

## ПРОЯВЛЕНИЕ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЕЙ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ

Гаврилов Д.А.

Научный руководитель - Якимович В.С., к.п.н., доцент

Векторное поле – это отображение, которое каждой точке рассматриваемого пространства ставит в соответствие вектор с началом в этой точке. Существует множество примеров векторных полей, которые окружают человека в повседневной жизни (поля давлений, температур и т. д.). Рассмотрим примеры векторных полей, наблюдающихся в энергетике

Электротехника, как и почти любая энергетическая дисциплина, занимается изучением электромагнитных полей. Электромагнитное поле содержит в себе сразу несколько векторных полей: электрическое и магнитное. Электрическое поле характеризуется такими векторными величинами, как напряженность электрического поля  $\vec{E}$  и вектор электрического смещения  $\vec{D}$ . Магнитное поле характеризуется такими векторными величинами, как вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  и вектор напряженности магнитного поля  $\vec{H}$ .

Для облегчения восприятия электрических и магнитных векторных полей вводятся силовые линии (линии, в каждой точке которых вектор  $\vec{E}$  или вектор  $\vec{B}$  являются касательными). Пример таких полей с силовыми линиями представлен на рисунке 1.



$$\operatorname{div} \vec{F} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\oiint \vec{F} \cdot d\vec{A}}{\Delta V},$$

В зависимости от знака  $\operatorname{div} \vec{F}$  можно охарактеризовать конкретную точку пространства как источник или сток электрического или магнитного поля:

- $\operatorname{div} \vec{F} > 0$  – данная точка является источников поля;
- $\operatorname{div} \vec{F} < 0$  – данная точка является стоком поля;
- $\operatorname{div} \vec{F} = 0$  – данная точка не источник и не сток поля.

Ротор векторного поля  $F(x, y, z)$  – дифференциальный оператор, который преобразует один вектор в другой (он аналогичен векторному произведению). Данный вектор является мерой “завихренности” поля в данной точке. В точке  $A(x, y, z)$  ротор векторного поля можно определить так:

$$\operatorname{rot} \vec{F} = \vec{i} \left( \frac{\partial F_z}{\partial y} - \frac{\partial F_y}{\partial z} \right) + \vec{j} \left( \frac{\partial F_x}{\partial z} - \frac{\partial F_z}{\partial x} \right) + \vec{k} \left( \frac{\partial F_y}{\partial x} - \frac{\partial F_x}{\partial y} \right).$$

При  $\operatorname{rot} \vec{F} = 0$  – поле безвихревое.

Поток векторного поля в электротехнике играет особую роль. Так, из равенства потока вектора плотности тока сквозь некоторую поверхность видно, что электрический ток скалярная величина:

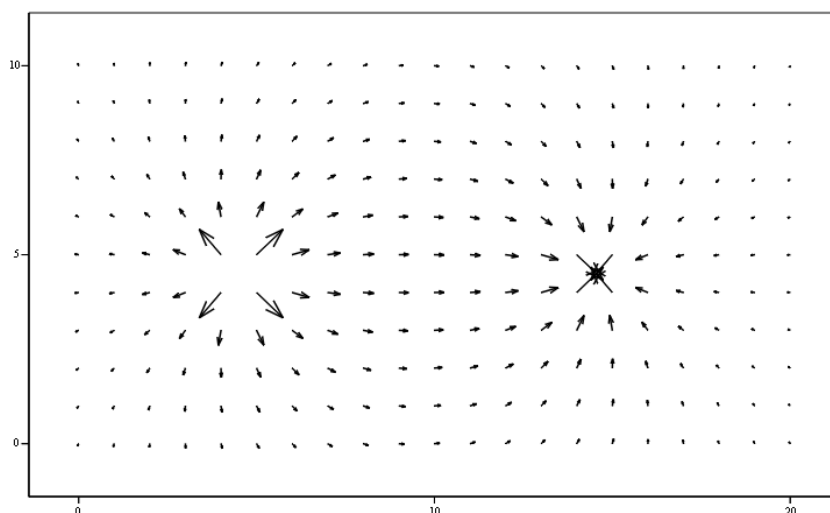
$$i = \iint_S \vec{j} d\vec{S}.$$

Также в электротехнике широко проявляет себя теорема Остроградского-Гаусса. Так, поток вектора напряженности электрического поля через замкнутую поверхность в вакууме равен алгебраической сумме всех зарядов, расположенных внутри поверхности, деленной на электрическую постоянную  $\epsilon_0$ :

$$\Phi_E = \oiint_S E_n dS = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Линии  $\vec{E}$ , выходящие из объема, ограниченного данной поверхностью, создают положительный поток, а линии входящие в объем – отрицательный поток.

На рисунке 2 представим графическую диаграмму электрического поля



двухпроводной линии, выполненной в программе MathCAD.

Рисунок 2 – Электрическое поле двухпроводной линии

### Литература

1. Репозиторий БНТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://electro.bntu.by/user/LK\\_TOE\\_2.pdf](http://electro.bntu.by/user/LK_TOE_2.pdf). – Дата доступа: 17.05.2020.
2. Cyberleninka [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/prakticheskoe-primeneniye-elementov-teorii-polya-v-elektrotehnike/viewer>. – Дата доступа: 18.05.2020.
3. Ens.tpu [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ens.tpu.ru/POSOBIE\\_FIS\\_KUSN/Электростатика.%20Постоянный%20Ток/02-3.htm](http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/Электростатика.%20Постоянный%20Ток/02-3.htm) – Дата доступа: 18.05.2020.
4. Репозиторий БНТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/6178/Primeneniye\\_MathCAD\\_v\\_reshenii\\_zadach\\_ehlektrotekhniki.pdf?se](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/6178/Primeneniye_MathCAD_v_reshenii_zadach_ehlektrotekhniki.pdf?se) – Дата доступа: 17.05.2020.