Федеральное агентство по атомной энергии
Северская государственная технологическая академия

Кафедра ЭиАФУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В MATLAB

Презентация ВКР

МАЭ.200600.070 П

Студент: Баурин К. С.

Руководитель: Терёхин В.Б

Северск 2006

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Второй закон Кирхгофа:

Для статора:

$$\begin{cases} u_A = R_A i_A + \dfrac{d\Psi_A}{dt}, \\ u_B = R_B i_B + \dfrac{d\Psi_B}{dt}, \\ u_C = R_C i_C + \dfrac{d\Psi_C}{dt}. \end{cases} \qquad 1)$$

Для ротора:

$$\begin{cases} u_a = R_a i_a + \dfrac{d\Psi_a}{dt}, \\ u_b = R_b i_b + \dfrac{d\Psi_b}{dt}, \\ u_c = R_c i_c + \dfrac{d\Psi_c}{dt}. \end{cases} \qquad 2)$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Закон Ампера

Для статора:

$$\Psi_A = L_{AA} i_A + L_{AB} i_{\text{В}} + L_{AC} i_C + L_{Aa} i_a + L_{Ab} i_b + L_{Ac} i_c,$$
$$\Psi_B = L_{BA} i_A + L_{BB} i_{\text{В}} + L_{BC} i_C + L_{Ba} i_a + L_{Bb} i_b + L_{Bc} i_c, \qquad 3)$$
$$\Psi_C = L_{CA} i_A + L_{CB} i_{\text{В}} + L_{CC} i_C + L_{Ca} i_a + L_{Cb} i_b + L_{Cc} i_c.$$

Для ротора:

$$\Psi_a = L_{aA} i_A + L_{aB} i_{\text{В}} + L_{aC} i_C + L_{aa} i_a + L_{ab} i_b + L_{ac} i_c,$$
$$\Psi_b = L_{bA} i_A + L_{bB} i_{\text{В}} + L_{bC} i_C + L_{ba} i_a + L_{bb} i_b + L_{bc} i_c, \qquad 4)$$
$$\Psi_c = L_{cA} i_A + L_{cB} i_{\text{В}} + L_{cC} i_C + L_{ca} i_a + L_{cb} i_b + L_{cc} i_c.$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Второй закон Ньютона

$$J\frac{d\overrightarrow{\omega_m}}{dt} = \overrightarrow{M} - \overrightarrow{M}_c \qquad 5)$$

Правило левой руки Ленца

$$\overrightarrow{M} = k(\overrightarrow{\Psi} \times \vec{i}) \qquad 6)$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Обобщённая система уравнений

$$
\begin{cases}
u_A = R_A i_A + \dfrac{d\Psi_A}{dt}, \\
u_B = R_B i_B + \dfrac{d\Psi_B}{dt}, \\
u_C = R_C i_C + \dfrac{d\Psi_C}{dt}, \\
u_a = R_a i_a + \dfrac{d\Psi_a}{dt}, \\
u_b = R_b i_b + \dfrac{d\Psi_b}{dt}, \\
u_c = R_c i_c + \dfrac{d\Psi_c}{dt}. \\
\Psi_A = L_{AA} i_A + L_{AB} i_B + L_{AC} i_C + L_{Aa} i_a + L_{Ab} i_b + L_{Ac} i_c, \\
\Psi_B = L_{BA} i_A + L_{BB} i_B + L_{BC} i_C + L_{Ba} i_a + L_{Bb} i_b + L_{Bc} i_c, \\
\Psi_C = L_{CA} i_A + L_{CB} i_B + L_{CC} i_C + L_{Ca} i_a + L_{Cb} i_b + L_{Cc} i_c, \\
\Psi_a = L_{aA} i_A + L_{aB} i_B + L_{aC} i_C + L_{aa} i_a + L_{ab} i_b + L_{ac} i_c, \\
\Psi_b = L_{bA} i_A + L_{bB} i_B + L_{bC} i_C + L_{ba} i_a + L_{bb} i_b + L_{bc} i_c, \\
\Psi_c = L_{cA} i_A + L_{cB} i_B + L_{cC} i_C + L_{ca} i_a + L_{cb} i_b + L_{cc} i_c, \\
J \dfrac{d\overrightarrow{\omega_m}}{dt} = \overrightarrow{M} - \overrightarrow{M}_c, \\
\overrightarrow{M} = k(\overrightarrow{\Psi_i} \times \vec{i}_k).
\end{cases}
\qquad 7)
$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Применение метода пространственного вектора

$$\vec{u}_S = R_S \vec{i}_S + \frac{d\vec{\Psi}_S}{dt},$$

$$\vec{u}_R = R_R \vec{i}_R + \frac{d\vec{\Psi}_R}{dt}, \qquad 8)$$

$$\vec{\Psi}_S = L_S \vec{i}_S + L_m(\theta)\vec{i}_R,$$

$$\vec{\Psi}_R = L_R \vec{i}_R + L_m(\theta)\vec{i}_S,$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Преобразование системы координат

$$\vec{u}_S = R_S \vec{i}_S + \frac{d\vec{\Psi}_S}{dt} + j\omega_k \vec{\Psi}_S,$$

$$\vec{u}_R = R_R \vec{i}_R + \frac{d\vec{\Psi}_R}{dt} + j(\omega_k - p\omega_m)\vec{\Psi}_R, \qquad 9)$$

$$\vec{\Psi}_S = L_S \vec{i}_S + L_m \vec{i}_R,$$

$$\vec{\Psi}_R = L_R \vec{i}_R + L_m \vec{i}_S,$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Пары векторов для определения момента

$$\left(\vec{i}_S, \vec{i}_R\right), \left(\vec{\Psi}_S, \vec{\Psi}_R\right), \left(\vec{i}_S, \vec{\Psi}_S\right), \left(\vec{i}_S, \vec{\Psi}_R\right), \left(\vec{i}_R, \vec{\Psi}_S\right), \left(\vec{i}_R, \vec{\Psi}_R\right) \qquad 10)$$

Примеры моментов

$$\vec{M} = \frac{3}{2} p L_m \cdot Mod(\vec{i}_R \times \vec{i}_S),$$

$$\vec{M} = \frac{3}{2} p \cdot Mod(\vec{\Psi}_S \times \vec{i}_S), \qquad 11)$$

$$\vec{M} = \frac{3}{2} p k_R \cdot Mod(\vec{\Psi}_R \times \vec{i}_S).$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Обобщенная система уравнений в относительных единицах

$$\bar{u}_S = r_S \bar{i}_S + \frac{d\bar{\psi}_S}{d\bar{t}} + j\alpha_k \bar{\psi}_S,$$

$$\bar{u}_R = r_R \bar{i}_R + \frac{d\bar{\psi}_R}{d\bar{t}} + j(\alpha_k - p\vartheta_m)\bar{\psi}_R,$$

$$\bar{\psi}_S = x_S \bar{i}_S + x_m \bar{i}_R,$$

$$\bar{\psi}_R = x_R \bar{i}_R + x_m \bar{i}_S, \qquad 12)$$

$$m = k \cdot Mod(\bar{\psi}_i \times \bar{i}_k),$$

$$\bar{T}_m \frac{d\vartheta_m}{d\bar{t}} = m - m_c$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Система уравнений АКЗ двигателя

$$
\begin{cases}
\overline{u_S} = r_S \bar{i}_S + \dfrac{d\overline{\psi}_S}{d\bar{t}} + j\alpha_k \overline{\psi}_S, \\
0 = r_R \bar{i}_R + \dfrac{d\overline{\psi}_R}{d\bar{t}} + j(\alpha_k - p\vartheta_m)\overline{\psi}_R, \\
\overline{\psi}_S = x_S \bar{i}_S + x_m \bar{i}_R, \\
\overline{\psi}_R = x_R \bar{i}_R + x_m \bar{i}_S, \\
m = k \cdot Mod(\overline{\psi}_R \times \bar{i}_s), \\
\overline{T}_m \dfrac{d\vartheta}{d\bar{t}} = m - m_н
\end{cases}
\qquad 13)
$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

Вид СУ АКЗ двигателя после упрощения

$$\begin{cases} \bar{u}_S = r\bar{i}_S + x'_S \dfrac{d\bar{i}_S}{d\bar{t}} + j\alpha_k x'_S \bar{i}_S - \dfrac{k_R}{T_R}\bar{\psi}_R + jp\vartheta_m k_R \bar{\psi}_R, \\ 0 = \dfrac{1}{T_R}\bar{\psi}_R + \dfrac{d\bar{\psi}_R}{d\bar{t}} - k_R r_R \bar{i}_S + j(\alpha_k - p\vartheta_m)\bar{\psi}_R, \\ m = k_R(\bar{\psi}_{R\alpha}\bar{i}_{S\beta} - \bar{\psi}_{R\beta}\bar{i}_{S\alpha}), \\ \bar{T}_m \dfrac{d\vartheta_m}{d\bar{t}} = m - m_н. \end{cases} \qquad 14)$$

Математическое описание обобщенной асинхронной машины

СУ АКЗ двигателя в удобной для ввода форме

$$
\begin{cases}
i_{Sx} = (u_{Sx} + x_S^{'}\alpha_k i_{Sy} + \dfrac{k_R}{T_R}\psi_{Rx} + p\vartheta_m k_R \psi_{Ry})\dfrac{\dfrac{1}{r}}{(1+T_S^{'}s)}, \\
i_{Sy} = (u_{Sy} - x_S^{'}\alpha_k i_{Sx} + \dfrac{k_R}{T_R}\psi_{Ry} - p\vartheta_m k_R \psi_{Rx})\dfrac{\dfrac{1}{r}}{(1+T_S^{'}s)}, \\
\psi_{Rx} = (k_R r_R i_{Sx} + (\alpha_k - p\vartheta_m)\psi_{Ry})\dfrac{T_R}{(1+T_R s)}, \\
\psi_{Ry} = (k_R r_R i_{Sy} - (\alpha_k - p\vartheta_m)\psi_{Rx})\dfrac{T_R}{(1+T_R s)}, \\
m = k_R(\psi_{Rx} i_{Sy} - \psi_{Ry} i_{Sx}), \\
\vartheta_m = \dfrac{1}{s}(\dfrac{1}{\overline{T}_m})(m - m_н).
\end{cases}
\qquad 15)
$$

Расчёт параметров асинхронного двигателя

Программа для расчёта параметров АКЗ двигателя

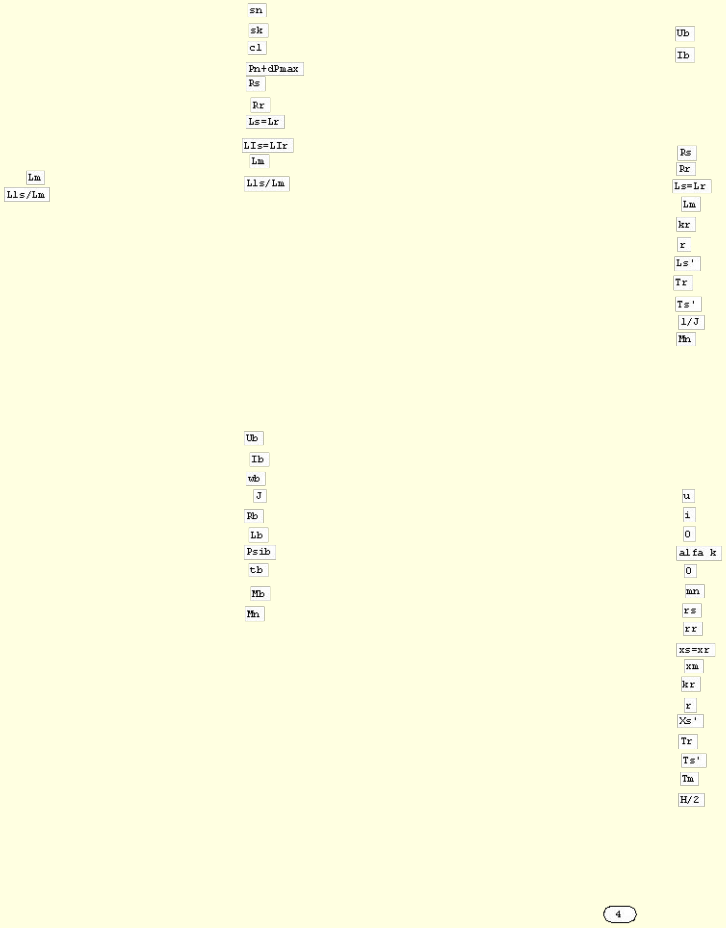

Рисунок 1 – Расчёт параметров АКЗ в Simulink

Расчёт параметров асинхронного двигателя

Таблица 1 - Каталожные данные двигателя RA90S6

Тип двигателя	Рн, кВт	Масса, кг	$n_н$, об/мин	η, %	Cos φ	$I_н$, А	$\frac{I_n}{I_н}$	$\frac{M_n}{M_н}$	$\frac{M_{max}}{M_н}$	J, кгм^2
RA90S6	0,75	13	935	70	0,72	2	4	2,2	2,5	0,0040

Таблица 2 - Параметры двигателя RA90S6 в абсолютных единицах

Параметр	r_S	r_R	$L_S = L_R$	L_m	k_R	r	Mn	T_R	$T_S^{'}$	$1/J$
Абсолют	7,742	10,52	0,6422	0,6097	0,9493	17,671	7,66	0,06104	0,003685	125

Таблица 3 - Базовые параметры двигателя RA90S6

Параметр	U_b	I_b	ω_b	R_b	L_b	Ψ_b	M_b	t_b
Значение	310,3	2,828	314,2	109,7	0,3492	0,9876	12,57	0,003183

Таблица 4 - Параметры двигателя RA90S6 в относительных единицах

Параметр	r_S	r_R	$x_S = x_R$	x_m	k_R	r	$x_S^{'}$	T_R	$T_S^{'}$	m_n	$\overline{T}_m$
Относит	0,07057	0,09592	1,839	1,746	0,9493	0,157	0,1618	19,18	1,158	0,6094	62,81

Схемы моделей АКЗ двигателя

Модель для исследования переходных процессов в асинхронном электродвигателе, работающего на активную нагрузку

Рисунок 2 – Модель для исследования переходных процессов в асинхронном электродвигателе, работающего на активную нагрузку

Схемы моделей АКЗ двигателя

Модель для исследования переходных процессов в асинхронном электродвигателе, работающего на реактивную нагрузку

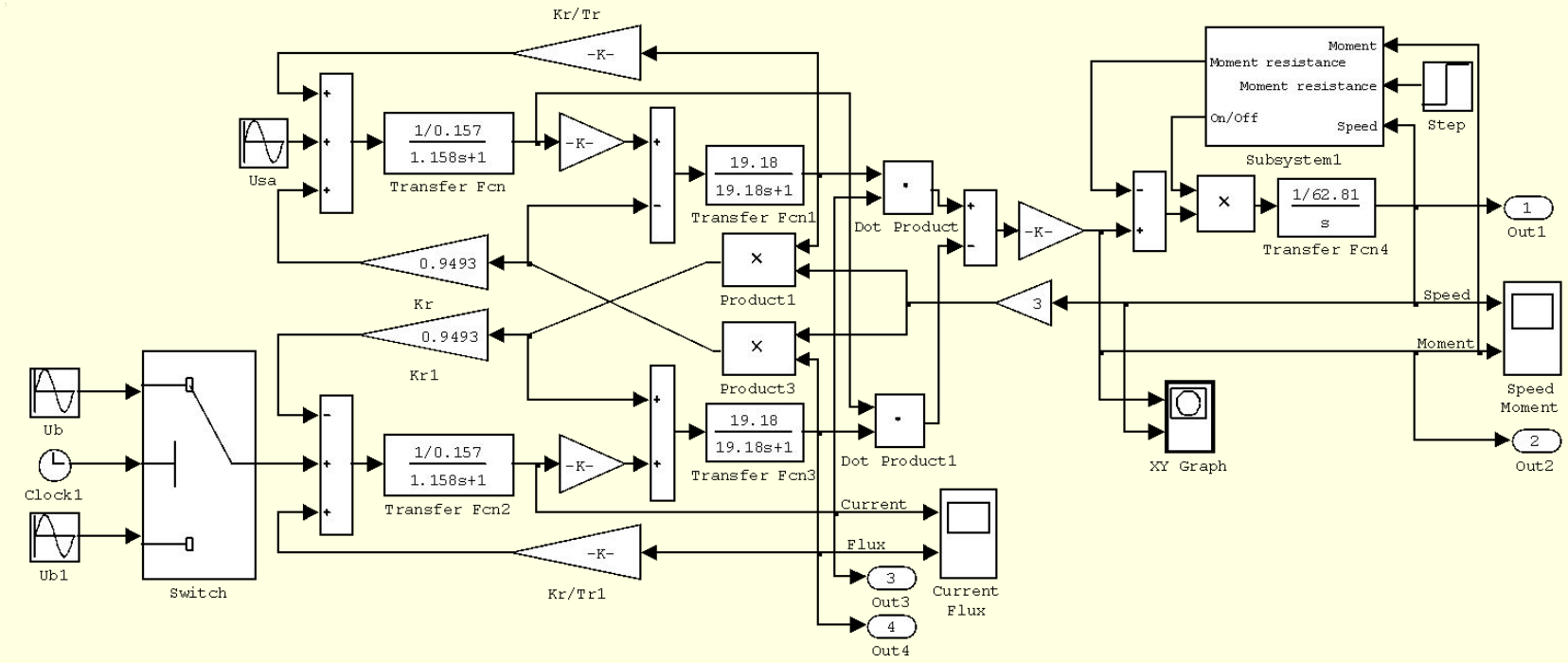

Рисунок 3 – Модель для исследования переходных процессов в асинхронном электродвигателе, работающего на реактивную нагрузку

Схемы моделей АКЗ двигателя

Модель реактивной нагрузки

Рисунок 4 – Модель реактивной нагрузки

Механические характеристики асинхронного двигателя

Работа двигателя в двигательном режиме

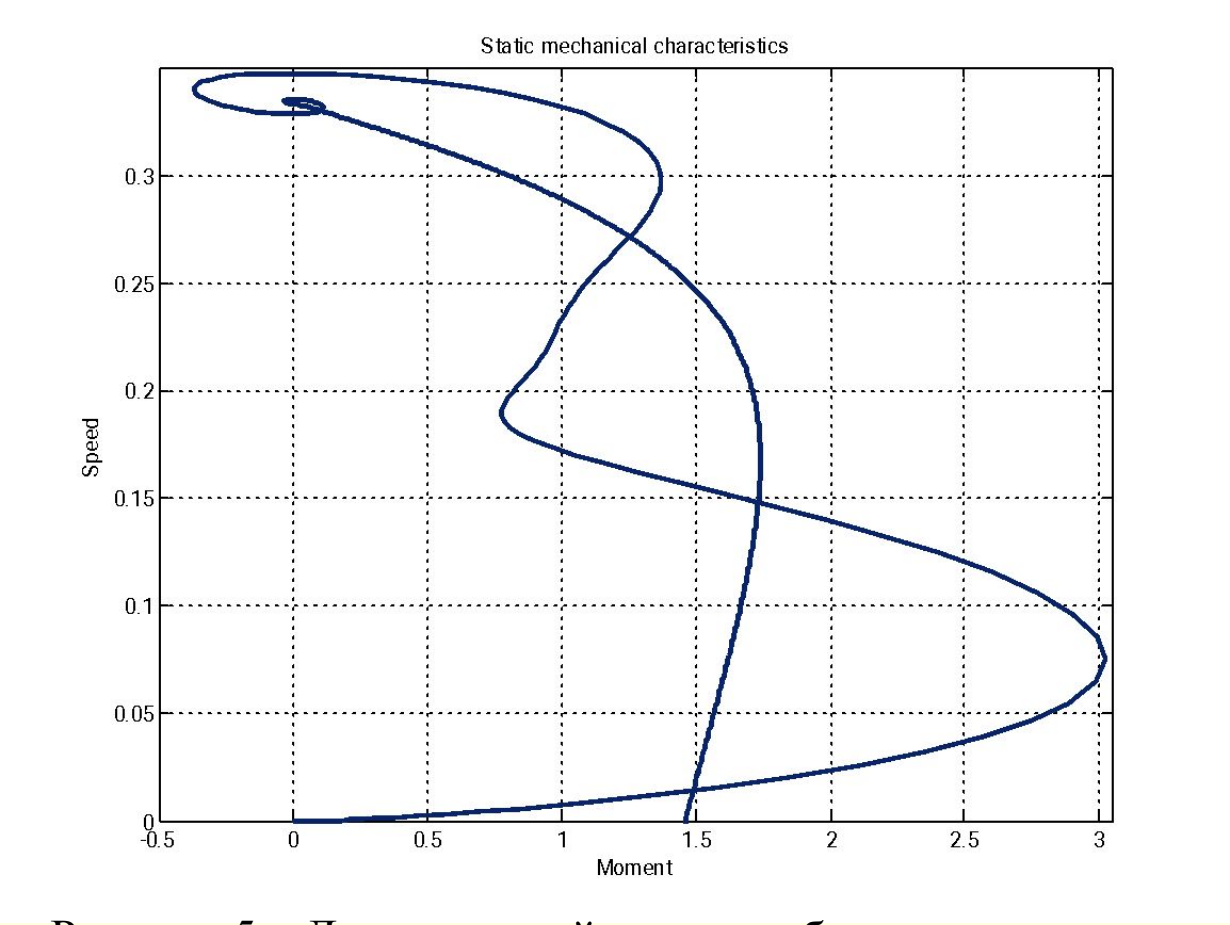

Рисунок 5 – Двигательный режим работы двигателя

Механические характеристики асинхронного двигателя

Генераторный режим работы двигателя

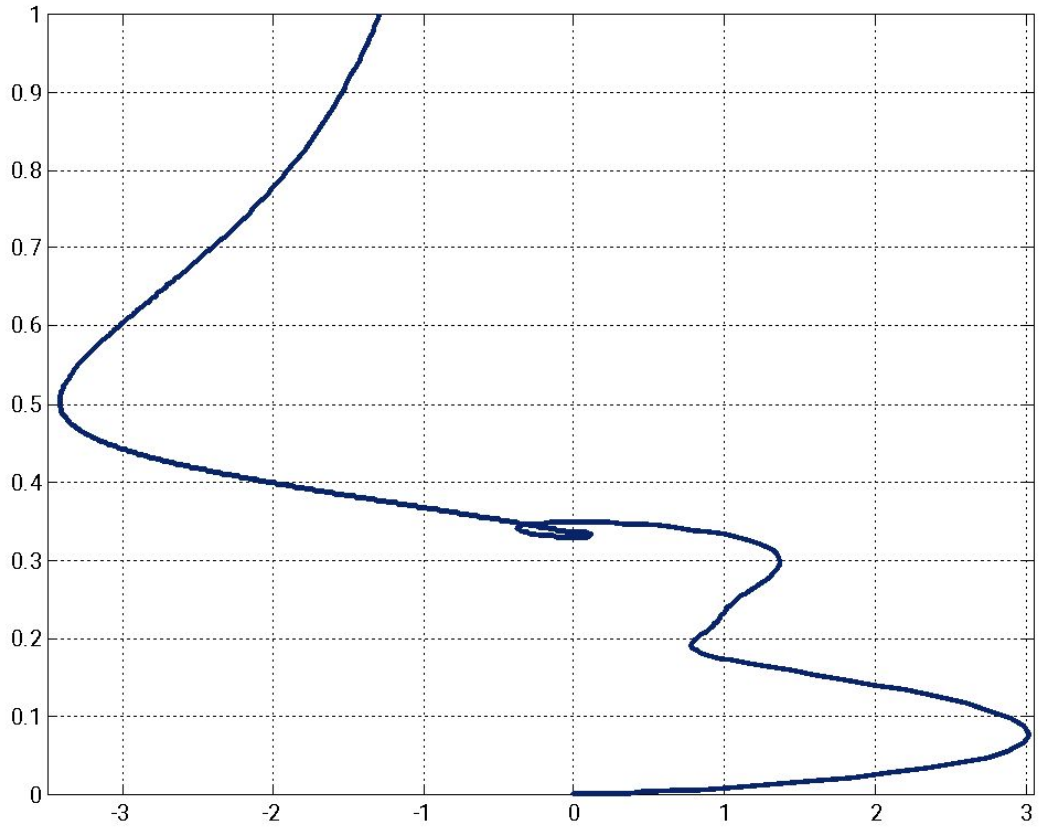

Рисунок 6 – Генераторный режим работы двигателя

Динамические характеристики асинхронного двигателя

Пуск АКЗ двигателя работающего на активную нагрузку

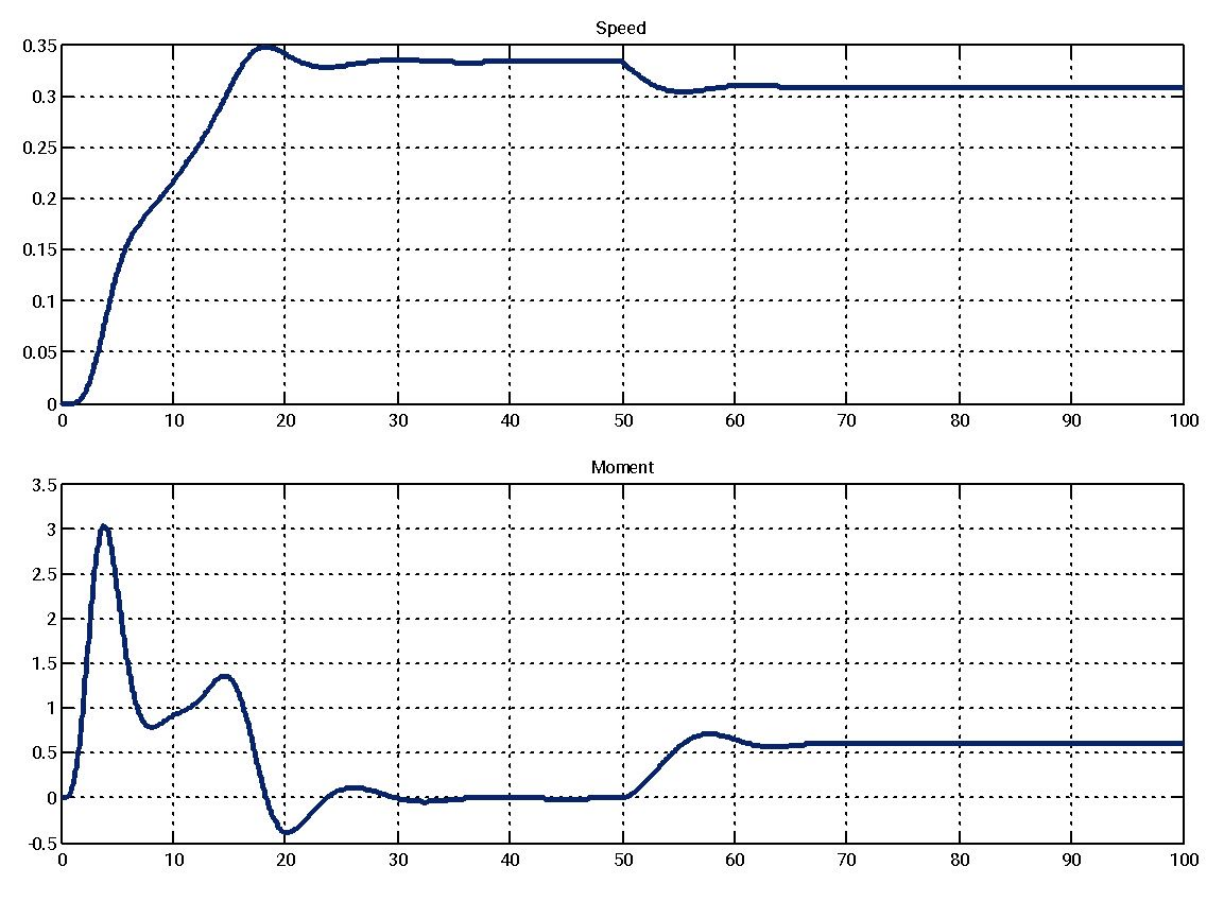

Рисунок 7 – Пуск АКЗ двигателя работающего на активную нагрузку

Динамические характеристики асинхронного двигателя

Пуск и реверс АКЗ двигателя работающего на активную нагрузку

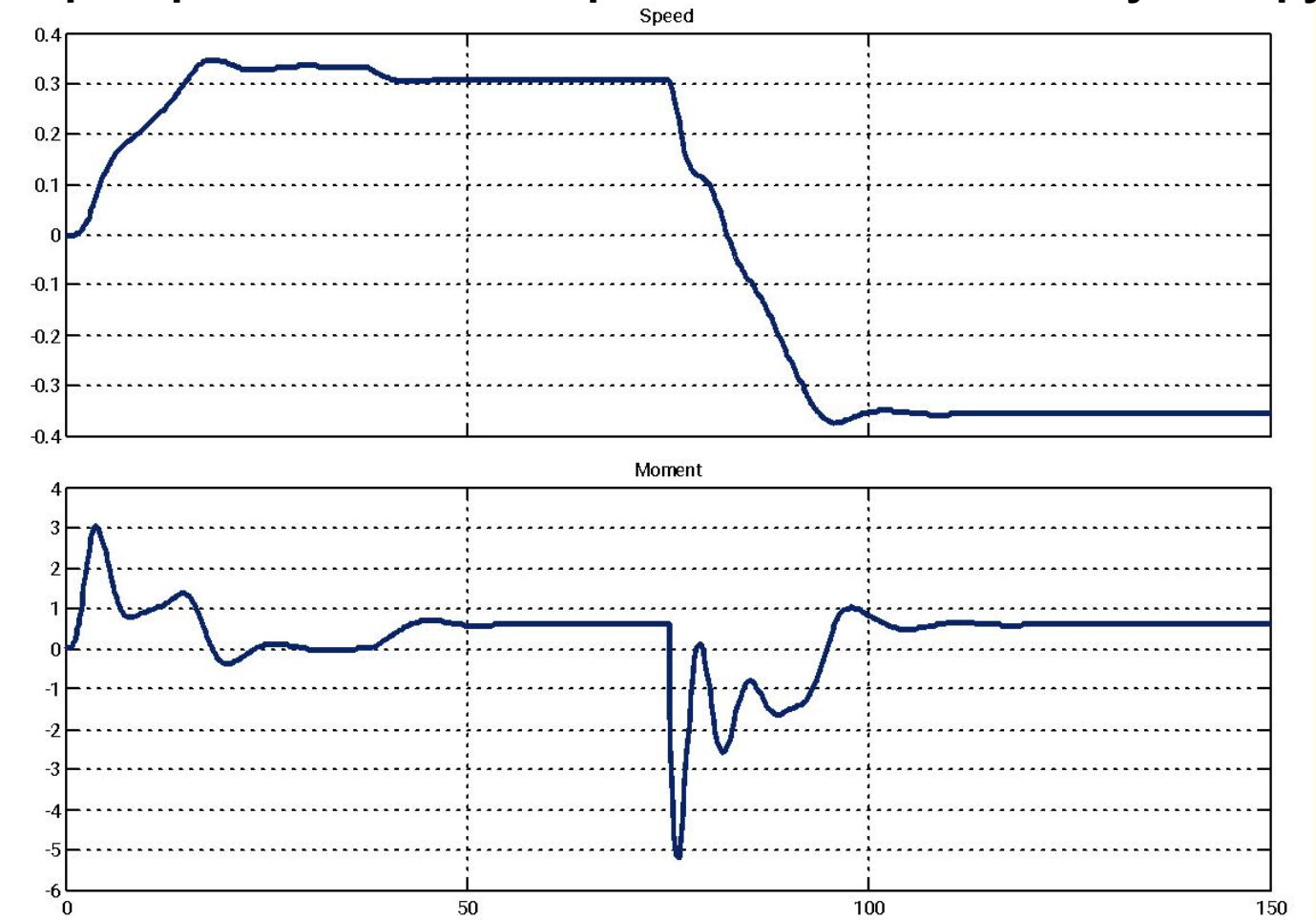

Рисунок 8 – Пуск и реверс АКЗ двигателя работающего на активную нагрузку

Динамические характеристики асинхронного двигателя

Пуск АКЗ двигателя работающего на реактивную нагрузку

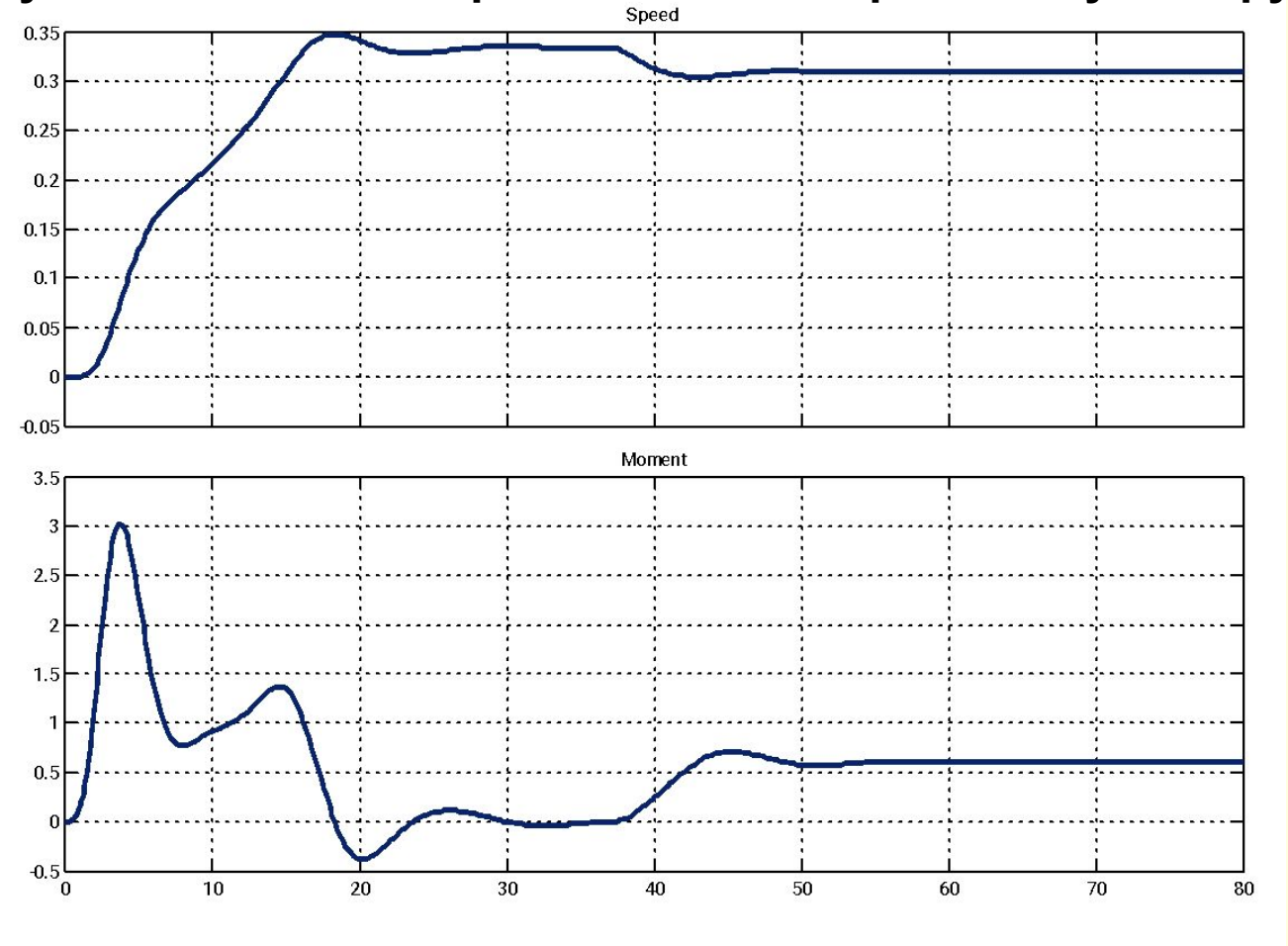

Рисунок 9 – Пуск АКЗ двигателя работающего на реактивную нагрузку

Динамические характеристики асинхронного двигателя

Пуск и реверс АКЗ двигателя работающего на реактивную нагрузку

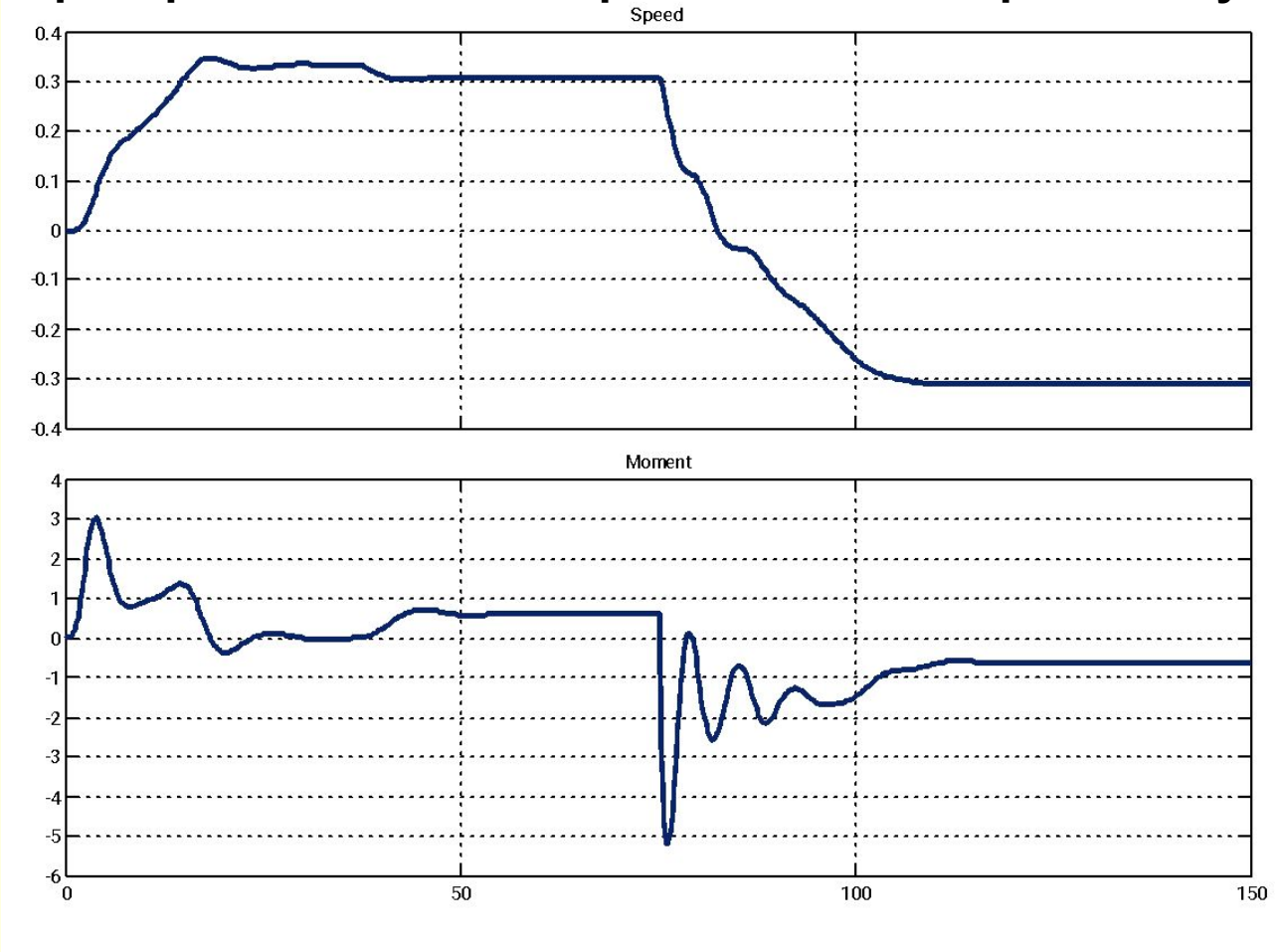

Рисунок 10 – Пуск и реверс АКЗ двигателя работающего на реактивную нагрузку