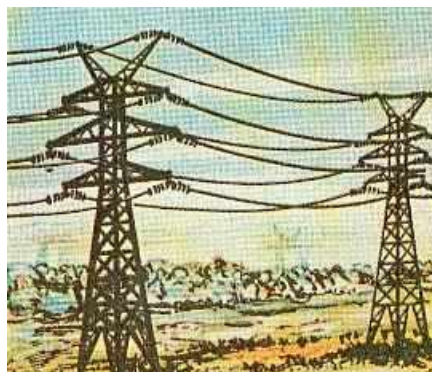


## Тема: "Трансформатор"

Я еще не устал удивляться  
Чудесам, что есть на Земле:  
Телевизору, голосу раций,  
Вентилятору на столе.  
Самолеты летят сквозь тучи,  
Как до этих вещей могучих  
Домечтаться люди могли?  
Я вверяю себя трамваю,  
Я гляжу на экран кино,  
Эту технику понимая,  
Изумляюсь ей все равно.  
Ток по проволоке струится,  
Спутник ходит по небесам.  
Человеку стоит дивиться  
Человеческим чудесам!!!  
Все известно вокруг  
Тем не менее,  
На Земле еще много того,  
Что достойно порой удивления  
Твоего, и моего.



*(Это стихи Шефрана о создании человеческого разума, а в основе их лежат законы физики.)*

Микола Тесла и Томас Эдисон долгое время спорили друг с другом о необходимости введения в постоянного или переменного тока в электрические сети общего пользования. И конечно же был введен переменный ток, поскольку это более экономично, и удобно.

Постоянный ток можно только уменьшать, а увеличивать не получится вовсе. И даже для уменьшения напряжения и силы тока в цепи постоянного тока используют только батарею резисторов, которых должно быть большое количество.

### **Что такое трансформатор – это устройство, способное изменять напряжение переменного тока**

Вопрос, что такое трансформатор, для опытных и даже начинающих электриков совершенно простой. Но обычные обыватели, которые с электрикой не дружат, даже и не представляют, как выглядит трансформатор, для чего он необходим, а тем более, не осведомлены о его конструкции и принципе работы. Поэтому в этой статье будем разбираться с этим прибором, рассмотрим вопрос, а можно ли сделать трансформатор своими руками, и так далее.

*Итак, трансформатор – это электромагнитное устройство, которое может изменять напряжение переменного тока (увеличивать или уменьшать).*



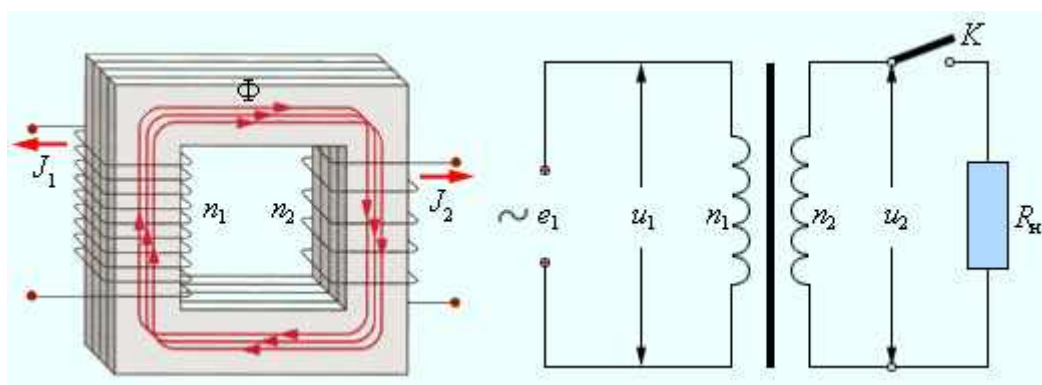
Трансформаторы тока

**Трансформаторы — основные определения и принцип действия**

- **Трансформаторы** — это устройства для преобразования переменного тока и напряжения. Трансформаторы — это преобразовательные устройства не имеющие подвижных частей. Трансформаторы не имеют значительных потерь мощности. Современные трансформаторы имеют высокий КПД — свыше 99 %.

## 1. Устройство и принцип работы

Итак, конструкция трансформатора достаточно проста и состоит из сердечника и двух катушек из медной проволоки. В основе принципа работы лежит электромагнитная индукция.



Сердечник из ферромагнетика (железо) на котором находится 2 и более обмотки.

Первичная обмотка подсоединяется к источнику переменного тока с ЭДС  $\varepsilon_1(t)$ ,

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos \omega t$$

Вторичных обмоток может быть сколько угодно много, минимум 1.

## 2. Трансформатор на холостом ходу

Обмотки по своей сути являются катушками индуктивности, а значит при прохождении электрического тока по ним возникает магнитное поле, которое практически полностью сосредоточено внутри сердечника.

Из этого следует что применим закон Фарадея

$$\varepsilon_1 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \varepsilon_2 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ — в одном витке}$$

Запишем чему будет равна электромагнитная индукция для всей обмотки с  $n$  витками

$$\varepsilon_{1\text{общ}} = -n_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} (1)$$

$$\varepsilon_{2\text{общ}} = -n_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} (2)$$

Пренебрежем сопротивлением первичной обмотки.

Воспользуемся 2 законом Кирхгофа

$$\varepsilon_{1\text{общ}} + \varepsilon = 0$$

Разделим (1) на (2)

$$\frac{\varepsilon_{1\text{общ}}}{\varepsilon_{2\text{общ}}} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

На холостом ходу напряжение, подаваемое на первичную обмотку во столько раз больше, во сколько раз число витков в первичной обмотке больше числа витков во вторичной обмотке.

При этом ток в первичной обмотке очень мал.

$$U_2 = U_1 \frac{n_2}{n_1}$$

Весь трансформатор можно назвать вторичным источником тока.

Изменяя количество витков на катушках можно изменять напряжение на выходе.

Обозначим:  $\frac{n_1}{n_2} = K$  - коэффициент трансформации

$$U_2 = \frac{U_1}{K}$$

при  $K > 1$  понижающий трансформатор

при  $K < 1$  повышающий трансформатор

При наличии нескольких вторичных обмоток трансформатор может быть понижающим и повышающим одновременно.

### 3. Трансформатор с нагрузкой

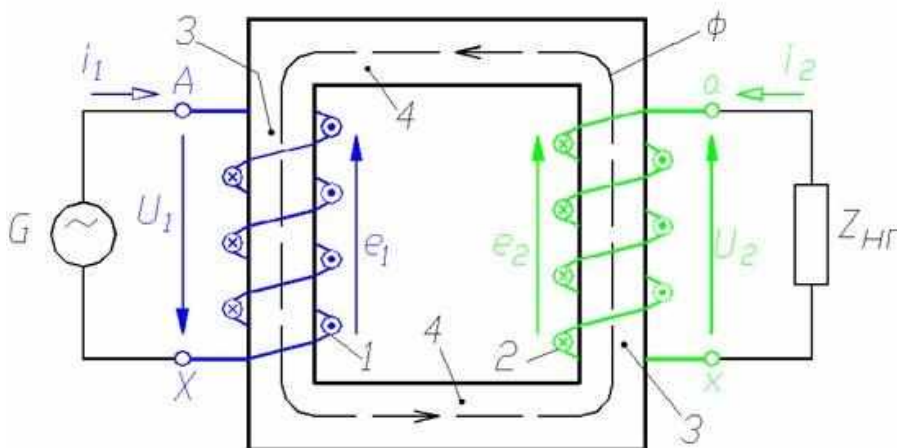


Рис.1.1. Принцип устройства трансформатора  
1 – первичная обмотка ( $W_1$ ), 2 – вторичная обмотка ( $W_2$ ),  
3 – стержень магнитопровода, 4 – ярмо магнитопровода

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos \omega t$$

Т.к.  $U_2$  – напряжение на второй обмотке, то в ней возникает ток  $I_2$ . Как только во вторичной обмотке появляется ток, в первичной обмотке вынужден появиться ток  $I_1$ .

Который не даст магнитному полю магнитному полю вторичной обмотки изменить магнитный поток.  $\Phi$ .

Если обмотки имеют нулевое сопротивление, то мощность в первичной обмотке = мощности во вторичной обмотке

$$P_1 = P_2$$

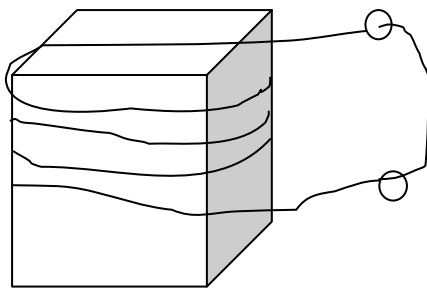
$$I_1 U_1 = I_2 U_2$$

Если трансформатор понижающий, то  $U_2 < U_1$   $I_2 > I_1$

Если трансформатор повышающий, то  $U_2 > U_1$   $I_2 < I_1$

Плотность тока в нормальном режиме работы трансформатора должна быть  $j = 1 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

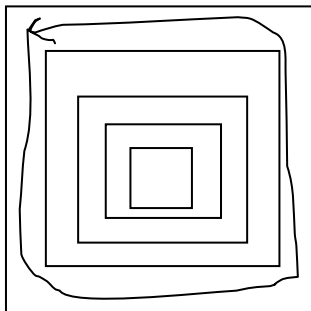
#### 4. Рассмотрим отдельно сердечник трансформатора



Устроим короткое замыкание (Этого делать нельзя!!!!)

Во вторичной обмотке потечет очень большой ток, и обмотка вероятнее всего сгорит. А ток в первичной обмотке будет еще больше.

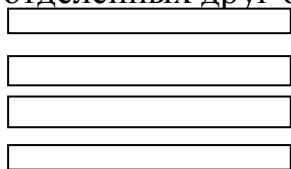
Посмотрим сверху на сердечник трансформатора:



Сердечник трансформатора сам по себе устраивает короткие замыкания.(токи Фуко)

Как их прервать?!

Для этого сердечник трансформатора состоит из набора тонких пластин, отделенных друг от друга изолятором



Сердечник должен представлять собой мягкий ферромагнетик, т.е. он должен легко перемагничиваться.

Изменения магнитного поля, создаваемые обмотками, должно приводить к намагничиванию сердечника. Поэтому его изготавливают из трансформаторной стали. У таких материалов малая остаточная индукция( при снятии внешнего магнитного поля они размагничиваются почти до 0 ) и малая коэртетивная сила (магнитное поле внутри ферромагнетика легко изменить).

Вместо железа, сердечники можно изготавливать из ферромагнетика и диэлектрика одновременно, т.е. из феррита.

Феррит – это вид керамики, представляющий ферромагнетик и диэлектрик одновременно.

В этом случае его можно делать сплошным, а не набирать из пластин.

5. Автотрансформатор – это трансформатор у которого часть витков относится как к первичной, так и ко вторичной обмоткам.

Это позволяет менять коэффициент трансформации как в реастате.

