

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПИ РЕГУЛЯТОРОМ

*Израелян Г.М., Красило М.С., Назаров А.А.*

*Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону*

**Ключевые слова:** электропривод, асинхронный двигатель, переходные процессы, передаточная функция.

**Аннотация.** В данной статье авторами рассматриваются переходные процессы, возникающие при пуске двигателя частотно-управляемого асинхронного электропривода и их корректировка при помощи регулятора тока. Показан процесс моделирования электропривода в среде MATLAB SIMULINK.

## SIMULATION OF DYNAMIC PROCESSES OF ASYNCHRONOUS ELECTRICAL DRIVE WITH PI CONTROLLER

*Israelyan G.M., Krasilo M.S., Nazarov A.A.*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don*

**Keywords:** electrical drive, asynchronous motor, transients, transmission function.

**Abstract.** In this article, the authors consider transient processes arising during the start of the motor of a variable frequency drive and their correction using a current regulator. Modeling process for electrical drive in MATLAB SIMULINK.

С развитием регулируемого асинхронного электропривода появилась необходимость изучения свойств АД при питании его от источника тока. Асинхронный двигатель, питаемый от автономного инвертора напряжения, представляет собой достаточно сложный объект управления. В рассматриваемом электроприводе, имеется два контура регулирования: ЭДС обмотки статора и скорости вращения. Эти две системы регулирования являются взаимосвязанными. Синтез системы регулирования скорости можно выполнить в первом приближении, используя упрощенную структуру системы при частотном управлении с учетом постоянства магнитного потока в воздушном зазоре машины [1].

Для получения математической модели трехфазного асинхронного двигателя рассмотрим наиболее распространенный случай частотного регулирования асинхронного двигателя, при котором поддерживается постоянство отношения напряжения к частоте питающей сети.

Для исследования используем трехфазный асинхронный двигатель 4АС90Л6У3. Приведенные параметры схемы замещения (таблица 1) при пренебрежении активным сопротивлением ветви намагничивания возьмем из справочника [2]. Поскольку параметры приведены в относительных единицах, определим через базисное сопротивление параметры в физических величинах по формулам:

$$Z_{\sigma} = \frac{U_H}{I_H}, \quad (1)$$

$$r = \frac{R}{Z_{\sigma}}, \quad (2)$$

$$x = \frac{X}{Z_{\sigma}}. \quad (3)$$

Табл. 1. Параметры схемы замещения двигателя в физических величинах

№	Наименование величины	Обозначение	Величина
1	Активное сопротивление обмотки статора	$r_1$	9
2	Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора	$x_1$	6,94
3	Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора	$r'_2$	9
4	Индуктивное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора	$x'_2$	16,59
5	Индуктивное сопротивление контура намагничивания	$x_m$	128,18

Рассчитаем передаточные функции звеньев, представленные на структурной схеме асинхронного двигателя.

Первое звено – частотный преобразователь:

$$W_1(P) = \frac{K_{np}}{T_{np}P + 1}; \quad (4)$$

где  $T_{np}$  - постоянная времени частотного преобразователя

$$T_{np} = \frac{1}{f_k}; \quad (5)$$

$$W_1(P) = \frac{4,4}{0.0000333P + 1}.$$

Второе звено (ротор асинхронного двигателя). Вычисляем передаточную функцию с учётом того, что для привода звена манипулятора наилучшая точность регулирования координат необходима по завершению разгона:

$$W_2(P) = \frac{K_{p\mathcal{E}}}{T_{p\mathcal{E}} \cdot P + 1}; \quad (6)$$

где  $T_{p\mathcal{E}}$  - постоянная времени ротора,

$$T_{p\mathcal{E}} = \frac{L_{\sigma 1} + L_2}{r_2}; \quad (7)$$

$K_{p\mathcal{E}}$  - коэффициент усиления ротора.

$$K_{p\mathcal{E}} \approx \frac{1}{r_2}; \quad (8)$$

$$W_2(P) = \frac{0.144}{0.0117P + 1}.$$

Третье звено отвечает за преобразование тока в электромагнитный момент:

$$W_3(P) = K_{MЭ}, \quad (4)$$

$$K_{MЭ} = \frac{3K_{np}P_{пол}}{2\pi}. \quad (5)$$

$$K_{MЭ} = \frac{3 * 4.4 * 2}{2\pi} = 4.2 \text{ В/рад}$$

Четвертое звено определяет механическую инерционность привода.

$$W_4(P) = \frac{K_u}{p}; \quad (6)$$

$$K_u = \frac{1}{J'_H}.$$

Приведённый момент инерции определяется из формулы:

$$J'_H = J_{я} + J_P + \frac{J_H}{i^2}; \quad (7)$$

где  $J_{я}$  – момент инерции якоря двигателя;  $J_P = (0.2 - 0.25)J_{я}$  – момент инерции редуктора;  $J_H = 2J_{я}$  момент инерции нагрузки;  $i$  – передаточное число механизма привода.

$$J'_H = 0.0073 + 0.00146 + \frac{0.0146}{625} = 0.00878 \text{ кг*м}^2.$$

В результате передаточная функция инерционного звена примет вид:

$$W_4(p) = \frac{113.9}{p}.$$

Пятое звено отвечает за преобразование единиц измерения частоты вращения из рад/с в об/мин:

$$W_5(P) = K_{СК}, \quad (8)$$

$$K_{СК} = \frac{60}{2 * \pi} = 9.55.$$

Шестое звено представляет собой естественную обратную связь по ЭДС асинхронной машины (подобную аналогичной ОС в двигателе постоянного тока):

$$W_6(P) = K_{Э}, \quad (9)$$

$$K_{Э} = \frac{P_{пол}}{60} = \frac{2}{60} = 0,0333.$$

Структурная схема расчётной модели системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель приведена на рис. 1.

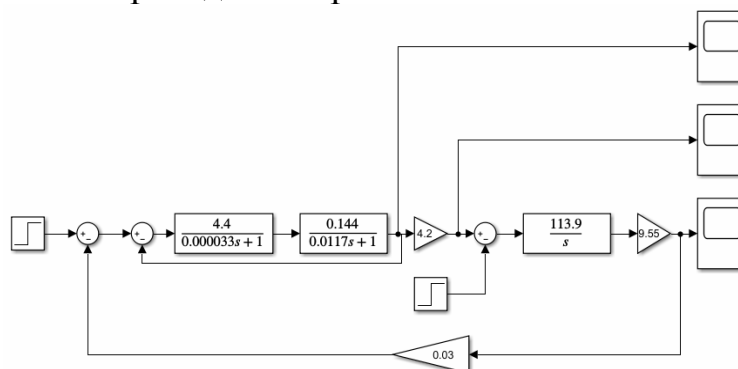


Рис. 1. Модель частотно-регулируемого привода

В процессе моделирования были получены следующие диаграммы тока, момента и скорости (рис. 2).

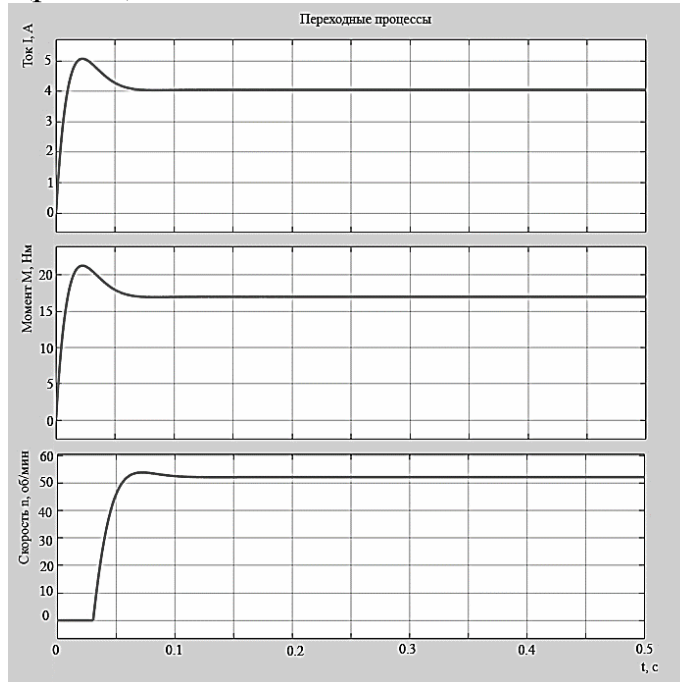


Рис. 2. Временные диаграммы электропривода без регуляторов

Вычислим коэффициент передачи датчика тока в принятой модели:

$$K_V = \frac{I_{1\phi}^{наиб}}{U_{1\phi}} = \frac{10.8}{220} = 0,05. \tag{10}$$

Передаточная функция регулятора тока, настроенного на технический оптимум имеет вид [3]:

$$W_{PT}(P) = \frac{T_{PЭ}P + 1}{K_{PЭ}a_{МО} K_V T_{ПР} P} = \frac{T_{PЭ}}{K_{PЭ}a_{МО} K_V T_{ПР}} + \frac{1}{K_{PЭ}a_{МО} K_V T_{ПР} P}, \tag{11}$$

$$W_{PT}(p) = \frac{0,0117}{0,144 * 2 * 0,05 * 0,00003} + \frac{1}{0,144 * 2 * 0,05 * 0,00003 * p} = 169270,8 + \frac{1}{0,069 * 10^{-6} * p}.$$

Структурная схема частотно-регулируемого электропривода с регулятором тока, настроенным на технический оптимум, состоит из следующих компонентов.

1. Задающие воздействие равное 12(В).
2. Ограничение выходного сигнала регулирования скорости;.
3. ПИ-регулятор тока.
4. Преобразователь частоты.
5. Электромагнитная часть ротора.
6. Звено, преобразующее ток в электромагнитный момент.
7. Звено определяющее механическую инерционность приода.
8. Преобразование единиц измерения частоты вращения в об/мин.
9. Естественная обратная связь по ЭДС асинхронной машины с передаточной функцией.

Структурная схема расчетной модели системы преобразователь – асинхронный двигатель с контуром регулирования тока приведена на рис. 3.

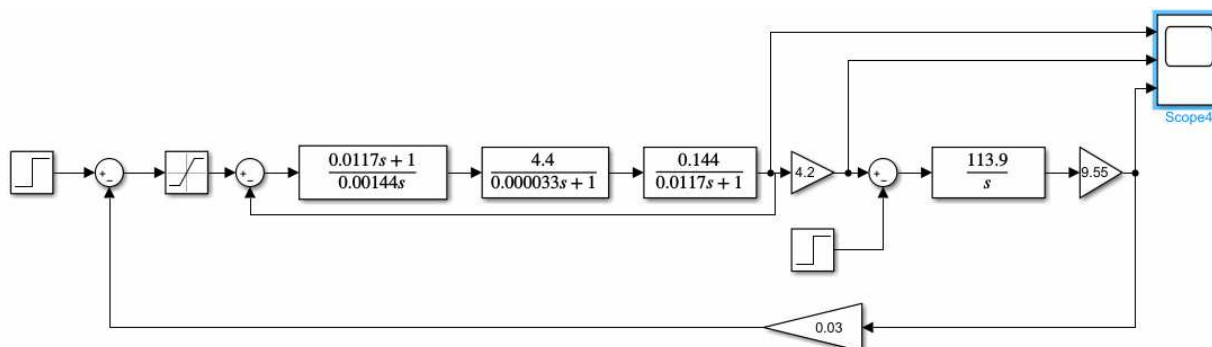


Рис. 3. Модель асинхронного электропривода с регулятором тока

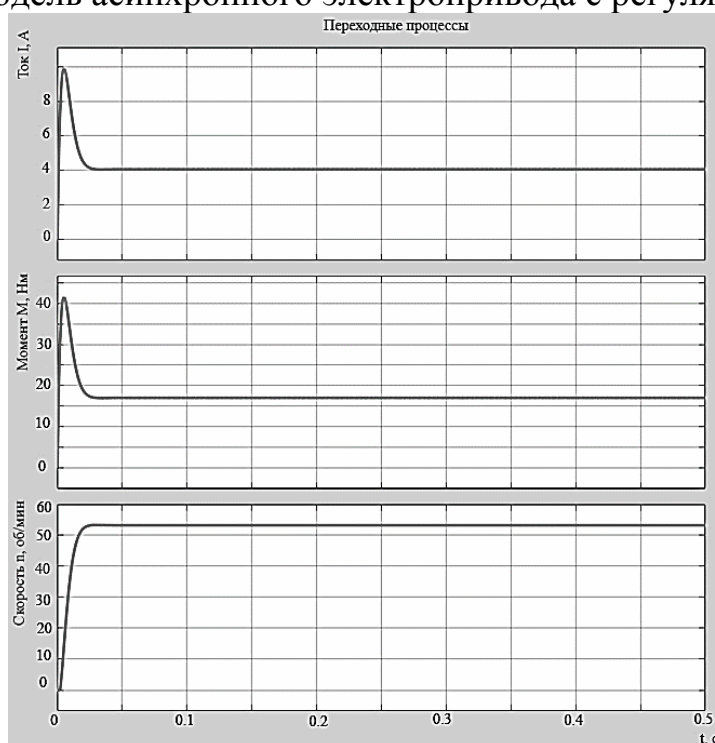


Рис. 4. Временные диаграммы электропривода с регулятором тока

В результате выполненной работы был произведен динамический расчеты системы. Построены диаграммы переходных процессов асинхронного двигателя. Для коррекции переходных процессов в системе был применен ПИ регулятор, включение, которого обеспечило увеличение быстродействия системы. Анализ переходного процесса показал, что система обрабатывает управляющее воздействие в заданное пусковое время.

#### Список литературы

1. Герман-Галкин С.Г., Кардонов Г.А. Электрические машины: Лабораторные работы на ПК. – СПб.: Корона-принт, 2003. – 256с.
2. Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.И., Соболенская Е.А. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 504с.
3. Карнаухов Н.Ф. Частотно-управляемый асинхронный электропривод мехатронных систем. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2009. – 228 с.

#### Сведения об авторах:

*Израелян Гарри Михайлович* – студент, ДГТУ, г.Ростов-на-Дону;

*Красило Михаил Сергеевич* – студент, ДГТУ, г.Ростов-на-Дону;

*Назаров Александр Александрович* – студент, ДГТУ, г.Ростов-на-Дону.