

55 Магнитная индукция и её силовые линии

Магнитное поле действует на проводник с током с силой пропорциональной магнитной индукции B , Тл (тесла). Направление силы определяется по правилу левой руки. Индукция это интенсивность магнитного поля, векторная величина, и может быть представлена в виде силовых линий магнитного поля. Силовые линии магнитного поля замкнутые т. е не имеют ни начала, ни конца.

Электромагнитное поле представляет собой совокупность взаимно связанных электрического и магнитного полей. Таким образом, магнитное поле есть одна из сторон электромагнитного поля. Магнитное поле постоянного тока создается неизменными во времени токами, протекающими по проводящим телам, неподвижным в пространстве по отношению к наблюдателю. Магнитное поле постоянного тока можно рассматривать отдельно от электрического поля.

Основное свойство неизменного во времени магнитного поля – силовое воздействие его на проводник с током. Интенсивность магнитного поля в каждой точке пространства характеризуется вектором магнитной индукции $\vec{B}$, $[B] = \text{Тл}$ (тесла). Индукцию $\vec{B}$ можно определить по силе, с которой действует магнитное поле на проводник длиной $d\vec{l}$ с током согласно закону Ампера:

Закон магнитной индукции Ампера устанавливает взаимосвязь между током I в проводнике и силой F , действующей на этот проводник, если он находится в равномерном магнитном поле с индукцией B :

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

где l – длина проводника;

α – угол между током и магнитной индукцией (рисунок 1).

Сила Ампера направлена перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы I и B . Её направление определяется по правилу левой руки.

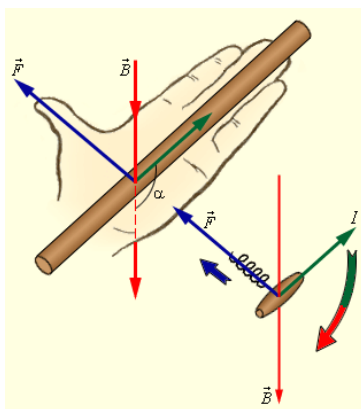


Рисунок 1 – Правило левой руки и правило буравчика

Механическое воздействие магнитного поля на проводник с током максимально, когда $\vec{B}$ и $d\vec{l}$ взаимно перпендикулярны.

Большой практический интерес представляет выражение силы, действующей на прямолинейный проводник с током в равномерном магнитном поле, в котором на элемент длины провода (в любом месте) действует одинаковая электромагнитная сила. На основании выражения (5.1) можно записать выражение силы, действующей на часть провода l , расположенного в пределах магнитного поля:

$$F = BIl \sin \alpha, \quad (5.2)$$

где α – угол между направлением вектора магнитной индукции $\vec{B}$ и длиной провода l с током I .

Если $\alpha = 90^\circ$, т. е. провод с током расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции, то

$$F = BIl. \quad (5.3)$$

На провод с током, расположенный вдоль линий магнитной индукции, магнитное поле не действует.

Сила F направлена всегда перпендикулярно плоскости, в которой лежит провод и находятся линии магнитной индукции. Направление электромагнитной силы наиболее удобно определять по правилу левой руки: необходимо расположить левую руку так, чтобы вытянутые четыре пальца показывали направление тока в проводе, а линии магнитной индукции «входили» в ладонь, тогда большой палец, отогнутый перпендикулярно остальным четырем, покажет направление электромагнитной силы.

5.2. Линии магнитной индукции

Графически магнитное поле изображают при помощи линий магнитной индукции.

Линии вектора магнитной индукции проводника с током имеют вид концентрических окружностей с центром на оси провода (рис. 5.2).

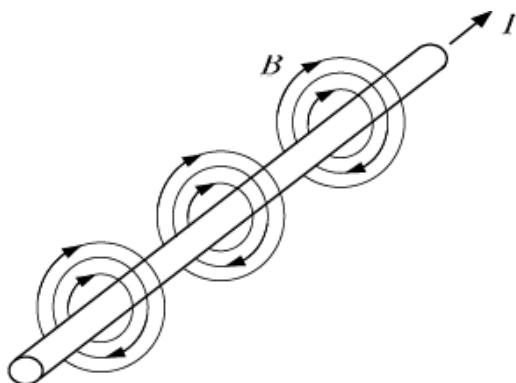


Рис. 5.2. Магнитное поле проводника с током

Касательная, проведенная к каждой точке линии магнитной индукции, совпадает по направлению с вектором $\vec{B}$. Направление линий магнитной индукции определяется правилом правоходового винта: если вращать винт так, чтобы острие его перемещалось по току, то направление вращения головки винта совпадет с направлением линий.

Практический интерес представляет картина магнитного поля тока катушек, так как во многих электротехнических устройствах (трансформаторы, электрические машины, электромагнитные реле и т. д.) магнитное поле создается токами в катушках различной формы.

Магнитное поле тока цилиндрической катушки изображено на рисунке 5.3. Если длина катушки значительно больше ее диаметра, то линии магнитной индукции имеют внутри катушки одинаковое направление (вдоль оси катушки) и величина магнитной индукции во всех точках одинакова, за исключением точек, расположенных у краев.

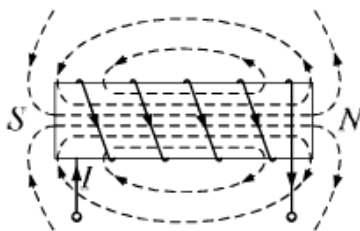


Рис. 5.3. Магнитное поле цилиндрической катушки

Магнитное поле, имеющее во всех точках одинаковую по величине и направлению магнитную индукцию, называется *однородным (равномерным)*.

По форме магнитного поля цилиндрическая катушка подобна постоянному магниту. На конце катушки, где линии магнитной индукции выходят из нее, образуется северный полюс, а на противоположном конце – южный.

Направление линий магнитной индукции поля тока катушки или контура определяется правилом правого буравчика в следующей формулировке: если рукоятку буравчика вращать по направлению тока в витках, то поступательное перемещение острия буравчика совпадает с направлением линий магнитной индукции внутри катушки.

Линии индукции магнитного поля всегда замкнуты на себя, т. е. не имеют ни начала, ни конца.