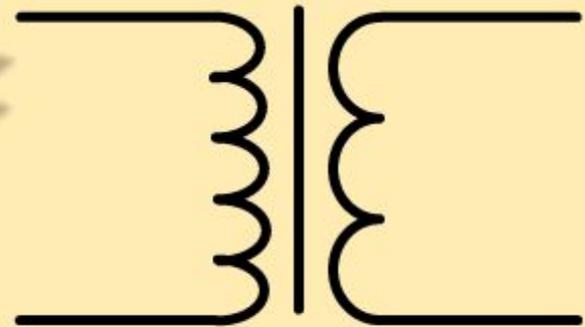
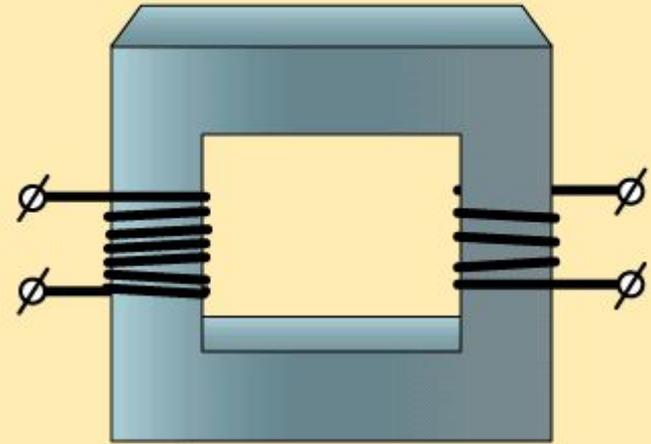
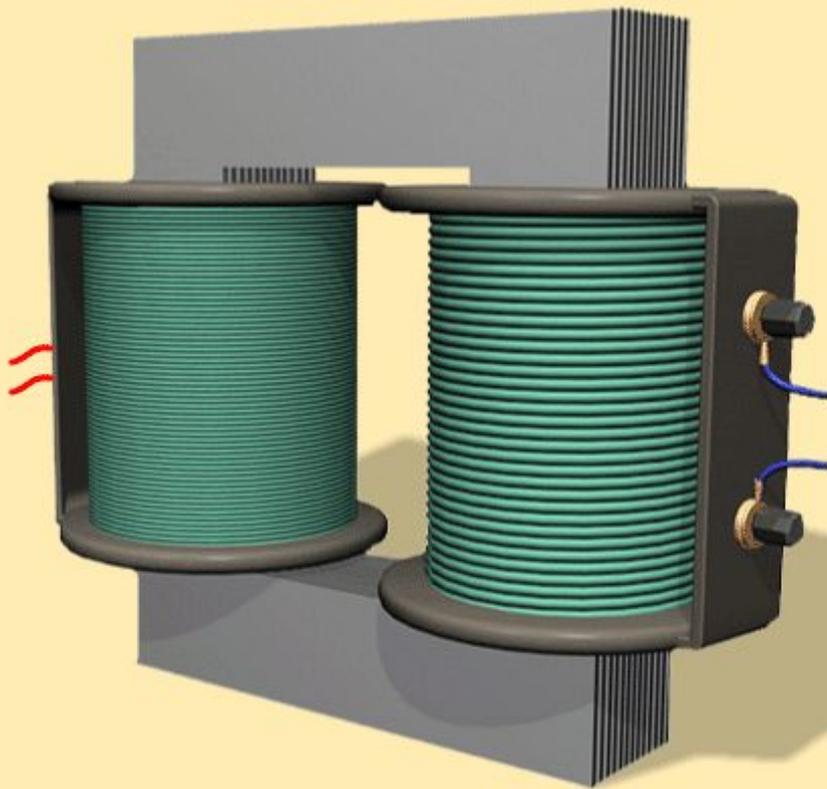


Трансформатор

(от лат. *transformo* — преобразовывать) — электрический аппарат, имеющий две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенный для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока.

Зачем нужен трансформатор???

- Уже второй век человечество использует электрический ток в промышленных масштабах. И все эти годы используется в основном переменный ток. В странах Европы и Америки наибольшее распространение получил ток, меняющий своё направление 100–120 раз в секунду, т.е. частотой 50–60 Гц. Логично предположить, что он имеет какое-то преимущество перед постоянным током. Да, действительно, переменный ток способен легко преобразовываться в ток другого напряжения. Например, электрогенераторы гидроэлектростанций или теплоэлектростанций вырабатывают ток напряжением 10–20 кВ. Но по проводам выгодно передавать ток напряжением 100–1000 кВ. К двигателям станков на предприятиях подводится напряжение 380–660 В. Как видим, напряжение тока при производстве, передаче и использовании электроэнергии разное. Следовательно, существует потребность в трансформации (от лат. *transformo* – преобразую) электрического тока одного напряжения в ток другого напряжения.



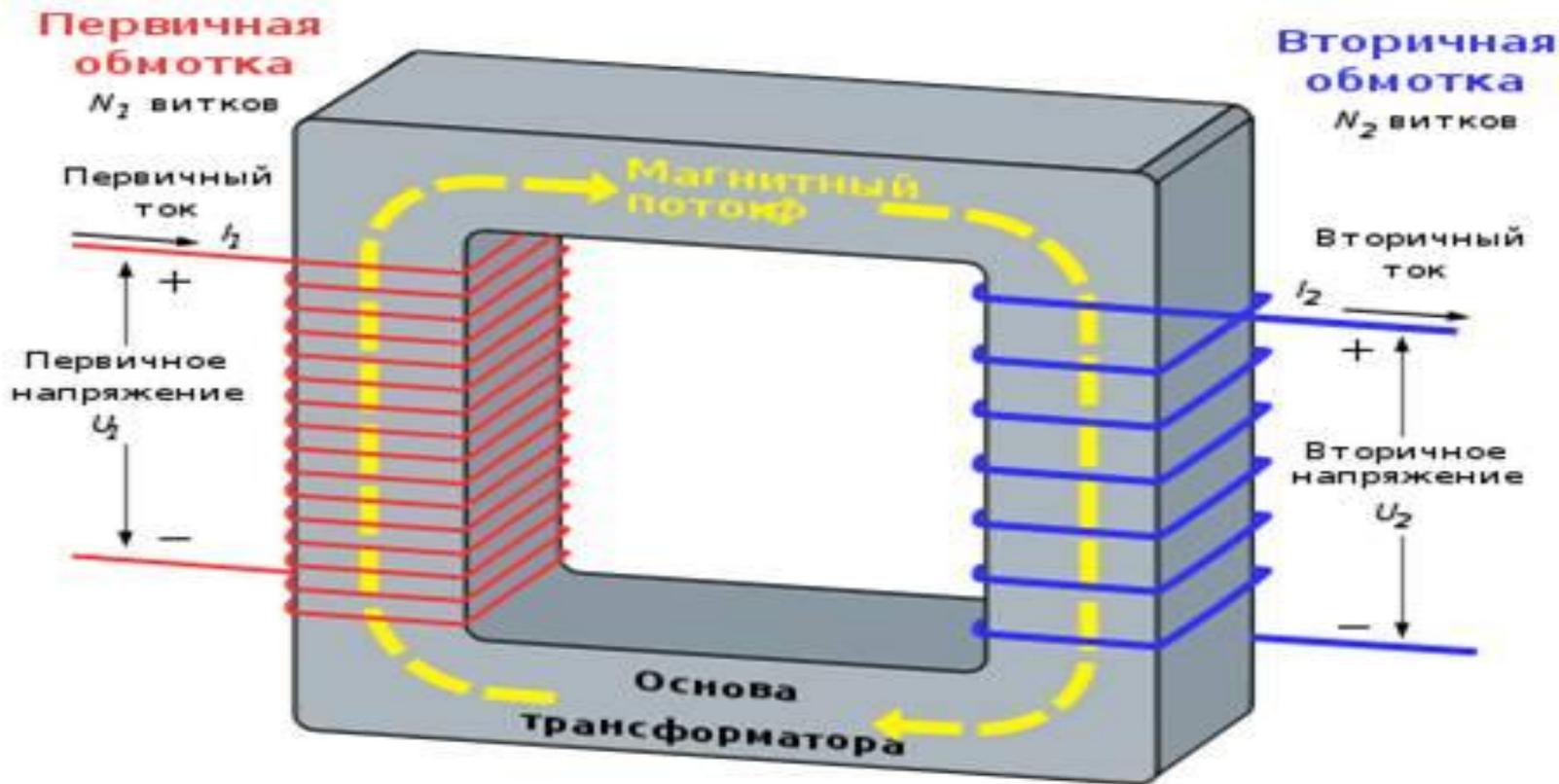
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} = K$$

Принцип работы

Работа трансформатора основана на двух базовых принципах:

- Изменяющийся во времени электрический ток создаёт изменяющееся во времени магнитное поле
- Изменение магнитного потока, проходящего через обмотку, создаёт ЭДС в этой обмотке

На одну из обмоток, называемую *первичной обмоткой*, подаётся напряжение от внешнего источника. Протекающий по первичной обмотке переменный ток создаёт переменный магнитный поток в магнитопроводе. В результате электромагнитной индукции, переменный магнитный поток в магнитопроводе создаёт во всех обмотках, в том числе и в первичной, ЭДС индукции, пропорциональную первой производной магнитного потока, при синусоидальном токе сдвинутой на 90° в обратную сторону по отношению к магнитному потоку.



Устройство трансформатора:

- Две катушки с разным кол-вом 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)
- Сердечник

Значение элементов

Первичная катушка: ток источника создаёт магнитное поле

Сердечник – усиливает магнитное поле, которое пронизывает вторичную катушку. Сердечник изготавливают из специальной трансформаторной стали, чтобы уменьшить потери на перемагничивание. Его делают замкнутым – для уменьшения рассеивания магнитного потока. Сердечник выполняют не из цельного куска, а набирают из отдельных изолированных пластин для ослабления токов Фуко.

Вторичная катушка: магнитное поле создаёт индукционный ток, напряжение которого зависит от числа витков. N_2 больше $\rightarrow U_2$ больше.

- ЭДС, создаваемая во вторичной обмотке, может быть вычислена по закону Фарадея, который гласит, что:

$$U_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Где: U_2 — Напряжение на вторичной обмотке, N_2 — число витков во вторичной обмотке, Φ — суммарный магнитный поток, через один виток обмотки. Если витки обмотки расположены перпендикулярно линиям магнитного поля, то поток будет пропорционален магнитному полю B и площади S через которую он проходит .

- ЭДС, создаваемая в первичной обмотке, соответственно:

$$U_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

Где: U_1 — мгновенное значение напряжения на концах первичной обмотки, N_1 — число витков в первичной обмотке.

- Поделив уравнение U_2 на U_1 , получим отношение:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

коэффициент трансформации

это величина, выражающая масштабирующую (преобразовательную) характеристику трансформатора относительно какого-нибудь параметра электрической цепи (напряжения, тока, сопротивления и т.д.).

□ Рассчитывается:

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\varepsilon \cdot W_1 + I_1 \cdot R_1}{\varepsilon \cdot W_2 - I_2 \cdot R_2}$$

Где:

- U_1, U_2 — входное и выходное напряжения соответственно
 - ε — ЭДС наводимая в каждом витке любой обмотки данного трансформатора
 - W_1, W_2 — число витков первичной и вторичной обмоток
 - I_1, I_2 — токи в первичной и вторичной цепях трансформатора
 - R_1, R_2 — активные сопротивления обмоток
- Если пренебречь потерями в обмотках, то есть R_1, R_2 считать равными нулю, то:

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

Уравнения идеального трансформатора

- Идеальный трансформатор — трансформатор, у которого отсутствуют потери энергии на нагрев обмоток и потоки рассеяния обмоток. В идеальном трансформаторе все силовые линии проходят через все витки обеих обмоток, и поскольку изменяющееся магнитное поле порождает одну и ту же ЭДС в каждом витке, суммарная ЭДС, индуцируемая в обмотке, пропорциональна полному числу её витков. Такой трансформатор всю поступающую энергию из первичной цепи трансформирует в магнитное поле и, затем, в энергию вторичной цепи. В этом случае поступающая энергия равна преобразованной энергии:

$$P_1 = I_1 \cdot U_1 = P_2 = I_2 \cdot U_2$$

□ Где:

- P_1 — мгновенное значение поступающей на трансформатор мощности, поступающей из первичной цепи
- P_2 — мгновенное значение преобразованной трансформатором мощности, поступающей во вторичную цепь.

□ Соединив это уравнение с отношением напряжений на концах обмоток, получим уравнение идеального трансформатора:

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

□ Таким образом получаем, что при увеличении напряжения на концах вторичной обмотки U_2 , уменьшается ток вторичной цепи I_2 .

КПД трансформатора

- КПД современных трансформаторов, особенно повышенной мощности, весьма высок, достигает значений 97-99%
- КПД трансформатора находится по следующей формуле:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{P_0 + P_L \cdot n^2}{P_2 \cdot n}}$$

- Где:
- ✓ P_0 — потери холостого хода (кВт) при номинальном напряжении
- ✓ P_L — нагрузочные потери (кВт) при номинальном токе
- ✓ P_2 — активная мощность (кВт), подаваемая на нагрузку
- ✓ n — относительная степень нагружения (при номинальном токе $n=1$).

На что же может тратиться энергия в трансформаторе?

- нагрев обмоток;
- перемагничивание сердечника;
- нагрев сердечника токами Фуко;
- рассеивание магнитного потока

Виды трансформаторов

Существует много различных видов трансформаторов, но знать всё про каждый из них может только человек специализирующийся в этой области.

Некоторые Виды:

- ✓ Силовой трансформатор
- ✓ Автотрансформатор
- ✓ Трансформатор тока
- ✓ Трансформатор напряжения
- ✓ Импульсный трансформатор
- ✓ Разделительный трансформатор
- ✓ Пик-трансформатор
- ✓ Сдвоенный дроссель
- ✓ Трансфлюксор
- ✓ *Трансформатор (катушка) Тесла*



<http://metzger.by/>



Трансформатор Тесла

Резонансный трансформатор, производящий высокое напряжение высокой частоты.

Работу резонансного трансформатора можно объяснить на примере обыкновенных качелей. Если их раскачивать в режиме принудительных колебаний, то максимально достигаемая амплитуда будет пропорциональна прилагаемому усилию. Если раскачивать в режиме свободных, резонансных колебаний, то при усилиях равных с принудительными колебаниями, максимальная амплитуда вырастает многократно. Так и с трансформатором Теслы - в роли качелей выступает вторичный колебательный контур, а в роли прилагаемого усилия - генератор. Их согласованность ("подталкивание" строго в нужные моменты времени) обеспечивает первичный контур или задающий генератор (в зависимости от устройства).



- Первичная катушка обычно содержит несколько витков провода большого диаметра или медной трубки, а вторичная около 1000 витков провода меньшего диаметра.
- В отличие от обычных трансформаторов, здесь нет ферромагнитного сердечника. Таким образом взаимная индукция между двумя катушками гораздо меньше, чем у трансформаторов с ферромагнитным сердечником. Первичная катушка вместе с конденсатором образует колебательный контур, в который включён нелинейный элемент — разрядник.
- Разрядник, в простейшем случае обыкновенный газовый, представляет собой два массивных электрода с регулируемым зазором. Электроды должны быть устойчивы к протеканию больших токов через электрическую дугу между ними и иметь хорошее охлаждение.
- Вторичная катушка также образует колебательный контур, где роль конденсатора главным образом выполняют ёмкость тороида и собственная межвитковая ёмкость самой катушки. Вторичную обмотку часто покрывают слоем эпоксидной смолы или лака для предотвращения электрического пробоя.
- Терминал может быть выполнен в виде диска, заточенного штыря или сферы и предназначен для получения предсказуемых искровых разрядов большой длины.

Как работает

- Первая фаза — это заряд конденсатора до напряжения пробоя разрядника. Вторая фаза — генерация высокочастотных колебаний.

□ Заряд

Заряд конденсатора производится внешним источником высокого напряжения на базе повышающего низкочастотного трансформатора. Так как часть электрической энергии, накопленной в конденсаторе, уйдёт на генерацию высокочастотных колебаний, то ёмкость и максимальное напряжение на конденсаторе пытаются максимизировать. Напряжение заряда ограничено напряжением пробоя разрядника, которое (в случае воздушного разрядника) можно регулировать, изменяя расстояние между электродами или их форму. Обычно напряжение заряда конденсатора лежит в диапазоне 2-20 киловольт. Знак напряжения при заряде конденсатора не важен, поэтому устройство может питаться невыпрямленным напряжением промышленной частоты 50 Гц.

□ Генерация

После достижения между электродами разрядника напряжения пробоя в нём возникает лавинообразный электрический пробой газа. Конденсатор разряжается через разрядник на катушку. После разряда конденсатора напряжение пробоя разрядника резко уменьшается из-за оставшихся в газе носителей заряда (ионов). Поэтому цепь колебательного контура, состоящего из первичной катушки и конденсатора, остаётся замкнутой через разрядник и в ней возникают высокочастотные колебания. Колебания постепенно затухают, в основном из-за потерь в разряднике и ухода электромагнитной энергии на вторичную катушку, и продолжаются до тех пор, пока ток создаёт достаточное количество носителей заряда для поддержания напряжения пробоя разрядника существенно меньшего, чем амплитуда напряжения колебаний в LC контуре. Во вторичной цепи возникают резонансные колебания, что приводит к появлению на терминеале высокого напряжения.



5
E
O