

Impact Factor ISRA (India) = 1.344
Impact Factor ISI (Dubai, UAE) = 0.829
based on International Citation Report (ICR)
Impact Factor GIF (Australia) = 0.356

Impact Factor JIF = 1.500
Impact Factor SIS (USA) = 0.912
Impact Factor PIHII (Russia) = 0.179
Impact Factor ESJI (KZ) = 1.042

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2015 Issue: 06 Volume: 26

Published: 30.06.2015 <http://T-Science.org>

SECTION 2. Applied mathematics. Mathematical modeling.

Sagat Zhunisbekov
doctor of technical Sciences, Professor, academician of
the National Engineering Academy of the Republic of
Kazakhstan, pro-rector
Taraz state University named after M.Kh. Dulati
tar-ti@mail.ru

Alexandr Nikolayevich Shevtsov
candidate of technical sciences,
member of PILA (USA), Department of «Mathematics»,
Deputy Director on Science of FITAT,
Taraz state University named after M.Kh. Dulati,
Shev_AlexXXXX@mail.ru

Nurlan Syrymbayevich Karymsakov
Candidate of technical Sciences,
Senior lecturer
Taraz state University named after M.Kh. Dulati
karymsakov.nurlan@mail.ru

Murat Musabekovich Bekmuratov
Candidate of technical Sciences,
Associate Professor, Professor TARSU,
Dean of the Faculty of distance learning
Taraz state University named after M.Kh. Dulati

Bayron Mangistauovich Argynbaev
senior lecturer,
Taraz state University named after M.Kh. Dulati,
Kazakhstan

MODELLING OF INRUSH DIAGRAM OF INDUCTION MOTOR ON MAPLE

Abstract: The paper considers some issues of simulating the operation of the induction motor and the calculation of starting charts with the use of computer algebra systems.

Key words: Maple, induction motor, slip, frequency, time.

Language: Russian

Citation: Zhunisbekov S, Shevtsov AN, Karymsakov NS, Bekmuratov MM, Argynbaev BM (2015) MODELLING OF INRUSH DIAGRAM OF INDUCTION MOTOR ON MAPLE. ISJ Theoretical & Applied Science 06 (26): 55-60.

Soi: [http://s-o-i.org/1.1/TAS*06\(26\)13](http://s-o-i.org/1.1/TAS*06(26)13) **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2015.06.26.13>

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТА ПУСКОВОЙ ДИАГРАММЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА MAPLE

Аннотация: В работе рассмотрены некоторые вопросы моделирования работы асинхронного двигателя и расчет пусковой диаграммы с применением систем компьютерной алгебры.

Ключевые слова: Maple, асинхронный двигатель, скольжение, частота, момент.

Введение.

В установках, где требуется регулирование частоты вращения в относительно небольших пределах, необходимы плавный пуск, хорошие тормозные качества, ограничение токов в переходных процессах и т.д., находят широкое применение асинхронные двигатели с фазным ротором [1-3]. Характерной особенностью этих двигателей является возможность уменьшения с помощью реостатов их пусковых токов при одновременном увеличении пускового момента.

При выборе двигателя по мощности следует исходить из необходимости его полного использования в процессе работы [1]. В случае превышения номинальной мощности двигателя снижаются технико-экономические показатели электропривода, т.е. КПД и коэффициент мощности. Если же нагрузка на валу двигателя превышает номинальную, то это приводит к росту токов в его обмотках, а значит и потерь мощности выше соответствующих номинальных значений. Для обоснованного выбора

асинхронного двигателя необходимо знать, как изменится нагрузка на валу двигателя во времени, что в свою очередь позволяет судить о характере изменения потерь мощности. С целью определения нагрузки двигателя большинства производственных механизмов (табл.1), строятся так называемые нагрузочные диаграммы, под которыми понимаются зависимости развиваемых

двигателем момента и мощности от времени, т.е. $M=f(t)$ и $P=f(t)$ [1]. Различают следующие режимы работы двигателя: продолжительный при постоянной нагрузке на валу двигателя; кратковременный; повторно-кратковременный; ударный (момент статистической нагрузки резко увеличивается по различным законам, а затем снижается до момента холостого хода) [1].

Таблица 1

Области применения асинхронных электродвигателей в нерегулируемых приводах различных механизмов [4].

| Характер нагрузки | Применяемые асинхронные двигатели | В каких механизмах используются двигатели |
|--------------------------------------|---|---|
| Длительная постоянная | Короткозамкнутые типов А2, АО2, А и АО до 100 кВт | Центробежные насосы станций, вентиляторы дымососов, мукомольные мельницы, агрегатные станки, транспортеры |
| Длительная переменная (без маховика) | Короткозамкнутые типов А2, АО2, А и АО или с фазным ротором ти пов АК2, АОК2 | Шаровые и угольные мельницы, дробилки, ка ландры, чесальные машины, поршневые насосы и компрессоры |
| Ударная (с маховиком на валу) | Короткозамкнутые, с повышенным скольжением типа АОС2 до 100 кВт | Молоты, ножницы, кривошипные прессы, прокатные станы, ковочные машины |
| Повторно-кратковременная | Короткозамкнутые, с повышенным скольжением типа АОС2 или с фазным ротором типов АК2, АОК2 | Краны, подъемные механизмы, лифты, механизмы металлургических производств |

Постановка задачи.

Аналитические выражения механических характеристик $M = f(s), n = f(M)$ достаточно сложны [1]. Более удобной является так называемая формула Клосса, описывающая реальную характеристику в пределах изменения скольжения от 0 до критического S_k [1].

Для расчета естественной механической характеристики находим:

Номинальную частоту вращения, об/мин

$$n_n = n_1 (1 - S_n), \quad (1)$$

где n_1 – синхронная частота вращения, об/мин,

S_n – номинальное скольжение, о.е.

Номинальный момент, Н·м

$$M_n = \frac{9550 \cdot P_n}{n_n}, \quad (2)$$

где P_n – номинальная мощность.

Критическое скольжение, соответствующее максимальному моменту

$$S_k = S_n \left(K_m + \sqrt{K_m^2 - 1} \right), \quad (3)$$

где S_n – номинальное скольжение,

K_m – кратность номинального момента.

Максимальный момент, Н·м

$$M_{\max} = K_m \cdot M_n, \quad (4)$$

Задавшись величиной S от 0 до 1.2, можно рассчитать зависимость $M = f(s)$, которую затем легко перевести в координаты $n = f(M)$ по формуле:

$$n_n = n_1 (1 - S) \quad (5)$$

Расчет механической характеристики производим по упрощенной формуле Клосса, Н·м.

$$M = \frac{2K_m M_n}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}} \quad (6)$$

где K_m – коэффициент перегрузочной способности,

S – текущее значение скольжения,

S_n – критическое скольжение,

M_n – номинальный момент на валу двигателя, Н·м.

При отсутствии резисторов в цепи ротора имеем естественные характеристики [1]. Результаты расчета приведены в [1-2].

Введение добавочного сопротивления в цепь ротора приводит к увеличению критического скольжения, величина максимального момента при этом не изменяется [1]. Иными словами, механическая характеристика смещается вниз, а $M = f(s)$ – вправо. Тем самым при постоянном моменте сопротивления M_c частота вращения несколько снижается.

При реостатной характеристике частота вращения ротора, при заданном $\Delta n = 4,5\%$, об/мин,

$$n_{pm} = n_n \left(1 - \frac{\Delta n}{100} \right), \quad (7)$$

Скольжение, соответствующее данной частоте вращения,

$$S_{pm} = \frac{n_1 - n_{pm}}{n_1}, \quad (8)$$

Сопротивление ротора выбранного двигателя,
Ом,

Расчет на Maple.

```
> restart:
n[1]:=1000:
s[n]:=0.035:
P[n]:=30:
K[m]:=2.5:

n[n]:=n[1]*(1-s[n]):
M[n]:=9550*P[n]/n[n]:
S[k]:=s[n]*(K[m]+sqrt(K[m]^2-1)):
M[max]:=K[m]*M[n]:
M_:=2*K[m]*M[n]/(s/s[k]+s[k]/s):
Delta[n]:=4.5:
n[pn]:=n[n]*(1-Delta[n]/100):
S[pn]:=(n[1]-n[pn])/n[1]:
U[p]:=140:
i[p]:=150:
r[p]:=evalf(U[p]*s[n]/(sqrt(3)*i[p])):
R[dob]:=r[p]*(S[pn]/S[n]-1):
S[pk]:=S[k]*S[pn]/S[n]:
M[1]:=0.75*M[max]:
M[2]:=M[1]*sqrt(M[1]*S[n]/M[n]):
MM[2]:=0.36*M[n]:

p1 := plot([],x=0..600,y=0..1000):
```

$$r_p = \frac{U_p}{\sqrt{3}I_p} S_n \quad (9)$$

Тогда необходимое добавочное сопротивление,
Ом,

$$R_{dob} = r_p \left(\frac{S_{pm}}{S_n} - 1 \right), \quad (10)$$

Критическое скольжение на реостатной
характеристике

$$S_{pk} = \frac{S_k S_{pm}}{S_n} = \left(\frac{S_k R_{dob}}{r_p} + 1 \right), \quad (11)$$

Расчет резисторов пускового реостата

Пусковые диаграммы строим по моментам M_1, M_2 .

По заданию пуск двигателя производится при $M_c = 0$. Выбираем пиковый момент, Н·м,

$$M_1 = 0.75 M_{\max} \quad (12)$$

По условию задания число пусковых ступеней $z = 2$, тогда переключающий момент, Н·м,

$$M_2 = M_1 \sqrt{\frac{M_1 S_n}{M_n}} \quad (13)$$

Impact Factor ISRA (India) = 1.344
Impact Factor ISI (Dubai, UAE) = 0.829
based on International Citation Report (ICR)
Impact Factor GIF (Australia) = 0.356

Impact Factor JIF = 1.500
Impact Factor SIS (USA) = 0.912
Impact Factor PIHII (Russia) = 0.179
Impact Factor ESJI (KZ) = 1.042

```
p2 := plot([M[1],0], [M[1],1000], color=red) :  
p3 := plot([M[2],0], [M[2],1000], color=red) :  
p4 := plot([M[n],0], [M[n],1000], color=green) :  
y0:=1000:  
y1:=y0*(1-M[2]/M[1]) :  
y2:=y1+(y0-y1)*(1-M[2]/M[1]) :  
p5 :=  
plot([M[1],0], [M[2],y1], [M[1],y1], [M[2],y2], [M[1],y2], [0,y0]),  
color=blue, thickness=3) :  
  
plots[display]({p1,p2,p3,p4,p5}) ;
```

$$M_n = 296.8911917$$

$$M_1 = 556.6709845$$

$$M_2 = 142.6045043$$

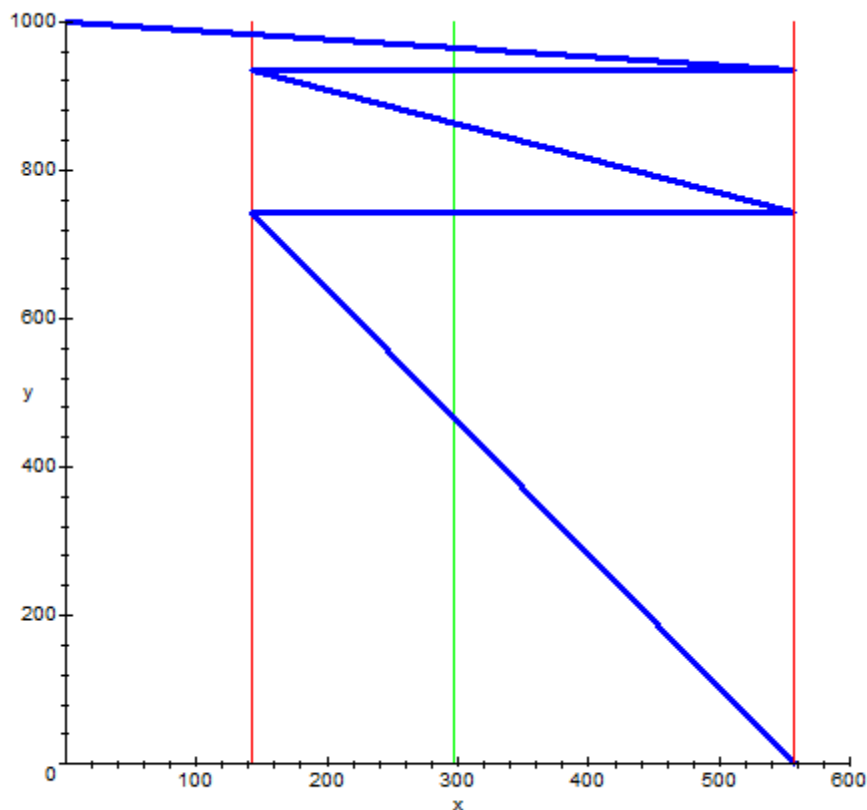


Рисунок 1 – Пусковая диаграмма.

```

y1_:=y0*(1-M[n]/M[1]) :
y2_:=y1+(y0-y1)*(1-M[n]/M[1]) :
y3_:=y2+(y0-y2)*(1-M[n]/M[1]) :

p6 := plot([M[n],y1_],[M[n],y2_],[M[n],y3_],color=red,style=point,symbol=box) :

plots[display]({p6,p1,p2,p3,p4,p5}) :

r1:=r[p]*(y2_-y1_)/(y0-y3_) ;
r2:=r[p]*(y3_-y2_)/(y0-y3_) ;
    
```

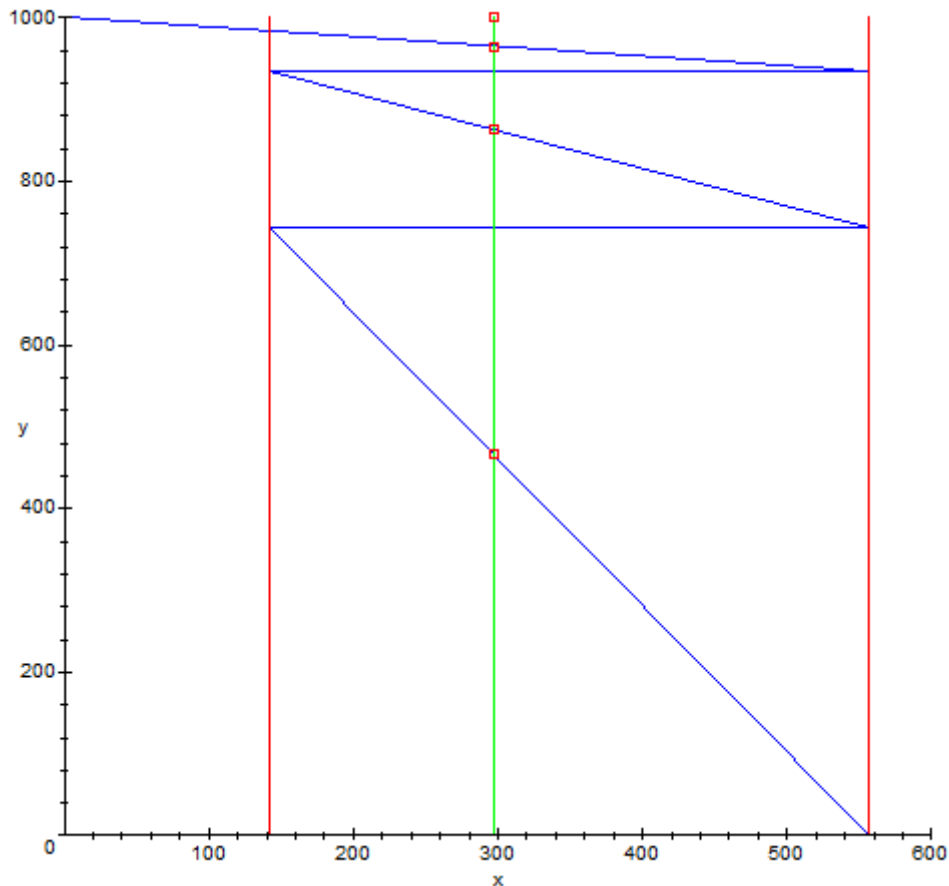


Рисунок 2 – Ступени и секции пусковых сопротивлений.

$$r1 = .2137698079$$

$$r2 = .05476221740$$

Заключение.

Для нахождения сопротивлений секций пускового реостата, Ом, необходимо определить отношения отрезков наклонных линий с номинальным моментом на валу двигателя.

Полученные алгоритмы апробированы и могут быть востребованы для автоматизации расчетов пусковых схем асинхронных двигателей.

Impact Factor ISRA (India) = 1.344
Impact Factor ISI (Dubai, UAE) = 0.829
based on International Citation Report (ICR)
Impact Factor GIF (Australia) = 0.356

Impact Factor JIF = 1.500
Impact Factor SIS (USA) = 0.912
Impact Factor PIHII (Russia) = 0.179
Impact Factor ESJI (KZ) = 1.042

References:

1. Masandilov LB, Moskalenko VV (1978) Regulirovanie chastoty vrashcheniya asinkhronnykh dvigateley. Moscow, Energiya. - 96 p.
2. (2015) OBSchIE VOPROSY VYBORA ELEKTRODVIGATELEY. Available: http://electrolibrary.narod.ru/elabor_vibor.htm (Accessed: 20.06.2015).
3. (2015) REGULIROVANIE ChASTOTY VRASHchENIYa ASINKhRONNYKh DVIGATELEY. Available: http://www.induction.ru/library/book_003/6.html (Accessed: 20.06.2015).
4. (2015) VYBOR ASINKhRONNYKh DVIGATELEY DLYa RABOTY S PRIVODIMYMI MEKhANIZMAMI Available: http://www.induction.ru/library/book_003/8.html (Accessed: 20.06.2015).
5. (2015) Asinkhronnye dvigateli v sistemakh elektroprivoda. Kursovaya rabota po distsipline «Elektricheskie mashiny i elektroprivod». Available: <http://freeref.ru/wievjob.php?id=106933> (Accessed: 20.06.2015).
6. (1998) Spravochnik po Elektricheskie mashinam / Pod Red. I.P. Kopylova, B. K. Klokova, Moscow: Energoatomizdat, 1998.
7. Chilikin MG (1984) Obschiy kurs elektroprivoda/ M.G. Chilikin, A. S. Sandler, Moscow: Energoatomizdat, 1984.
8. Vol'dek AI (1978) Elektricheskie mashiny / A.I. Vol'dek, L.: Energiya, 1978.
9. Kasatkin AS (2000) Elektrotehnika / A.S. Kasatkin, M.V. Nemtsov, Moscow: Vysshaya shkola, 2000.
10. Moskalenko VV (1991) Elektricheskiy privod / V. V. Moskalenko, Moscow: Vysshaya shkola, 1991.
11. (2005) Asinkhronnye dvigateli v sistemakh elektroprivoda: metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu kursovoy raboty / Avilov V. G., Belyaev V. P., Savel'eva E. N., Omskiy gos. un-t putey soobshcheniya. Omsk, 2005.

