

# ***Трансформатор***

**Урок физики в 11 классе.  
Подготовила учитель физики Мельник  
Алла Ивановна**

**Трансформатор** (от лат. *transformo* — преобразовывать) —

- Устройство, предназначенное для повышения и понижения напряжения переменного тока, без потери мощности.

# История

- В 1831 английским физиком Майклом Фарадеем было открыто явление электромагнитной индукции, лежащее в основе действия электрического трансформатора, при проведении им основополагающих исследований в области электричества.
- В 1848 году французский механик Г. Румкорф изобрёл индукционную катушку. Она явилась прообразом трансформатора.
- 30 ноября 1876 год , дата получения патента Яблочковым Павлом Николаевичем считается датой рождения первого трансформатора. Это был трансформатор с разомкнутым сердечником, представлявшим собой стержень, на который наматывались обмотки.
- Первые трансформаторы с замкнутыми сердечниками были созданы в Англии в 1884 году братьями Джоном и Эдуардом Гопкинсон.



**Я Б Л О Ч К О В**

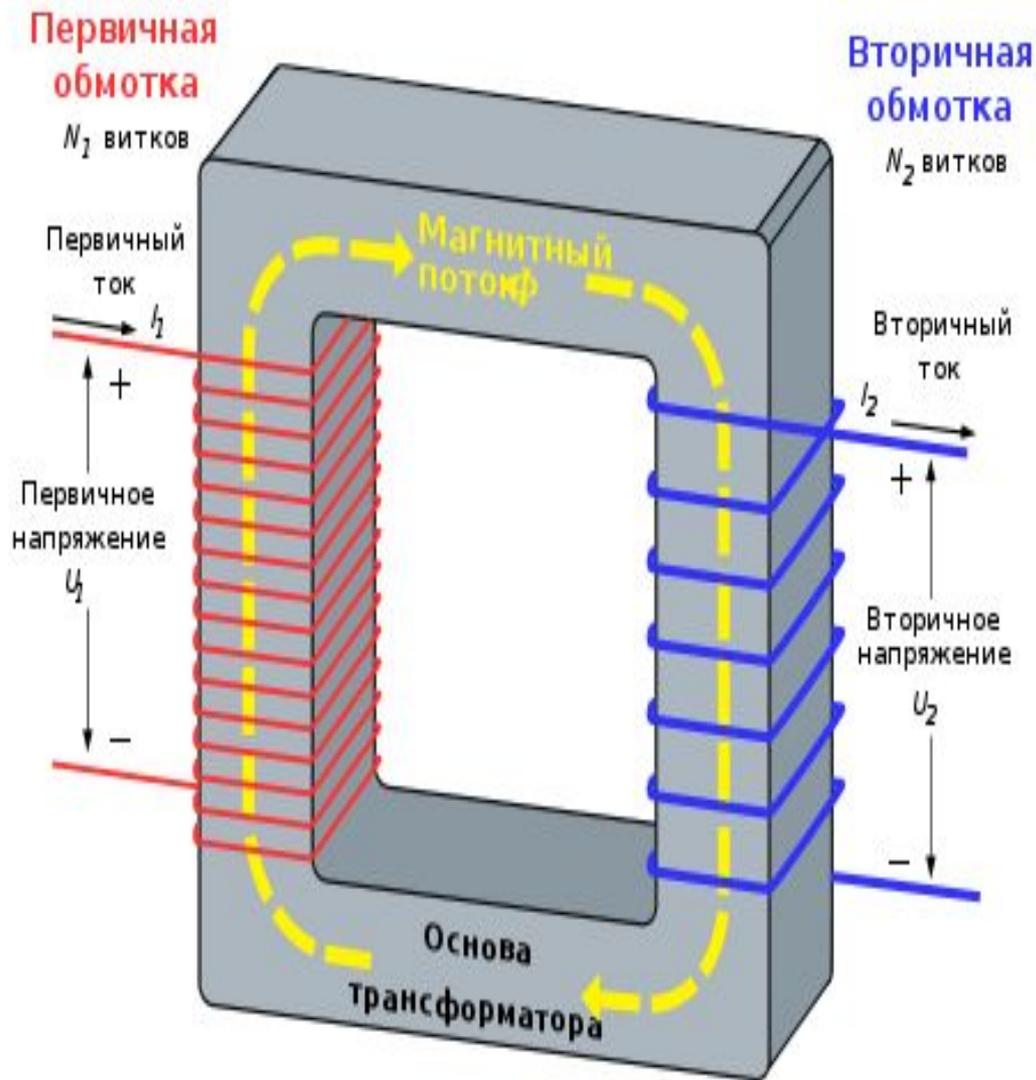
**ПАВЕЛ**

**НИКОЛАЕВИЧ**

**( 1847-1894 )**

Павел Николаевич Яблочков родился в 1847 году в семье мелкопоместного дворянина. Электротехник, изобретатель и предприниматель. Получил образование военного инженера, окончив в 1866 году Николаевское инженерное училище. Стал сапером, но вскоре вышел в отставку. Отставной поручик увлекался электротехникой. Изучать эту область техники можно было в Офицерских гальванических классах в Петербурге. Яблочков, вновь одевает военную форму и работает над проблемами, связанными с применением электричества в военном и гражданском деле. Он окончательно вышел в отставку и в 1873 году был назначен начальником телеграфной службы Московско-Курской железной дороги. Он организовал мастерскую, где проводил работы по электротехнике, которые легли в основу его изобретений в области электрического освещения, электрических машин, гальванических элементов и аккумуляторов.

К 1875 году относится одно из главных изобретений П.Н.Яблочкова – электрическая свеча, первая модель дуговой лампы. Идея создать электрическое освещение увлекла Яблочкова настолько, что он бросает работу и на свои скромные сбережения открывает в Москве лабораторию, где проводит работы по электротехнике. В 1878 году в Париже вскоре он пришел еще к одному гениальному решению: стал питать "русский свет" переменным током так, как это происходит и сегодня, изобрел трансформатор. В 1879 году Яблочков организовал "Товарищество электрического освещения" и электромеханический завод. В последние годы жизни Яблочков работал над созданием генераторов электрического тока, гальванических элементов. Был одним из инициаторов создания журнала "Электричество".



## 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.

Трансформатор состоит: из замкнутого сердечника, изготовленного из специальной листовой трансформаторной стали. На нем располагаются две катушки с различным числом витков из медной проволоки. Одна из обмоток, называется **первичной**, она подключается к источнику переменного напряжения. Устройства, потребляющие электроэнергию, подключаются к **вторичной** обмотке, их может быть несколько.

**Принцип действия трансформатора.** Принцип действия основан на законе электромагнитной индукции. При прохождении переменного тока по первичной обмотке в сердечнике возникает переменный магнитный поток, который возбуждает ЭДС индукции в каждой обмотке. Магнитное поле концентрируется внутри сердечника и одинаково во всех его сечениях. Мгновенное значение индукции  $E_1$  в любом витке и первичной, и вторичной обмоток одинаково:  $E_1 = E_2$

Потери энергии при работе трансформатора:

- \*на нагревание обмоток;
- \*на рассеивание магнитного потока в пространство;
- \*на вихревые токи в сердечнике и на его перемагничивание.

Меры, принимаемые для уменьшения потерь:

- \*обмотка низкого напряжения делается большого сечения так, как по ней протекает ток большой силы;
- \*сердечник делают замкнутым, чтобы уменьшить рассеяние магнитного потока;
- \*сердечник делают пластинчатым, чтобы уменьшить вихревые токи.

Благодаря этим мерам КПД современных трансформаторов достигает 95-99%.

Это означает, что практически вся энергия тока, проходящего по первичной обмотке трансформатора, превращается в энергию индукционного тока, возникающего во вторичной обмотке. Поскольку каждый виток первичной и вторичной обмоток пронизывает один и тот же магнитный поток, то в них возникают одинаковые ЭДС, равные по закону Фарадея для электромагнитной индукции, то:

$$e_1 = e_2 = - \dot{\Phi}$$

ЭДС  $E_1$  и  $E_2$  действующие во всей первичной или вторичной обмотках, равны произведению ЭДС в одном витке  $e_1$  или  $e_2$  на число витков в обмотке  $N_1$  и  $N_2$

$$E_1 = e_1 \cdot N_1$$

$$E_2 = e_2 \cdot N_2$$

Вывод: ЭДС, действующие в обмотках, прямо пропорциональны числу витков в них.

Сила тока в первичной обмотке трансформатора во столько раз больше силы тока во вторичной обмотке, во сколько раз напряжение в ней больше напряжения в первичной обмотке:

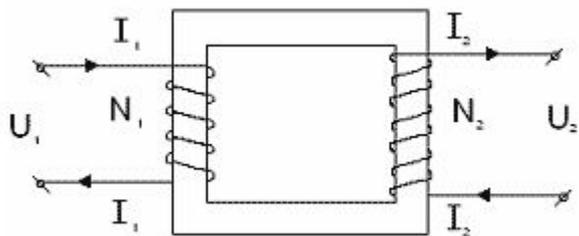
Если пренебречь падением напряжения на сопротивлениях обмоток, когда сопротивления малы, то можно записать отношение и для напряжений на обмотках трансформатора

3) Во сколько раз трансформатор увеличивает напряжение во, столько же раз и уменьшает силу тока.

4) Для трансформатора выполняется условие

$$I_1 U_1 \approx I_2 U_2$$

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



## Работа трансформатора на холостом ходу

Если первичную обмотку подключить к источнику переменного напряжения, а вторичную оставить разомкнутой, (этот режим трансформатора называют холостым ходом), то тока в ней не будет, а в первичной обмотке появится слабый ток, создающий в сердечнике переменный магнитный поток. Этот поток наводит в каждой витке обмоток одинаковую ЭДС, поэтому ЭДС индукции в каждой обмотке будет прямо пропорциональна числу витков в этой обмотке.

$$E \sim N$$

При разомкнутой вторичной обмотке напряжение на ее зажимах  $U_2$  будет равно наводимой в ней ЭДС  $E_2$ .

$$U_2 \approx E_2$$

В первичной обмотке ЭДС  $E_1$  по числовому значению мало отличается от подводимого к этой обмотке напряжения  $U_1$ , практически их можно считать равными.

$$U_1 \approx E_1$$

Величина, показывающая, во сколько раз данный трансформатор изменяет напряжение переменного тока, называется **коэффициентом трансформации**.

## Коэффициент трансформации

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

**Вывод:** 1)  $K < 1$ , если  $N_2 > N_1$  – повышает  
2).  $K > 1$  если  $N_2 < N_1$  или  $U_2 < U_1$  – понижает

U

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1}$$

**Использование трансформаторов.** Трансформаторы используются в технике и могут быть устроены очень сложно, однако неизменным остается принцип их действия: "изменяющееся магнитное поле, созданное переменным током в первичной обмотке, пронизывая витки вторичной обмотки, индуцирует в ней переменный ток той же частоты, но другого напряжения". В современных мощных трансформаторах суммарные потери энергии не превышают 2–3%.

на заводах и фабриках при подаче напряжения к двигателям станков 380–660 В.

при передаче электроэнергии по проводам от 100 до 1000В;  
для электросварки и электроплавки;

в радиотехнике; и др.

Эти формулы справедливы, если ни первичная, ни вторичная обмотки не содержат активного сопротивления  $R$ . Первичная обмотка, как правило, не содержит такого сопротивления, а вторичная обмотка может его содержать. Если она все же не содержит сопротивления или им можно пренебречь, то напряжение на выходе такой обмотки равно напряжению  $U_2$ .

Когда вторичная обмотка трансформатора не имеет сопротивления  $R_2 = 0$ , то  $\eta = 100\%$

Апол = А затр, тогда  $U_1 I_1 t = U_2 I_2 t$  и  $U_1 I_1 = U_2 I_2$ , то  $P_1 = P_2$

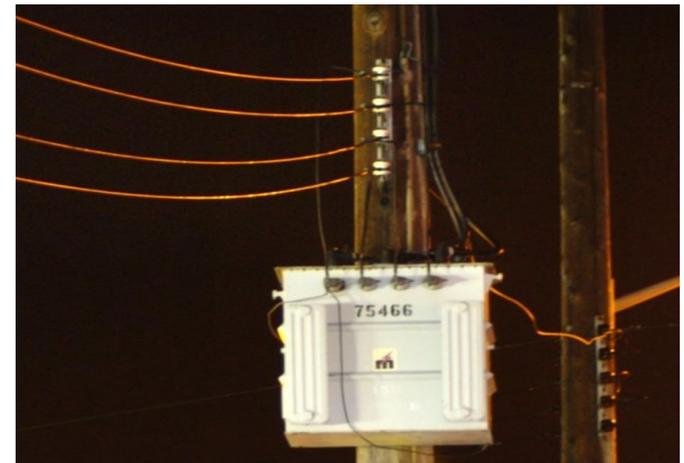
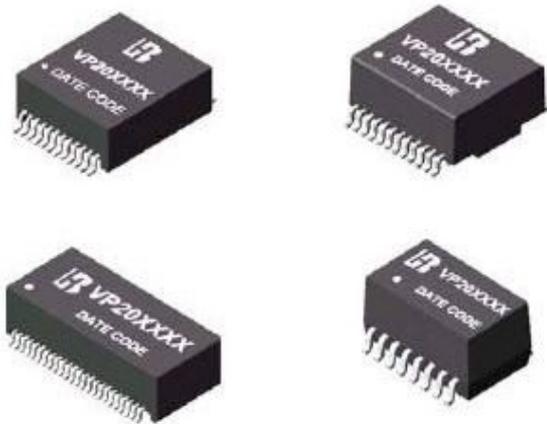
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{в}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} \cdot 100\%$$

# Применение в источниках питания

## Компактный трансформатор

Для питания разных узлов электроприборов требуются самые разнообразные напряжения. Например, в телевизоре используются напряжения от 5 вольт, для питания микросхем и транзисторов, до 20 киловольт, для питания анода кинескопа. Все эти напряжения получаются с помощью трансформаторов (напряжение 5 вольт с помощью сетевого трансформатора, напряжение 20 кВ с помощью строчного трансформатора). В компьютере также необходимы напряжения 5 и 12 вольт для питания разных блоков. Все эти напряжения преобразуются из напряжения электрической сети с помощью трансформатора со многими вторичными обмотками.



## Решение задач

**Задача 1.** Как, вы думаете, что будет, если первичную обмотку подключить к источнику постоянного тока?

Ответ: В этом случае **трансформатор сгорит**, так как первичная обмотка обычно имеет ничтожно малое сопротивление, и поэтому произойдет короткое замыкание.

**Задача 2.** Если сопротивление первичной обмотки, подключенной к источнику постоянного тока велико, то изменится ли напряжение во вторичной обмотке?

Ответ: Никакого изменения напряжения этот трансформатор дать не сможет из-за отсутствия явления электромагнитной индукции. Если такой трансформатор подключить к источнику постоянного тока, то ток пойдет по первичной обмотке и вокруг нее возникает магнитное поле, которое будет пронизывать вторичную обмотку. Т.е. магнитный поток вторичную обмотку будет пересекать, но он будет постоянным и значит скорость его изменения  $\Phi' = 0$ , поэтому ЭДС индукции во вторичной обмотке  $E_2 = 0$ .

**Задача 3.** Сколько витков должна иметь вторичная обмотка трансформатора, чтобы повысить напряжение с 220 до 11000В, если в первичной обмотке 20 витков? Каков коэффициент трансформации?

**Задача 4.** Под каким напряжением находится первичная обмотка трансформатора, имеющая 1000 витков, если во вторичной обмотке 3500 витков и напряжение 105В?

**Задача 5.** Мощность, потребляемая трансформатором, 90 Вт. Определите силу тока во вторичной обмотке, если напряжение на зажимах вторичной обмотки 12 В и КПД трансформатора 75%.

**Дома:** §37, 37. подготовиться к уроку-конференции «Производство, передача и использование электрической энергии».