



3.3. Магнитное поле

3.3.1. Взаимодействие магнитов

Магнитное поле — одна из форм материи (отличная от вещества), существующая в пространстве, которое окружает постоянные магниты, проводники с током и движущиеся заряды.

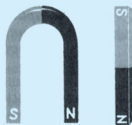


► **Постоянные магниты бывают:**

- природными;
- искусственными.

Магнитное поле вместе с электрическим полем образует единое **электромагнитное поле**.

Постоянный магнит — это изделие из материала, являющееся автономным (самостоятельным, изолированным) источником постоянного магнитного поля.



N — северный полюс;

S — южный полюс

Рис. 3.15



Полюс магнита — это место наибольшего сгущения магнитных силовых линий (их называют также линиями магнитного поля, или линиями магнитной индукции поля) (рис. 3.15).

Одноименные полюса отталкиваются, а разноименные — притягиваются.

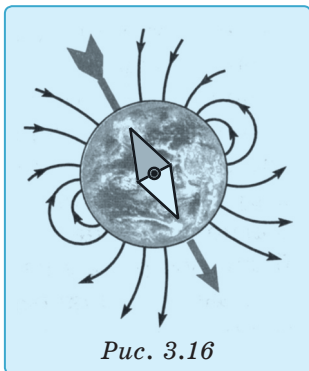


Рис. 3.16

Земной шар является магнитным диполем (рис. 3.16). Северный полюс магнитной стрелки указывает на южный магнитный полюс Земли. Этот полюс находится на севере земного шара, несколько в стороне от северного географического полюса. Северный магнитный полюс Земли находится вблизи южного географического полюса.

3.3.2. Магнитное поле проводника с током

Вокруг проводника с током тоже возникает магнитное поле.

Магнитное поле не только создается постоянными магнитами, движущимися зарядами и токами в проводниках, но и действует на них же.

Взаимодействия между проводниками с током, т. е. взаимодействия между движущимися электрическими зарядами, называют *магнитными*, а силы, с которыми проводники



с током действуют друг на друга, — магнитными силами.

Магнитная индукция — это векторная физическая величина, характеризующая магнитное поле.

За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного полюса S к северному полюсу N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле (рис. 3.17).

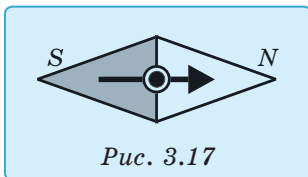


Рис. 3.17

Индукция магнитного поля в данной точке

равна отношению максимальной силы, действующей на проводник с током, к длине проводника и силе тока в проводнике, помещенном в эту точку:

$$B = \frac{F}{I\Delta l}; [B] = 1 \text{ Н/А}\cdot\text{м} = 1 \text{ Тл},$$

где B — магнитная индукция; F — сила, действующая на проводник с током в магнитном поле; I — сила тока в проводнике; Δl — длина проводника.

Линиями магнитной индукции (или магнитными силовыми линиями, или просто магнитными линиями) называют линии, касательные к которым в любой точке совпадают с направлением вектора магнитной индукции в этой точке поля.

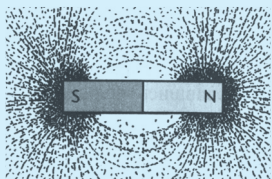
Магнитные линии — замкнутые линии, они выходят из северного полюса магнита и входят в южный.

Поля, силовые линии которых замкнуты, называются **вихревыми**.



Поэтому магнитное поле — это вихревое поле (в этом его отличие от электрического).

Направление магнитного поля прямого тока можно определить по правилу буравчика (рис. 3.18) и правилу правой руки.

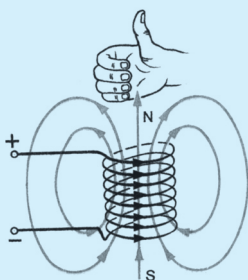


Правило буравчика

Если вращать рукоятку буравчика так, чтобы поступательное движение острия буравчика указывало направление тока, то направление вращения рукоятки буравчика укажет направление силовых линий магнитного поля.

Рис. 3.18

Соленоид — это проволочная спираль с током. Соленоид эквивалентен постоянным природным магнитам (рис 3.19). Направление линий его магнитного поля определяют с помощью правила правой руки.



Правило правой руки

Если обхватить соленоид ладонью правой руки, направив четыре пальца по току в витках, то отставленный большой палец укажет направление магнитных линий внутри соленоида.

Рис. 3.19



► **Вещества по магнитным свойствам:**

1. Диамагнетики ($\mu < 1$).
2. Парамагнетики ($\mu > 1$).
3. Ферромагнетики ($\mu \gg 1$).

Магнитное действие соленоида увеличивается с увеличением силы тока и числа витков в соленоиде и при введении в него железного стержня, который называют сердечником. Соленоид с железным сердечником внутри называется электромагнитом.

Реакция среды на воздействие внешнего магнитного поля с индукцией B_0 (поле в вакууме) определяется магнитной восприимчивостью:

$$\mu = \frac{B}{B_0},$$

где μ — магнитная проницаемость среды; B — индукция магнитного поля в веществе; B_0 — индукция магнитного поля в вакууме.

Температура Кюри (T_c) — это температура, выше которой ферромагнитные материалы теряют свои магнитные свойства.

3.3.3. Сила Ампера

На прямолинейный участок проводника, по которому течет ток, который находится в магнитном поле, действует сила Ампера:

$$F = B|I|\Delta l \sin \alpha,$$

где F — сила Ампера; B — индукция магнитного поля; Δl — длина проводника; α — угол между вектором магнитной индукции и направлением тока.





Направление силы Ампера определяется с помощью *правила левой руки* (рис. 3.20).

Правило левой руки

Если расположить ладонь левой руки так, чтобы силовые линии магнитного поля входили в нее перпендикулярно, а четыре вытянутых пальца указывали направление тока в проводнике, то отставленный большой палец укажет направление силы Ампера.

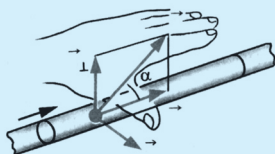


Рис. 3.20

Следствием действия силы Ампера является вращение рамки с током в постоянном магнитном поле.

3.3.4. Сила Лоренца

Сила Лоренца — это сила, действующая на движущийся точечный электрический заряд во внешнем магнитном поле:

$$F = |q|vB \sin \alpha,$$

где q — заряд частицы;

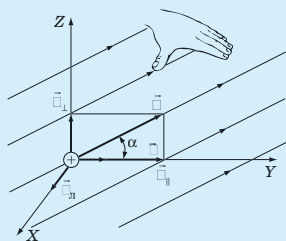
B — магнитная индукция;

v — скорость движения частицы;

α — угол между векторами скорости и индукции магнитного поля.

Направление силы Лоренца можно определить с помощью *правила левой руки* (рис. 3.21).





Правило левой руки
Если расположить ладонь левой руки так, чтобы четыре вытянутых пальца указывали направление движения заряда, а вектор магнитной индукции поля входил в ладонь, то отставленный большой палец укажет направление силы Лоренца, действующей на положительный заряд.

Рис. 3.21

Если заряд частицы отрицательный, то сила Лоренца будет направлена в противоположную сторону.

Если заряженная частица влетает со скоростью v в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям напряженности, то она будет равномерно вращаться по окружности радиусом r :

$$r = \frac{mv}{|q|B},$$

где m — масса частицы; v — скорость частицы; r — радиус кривизны траектории; B — магнитная индукция.

3.4. Электромагнитная индукция

3.4.1. Явление электромагнитной индукции

Явление электромагнитной индукции заключается в том, что при





любом изменении магнитного потока, пронизывающего контур замкнутого проводника, в этом проводнике возникает электрический ток, существующий в течение всего процесса изменения магнитного потока.

▶ **Явление электромагнитной индукции можно обнаружить при:**

- ▶ относительном движении катушки и магнита;
- ▶ изменении индукции магнитного поля в контуре, расположенном перпендикулярно линиям магнитного поля;
- ▶ изменении положения контура, расположенного в постоянном магнитном поле.

3.4.2. Магнитный поток

Магнитный поток — это поток вектора магнитной индукции через какую-либо поверхность:

$$\Phi = BS \cos \alpha; [\Phi] = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2 = 1 \text{ Вб},$$

где Φ — магнитный поток; B — модуль вектора индукции магнитного поля; S — площадь контура; α — угол между нормалью к плоскости контура и вектором магнитной индукции.



3.4.3. Закон электромагнитной индукции Фарадея

Как известно, электрические токи создают вокруг себя магнитное поле. Связь магнитного поля с током привела к многочисленным попыткам возбудить ток в контуре с помощью магнитного поля. Эта задача была решена английским физиком М. Фарадеем, открывшим явление электромагнитной индукции.





Любое изменение магнитного поля вызывает появление вихревого электрического поля. В массивном проводнике, находящемся в переменном магнитном поле, вихревое электрическое поле вызывает индукционные токи, или токи Фуко. Вследствие этого проводник нагревается, что в свою очередь приводит к увеличению потерь энергии. Поэтому сердечники и другие магнитопроводы изготавливают в виде пластин, разделенных тонкими изолирующими пленками, и ориентируют поверхности этих пластин перпендикулярно вектору напряженности вихревого электрического поля (т. е. чтобы они пересекали возможные линии вихревых токов).

ЭДС индукции, возникающая на концах проводника, движущегося с постоянной скоростью в постоянном магнитном поле:

$$\varepsilon_i = vBl\sin\alpha,$$

где v — скорость движения проводника; l — длина проводника; B — магнитная индукция; α — угол между вектором скорости и вектором магнитной индукции.

Закон электромагнитной индукции

ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

или

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

где ε_i — ЭДС индукции;

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ — скорость изменения магнитного потока.



Если проводник входит в состав замкнутой цепи, остальные части которой неподвижны, то в цепи возникает электрический ток.

Сила тока:

$$I = \frac{\varepsilon_i}{R + r} = \frac{vBl \sin \alpha}{R + r},$$

где R — сопротивление нагрузки;

r — сопротивление проводника.

3.4.4. Правило Ленца

▶ **Правило Ленца (закон Ленца):**

Направление индукционного тока всегда таково, что испытываемые им со стороны магнитного поля силы противодействуют движению контура, а создаваемый этим током магнитный поток стремится компенсировать изменения внешнего магнитного потока.

Если постоянный магнит вдвигать в катушку, замкнутую на гальванометр, индукционный ток в катушке будет иметь такое направление, которое создаст магнитное поле с вектором магнитной индукции, направленным противоположно вектору индукции поля магнита, т. е. будет выталкивать магнит из катушки или препятствовать его движению. При вытягивании магнита из катушки, наоборот, поле, создаваемое индукционным током, будет притягивать катушку, т. е. опять препятствовать его движению.

▶ **Для определения направления индукционного тока необходимо:**

1. Установить направление линий магнитной индукции внешнего магнитного поля.





2. Выяснить, увеличивается ли поток магнитной индукции этого поля через поверхность, ограниченную контуром, или уменьшается.

3. Установить направление линий магнитной индукции магнитного поля индукционного тока по правилу Ленца.

4. Зная направление линий магнитной индукции, определить направление индукционного тока, пользуясь *правилом буравчика*.

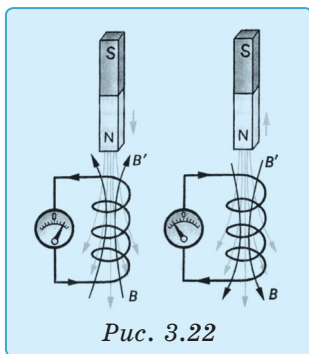


Рис. 3.22

3.4.5. Самоиндукция

Самоиндукция — это возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении в нем силы тока (открыта в 1832 г. американским ученым Дж. Генри).

ЭДС индукции возникает при изменении магнитного потока. Если это изменение вызывается собственным током, то говорят об ЭДС самоиндукции:

$$\varepsilon_{is} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

где $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ — скорость изменения силы тока;

L — индуктивность контура, или его *коэффициент самоиндукции*.





3.4.6. Индуктивность

Индуктивность (коэффициент самоиндукции) — это параметр электрической цепи, который определяет ЭДС самоиндукции, наводимой в цепи при изменении протекающего по ней тока или (и) ее деформации.



Термином «индуктивность» обозначают также катушку самоиндукции, которая определяет индуктивные свойства цепи.

Индуктивность соленоида в воздухе определяется по формуле:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}, [L] = 1 \text{ В}\cdot\text{с}/\text{А} = 1 \text{ Гн};$$

где L — индуктивность;

μ_0 — магнитная постоянная, $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м;

N — число витков соленоида;

S — площадь поперечного сечения;

l — длина соленоида.

Магнитная проницаемость среды определяется по формуле:

$$\frac{L}{L_0} = \mu,$$

где L — индуктивность контура в данной среде;

L_0 — индуктивность контура в вакууме.

3.4.7. Энергия магнитного поля

Энергия магнитного поля:

$$W_{\text{м}} = \frac{LI^2}{2}.$$





3.5. Электромагнитные колебания и волны

3.5.1. Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур



3

Колебательный контур — это электрическая цепь, содержащая индуктивность (L), емкость (C) и сопротивление (R), в которой могут возбуждаться электрические колебания.

При отсутствии потерь ($R = 0$) в колебательном контуре происходят свободные гармонические колебания.

Для возбуждения колебаний в контуре конденсатор предварительно заряжают от батареи аккумуляторов, сообщив ему энергию W_e , и переводят переключатель в положение 2 (рис. 3.23).

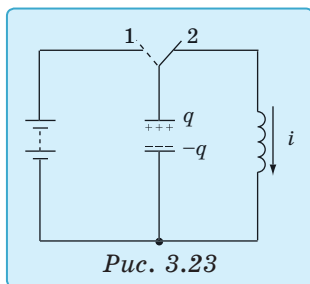


Рис. 3.23

После замыкания цепи конденсатор начнет разряжаться через катушку индуктивности, теряя энергию. По мере увеличения тока через катушку возрастает энергия магнитного поля W_m .

Полная энергия электромагнитного поля контура остается постоянной и равна максимальной энергии электрического или магнитного поля:

$$W = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2C},$$

где W — полная энергия электромагнитного поля;



L — индуктивность катушки;

I — сила тока;

I_m — максимальное значение силы тока;

q — заряд конденсатора;

q_m — максимальное значение заряда;

C — емкость конденсатора.

Циклическая частота свободных электрических колебаний:

Формула Томсона

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC},$$

где T — период свободных колебаний в контуре.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}},$$

где ω_0 — циклическая частота свободных колебаний в контуре; L — индуктивность катушки; C — емкость конденсатора.

3.5.2. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс

Вынужденные электромагнитные колебания проявляются при наличии внешней периодически изменяющейся силы.

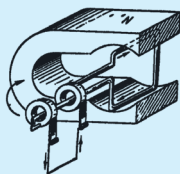


Рис. 3.24

Такие колебания будут проявляться, например, при наличии в цепи периодической электродвижущей силы. Переменная ЭДС индукции возникает в проволочной рамке из нескольких витков,



вращающейся в поле постоянного магнита (рис. 3.24). При этом магнитный поток, пронизывающий рамку, периодически меняется. В соответствии с законом электромагнитной индукции периодически меняется и возникающая ЭДС индукции. Если рамку замкнуть на гальванометр, его стрелка начнет колебаться около положения равновесия, показывая, что в цепи идет переменный ток.

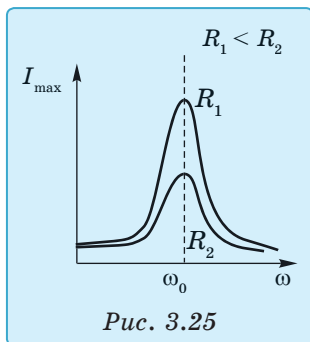
Отличительной особенностью вынужденных колебаний является зависимость их амплитуды от частоты изменения внешней силы.

Явление резонанса заключается в том, что амплитуда установившихся вынужденных колебаний достигает наибольшего значения в том случае, когда частота вынуждающей силы равна собственной частоте колебательной системы (рис. 3.25):

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

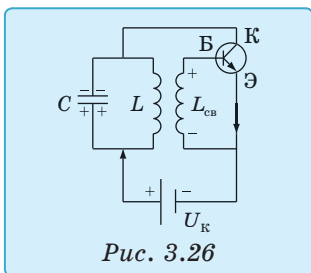
Графики зависимости амплитуды I_{\max} переменного тока частоты f внешнего источника приведены для разных величин активного сопротивления.

Незатухающие электромагнитные колебания, существующие в системе без воздействия на нее внешних периодических сил, называются автоколебаниями.



**Основные элементы автоколебательных систем:**

1. Источник энергии, за счет которого поддерживаются незатухающие колебания.
2. Колебательная система, т. е. та часть автоколебательной системы, в которой непосредственно происходят колебания.
3. Устройство, регулирующее поступление энергии от источника в колебательную систему, — клапан.



4. Обратная связь, с помощью которой колебательная система управляет клапаном. Примером автоколебательной системы является генератор на транзисторе (рис. 3.26).

3.5.3. Гармонические электромагнитные колебания

Гармонические колебания заряда и тока описываются уравнениями:

$$q = q_m \cos \omega_0 t;$$

$$i = q' = -\omega_0 q_m \sin \omega_0 t = I_m \cos \left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} \right),$$

где q_m — амплитуда заряда;

I_m — амплитуда силы тока.

Амплитуда колебаний силы тока:

$$I_m = \omega_0 q_m.$$





3.5.4. Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии



3

Переменный ток — это электрический ток, изменяющийся во времени.

Наиболее часто используют периодический ток, сила которого меняется во времени по гармоническому закону (гармонический, или синусоидальный переменный ток). Он представляет собой вынужденные электромагнитные колебания.

Частота промышленного переменного тока составляет 50 Гц.

Простейший генератор переменного тока состоит из проволочной рамки, которая вращается в однородном магнитном поле (рис. 3.27).

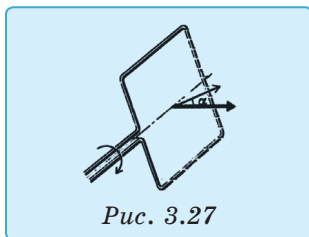


Рис. 3.27

При равномерном вращении рамки магнитный поток через рамку изменяется по гармоническому закону:

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

ЭДС индукции в рамке:

$$e = -\dot{\Phi} = -BS(\cos \omega t)' = \varepsilon_m \sin \omega t;$$

$$\varepsilon_m = BS\omega,$$

где e — мгновенное значение ЭДС;
 ε_m — амплитуда ЭДС индукции.



Напряжение в сети переменного тока изменяется по синусоидальному (или косинусоидальному) закону:

$$u = U_m \sin \omega t \text{ (или } u = U_m \cos \omega t),$$

где u — мгновенное значение напряжения;

U_m — амплитуда напряжения.

Сила тока в цепи будет изменяться по закону:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_c),$$

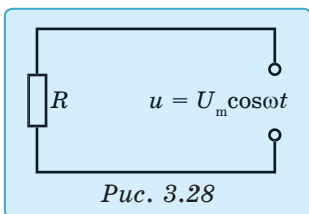
где i — мгновенное значение силы тока; I_m — амплитуда силы тока; φ_c — сдвиг фаз.

Если электрическая цепь состоит из активного сопротивления R и проводов с пренебрежимо малой индуктивностью,

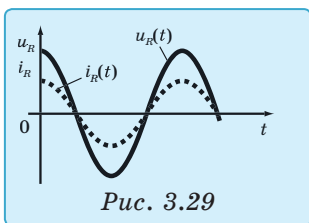
а напряжение на зажимах меняется по гармоническому закону:

$$u = U_m \cos \omega t,$$

то сила тока в нем определяется по закону Ома:



$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t.$$



В проводнике с активным сопротивлением колебания силы тока по фазе совпадают с колебаниями напряжения (рис. 3.29), а амплитуда силы тока определяется равенством:

$$I_m = \frac{U_m}{R}.$$



Действующее значение силы переменного тока равно силе постоянного тока, выделяющего в проводнике то же количество теплоты, что и переменный ток за то же время. Оно определяется по формуле:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,71I_m,$$

где I — действующее значение силы тока.

Действующее значение напряжения определяется аналогично:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,71U_m,$$

где U — действующее значение напряжения.

Средняя мощность переменного тока при совпадении фаз колебаний тока и напряжения:

$$\bar{p} = \frac{I_m U_m}{2},$$

где \bar{p} — средняя мощность переменного тока.

Если электрическая цепь состоит из конденсатора C , а заряд на его обкладках меняется по гармоническому закону:

$$q = CU_m \cos \omega t,$$

то сила тока в нем определяется как производная заряда по времени:

$$i = C\omega U_m \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right).$$

Между напряжением и силой тока

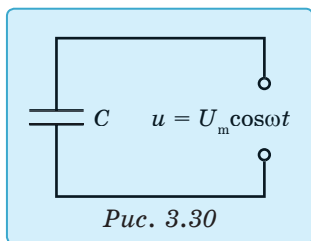


Рис. 3.30



в цепи с конденсатором наблюдается сдвиг фаз на $\frac{\pi}{2}$, а амплитуда силы тока определяется равенством:

$$I_m = U_m C \omega.$$

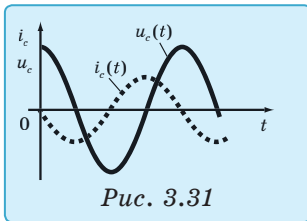


Рис. 3.31

Емкостное сопротивление в цепи переменного тока — это та часть сопротивления, которая создается конденсатором, включенным в цепь переменного тока (при пренебрежимо малой емкости подводящих проводов):

$$X_C = \frac{1}{\omega C},$$

где X_C — емкостное сопротивление.

Если вместо амплитуд силы тока и напряжения использовать их действующие значения, то:

$$I = \frac{U}{X_C}.$$

Если электрическая цепь состоит из катушки индуктивности L , сопротивление проводов которой $R = 0$, а ток меняется по гармоническому закону:

$$I = I_m \sin \omega t,$$

то напряжение будет меняться по закону:

$$u = U_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right).$$

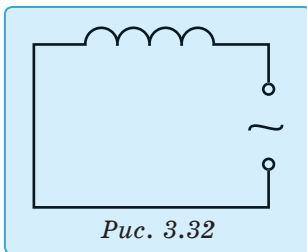


Рис. 3.32



В цепи с катушкой колебания напряжения опережают колебания силы тока на $\frac{\pi}{2}$, а амплитуда силы тока определяется равенством:

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}.$$

Индуктивное сопротивление в цепи переменного тока — это реактивная часть сопротивления, определяемая индуктивностью элементов цепи:

$$\omega L = X_L,$$

где X_L — индуктивное сопротивление.

Если вместо амплитуд силы тока и напряжения использовать их действующие значения, то:

$$I = \frac{U}{X_L}.$$

Трансформатор — устройство для преобразования напряжения переменного тока, состоящее из двух катушек (обмоток) на общем ферромагнитном сердечнике.

Отношение количества витков в обмотках называется коэффициентом трансформации:

$$k = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{n_1}{n_2} = k,$$

где k — коэффициент трансформации; n_1 — количество витков в первой катушке; n_2 — количество витков во второй катушке; ε_1 — ЭДС в первой катушке; ε_2 — ЭДС во второй катушке; $k > 1$ — понижающий трансформатор; $k < 1$ — повышающий трансформатор.

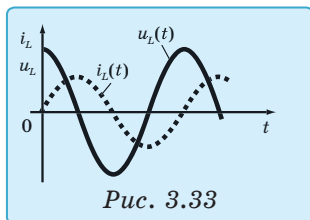


Рис. 3.33



Электроэнергия производится на электрических станциях в основном с помощью электромеханических индукционных генераторов. Процесс передачи электроэнергии сопровождается заметными потерями, связанными с нагревом проводов линий электропередачи током. Поэтому необходимо уменьшать силу тока, что при данной передаваемой мощности приводит к необходимости увеличения напряжения. На электростанциях ставят повышающие трансформаторы, увеличивающие напряжение и во столько же раз уменьшающие силу тока. Для подачи потребителю электроэнергии нужного (низкого) напряжения на концах линии электропередачи ставят понижающие трансформаторы.

3.5.5. Электромагнитное поле

Электромагнитное поле — это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие электрически заряженных тел.



Переменное электрическое поле не может существовать без переменного магнитного, а переменное магнитное — без переменного электрического.

Источником электромагнитного поля являются ускоренно движущиеся заряды.

Электрическое поле может существовать без магнитного или магнитное поле без электрического

лишь относительно определенной системы отсчета. Так, покоящийся в данной системе отсчета заряд создает только электрическое поле. Однако относительно любой другой



движущейся (относительно данной) системы отсчета он создает магнитное поле. То же самое можно сказать относительно неподвижного магнитного поля (например, постоянного магнита). Относительно движущегося к нему наблюдателя магнитное поле будет переменным и, следовательно, будет порождать вихревое электрическое поле.

3.5.6. Свойства электромагнитных волн



Электромагнитные волны — это электромагнитные колебания, которые распространяются в пространстве.

Электромагнитные колебания представляют собой колебания вектора напряженности электрического поля и индукции магнитного поля во времени и пространстве.

Электромагнитная волна — это поперечная волна, т. е. колебания электрического и магнитного векторов поля перпендикулярны направлению распространения волны:

$$\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{v},$$

где \vec{E} — вектор напряженности электрического поля; \vec{B} — вектор индукции магнитного поля; \vec{v} — скорость распространения волны.

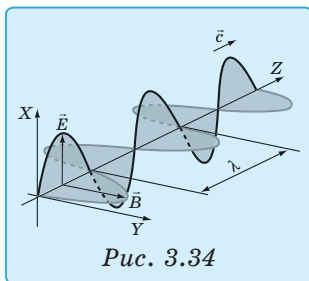


Рис. 3.34



Длина световой волны связана с частотой и скоростью распространения соотношением:

$$\lambda = \frac{v}{\nu},$$

где λ — длина волны; ν — частота колебаний.

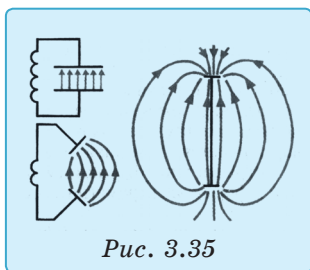
Электромагнитная волна в вакууме распространяется с определенной скоростью, которая равна скорости света в вакууме, тогда:

$$\lambda = \frac{c}{\nu},$$

где c — скорость света в вакууме.

Электромагнитные волны, подобно всем другим видам волн, испытывают отражение и преломление на границе двух сред с разной диэлектрической проницаемостью, а также поглощение.

Электромагнитные волны могут быть получены при помощи *вибратора Герца* — открытого колебательного контура,



который получится из обычного колебательного контура путем увеличения расстояния между пластинами конденсатора и замены катушки на прямой провод (рис. 3.35).

В открытом контуре заряды не сосредоточены на концах, а распределены по всему проводнику, и сила тока достигает максимума посередине. Электромагнитное поле охватывает все пространство вокруг.



Плотность потока электромагнитного излучения — это мощность электромагнитного излучения на единицу площади:

$$I = \frac{\Delta W}{S \Delta t},$$

где I — плотность потока электромагнитного излучения; $[I] = 1 \text{ Вт/м}^2$;

ΔW — электромагнитная энергия;

S — площадь поверхности;

Δt — время прохождения.

Точечный источник излучения — это источник, размеры которого намного меньше расстояния, на котором оценивается его действие.

Плотность потока излучения точечного источника излучения:

$$I = \frac{\Delta W}{4\pi \Delta t} \cdot \frac{1}{R^2},$$

где R — расстояние до источника.

3.5.7. Различные виды электромагнитных излучений и их применение



▶ Виды оптического излучения:

1. Инфракрасное (диапазон от $3 \cdot 10^{11}$ до $3 \cdot 10^{14}$ Гц);
2. Видимое (диапазон от $3,94 \cdot 10^{14}$ до $7,49 \cdot 10^{14}$ Гц);
3. Ультрафиолетовое (диапазон от $3 \cdot 10^{14}$ до $3 \cdot 10^{16}$ Гц).

▶ Виды электромагнитных волн:

1. Низкочастотное излучение.
2. Радиоизлучение.



3. Инфракрасные лучи.
4. Видимый свет.
5. Ультрафиолетовые лучи.
6. Рентгеновские лучи.
7. γ -излучение.

Тепловое излучение — это наиболее простой и распространенный вид излучения, при котором потеря атомами энергии на излучение света компенсируется за счет энергии теплового движения атомов или молекул излучающего тела.

Люминесценция — это излучение, избыточное над тепловым излучением тела и по длительности значительно превышающее период световых колебаний.

▶ Виды люминесценции:

К оптическому излучению относятся электромагнитные волны, частота которых заключена в диапазоне от $3 \cdot 10^{11}$ до $3 \cdot 10^{16}$ Гц.

1. Фотолюминесценция.
2. Катодолюминесценция.
3. Хемилюминесценция.
4. Электролюминесценция.

Фотолюминесценция — свечение тел, вызванное облучением светом, как правило, ультрафиолетовыми лучами.

Катодолюминесценция — это свечение твердых тел, вызванное бомбардировкой их электронами.

Хемилюминесценция — свечение, являющееся результатом возбуждения атомов или молекул энергией, выделяющейся при химических реакциях.

Электролюминесценция — свечение тела, вызванное электрическим разрядом.



Рентгеновское излучение возникает в диапазоне от $3 \cdot 10^{16}$ до $3 \cdot 10^{20}$ Гц.

Источником рентгеновского излучения является изменение состояния электронов внутренних оболочек атомов или молекул, а также ускоренно движущиеся свободные электроны.

Рентгеновское излучение применяется в рентгеноструктурном анализе (исследование структуры кристаллической решетки), при изучении структуры молекул и обнаружении дефектов в образцах, в медицине и криминалистике.

Большая доза рентгеновского облучения приводит к ожогам и изменению структуры крови. Размещение приемников рентгеновского излучения на космических станциях позволила обнаружить излучение многих звезд, оболочек сверхновых звезд и целых галактик.

Радиосвязь — это передача и прием информации с помощью радиоволн, распространяющихся в пространстве без проводов.

Виды радиосвязи:

1. Радиотелеграфная.
2. Радиотелефонная и радиовещание.
3. Телевидение.
4. Радиолокация.

Радиотелеграфная связь осуществляется путем передачи сочетания точек и тире, кодирующих букву алфавита в азбуке Морзе.

Радиовещание — это передача в эфир речи, музыки, звуковых эффектов с помощью электромагнитных волн. При радиотелефонной связи подобная информация передается только для приема конкретным абонентом.



Для передачи сигнала на расстояние его необходимо преобразовать.

Модуляция — изменение по заданному закону во времени параметров, характеризующих какой-либо стационарный процесс.

Амплитудная модуляция — изменение амплитуды высокочастотных колебаний по закону изменения передаваемого звукового сигнала.

Частотная модуляция — изменение частоты колебаний в соответствии с управляющим сигналом.

Детектирование (демодуляция) — это процесс, обратный модуляции колебаний, т. е. преобразование модулированных колебаний для

выделения низкочастотного сигнала.

Радиолокация — это обнаружение объектов и определение их координат с помощью отражения радиоволн.

Расстояние до объекта определяется по формуле:

$$l = \frac{c\tau}{2},$$

где l — расстояние от объекта до радиолокатора;

c — скорость света;

τ — время, прошедшее с момента излучения радиосигнала до его приема.

Радиолокаторы используют для обнаружения самолетов, кораблей, скопления облаков, в космических исследованиях.

СОДЕРЖАНИЕ

3. Электродинамика

3.3. Магнитное поле 105

3.3.1. Взаимодействие магнитов

3.3.2. Магнитное поле проводника с током

3.3.3. Сила Ампера

3.3.4. Сила Лоренца

3.4. Электромагнитная индукция 111

3.4.1. Явление электромагнитной индукции

3.4.2. Магнитный поток

3.4.3. Закон электромагнитной индукции Фарадея

3.5. Электромагнитные колебания

и волны 117