

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ СИЛ, ЯКІ ДІЮТЬ НА КЛИН У ПАЗУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ

Отримано інтегральні залежності для розрахунку електромагнітних сил, що діють на клин у пазу електричної машини.

Ключові слова: електрична машина, електромагнітна сила, зубцева зона, клин, тензор натягів магнітного поля, питома сила.

Assoc. prof. V.P. Karashetsky – NUFWT of Ukraine, L'viv

Method of calculation for electromagnetic forces impacting the wedge in a slot of electrical machine

Integrate dependencies for calculation of electromagnetic forces impacting the wedge in a slot of electrical machine was obtained.

Keywords: electrical machine, electromagnetic force, cog zone, wedge, tensions tensor of magnetic field, specific force.

У магнітному полі сила $\bar{F}_m$, що діє на поверхню s тіла об'ємом v з магнітною проникністю μ , вміщеного у середовище з магнітною проникністю μ_0 , згідно з [3] і формулою Максвелла для визначення електромагнітної сили [2], може бути представлена у вигляді

$$\bar{F}_m = \oint T_m d\bar{s}, \quad (1)$$

$$\text{де: } T_m = \frac{\mu - \mu_0}{\mu\mu_0} \begin{vmatrix} B_x^2 - \frac{1}{2}B^2 & B_x B_y & B_x B_z \\ B_y B_x & B_y^2 - \frac{1}{2}B^2 & B_y B_z \\ B_z B_x & B_z B_y & B_z^2 - \frac{1}{2}B^2 \end{vmatrix} - \text{тензор натягів магнітного поля;}$$

B, B_x, B_y, B_z – модуль і складові вектора $\bar{B}$ магнітної індукції в оточуючому середовищі на граничній поверхні тіла. Для двовимірної зубцевої зони, зображеної на рис. 1, питома сила на одиницю аксіальної довжини визначається як

$$\bar{F}_m = \oint_{L_m} T_m \bar{n} dL, \quad (2)$$

$$\text{де: } T_m = \frac{\mu - \mu_0}{\mu\mu_0} \begin{vmatrix} B_x^2 - \frac{1}{2}B^2 & B_x B_y \\ B_y B_x & B_y^2 - \frac{1}{2}B^2 \end{vmatrix}; \quad \bar{n} = n_x \bar{i} + n_y \bar{j} - \text{одичинний вектор зовнішньої}$$

нормалі до поверхні клину; dL – елемент довжини замкненого контура L_m , обмежуючого поверхню клину.

Зобразимо інтеграл (2) у вигляді суми

$$\bar{F}_m = \int_{AB} T_m \bar{n} dL + \int_{BC} T_m \bar{n} dL + \int_{CD} T_m \bar{n} dL + \int_{DA} T_m \bar{n} dL. \quad (3)$$

Визначимо кожен складову у (3) з врахуванням значень вектора $\bar{n}$ і правила множення тензора на вектор.

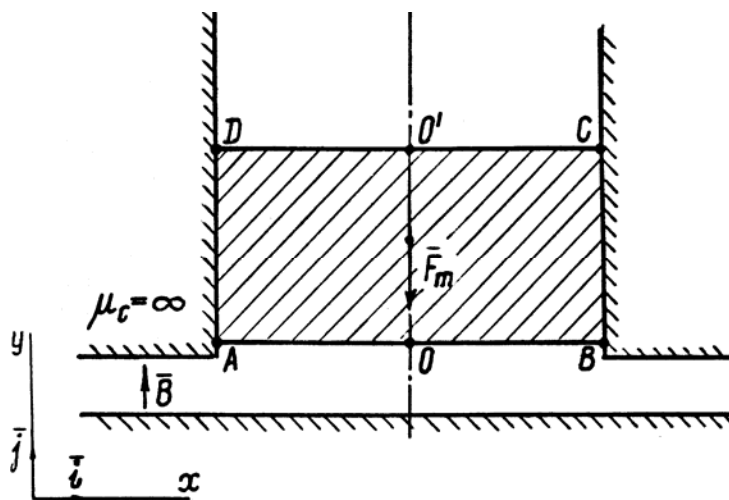


Рис. 1.
Фрагмент зубцевої зони
електричної машини

Вздовж лінії АВ маємо вектор $\bar{n}$ з проекціями $n_x = 0$, $n_y = -1$, тому

$$\int_{AB} T_m \bar{n} dL = \int_{AB} \frac{\mu - \mu_0}{\mu \mu_0} \left(-B_x B_y \bar{i} + \left(\frac{1}{2} B^2 - B_y^2 \right) \bar{j} \right) dL. \quad (4)$$

Вздовж лінії ВС маємо $n_x = 1$, $n_y = 0$, $B_y = 0$, тому

$$\int_{BC} T_m \bar{n} dL = \int_{BC} \frac{\mu - \mu_0}{\mu \mu_0} \left(B_x^2 - \frac{1}{2} B^2 \right) \bar{i} dL. \quad (5)$$

Вздовж лінії CD маємо $n_x = 0$, $n_y = 1$, тому

$$\int_{CD} T_m \bar{n} dL = \int_{CD} \frac{\mu - \mu_0}{\mu \mu_0} \left(B_x B_y \bar{i} + \left(B_y^2 - \frac{1}{2} B^2 \right) \bar{j} \right) dL. \quad (6)$$

Вздовж лінії DA маємо $n_x = -1$, $n_y = 0$, $B_y = 0$, тому

$$\int_{DA} T_m \bar{n} dL = - \int_{DA} \frac{\mu - \mu_0}{\mu \mu_0} \left(B_x^2 - \frac{1}{2} B^2 \right) \bar{i} dL. \quad (7)$$

Використовуючи (3)-(7), зобразимо складові F_{mx} , F_{my} у вигляді

$$F_{mx} = \int_{x_A}^{x_B} m(-B_x B_y) dx + \int_{y_B}^{y_C} m \left(B_x^2 - \frac{1}{2} B^2 \right) dy + \int_{x_C}^{x_D} m B_x B_y dx + \int_{y_A}^{y_D} m \left(B_x^2 - \frac{1}{2} B^2 \right) dy; \quad (8)$$

$$F_{my} = \int_{x_A}^{x_B} m \left(\frac{1}{2} B^2 - B_y^2 \right) dx + \int_{x_C}^{x_D} m \left(B_y^2 - \frac{1}{2} B^2 \right) dx, \quad (9)$$

$$\text{де } m = \frac{\mu - \mu_0}{\mu \mu_0}.$$

За відсутності струму у пазу, враховуючи симетрію магнітного поля відносно осі OO' , одержимо $F_{mx} = 0$, тому

$$F_m = F_{my} = \int_{x_A}^{x_O} m(B_x^2 - B_y^2) dx - \int_{x_D}^{x_{O'}} m(B_x^2 - B_y^2) dx. \quad (10)$$

Використавши методику розрахунку магнітного поля у зубцевій зоні згідно з [1] на основі (10), можна одержати величину питомого зусилля F_m , що діє на клин для конкретного типу електричної машини.

Література

1. Карашецкий В.П. Расчет коэффициента Картера при наличии магнитного клина в пазу электрической машины методом конечных элементов// Электромеханика: Изв. вузов СССР. – 1988, № 2. – С. 14-19.
2. Никитенко А.Г., Пеккер И.И. Расчет электромагнитных механизмов на вычислительных машинах. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 215 с.
3. Шимони К. Теоретическая электротехника. – М.: Мир, 1964. – 773 с.

УДК 681.3.06

Студ. Ю.Т. Ликтей; доц. Ю.І. Грицюк, канд. техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

ПРОЕКТУВАННЯ РОЗРІДЖЕНИХ МАСИВІВ ДЛЯ РОБОТИ З ЕЛЕМЕНТАМИ ТОПОЛОГІЧНИХ МАТРИЦЬ

Розглянуто питання створення структурованого типу даних – *розріджених масивів* (sparse arrays) для здійснення ефективної роботи з матрицями великих розмірів, у яких значна кількість елементів не використовується. Здатність розріджених масивів оптимізувати доступ до таких даних робить їх надзвичайно корисними в багатьох задачах, які виникають під час розроблення сучасних програмних продуктів. До таких задач належить робота з топологічними матрицями, які використовуються для відображення зв'язків елементів у електронних схемах, що асоціюються з її клітинами. Завдяки використанню розріджених масивів пам'ять для зберігання кожної з таких клітин виділяється з пули вільної пам'яті тільки в міру потреби.

Stud. Yu.T. Lykтей, assist. prof. Yu.I. Grytcyuk – NUFWT of Ukraine, L'viv

Organization of disperse an array is for work with the elements of topology matrices

The question of creation of the structured type of information is considered – disperse (sparse arrays) an array for realization of effective work with the matrices of ageneses which the far of elements is not utilized in. To optimize ability of disperse an array access to such information does them extraordinarily useful in many tasks which arise up during development of modern software products. To such tasks work belongs with topology matrices, which are utilized for displaying of connections of elements in electronic charts which are associated with its cages. Due to the use of disperse an array memory is for storage each of such cages selected from pools of free space only to the extent of necessity..

Вступ

Під час виконання різних інженерних розрахунків часто доводиться мати справу з так званими розрідженими масивами, значна кількість елементів яких фактично не використовується. У середовищі фахівців [1, с. 112], робота яких пов'язана з дослідженням розріджених масивів, у обігу широко вживають два терміни: логічний і фізичний масиви. Логічний масив є уявним, фігурує тільки у математичних записах і графічних представленнях, а фізичний – фактично існує тільки в програмі. Наприклад, якщо певна електронна схема описується топологічною матрицею (суміжності чи інциденцій) розміром 100×5000 елементів, то логічний масив складатиметься з такої ж самої кількості елементів навіть у тому разі, якщо цей масив у програмі фізично не існує. Якщо у цій матриці фактично використовуються тільки 100 елементів, то саме вони і займатимуть фізичну пам'ять комп'ютера.