

УДК 681.3.06(071)

Исследование зависимости величины пускового тока от сопротивления статорной обмотки асинхронного двигателя.

Новиков В.К.

Дынник И.В., старший преподаватель

Донецкий Национальный Технический Университет

В работе исследуется зависимость пускового тока от сопротивления статорной обмотки двигателя. Расчет производится при помощи Mathcad и языка программирования C++ для заданных величин сопротивления.

The report examines the dependence of starting current of the resistance of the stator windings. The calculation was made using Mathcad and the programming language C++ for certain values of resistance.

У доповіді розглядається залежність пускового струму від опору статорної обмотки. Розрахунок проводиться за допомогою Mathcad та мови програмування C++ для певних величин опору.

1. **А. Хортон.** Visual C++ 2005 базовый курс. Москва: 2007
2. **В.Ф. Очков.** Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия. СПб.: BHV, 2009.

Одним из самых проблемных режимов для двигателя является его запуск, при котором наблюдается значительное превышение тока машины. При использовании асинхронного двигателя с фазным ротором для облегчения пуска используется пусковой реостат, который включается в круг ротора.

Величина сопротивления подбирается для определенной системы исходя из потребностей этой конкретной системы.

Действительное сопротивление фазы пускового реостата вычисляется следующим образом

$$R_p = \frac{R'_p}{K_i * K_E}$$

При этом ток статора при пуске двигателя с реостатом

Действительный ток ротора при запуске двигателя с реостатом

Коэффициент мощности при реостатном запуске двигателя

$$\cos\varphi_{II} = \frac{R_1 + R'_2 + R'_p}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_p)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

Номинальный линейный ток статора

Переход от о.е к Ом осуществляется следующим образом:

Решение задачи в Mathcad :

Необходимо проанализировать влияние сопротивления статорной обмотки двигателя R_1 на величину пускового тока , сопротивление варьировать в пределах $0,034 \div 0,0425$ о.е. с шагом $0,0025$ о.е.

Расчет элементов R_1 проводится по формуле: $R_{1i} = R_{1n} + i \cdot \Delta R_1$
 $R_{1i} = R_{1n} + i \cdot \Delta R_1$ Где:

R_{1n} – начальное значение ($0,0025$), i – номер итерации
 ΔR_1 – значение шага.

$$\begin{array}{l} R_{1z_0} = 0.034 \\ R_{1z_1} = 0.034 + 0.0025 \\ R_{1z_2} = 0.034 + 0.0025 \cdot 2 \\ R_{1z_3} = 0.034 + 0.0025 \cdot 3 \\ R_{1z_4} = 0.034 + 0.0025 \cdot 4 \end{array} \quad R_{1z} = \begin{pmatrix} 0.034 \\ 0.037 \\ 0.039 \\ 0.042 \\ 0.044 \end{pmatrix}$$

В данной работе принимается последнее значение: $0,044$

Данные, необходимые для расчета пускового тока:

$$\begin{array}{l} I_{1n} = 0.216 \\ U_f = 346.41 \\ X_1 = 160.2 \\ X_{2s} = 176.22 \\ E_1 = 336.018 \\ R_{2s} = 65.682 \end{array}$$

Значение R_1 в результате получилось следующим

$$R_1 = \begin{pmatrix} 54.468 \\ 58.473 \\ 62.478 \\ 66.483 \\ 70.488 \end{pmatrix}$$

Расчет значения сопротивления пускового реостата R_p' выполняется следующим образом:

$$R_p' = 0 \div 10 \cdot R_1$$

По формуле расчета массива R_1 находится m количество элементов (количество элементов m принимается равным 15)

$$\Delta R_p' = \frac{R_{pk}'}{14} \quad \Delta R_p' = \frac{R_{pk}'}{14}$$

Рассчитывая значения, получаем следующие матрицы:

$$R_{psk} = \begin{pmatrix} 544.68 \\ 584.73 \\ 624.78 \\ 664.83 \\ 704.88 \end{pmatrix} \quad dR_{ps} = \begin{pmatrix} 38.906 \\ 41.766 \\ 44.627 \\ 47.488 \\ 50.349 \end{pmatrix}$$

Расчет R_p' производится по последнему значению шага ($50,349$).

Зависимость величины пускового тока от сопротивления статорной обмотки в результате расчетов оказалась следующего вида:

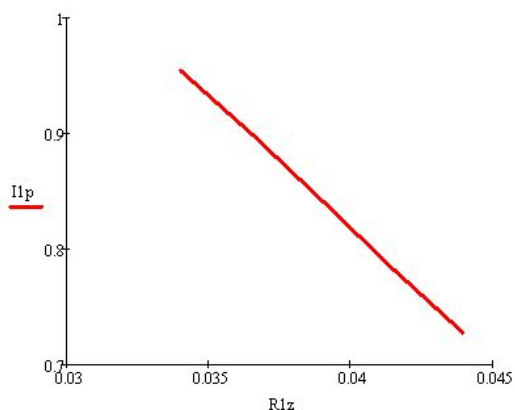


рис.(7)

Отсюда можно сделать вывод: при увеличении сопротивления статорной обмотки величина пускового тока уменьшается по линейной зависимости.

Зависимость тока от сопротивления пускового реостата:

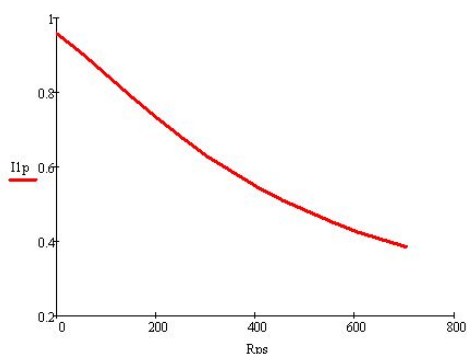


рис.(8)

Аналогично с первым графиком, величина пускового тока падает, но зависимость уже не является линейной.

Полученные результаты были подтверждены решением задачи при помощи Visual C++. Были составлены алгоритм и программа, расчет поводился для диапазона значений сопротивления статорной обмотки двигателя(0,02 ÷ ÷ 0,0425) с шагом изменения 0,0025 для пятнадцати значений сопротивления пускового реостата. Текст программы

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <math.h>
#include <iomanip>
using namespace::std;
//Функция расчета R1
double CountR1(double x,double y,double z, double &R1)
{
    R1=x*(y/z);
    return 0; }
void main( void )
{
    double
    Pn,Un,n1,eta,cosfn,E2n,I2n,x1z,R2z,x2z,Rp,R1z[100],I1p[100][100],R1,R1zn,R1zk,R1zsh,tmp1,tmp2,R1zkol,
```

```

Uf,I1n,x1,x2s,E1,Ke,R2s,Rpsn,Rpsk,Rps[100],dRps;
int i,j,k,m;
//Из класса fstream создаем два объекта Read, Write.
fstream Read,Write;
// Для удобства данные берутся из файлов, ниже открываются два файла: Read -для
чтения, Write -для записи.
Read.open("ReadData.txt",ios::in);    Write.open("WriteData.txt",ios::out);
//Чтение из файла
Read>>Pn;Read>>Un;Read>>n1;Read>>eta;Read>>cosfn;Read>>E2n;Read>>I2n;
Read>>x1z;Read>>R2z;Read>>x2z;Read>>R1zn;Read>>R1zk;Read>>R1zsh;Read>>
Rpsn;Read>>Rpsk;
tmp2=3;
// Расчет количества элементов массива R1z
tmp1= modf((((R1zk-R1zn)/R1zsh)+1),&R1zkol);
// Ввод m
cout << "Kolichestvo Rp";    cin >>m;
for(i=0;i<R1zkol;i++)
{
    //расчет элементов массива R1z
    R1z[i]=R1zn+(i)*R1zsh;
    // расчет основных величин и вычисление шага, и конечной величины массива Rps
    I1n=Pn/(sqrt(tmp2)*Un*eta*cosfn);    Uf=Un/sqrt(tmp2); x1=x1z*(Uf/I1n);
    x2s=x2z*(Uf/I1n); E1=0.97*Uf; R2s=R2z*(Uf/I1n);
    //Расчет R1 при помощи функции.
    CountR1(R1z[i],Uf,I1n,R1);    Rpsk=10*R1;    dRps=(Rpsk-Rpsn)/(m-1);
    //Второй цикл пределом является число m.
    for(j=0;j<m;j++)
        {
            //Вычисление элементов массива Rps
            Rps[j]=Rpsn+(j)*dRps;
            //вычисление двумерного массива I1p который является
результатом работы программы
I1p[i][j]=Uf/(sqrt((R1+R2s+Rps[j])*(R1+R2s+Rps[j])+(x1+x2s)*(x1+x2s)));
        }
    // Вывод результатов    Запись производится в файл WriteData.txt
    /*
    Write<<"    ";
    for(i=0;i<m;i++)
        Write << setw(8) <<"Rp["<<i<<"]";    Write<<endl;
    Write<<"    ";
    for(i=0;i<m;i++) Write << setw(10) <<" _____ "; Write<<endl;
    for(i=0;i<R1zkol;i++){
        Write<< "R1*["<<i<<" | ";
        for(j=0;j<m;j++){
            Write<< I1p[i][j] << setw(10);
        }Write<< "\n"; } }

```

Все результаты были помещены в файл WriteData.txt и выглядят следующим образом:

Rp[0]	Rp[1]	Rp[2]	Rp[3]	Rp[4]	Rp[5]	Rp[6]	Rp[7]	Rp[8]	Rp[9]	Rp[10]	Rp[11]	Rp[12]	Rp[13]	Rp[14]	
R1*[0]	0.988824	0.969289	0.947138	0.922988	0.897425	0.870976	0.844099	0.817173	0.790505	0.764332	0.738831	0.714128	0.690308	0.667421	0.645492
R1*[1]	0.985621	0.96289	0.937083	0.909068	0.87964	0.849489	0.819187	0.789183	0.759816	0.731331	0.703893	0.677602	0.652513	0.628643	0.605981
R1*[2]	0.982323	0.956272	0.926714	0.894812	0.861597	0.827928	0.794479	0.761749	0.730089	0.699726	0.670793	0.643352	0.617414	0.592953	0.569919
R1*[3]	0.978932	0.949453	0.916076	0.880304	0.843425	0.80646	0.770167	0.735072	0.701508	0.669667	0.639631	0.61141	0.584964	0.560221	0.53709
R1*[4]	0.975452	0.942448	0.905209	0.865622	0.825236	0.785224	0.746402	0.709291	0.674187	0.641222	0.610418	0.581722	0.55504	0.530251	0.507226

R1*[5]|0.971887 0.935275 0.894157 0.850836 0.807128 0.764332 0.723292 0.684497 0.648181 0.614401 0.583108 0.554184 0.527477 0.502821 0.480048
R1*[6]|0.968238 0.927949 0.882957 0.836011 0.789183 0.74387 0.700913 0.660741 0.623503 0.589173 0.557621 0.528663 0.502093 0.477701 0.455283
R1*[7]|0.964511 0.920486 0.871644 0.821202 0.771469 0.723907 0.679318 0.638045 0.600139 0.565478 0.533854 0.505016 0.478704 0.45467 0.432678
R1*[8]|0.960708 0.912901 0.860253 0.80646 0.754042 0.70449 0.658534 0.616407 0.57805 0.543244 0.511697 0.483095 0.457132 0.433521 0.412001
R1*[9]|0.956832 0.905209 0.848815 0.791828 0.736949 0.685654 0.638573 0.595811 0.557189 0.522387 0.491034 0.462759 0.437209 0.414066 0.393045

В просчете при помощи языка программирования С++ также была рассчитана и исследована зависимость пускового тока от сопротивления статорной обмотки двигателя. Диапазон значений сопротивления статорной обмотки был взят от 0,02 до 0,0425 с шагом 0,0025. Результат был выведен зависимостью величины пускового тока от величин сопротивлений пускового реостата и статорной обмотки двигателя. Результат был выведен зависимостью величины пускового тока от величин сопротивлений пускового реостата и статорной обмотки двигателя в виде таблицы.