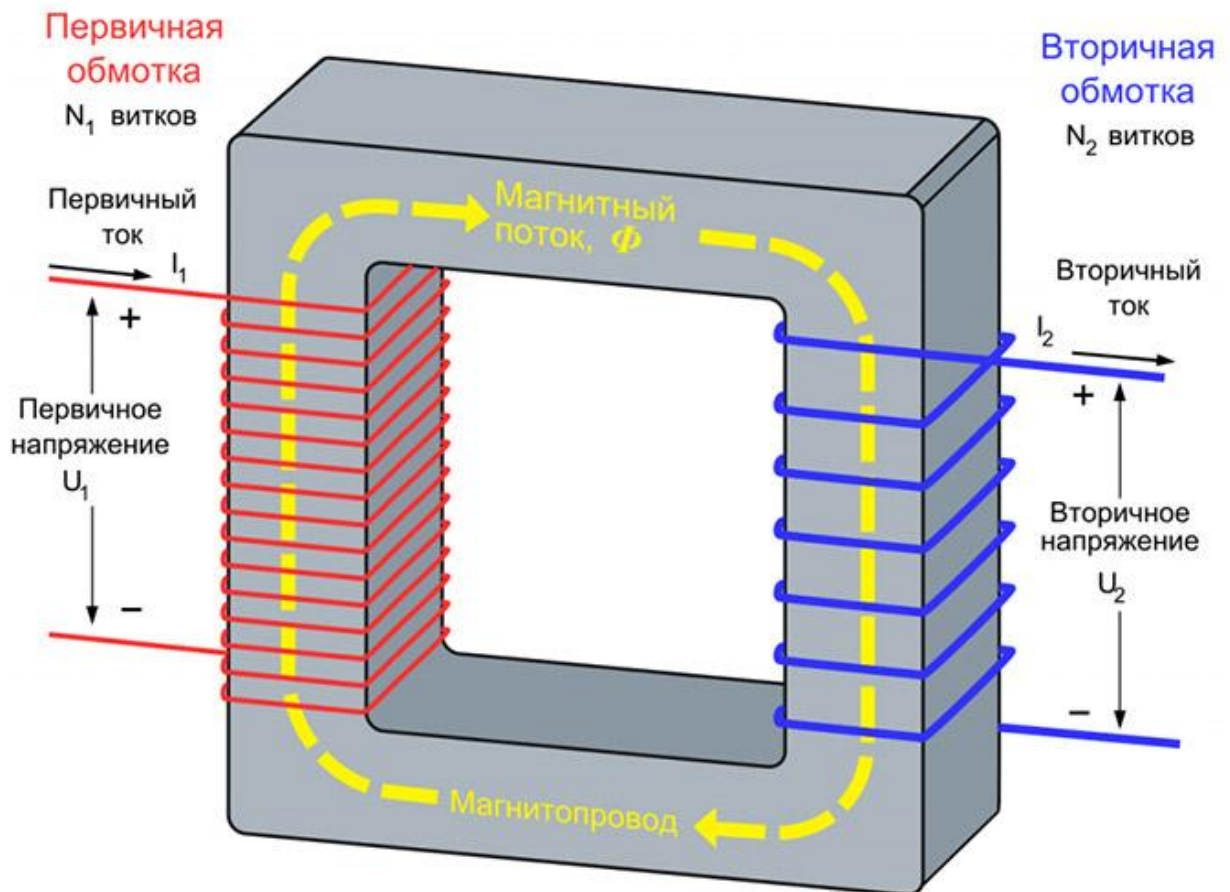
## Что такое трансформатор

Для начала давайте узнаем определение. **Трансформатор – это статическое электромагнитное изделие, предназначенное для трансформирования переменного электрического тока одного напряжения и частоты в электрический ток другого напряжения и той же частоты.**

**Функционирование абсолютно любого трансформатора базируется на таком явлении, как электромагнитная индукция.**

## Конструкция и принцип работы

Обязательными элементами практически любого устройства преобразования напряжения являются изолированные обмотки, сформированные из проволоки или ленты. Они располагаются на магнитопроводе, представленном сердечником из ферромагнитного материала. Связь между катушками осуществляется при помощи магнитного потока. В случае работы с высокочастотными токами (100 и более кГц) сердечник отсутствует.



Принцип работы трансформатора

В принципе работы трансформатора сочетаются основные постулаты электромагнетизма и электромагнитной индукции. Его можно рассмотреть на примере простейшего прибора с двумя катушками и стальным сердечником. Подача переменного напряжения на первичную обмотку приводит к возникновению магнитного потока в магнитопроводе, после чего во вторичной и первичной обмотке возникает ЭДС индукции, если подключить нагрузку ко вторичной обмотке то потечёт ток. Частота напряжения на выходе остаётся неизменной, а его величина зависит от соотношения витков катушек.

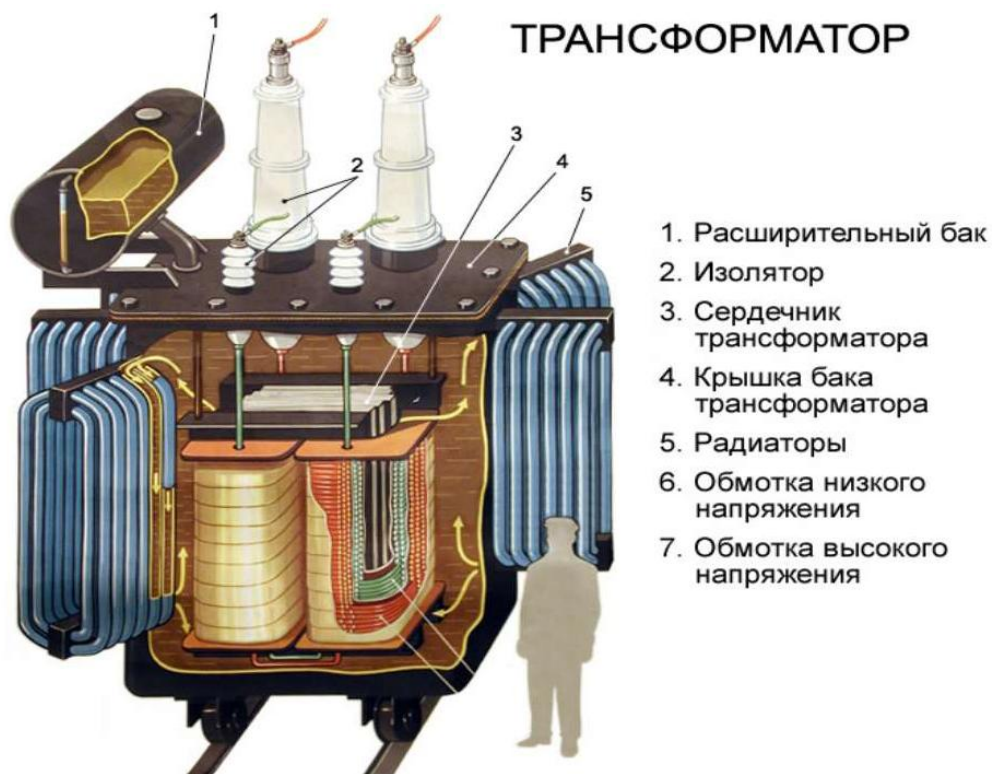
**Трансформаторы бывают повышающие и понижающие, что бы это определить нужно узнать коэффициент трансформации, с его помощью можно узнать какой трансформатор. Если коэффициент *меньше 1 то трансформатор повышающий* (также это можно определить по значениям если во вторичной обмотке больше чем в первичной то такой повышающий) и наоборот *если  $K > 1$ , то понижающий* (если в первичной обмотке меньше витков чем во вторичной).**

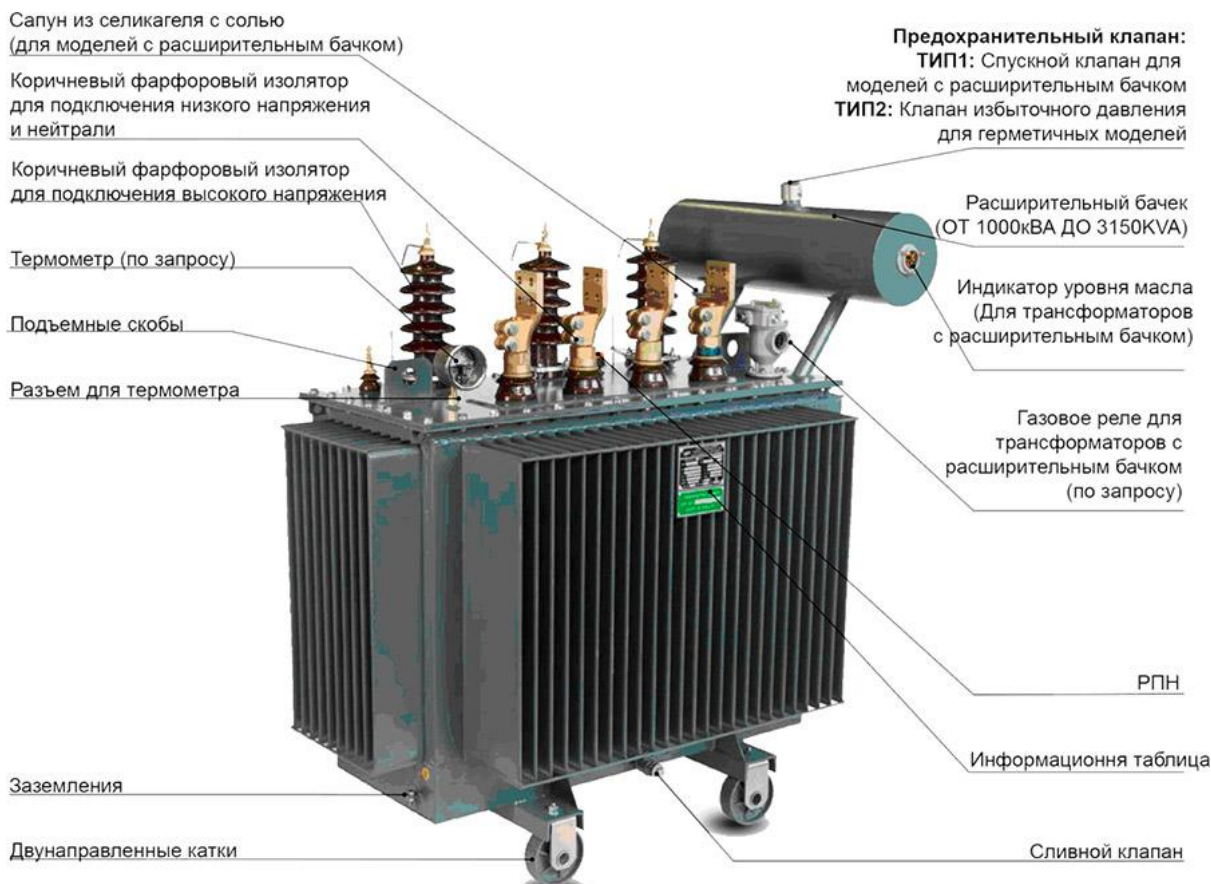
$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

Формула по вычислению коэффициента трансформации  
где:

- $U_1$  и  $U_2$  – напряжение в первичной и вторичной обмотки,
- $N_1$  и  $N_2$  – количество витков в первичной и вторичной обмотке,
- $I_1$  и  $I_2$  – ток в первичной и вторичной обмотки.

Конструкция силового трансформатора:

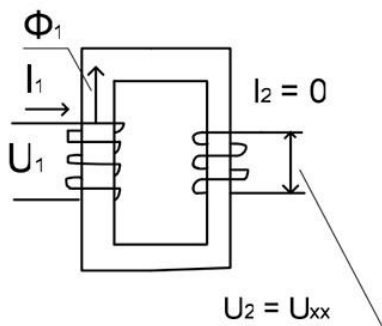




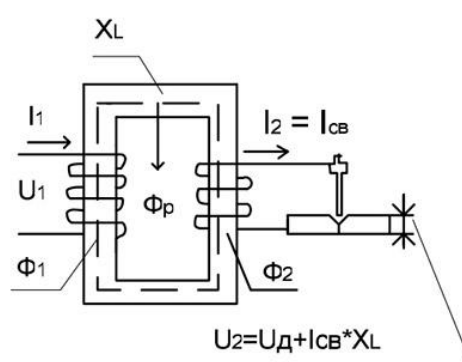
## Режимы работы

Характеристики трансформаторов определяются условиями работы, где ключевая роль отводится сопротивлению нагрузки. За основу берутся следующие режимы:

1. Холостого хода. Выводы вторичной цепи находятся в разомкнутом состоянии, сопротивление нагрузки приравнивается бесконечности. Измерения тока намагничивания, протекающего в первичной обмотке, даёт возможность подсчитать КПД трансформатора. При помощи этого режима вычисляется коэффициент трансформации, а также потери в сердечнике;
2. Под нагрузкой (рабочий). Вторичная цепь нагружается определённым сопротивлением. Параметры протекающего по ней тока напрямую связаны с соотношением витков катушек.

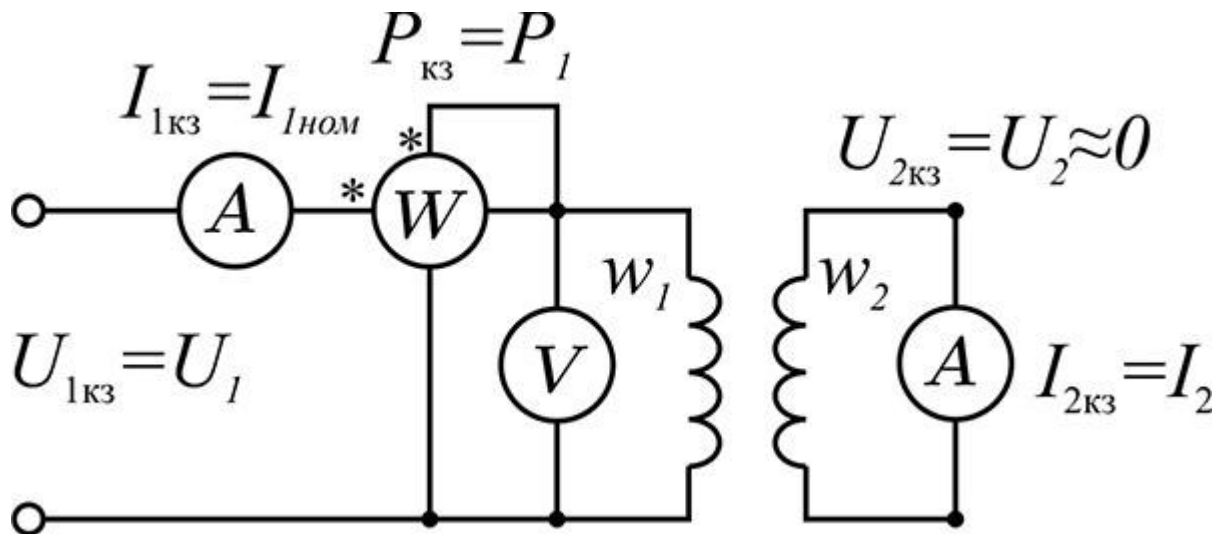


3. На холостом ходу



При нагрузке

4. Короткого замыкания. Концы вторичной обмотки закорочены, сопротивление нагрузки равно нулю. Режим информирует о потерях, которые вызываются нагревом обмоток, что на профессиональном языке значит «потерями в меди».



Режим короткого замыкания

Информация о поведении трансформатора в различных режимах получают опытным путём с использованием схем замещения.

## Классификации

Трансформаторы классифицируются по ряду параметров, таким как:

- Назначение. Применяются: для изменения напряжения, измерения тока, защиты электрических цепей, как лабораторные и промежуточные устройства.
- Способ установки. В зависимости от размещения и мобильности трансформатор может быть: стационарным, переносным, внутренним, внешним, опорным, шинным.
- Число ступеней. Устройства подразделяются на одноступенчатые и каскадные.
- Номинальное напряжение. Бывают низко- и высоковольтными.
- Изоляция обмоток. Наиболее часто используется бумажно-масляная, сухая, компаундная.

Помимо этого, преобразовательные устройства разнятся типами, каждому из которых присуща своя система классификации.

## Силовой

Наибольшее распространение получил **силовой трансформатор**. Приборы с непосредственным преобразованием переменного напряжения, рассчитанные на большую мощность, востребованы различными областями электроэнергетики. Они применяются на линиях электропередач с напряжениями 35–1150 кВ, в городских электросетях, работающих с напряжением 6 и 10 кВ, в обеспечении конечных

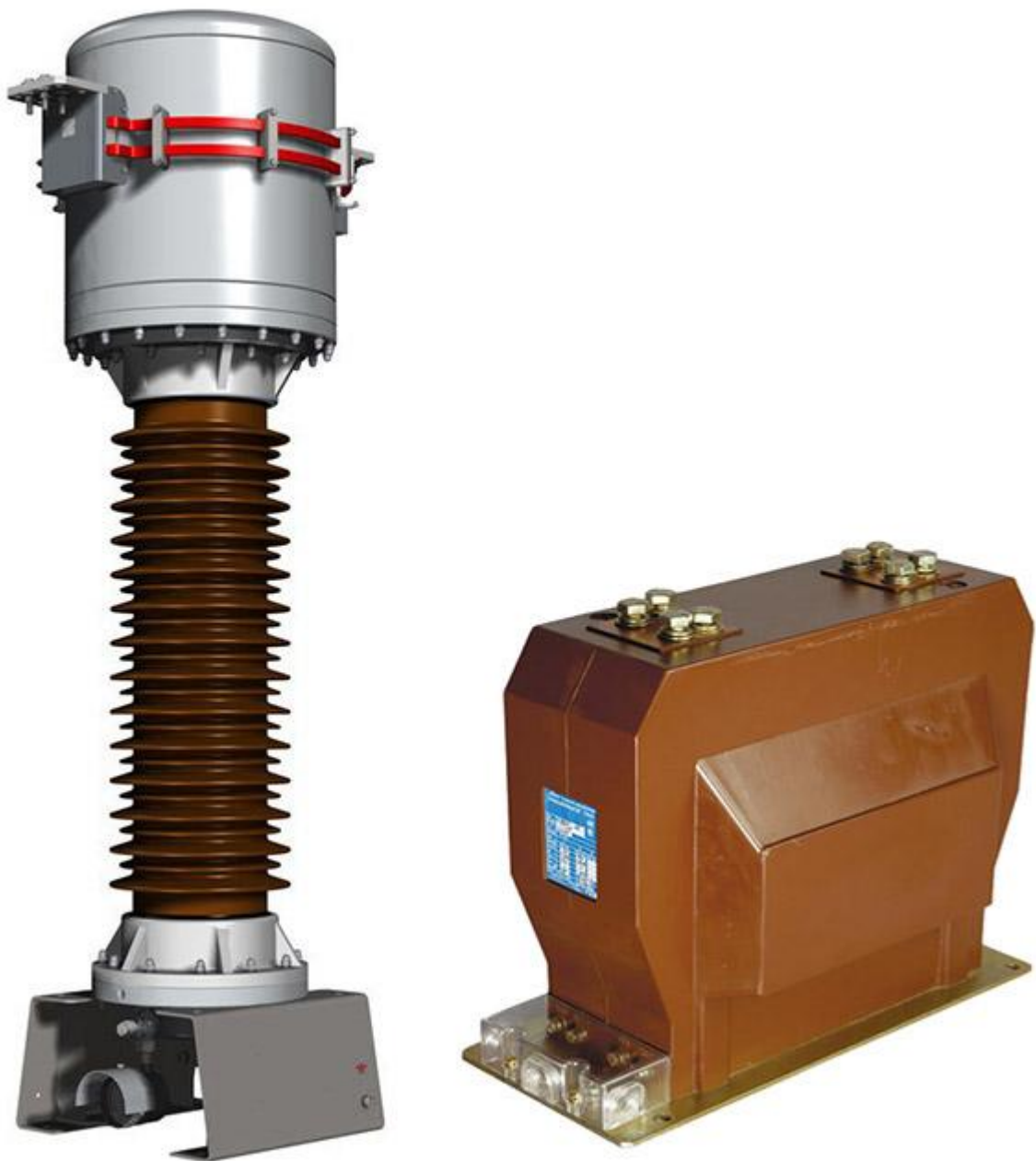
потребителей напряжением 220/380В. С помощью устройств осуществляется питание всевозможных электроустановок и приборов в диапазоне от долей до сотен тысяч вольт.



Силовой трансформатор

## Измерительные

**Трансформаторы тока (ТА)** понижают ток до необходимых показателей. Схема их работы отличается последовательным включением первичной обмотки и нагрузки. В то же время вторичная обмотка, находящаяся в состоянии, близком к короткому замыканию, используется для подключения измерительных приборов, исполнительных и индикаторных устройств. С помощью ТА осуществляется гальваническая развязка, что позволяет при измерениях отказаться от шунтов.



Высоковольтный ТТ(слева) и низковольтный ТТ(справа)

С помощью **трансформаторов напряжения (ТН)**, тоже самое что и ТА только по напряжению. Помимо преобразования входных параметров, электроаппаратура и её отдельные элементы получают защиту от высокого вольтажа.



Высоковольтный ТН(слева) и низковольтный ТН(справа)

## **Импульсный**

При необходимости преобразования сигналов импульсного характера применяются импульсные трансформаторы (ИТ). Изменяя амплитуду и полярность импульсов, устройства сохраняют их длительность и практически не затрагивают форму.

## **Автотрансформатор**

В автотрансформаторах обмотки составляют одну цепь и взаимодействуют посредством электромагнитной и электрической связи. В отличие от других типов преобразователей, устройства могут содержать всего 3 вывода, позволяющих оперировать с различными напряжениями. Приборы выделяются высоким коэффициентом полезного действия, что особо сказывается при незначительном перепаде входного и выходного напряжения.



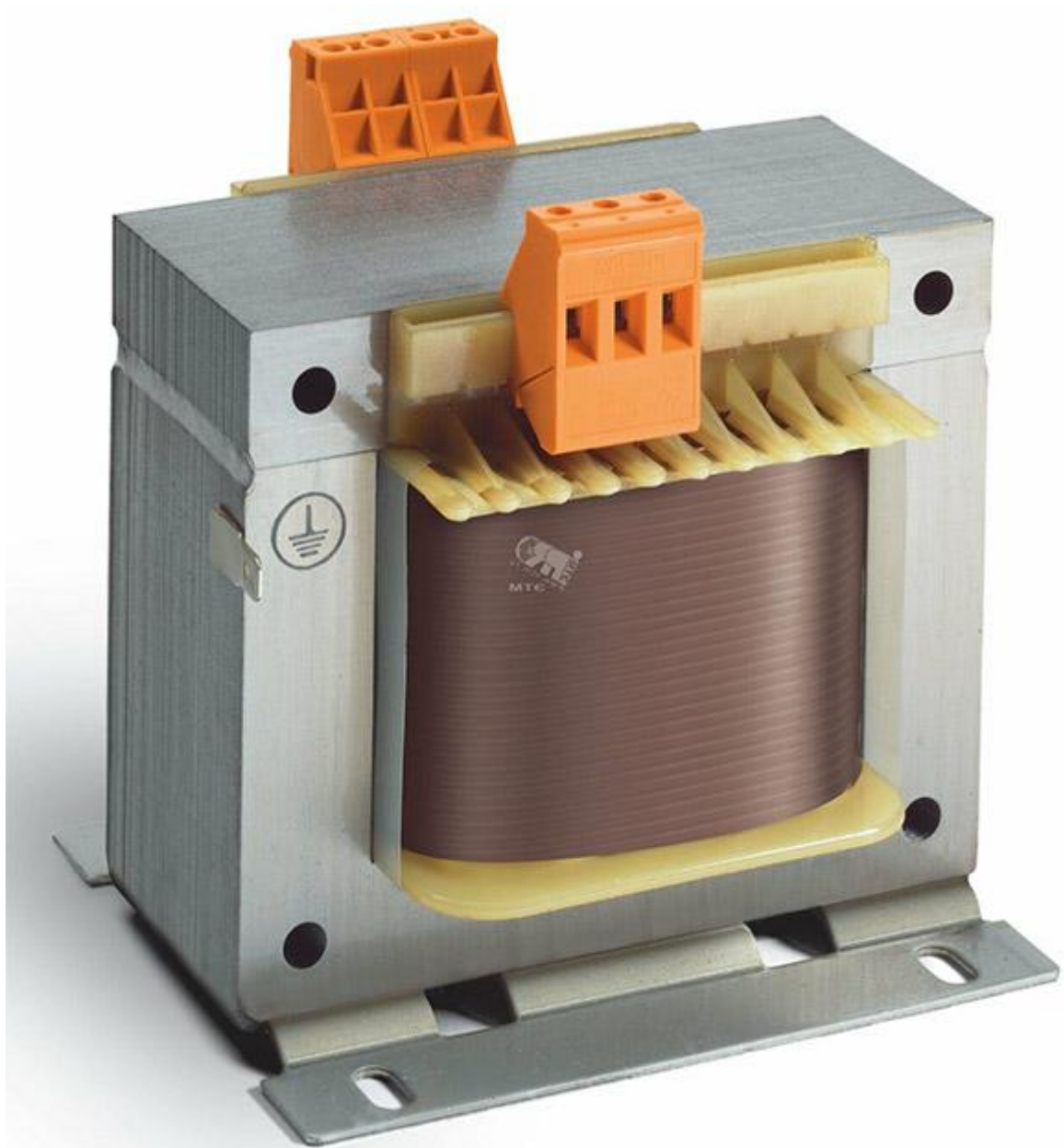


Однофазный(слева) и трёхфазный(справа)

Не имея гальванической развязки, представители данного типа повышают риск высоковольтного удара по нагрузке. Обязательным условием работы устройств являются надёжное заземление и низкий коэффициент трансформации. Недостаток компенсируется меньшим расходом материалов при изготовлении, компактностью и весом, стоимостью.

### **Разделительный**

Для разделительных трансформаторов взаимодействие между обмотками исключено. Устройства повышают безопасность электрооборудования при повреждённой изоляции.



Разделительный трансформатор

### **Согласующий**

Согласующие трансформаторы применяются для выравнивания сопротивлений между каскадами схем электроники. Сохраняя форму сигнала, они играют роль гальванической развязки.

### **Пик-трансформатор**

С помощью пик-трансформатора синусоидальное напряжение преобразуется в импульсное. При этом импульсы меняют полярность с каждым полупериодом.

### **Сдвоенный дроссель**

Особенностью сдвоенного дросселя является идентичность обмоток. Взаимная индукция катушек делает его более эффективным, по отношению стандартным

дросселям. Устройства используются как входные фильтры в блоках питания, в звуко- и цифровой технике.



Сдвоенный дроссель

### **Сварочный трансформатор**

Помимо вышеперечисленных, существует понятие сварочные трансформаторы. Специализированные приборы для сварочных работ понижают напряжение бытовой сети при одновременном повышении тока, измеряемого тысячами ампер. Регулировка последнего осуществляется разделением обмоток на сектора, что отражается на индуктивном сопротивлении.

## Типовой сварочный трансформатор

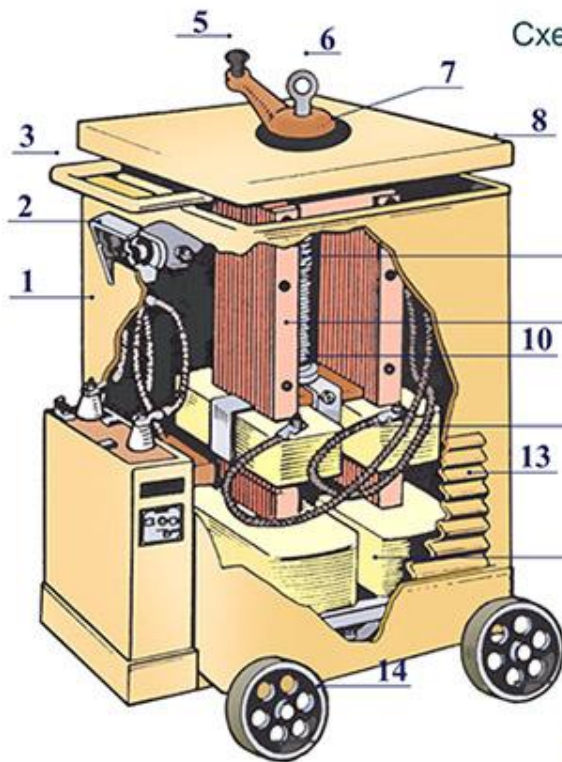
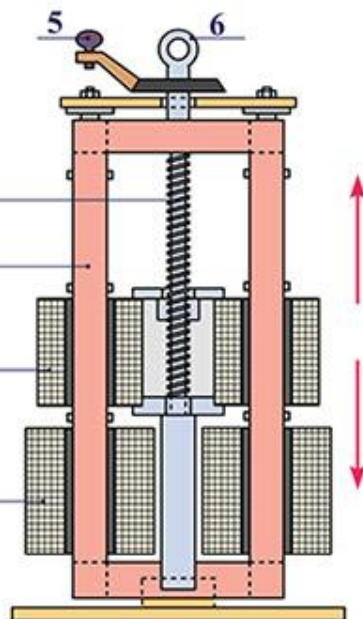
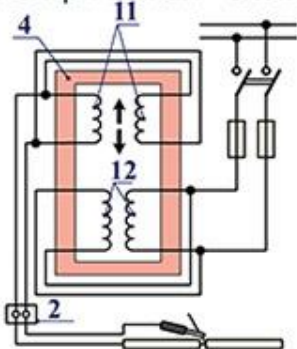


Схема регулирования сварочного тока

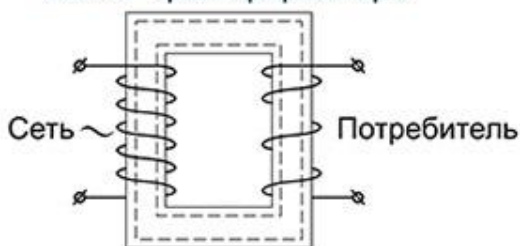


Регулирование силы сварочного тока осуществляется с помощью подвижной обмотки.

Электрическая схема



Простейшая электрическая схема трансформатора



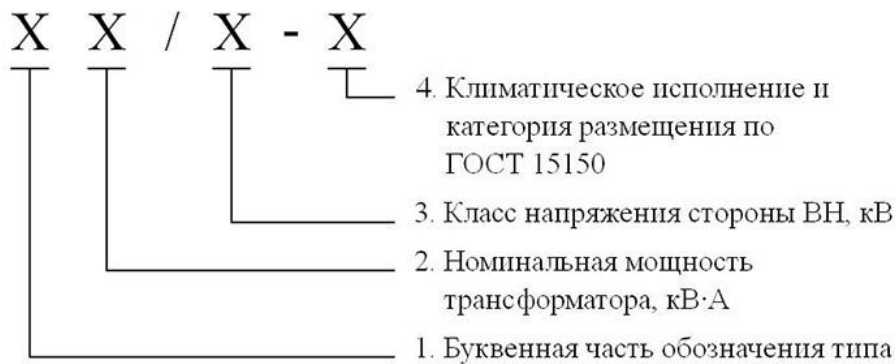
- 1 - корпус;
- 2 - клеммы;
- 3 - ручка;
- 4 - замкнутый магнитопровод;
- 5 - рукоятка;
- 6 - рым-болт;
- 7 - шкала;
- 8 - крышка корпуса;
- 9 - винт с ленточной резьбой;
- 10 - ходовая гайка;
- 11 - вторичная обмотка;
- 12 - первичная обмотка;
- 13 - жалюзи;
- 14 - колеса

Сварочный трансформатор

### Расшифровка основных параметров

Разнообразие в конструкции и широкий диапазон параметров трансформаторов привели к необходимости их маркировки по специальному стандарту. Не имея под рукой технического описания, характеристики устройства можно выяснить по нанесённой на его поверхности информации, выраженной буквенно-цифровым кодом.

Маркировка силовых трансформаторов содержит 4 блока.



Расшифруем первые три блока:

• **X X X X X - X / X**

• **1 2 3 4 5 - 6 / 7**

**1** – число фаз: Т-трехфазный, О-однофазный

**2** – расщепленная обмотка (если есть)– Р

**3** – охлаждение: М – масляное  
Д, ДЦ- дутьевое, дутьевое с принудит. циркуляц. масла  
Н – негорючий диэлектрик

**4** – число обмоток: Т - трех обмоточный

**5** – наличие устройства РПН: Н

**6** – номинальная мощность, S, кВА

**7** – номинальное первичное напряжение, U, кВ

Расшифровка маркировки: 1,2,3 блока

1. Первая буква «А» прикреплена за автотрансформаторами. При её отсутствии буквы «Т» и «О» соответствуют трёхфазным и однофазным трансформаторам.
2. Наличие далее буквы «Р» информирует об устройствах с расщеплённой обмоткой.
3. Третья буква означает охлаждение, масляной естественной системе охлаждения присвоена литера «М». Естественному воздушному охлаждению выделена буква «С», масляное с принудительным обдувом обозначается «Д», с принудительной циркуляцией масла – «Ц». Сочетание «ДЦ» указывает на наличие принудительной циркуляции масла с одновременным воздушным обдувом.
4. Литерой «Т» помечаются трёхобмоточные преобразователи.
5. Последний знак характеризует особенности трансформатора:
  - «Н» – РПН(регулировка напряжения под нагрузкой);
  - пробел – переключение без возбуждения;
  - «Г» – грозозащищенный.