**30.03**

**Урок 13-14. Анализ явления электромагнитной индукции, самоиндукции и взаимоиндукции.**

**Основной материал: Продолжить анализ явления электромагнитной индкции.**

**Ответит на вопросы в тетради.**

# Электромагнитная индукция

*Закон электромагнитной индукции.* Рассмотрим проводник длиной /, который движется со скоростью v в магнитном поле (рис. 6.17). В проводнике имеются свободные электроны, которые вместе с проводником движутся в МП. МП воздействует на эти электроны с силой *F0,* которая смещает электроны к концу 1 проводника. На другом конце 2 проводника будут концентрироваться положительные заряды (там возникает недостаток электронов).

В результате в проводнике возникает электродвижущая сила (ЭДС электромагнитной индукции *е),* а явление ее возникновения называется электромагнитной индукцией.

ЭДС определяется выражением *е = Bvl* sin а. Если скорость v перпендикулярна вектору *В,* то *а* =90° и в этом случае *е = Bvl.* Направление *е* можно определить по правилу правой руки: если магнитные силовые линии *В* входят в ладонь, а отогнутый большой палец расположен по направлению скорости V, то четыре вытянутые пальца ладони показывают направление *е.*



Рис. 6.17. **ЭДС индукции в проводнике**

*Закон электромагнитной индукции* был открыт английским физиком М. Фарадеем. Формулируется он следующим образом: любое изменение МП, в которое помещен проводник произвольной формы, вызывает в проводнике появление ЭДС электромагнитной индукции.

*ЭДС индукции в контуре.* Поместим в МП замкнутый контур — рамку из проводников, которая перемещается со скоростью *V* перпендикулярно линиям индукции (рис. 6.18). Если МП однородное (одинаковое во всех точках поля), то в проводниках 1 — 4 и 2 — 3 рамки будут индуцироваться одинаковые

ЭДС е, в проводниках 1 — 2 и 3 — 4 ЭДС появляться не будут, так как они не пересекают силовые линии поля. Суммарная ЭДС в контуре будет равна нулю.



Рис. 6.18. **ЭДС индукции в рамке**

При перемещении рамки в неоднородном МП в ней будет появляться ЭДС, которую рассчитывают по формуле *е = —АФ/At* (•), где *АФ* — изменение магнитного потока, пронизывающего контур за время *At.*

Изменение магнитного потока может происходить по различным причинам: из-за неоднородности МП при движении рамки; вследствие изменения потока во времени *Ф = f(t*); при деформации самой рамки.

Индуцированная в рамке ЭДС приводит к появлению в ней тока. Русский ученый Э.Х. Ленц первым сформулировал закон, который позволяет определить направление индуцированных ЭДС и тока. Этот закон называют *законом Ленца.* Формулируется он следующим образом: в замкнутом контуре, помещенном в МП, индуцируется ток такого направления, чтобы препятствовать изменению основного магнитного потока, пронизывающего контур.

Если магнитный поток, пронизывающий рамку, увеличивается, индуцируемый в рамке ток старается уменьшить основной поток, и наоборот, при уменьшении потока индуцируемый ток будет увеличивать общий поток. Об этом и говорит знак «минус» в формуле расчета ЭДС.

*ЭДС самоиндукции и индуктивность катушки.* Пропустим через катушку изменяющийся во времени электрический ток *i* (рис. 6.19). Этот ток будет создавать переменный магнитный поток и, следовательно, возникнет ЭДС, которая называется ЭДС самоиндукции *eL.* Для количественной оценки этой ЭДС вводят понятие потокоспепления . Хотя витки катушки пронизываются различным количеством силовых линий, можно определить 'Р, как суммарный магнитный поток самоиндукции, создаваемый током катушки *i*: *Ф1,Ф1,Фъ,...,Фч> ,* где *Ф] +Фп +Ф}* +... + *Фм-* — магнитные потоки самоиндукции от первого, второго, третьего и так далее витков катушки при протекании тока *i.*



Рис. 6.19. **Магнитное поле катушки с током**

В среде с постоянной магнитной проницаемостью существует линейная зависимость от *i,* т.е. *'?=Li,* где *L* — коэффициент пропорциональности, который называется индуктивностью катушки. Единицей индуктивности является генри (Гн).

Применяя формулу (•), получаем выражение для ЭДС самоиндукции где A4\*? и Д*i* — изменения потокосцепления и тока за время Д/.

Так же, как и ЭДС *е* индукции, ЭДС самоиндукции *eL* подчиняется закону Ленца, т.е. препятствует изменению потока (тока) в катушке.

*ЭДС взаимоиндукции.* Рассмотрим случай, когда две катушки расположены рядом и по одной из них протекает ток /,, (рис. 6.20,а). Этот ток создает поток самоиндукции Фп, который полностью пронизывает катушку 1 и частично катушку 2. Поток Ф12, пронизывающий катушку 2, называется потоком взаимоиндукции. Сцепляясь с витками катушек w, и иг,, потоки образуют потокосцепления 

Оба потокосцепления создаются одним током и в среде с постоянной магнитной проницаемостью будут ему пропорциональны, т.е. Ч\*, = *Ly* и где *Lx* — индуктивность первой катушки, М12 — коэффициент пропорциональности, который называется взаимной индуктивностью. Единицей взаимной индуктивности является генри (Гн).

Если при отсутствии тока в первой катушке во второй катушке пропустить ток /2, то возникнет поток самоиндукции второй катушки Ф22 и поток взаимоиндукции Ф2] (рис. 6.20, *б).* Потокосцепление взаимоиндукции Ч^ определяется выражением Ч,|2 = М*12/,.*



Рис 6.20. Магнитное поле индуктивно связанных катушек *а* — ток в катушке 1; *б* — ток в катушке 2

В среде без ферромагнетиков М12 *= М2] = М.* Взаимная индуктивность *М*зависит от размеров и расположения катушек, числа витков и магнитной среды.

Если ток /, будет изменяться во времени, то потокосцепления Ч'п и Ч'ртоже будут изменяться во времени. В обеих катушках будут появляться ЭДС индукции *ел* и е12, при этом *ел* называется ЭДС самоиндукции первой катушки, a *ev* — ЭДС взаимоиндукции (рис. 6.20). Они определяются следующими выражениями:



ЭДС взаимоиндукции образуется в любом замкнутом контуре, который пронизывается изменяющимся потоком. Так, сечение магнитопровода трансформатора можно рассматривать как контур, в котором ЭДС будет генерировать кольцевые токи. Эти токи называются вихревыми. Они вызывают потери в магнитопроводах различных устройств. Чтобы уменьшить вихревые токи маг- нитопроводы трансформаторов набирают из тонких листов электротехнической стали, изолированных друг от друга.

1. В чем состоит явление электромагнитной индукции?

2. Изменение каких физических величин может привести к изменению магнитного потока?

3. В каком случае направление индукционного тока считается положительным, а в каком — отрицательным?

4. Сформулируйте закон электромагнитной индукции. Запишите его математическое выражение.

5. Сформулируйте правило Ленца. Приведите примеры его применения

***Решите задачи:***

|  |
| --- |
| [№1. Что произойдет в кольце, когда в него введут магнит, если кольцо сделано из: а) непроводника; б) проводника и в) сверхпроводника?](https://davay5.com/z/5829.php) |

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
| [№2. Будет ли возникать индукционный ток в круговом витке, находящемся в однородном магнитном поле, если: а) перемещать виток поступательно; б) вращать виток вокруг оси, проходящей через его центр перпендикулярно плоскости витка; в) вращать виток вокруг оси, лежащей в его плоскости?](https://davay5.com/z/5832.php) |

|  |
| --- |
| [№3. Если клеммы двух демонстрационных гальванометров соединить проводами и затем покачиванием одного из приборов вызвать колебание его стрелки, то и у другого прибора стрелка тоже начнет колебаться. Объясните опыт и при возможности проверьте.](https://davay5.com/z/5833.php) |

|  |
| --- |
| [№4. Почему колебания стрелки компаса быстрее затухают, если корпус прибора латунный, и медленнее затухают, если корпус прибора пластмассовый?](https://davay5.com/z/5834.php) |

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
| [5. В замкнутом витке проволоки сопротивлением 2 • 10-2 Ом мгновенное значение индукционного тока равно 5 А. Какова ЭДС индукции?](https://davay5.com/z/5839.php) |

|  |
| --- |
| [№6. В контуре проводника магнитный поток изменился за 0,3 с на 0,06 Вб. Какова скорость изменения магнитного потока? Какова ЭДС индукции в контуре? При каком условии ЭДС индукции будет постоянной?](https://davay5.com/z/5840.php) |

|  |
| --- |
| [№7. За 5 мс в соленоиде, содержащем 500 витков провода, магнитный поток равномерно убывает с 7 до 3 мВб. Найдите ЭДС индукции в соленоиде.](https://davay5.com/z/5841.php) |

|  |
| --- |
| [№8. Найдите скорость изменения магнитного потока в соленоиде, состоящем из 2000 витков, при возбуждении в нем ЭДС индукции 120 В.](https://davay5.com/z/5842.php) |

|  |
| --- |
| [№9. Магнитный поток, пронизывающий контур проводника, равномерно изменился на 0,6 Вб так, что ЭДС индукции оказалась равной 1,2 В. Найдите время изменения магнитного потока. Найдите силу индукционного тока, если сопротивление проводника 0,24 Ом.](https://davay5.com/z/5843.php)***Теория берётся из любого источника.*** ***Задания выполняются в тетрадях, фотографируются и отправляются преподавателю по адресу: kartel.mih@yandex.ru*** |