

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПАКЕТЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ МАТЛАВ

Курочкин Н. С.

научный руководитель д-р техн. наук Кочетков В. П.

Хакасский технический институт

Электропривод с трехфазным асинхронным двигателем является самым массовым приводом в промышленности, коммунальном и сельском хозяйстве. В последние годы получил широкое распространение регулируемый асинхронный электропривод, не уступающий электроприводу постоянного тока. В данной статье особое внимание уделено вопросам рассмотрения переходных процессов и их особенностям. В асинхронном электроприводе возникает электромеханический переходный процесс, обусловленный электромагнитной и механической инерционностью [1].

Для визуализации сложного характера переходного процесса предложена модель в MatLab. Математически переходные процессы в АД описываются системой дифференциальных уравнений, которые по своей природе нелинейные и содержат периодические коэффициенты. Именно поэтому их решение для нахождения зависимостей динамических и статических характеристик удобно проводить в виде компьютерного расчёта.

Целью данной работы является моделирование динамических режимов работы асинхронного двигателя в реальном масштабе времени при пуске используя основной закон Костенко.

Так как явления, происходящие в электрических машинах при переходных процессах сложны и громоздки в плане их математического описания, то будем использовать ряд общепринятых допущений. Допущения следующие:

- отсутствие насыщения магнитной цепи;
- отсутствие гистерезиса;
- синусоидальное распределение в пространстве кривых МДС и магнитных индукций;
- независимость индуктивных сопротивлений рассеяния от положения ротора;
- полная симметрия обмоток статора.

Представим мат. описание асинхронного короткозамкнутого двигателя в виде систем уравнений.

Уравнения напряжений для статорной и роторной цепи асинхронного короткозамкнутого двигателя имеют вид:

$$\begin{cases} U_{s1} = \frac{d\psi_{s1}}{dt} + R_{s1} \cdot i_{s1}, \\ U_{s2} = \frac{d\psi_{s2}}{dt} + R_{s2} \cdot i_{s2}, \\ U_{s3} = \frac{d\psi_{s3}}{dt} + R_{s3} \cdot i_{s3}. \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} 0 = \frac{d\psi_{r1}}{dt} + R_{r1} \cdot i_{r1}, \\ 0 = \frac{d\psi_{r2}}{dt} + R_{r2} \cdot i_{r2}, \\ 0 = \frac{d\psi_{r3}}{dt} + R_{r3} \cdot i_{r3}. \end{cases} \quad (2)$$

Потокосцепление обмотки каждой фазы является функцией всех токов статора и ротора. Системы уравнений для потокосцеплений статора и ротора (соответственно индексы «s» и

«Г») имеют следующий вид:

$$\begin{cases} \psi_{s1} = L_s \cdot i_{1s} + L_{s1,2} \cdot i_{2s} + L_{s1,3} \cdot i_{3s} + L_{1,1} \cdot \cos \varphi \cdot i_{r1} + L_{1,2} \cdot \cos(\varphi + 2 \cdot \alpha) \cdot i_{r2} + L_{1,3} \cdot \cos(\varphi + \alpha) \cdot i_{r3}, \\ \psi_{s2} = L_s \cdot i_{2s} + L_{s2,1} \cdot i_{1s} + L_{s2,3} \cdot i_{3s} + L_{2,1} \cdot \cos(\varphi + \alpha) \cdot i_{r1} + L_{2,2} \cdot \cos \varphi \cdot i_{r2} + L_{2,3} \cdot \cos(\varphi + 2 \cdot \alpha) \cdot i_{r3}, \\ \psi_{s3} = L_s \cdot i_{3s} + L_{s3,1} \cdot i_{1s} + L_{s3,2} \cdot i_{2s} + L_{3,1} \cdot \cos(\varphi + 2 \cdot \alpha) \cdot i_{r1} + L_{3,2} \cdot \cos(\varphi + \alpha) \cdot i_{r2} + L_{3,3} \cdot \cos \varphi \cdot i_{r3}. \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \psi_{r1} = L_r \cdot i_{1r} + L_{r1,2} \cdot i_{2r} + L_{r1,3} \cdot i_{3r} + L_{1,1} \cdot \cos \varphi \cdot i_{s1} + L_{1,2} \cdot \cos(\varphi + 2 \cdot \alpha) \cdot i_{s2} + L_{1,3} \cdot \cos(\varphi + \alpha) \cdot i_{s3}, \\ \psi_{r2} = L_r \cdot i_{2r} + L_{r2,1} \cdot i_{1r} + L_{r2,3} \cdot i_{3r} + L_{2,1} \cdot \cos(\varphi + \alpha) \cdot i_{s1} + L_{2,2} \cdot \cos \varphi \cdot i_{s2} + L_{2,3} \cdot \cos(\varphi + 2 \cdot \alpha) \cdot i_{s3}, \\ \psi_{r3} = L_r \cdot i_{3r} + L_{r3,1} \cdot i_{1r} + L_{r3,2} \cdot i_{2r} + L_{3,1} \cdot \cos(\varphi + 2 \cdot \alpha) \cdot i_{s1} + L_{3,2} \cdot \cos(\varphi + \alpha) \cdot i_{s2} + L_{3,3} \cdot \cos \varphi \cdot i_{s3}. \end{cases} \quad (4)$$

Электромагнитная энергия 3-х фазной машины определяется выражением:

$$W_\varphi = \frac{1}{2} \psi_0 \cdot i_0 = \frac{1}{2} (\psi_{SA} \cdot i_{SA} + \psi_{SB} \cdot i_{SB} + \psi_{SC} \cdot i_{SC} + \psi_{ra} \cdot i_{ra} + \psi_{rb} \cdot i_{rb} + \psi_{rc} \cdot i_{rc}) \quad (5)$$

Момент находим из выражения:

$$M_\varphi = Z_p \cdot \frac{\partial W}{\partial \psi}$$

$$M_\varphi = -\frac{2}{3} \cdot L_m \cdot Z_p \cdot \mathbf{i}_r^T \cdot \mathbf{B}_T \cdot \mathbf{i}_s$$

В развёрнутом виде формула для нахождения момента имеет следующий вид:

$$M_\varphi = \frac{Z_p}{\sqrt{3}} \cdot [i_{ra} \cdot (\psi_{rb} - \psi_{rc}) + i_{rb} \cdot (\psi_{rc} - \psi_{ra}) + i_{rc} \cdot (\psi_{ra} - \psi_{rb})] \quad (6)$$

В дополнение к системам уравнений используем основное уравнение динамики электропривода:

$$J_\Sigma \frac{d\omega}{dt} = M - M_C \quad (7)$$

где J_Σ , M , M_C , ω - соответственно суммарный момент инерции, электромагнитный и статический моменты и угловая скорость двигателя.

Академик М.П. Костенко установил закон управления амплитудой и действующим значением напряжения (или просто напряжения) в зависимости от частоты:

$$\frac{U}{U_{ном}} = \frac{f_1}{f_{1ном}} \sqrt{\frac{M}{M_{ном}}} \quad (77)$$

Обозначим:

$$\frac{U}{U_{ном}} = \gamma, \frac{f_1}{f_{1ном}} = \alpha, \frac{M}{M_{ном}} = \mu. \quad (78)$$

В относительных единицах

$$\gamma = \alpha \sqrt{\mu}. \quad (79)$$

Закон получен при пренебрежении падением напряжения в активных сопротивлениях статора и насыщением магнитной цепи.

По составленным уравнениям сделаем модель в Simulink:

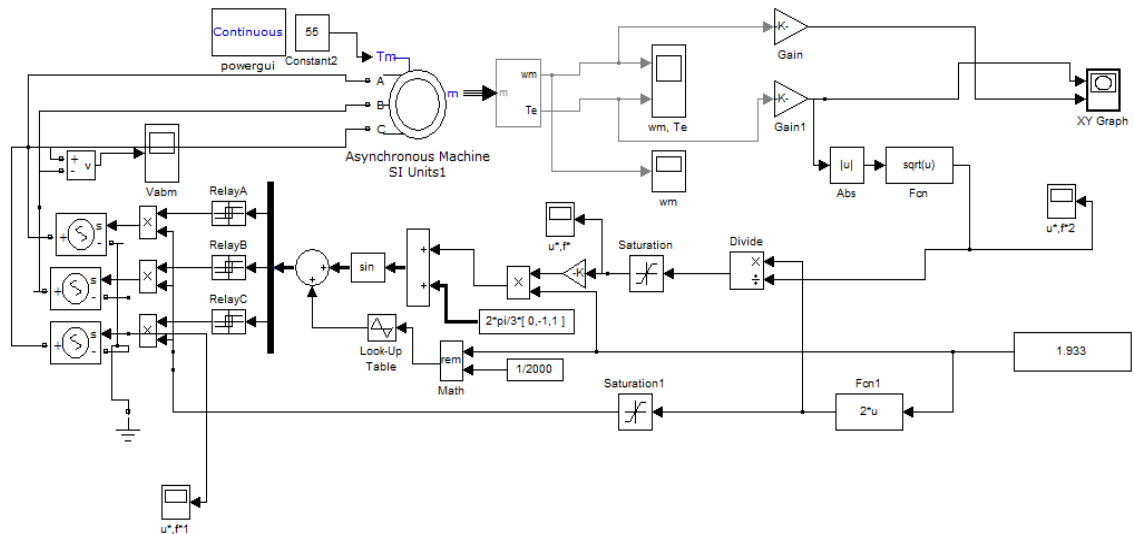


Рис 1. Модель асинхронного короткозамкнутого двигателя при управлении по закону Костенко.

Переходные процессы асинхронного двигателя $M(t)$ и $\omega(t)$ на рис.2. Статические и динамические механические характеристики представлены на рис. 3. Получаем результаты для двигателя мощностью 55 кВт:

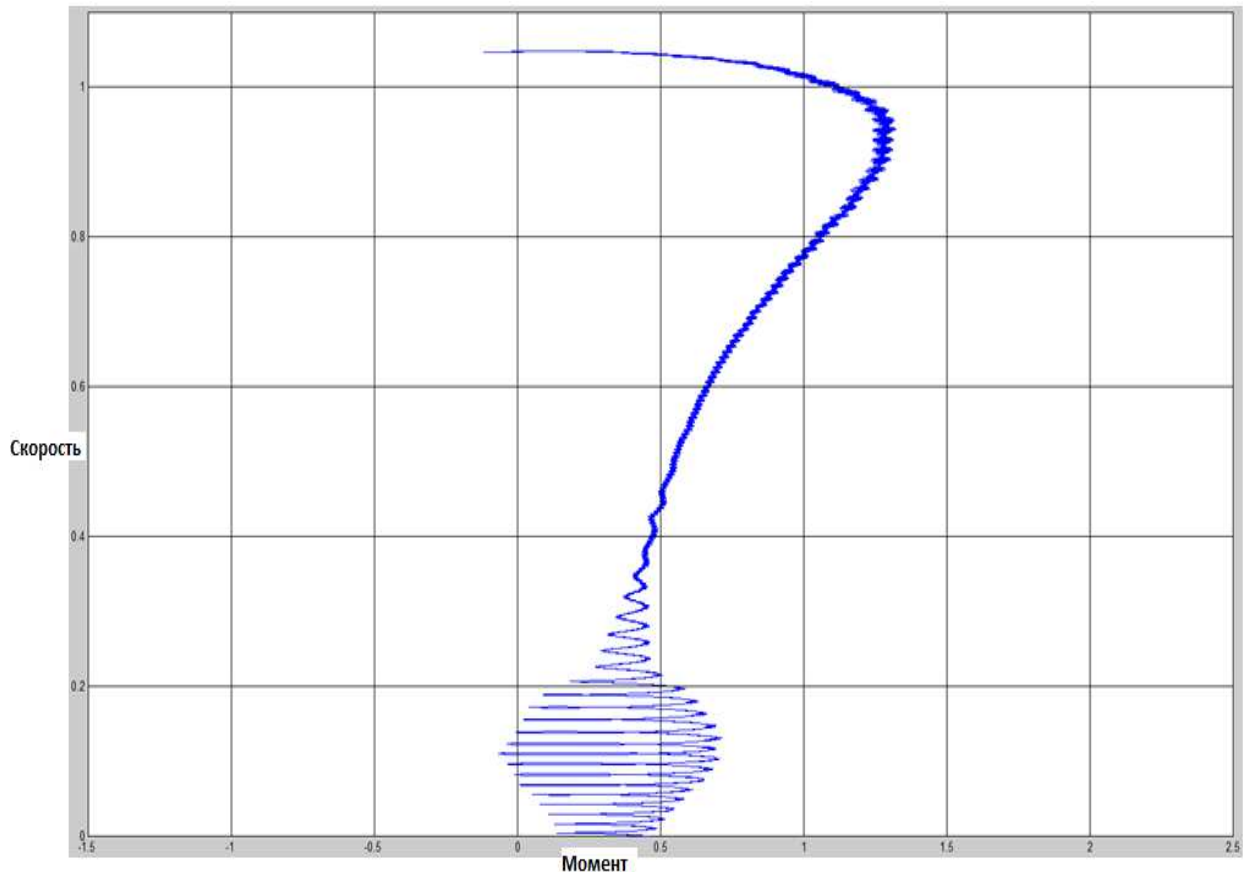


Рис 2. Механическая динамическая характеристика пуска двигателя мощностью $P = 55$ кВт при $U/f=0.5$, $f_n/f=1$.

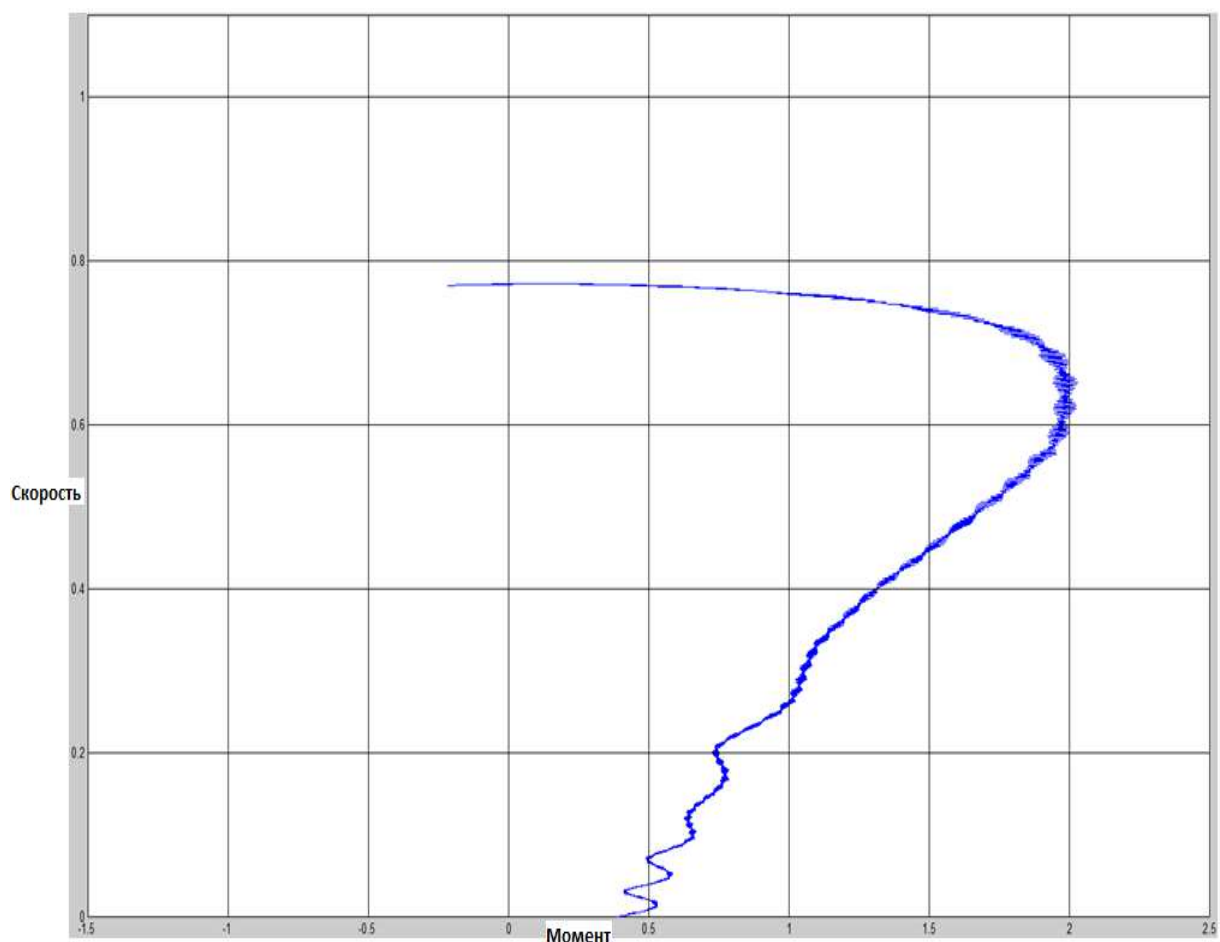


Рис 3. Механическая динамическая характеристика пуска двигателя мощностью $P = 55$ кВт при $U/f=0,5$, $f_n/f=0,7$

Из полученных в ходе моделирования характеристик видно, что f_n/f меняющемся в пределах от 0,5 до 1, момент критический остаётся неизменным, но при дальнейшем уменьшении частоты характеристики резко ухудшаются из – за снижения потока, обусловленного падением напряжения в активных сопротивлениях статора.

Погрешность в результатах моделирования составляют главным образом допущения принятые нами для упрощения математического описания.

Библиографические ссылки

1. Герман - Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. Коронапринт., 2001.
2. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2003/eltf/pisanka/library/matopis.htm>
3. Кочетков, В.П. Основы электромеханики: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В.П. Кочетков [и др.]; под ред. В.П. Кочеткова. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. – 624 с.