

Дата **3.02.2023.** Группа ХКМ 2/1. Курс 2

Дисциплина: Электротехника и основы электроники

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Тема занятия: Электромагнетизм

Цель занятия:

-*методическая* - совершенствование методики проведения лекционного занятия;

- *учебная* – знать основные свойства электромагнетизма;

- воспитательная – обучать учащихся соотносить полученные знания с наблюдаемыми явлениями.

Вид занятия: Лекция

Межпредметные связи:

Обеспечивающие: Техническая механика, Физика

Обеспечиваемые: курсовое и дипломное проектирование

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. П.А.Бутырин, О.В.Толчеев, Ф.Н.Шакирзянов. Электротехника: учебник для нач. проф. Образования /- 7-е изд., испр.-М.: Издательский центр «Академия», 2015.-272 с.

2.Б.И.Петленко. Электротехника и электроника. М. : «Академия»,2014.-319 с.

3. В.И.Полещук. Задачник по электротехнике и электронике. М. М.Издательский центр«Академия», 2014 г 335.с. .

Дополнительная литература:

1. А.С.Касаткин., М.В.Немцов. Электротехника.М. : Издательский центр «Академия», 2014 г..

2.Прошин В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике. (2-е-изд., стер.) Уч.пос.НПО. «Академия», 2013-2010.

<https://yandex.ru/video/preview/13285913926086417262> Магнитный гистерезис

<https://yandex.ru/video/preview/5439044811980109129> Электромагнитная индукция

<https://yandex.ru/video/preview/5389159223269941007>

индукция

Электромагнитная

Тема: Электромагнетизм

1. Основные свойства и характеристики магнитного поля.
2. Магнитные свойства вещества. Гистерезис
3. Электромагнитная индукция

1. Основные свойства и характеристики магнитного поля

Что многим из нас приходит в голову, когда мы слышим слово «магнит»? Скорее всего, это магнитная стрелка компаса. Вспомнив уроки географии и природоведения, подумаем, как же устроен компас. Основной его деталью является так называемая магнитная стрелка, обычно она двухцветная: синим покрыт её северный полюс, а красным южный.



Стрелка ориентируется в пространстве таким образом, что своей синей частью показывает на северный полюс Земли, красной же своей частью – на южный полюс.

Обратим внимание на *основное свойство магнитной стрелки* – притягиваться к определенным участкам нашей планеты. Таким образом, возникает сила, которая ориентирует стрелку в пространстве. Эту силу принято называть **магнитной**. Давайте вспомним другие примеры магнитного взаимодействия: практически ежедневно мы сталкиваемся с таким устройством, как электромагнитный замок, они установлены на множестве дверей с домофонами, в них массивная пластина притягивается к мощному магниту, установленному на дверной раме.



Устройство домофона

Пока вы не используете магнитный ключ – дверь не откроется.

Еще одно устройство - это огромный электромагнит, установленный на манипуляторе, который притягивает к себе и переносит старые разбитые автомобили на свалке мусора.



Магнит для притягивания металлического лома

Постоянный магнит – это тело, обладающее собственным магнитным полем.

При прохождении электрического тока по проводнику вокруг него образуется *магнитное поле*.

Магнитное поле представляет собой один из видов материи. Оно обладает энергией, которая проявляет себя в виде электромагнитных сил, действующих на отдельные движущиеся электрические заряды (электроны и ионы) и на их потоки, т. е. электрический ток. Под влиянием электромагнитных сил движущиеся заряженные частицы отклоняются от своего первоначального пути в направлении, перпендикулярном полю (рис. 1).

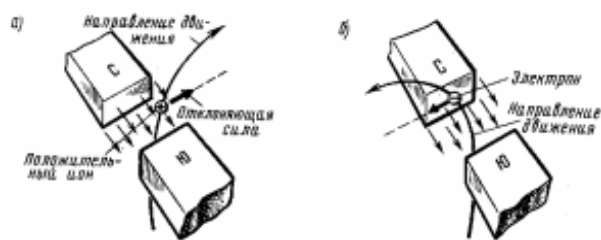


Рисунок 1 - Схемы действия магнитного поля на движущиеся электрические заряды: положительный ион (а) и электрон (б)

Магнитное поле образуется только вокруг движущихся электрических зарядов, и его действие распространяется тоже лишь на движущиеся заряды. Магнитное и электрические поля неразрывны и образуют совместно единое электромагнитное поле. Всякое изменение электрического поля приводит к появлению магнитного поля и, наоборот, всякое изменение магнитного поля сопровождается возникновением электрического поля. Электромагнитное поле распространяется со скоростью света, т. е. 300 000 км/с.

Графическое изображение магнитного поля

Графически магнитное поле изображают магнитными силовыми линиями, которые проводят так, чтобы направление силовой линии в каждой точке поля совпадало с направлением сил поля; магнитные силовые линии всегда являются непрерывными и замкнутыми. Направление магнитного поля в каждой точке может быть определено при помощи магнитной стрелки. Северный полюс стрелки всегда устанавливается в направлении действия сил поля. Конец постоянного магнита, из которого выходят силовые линии (рис.2), принято считать северным полюсом, а противоположный конец, в который входят силовые линии,— южным полюсом (силовые линии, проходящие внутри магнита, не показаны).

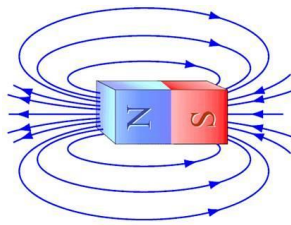


Рисунок 2 - Магнитное поле, созданное постоянным магнитом

Распределение силовых линий между полюсами плоского магнита можно обнаружить при помощи стальных опилок, насыпанных на лист бумаги, положенный на полюсы (рис.3).

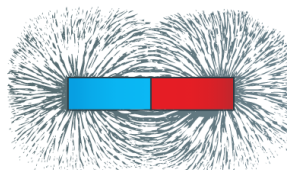


Рисунок 3 – Магнитное поле полосового магнита

Для магнитного поля в воздушном зазоре между двумя параллельно расположенными разноименными полюсами постоянного магнита характерно равномерное распределение силовых магнитных линий (рис.4).

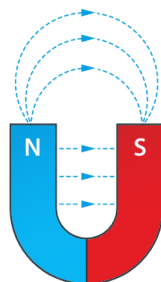


Рисунок 4—Однородное магнитное поле между полюсами дугообразного магнита

Основными характеристиками магнитного поля являются магнитная индукция, магнитный поток, магнитная проницаемость и напряженность магнитного поля.

Магнитная индукция и магнитный поток. Интенсивность магнитного поля, т. е. способность его производить работу, определяется величиной, называемой магнитной индукцией. Чем сильнее магнитное поле, созданное постоянным магнитом или электромагнитом, тем большую индукцию оно имеет. Магнитную индукцию B можно характеризовать плотностью силовых магнитных линий, т. е. числом силовых линий, проходящих через площадь 1 м^2 или 1 см^2 , расположенную перпендикулярно магнитному полю. Различают однородные и неоднородные магнитные поля. В однородном магнитном поле магнитная индукция в каждой точке поля имеет одинаковое значение и направление. Однородным может считаться поле в воздушном зазоре между разноименными полюсами магнита или

электромагнита (см.рис.36) при некотором удалении от его краев. Магнитный поток Φ , проходящий через какую-либо поверхность, определяется общим числом магнитных силовых линий, пронизывающих эту поверхность, например катушку 1 (рис. 37, а), следовательно, в однородном магнитном поле

$$\Phi = BS$$

где S — площадь поперечного сечения поверхности, через которую проходят магнитные силовые линии. Отсюда следует, что в таком поле магнитная индукция равна потоку, поделенному на площадь S поперечного сечения:

$$B = \Phi/S$$

Если какая-либо поверхность расположена наклонно по отношению к направлению магнитных силовых линий (рис. 37, б), то пронизывающий ее поток будет меньше, чем при перпендикулярном ее положении, т. е. Φ_2 будет меньше Φ_1 .

В системе единиц СИ магнитный поток измеряется в веберах (Вб), эта единица имеет размерность В·с (вольт-секунда). Магнитная индукция в системе единиц СИ измеряется в теслах (Тл); $1 \text{ Тл} = 1 \text{ Вб/м}^2$.

Магнитная проницаемость. Магнитная индукция зависит не только от силы тока, проходящего по прямолинейному проводнику или катушке, но и от свойств среды, в которой создается магнитное поле. Величиной, характеризующей магнитные свойства среды, служит абсолютная магнитная проницаемость μ_a . Единицей ее измерения является генри на метр ($1 \text{ Гн/м} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{с/м}$).

В среде с большей магнитной проницаемостью электрический ток определенной силы создает магнитное поле с большей индукцией. Абсолютную магнитную проницаемость вакуума называют магнитной постоянной, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$. Магнитная проницаемость ферромагнитных материалов в тысячи и даже десятки тысяч раз больше магнитной проницаемости неферромагнитных веществ. Отношение магнитной проницаемости μ_a какого-либо вещества к магнитной проницаемости вакуума μ_0 называют относительной магнитной проницаемостью:

$$\mu_r = \mu_a/\mu_0$$

Напряженность магнитного поля. Напряженность H не зависит от магнитных свойств среды, но учитывает влияние силы тока и формы проводников на интенсивность магнитного поля в данной точке пространства. Магнитная индукция и напряженность связаны отношением

$$H = B/\mu_a = B/(\mu_r \mu_0)$$

Следовательно, в среде с неизменной магнитной проницаемостью индукция магнитного поля пропорциональна его напряженности.

Напряженность магнитного поля измеряется в амперах на метр (А/м) или амперах на сантиметр (А/см).

2. Магнитные свойства вещества. Гистерезис

Все вещества обладают теми или иными магнитными свойствами, причем в различной степени, и в связи с этим называются *магнетиками*. Магнитные свойства вещества обусловлены, прежде всего, орбитальным движением электронов, входящих в состав атомов, а также определенным «внутренним» состоянием каждого электрона, приводящим к появлению у него собственного момента импульса, называемого спином.

Поскольку магнитные моменты атомных ядер намного меньше магнитных моментов электронов, то магнитные моменты атомов практически равны векторной сумме магнитных моментов входящих в их состав электронов. В свою очередь магнитные моменты молекул складываются из магнитных моментов входящих в их состав атомов. В результате этого в отсутствие внешнего поля собственные магнитные моменты молекул у одних веществ могут быть равны нулю (магнитные моменты частиц, входящих в состав молекулы, компенсируют друг друга), а могут отличаться от нуля.

Все эти причины приводят к тому, что вещества обладают определенными магнитными свойствами и могут вступать в различные взаимодействия. В зависимости от величины магнитного момента и характера магнитного взаимодействия атомов, вещества по их магнитным свойствам делятся на группы – **диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики**.

Диамагнетики

Собственные магнитные моменты атомов (молекул) диамагнетика в отсутствие внешнего поля равны нулю. Под действием внешнего магнитного поля электроны в заполненных электронных оболочках начинают описывать окружности вокруг направления поля - *прецессировать*. К диамагнетикам относятся, например, благородные газы, некоторые металлы (Cu, Be, Zn, Pb и др.), полупроводники (Si, Ge), диэлектрики (полимеры, стекло), органические вещества.

Парамагнетики

Атомы (молекулы) парамагнетика в отсутствие внешнего поля обладают собственными магнитными моментами, отличными от нуля. При отсутствии внешнего поля намагниченность парамагнетика равна нулю вследствие хаотической ориентации собственных магнитных моментов частиц. К парамагнетикам относятся многие металлы (щелочные металлы, алюминий и др.), газы (O₂, N₂ и др.)

Ферромагнетики

Ферромагнетизм обнаруживают кристаллы только девяти химических элементов: 3d-металлы (Fe, Ni, Co) и 4f-металлы (Gd, Dy, Tb, Ho, Er, Tm). Однако имеется огромное число ферромагнитных сплавов и химических соединений.

Для ферромагнетиков характерно наличие спонтанной намагниченности. Это означает, что магнитные моменты атомов в определенных областях, называемых **доменами**, ориентированы упорядоченно (параллельно друг другу) в отсутствие внешнего поля. Такая ориентация связана с квантовыми эффектами и объясняется теорией обменного взаимодействия. Ферромагнетизм связан с упорядочением прежде всего спиновых магнитных моментов электронов.

Ферромагнетики способны намагничиваться очень сильно, их магнитная проницаемость достигает очень больших значений и ее величина зависит от напряженности внешнего поля.

Антиферромагнетики

В некоторых случаях обменное взаимодействие приводит к тому, что собственные магнитные моменты электронов самопроизвольно ориентируются антипараллельно друг другу. К антиферромагнетикам относятся, например, хром, марганец и др.

Ферриты.

Ферритами называют ферромагнитные полупроводники. В отличие от металлических ферромагнетиков они обладают большим электрическим сопротивлением, что позволяет использовать их, например, для изготовления сердечников трансформаторов, не опасаясь вредного воздействия токов Фуко.

Магнитный гистерезис

Магнитный гистерезис— явление зависимости вектора намагничивания и вектора магнитной индукции в веществе не только от приложенного внешнего поля, но и от истории данного образца. Магнитный гистерезис обычно проявляется в ферромагнетиках—Fe, Co, Ni и сплавах на их основе. *Именно магнитным гистерезисом объясняется существование постоянных магнитов.*

Теория явления гистерезиса учитывает конкретную магнитную доменную структуру образца и её изменения в ходе намагничивания и перемагничивания. Эти изменения обусловлены смещением доменных границ и ростом одних доменов за счёт других, а также вращением вектора намагниченности в доменах под действием внешнего магнитного поля. При полной ориентации всех доменов в направлении внешнего поля (ферромагнетик становится «однодоменным») достигается **состояние насыщения**. При выключении внешнего поля происходит некоторое уменьшение намагниченности вследствие теплового движения в кристалле, однако ферромагнетик остается намагниченным, так как при невысоких температурах энергия теплового движения сравнительно невелика и ее недостаточно для полной разориентации доменов.

Эти процессы требуют больших энергетических затрат и являются нелинейными. Кривая размагничивания ферромагнетика не совпадает с кривой намагничивания. Изменение намагниченности ферромагнетика (и индукции поля в нем) запаздывает по отношению к изменению

напряженности внешнего поля. Это явление называется **гистерезисом**. При уменьшении напряженности внешнего поля до нуля, индукция поля в магнетике не равна нулю, ее величина называется **остаточной индукцией** B_0 . Чтобы полностью размагнитить магнетик, надо изменить направление внешнего поля на противоположное, и увеличивать его. При некотором значении напряженности «обратного» поля H_c , называемом **коэрцитивной силой**, магнетик полностью размагничивается. Замкнутая кривая, отражающая процесс перемагничивания ферромагнетиков, называется **петлей гистерезиса** (рис.5).

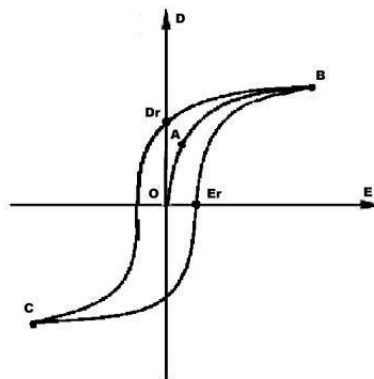


Рисунок 5 – Петля гистерезиса

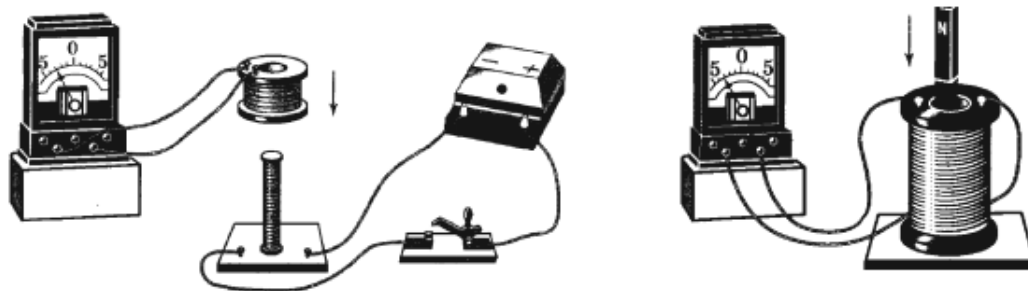
3. Электромагнитная индукция

Электромагнитная индукция – явление возникновения тока в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего его.

Явление электромагнитной индукции было открыто М. Фарадеем.

Опыты Фарадея

- На одну непроводящую основу были намотаны две катушки: витки первой катушки были расположены между витками второй. Витки одной катушки были замкнуты на гальванометр, а второй – подключены к источнику тока. При замыкании ключа и протекании тока по второй катушке в первой возникал импульс тока. При размыкании ключа также наблюдался импульс тока, но ток через гальванометр тек в противоположном направлении.
- Первая катушка была подключена к источнику тока, вторая, подключенная к гальванометру, перемещалась относительно нее. При приближении или удалении катушки фиксировался ток.
- Катушка замкнута на гальванометр, а магнит движется – вдвигается (выдвигается) – относительно катушки.



Опыты показали, что индукционный ток возникает только при изменении линий магнитной индукции. Направление тока будет различно при увеличении числа линий и при их уменьшении.

Сила индукционного тока зависит от скорости изменения магнитного потока. Может изменяться само поле, или контур может перемещаться в неоднородном магнитном поле.

Объяснения возникновения индукционного тока

Ток в цепи может существовать, когда на свободные заряды действуют сторонние силы. Работа этих сил по перемещению единичного положительного заряда вдоль замкнутого контура равна ЭДС. Значит, при изменении числа магнитных линий через поверхность, ограниченную контуром, в нем появляется ЭДС, которую называют ЭДС индукции.

Контрольные вопросы:

1. Перечислить основные характеристики магнитного поля
2. Как изображают графически магнитное поле?
3. Кто из ученых открыл явление электромагнитной индукции?

Задание для самостоятельной работы:

1. Вопрос 1- определения и формулы. Вопросы 2,3- ознакомиться
2. Письменно ответить на контрольные вопросы
3. Фотографию прислать в личном сообщении ВК

<https://vk.com/id139705283>

На фотографии вверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 3.02.2023. , группа ХКМ 2/1 «Электротехника и основы электроники»