

57 Закон полного тока. Сила взаимодействия токов.

Токи создают магнитодвижущие силы, которые распределяются вдоль силовых линий, создавая напряжённость магнитного поля. Закон полного тока: линейный интеграл от вектора напряжённости магнитного поля вдоль замкнутого контура равен алгебраической сумме токов, охватываемых этим контуром.

Если ток идёт по параллельным проводам во встречном направлении, то эти провода отталкиваются друг от друга с силой, пропорциональной квадрату тока и обратно пропорциональной расстоянию между проводами.

5.5. Закон полного тока.

Магнитное поле прямолинейного проводника с током

Закон полного тока устанавливает связь между электрическим током и его магнитным полем. Читается он следующим образом: линейный интеграл от вектора напряжённости магнитного поля вдоль замкнутого контура равен алгебраической сумме токов, охватываемых этим контуром:

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I.$$

Положительное направление тока связано с обходом контура правилом буравчика.

Данная интегральная форма записи закона полного тока используется для расчета магнитных полей, имеющих симметрию, например поля уединенного проводника с током.

Пусть требуется определить напряжённость магнитного поля в точке, удаленной от центра проводника на расстояние R (рис. 5.4).

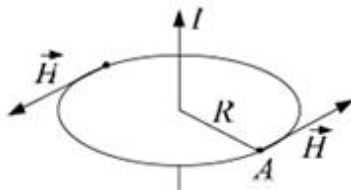


Рис. 5.4. Определение напряжённости магнитного поля в точке A

Проведем окружность вокруг проводника радиусом R и возьмем линейный интеграл от вектора напряженности магнитного поля вдоль этой окружности. В силу симметрии значение H на расстоянии R от оси проводника будет одинаковым. Векторы $\vec{H}$ и $d\vec{l}$ будут совпадать по направлению, поскольку они направлены по касательной к окружности. Поэтому

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \oint H dl \cos 0^\circ = H \oint dl = H 2\pi R = I;$$

$$H = \frac{I}{2\pi R}, \quad (5.4)$$

где l – длина окружности; $l = 2\pi R$.

По мере удаления от провода напряженность магнитного поля убывает.

5.6. Сила взаимодействия двух проводов с током в линии электропередачи

Определим силу взаимодействия двух параллельных проводов с током (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Двухпроводная линия электропередачи

В двухпроводной линии электропередачи токи в проводах направлены навстречу друг другу. Каждый провод находится в магнитном поле, созданном током соседнего провода. Направление вектора магнитной индукции $\vec{B}$ определяется по правилу правого винта.

Согласно закону Ампера (уравнение (5.2)), сила, действующая на правый провод,

$$F = IlB \sin \alpha,$$

где α – угол между вектором $\vec{B}$ и вектором $d\vec{l}$.

Вектор $d\vec{l}$ и ток в элементе длины проводника имеют одинаковое направление. В рассматриваемом случае $\alpha = 90^\circ$, следовательно,

$$F = BIl,$$

где l – длина провода.

Согласно закону полного тока, напряженность магнитного поля от тока левого провода на расстоянии a находится из выражения (5.4), учитывая, что для рассматриваемого случая $R = a$:

$$H = \frac{I}{2\pi a}.$$

Соответственно магнитная индукция

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi a},$$

а сила, действующая на правый провод,

$$F = \mu_0 \frac{I^2 l}{2\pi a}.$$

Такая же сила будет действовать и на левый провод. Направление силы определяется по правилу левой руки. Действующие силы (см. рис. 5.5) отталкивают провода друг от друга.