

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ ПЛАСТИНЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ С ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Стахева О.Ю.

Научный руководитель: Иванова А.Г., аспирант
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: olechka_15@sibmail.com

Настоящая работа представляет собой продолжение исследований, проводимых по изучению характеристик моментного двигателя с ленточной намоткой статора. Ранее были получены зависимости момента от взаимного положения пластинчатого элемента намотки и источника поля – постоянного магнита, показаны возможности получения заданной функциональной зависимости «момент – угол поворота ротора» [1-4]. В итоге, момент исследуемого двигателя зависит от его геометрических параметров, величины индукции поля, силы тока, протекающего по намотке, а также характера распределения последнего по пластинчатому элементу намотки. В зависимости от характера распределения тока меняется величина двойного интеграла, входящего в выражение для усилия, создаваемого пластинчатым элементом [4]

$$D = \iint j_y(x, y) \cdot dx \cdot dy. \quad (1)$$

Была поставлена задача определить, как влияет размер электрода пластины и относительная длина последней на величину упомянутого интеграла и, соответственно, на величину развиваемого усилия. Дело в том, что при неизменном значении приложенного к отдельной пластине напряжения, в случае изменения размера электрода, будут происходить как изменения величины активного сопротивления пластины (а, следовательно, и тока), так и изменения характера траекторий распределенного тока, вызывающие изменение их поперечных компонент, которые являются основными при создании усилия. Последнее замечание подтверждается приведенными ниже иллюстрированными материалами.

Аналитические исследования проводились численным методом с помощью программного продукта COMSOL Multiphysics. Были введены понятия $\beta = \frac{b_k}{b}$ - относительная ширина контакта (электрода) и относительная длина пластины $\alpha = \frac{a}{b}$. В данном случае b – ширина пластины, a – ее длина, b_k – ширина контакта. При исследовании принималось, что ширина алюминиевой пластины (ленты) $b = 0,05$ м, ее толщина $\Delta = 10^{-4}$ м. Для оценки влияния длины контакта на расчетное значение тока левый контакт имел бесконечно малую длину, а правый, на границе которого определялась величина тока, выбирался соизмеримым с длиной пластины

($\sim 0,5b$). Источник постоянный магнит, шириной $c = 0,02$ м располагается в центре пластины (рис.1).

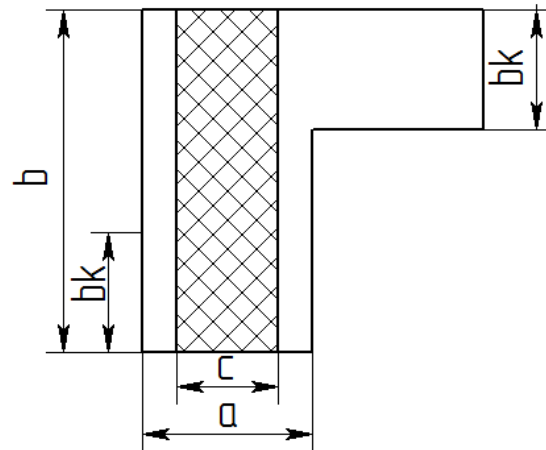


Рис.1. Параметры пластины

Относительная ширина электрода берется равная $\beta = 0,05; 0,15; 0,25; 0,35; 0,5$. Значение больше 0,5 приведет к тому, что часть тока будет протекать параллельно оси x , вертикальной составляющей тока не будет, и полезный эффект уменьшается. Если $\beta=1$, то весь ток будет протекать параллельно оси x (рис.2).

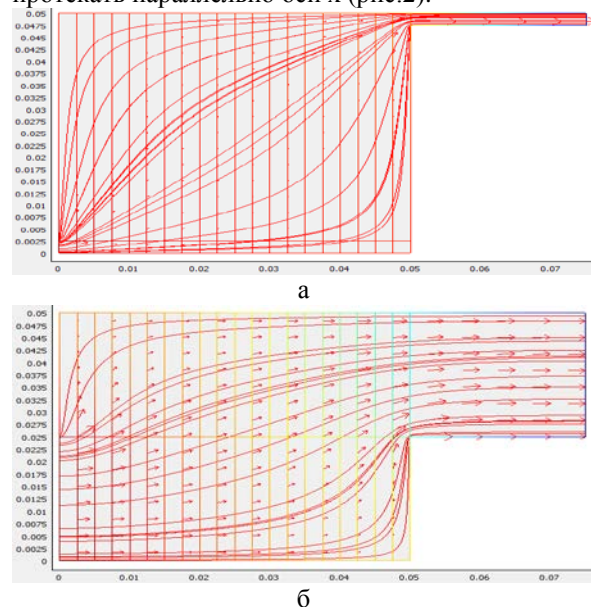


Рис.2. Ток, протекающий по пластине:
а – при $\beta = 0,05$; б – при $\beta = 0,5$

Для определения тока, протекающего по пластине, задается фиксированная величина потенциала $U=0,01$ В.

Изменяя относительную ширину электрода и длину пластины, получим характеристики тока, протекающего по пластине и двойного интеграла (рис. 3, 4, 5).

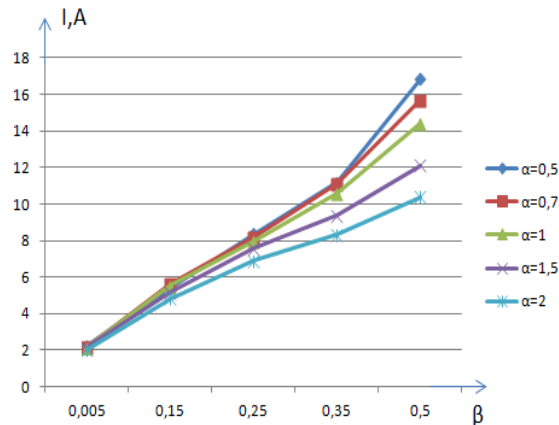


Рис.3. График зависимости тока от относительной ширины электрода

Таким образом, чем больше относительная ширина электрода, тем меньше сопротивление пластины и соответственно больше ток.

Двойной интеграл D определяем при фиксированном токе $I = 10$ А.

При большей относительной ширине электрода, вертикальные составляющие тока уменьшаются, следовательно, величина двойного интеграла будет уменьшаться и при значении электрода, равном ширине пластины, двойной интеграл будет равен нулю (рис.4).

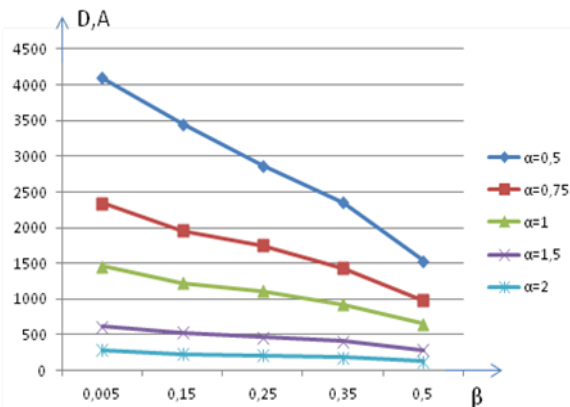


Рис.4. График зависимости величины двойного интеграла от относительной ширины электрода

Усилие определяется по формуле:

$$F_x = \frac{B \cdot \Delta}{I_0} \cdot I(\beta) \cdot D_y(x, y, I_0, \beta), \quad (2)$$

где

$B = 0,2$ Тл - величина индукции, выбранная для численного анализа;

$I_0 = 10$ А - начальное значение тока;

$I(\beta)$ - зависимость тока от относительной ширины электрода, А;

$D_y(x, y, I_0, \beta)$ - зависимость двойного интеграла от относительной ширины электрода, А.

Учитывая выражение (2), получаем значения усилии единичной пластины (рис.5).

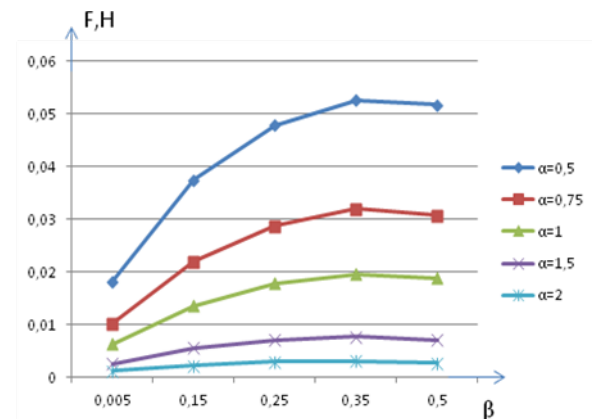


Рис.5. График зависимости усилии от относительной ширины электрода

Из данного графика следует, что максимальное значение усилии соответствует $\beta = 0,02$, т.е. величина электрода равна 0,01 м.

Полученные зависимости, отображенные на рис. 3,4,5, позволяют создать основу для дальнейших аналитических исследований моментного двигателя.

Литература:

1. К.А. Татарникова, О.Ю. Екимова. Влияние геометрии пластин на вид силовой характеристики двигателя //Современные техника и технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 3-х томах. Томск: изд-во ТПУ, 2012.

2. К.А. Зыль, О.Ю. Екимова. Влияние геометрии пластины на электрические параметры двигателя // Наука. Технологии. Инновации: сборник всероссийской научной конференции молодых ученых в 7 частях . Новосибирск: изд-во НГТУ, 2012.

3. О.Ю.Екимова, К.А. Зыль. Влияние геометрии пластины на вид силовой характеристики двигателей с пакетным элементом //Космическое приборостроение: сборник научных трудов Форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Космическое приборостроение» / НИТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013.

4. А.Г. Иванова, В.М. Мартемьянов, И.В. Плотникова. Влияние геометрии пластины на силовую характеристику двигателя с активным пакетным элементом // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2013. №4.