

Хмельник С.И.

## Потоки энергии и сила Лоренца

Плотность потока электромагнитной энергии – вектор Пойнтинга определяется, как известно, по формуле:

$$S = E \times H. \quad (1)$$

Этот вектор направлен вдоль провода, а напряженности перпендикулярны ему. Токам соответствуют одноименные электрические напряженности, т.е.

$$E = \rho J_{\perp}, \quad (2)$$

где  $\rho$  – удельное электросопротивление,  $J_{\perp}$  плотность тока, перпендикулярного вектору потока с плотностью  $S$ . Например, для потока, направленного вдоль оси провода

$$\bar{J}_{\perp} = \bar{J}_r + \bar{J}_{\varphi}. \quad (2a)$$

где слагаемые токи направлены вдоль радиуса и по окружности соответственно. Существование таких токов – следствие решения уравнений Максвелла для провода с постоянным током. Это означает, что, кроме продольного тока, в проводе существуют токи (2a). Совмещая (1, 2), получаем:

$$S = \rho J_{\perp} \times H = \frac{\rho}{\mu} J_{\perp} \times B. \quad (3)$$

Продольный ток – это поток зарядов  $q$  со скоростью  $v$ . Кроме того, известна плотность силы Лоренца, действующей на заряд с плотностью  $q$ , который движется со скоростью  $v$ :

$$F_L = q[v \times B], \quad (4)$$

Если

$$J_{\perp} = qv, \quad (5)$$

то

$$F_L = J_{\perp} \times B. \quad (6)$$

Из (3, 4) находим:

$$F_L = \mu S / \rho. \quad (7)$$

Следовательно, в проводе поток энергии создает магнитную силу Лоренца, направленную вдоль потока. Но поток зарядов – это и есть провод. Следовательно, сила Лоренца черпает энергию из потока энергии, который создает ток. Последний течет по спирали, являясь суммой продольного тока и

токов (2а). Это обнаружил еще Эрстед в 1820 г. На рисунке показана фотография провода, смоченного магнитной жидкостью (увеличено в 20 раз). Видны спиральные линии, образуемые магнитной жидкостью. Эта фотография свидетельствует о существовании спиральных линий магнитной напряженности и электрического тока.

