НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Факультет систем управления и робототехники

Электрические машины

Расчетная работа №1

РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРА

ПО КОНСТРУКТИВНЫМ ИСХОДНЫМ ДАННЫМ

Вариант 2

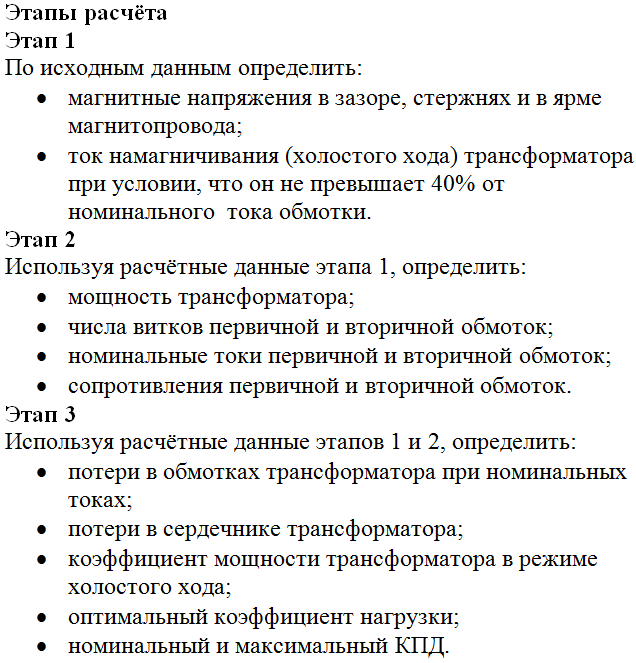
Студент: Кирбаба Д.Д.

Группа: R3338

Преподаватель: Усольцев А.А.

г. Санкт-Петербург

2023



Исходные данные для расчета:

A picture containing text, screenshot, black and white, design

Description automatically generated

Рисунок 1: трансформатор.

Частота сети:

Напряжение первичной обмотки:

Максимальная индукция в стержне:

Плотность тока:

Коэффициент заполнения стали:

Коэффициент заполнения окна:

Материал сердечника: сталь Э320

Зазор в сердечнике:

Тип трансформатора: броневой

Обмотки: концентрические

Размеры сердечника:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | H [мм] | L [мм] | a [мм] | b [мм] | c [мм] | h [мм] | [В] |
| 2 | 38 | 44 | 12 | 8 | 12 | 22 | 10 |

# Задание 1

Вначале найдем недостающие геометрические метрики трансформатора:

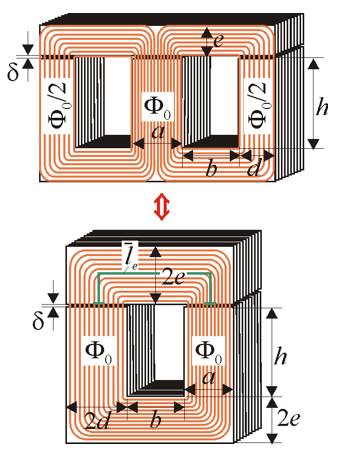
* Высота ярма:
* Ширина стержня:
* Средняя линия потока ярма :
* Площадь отверстия:
* Площадь сечения части

Рисунок 2. Эквивалентные схемы трансформатора.

* Площадь сечения части
* Площадь сечения части :

Вычислим номинальный ток обмотки:

Теперь найдем максимальную индукцию в стержне с помощью программного цикла с выходом по условию равенства тока намагничивания 40% от номинального значения.

Индукции в частях будем рассчитывать на каждом шаге по таким формулам:

Программный код поиска индукциии:

% find the maximum induction in the rod 'b\_m\_cur' using the output loop

% under the condition of equality of the no-load current to 40% of the

% nominal current value

b\_m\_cur = b\_m;

while 1

% calculate inductions in different parts

b\_a = b\_m\_cur;

b\_d = b\_m\_cur \* s\_a \* k\_fe / (s\_d \* k\_fe);

b\_e = b\_m\_cur \* s\_a \* k\_fe / (s\_e \* k\_fe);

% obtain the field strength from induction in A/m

h\_a = h\_b\_lin\_approx(b\_a) \* 100;

h\_d = h\_b\_lin\_approx(b\_d) \* 100;

h\_e = h\_b\_lin\_approx(b\_e) \* 100;

h\_oa = b\_a / (sqrt(2) \* 4 \* pi \* 10 ^ (-7)); % A/m

h\_od = b\_d / (sqrt(2) \* 4 \* pi \* 10 ^ (-7)); % A/m

u\_o = (h\_oa + h\_od) \* delta \* 10^(-3); % A

u\_a = h\_a \* h \* 10^(-3); % A

u\_d = h\_d \* h \* 10^(-3); % A

u\_e = 2 \* h\_e \* l\_e \* 10^(-3); % A

i\_mu = u\_o + u\_a + u\_d + u\_e; % magnetized current

k = i\_mu / i\_n;

if k > 0.4

b\_m\_cur = b\_m\_cur - 0.0001; % step

else

break

end

end

% find the dependence H(B) from the tabulated data

function h = h\_b\_lin\_approx(b)

b\_data = [0 0.5 1 1.25 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2];

h\_data = [0 0.3 0.6 1.6 4.8 7.2 8.6 14.2 24 40];

if b < 0

h = 0;

return

end

l\_index = 0;

for index = 1:1:length(b\_data)

if b > b\_data(index)

l\_index = index;

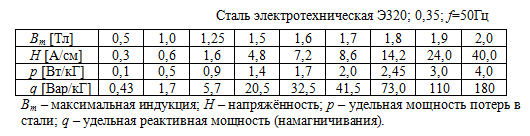
end

end

k = polyfit([b\_data(l\_index), b\_data(l\_index + 1)], [h\_data(l\_index), h\_data(l\_index + 1)], 1);

h = b .\* k(1) + k(2);

end



Найденные значения после работы программы:

Индукции в частях трансформатора:

Напряженности в частях:

Напряженности магнитного поля в зазорах трансформатора:

Магнитные напряжения:

* В двух зазорах:
* В стержне
* В стержне
* В верхнем и нижнем ярмах магнитопровода:

Суммарный ток намагничивания:

Отношение токов:

При изначальном , отношение токов было равно . Поэтому пришлось последовательно уменьшать значение и производить расчеты заново до тех пор, пока отношение не стало меньше .

# Задание 2

Вычислим полную мощность трансформатора:

Коэффициент трансформации:

Рассчитаем число витков первичной и вторичной обмоток:

Номинальный ток первичной и вторичной обмоток:

Найдем сечение витка первичной и вторичной обмоток:

Удельное сопротивление по площади сечения найдем программным способом, как и в первом задании:

% get the resistivity dependence rho(S) from the cross section of the conductor

function rho = rho\_s\_lin\_approx(s)

s\_data = [0.00368 0.00502 0.00636 0.00785 0.00850 0.01131 0.01327 0.01539 0.01767 0.02011 0.0227 0.02545 0.02835 0.03142 0.03464 0.04155 0.04909 0.05726 0.06605 0.07548 0.08853 0.09621 0.11341 0.13202 0.15205 0.17349 0.18848 0.20428 0.22051 0.23578 0.25565 0.27340 0.30191 0.32170 0.35256 0.37393 0.40715 0.43008 0.46556 0.50265 0.54060 0.58088 0.63617 0.67920 0.72382 0.78540 0.84950 0.91610 0.98520 1.0568 1.1310 1.2272 1.3273 1.4314 1.5394 1.6513 1.7670 1.9113 2.0612 2.2167 2.3780] .\* 10.^(-6);

rho\_data = [4.4 3.63 2.86 2.24 1.85 1.55 1.32 1.14 0.994 0.873 0.773 0.688 0.618 0.558 0.507 0.423 0.357 0.306 0.266 0.233 0.205 0.182 0.155 0.133 0.115 0.101 0.0931 0.0859 0.0793 0.0739 0.0687 0.0643 0.0579 0.0546 0.0497 0.0469 0.0430 0.0408 0.0376 0.0349 0.0324 0.0302 0.0275 0.0258 0.0242 0.0224 0.0206 0.0192 0.0177 0.0166 0.0155 0.0143 0.0132 0.0122 0.0114 0.0106 0.00989 0.00918 0.00850 0.00792 0.00736];

if s < 0

rho = 0;

return

end

l\_index = 0;

for index = 1:1:length(s\_data)

if s > s\_data(index)

l\_index = index;

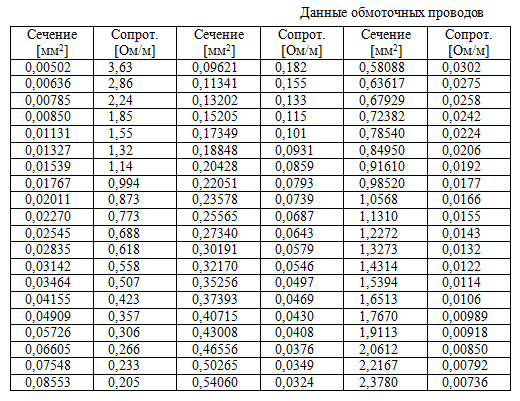
end

end

k = polyfit([s\_data(l\_index), s\_data(l\_index + 1)], [rho\_data(l\_index), rho\_data(l\_index + 1)], 1);

rho = s .\* k(1) + k(2);

end



Получили следующие значения:

Теперь вычислим длину одного витка:

Рассчитаем сопротивление первичной и вторичной обмоток:

# Задание 3

Рассчитаем потери в обмотках трансформатора при номинальных токах:

Найдем объем и массу частей трансформатора, учитывая что плотность стали

Найдем соответствующие парамерты и , используя программный код и данные из таблицы:

% get the specific reactive power q(b) by induction

function q = q\_b\_lin\_approx(b)

b\_data = [0 0.5 1 1.25 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2];

q\_data = [0 0.43 1.7 5.7 20.5 32.5 41.5 73 110 180];

if b < 0

q = 0;

return

end

l\_index = 0;

for index = 1:1:length(b\_data)

if b > b\_data(index)

l\_index = index;

end

end

k = polyfit([b\_data(l\_index), b\_data(l\_index + 1)], [q\_data(l\_index), q\_data(l\_index + 1)], 1);

q = b .\* k(1) + k(2);

end

% get specific power loss in steel p(b) from induction

function p = p\_b\_lin\_approx(b)

b\_data = [0 0.5 1 1.25 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2];

p\_data = [0 0.1 0.5 0.9 1.4 1.7 2.0 2.45 3 4];

if b < 0

p = 0;

return

end

l\_index = 0;

for index = 1:1:length(b\_data)

if b > b\_data(index)

l\_index = index;

end

end

k = polyfit([b\_data(l\_index), b\_data(l\_index + 1)], [p\_data(l\_index), p\_data(l\_index + 1)], 1);

p = b .\* k(1) + k(2);

end

Полученные значения:

Вычислим теперь активные и реактивные потери в сердечнике трансформатора:

Теперь можем найти коэффициент мощности в режиме холостого хода:

Рассчитаем оптимальный коэффициент нагрузки:

Номинальный КПД:

Максимальный КПД:

# Выводы

В этой расчетной работе были изучены основные характеристики трансформаторов и произведены расчеты множества значений, определяющих их работу.