

Дата **18.04.2023 г.** Группа ХКМ 1/1. Курс 1. Семестр 2

Дисциплина: Физика

Тема занятия: Переменный электрический ток

Цель занятия:

- *методическая* - совершенствование методики проведения лекционного занятия;

- *учебная* – сформировать представление о переменном электрическом токе;

- *воспитательная* – формирование стремления к овладению знаний, активности, самостоятельности суждения.

Вид занятия: Лекция

Интеграционные связи: тема взаимосвязана с предыдущими темами дисциплины «Физика»

Список литературы по теме:

1. Мякишев Г.Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. организаций: базовый и углубл. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 9 изд., стер. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: ил. – (Классический курс)

2. Мякишев Г.Я. Физика: учеб. для 11 кл. общеобразоват. организаций: базовый и углубл. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 10 изд., стер. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: ил. – (Классический курс)

3. Рымкевич А.П. Задачник: сборник для учащихся общеобразовательных учреждений. – М., «Дрофа» 2008.

<https://yandex.ru/video/preview/7835071349778366657> Принцип работы генератора переменного тока

<https://www.youtube.com/watch?v=IvJohBD9J14> Трансформаторы

<https://www.youtube.com/watch?v=jrjUHI7HzZ0&t=2s> Виды обмоток трансформатора

<https://www.youtube.com/watch?v=5tyhF3aohqA> Как определить коэффициент трансформации

<https://www.youtube.com/watch?v=ama0CuYAT-4> Производство трансформаторов

Тема: Переменный электрический ток

1. Переменный электрический ток
2. Генерирование электрической энергии
3. Трансформаторы

1. Переменный электрический ток

Свободные электромагнитные колебания в контуре быстро затухают, и поэтому они практически не используются. Напротив, незатухающие вынужденные колебания имеют огромное практическое значение.

Переменный ток в осветительной сети квартиры, применяемый на заводах и фабриках и т. д., представляет собой не что иное, как вынужденные электромагнитные колебания. Сила тока и напряжение меняются со временем по гармоническому закону.

Колебания напряжения легко обнаружить с помощью осциллографа. Если на вертикально отклоняющие пластины осциллографа подать напряжение от сети, то временная развертка на экране будет представлять собой синусоиду (рис.1). Зная скорость движения луча по экрану в горизонтальном направлении (она определяется частотой пилообразного напряжения), можно вычислить частоту колебаний. Частота переменного тока — это число колебаний в 1 с. Стандартная частота промышленного переменного тока равна 50 Гц. Это означает, что на протяжении 1 с ток 50 раз идет в одну сторону и 50 раз — в противоположную. Частота 50 Гц принята для промышленного тока во многих странах мира. В США принята частота 60 Гц.

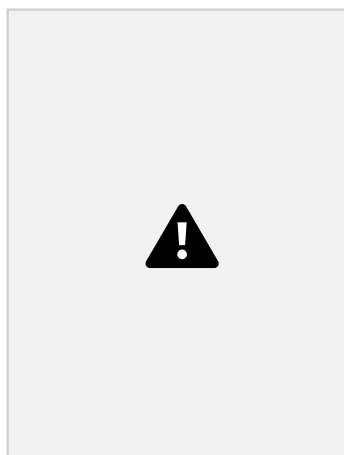


Рисунок 1 - Осциллограф

Если напряжение на концах цепи меняется по гармоническому закону, то и напряженность электрического поля внутри проводников будет также меняться гармонически.

Эти гармонические изменения напряженности поля, в свою очередь, вызывают гармонические колебания скорости упорядоченного движения заряженных частиц и, следовательно, гармонические колебания силы тока.

Но при изменении напряжения на концах цепи электрическое поле не меняется мгновенно во всей цепи. Изменения поля распространяются хотя и с очень большой, но не с бесконечно большой скоростью.

Однако, если время распространения изменений поля в цепи много меньше периода колебаний напряжения, можно считать, что электрическое поле во всей цепи сразу же меняется при изменении напряжения на концах цепи. При этом сила тока в данный момент времени будет иметь практически одно и то же значение во всех сечениях неразветвленной цепи.

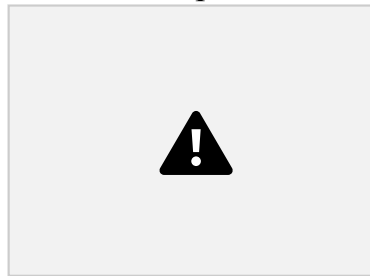


Рисунок 2 – Рамка в магнитном поле

Переменное напряжение в гнездах розетки осветительной сети создается генераторами на электростанциях. Проволочную рамку, вращающуюся в постоянном однородном магнитном поле, можно рассматривать как простейшую модель генератора переменного тока. Поток магнитной индукции Φ , пронизывающий проволочную рамку площадью S , пропорционален косинусу угла α между нормалью к рамке и вектором магнитной индукции (рис.2):

$$\Phi = BS \cos \alpha.$$

При равномерном вращении рамки угол α увеличивается прямо пропорционально времени:

$$\alpha = \omega t,$$

где ω — угловая скорость вращения рамки. Поток магнитной индукции меняется по гармоническому закону:

$$\Phi = BS \cos \omega t.$$

Здесь величина ω играет уже роль циклической частоты.

Согласно закону электромагнитной индукции ЭДС индукции в рамке равна взятой со знаком «-» скорости изменения потока магнитной индукции, т. е. производной потока магнитной индукции по времени:

$$e = -\Phi' = -BS (\cos \omega t)' = BS\omega \cdot \sin \omega t = \boxed{} \text{ m} \sin \omega t,$$

где $\boxed{} \text{ m} = BS\omega$ — амплитуда ЭДС индукции.

Если к рамке подключить колебательный контур, то угловая скорость ω вращения рамки определит частоту со колебаний значений ЭДС, напряжения на различных участках цепи и силы тока.

Мы будем изучать в дальнейшем вынужденные электрические колебания, происходящие в цепях под действием напряжения, меняющегося с циклической частотой ω по закону синуса или косинуса:

$$u = U_m \sin \omega t$$

или

$$u = U_m \cos \omega t, \quad (4.14)$$

где U_m — амплитуда напряжения, т. е. максимальное по модулю значение напряжения.

Если напряжение меняется с циклической частотой ω , то и сила тока в цепи будет меняться с той же частотой. Но колебания силы тока не обязательно должны совпадать по фазе с колебаниями напряжения. Поэтому в общем случае сила тока i в любой момент времени (мгновенное значение силы тока) определяется по формуле

$$i = I_m \sin (\omega t + \varphi_c). \quad (4.15)$$

Здесь I_m — амплитуда силы тока, т. е. максимальное по модулю значение силы тока, а φ_c — разность (сдвиг) фаз между колебаниями силы тока и напряжения.

В промышленных цепях переменного тока сила тока и напряжение меняются гармонически с частотой $f = 50$ Гц. Переменное напряжение на концах цепи создается генераторами на электростанциях

2. Генерирование электрической энергии

Электрическая энергия обладает неоспоримыми преимуществами перед всеми другими видами энергии. Ее можно передавать по проводам на огромные расстояния со сравнительно малыми потерями и удобно распределять между потребителями. Главное в том, что эту энергию с помощью достаточно простых устройств легко превратить в любые другие формы: механическую, внутреннюю (нагревание тел), энергию света и т. д. Переменный ток в отличие от постоянного имеет то преимущество, что напряжение и силу тока можно в очень широких пределах преобразовывать (трансформировать) почти без потерь энергии. Такие преобразования необходимы во многих электро- и радиотехнических устройствах. Но особенно необходима трансформация напряжения и тока при передаче электроэнергии на большие расстояния.

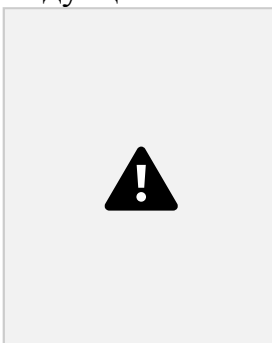
Электрический ток вырабатывается в генераторах — устройствах, преобразующих энергию того или иного вида в электрическую энергию. К генераторам относятся гальванические элементы, электростатические машины, термобатареи¹, солнечные батареи и т. п. Исследуются возможности создания принципиально новых типов генераторов. Например, разрабатываются так называемые топливные элементы, в которых энергия,

освобождающаяся в результате реакции водорода с кислородом, непосредственно превращается в электрическую.

Область применения каждого из перечисленных типов генераторов электроэнергии определяется их характеристиками. Так, электростатические машины создают высокую разность потенциалов, но не способны создать в цепи сколько-нибудь значительную силу тока. Гальванические элементы могут дать большой ток, но продолжительность их действия невелика.

Основную роль в наше время выполняют **электрохимические индукционные генераторы переменного тока**. В этих генераторах механическая энергия превращается в электрическую. Их действие основано на явлении электромагнитной индукции. Такие генераторы имеют сравнительно простое устройство и позволяют получать большие токи при достаточно высоком напряжении.

В дальнейшем, говоря о генераторах, мы будем иметь в виду именно индукционные электрохимические генераторы.



В настоящее время имеется много различных типов индукционных генераторов. Но все они состоят из одних и тех же основных частей. Это, во-первых, электромагнит или постоянный магнит, создающий магнитное поле, и, во-вторых, обмотка, в которой индуцируется переменная ЭДС (в рассмотренной модели генератора это вращающаяся рамка). Так как ЭДС, наводимые в последовательно соединенных витках, складываются, то амплитуда ЭДС индукции в рамке пропорциональна числу ее витков. Она пропорциональна также амплитуде переменного магнитного потока ($\Phi_m = BS$) через каждый виток.

Для получения большого магнитного потока в генераторах применяют специальную магнитную систему, состоящую из двух сердечников, изготовленных из электротехнической стали. Обмотки, создающие магнитное поле, размещены в пазах одного из сердечников, а обмотки, в которых индуцируется ЭДС, — в пазах другого. Один из сердечников (обычно

внутренний) вместе с обмоткой вращают вокруг горизонтальной или вертикальной оси. Поэтому он называется **ротором**. Неподвижный сердечник с обмоткой называют **статором**. Зазор между сердечниками статора и ротора делают как можно меньшим для увеличения потока вектора магнитной индукции.

В изображенной на рисунке 3 модели генератора вращают проволочную рамку, которая является ротором (но без железного сердечника). Магнитное поле создает неподвижный постоянный магнит. Разумеется, можно было бы поступить и наоборот: вращать магнит, а рамку оставить неподвижной.

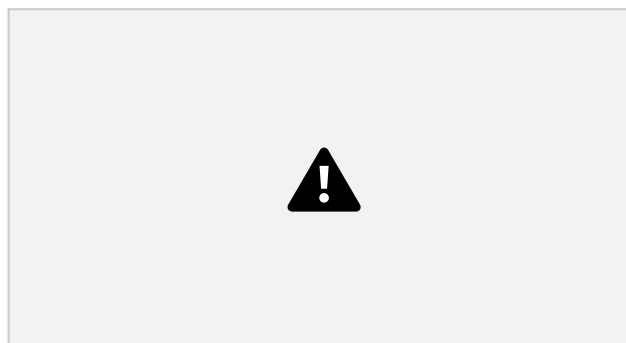


Рисунок 4 - Промышленный генератор

В больших промышленных генераторах вращается именно электромагнит, являющийся ротором, а обмотки, в которых наводится ЭДС, уложены в пазах статора и остаются неподвижными. Дело в том, что подводить ток к ротору или отводить его из обмотки ротора во внешнюю цепь приходится при помощи скользящих контактов. Для этого ротор снабжается **контактными кольцами**, присоединенными к концам его обмотки (рис. 4). Неподвижные пластины — **щетки** — прижаты к кольцам и осуществляют связь обмотки ротора с внешней цепью. Сила тока в обмотках электромагнита, создающего магнитное поле, значительно меньше силы тока, отдаваемого генератором во внешнюю цепь. Поэтому генерируемый ток удобнее снимать с неподвижных обмоток, а через скользящие контакты подводить сравнительно слабый ток к вращающемуся электромагниту. Этот ток вырабатывается отдельным генератором постоянного тока (возбудителем), расположенным на том же валу.

В маломощных генераторах магнитное поле создается вращающимся постоянным магнитом. В таком случае кольца и щетки вообще не нужны.

Появление ЭДС в неподвижных обмотках статора объясняется возникновением в них вихревого электрического поля, порожденного изменением магнитного потока при вращении ротора.

Современный генератор электрического тока — это внушительное сооружение из медных проводов, изоляционных материалов и стальных конструкций. При размерах в несколько метров важнейшие детали генераторов изготавливаются с точностью до миллиметра. Нигде в природе нет такого сочетания движущихся частей, которые могли бы порождать электрическую энергию столь же непрерывно и экономично.

3. Трансформаторы

Электрический ток никогда не получил бы такого широкого применения, если бы его нельзя было преобразовывать почти без потерь энергии.

Назначение трансформаторов

ЭДС мощных генераторов электростанций довольно велика. Между тем в практике чаще всего нужно не слишком высокое напряжение.

Преобразование переменного тока, при котором напряжение увеличивается или уменьшается в несколько раз практически без потери мощности, осуществляется с помощью **трансформаторов**.

Впервые трансформаторы были использованы в 1878 г. русским ученым П. Н. Яблочковым для питания изобретенных им электрических свечей — нового в то время источника света.

Устройство трансформатора

Принцип работы трансформатора

²⁸ https://www.youtube.com/watch?v=d_MvNmOBfKE&t=144s

Трансформатор состоит из замкнутого стального сердечника, собранного из пластин, на который надеты две (иногда и более) катушки с проволочными обмотками (рис.5).

Первичная катушка подключается к источнику питания, **вторичная** — к нагрузке, их может быть 1 и более. Обмотка — это катушка, состоящая из намотанного на каркас, или без него, электроизоляционного провода. Полный оборот провода называется витком. Первая и вторая катушки устанавливаются на сердечник, с его помощью энергия передается между обмотками.



Рисунок 5 – Трансформатор

По специальной формуле определяется число проводов в обмотке, учитываются все особенности используемого сердечника. Поэтому в разных приборах в первичных катушках число витков будет разным, несмотря на то что подключаются к одному и тому же источнику питания. Витки рассчитываются относительно напряжения, если к трансформатору необходимо подключить несколько нагрузок с разным напряжением питания, то количество вторичных обмоток будет соответствовать количеству подключаемых нагрузок.

Зная число витков провода в первичной и вторичной обмотке, можно рассчитать k устройства. Согласно определения из ГОСТ 17596-72 «**Коэффициент трансформации** — отношение числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной или отношение напряжения на вторичной обмотке к напряжению на первичной обмотке в режиме холостого хода без учета падения напряжения на трансформаторе.» Если этот коэффициент k больше 1, то прибор понижающий, если меньше — повышающий. В ГОСТе такого различия нет, поэтому большее число делят на меньшее и k всегда больше 1.

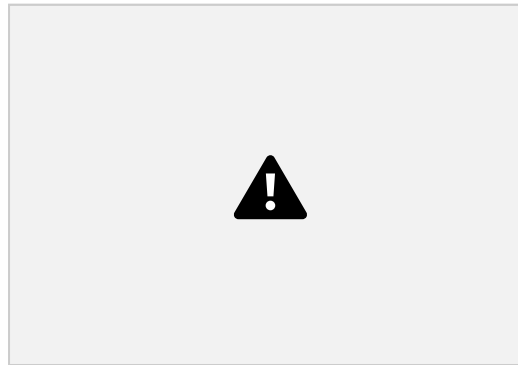


Действие трансформатора основано на явлении *электромагнитной индукции*. При прохождении переменного тока по первичной обмотке в

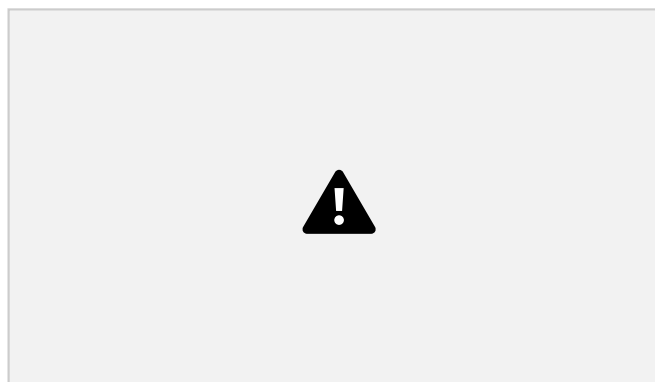
сердечнике появляется переменный магнитный поток, которым возбуждается ЭДС индукции в витках каждой обмотки. Сердечник из трансформаторной стали концентрирует магнитное поле, так что магнитный поток существует практически только внутри сердечника и одинаков во всех его сечениях.

Трансформатор не меняет один параметр в другой, а работает с их величинами. Тем не менее, его называют преобразователем. В зависимости от подключения первичной обмотки к источнику питания, меняется назначение прибора.

В быту широко распространены эти устройства. Их цель — подать на домашнее устройство такое питание, которое бы соответствовало номинальному значению, указанному в паспорте этого прибора. **Например**, в сети напряжение равно 220 вольт, аккумулятор телефона заряжается от источника питания в 6 вольт. Поэтому необходимо понизить сетевое напряжение в $220:6 = 36,7$ раз, этот показатель называется **коэффициент трансформации**.



На тяговых подстанциях, обеспечивающих жилой комплекс электроэнергией, установлены трансформаторы с регулятором напряжения. От вторичной катушки отводятся дополнительные выводы, подключение к которым позволяет менять напряжение в небольшом интервале. Это делается болтовым соединением или рукояткой. В этом случае коэффициент трансформации силового трансформатора указывается в его паспорте.



Контрольные вопросы

1. Какими преимуществами обладает переменный ток по сравнению с постоянным током?
2. На каком явлении основана работа генераторов переменного тока?
3. Что такое коэффициент трансформации?
4. Решить задачи.

Задача 1. Определите напряжение на концах первичной обмотки трансформатора, имеющей $N_1=1000$ витков, если напряжение на концах вторичной обмотки, содержащей $N_2=3000$ витков, равно 60 В. Активными сопротивлениями обмоток трансформатора можно пренебречь.

Задача 2. Первичная обмотка трансформатора содержит 900 витков, вторичная – 4500. Определить коэффициент трансформации и указать, понижающий трансформатор или повышающий.

Задание для самостоятельной работы:

1. **Посмотреть видео из списка литературы!!!**
2. Ознакомиться с лекционным материалом
3. Письменно ответить на контрольные вопросы
4. Фотографию работы прислать в личном сообщении ВК <https://vk.com/id139705283>

На фотографии сверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И., **18.04.2023**, группа ХКМ1/1, Физика».