4 ПОЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

4.1 Основные уравнения магнитного поля постоянного тока

В системе уравнений электромагнитного поля (1.27) магнитное поле характеризуют уравнения:

$$\left.\begin{array}{l}\oint \mathbf{H}d\ell = \mathbf{I}\\ \oint \mathbf{B}d\mathrm{S} = \mathbf{0}\\ \mathbf{B} = \boldsymbol{\mu\mu_o}\mathbf{H}\end{array}\right\}\ \text{в интегральной форме;}\qquad \left.\begin{array}{l}\mathbf{rotH} = \boldsymbol{\delta}\\ \mathbf{divB} = \mathbf{0}\\ \mathbf{B} = \boldsymbol{\mu\mu_o}\mathbf{H}\end{array}\right\}\ \text{в дифференциальной форме.} \qquad (4.1)$$

Первое уравнение в системе (4.1) свидетельствует о том, что магнитное поле является вихревым, не потенциальным. Следовательно, там где $\boldsymbol{\delta} \neq \mathbf{0}$ градиент потенциала не равен соответствующему вектору **H**.

Однако в той среде, где $\boldsymbol{\delta} = \mathbf{0}$**,** магнитное поле можно характеризовать скалярным магнитным потенциалом, для которого $\mathbf{grad}\boldsymbol{\varphi}_\mathbf{м} = -\mathbf{H}$. Составляющая вектора **H** по любому направлению ($\mathbf{H}_\ell$) равна убыли магнитного потенциала по данному направлению, отнесенному к единице длины ($\partial\ell$).

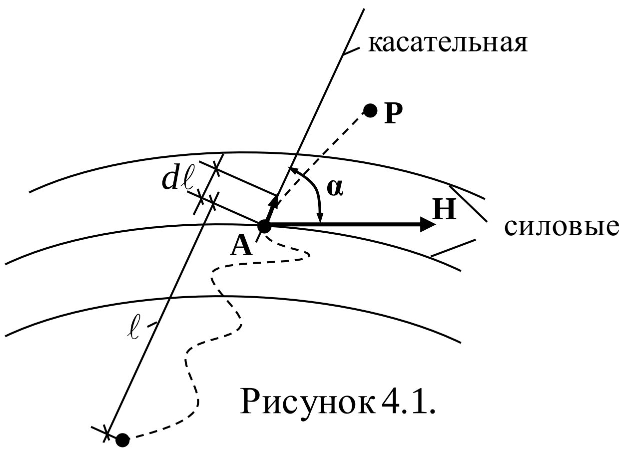

Рисунок 4.1.

$$\mathbf{H}_\ell = \mathbf{H}\cos\boldsymbol{\alpha} = -\frac{\partial\varphi_м}{\partial\ell}. \qquad (4.2)$$

При cosα=0 получаем $\frac{\partial\varphi_м}{\partial\ell} = 0$**,** значит $\varphi_м$=const. Во всех направлениях перпендикулярных магнитным силовым линиям магнитный потенциал $\boldsymbol{\varphi}_\mathbf{м}$ одинаковый. Следовательно, как и в электростатическом поле, эквипотенциальные линии перпендикулярны магнитным силовым линиям, $\mathbf{grad}\boldsymbol{\varphi}_\mathbf{м} = -\mathbf{H}$.

Однако в отличие от потенциала электростатического поля $\boldsymbol{\varphi}_\mathbf{м}$ является многозначной функцией.

Рассмотрим параметры магнитного поля создаваемого проводником с током (рис.4.2). По закону полного тока $\oint_\ell \mathbf{H}d\ell = \mathbf{I}$, если контур охватывает проводник с током. Если контур не охватывает проводник с током, то $\oint_\ell \mathrm{H}d\ell = 0$. В этом случае $\oint_\ell \mathbf{H}d\ell = \int_{\mathbf{AmB}} \mathbf{H}d\ell + \int_{\mathbf{BnA}} \mathbf{H}d\ell = \mathbf{0}$. Падение магнитного напряжения на рассмотренном участке равны между собой и не зависят от пути интегрирования, $\int_{\mathbf{AmB}} \mathbf{H}d\ell = \int_{\mathbf{AnB}} \mathbf{H}d\ell$.

$$\int_{\mathbf{A}}^{\mathbf{B}} \mathbf{H}d\ell = \int_{\mathbf{AmB}} \mathbf{H}d\ell = \int_{\mathbf{AnB}} \mathbf{H}d\ell = \varphi_{\mathbf{мA}} - \varphi_{\mathbf{мB}}.$$

Если условно принять $\boldsymbol{\varphi}_\mathbf{мP} = \mathbf{0}$, тогда $\int_{\mathbf{A}}^{\mathbf{P}} \mathbf{H}d\ell = \varphi_{\mathbf{мA}}$.

Если путь интегрирования охватывает проводник с током

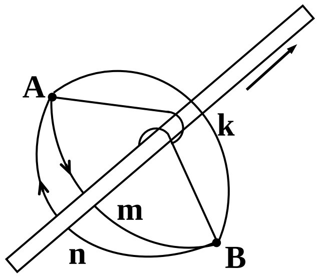

Рисунок 4.2.

$$\oint\limits_{AkBnA}\mathbf{Hd}\ell = \int\limits_{AkB}\mathbf{Hd}\ell - \int\limits_{AnB}\mathbf{Hd}\ell = \int\limits_{AkB}\mathbf{Hd}\ell - (\varphi_{мA} - \varphi_{мB}) = \mathbf{I}$$

$$=> \int\limits_{AkB}\mathbf{Hd}\ell = \mathrm{I} + (\varphi_{мA} - \varphi_{мB}).$$

Если путь дважды охватывает проводник с током

$$\int\limits_{AkB}\mathbf{Hd}\ell = 2\mathbf{I} + (\varphi_{мA} - \varphi_{мB}).$$

При $\boldsymbol{\varphi_{мB} = \varphi_{мP} = 0}$ в общем случае получим:

$$\int\limits_{AkB}\mathbf{Hd}\ell = \varphi_{мA} + k\mathbf{I}. \tag{4.3}$$

Уравнение (4.3) указывает, что $\boldsymbol{\varphi_м}$ является многозначной функцией.