

# Правило Ленца

В 1834 г. русский академик Э. Х. Ленц, известный своими многочисленными исследованиями в области электромагнитных явлений, дал универсальное правило для определения направления индуктированной э.д.с. в проводнике. Это правило, известное как правило Ленца, может быть сформулировано так:

*направление индуктированной э.д.с. всегда таково, что вызванный ею ток и его магнитное поле имеют такое направление, что стремятся препятствовать причине, порождающей эту индуктированную э.д.с.*

С учетом этого правила можно закон электромагнитной индукции выразить более общей формулой, позволяющей определить не только величину, но и направление индуктированной э.д.с.:

$$e = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$



Выражение  $\Delta\Phi/\Delta t$  представляет собой среднюю скорость изменения магнитного потока по времени. Чем меньше промежуток времени  $\Delta t$ , тем меньше вышеуказанная э.д.с. отличается от ее действительного значения в данный момент времени.

Знак минус, стоящий перед выражением  $\Delta\Phi/\Delta t$ , определяет направление индуцированной э.д.с., т. е. учитывает правило Ленца.

При увеличении магнитного потока выражение  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  будет положительным, а э.д.с. - отрицательной. В этом и заключается правило Ленца: э.д.с. и созданный ею ток противодействуют причине, которая их вызвала.

При равномерном изменении во времени магнитного потока выражение  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  будет постоянно. Тогда абсолютное значение э.д.с. в проводнике будет равно

$$e = \dot{\Phi}.$$



Если катушка состоит из  $w$  витков, соединенных между собой последовательно, то индуцированная э. д.с. в ней равняется сумме э.д.с., индуцированных в отдельных витках:

$$e = -w \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

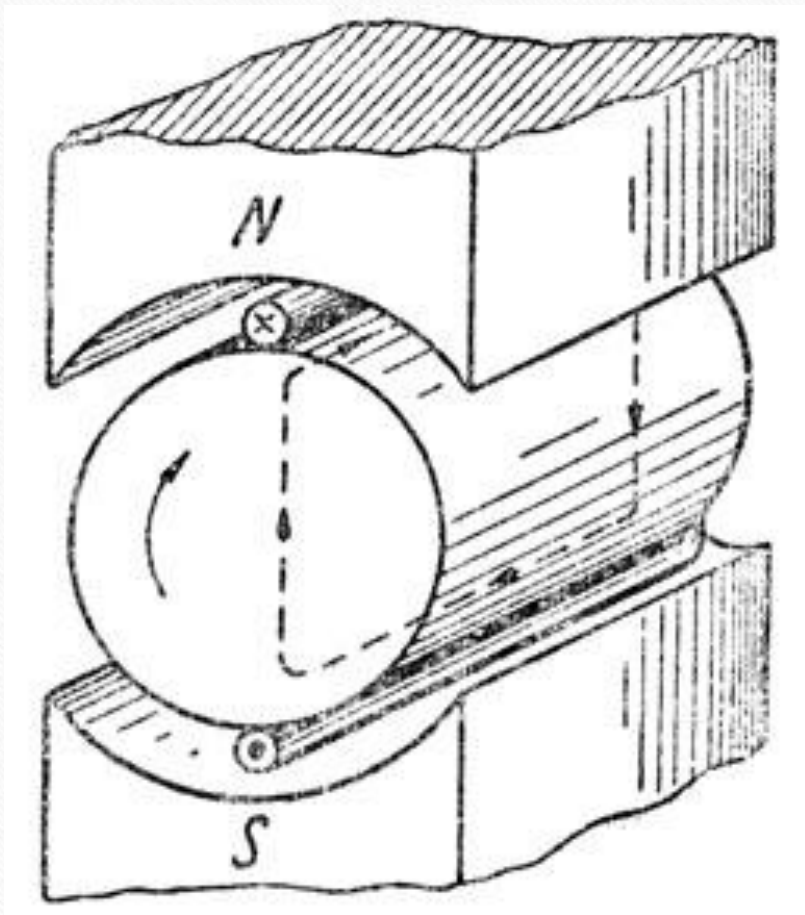
Произведение числа витков катушки на сцепленный с ними магнитный поток называется потокосцеплением катушки и обозначается буквой  $\Psi$ . Поэтому закон электромагнитной индукции можно записать и в другой форме:

$$e = - \frac{\Delta\Psi}{\Delta t}.$$

# Вихревые токи



Рассматривая принцип действия генератора, мы видели, что при его вращении в проводниках обмотки якоря, пересекающих магнитное поле, индуцируется э.д.с. Так как и сам стальной якорь пересекает те же магнитные линии, то в нем, так же как и в проводнике, должны индуцироваться токи. Токи, которые индуцируются в массивных металлических телах при пересечении их магнитными линиями, называются вихревыми токами, или токами Фуко.

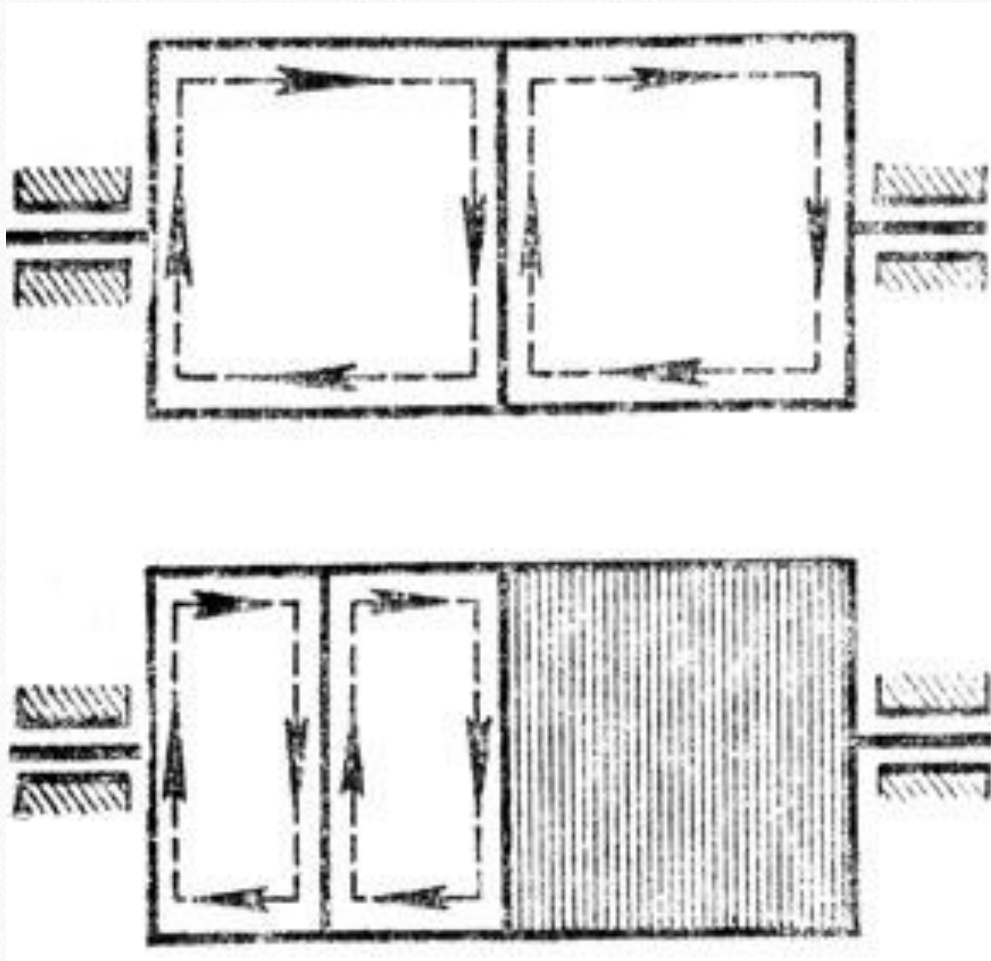


На рис. схематически изображен якорь, вращающийся в магнитном поле. Вихревые токи в якоре, условно показанные пунктирными стрелками, проходя по телу якоря, будут нагревать его, на что затрачивается энергия. Если не принять мер к уменьшению вихревых токов, они, сильно нагревая якорь, могут привести к порче изоляции его обмотки. Устранить полностью потери на вихревые токи нельзя, но уменьшить их можно и нужно.



Для уменьшения потерь на вихревые токи якоря генераторов, электрических двигателей и сердечники трансформаторов собирают из отдельных тонких (0,35-0,5 мм) штампованных листов мягкой стали, расположенных по направлению линий магнитного потока и изолированных один от другого лаком. Это делается для того, чтобы вследствие малого поперечного сечения каждого стального листа уменьшить величину проходящего через него магнитного потока, а стало быть, уменьшить индуцируемые в нем э.д.с. и ток.





Путь вихревых токов в теле якоря при разделении последнего на отдельные изолированные участки схематически показан на рис. Чтобы еще больше ослабить вихревые токи, увеличивают удельное сопротивление стали путем добавления в нее около 4% кремния. Такая сталь называется легированной.