

Трансформаторы



Определение, история создания, устройство,
принцип работы

● **Трансформатором** называют статическое электромагнитное устройство, имеющее две или большее число индуктивно-связанных обмоток и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной (первичной) системы переменного тока в другую (вторичную) систему переменного тока. Трансформаторы широко используются в промышленности и быту для различных целей.



История создания трансформатора

- В 1831 году английским физиком Майклом Фарадеем было открыто явление электромагнитной индукции, которое легло в основу работы трансформатора. В этом же году появилось его схематическое изображение .
- В 1848 году французским механиком Г. Румкорфом была изобретена индукционная катушка (ИНДУКТИВНОСТЬ) – прообраз трансформатора.



Датой же рождения первого трансформатора считается 30 ноября 1876 года, когда русский изобретатель Павел Николаевич Яблочков получил патент на трансформатор с разомкнутым сердечником. Это был стержень с намотанными на него обмотками.

В 1882 году этот трансформатор был усовершенствован другим русским ученым И.Ф.Усагиным

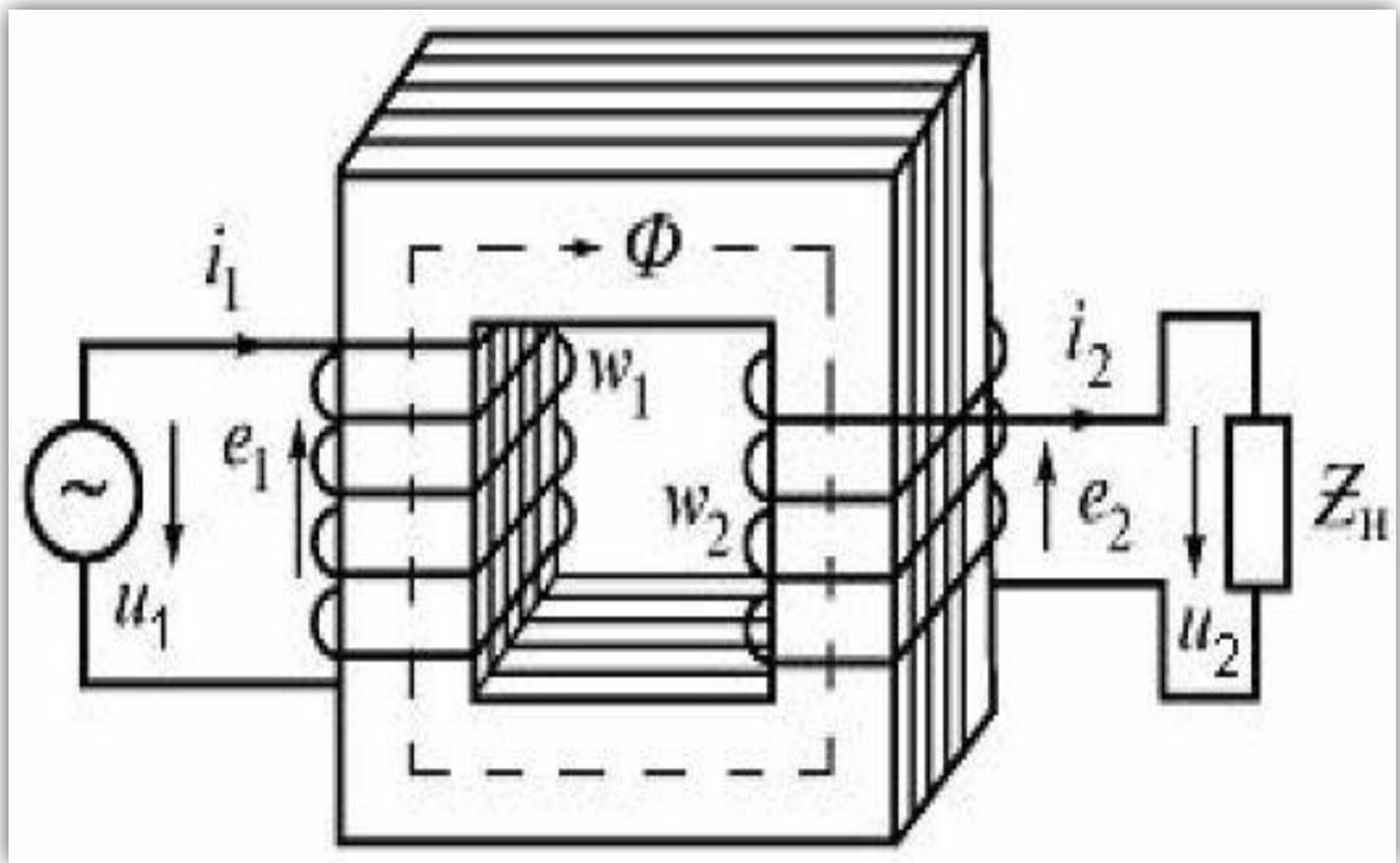
- **В 1884** году в Англии братьями Джоном и Эдуардом Гопкинсонами был создан первый трансформатор с замкнутым сердечником.
- **В конце 1880-х** инженером Д. Свинберном было изобретено масляное охлаждение трансформатора — это повысило надежность и долговечность его обмоток.
- В 1885 г. венгерские инженеры фирмы «Ганц и К°» Отто Блати, Карой Циперновский и Микша Дери изобрели трансформатор с замкнутым магнитопроводом, который сыграл важную роль в дальнейшем развитии конструкций трансформаторов.

- **В 1889** году русский электротехник **М. О. Доливо-Добровольский** вместе с предложенной им трехфазной системой переменного тока создал первый трехфазный трансформатор.
- Дальнейшее развитие трансформаторов сводилось к усовершенствованию материала сердечника, что позволило снизить потери и значительно увеличить эффективность трансформаторов.

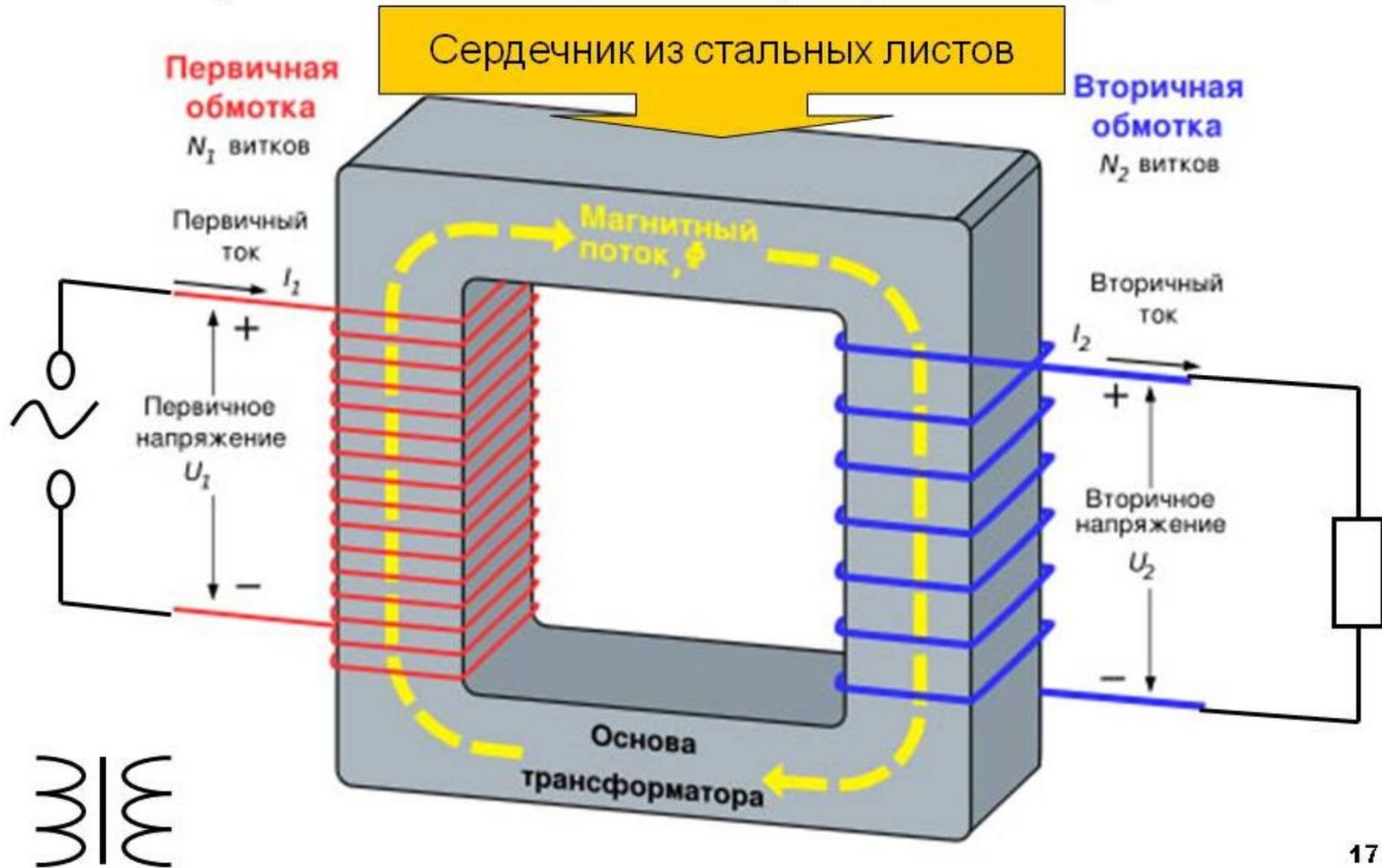


Устройство трансформато ра

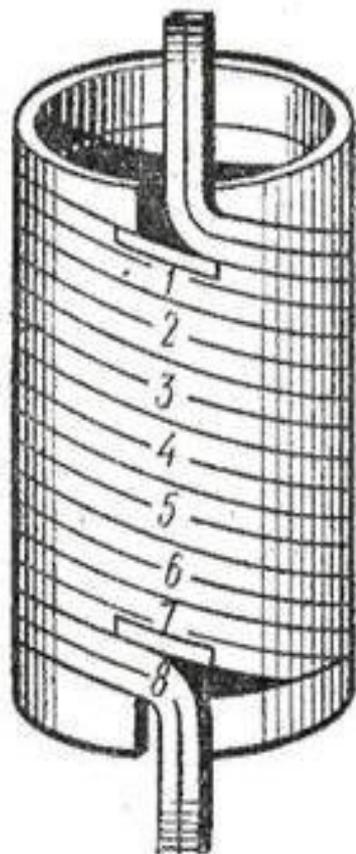
- Трансформатор состоит из замкнутого стального сердечника, собранного из пластин, на который надеты две катушки с проволочными обмотками. Одна из обмоток, называется **первичной**, она подключается к источнику переменного напряжения. Вторая обмотка, к которой присоединяют «нагрузку», т.е. приборы и устройства, потребляющие электроэнергию, называется **вторичной**.



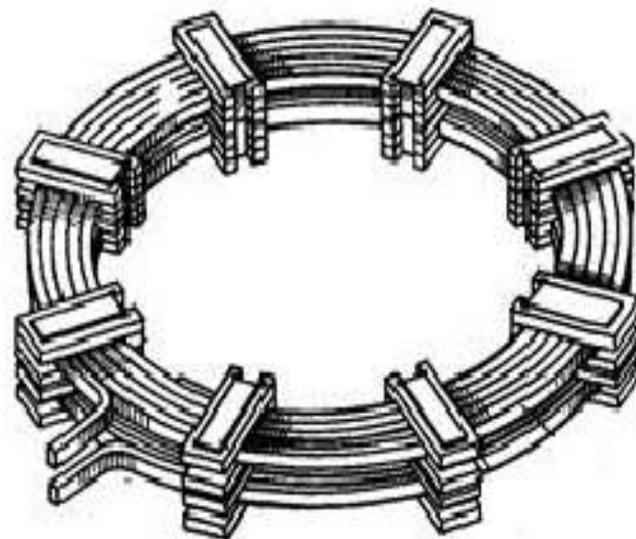
Устройство трансформатора



Электрическая схема трансформатора в самом простом исполнении должна содержать как минимум две обмотки. Такие трансформаторы называют **двухобмоточными**. Если обмоток больше двух, то они попадают в класс многообмоточных. Конструктивное исполнение обмоток трансформаторов разделяет их на цилиндрические, дисковые и концентрические. По соотношению обмоток трансформаторы делятся на **повышающие** – если напряжение вторичной обмотки больше силовой, и **понижающий** (соответственно наоборот).



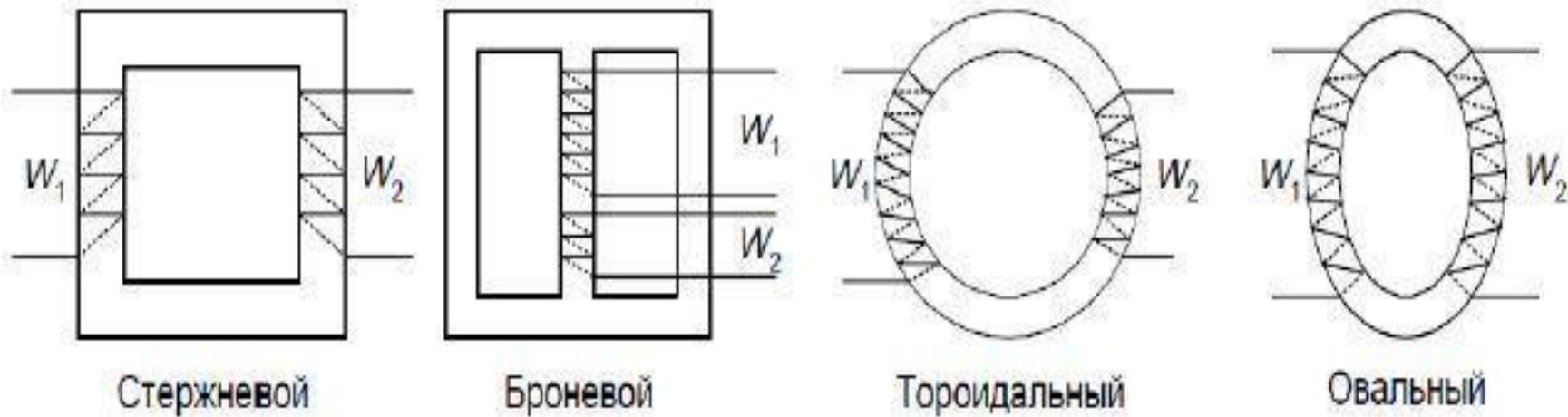
**Цилиндрическая
намотка**



**Дисковая
намотка**



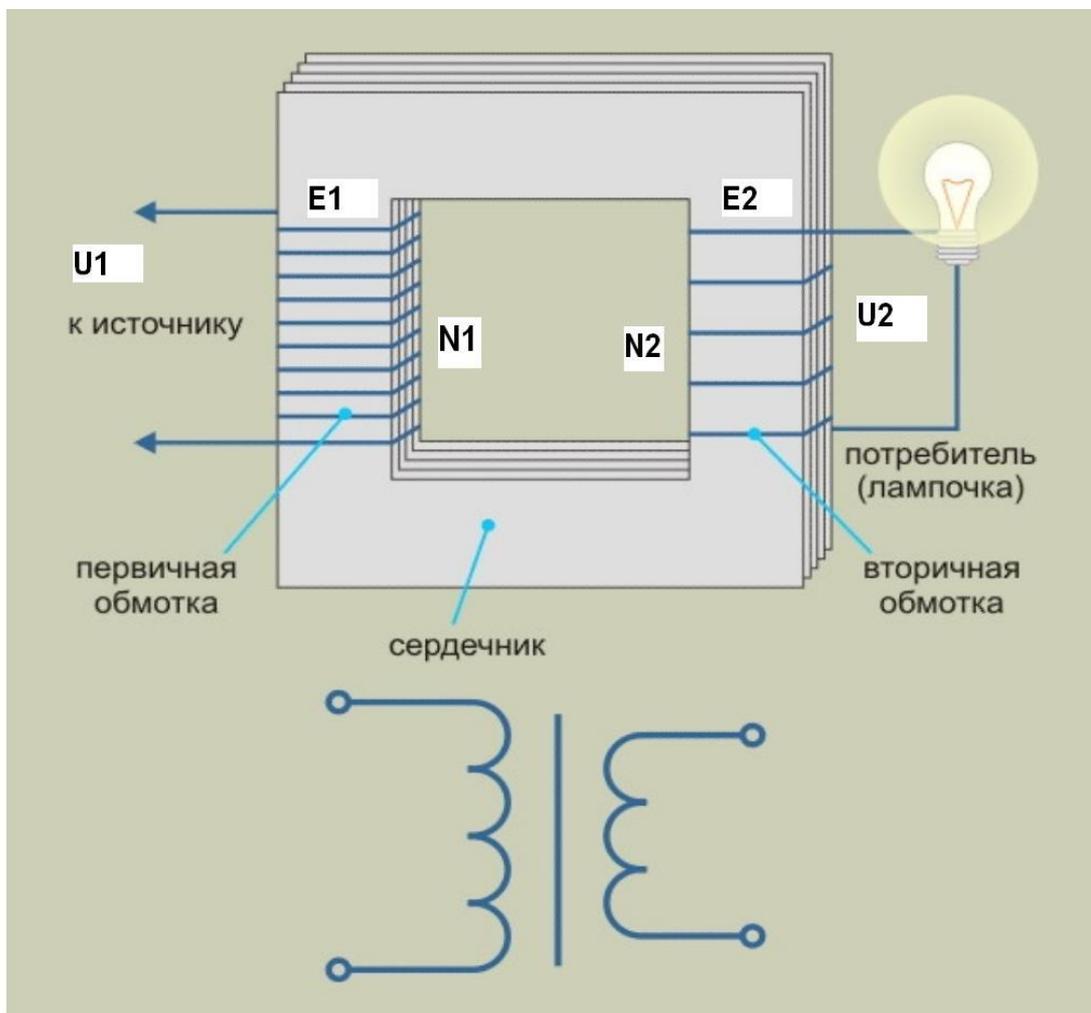
**Концентрическая
намотка**



По виду охлаждения трансформаторы подразделяются на **сухие** и **масляные**. Количество фаз в силовой обмотке делит трансформаторы на **однофазные** и **трёхфазные**. Так же существует классификация по форме магнитопровода: **стержневые** (строчные трансформаторы в телеаппаратуре), **броневые**, **тороидальные** и **овальные**.



- Трансформатор осуществляет преобразование переменного напряжения и/или гальваническую развязку в самых различных областях применения — электроэнергетике, электронике и радиотехнике.

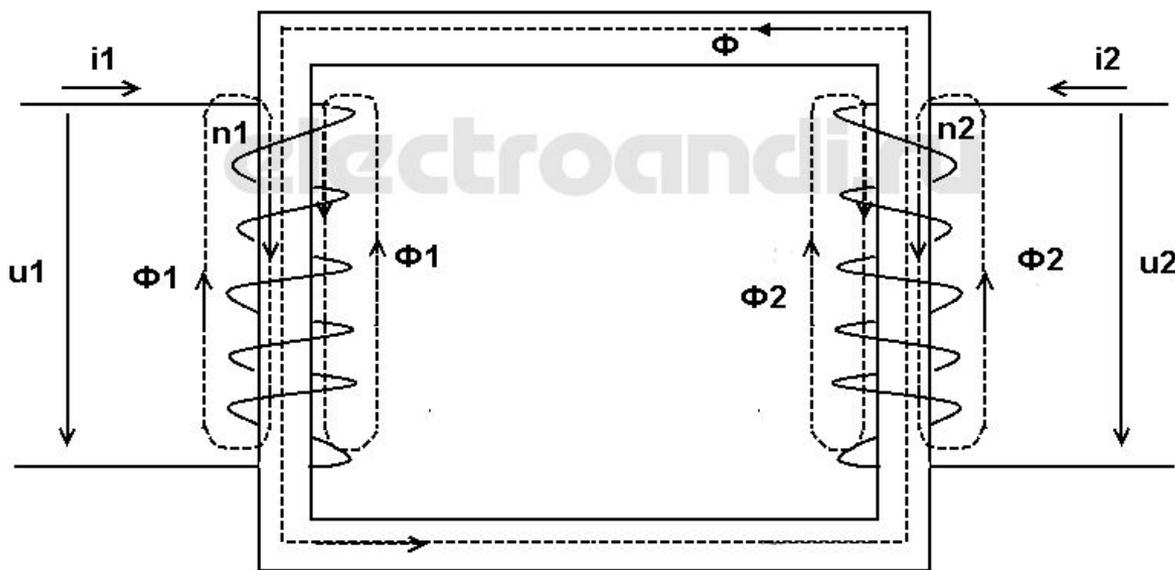


Устройство трансформатора.

- *Две катушки с разными числами витков одеты в стальной сердечник*
 - *Катушка, подключенная к источнику – первичная катушка. (N_1, U_1, I_1)*
 - *Катушка, подключенная к потребителю – вторичная катушка. (N_2, U_2, I_2)*
- N -число витков. U -напряжение. I -сила тока.

Принцип работы

Схема однофазного двухобмоточного трансформатора представлена ниже.



На схеме изображены основные части: ферромагнитный сердечник, две обмотки на сердечнике. Первая обмотка и все величины которые к ней относятся (i_1 -ток, u_1 -напряжение, n_1 -число витков, Φ_1 – магнитный поток) называют первичными, вторую обмотку и соответствующие величины - вторичными.



Как только вторичная обмотка подключается к нагрузке, в цепи возникает ток i_2 , то есть совершается передача энергии от трансформатора, который получает ее из сети, к нагрузке. *Передача энергии в самом трансформаторе происходит благодаря магнитному потоку Φ .*

Первичную обмотку включают в сеть с переменным напряжением, её намагничивающая сила $i_1 n_1$ создает в магнитопроводе переменный магнитный поток Φ , который сцеплен с обеими обмотками и в них индуцирует ЭДС

$$e_1 = -n_1 d\Phi/dt, \quad e_2 = -n_2 d\Phi/dt.$$

При синусоидальном изменении магнитного потока $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$, ЭДС равно

$$e = E_m \sin (\omega t - \pi/2).$$

Для того чтобы посчитать действующее значение ЭДС нужно воспользоваться формулой

$$E = 4.44 f n \Phi_m ,$$

Где f - циклическая частота,

n - количество витков,

Φ_m - амплитуда магнитного потока.

Причем если вы хотите посчитать величину ЭДС в какой либо из обмоток, нужно вместо n подставить число витков в данной обмотке.

Из приведенных выше формул можно сделать вывод о том, что ЭДС отстает от магнитного потока на четверть периода и отношение ЭДС в обмотках трансформатора равно отношению чисел витков

$$E_1/E_2 = n_1/n_2.$$

Если вторая обмотка *не находится под нагрузкой*, значит трансформатор находится в *режиме холостого хода*. В этом случае $i_2 = 0$, а $u_2 = E_2$, ток i_1 мал и мало падение напряжения в первичной обмотке, поэтому $u_1 \approx E_1$ и отношение ЭДС можно заменить отношением напряжений

$$u_1/u_2 = n_1/n_2 = E_1/E_2 = k.$$

- Из этого можно сделать вывод, что вторичное напряжение может быть меньше или больше первичного, в зависимости от отношения чисел витков обмоток.
- **Отношение первичного напряжения ко вторичному при холостом ходе трансформатора называется коэффициентом трансформации k .**

КПД трансформатора

- Обычно мощность на выходе и мощность на входе приблизительно равны, так как трансформаторы являются электрическими машинами с довольно высоким КПД, но если требуется произвести более точный расчет, то КПД находится как отношение активной мощности на выходе к активной мощности на входе

$$\eta = P_2/P_1.$$



Виды трансформа- торов



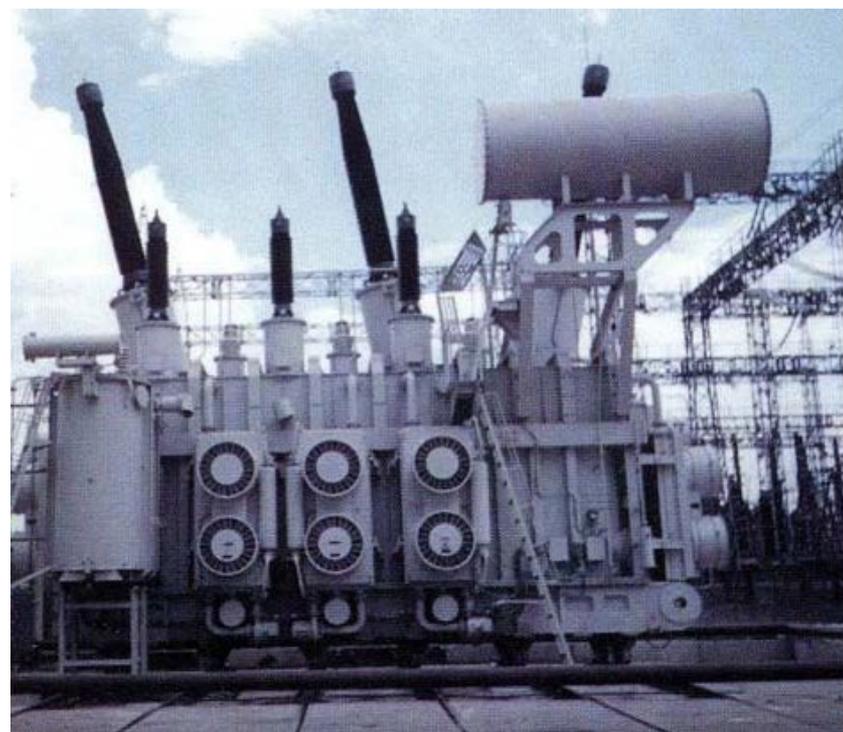
Силовой трансформатор

- **Силовой трансформатор** - трансформатор, предназначенный для преобразования электрической энергии в электрических сетях и в установках, предназначенных для приёма и использования электрической энергии.



Автотрансформатор

- **Автотрансформатор** — вариант трансформатора, в котором первичная и вторичная обмотки соединены напрямую, и имеют за счёт этого не только электромагнитную связь, но и электрическую. Обмотка автотрансформатора имеет несколько выводов (как минимум 3), подключаясь к которым, можно получать разные напряжения.



Трансформатор тока

● **Трансформатор тока** — трансформатор, питающийся от источника тока. Типичное применение - для снижения первичного тока до величины, используемой в цепях измерения, защиты, управления и сигнализации. Первичная обмотка трансформатора тока включается в цепь с измеряемым переменным током, а во вторичную включаются измерительные приборы. Ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора тока, равен току первичной обмотки, деленному на коэффициент трансформации.



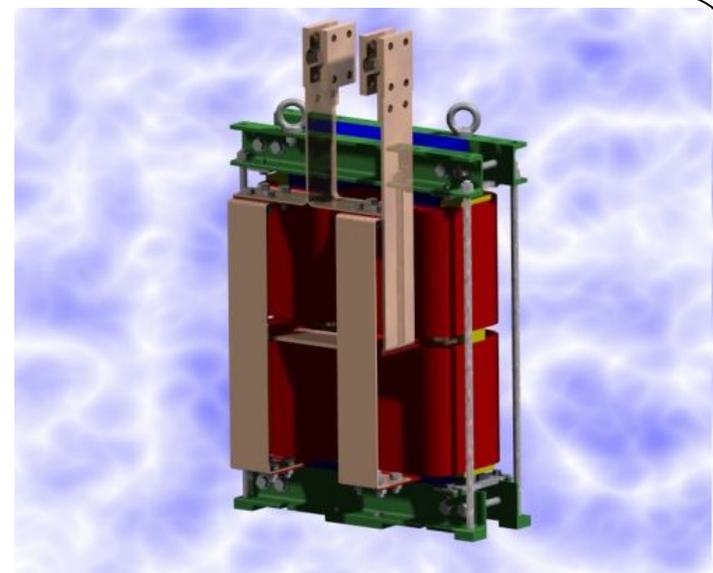
Трансформатор напряжения

- **Трансформатор напряжения** — трансформатор, питающийся от источника напряжения. Типичное применение - преобразование высокого напряжения в низкое в цепях защиты и сигнализации. Применение трансформатора напряжения позволяет изолировать логические цепи защиты и цепи измерения от цепи высокого напряжения.



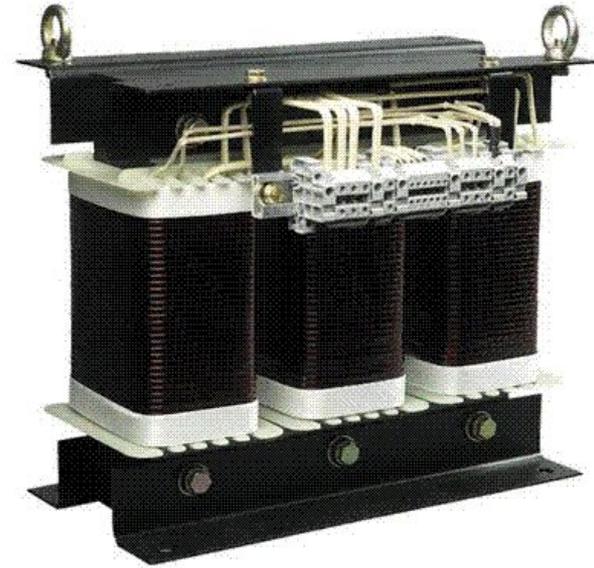
Импульсный трансформатор

- **Импульсный трансформатор** — это трансформатор, предназначенный для преобразования импульсных сигналов с длительностью импульса до десятков микросекунд с минимальным искажением формы импульса. Основное применение - передача прямоугольного электрического импульса. Он служит для трансформации кратковременных видеоимпульсов напряжения, обычно периодически повторяющихся с высокой скважностью.



Разделительный трансформатор

- **Разделительный трансформатор** — это трансформатор, первичная обмотка которого электрически не связана со вторичными обмотками. Силовые разделительные трансформаторы предназначены для повышения безопасности электросетей, при случайных одновременных прикосновениях к земле и токоведущим частям или нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции. Сигнальные разделительные трансформаторы обеспечивают гальваническую развязку электрических цепей.



Спасибо за
внимание!

