

УДК 621.311 (075.8)

Практические методы расчета электродинамических усилий

Гуриш В.В., Коваль А.А.

Научный руководитель – ДЕРЮГИНА Е.А.

В данной работе рассмотрены практические методы, предлагаемые для расчёта электродинамических усилий в токоведущих проводах. Рассматриваемые методы, названные практическими, в том смысле, что при их использовании нет необходимости проводить сложные расчёты, поскольку многие формулы отличаются своей простотой, а сложные аналитические методы сведены к семействам кривых. Следует отметить, что в основном силы определяются для плоскопараллельных магнитных полей и эти силы везде отнесены к единице длины токоведущей системы.

К токоведущим системам относятся: уединённый проводник с заданным током, уединённая система проводников с токами, замкнутые контуры с током, узел ответвления тока, система прямолинейных проводников, расположенных около бесконечно протяжённого проводящего листа, прямолинейные проводники с током, расположенные в идеально проводящем экране прямоугольного сечения, два прямолинейных проводника с током, расположенных в общем проводящем экране круглого сечения, три прямолинейных проводника с током, расположенных на одной горизонтали в общем идеально проводящем экране круглого сечения.

Рассмотрим аналитический метод расчета электродинамических усилий на примере одного проводника с током, расположенного на высоте $b/2$ над осью OX (рисунок 1).

Постановка задачи: рассчитать электродинамические усилия в проводниках с током, расположенных в идеально проводящем экране прямоугольного сечения.

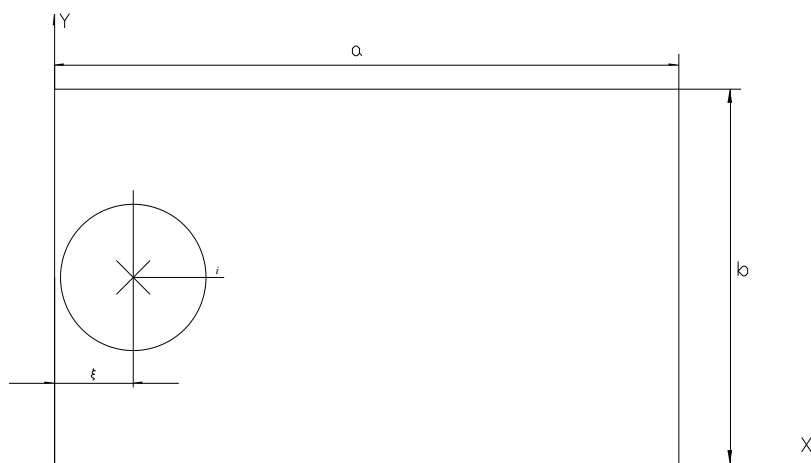


Рисунок 1

Результирующая электродинамическая сила равна:

$$f = \frac{\mu_0 i^2}{2b} \left(\operatorname{csc} h\pi \frac{2\xi}{b} - \operatorname{csc} h\pi \frac{2a - 2\xi}{b} + \operatorname{csc} h\pi \frac{2a + 2\xi}{b} - \operatorname{csc} h\pi \frac{4a - 2\xi}{b} \right).$$

Анализ электродинамической силы

Зависимость электродинамической силы от высоты экрана

```

ORIGIN:=1
XXXXXXXXXX
i:=1..10
i1:=10
ε:=0.0
a:=0.0
μ0:=4·π·10-7
b:=
(
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
)
fi:=μ0· $\frac{i1^2}{2·b_i}$ ·(csch(π· $\frac{2·ε}{b_i}$ )-csch(π· $\frac{2·a-2·ε}{b_i}$ )+csch(π· $\frac{2·a+2·ε}{b_i}$ )-csch(π· $\frac{4·a-2·ε}{b_i}$ ))
    
```

Рисунок 2 – Решение поставленной задачи аналитическим методом

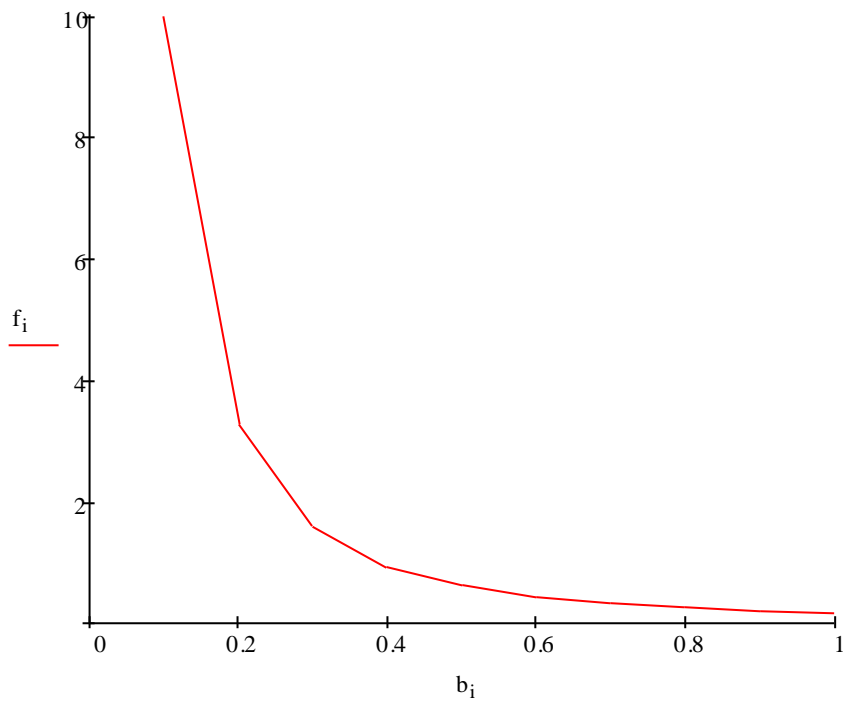


Рисунок 3 – Графическое представление полученного результата

Зависимость электродинамической силы от силы тока

```

ORIGIN:=1
i:=1..10
mu0:=4*pi*10^-7
b:=0.8
epsilon:=0.01
a:=0.02
i1:=
(
0
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
)
    
```

$$f_i := \mu_0 \frac{(i_1)^2}{2b} \cdot \left(\operatorname{csch}\left(\pi \frac{2-\epsilon}{b}\right) - \operatorname{csch}\left(\pi \frac{2a-2\epsilon}{b}\right) + \operatorname{csch}\left(\pi \frac{2a+2\epsilon}{b}\right) - \operatorname{csch}\left(\pi \frac{4a-2\epsilon}{b}\right) \right)$$

Рисунок 4 – Решение поставленной задачи аналитическим методом

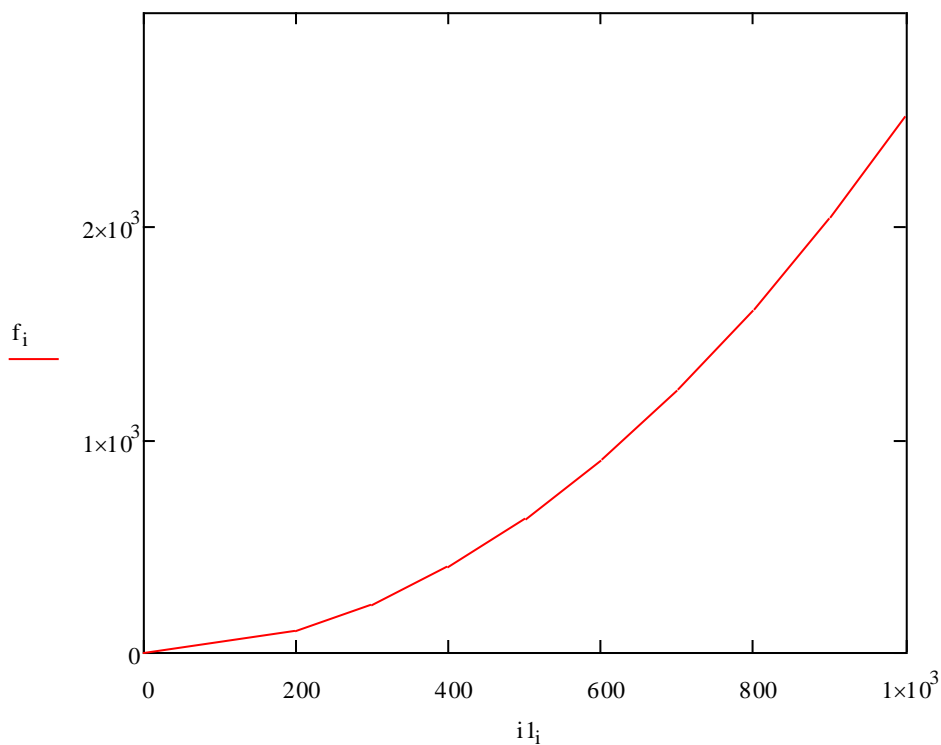


Рисунок 5 – Графическое представление полученного результата

Зависимость электродинамической силы от ширины экрана

```

ORIGIN:=1
i:=1..10
mu0:=4*pi*10^-7
epsilon:=0.01
b:=0.8
i1:=10
a:=
(0.1)
(0.2)
(0.3)
(0.4)
(0.5)
(0.6)
(0.7)
(0.8)
(0.9)
(1)

```

$$f_i := \mu_0 \frac{(i1)^2}{2b} \cdot \left(\operatorname{csch} \left(\pi \frac{2-\epsilon}{b} \right) - \operatorname{csch} \left(\pi \frac{2a_i-2\epsilon}{b} \right) + \operatorname{csch} \left(\pi \frac{2a_i+2\epsilon}{b} \right) - \operatorname{csch} \left(\pi \frac{4a_i-2\epsilon}{b} \right) \right)$$

Рисунок 6 – Решение поставленной задачи аналитическим методом

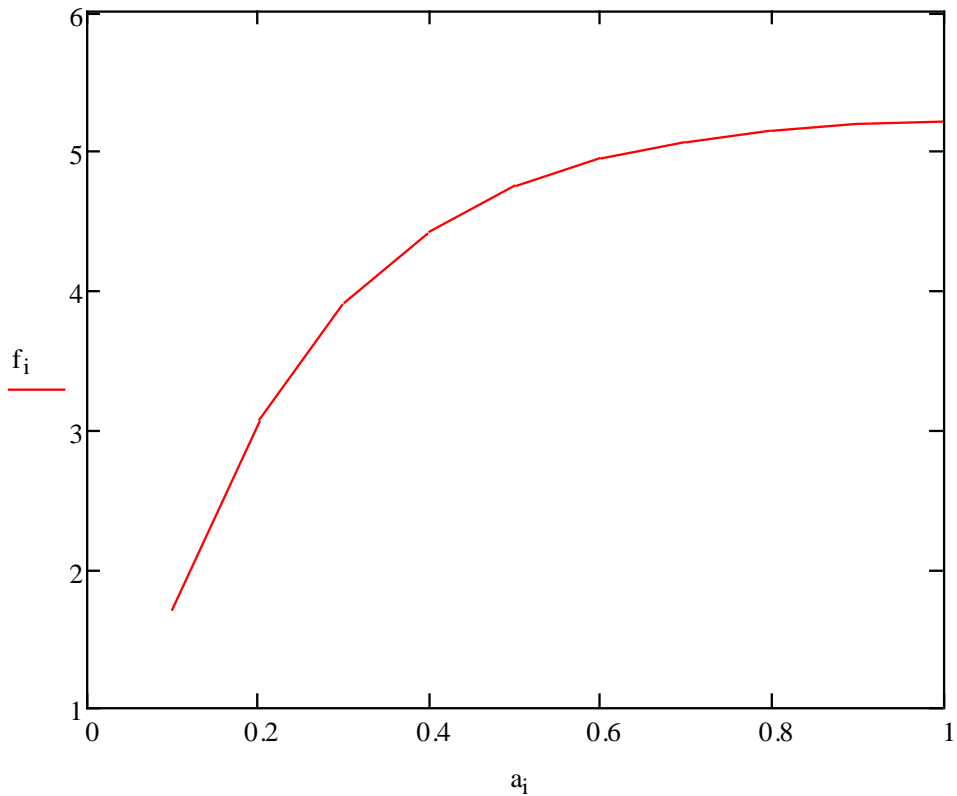


Рисунок 7 – Графическое представление полученного результата

Зависимость электродинамической силы от тока в проводнике и ширины экрана

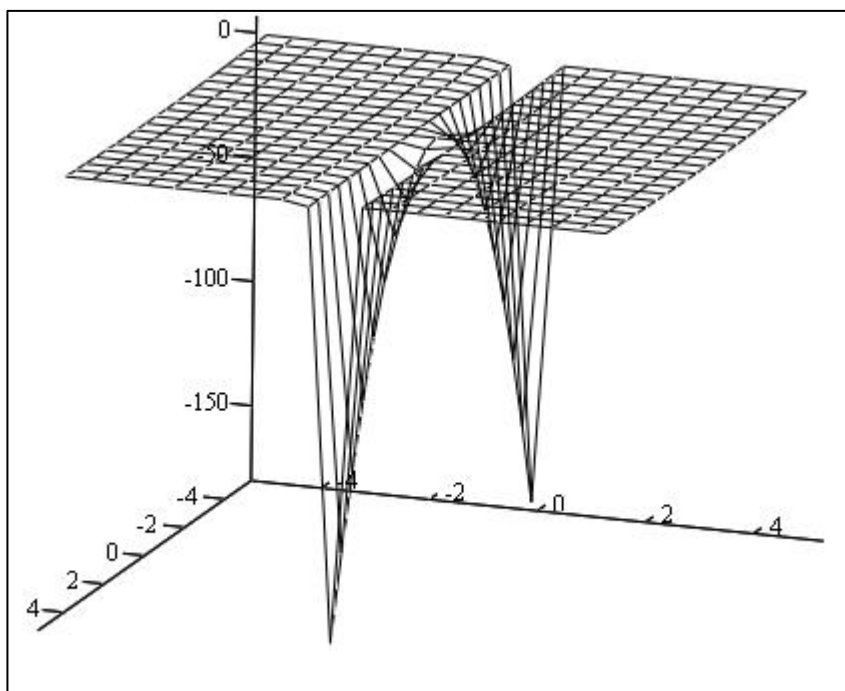
$$b := 0.1$$

$$\varepsilon := 0.1$$

$$\mu_0 := 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$$

$$f(i1, a) := \mu_0 \frac{(i1)^2}{2b} \cdot \left(\operatorname{csch} \left(\pi \frac{2\varepsilon}{b} \right) - \operatorname{csch} \left(\pi \frac{2a-2\varepsilon}{b} \right) + \operatorname{csch} \left(\pi \frac{2a+2\varepsilon}{b} \right) - \operatorname{csch} \left(\pi \frac{4a-2\varepsilon}{b} \right) \right)$$

Рисунок 6 – Решение поставленной задачи аналитическим методом



f

Рисунок 7 – Решение поставленной задачи аналитическим методом

Литература

1. Кузнецов И.Ф., Цицикян Г.Н. Электродинамические усилия в токоведущих частях электрических аппаратов и токопроводах. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. – 176 с.