К анализу напряженности магнитного поля некругового витка с током в однородной изотропной среде

ЗАГРЯДЦКИЙ В.И., КОБЯКОВ Е.Т.

Получены аналитические выражения для осевой составляющей напряженности магнитного поля плоского витка с током, состоящего из двух радиальных и двух дуговых участков, в однородной изотропной среде, необходимые, в частности, для расчета магнитного поля в кольцевом зазоре торцевой асинхронной электрической машины.

Ключевые слова: *магнитное поле, напряженность, ток, плоский виток, изотропная среда*

The analytical expressions are obtained for an axial component of the magnetic field strength of a planar turn with current, consisting of two radial and two arc portions in a homogeneous isotropic medium. In particular they are needed for calculating the magnetic field in an annular gap of an end wall of an asynchronous electric machine.

Key words: *magnetic field, strength, current, flat turn, isotropic medium*

Расчет магнитных полей [1], созданных токами, протекающими по контурам конечных размеров, представляет собой весьма сложную задачу. Это связано с тем, что все величины, характеризующие поле, являются функциями трех координат, т.е. задача является трехмерной. В простейшем случае одного кругового витка ее решение найдено [1, 2] в форме векторного потенциала, через который определены осевая и радиальная составляющие вектора магнитной индукции. Тангенциальная составляющая в этом случае в силу осевой симметрии поля отсутствует.

Определенный теоретический и практический интерес представляет задача расчета напряженности магнитного поля, созданного током плоского контура, показанного на рис. 1. Контур имеет два радиальных прямолинейных участка и два участка в форме дуг окружностей; $П$ – след плоскости симметрии поля на плоскости контура витка. Примером такого контура может служить виток обмотки статора торцевого асинхронного двигателя (ТАД) [3, 4].

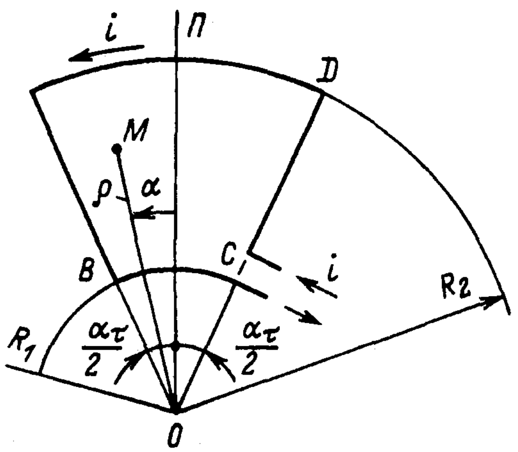

Рис. 1

Ограничимся определением напряженности $\overline{H}$ магнитного поля в точках, лежащих в плоскости витка. В этих точках векторы $\overline{H}$ направлены перпендикулярно плоскости витка, а их значения могут быть найдены путем алгебраического суммирования напряженностей, созданных каждым проводником контура. Принимаем известное допущение, согласно которому размеры поперечного сечения проводников витка пренебрежимо малы по сравнению с размерами контура.

Для определения напряженности $\overline{H}$ воспользуемся законом Био–Савара, в соответствии с которым напряженность $d\overline{H}$ в точке M от тока i в элементе $\overline{dl}$ контура выражается формулой

$$d\overline{H} = \frac{i}{4\pi r^3}[\overline{dl};\ \bar{r}_*], \tag{1}$$

где $\bar{r}_*$ – радиус-вектор, проведенный от элемента $\overline{dl}$ к точке M; в квадратные скобки заключено векторное произведение векторов $\overline{dl}$ и $\bar{r}_*$.

Формулу (1) преобразуем к виду, удобному для решения поставленной задачи, воспользовавшись обозначениями, принятыми на рис. 2. Учитывая, что согласно рис. 2 $\bar{r}_* = -\bar{r}$, из (1) находим:

$$d\overline{H} = dH\,\bar{e} = \frac{i}{4\pi r^3}[\bar{r};\ d\bar{l}] = \frac{i}{4\pi r^3} r\,dl \sin\alpha^*\,\bar{e} =$$

$$= \frac{i}{4\pi}\frac{d\varphi}{\rho}\bar{e}, \tag{2}$$

где $\bar{e}$ – единичный вектор (орт), перпендикулярный площадке, образованной векторами $\bar{r}$ и $d\bar{l}$.

Если кривая AB плоская (рис. 2), то, рассматривая r как функцию угла φ, отсчитываемого от луча $\overline{MA}$, в результате интегрирования находим: