

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

В. О. ЛАПИН, П. В. МИХЕЕВ, И. В. МЯСНИКОВ

Пермский государственный технический университет

Проектирование и эксплуатация электрических машин невозможны без знания переходных электромеханических процессов. Такими процессами являются: пуск, реверс, торможение, обрывы фаз, короткие замыкания, посадка напряжения, наброс нагрузки и т. д. Для исследования переходных процессов можно использовать математические модели электрических машин. В данном докладе представлена модель асинхронного короткозамкнутого двигателя. Модель реализована в программной среде Simulink приложения MathLab.

Модели наиболее выгодно представлять в Simulink, так как данный пакет имеет ряд преимуществ:

- быстрое и удобное получение графической информации об изменении моделируемых величин по времени;
- эффективный метод создания моделирования сложных динамических систем, заключающийся в сборке блок-схем систем и стандартных готовых блоков (визуальное программирование);
- уникальные возможности интегрирования нелинейных систем с существенными «нелинейностями»;
- составление схемы и ввод характеристик можно производить в диалоговом режиме;
- большой выбор визуальных блоков, которые сохраняются в библиотеках Simulink;
- направленность создания электроэнергетических систем.

Дифференциальные уравнения, описывающие переходные процессы АД в преобразованной координатной системе, имеют вид:

$$\begin{aligned} p\psi_a &= u_a - i_a r_1; & p\psi_{2a} &= -i_{2a} r_2; \\ p\psi_b &= u_b - i_b r_1; & p\psi_{2b} &= -i_{2b} r_2; & p\omega &= \frac{(m - m_c)}{T_m}; & p\gamma &= \omega; \\ p\psi_c &= u_c - i_c r_1; & p\psi_{2c} &= -i_{2c} r_2; \end{aligned}$$

где p - оператор дифференцирования по времени; ψ , u , i , r - потокосцепления, напряжения, токи и активные сопротивления обмоток; а, b, с, 1, 2 - индексы, относящиеся к фазам обмотки статора и ротора; γ - угол

между осями фазы а статора и фазы а2 ротора; m , m_c – электромагнитный момент двигателя и момент сопротивления; ω – частота вращения ротора; T_m – электромеханическая постоянная двигателя.

Электромагнитные связи (между токами и потокосцеплениями) представлены следующим образом:

$$\begin{aligned} i_a &= \frac{\psi_a - \psi_{md} \cos \gamma + \psi_{mq} \sin \gamma}{x_1}; & i_{2a} &= \frac{\psi_{2a} - \psi_{md}}{x_2}; \\ i_b &= \frac{\psi_b - \psi_{md} \cos(\gamma - 2\pi/3) + \psi_{mq} \sin(\gamma - 2\pi/3)}{x_1}; & i_{2b} &= \frac{\psi_{2b} + \frac{1}{2}\psi_{md} - \frac{\sqrt{3}}{2}\psi_{mq}}{x_2}; \\ i_c &= \frac{\psi_c - \psi_{md} \cos(\gamma + 2\pi/3) + \psi_{mq} \sin(\gamma + 2\pi/3)}{x_1}; & i_{2c} &= \frac{\psi_{2c} + \frac{1}{2}\psi_{md} + \frac{\sqrt{3}}{2}\psi_{mq}}{x_2}; \end{aligned}$$

где ψ_{md} , ψ_{mq} – составляющие потокосцепления взаимной индукции по пути основного магнитного потока по осям d и q;
 x – индуктивное сопротивление рассеяния фазных обмоток двигателя.

Составляющие потокосцеплений взаимной индукции по продольной и поперечной осям **d** и **q** записываем в виде:

$$\begin{aligned} \psi_{md} &= x_m \left[\frac{2}{3}(i_a \cos \gamma + i_b \cos(\gamma - 2\pi/3) + i_c \cos(\gamma + 2\pi/3)) + i_{2a} - \frac{1}{2} i_{2b} - \frac{1}{2} i_{2c} \right]; \\ \psi_{mq} &= x_m \left[-\frac{2}{3}(i_a \sin \gamma + i_b \sin(\gamma - 2\pi/3) + i_c \sin(\gamma + 2\pi/3)) - \frac{\sqrt{3}}{2} i_{2b} + \frac{\sqrt{3}}{2} i_{2c} \right]; \end{aligned}$$

где x_m – индуктивное сопротивление взаимной индукции.

Электромагнитный момент двигателя:

$$\begin{aligned} m &= -\psi_{md} \left[\frac{2}{3}(i_a \sin \gamma + i_b \sin(\gamma - \frac{2}{3}\pi) + i_c \sin(\gamma + \frac{2}{3}\pi)) \right] - \\ &\quad - \psi_{mq} \left[\frac{2}{3}(i_a \cos \gamma + i_b \cos(\gamma - \frac{2}{3}\pi) + i_c \cos(\gamma + \frac{2}{3}\pi)) \right]. \end{aligned}$$

Вид модели АД в Simulink представлен на рис. 1, где блок pitanie – идеальный источник напряжения бесконечной мощности, а блок AM – асинхронный двигатель.

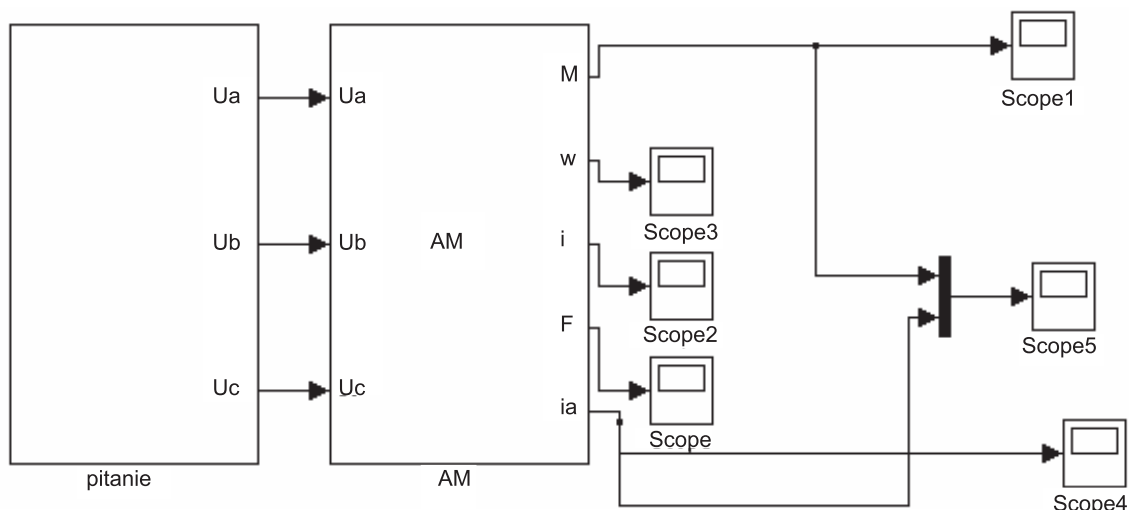


Рис. 1. Вид модели АД в Simulink

Входными параметрами блока АМ являются напряжения трёхфазной сети, а выходными – электромагнитный момент, скорость вращения ротора, токи статора и потокосцепления обмоток.

Модель идеального источника питания представлен на рис. 2:

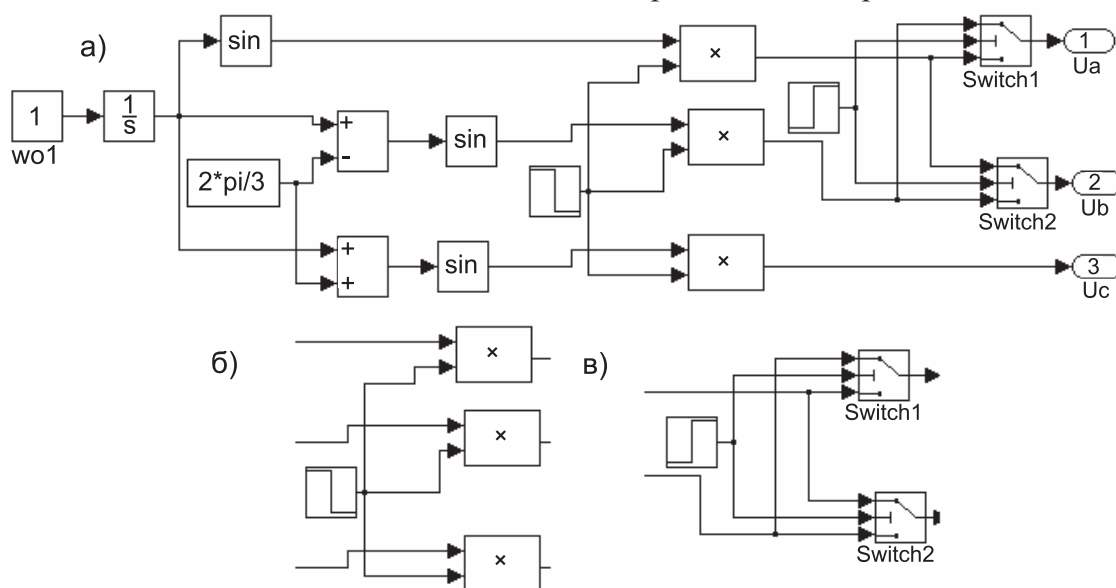


Рис. 2. Модель идеального источника питания, осуществляющего посадку напряжения и реверс двигателя:

- а) общий вид;
- б) элементы, осуществляющие посадку напряжения;
- в) элементы, осуществляющие реверс двигателя.

Объектом исследования явился асинхронный двигатель АД-2500 с номинальными данными: $P_n=2500$ Вт, $\cos \varphi =0.905$, $n_0=2980$ об/мин, $\eta=0.964$.

В качестве примера на рисунках 3 и 4 представлены зависимости $M(t)$, $\omega(t)$, $I_a(t)$ при переходном процессе пуска АД и при его реверсе.

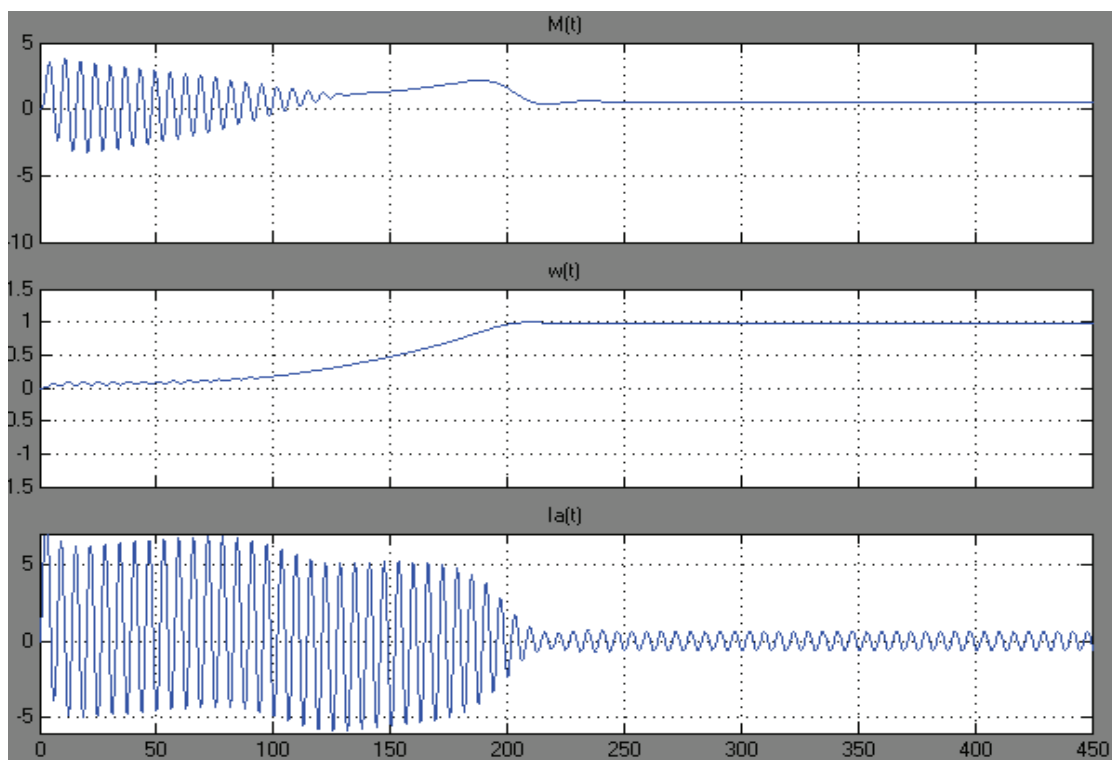


Рис. 3. Зависимости момента, скорости, тока статора (фазы А) от времени при пуске.

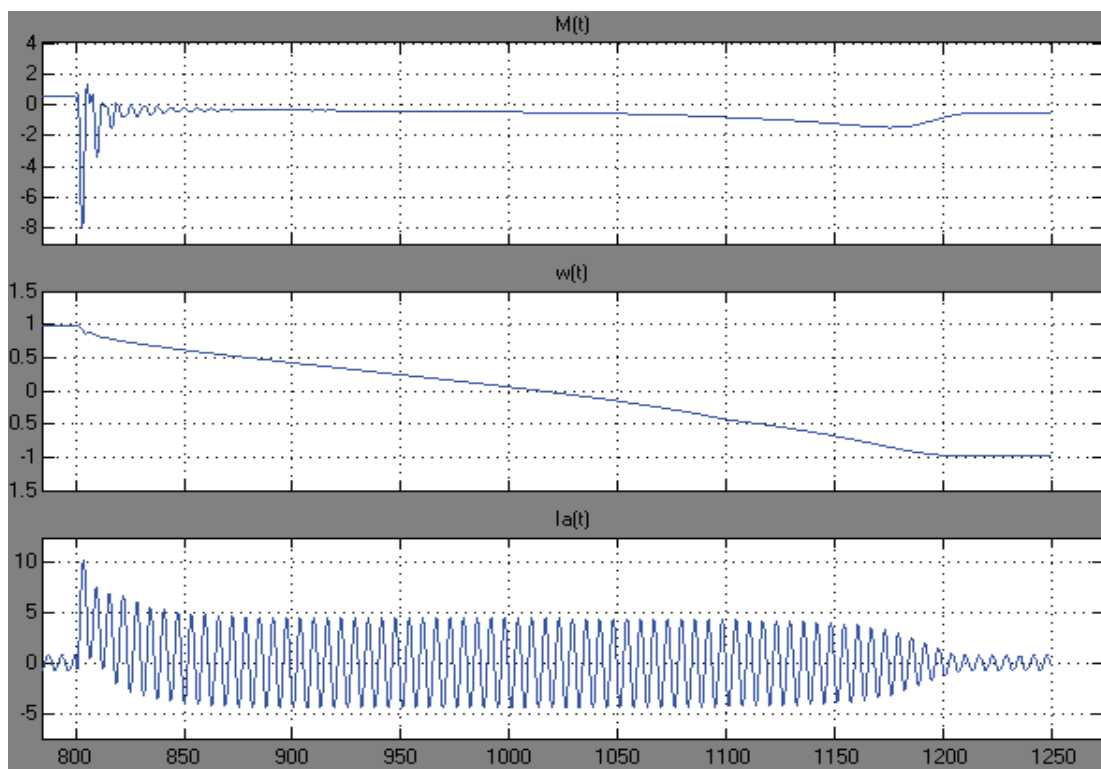


Рис. 4. Зависимости момента, скорости, тока статора (фазы А) от времени при реверсе двигателя.