

ЛЕКЦИЯ №1

По дисциплине:

«Электроника и электротехника»

Тема №:1

Электромагнитные явления: основные понятия и законы

Занятие №:1

Электромагнитное поле и его характеристики

Учебные вопросы:

1. Электромагнитное поле как вид материи.
2. Электрический ток и его характеристики.
3. Закон электромагнитной индукции.

Литература для самостоятельной работы обучающихся:

1. **Иванов, И. И.** Электротехника и основы электроники: учебник. – 9-е изд., стер/ И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.Я Фролов. – СПб: Лань, 2017. – 736 с.
2. **Касаткин, А.С.** Электротехника: учебник/ А.С. Касаткин, М.В. Немцов. – 12-е изд. стер. – Москва.: Академия, 2008. – 544 с. – и предыдущие издания.

б) дополнительная литература:

3. **Немцов, М. В.** Электротехника и электроника: учебник/ М. В. Немцов. – Москва: КноРус, 2016. – 560 с. – и предыдущие издания.

Введение

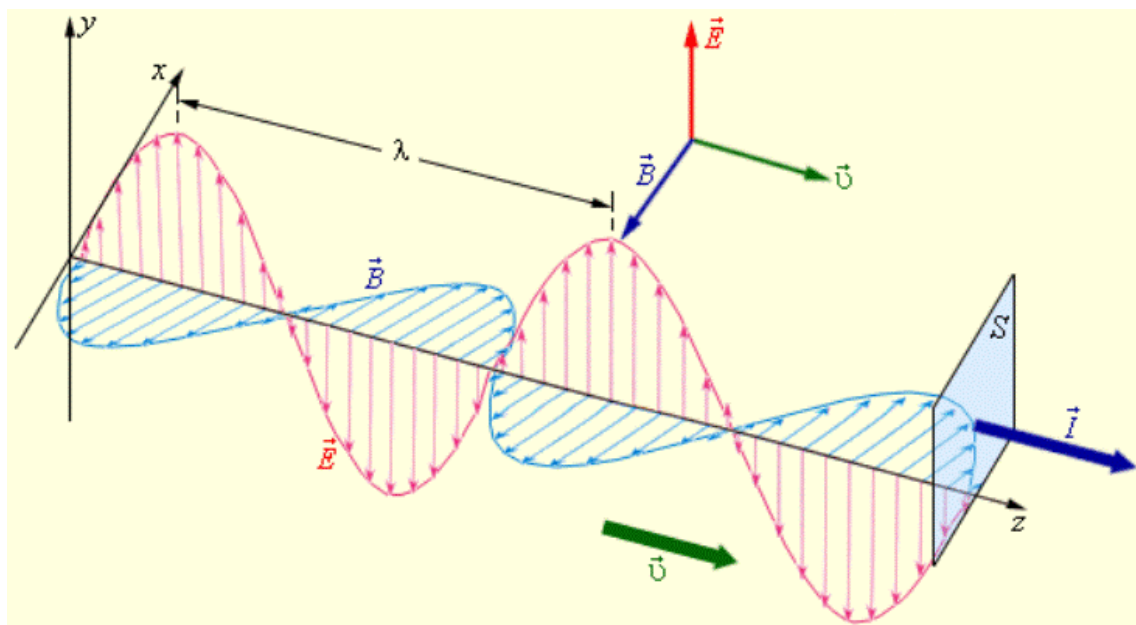
Дисциплина Электротехника и электроника является одной из основных дисциплин общепрофессионально подготовки инженеров. Целью дисциплины является формирование теоретических и прикладных аспектов современной электротехники и электроники; навыков расчета, выбора и эксплуатации электротехнических, электронных и электромеханических устройств; теоретических и прикладных навыков, необходимых инженерам для решения вопросов, связанных с эксплуатацией электроустановок и электронных устройств; информационной основы для эффективного осуществления профессиональной подготовки к практической деятельности в системе ГПС МЧС РФ.

1-й учебный вопрос: Электромагнитное поле как вид материи

Физическое поле, взаимодействующее с электрически заряженными частицами вещества, а также с частицами, имеющими собственные дипольные электрические и магнитные моменты.

Существует две концепции электромагнитного поля: классическая и квантовая. Первая рассматривает электромагнитное поле как непрерывное силовое поле, обладающее распределенной энергией, массой, импульсом, моментом импульса. Другая концепция (квантовая) электромагнитное поле интерпретирует как «газ» элементарных частиц – фотонов.

Электромагнитное поле – форма материи, представляющая собой совокупность взаимосвязанных и взаимно обусловленных электрических и магнитных полей. Электромагнитное поле может покидать источник поля и существовать в виде электромагнитных волн в вакууме.



Таким образом электромагнитное поле являясь формой материи может существовать в отсутствии другой формы материи – вещества. При этом электромагнитное поле обладает характеристиками, присущими веществу: энергией, массой и импульсом.

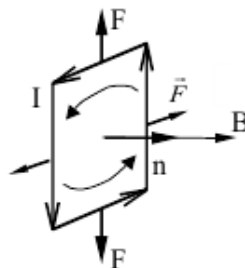
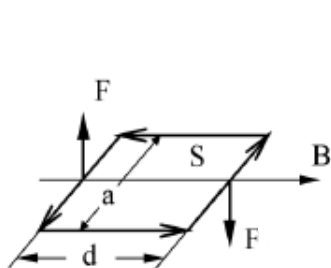
Электромагнитное поле оказывает силовое воздействие на электрические заряды. Силовое воздействие положено в основу определения двух векторных величин, характеризующих поле: напряженности электрического поля \vec{E} и индукции магнитного поля \vec{B} .

Напряженностью электрического поля называется векторная величина численно равная силе, действующей на единичный пробный (положительный точечный) заряд, помещенный в данную точку поля.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$[E] = 1 \frac{H}{Kл} = 1 \frac{B}{м}$$

Индукцией магнитного поля \vec{B} называется векторная величина, численно равная отношению максимального вращающего момента, действующего на пробный контур тока, помещенный в данную точку поля к магнитному моменту контура.



Если выводить пробный контур из состояния равновесия, то возникает вращающий момент M_{\max} .

$$\vec{B} = \frac{\vec{M}_{\max}}{IS}$$

$$[B] = 1 \text{Тесла} = 1 \text{Тл} = 1 \frac{H \cdot м}{A \cdot м^2} = 1 \frac{H}{A \cdot м}$$

На заряд q движущийся со скоростью \vec{v} в электрическом поле напряженностью \vec{E} и в магнитном поле с индукцией \vec{B} , действует сила:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v}, \vec{B}]$$

Электромагнитное поле обладает энергией. Энергия в единице объема, занятого полем, равна сумме энергий электрической и магнитной компонент поля и равна

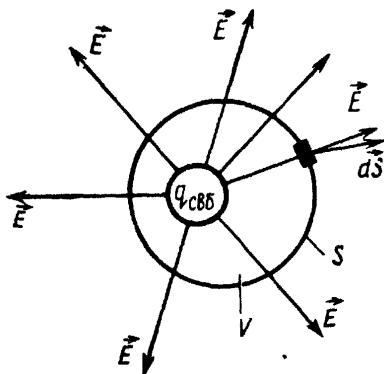
$$W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu\mu_0}$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}; \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\Gamma_{\text{н}}}{\text{м}}$$

Электрическое и магнитное поля могут быть изменяющимися и неизменными во времени. Неизменным в макроскопическом смысле электрическим полем является электростатическое поле, созданное совокупностью зарядов, неподвижных в пространстве и неизменных во времени. В этом случае существует электрическое поле, а магнитное отсутствует. При протекании постоянных токов по проводящим телам внутри и вне их существуют электрическое и магнитное поля, не влияющие друг на друга, поэтому их можно рассматривать отдельно. В изменяющемся во времени поле электрическое и магнитное поля взаимосвязаны и обуславливают друг друга, поэтому их нельзя рассматривать отдельно.

Теорема Гаусса для электростатического поля

В электростатическом поле поток вектора напряженности электрического поля \vec{E} через замкнутую поверхность, равен свободному заряду $q_{\text{свб}}$, находящемуся внутри этой поверхности, отнесенному к $\varepsilon\varepsilon_0$



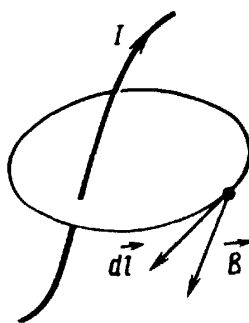
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_{\text{свб}}}{\varepsilon\varepsilon_0}$$

ε – диэлектрическая проницаемость среды.

Магнитное поле неразрывно связано с электрическими токами, эта связь определяется интегральной формой закона полного тока

$$\oint \frac{\vec{B}}{\mu_0} \cdot d\vec{l} = \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{\text{пол}}$$

Циркуляция вектора напряженности магнитного поля \vec{H} по замкнутому контуру равна полному току, охваченному этим контуром.

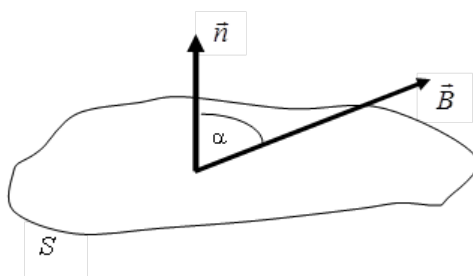


Все виды токов обладают свойством создавать магнитное поле.

Потоком вектора магнитной индукции (магнитным потоком) через площадку dS называется скалярная физическая величина, равная

$$d\Phi_{\vec{B}} = \vec{B} d\vec{S}$$

$$d\Phi_{\vec{B}} = B_n dS = B \cos \alpha dS$$



B_n проекция вектора магнитной индукции на направление нормали \vec{n} к площадке dS ; α – угол между векторами \vec{B} и \vec{n}

Поток вектора магнитной индукции $\Phi_{\vec{B}}$ через произвольную поверхность S равен

$$\Phi_{\vec{B}} = \int_S \vec{B} d\vec{S}$$

$$[\Phi_{\vec{B}}] = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2 = 1 \text{ Вебер} = 1 \text{ Вб}$$

Если поле однородное ($\vec{B} = \text{const}$)

$$\Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \vec{B} \cdot \int_S d\vec{S} = \vec{B} \cdot \vec{S} = \vec{B} \cdot \vec{n} S = BS \cos \alpha = B_n S$$

Линии индукции магнитного поля всегда замкнуты, следовательно

$$\Phi_{\vec{B}} = \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Эта формула выражает теорему Гаусса для вектора \vec{B} :

поток вектора магнитной индукции через любую замкнутую поверхность равен нулю.

2-й учебный вопрос: Электрический ток и его характеристики

Если в проводнике создать электрическое поле, то носители заряда придут в упорядоченное движение: положительные в направлении поля, отрицательные в противоположную сторону. Упорядоченное движение зарядов называется *электрическим током*.

Электрическим током проводимости называется явление направленного движения свободных носителей заряда в вакууме или в веществе.

Электрическим током переноса называют явление переноса электрических зарядов заряженными частицами или телами, движущимися в свободном пространстве (движение свободных электронов в электронных лампах, движение свободных ионов в газоразрядных приборах)

Электрическим током смещения (током поляризации) называют упорядоченное движение связанных носителей электрических зарядов (в диэлектриках).

Электрический ток характеризуется *силой тока i* (1 Ампер) – скалярной величиной, равной заряду (1 Кулон), переносимому носителями через поперечное сечение проводника в единицу времени

$$i = \frac{dq}{dt}, [i] = 1 \text{ Ампер} = 1 \text{ А}$$

Электрический ток может быть распределен по поверхности, через которую он течет неравномерно. Более детально электрический ток можно характеризовать *вектором плотности тока \vec{j}*

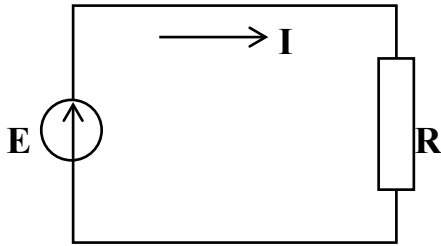
$$\vec{j} = \frac{di}{dS_{\perp}}, [j] = 1 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$$

За направление вектора \vec{j} принимается направление вектора скорости положительных носителей заряда.

Ток не изменяющийся со временем, называется **постоянным**

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Рассмотрим простейшую электрическую цепь с источником электрической энергии E и потребителем R



В источнике преобразуется какой либо вид энергии в электрическую. Это происходит за счет сторонних сил (неэлектростатического происхождения), которые производят внутри источника разделение зарядов.

Сторонние силы можно охарактеризовать работой, которую они совершают над перемещающимися по цепи зарядами. Величина, равная работе сторонних сил, отнесенной к единице положительного заряда, называется *электродвижущей силой* (э.д.с.) E , действующей в цепи или на ее участке

$$E = \frac{A}{q}, [E] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = 1 \text{ Вольт} = 1 \text{ В}$$

Величина, численно равная работе, совершаемой электростатическими и сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда, называется напряжением U на данном участке цепи

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + E_{12}$$

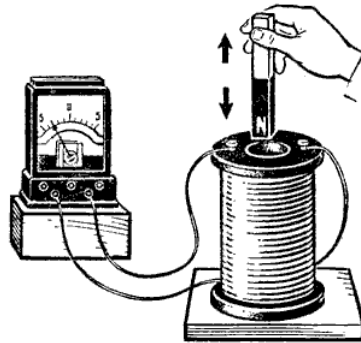
При отсутствии сторонних сил напряжение совпадает с разностью потенциалов

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

3-й учебный вопрос: Закон электромагнитной индукции

Электромагнитная индукция

В 1831 году М. Фарадей открыл, что во всяком замкнутом проводящем контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром, возникает электрический ток. Это явление получило название *электромагнитной индукции*, а возникающий ток *индукционным*.



Закон электромагнитной индукции

Значение индукционного тока, а следовательно и э.д.с.-Е электромагнитной индукции \mathcal{E}_i определяются только скоростью изменения магнитного потока

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Знак минус обусловлен *правилом Ленца*: индукционный ток в контуре всегда имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызвавшему этот индукционный ток.

Явление самоиндукции

Электрический ток, текущий в любом контуре, создает, пронизывающий этот контур магнитный поток. При изменении тока будет изменяться также магнитный поток, а следовательно в контуре будет индуцироваться э.д.с. Это явление получило название самоиндукции.

В соответствии с законом Био-Савара-Лапласа магнитная индукция В пропорциональна силе тока, вызвавшего поле. Отсюда следует, что ток в контуре и создаваемый им полный магнитный поток через контур друг другу пропорциональны:

$$\Phi = L \cdot I$$

где L – индуктивность контура

В общем случае индуктивность контура зависит только от геометрической формы контура, его размеров и магнитной проницаемости среды.

$$[L] = 1 \frac{\text{Вб}}{\text{А}} = 1 \text{ Генри} = 1 \text{ Гн}$$

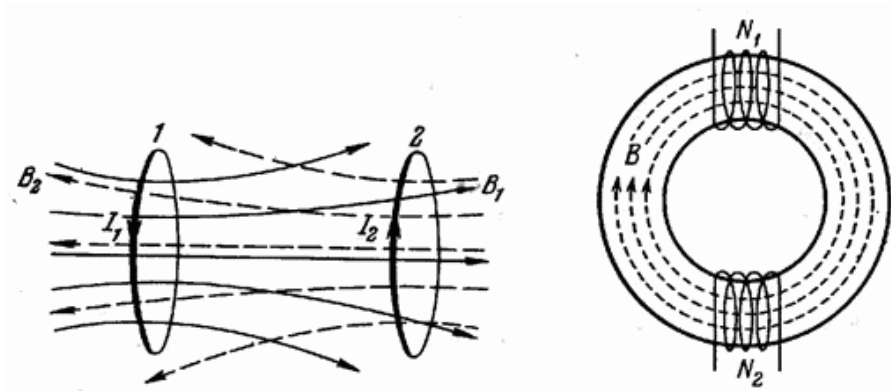
Применяя к явлению самоиндукции закон Фарадея, получим, что э.д.с самоиндукции

$$\varepsilon_s = -L \frac{dI}{dt}$$

Знак минус, обусловленный правилом Ленца, показывает, что наличие индуктивности в контуре приводит к замедлению изменения тока в нем.

Взаимная индукция

Рассмотрим два неподвижных контура 1 и 2, расположенных достаточно близко друг от друга.



Если в контуре 1 течет ток I_1 , то магнитный поток, создаваемый этим током пропорционален току. Часть этого потока, которая пронизывает контур 2

$$\Phi_{21} = L_{21} I_1$$

Если ток I_1 изменяется, то в контуре 2 индуцируется э.д.с. ε_{i2} , которая по закону Фарадея равна:

$$\varepsilon_{i2} = - \frac{d\Phi_{21}}{dt} = -L_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

Аналогично в первом контуре

$$\varepsilon_{i1} = - \frac{d\Phi_{12}}{dt} = -L_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

Явление возникновения э.д.с в одном из контуров при изменении силы тока в другом называется *взаимной индукцией*.

Коэффициенты пропорциональности L_{21} и L_{12} называются *взаимной индуктивностью контуров*. Расчеты показывают

$$L_{21}=L_{12}$$

Взаимная индуктивность двух катушек, намотанных на общий тороидальный сердечник, вычисляется по формуле:

$$L_{21}=L_{12}=\mu_0\mu\frac{N_1N_2}{l}S$$

l – длина сердечника по средней линии, S площадь поперечного сечения, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн} \cdot \text{м}$ (магнитная постоянная).

Заключение

В курсе общей электротехники изучаются электрические и магнитные явления и их использование для практических целей. Этот курс должен дать будущему инженеру общие сведения, которые будут необходимы для изучения и понимания действия разнообразных электротехнических приборов и устройств, применяемых в различных отраслях. Для этого необходимо знать основные законы электротехники, уметь производить расчет электрических сетей, знать устройство и принцип действия электрических машин и механизмов, электронных приборов.

На лекции были рассмотрены основные определения и понятия электромагнитных явлений, а также были сформулированы основные законы электромагнетизма. На основе данных законов проводят анализ электрических и магнитных цепей постоянного тока и выполняют их расчет.