

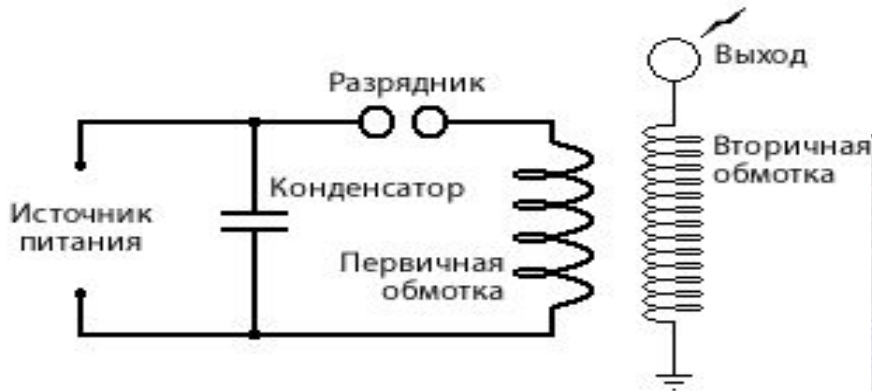
# Генерирование электрической энергии Трансформаторы

На дом: § 26, 27.

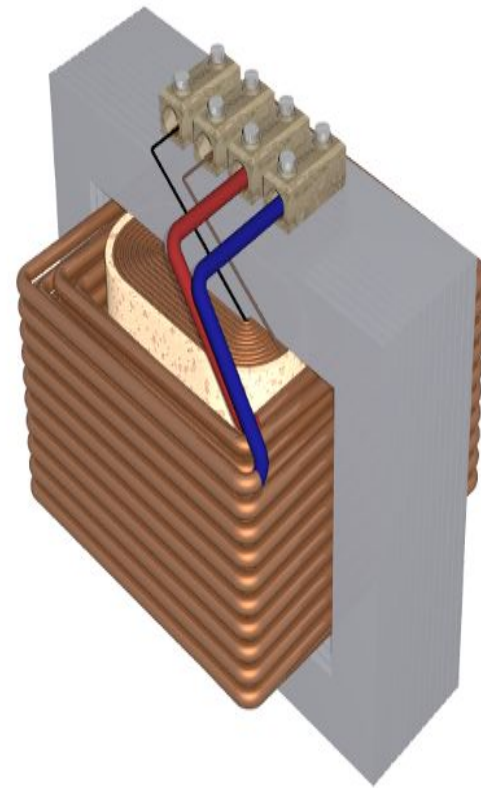


# Из истории изобретения

Трансформатор Теслы — единственное из изобретений Николы Теслы, носящих его имя сегодня. Это классический резонансный трансформатор, производящий высокое напряжение при высокой частоте. Оно использовалось Теслой в нескольких размерах и вариациях для его экспериментов. «Трансформатор Теслы» также известен под названием «катушка Теслы» (англ. Tesla coil). В России часто используют следующие сокращения: ТС (от Tesla coil), КТ (катушка Теслы), просто тесла и даже ласкательно — катка. Прибор был создан 22 сентября 1896 года и заявлен патентом № 568176 от 22 апреля 1896 года «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала».

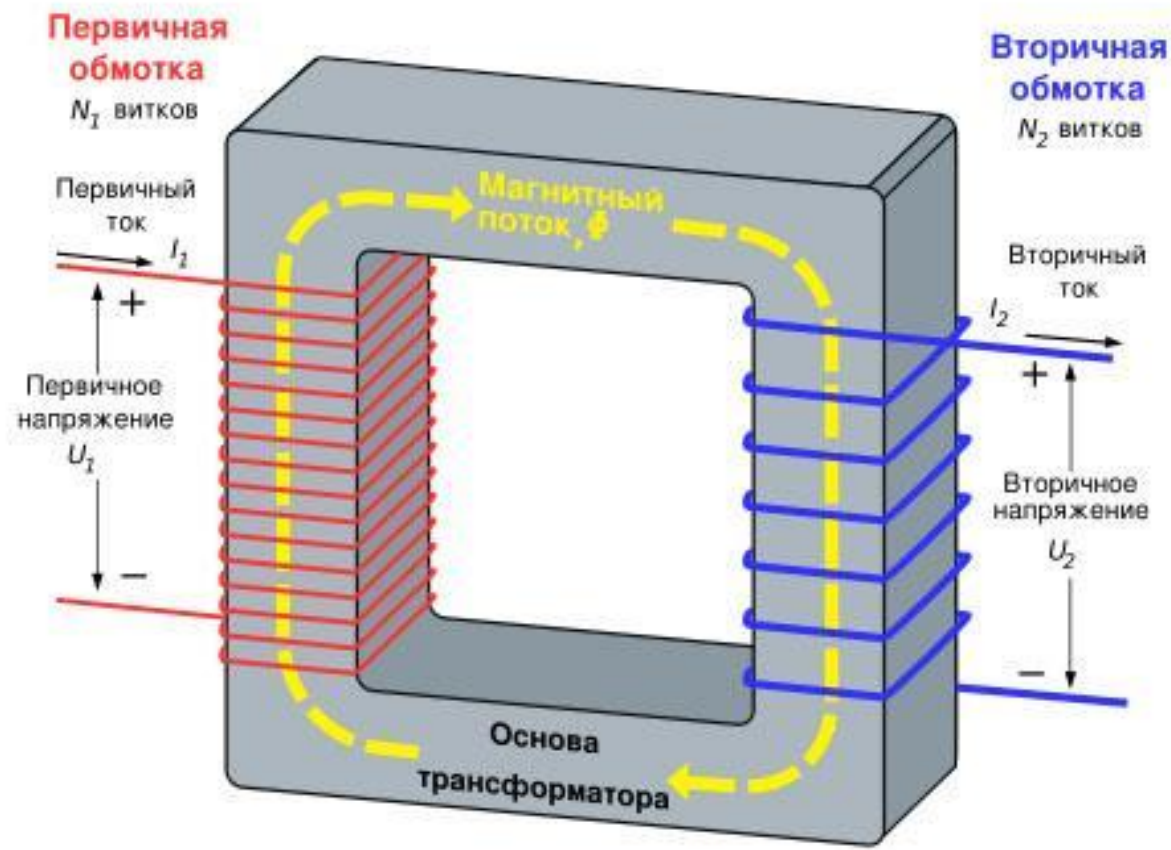
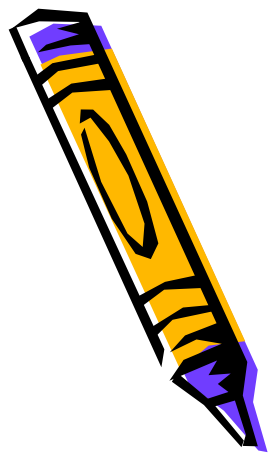


Трансформатор представляет собой статический электромагнитный аппарат с двумя ( или больше ) обмотками, предназначенный чаще всего для преобразования ( посредством электромагнитной индукции ) переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения.

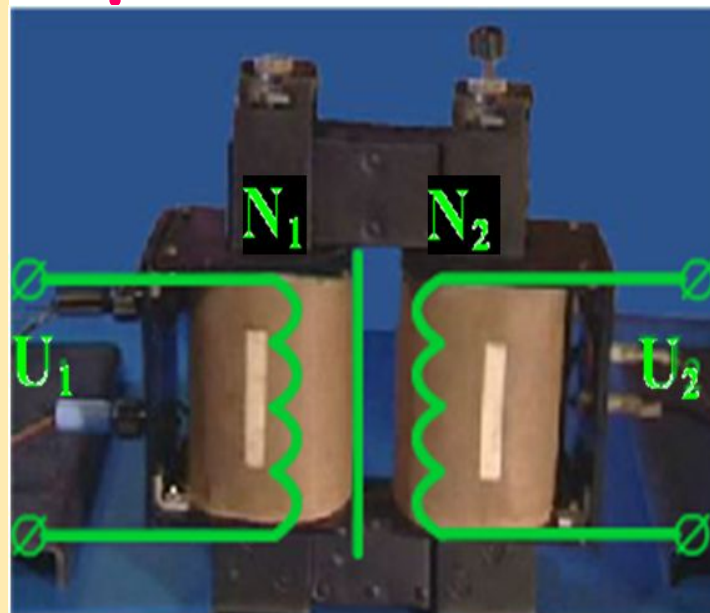
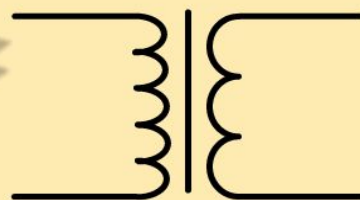
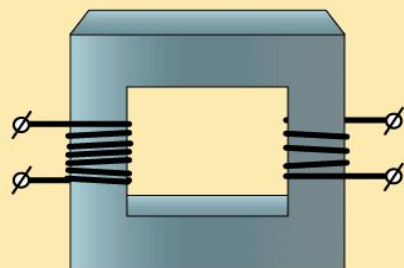
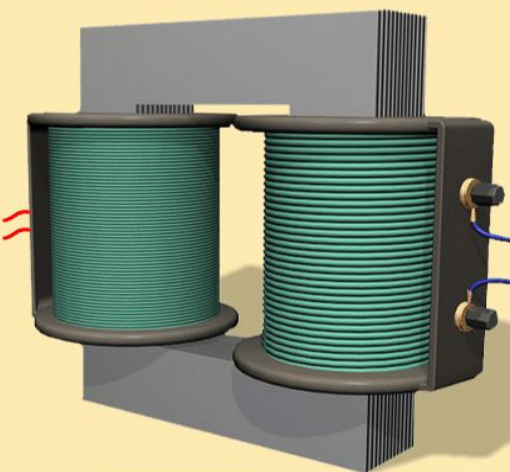


Преобразование энергии в трансформаторе осуществляется переменным магнитным полем.

Трансформаторы широко применяются при передаче электрической энергии на большие расстояния, распределении ее между приемниками, а также в различных выпрямительных, усилительных, сигнализационных и других устройствах.



# Условное обозначение трансформатора



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.



# Физические процессы, происходящие в трансформаторах.



- Первичная катушка:  $\sim$  ток создаёт  $\sim$  магнитное поле
- Сердечник – усиливает магнитное поле, которое пронизывает вторичную катушку.
- Вторичная катушка:  $\sim$  магнитное поле создаёт индукционный ток, напряжение которого зависит от числа витков.  
 $N_2$  больше  $\Rightarrow$

$U_2$  больше.



# Режимы работы трансформатора

- Режим холостого хода
- Режим нагрузки
- Режим короткого замыкания



# Трансформатор на ХОЛОСТОМ ХОДУ

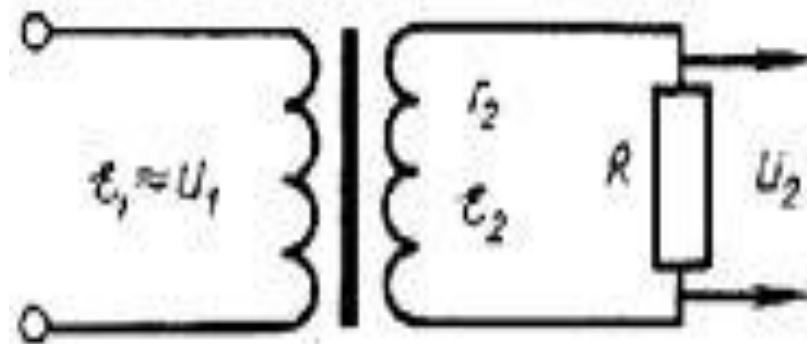
Режим, при котором вторичная обмотка трансформатора разомкнута, а на зажимы первичной обмотки подано переменное напряжение, называется **ХОЛОСТЫМ ХОДОМ** трансформатора.

В этом случае напряжение на вторичной обмотке равно индуцируемой в ней ЭДС:

$$U_2 = \varepsilon_2 - I_2 r_2 = \varepsilon_2.$$

Тогда получаем:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$

Так как  $\frac{N_1}{N_2} = k$ , то  $\frac{U_1}{U_2} = k$



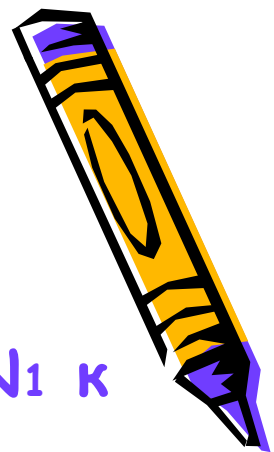


# Коэффициент трансформации

Отношение числа витков в первичной катушке  $N_1$  к числу витков во вторичной  $N_2$  называют коэффициентом трансформации:

В зависимости от коэффициента трансформации  $k$  (числа витков  $N_1$  и  $N_2$ ) напряжение  $U_2$  может быть как больше ( $k < 1$ ), так и меньше напряжения  $U_1$  ( $k > 1$ ).

Трансформатор, который увеличивает напряжение, называют **повышающим**, а трансформатор, который уменьшает напряжение — **понижающим**.



# Рабочий ход



Рабочим ходом трансформатора называют режим, при котором в цепь его вторичной обмотки включена некоторая нагрузка.

При таком режиме работы получаем:  $U_2 = \varepsilon_2 - I_2 r_2$ ; где  $U_2 = I_2 R_2$

Так как потери энергии в современных трансформаторах не превышают 2%, то можно записать, что мощности тока в обеих обмотках трансформатора практически одинаковы:  $\varepsilon_1 I_1 = \varepsilon_2 I_2$ .

Тогда получаем: 
$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = k$$

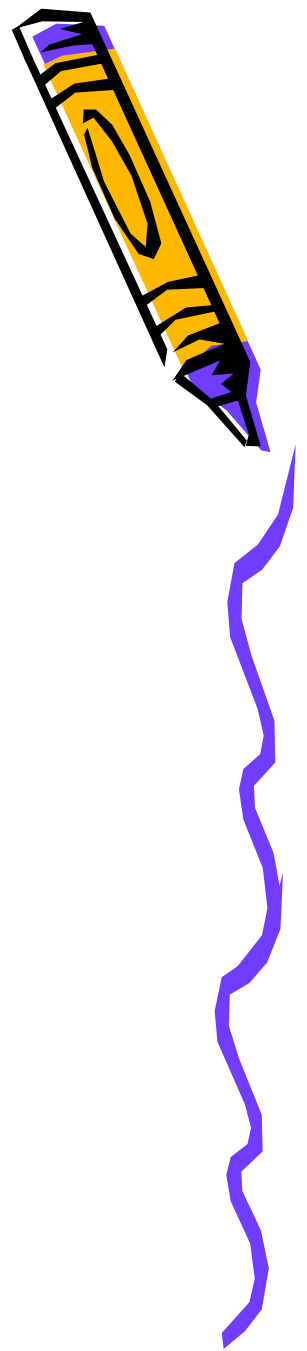
В повышающем трансформаторе ( $k < 1$ ) напряжение  $U_2 > U_1$ , а сила тока  $I_2 < I_1$ . В понижающем трансформаторе все наоборот.



# Режимом короткого замыкания

Режимом короткого замыкания называется режим, при котором вторичная обмотка трансформатора замкнута без нагрузки.

Данный режим опасен для трансформатора, поскольку в этом случае ток во вторичной обмотке максимален и происходит электрическая и тепловая перегрузка системы.



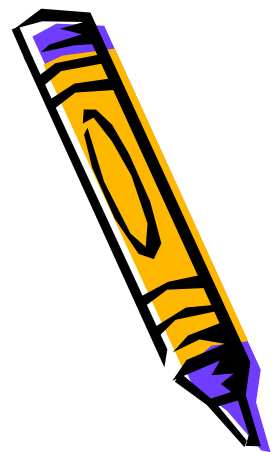
# Потери трансформатора

При работе реального трансформатора всегда имеются энергетические потери, связанные с различными физическими процессами:

- нагревание обмоток трансформатора;
- работа по перемагничиванию сердечника;
- рассеяние магнитного потока.

Наиболее значительные энергетические потери обусловлены тепловым действием вихревых токов (токов Фуко) возникающими в массивном проводнике при изменении пронизывающего его магнитного потока. Для их уменьшения сердечники трансформаторов изготавливают не из сплошного куска металла, а из тонких пластин, разделенных тончайшими слоями диэлектрика (пластины покрывают лаком).

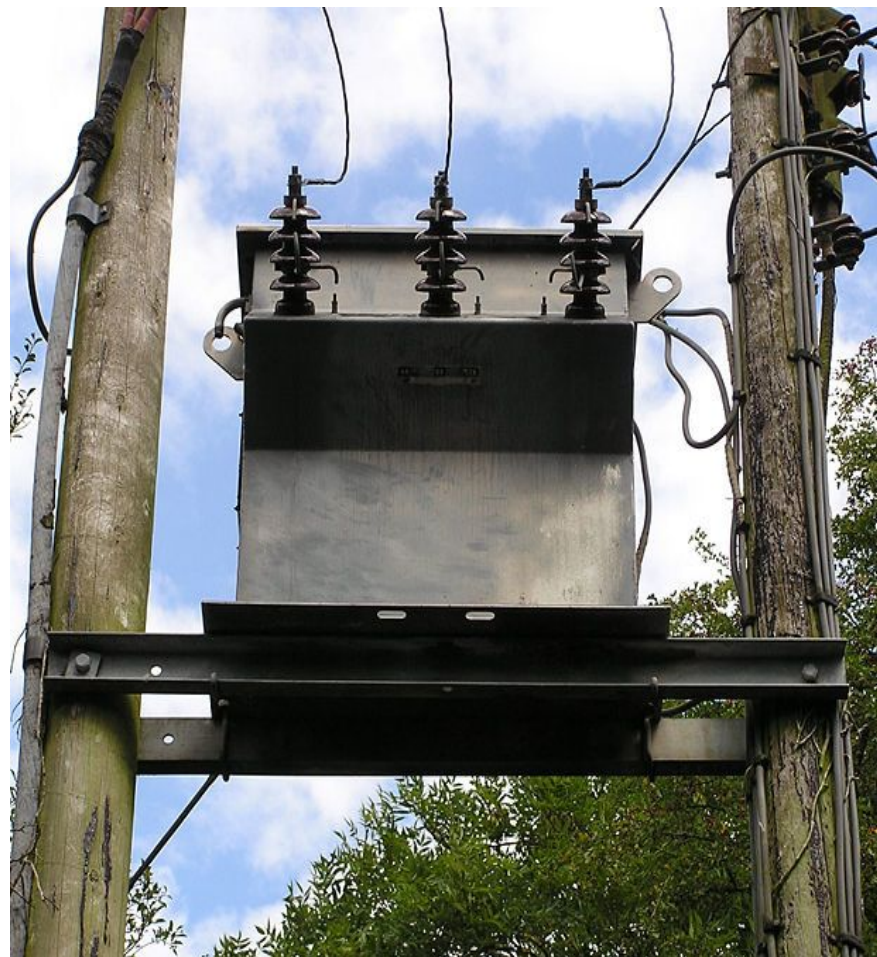
Современные трансформаторы имеют очень высокие КПД (95-99 %), что позволяет им работать практически без потерь.



# КПД трансформатора

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

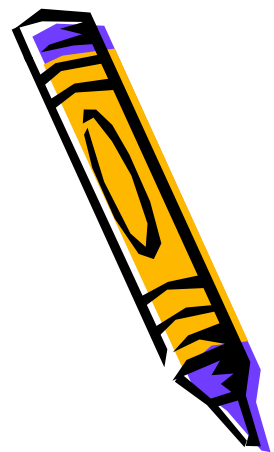
$P_1, P_2$  -  
МОЩНОСТЬ



Для трансформатора  
выполняется условие

$$I_1 U_1 \approx I_2 U_2$$

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

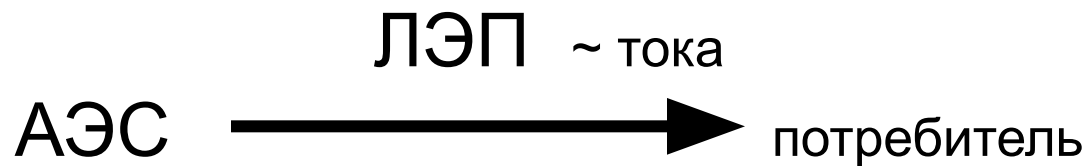


# Потери энергии при транспортировке



$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$P = UI$$



$$Q \downarrow, \text{I, R, S}$$

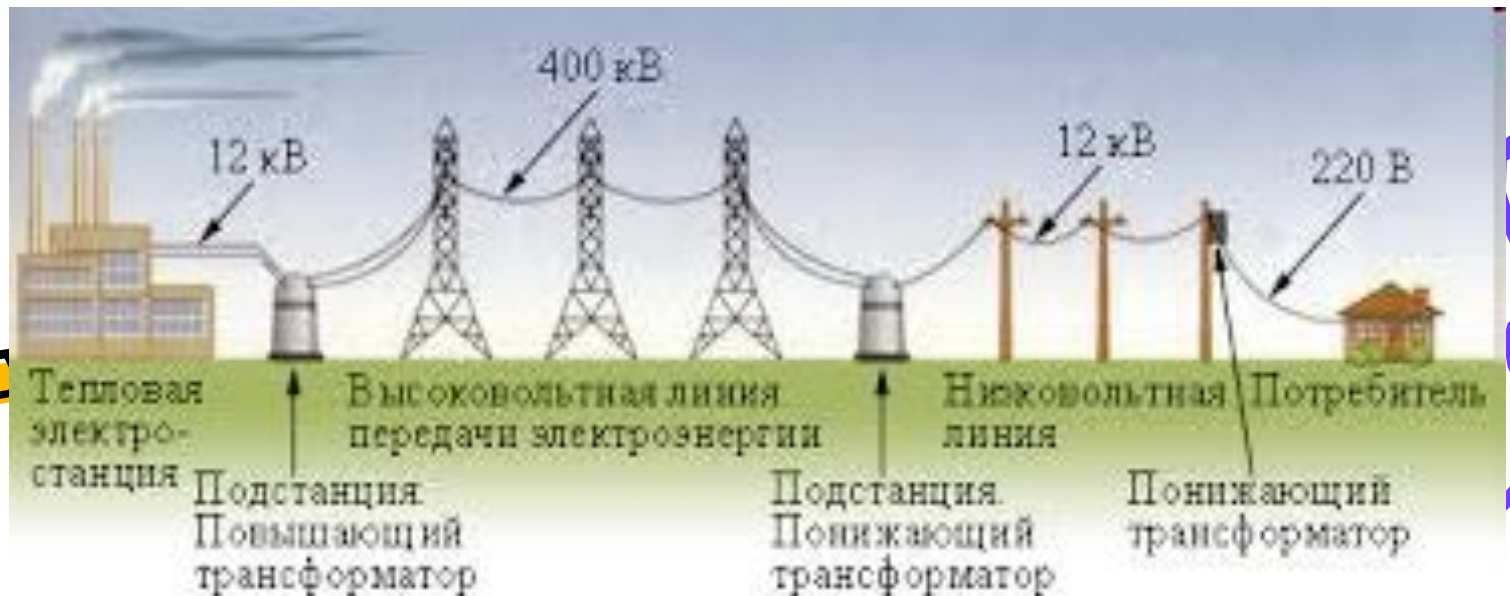
Чтобы  $IP =$

при  $I \downarrow$   $U \uparrow$  const



# Применение в электросетях

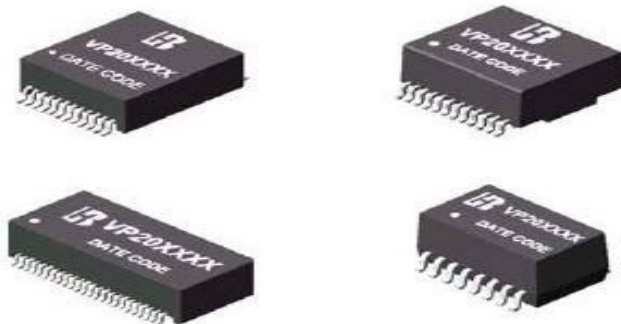
Поскольку потери на нагревание провода пропорциональны квадрату тока через провод, при передаче электроэнергии на большое расстояние выгодно использовать очень большие напряжения и небольшие токи. Из соображений безопасности и для уменьшения массы изоляции в быту желательно использовать не столь большие напряжения. Поэтому для наиболее выгодной транспортировки электроэнергии в электросети многократно применяют трансформаторы: сначала для повышения напряжения генераторов на электростанциях перед транспортировкой электроэнергии, а затем для понижения напряжения линии электропередач до приемлемого для потребителей уровня.





# 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 получают 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.



Трансформаторные модули,  
разработанные для интернет  
телефонии и сетей  
Ethernet.