

Физика 30.10.20 для группы МР 191

Уважаемые студенты!

Задание выполняете в рабочей тетради.

НА ПОЛЯХ ОБЯЗАТЕЛЬНО ПИШИТЕ ФАМИЛИЮ И ГРУППУ для правильного оценивания.

Фотографию выполненного задания высылаете в ВК в удобное для вас время:

<https://vk.com/id27319434>.

Самоиндукция. Применение законов электромагнитной индукции

Задание:

- Составить краткий конспект

Теория

1. Самоиндукция

Видео: https://www.youtube.com/watch?v=Ji9D_xGI2l4&feature=emb_logo

Самоиндукция является частным случаем электромагнитной индукции.

Оказывается, что электрический ток в контуре, меняющийся со временем, определённым образом воздействует сам на себя.

Ситуация 1. Предположим, что сила тока в контуре возрастает. Пусть ток течёт против часовой стрелки; тогда магнитное поле этого тока направлено вверх и увеличивается (рис. 1).

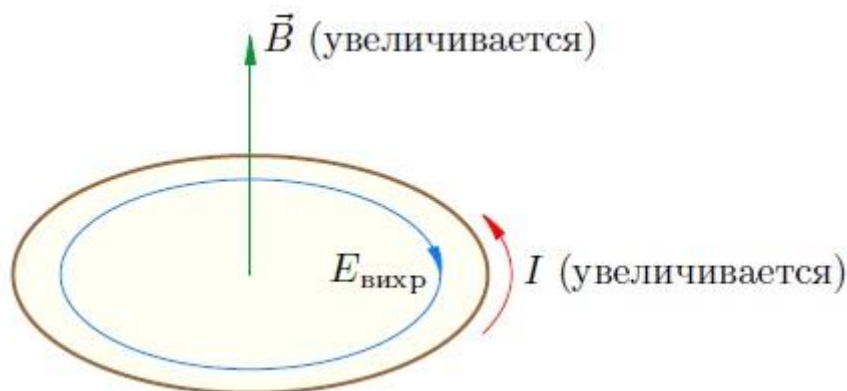


Рис. 1. Вихревое поле препятствует увеличению тока

Таким образом, наш контур оказывается в переменном магнитном поле своего собственного тока. Магнитное поле в данном случае возрастает (вместе с током) и потому порождает вихревое электрическое поле, линии которого направлены по часовой стрелке в соответствии с правилом Ленца.

Как видим, вихревое электрическое поле направлено против тока, препятствуя его возрастанию; оно как бы «тормозит» ток. Поэтому при замыкании любой цепи ток устанавливается не мгновенно — требуется некоторое время, чтобы преодолеть тормозящее действие возникающего вихревого электрического поля.

Ситуация 2. Предположим теперь, что сила тока в контуре уменьшается. Магнитное поле тока также убывает и порождает вихревое электрическое поле, направленное против часовой стрелки (рис. 2).

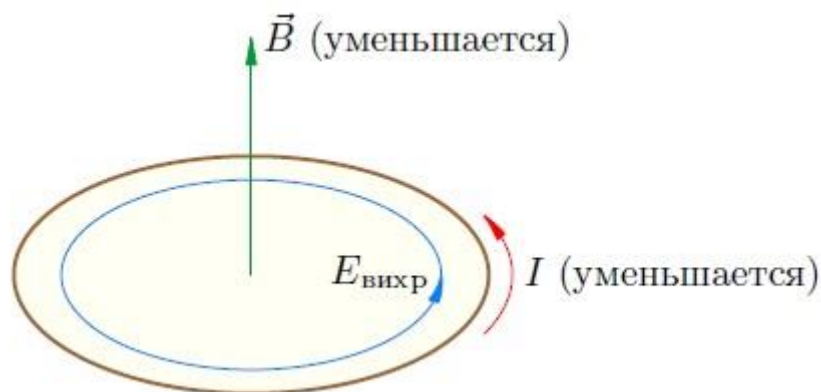


Рис. 2. Вихревое поле поддерживает убывающий ток

Теперь вихревое электрическое поле направлено в ту же сторону, что и ток; оно поддерживает ток, препятствуя его убыванию.

Как мы знаем, работа вихревого электрического поля по перемещению единичного положительного заряда вокруг контура — это ЭДС индукции. Поэтому мы можем дать такое определение.

Явление самоиндукции состоит в том, что при изменении силы тока в контуре возникает ЭДС индукции в этом же самом контуре.

При возрастании силы тока (в ситуации 1) вихревое электрическое поле совершает отрицательную работу, тормозя свободные заряды. Стало быть, **ЭДС индукции в этом случае отрицательна.**

При убывании силы тока (в ситуации 2) вихревое электрическое поле совершает положительную работу, «подталкивая» свободные заряды и препятствуя убыванию тока. ЭДС индукции в этом случае также положительна (нетрудно убедиться в том, что знак ЭДС индукции, определённый таким образом, согласуется с правилом выбора знака для ЭДС индукции).

2. Индуктивность катушки – главная характеристика катушки

Мы знаем, что магнитный поток, пронизывающий контур, пропорционален индукции магнитного поля: $\Phi \sim B$. Кроме того, опыт показывает, что величина индукции магнитного поля контура с током пропорциональна силе тока: $B \sim I$. Стало быть, магнитный поток через поверхность контура, создаваемый магнитным полем тока в этом самом контуре, пропорционален силе тока: $\Phi \sim I$.

Коэффициент пропорциональности обозначается L и называется *индуктивностью* контура:

$$\Phi = LI. \quad (1)$$

Индуктивность зависит от геометрических свойств контура (формы и размеров), а также от магнитных свойств среды, в которую помещён контур (Улавливаете аналогию? Ёмкость конденсатора зависит от его геометрических характеристик, а также от диэлектрической проницаемости среды между обкладками конденсатора). Единицей измерения индуктивности служит *генри* (Гн).

Допустим, что форма контура, его размеры и магнитные свойства среды остаются постоянными (например, наш контур — это катушка, в которую не вводится сердечник); изменение магнитного потока через контур вызвано только изменением силы тока. Тогда $\Delta\Phi = L\Delta I$, и закон Фарадея $\mathcal{E}_i = -\Delta\Phi/\Delta t$ приобретает вид:

$$\mathcal{E}_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -LI. \quad (2)$$

Благодаря знаку «минус» в (2) ЭДС индукции оказывается отрицательной при возрастании тока и положительной при убывании тока, что мы и видели выше.

Рассмотрим два опыта, демонстрирующих явление самоиндукции при замыкании и размыкании цепи.

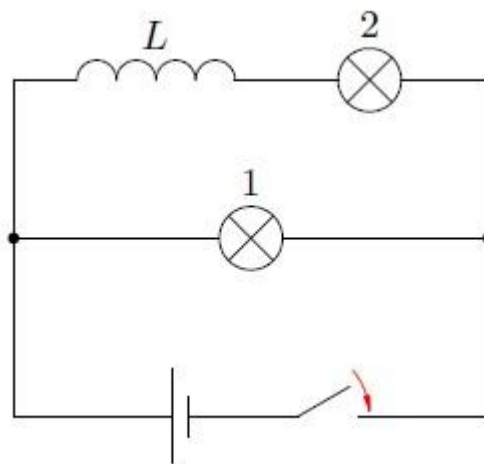


Рис. 3. Самоиндукция при замыкании цепи

В первом опыте к батарейке подключены параллельно две лампочки, причём вторая — последовательно с катушкой достаточно большой индуктивности L (рис. 3).

Ключ вначале разомкнут.

При замыкании ключа лампочка 1 загорается сразу, а лампочка 2 — постепенно. Дело в том, что в катушке возникает ЭДС индукции, препятствующая возрастанию тока. Поэтому максимальное значение тока во второй лампочке устанавливается лишь спустя некоторое заметное время после вспыхивания первой лампочки.

Это время запаздывания тем больше, чем больше индуктивность катушки. Объяснение простое: ведь тогда больше будет напряжённость вихревого электрического поля, возникающего в катушке, и потому батарейке придётся совершить большую работу по преодолению вихревого поля, тормозящего заряженные частицы.

Во втором опыте к батарейке подключены параллельно катушка и лампочка (рис. 4). Сопротивление катушки много меньше сопротивления лампочки.

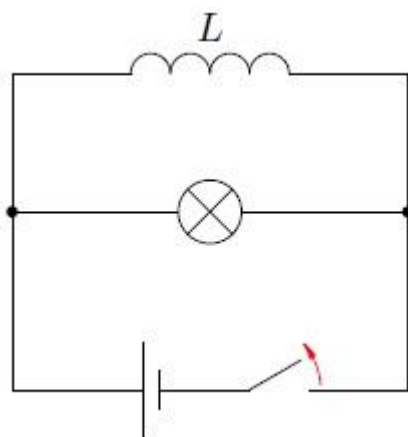


Рис. 4. Самоиндукция при размыкании цепи

Ключ вначале замкнут. Лампочка не горит — напряжение на ней близко к нулю из-за малости сопротивления катушки. Почти весь ток, идущий в неразветвлённой цепи, проходит через катушку.

При размыкании ключа лампочка ярко вспыхивает! Почему? Ток через катушку начинает резко убывать, и возникает значительная ЭДС индукции, поддерживающая убывающий ток (ведь ЭДС индукции, как видно из (2), пропорциональна скорости изменения тока).

Иными словами, при размыкании ключа в катушке появляется весьма большое вихревое электрическое поле, разгоняющее свободные заряды. Под действием этого вихревого поля через лампочку пробегает импульс тока, и мы видим яркую вспышку. При достаточно большой индуктивности катушки ЭДС индукции может стать существенно больше ЭДС батарейки, и лампочка вовсе перегорит.

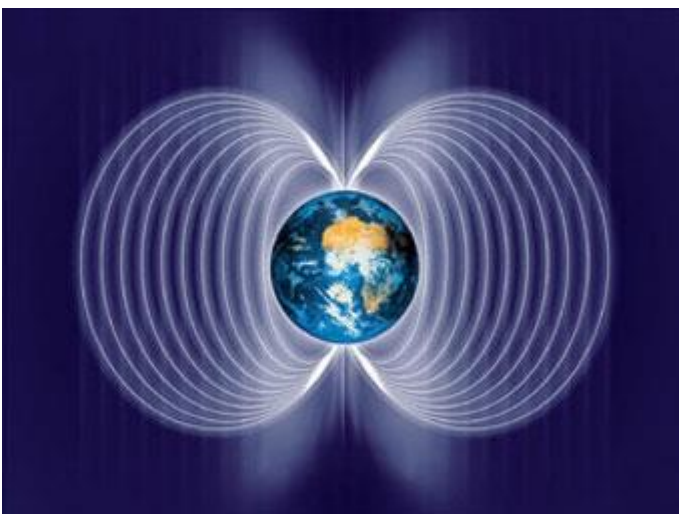
3. Применение законов электромагнитной индукции

Радиовещание



Переменное магнитное поле, возбуждаемое изменяющимся током, создаёт в окружающем пространстве электрическое поле, которое в свою очередь возбуждает магнитное поле, и т.д. Взаимно порождая друг друга, эти поля образуют единое переменное электромагнитное поле - электромагнитную волну. Возникнув в том месте, где есть провод с током, электромагнитное поле распространяется в пространстве со скоростью света - 300000 км/с.

Магнитотерапия



В спектре частот разные места занимают радиоволны, свет, рентгеновское излучение и другие электромагнитные излучения. Их обычно характеризуют непрерывно связанными между собой электрическими и магнитными полями.

Синхрофазотроны



В настоящее время под магнитным полем понимают особую форму материи состоящую из заряженных частиц. В современной физике пучки заряженных частиц используют для проникновения в глубь атомов с целью их изучения. Сила, с которой действует магнитное поле на движущуюся заряженную частицу, называется силой Лоренца.

Расходомеры - счётчики



Метод основан на применении закона Фарадея для проводника в магнитном поле: в потоке электропроводящей жидкости, движущейся в магнитном поле наводится ЭДС,

пропорциональная скорости потока, преобразуемая электронной частью в электрический аналоговый/цифровой сигнал.

Генератор постоянного тока



В режиме генератора якорь машины вращается под действием внешнего момента. Между полюсами статора имеется постоянный магнитный поток, пронизывающий якорь. Проводники обмотки якоря движутся в магнитном поле и, следовательно, в них индуцируется ЭДС, направление которой можно определить по правилу "правой руки". При этом на одной щетке возникает положительный потенциал относительно второй. Если к зажимам генератора подключить нагрузку, то в ней пойдет ток.

Трансформаторы



Трансформаторы широко применяются при передаче электрической энергии на большие расстояния, распределении ее между приемниками, а также в различных выпрямительных, усилительных, сигнализационных и других устройствах.

Преобразование энергии в трансформаторе осуществляется переменным магнитным полем. Трансформатор представляет собой сердечник из тонких стальных изолированных одна от другой пластин, на котором помещаются две, а иногда и больше обмоток (катушек) из изолированного провода. Обмотка, к которой присоединяется источник электрической энергии переменного тока, называется первичной обмоткой, остальные обмотки - вторичными.

Если во вторичной обмотке трансформатора намотано в три раза больше витков, чем в первичной, то магнитное поле, созданное в сердечнике первичной обмоткой, пересекая витки вторичной обмотки, создаст в ней в три раза больше напряжение.

Применив трансформатор с обратным соотношением витков, можно так же легко и просто получить пониженное напряжение.