

**Конспект урока:** Преобразование переменного тока. Трансформатор.

**Продолжительность:** 90 минут

**Цель урока:**

- изучить устройство и принцип действия трансформатора

**Задачи урока:**

**Образовательная:**

- учить правильно работать с текстом, уметь выделять главное

**Развивающая:**

- дать опыт публичного выступления

**Воспитательная:**

- воспитывать умение работать в составе группы

**Тип урока:** урок овладения новыми знаниями

**Вид урока:** урок взаимообучения

**Метод проведения урока:** технология развития критического мышления через чтение и письмо (РКМЧП); стратегия «Верите ли Вы?»

**Межпредметная связь:** электротехника

**Учебно-методическое оснащение урока:**

1. В.Ф. Дмитриева «Физика»: учебник - М.: издательский центр «Академия», 2010;
2. Тексты по разделам темы урока
3. Бумага (формат А ), маркеры, фломастеры.

## План урока

Наименование элемента структуры урока	Используемые методы	Работа преподавателя	Работа студентов	Время
<b>1. Подготовительный этап</b>				
1.1. Оргмомент	-	Приветствует. Проверяет посещаемость. Проверяет готовность к уроку. Проводит жеребьевку, определяющую номер раздела темы для каждой группы.	Приветствуют. Готовятся к уроку. По желанию делятся на пять групп (в соответствии с разделами темы). Участвуют в жеребьевке.	5
1.2. Целевая подготовка	Диалогово-словесный	Совместно с обучающимися определяет тему урока, задавая вопросы и получая ответы.	Участвуют в формулировке темы урока, отвечая на вопросы, записывают тему урока	5
1.3. Вызов	Верные и неверные утверждения (Верите ли Вы?)	Работа направлена на вызов у студентов уже имеющихся знаний по изучаемому вопросу, активизацию их деятельности, мотивацию к дальнейшей работе. Заносит на доску ответы групп на вопросы «Верю» - «+»; «Не верю» - «-»	Работая в группах, вспоминают, что им известно по изучаемому вопросу или делают предположения и отвечают на вопросы «Верите ли Вы?»	15
<b>2. Основной этап</b>				
2.1. Осмысление содержания	Метод активного чтения с пометками, подчеркиваниями, выделением главного.	Работа направлена на сохранение у студентов интереса к теме при работе с новой информацией, помощь в выделении главного, отборе материала для создания плаката	Индивидуально читают текст, делают пометки, подчеркивают главное, ищут правильные ответы на вопросы «Верите ли Вы?», ведут обсуждение в группе. Совместно готовят плакат и	40

	<p>Поиск правильных ответов на вопросы «Верите ли Вы?»</p> <p>Подготовка плакатов к презентации.</p> <p>Выступление с презентацией.</p>		<p>выступление к презентации.</p> <p>По два человека от каждой группы выступают с 2-х минутной презентацией, остальные конспектируют излагаемый материал</p>	
2.2. Рефлексия	<p>Возврат к верным и неверным утверждениям, написание синквейна.</p>	<p>Возвращает студентов к верным и неверным утверждениям, вносит исправления на доске в неправильные ответы, напоминает правила написания синквейна.</p>	<p>Проверяют верность и неверность утверждений, пишут синквейн (в группах или индивидуально - по желанию).</p>	20
<b>3. Заключительный этап</b>				
3.1. Выдача домашнего задания	Составление кроссворда	Комментирует домашнее задание	Обсуждают, записывают	3
3.2. Подведение итогов	Словесный	Подводит итоги занятия, оценивает работу групп		2

## Ход урока

### 1. Оргмомент

**Жеребьевка.** Выбор раздела темы, над которым работает группа, осуществляется по жребию. Каждая группа получает номер, соответствующий разделу темы:

1. Производство и передача электроэнергии
2. История создания трансформатора
3. Устройство трансформатора
4. Работа трансформатора
5. КПД трансформатора. Применение трансформаторов

### 2. Целевая подготовка

Тема урока определяется студентами самостоятельно в ходе ответа на вопрос: «**Что общего у следующих объектов**»?

- Фокусник, создающий оптическую иллюзию превращения одних предметов в другие
- Устройство, служащее для передачи и изменения крутящего момента от двигателя автомобиля к коробке передач
- Инопланетные разумные роботы, превращающиеся в машины, людей, животных и др.
- Актер, исполняющий попеременно роли нескольких действующих лиц, быстро изменяя внешность с помощью парика, грима, костюма
- Преобразователь переменного напряжения без изменения его частоты

Все перечисленные объекты объединяются латинским словом transformo, transformare, которое означает превращать, преобразовывать.

**Тема занятия:** «Преобразование переменного тока. Трансформатор»

### 3. Вызов

Каждая группа отвечает на вопросы, написанные на доске.

«Верим» - знак «+», «Не верим» - знак «□»

## Верите ли Вы, что

1. 80% электроэнергии в мире потребляет 20% населения Земли?
2. Первое место в мире по количеству электроэнергии, вырабатываемой на душу населения занимают США?
3. Наибольшее количество электроэнергии в мире вырабатывается гидроэлектростанциями, т.к. они являются самыми «экологически чистыми»?
4. Для уменьшения потерь при передаче электроэнергии на большие расстояния нужно повышать напряжение?
5. Изобретателем трансформатора был М.Фарадей?
6. Трансформатор был изобретен в первой половине 19 века?
7. Трансформатор был изобретен в России?
8. Практическое использование переменного тока привело к изобретению трансформатора?
9. Название одной из деталей трансформатора происходит от слова «сердце»?
10. Катушки, входящие в состав трансформатора, электрически не соединены друг с другом?
11. Число витков в катушках трансформатора обязательно должно быть одинаковым?
12. Для охлаждения трансформатора используют воду?
13. Принцип действия трансформатора основан на открытии Фарадея?
14. В катушках трансформатора возникают э.д.с., которые определяются первой производной от магнитного потока по времени?
15. Если коэффициент трансформации  $k > 1$ , то трансформатор понижает напряжение?
16. Если трансформатор понижает напряжение, то понижается и частота этого напряжения?
17. КПД трансформатора может достигать 99%?
18. Если трансформатор повышает напряжение, то сила тока при этом понижается?
19. На КПД трансформатора влияют вихревые (индукционные) токи?
20. Трансформаторы применяются в персональных компьютерах?

## 4. Осмысление содержания

### Работа в группах по 5 - 6 человек.

Каждая группа работает с текстом по полученной в ходе жеребьевки теме.

#### 1. Производство и передача электрической энергии

Объем производства электроэнергии в стране является одним из важнейших показателей уровня ее социально-экономического развития.

Развитые страны мира (20% населения Земли) потребляют 80% производимой в мире электроэнергии. Лидерами по объему производства электроэнергии являются США, Япония и Китай. Россия занимает 4-е место. При этом по объему производства электроэнергии на душу населения 1-е место в мире занимает Норвегия.

Электрическую энергию производят на электростанциях. В зависимости от вида преобразуемой энергии электростанции подразделяются на тепловые (ТЭС), гидравлические (ГЭС), атомные (АЭС). Существуют также приливные, ветровые, солнечные, геотермальные электростанции.

В топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) мира более 60% электроэнергии вырабатывается на ТЭС. Однако, КПД их невелик - до 40%. Они экологически несовершенны: загрязняют атмосферу продуктами сжигания топлива.

Наиболее высокий коэффициент полезного действия (80%) имеют ГЭС. Их доля в ТЭБ мира составляет около 20%. Они также отрицательно воздействуют на экологию: водохранилища, созданные перед плотинами равнинных ГЭС, затапливают огромные территории с полями, лесами, населенными пунктами; способствуют заболачиванию или засолению почв; негативно влияют на рыбный промысел; меняют естественный режим рек.

На АЭС вырабатывается 17% электроэнергии мира. Их КПД составляет 25 – 30% и после чернобыльской катастрофы к ним стали относиться весьма настороженно. Однако, в странах, не имеющих богатых запасов топливных полезных ископаемых, их роль велика. Если в России АЭС вырабатывают 10% всей электроэнергии, то во Франции – 77%.

Самыми экологически чистыми являются ветровые и солнечные электростанции, но их работа значительно зависит от погоды, а мощность пока мала.

Электростанции выгодно строить там, где есть дешевые источники энергии: запасы угля, торфа, нефти, водные потоки и т. д. От станции электроэнергию необходимо передать в места, где находятся потребители: населенные пункты, заводы, фабрики.

Передача электроэнергии осуществляется с помощью линий электропередачи (ЛЭП).

Электростанции вырабатывают ток большой мощности — сотни тысяч киловатт при напряжениях, не превышающих десятки киловольт.

Мощность тока определяется:

$$P = IU \cos \varphi \quad (*)$$

Эту мощность надо передать к потребителю так, чтобы ее потери на нагревание проводов ЛЭП были, по возможности, наименьшими. Тепловые потери мощности составляют:

$$\Delta P = I^2 R$$

Сила тока, протекающего по проводам ЛЭП, из формулы (\*) определится:

$$I = P / U \cos \varphi ,$$

Подставим значение I в формулу для  $\Delta P$ , тогда

$$\Delta P = P^2 R / U^2 \cos^2 \varphi$$

Из формулы следует, что уменьшить потери мощности можно за счет уменьшения сопротивления R проводов ЛЭП. Это требует увеличения площади поперечного сечения проводов ( $R = \rho l / S$ ), что экономически невыгодно, так как ведет к увеличению их массы, а это усложняет подвеску и удорожает ЛЭП.

Следовательно, нужно увеличивать напряжение, при котором передается мощность  $P$ , вырабатываемая электростанцией. Поэтому напряжение в ЛЭП составляет сотни киловольт.

Но потребитель не может использовать такое высокое напряжение. Из соображений безопасности и для уменьшения массы изоляции большинство электроприборов в наших домах рассчитаны на напряжение  $U=220\text{В}$ .

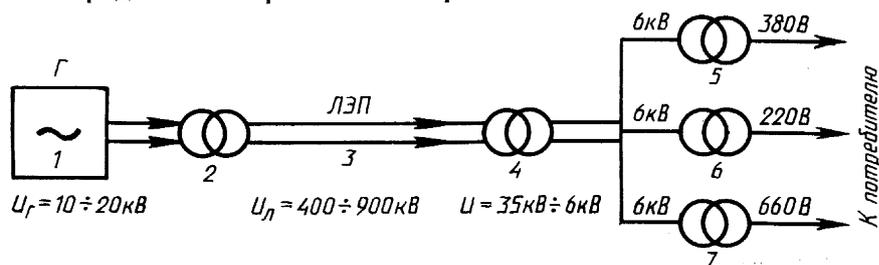
Поэтому для наиболее выгодной транспортировки электроэнергии в электросетях многократно применяют трансформаторы

При передаче электроэнергии на электростанциях ставят повышающий трансформатор. Он увеличивает напряжение в линии электропередачи, и, как следствие, уменьшает тепловые потери мощности.

Непосредственно у потребителя (населенного пункта, фабрики, завода и т. д.) напряжение необходимо уменьшить. Это осуществляется с помощью понижающего трансформатора.

Чаще всего понижение напряжения происходит ступенчато. На каждой ступени напряжение становится все меньше. После понижения напряжения до  $6\text{ кВ}$  ток под этим напряжением по подземным кабелям идет к местным (районным) трансформаторам. Они еще раз понижают напряжение от  $6\text{ кВ}$  до  $220\text{В}$ , и от районных трансформаторов ток идет в здания. Районные трансформаторы устанавливаются в специальных будках без окон. На двери будки написано: «**Не входить. Опасно для жизни**» и изображен специальный знак. Открывать эту будку разрешено только специалистам.

Передача электрической энергии

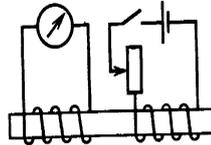


- 1 – генератор переменного тока;
- 2 – повышающие трансформаторы;
- 3 – линия электропередачи;
- 4,5,6,7 – понижающие трансформаторы

## 2. История создания трансформатора

Для создания трансформаторов необходимо было изучение свойств материалов: немагнитических, металлических и магнитных, создание их теории.

В 1831 году при проведении основополагающих исследований в области электричества английский физик Майкл Фарадей открыл явление электромагнитной индукции, лежащее в основе действия электрического трансформатора. Схематичное изображение будущего трансформатора впервые появилось в 1831 году в работах Фарадея и Генри.



Однако ни тот, ни другой не отмечали в своём приборе такого свойства трансформатора, как изменение напряжений и токов, то есть трансформирование переменного тока.

В 1848 году французский механик Г. Румкорф изобрёл индукционную катушку. Она явилась прообразом трансформатора.

В 1876 году Яблочков Павел Николаевич создал первый трансформатор. Это был трансформатор с разомкнутым сердечником, представлявшим собой стержень, на который наматывались обмотки.

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 увлекся электротехникой и стал работать над проблемами, связанными с применением электричества в военном и гражданском деле.

В 1873 году П.Н. Яблочков 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 октябре 1875 года Яблочков уезжает за границу с целью показать в США на всемирной выставке в Филадельфии свои изобретения и достижения русской электротехники, а заодно ознакомиться с постановкой электротехники в других странах. Осенью 1875 года Павел Николаевич в силу сложившихся обстоятельств оказался в Париже. Здесь он заинтересовался мастерскими физическими приборами академика Л. Бреге, с аппаратами которого был знаком ещё по работе в бытность начальником телеграфа в Москве. Л. Бреге принял русского инженера весьма любезно и предложил ему место в своей фирме.

В годы пребывания во Франции Павел Николаевич работал не только над изобретением и усовершенствованием электрической свечи, но и над решением других практических задач. Только за первые полтора года — с марта 1876 по октябрь 1877 — он подарил человечеству ряд других выдающихся изобретений и открытий.

П. Н. Яблочков сконструировал первый генератор переменного тока, первым применил переменный ток для промышленных целей, создал трансформатор переменного тока.

Дата получения патента 30 ноября 1876 года считается датой рождения первого трансформатора. Яблочков первый в мире создал систему «дробления» электрического

света, то есть питания большого числа свечей от одного генератора тока, основанную на применении переменного тока, трансформаторов и конденсаторов.

Первые трансформаторы с замкнутыми сердечниками были созданы в Англии в 1884 году братьями Джоном и Эдуардом Гопкинсон.

С изобретением трансформатора возник технический интерес к переменному току.

Переменный ток обладает рядом преимуществ по сравнению с постоянным:

1. Переменный ток сравнительно легко позволяет увеличивать, а потом уменьшать напряжение
2. Достаточно просто изменять частоту тока, что позволяет плавно регулировать скорость вращения валов электродвигателей
3. Генераторы и двигатели переменного тока по сравнению с машинами такого же назначения и мощности постоянного тока проще по устройству, дешевле и надежнее.

Спор между сторонниками и противниками переменного тока продолжался до 1891 года. Русский электротехник Михаил Осипович Доливо-Добровольский предложил трёхфазную систему переменного тока, обладающую целым рядом преимуществ, построил первый трёхфазный асинхронный двигатель и первый трёхфазный трансформатор. На электротехнической выставке во Франкфурте-на-Майне в 1891 г. Доливо-Добровольский успешно продемонстрировал опытную высоковольтную электропередачу трёхфазного тока на расстояние 175 км. Трёхфазный генератор имел мощность 230 кВт при напряжении 95 В.

#### 4. Устройство трансформатора

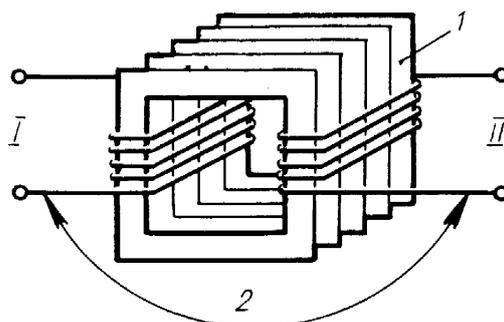
Основные части конструкции трансформатора:  
обмотки;  
магнитная система (магнитопровод);  
система охлаждения

Обмотка – это совокупность витков, образующих катушку. Проводник обмотки может иметь квадратную форму сечения для наиболее эффективного использования имеющегося пространства.

Катушек может быть две или более. Они электрически изолированы друг от друга. Число витков катушек разное.

К одной обмотке – первичной – подводится преобразуемое напряжение  $U_1$ , а с другой – вторичной – снимается преобразованное напряжение  $U_2$ . Ко вторичной обмотке присоединяют приемники электрической энергии  $R_n$ .

Для того, чтобы магнитное поле не рассеивалось в пространстве, катушки надевают на магнитопровод, выполненный из специальной трансформаторной стали. Магнитопровод трансформатора называют сердечником. Сердечник трансформатора замкнут. Для уменьшения потерь энергии на вихревые токи, возникающие в сплошных проводниках, находящихся в переменном магнитном поле, сердечник собирают из тонких листов стали, изолированных друг от друга тонким слоем лака.

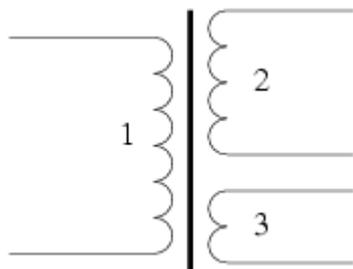


1 – магнитопровод;  
2 – обмотки (I – первичная обмотка; II - вторичная обмотка)

При работе трансформатора его обмотки нагреваются протекающими по ним токами. Нагревается (вследствие перемагничивания и вихревыми токами) и магнитопровод. В трансформаторах небольшой мощности отвод выделяющейся теплоты происходит через кожух. Такие трансформаторы называются сухими.

В мощных трансформаторах применяют масляное охлаждение. Сердечник с обмотками помещают в бак, заполненный минеральным (трансформаторным) маслом. Масло не только отводит тепло за счет конвекции, но и является хорошим диэлектриком.

На схемах трансформатор обозначается следующим образом:



Центральная линия соответствует сердечнику, 1 – первичная обмотка (обычно слева), 2, 3 – вторичные обмотки. Число полукружностей символизирует число витков обмотки (больше витков – больше полукружностей, но без строгой пропорциональности).

Конструкция трансформаторов в значительной степени зависит от их назначения.

Трансформаторы одного и того же назначения могут различаться:

- по конструкции обмоток — с концентрическими и чередующимися обмотками;
- по числу обмоток — двухобмоточные и многообмоточные (одна первичная и две или более вторичных обмоток);
- по форме магнитопровода — стержневые (обмотки заключают в себе сердечник); броневые (сердечник включает в себе обмотки) и др.;
- по виду охлаждения — с воздушным (сухие трансформаторы) и масляным (масляные трансформаторы) охлаждением;
- по числу трансформируемых фаз — однофазные и многофазные.

#### 4. Работа трансформатора

Принцип действия трансформатора основан на явлении электромагнитной индукции.

При подключении первичной обмотки трансформатора к сети переменного тока напряжением  $u_1$  по обмотке протекает переменный ток  $i_1$ . При прохождении переменного тока по первичной обмотке в сердечнике возникает переменный магнитный поток  $\Phi$ . Этот магнитный поток, пронизывая витки первичной и вторичной обмоток, индуцирует в них переменные индукционные поля с ЭДС  $e_1$  и  $e_2$ .

$$\sim u_1 \rightarrow \sim i_1 \rightarrow \sim \Phi \rightarrow e_1, e_2$$

ЭДС определяют по закону электромагнитной индукции:

$$e_1 = -N_1 \cdot \Phi'$$

$$e_2 = -N_2 \cdot \Phi'$$

Поскольку первичную и вторичную обмотки пронизывает один и тот же магнитный поток, то отношение ЭДС первичной к ЭДС вторичной обмотки определится:

$$e_1 / e_2 = N_1 / N_2$$

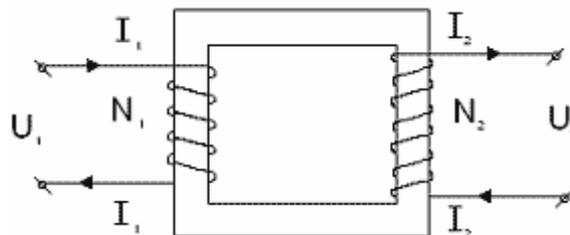
Полученное соотношение справедливо для любых мгновенных значений ЭДС и, следовательно, справедливо и для действующих значений:

$$E_1 / E_2 = N_1 / N_2 = k$$

:

где  $k$  – постоянная для данного трансформатора величина, называемая коэффициентом трансформации

#### Работа трансформатора на холостом ходу



Если первичную обмотку подключить к источнику переменного напряжения, а вторичную оставить разомкнутой, то такой режим работы трансформатора называется холостым ходом.

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

$$U_2 \approx E_2$$

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

$$U_1 \approx E_1$$

Тогда

$$U_1 / U_2 = N_1 / N_2 = k$$

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

При подаче на первичную обмотку трансформатора напряжения  $U_1$  на выходе вторичной обмотки мы получаем  $U_2$ . Оно будет больше первичного, если вторичная обмотка содержит больше витков, чем первичная.

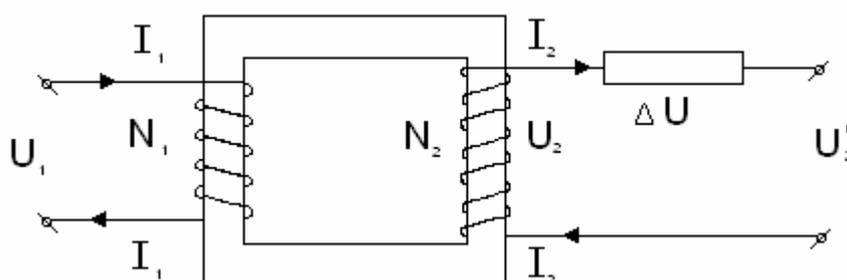
Итак, если  $N_2 > N_1$ , то  $U_2 > U_1$ , коэффициент трансформации  $k < 1$  и трансформатор называется **повышающим**.

Если  $N_2 < N_1$  и  $U_2 < U_1$ , то  $k > 1$  и трансформатор называется **понижающим**.

Таким образом, трансформатор - это устройство, служащее для преобразования переменного напряжения без изменения его частоты.

### Работа трансформатора с нагрузкой

Если во вторичную цепь трансформатора включить нагрузку, то во вторичной обмотке возникает ток. Этот ток создает магнитный поток, который согласно правилу Ленца, должен уменьшить изменение магнитного потока в сердечнике, что в свою очередь, приведет к уменьшению ЭДС индукции в первичной обмотке, поэтому ток в первичной обмотке должен возрасти, восстанавливая начальное изменение магнитного потока. При этом увеличивается мощность, потребляемая трансформатором от сети.



При нагрузках, близких к расчетной, напряжения на обмотках мало отличаются от ЭДС, т.к. активные сопротивления обмоток сравнительно невелики. При этих условиях равенство, справедливое для ЭДС, оказывается примерно справедливым и для напряжений на зажимах обмоток.

$$I_1 / I_2 = U_1 / U_2 = N_1 / N_2 = k$$

### 5. КПД трансформатора Области применения трансформаторов

Трансформатор – простой, надежный и экономичный электрический аппарат. Трансформатор не имеет движущихся деталей, а значит, и потерь энергии на трение.

При работе трансформатора возникают потери энергии:

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

Меры, принимаемые для уменьшения потерь:

- обмотка низкого напряжения делается большого сечения, т.к. сила тока в ней велика; обмотки выполняются из меди;
- сердечник делают замкнутым, что уменьшает рассеяние магнитного потока;
- сердечник делают пластинчатым, чтобы уменьшить вихревые токи

КПД трансформатора определяется:

$$\eta = ( P_2 / P_1 ) 100\%,$$

где  $P_1$ ,  $P_2$  - мощности в первичной и вторичной обмотках соответственно.

При правильной конструкции КПД трансформатора достигает 97 – 99%.

Если пренебречь незначительными потерями энергии, то по закону сохранения энергии можно считать, что энергия, потребляемая из сети первичной обмоткой, равна энергии, которую потребитель получает от вторичной обмотки. Принимая  $\varphi_1 = \varphi_2$ , можно для мощности записать:

$$P_1 \approx P_2$$

Т.к.  $P_1 = I_1 U_1$  и  $P_2 = I_2 U_2$ , то  $I_1 U_1 \approx I_2 U_2$  или

$$U_1 / U_2 \approx I_2 / I_1$$

Отсюда видно, что наряду с преобразованием напряжения происходит также изменение силы тока: повышающий трансформатор уменьшает силу тока, а понижающий ее увеличивает.

В зависимости от области применения трансформаторы разделяют на следующие основные виды:

1. **Силовые**, применяемые:

- в системах передачи и распределения электроэнергии;
- для установок со статическими преобразователями (ионными или полупроводниковыми) при преобразовании переменного тока в постоянный (выпрямители) или постоянного в переменный (инверторы);
- для получения требуемых напряжений в цепях управления электроприводами и в цепях местного освещения;

2. **Силовые специального назначения** — печные, сварочные т. п.;

3. **Измерительные** — для включения электрических измерительных приборов в сети высокого напряжения или большого тока;

4. **Испытательные** — для получения высоких и сверхвысоких напряжений, необходимых при испытаниях на электрическую прочность электроизоляционных изделий;

5. **Радиотрансформаторы** — применяемые в устройствах радио- и проводной связи, в блоках питания телевизоров и персональных компьютеров, в системах автоматики и телемеханики для получения требуемых напряжений, согласования сопротивлений электрических цепей, гальванического разделения цепей и др.

Кроме этого, имеется еще целый ряд специализированных трансформаторов.

Студенты индивидуально читают текст, делают пометки, подчеркивают главное, ищут правильные ответы на вопросы «Верите ли Вы?», затем ведут обсуждение в группе.

Каждая группа готовит устную 2-минутную презентацию по полученной теме.

В ходе работы над презентацией студенты готовят плакат, отражающий важнейшие положения темы, которые необходимо занести в конспект.

По два человека из группы представляют презентацию у доски остальным студентам

## 5. Рефлексия

Возвращение к вопросам «Верите ли Вы?».

Студенты проверяют верность и неверность утверждений, сделанных ими в начале урока, исправляют неверные утверждения.

Затем индивидуально или в группах (по желанию) приступают к написанию синквейна «Трансформатор».

Синквейн - это стихотворение, состоящее из пяти строк: в первой строке заявляется тема или предмет (одно существительное); во второй дается описание предмета (два прилагательных или причастия); в третьей, состоящей из трех глаголов, характеризуются действия предмета; в четвертой строке приводится фраза, обычно из четырех значимых слов, выражающая отношение автора к предмету, в пятой строке - синоним, обобщающий или расширяющий смысл темы или предмета (одно слово).

Например:

Трансформатор  
Надежный, экономичный  
Повышает, понижает, не изменяет  
Оптимально использует электромагнитную индукцию  
Преобразователь

## 5. Заключительный этап

3.1. Выдача домашнего задания:

В.Ф. Дмитриева «Физика» § 15.12; № 20.49

В качестве домашнего задания с целью продолжения этапа рефлексии студентам предлагается придумать кроссворд, основным словом которого является слово «Трансформатор», а остальные слова связаны с темой.

### Список литературы

1. В.Ф. Дмитриева «Физика»: Учебник - М.: издательский центр «Академия», 2010;
2. С. И. Заир-Бек, И. В. Муштавинская «Развитие критического мышления на уроке»: пособие для учителей общеобразовательных учреждений - М.: «Просвещение», 2011;
3. А. А. Пинский, Г. Ю. Граковский «Физика»: Учебник- М: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006
4. Урок по физике в 11 классе по теме «Трансформатор»  
<http://naturesciences.area7.ru/?m=595>