

65 Явление и закон электромагнитной индукции

При изменении магнитного поля возникает ЭДС, препятствующая этому изменению. Это называется электромагнитной индукцией. ЭДС равна скорости изменения потокосцепления и берётся с отрицательным знаком, потому что препятствует изменению, $e = - d\Psi / dt$.

7.1. Явление и закон электромагнитной индукции

Электромагнитная индукция представляет собой одно из важнейших явлений, наблюдаемых в магнитном поле. Она была обнаружена в 1831 г. английским физиком Майклом Фарадеем. Суть явления в том, что при изменении магнитного потока, пронизывающего какой-либо контур (обмотку), независимо от того, чем вызвано изменение потока, в контуре (обмотке) наводится сила e .

Закон электромагнитной индукции устанавливает количественное выражение для наведенной (индуктированной) ЭДС.

Электродвижущая сила, наведенная (индуктированная) в контуре, равна скорости изменения потокосцепления контура Ψ , взятой с отрицательным знаком:

$$e = - \frac{d\Psi}{dt}. \quad (7.1)$$

Потокосцепление контура Ψ равно алгебраической сумме потоков, пронизывающих отдельные витки обмотки:

$$\Psi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \dots + \Phi_n.$$

Если все витки обмотки N пронизываются одним и тем же потоком Φ , то

$$\Psi = N\Phi$$

и ЭДС, наведенная в катушке,

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt}. \quad (7.2)$$

7.2. Правило Ленца

В 1833 г. профессор Петербургского университета Э.Х. Ленц установил общее правило для определения направления индукти-

рованного тока и электромагнитных сил, возникающих в результате взаимодействия магнитного поля с индуцированным током.

Правило Ленца формулируется следующим образом: *при любом изменении магнитного потока, сцепляющегося с каким-либо проводящим контуром, в контуре возникают явления электрического и механического характера, препятствующие изменению магнитного потока.*

Этому правилу соответствует знак «−» в формулах (7.1) и (7.2), выражающих закон электромагнитной индукции, если принять положительными направления магнитного потока и индуцированной в контуре ЭДС, удовлетворяющие правилу правоходового винта (рис. 7.1).

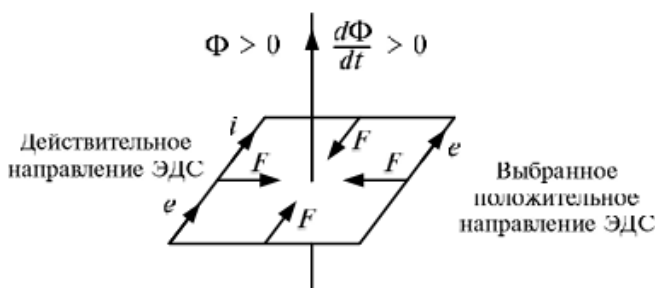


Рис. 7.1. Иллюстрация правила Ленца

Предположим, положительный магнитный поток Φ , сцепленный с контуром, увеличивается. Приращение магнитного потока $d\Phi$ и скорость его изменения $\frac{d\Phi}{dt}$ положительны $\left(d\Phi > 0, \frac{d\Phi}{dt} > 0\right)$.

Согласно закону электромагнитной индукции (см. формулу (7.2)), наведенная в контуре ЭДС отрицательна ($e < 0$), т. е. направлена против выбранного положительного направления (см. рис. 7.1).

Наведенная в контуре ЭДС стремится вызвать электрический ток i , направление которого совпадает с направлением ЭДС. Электрический ток i создает вторичный магнитный поток, который, согласно правилу буравчика, действует против основного потока Φ , т. е. препятствует его увеличению.

Одновременно в контуре возникают электромагнитные силы F , стягивающие контур (направление силы определяется правилом левой руки). Тенденция к уменьшению поверхности, ограниченной контуром, направлена на уменьшение основного потока Φ .

При уменьшении основного магнитного потока $\left(d\Phi < 0, \frac{d\Phi}{dt} < 0 \right)$

наведенная ЭДС положительна, т. е. совпадает с выбранным положительным направлением. Наведенный в контуре ток i создаст вторичный магнитный поток, совпадающий по направлению с основным потоком, т. е. будет препятствовать уменьшению основного магнитного потока. Возникающие ЭДС будут стремиться расширить контур с током, т. е. увеличить магнитный поток, сцепленный с ним.