



Генерирование электрической энергии Трансформаторы

На дом: § 26, 27.

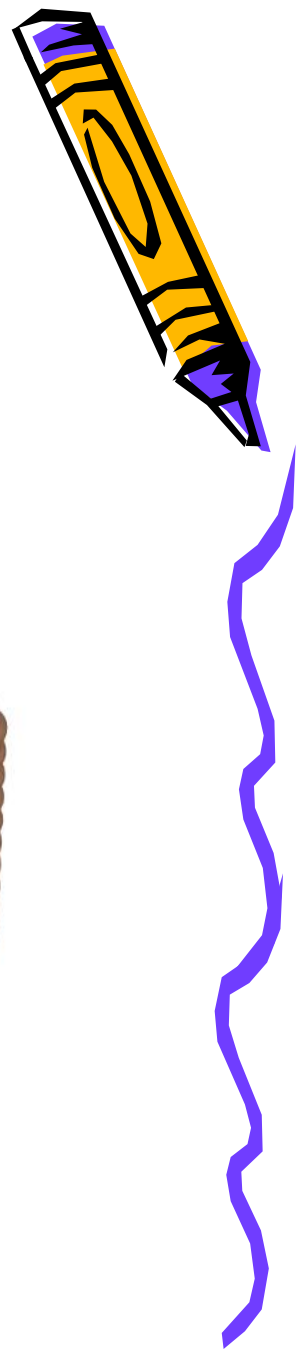
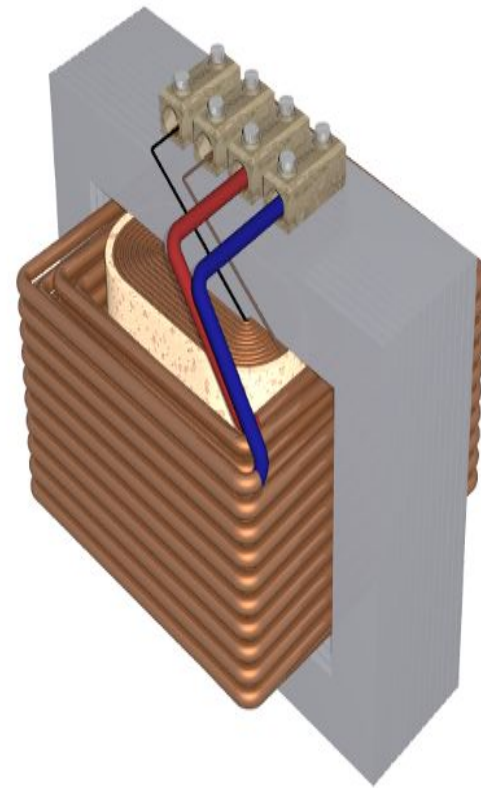


Из истории изобретения

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».

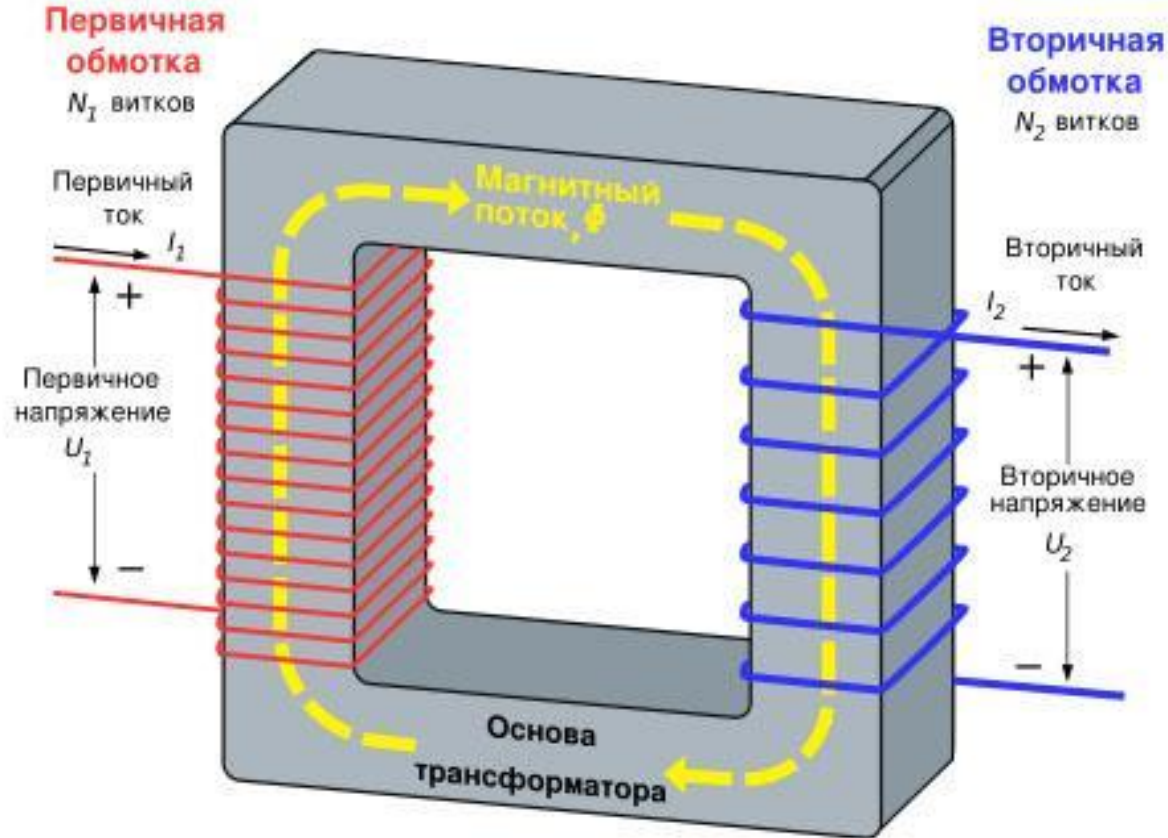


Трансформатор представляет собой статический электромагнитный аппарат с двумя (или больше) обмотками, предназначенный чаще всего для преобразования (посредством электромагнитной индукции) переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения.

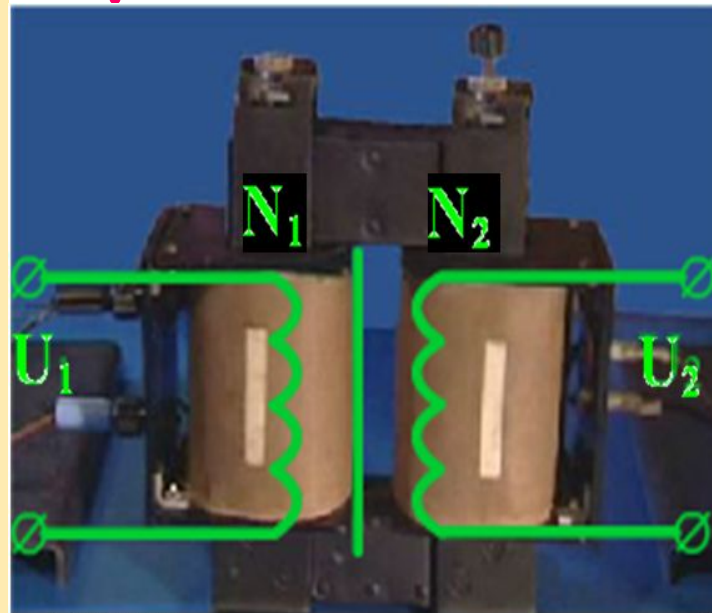
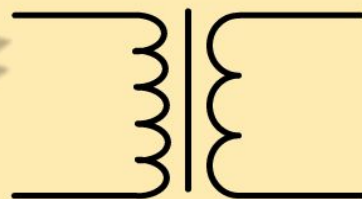
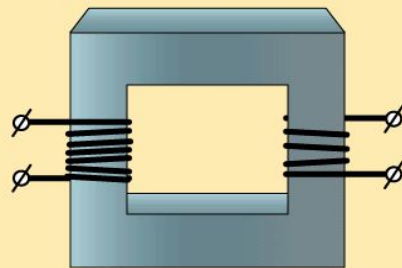
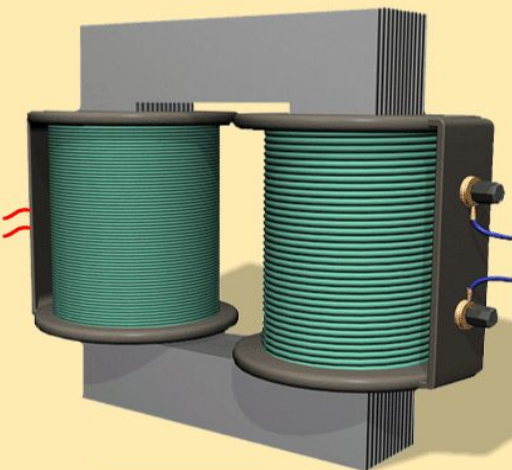


Преобразование энергии в трансформаторе осуществляется переменным магнитным полем.

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

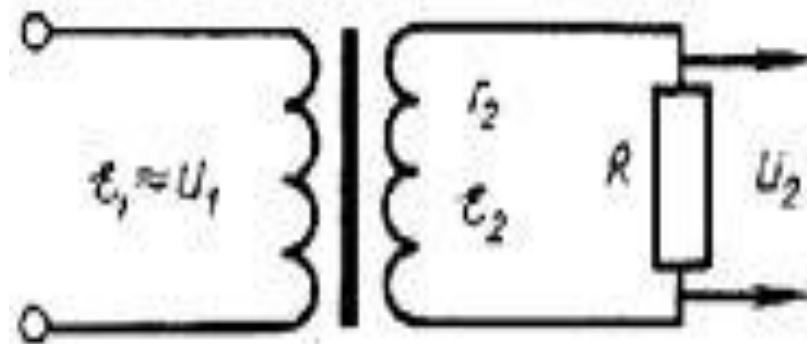
Режим, при котором вторичная обмотка трансформатора разомкнута, а на зажимы первичной обмотки подано переменное напряжение, называется **ХОЛОСТЫМ ХОДОМ** трансформатора.

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

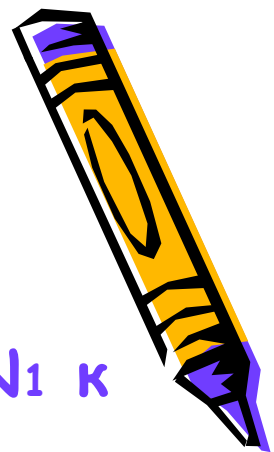


Коэффициент трансформации

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

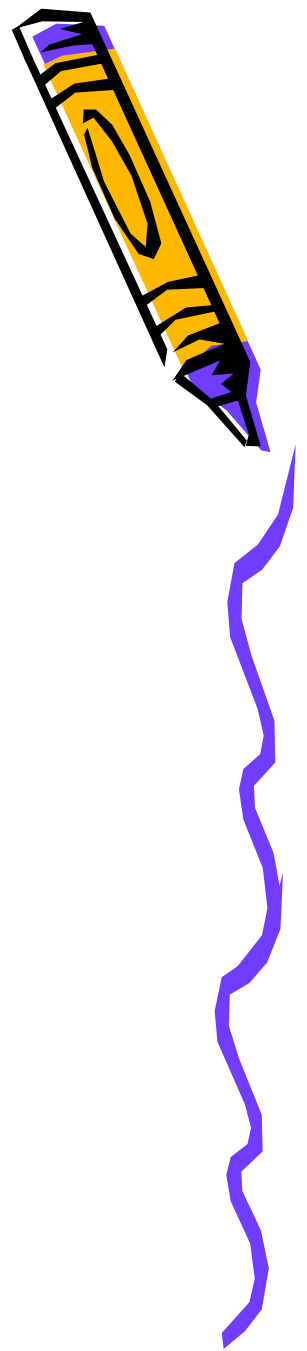
В повышающем трансформаторе ($k < 1$) напряжение $U_2 > U_1$, а сила тока $I_2 < I_1$. В понижающем трансформаторе все наоборот.



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.



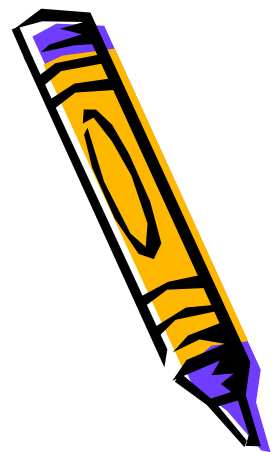
Потери трансформатора

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).

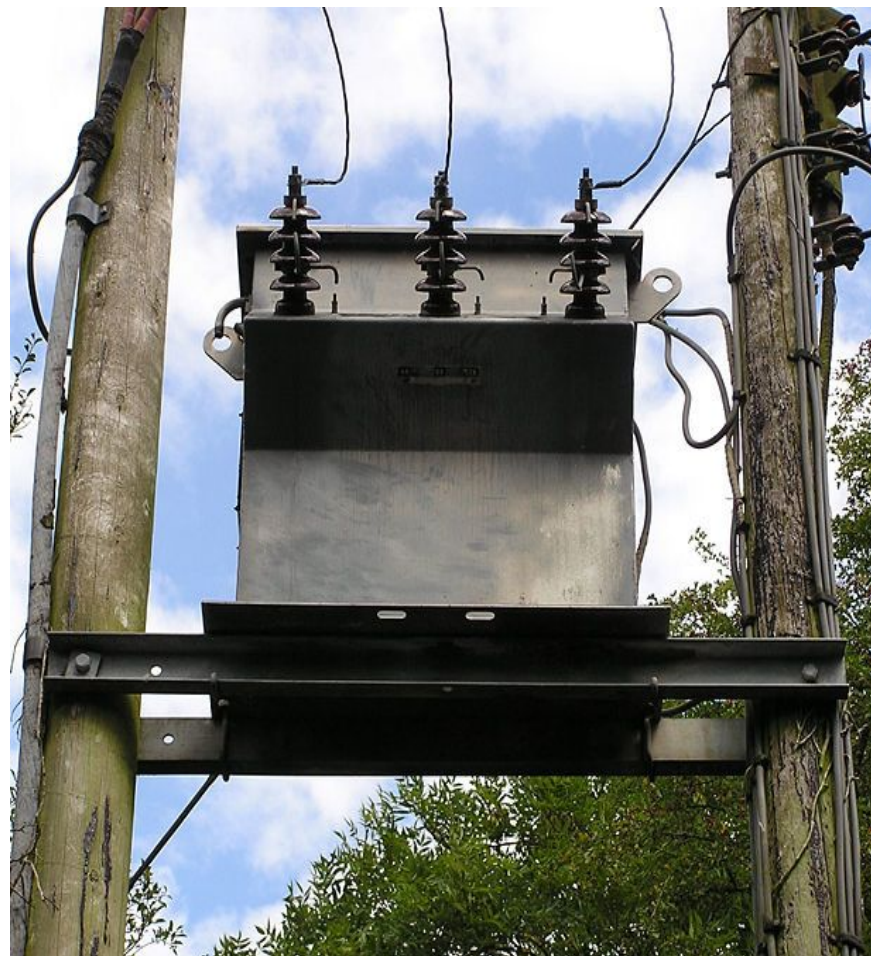
Современные трансформаторы имеют очень высокие КПД (95-99 %), что позволяет им работать практически без потерь.



КПД трансформатора

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

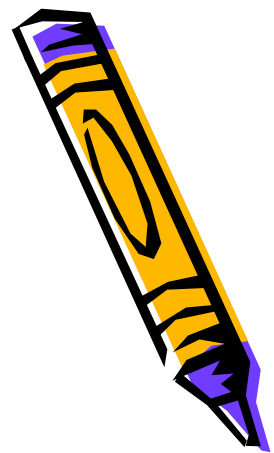
P_1, P_2 -
МОЩНОСТЬ



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.

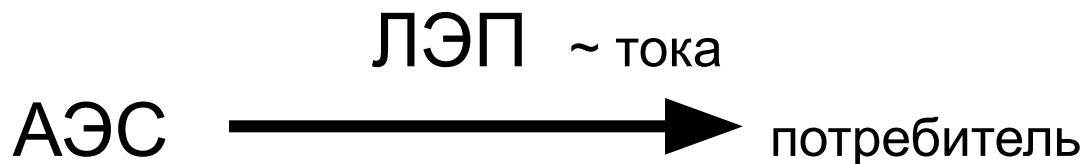


Потери энергии при транспортировке



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

$$P = UI$$



$$Q \downarrow, \quad I, R, S$$

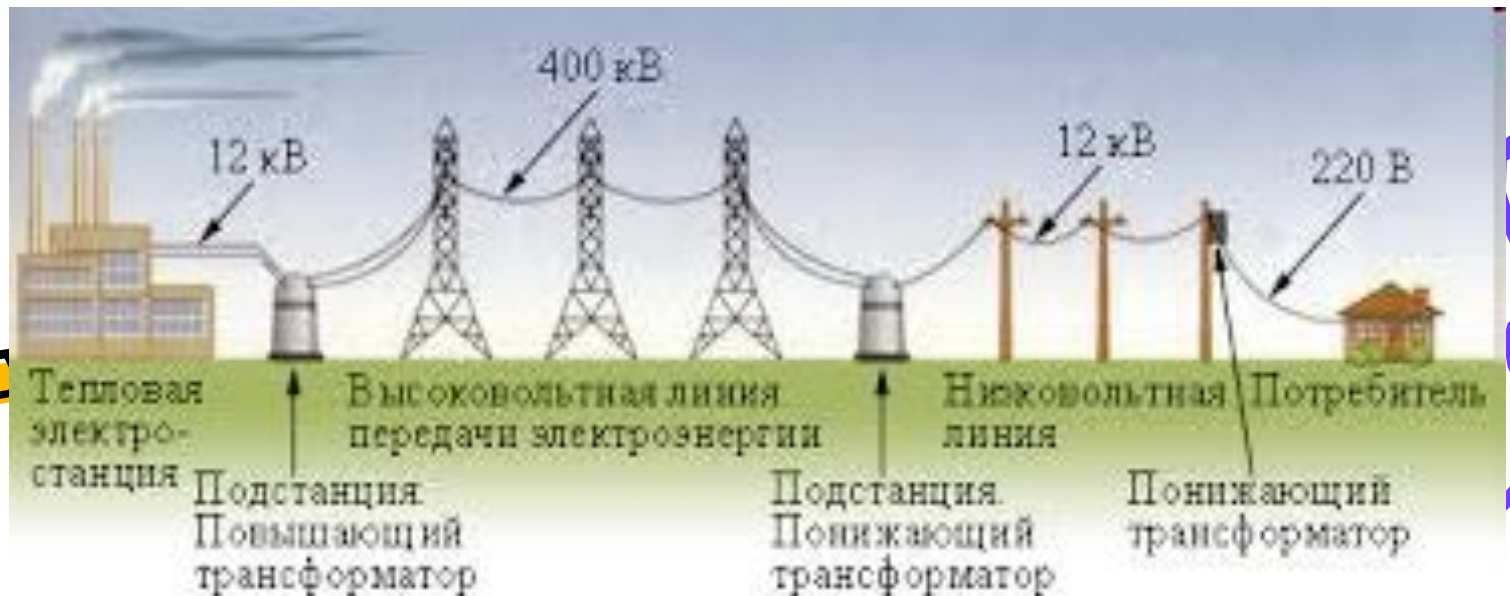
Чтобы $IP =$

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



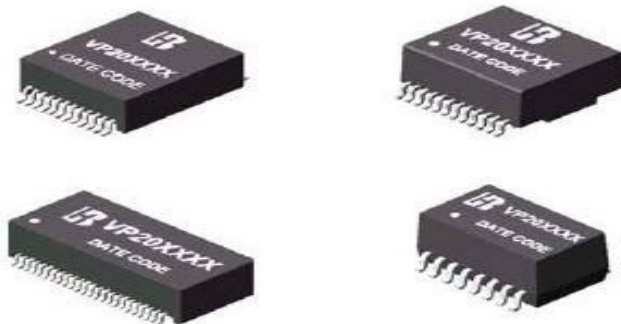
Применение в электросетях

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.