

УДК 621

## УПРАВЛЕНИЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Е.И. Абрахманов, аспирант

Научный руководитель Е.К. Ещин, д.т.н., профессор  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева

В работах [1,2] представлены результаты введения управления позиционированием электропривода с асинхронным электродвигателем. База получения результатов - *MatLab/Simulink*. Однако, использование компонентов базы *Simulink* обеспечивает получение, так называемых, идеальных результатов. Под идеальным результатом будем полагать не учет существующих в реальной практике искажений и временных задержек прохождения сигнала управления, а также практической формы питающего напряжения.

В данной статье в качестве исполнительного двигателя рассмотрен асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором из библиотеки *Simulink/SimPowerSystems /Machines*. Электрическая часть АД представлена пространственной моделью четвертого порядка, а механическая часть системой уравнений второго порядка. Исходные уравнения электрической части записаны в двухфазной вращающейся системе координат  $dq$ . На рисунке 1 представлено диалоговое окно выбора параметров АД.

Рисунок 1 Диалоговое окно параметров АД

Для моделирования переходных процессов выбрана предустановленная конфигурация АД номинальной мощностью 15 кВт.

При этом входное напряжение в фазной системе координат  $(a,b,c)$  преобразуется в соответствующую ортогональную систему  $dq$ , а выходные токи, рассчитываемые в координатах  $dq$ , преобразуется в фазные координаты  $(a,b,c)$ .

В работах [1,2,3] рассмотрены условия обеспечения максимального быстродействия при переводе системы из начального положения в конечное. При этом заданную величину электромагнитного момента  $M_z$  формируют в соответствии со следующими правилами:

$$M = \begin{cases} M_z \text{ при } \left[ \omega - \operatorname{sgn}(\gamma - \gamma_z) \sqrt{\frac{2\Delta M_{\max}}{J} |\gamma - \gamma_z|} \right] \geq 0, \\ -M_z \text{ при } \left[ \omega - \operatorname{sgn}(\gamma - \gamma_z) \sqrt{\frac{2\Delta M_{\max}}{J} |\gamma - \gamma_z|} \right] < 0, \end{cases} \quad (1)$$

где:  $\Delta M$  – динамический момент, Нм;  $\omega$  – угловая частота вращения вала двигателя,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\gamma$  – угловое положение вала двигателя, рад;  $\operatorname{sgn}(\gamma - \gamma_z)$  – функция учитывающая расположение фазовой координаты;  $\operatorname{sgn}(\gamma - \gamma_z) = -1$  при  $(\gamma - \gamma_z) > 0$  и  $\operatorname{sgn}(\gamma - \gamma_z) = 1$  при  $(\gamma - \gamma_z) \leq 0$ .

Правила формирования необходимых значений напряжений фаз АД для обеспечения условия  $\Delta M = \text{const}$  при управлении со стороны статора в координатной системе  $a,b,c$  рассмотрены в [4]:

$$U_{sa} = \begin{cases} U_{a \max} & \text{при } (M_z - M)(\Psi_{sc} - \Psi_{sb}) > 0, \\ -U_{a \max} & \text{при } (M_z - M)(\Psi_{sc} - \Psi_{sb}) \leq 0, \end{cases}$$

$$U_{sb} = \begin{cases} U_{b \max} & \text{при } (M_z - M)(\Psi_{sa} - \Psi_{sc}) > 0, \\ -U_{b \max} & \text{при } (M_z - M)(\Psi_{sa} - \Psi_{sc}) \leq 0, \end{cases} \quad (2)$$

$$U_{sc} = \begin{cases} U_{c \max} & \text{при } (M_z - M)(\Psi_{sb} - \Psi_{sa}) > 0, \\ -U_{c \max} & \text{при } (M_z - M)(\Psi_{sb} - \Psi_{sa}) \leq 0. \end{cases}$$

Формирование необходимых значений фазных напряжений осуществляется с помощью управляемого трехфазного инвертора напряжения, состоящего из трех полумостовых схем, подключенных параллельно к источнику постоянного напряжения (рисунок 2). В качестве силовых ключей используются IGBT транзисторы, шунтированные обратными диодами. Для реализации алгоритма управления (2) разработана модель драйвера управления ключами инвертора.

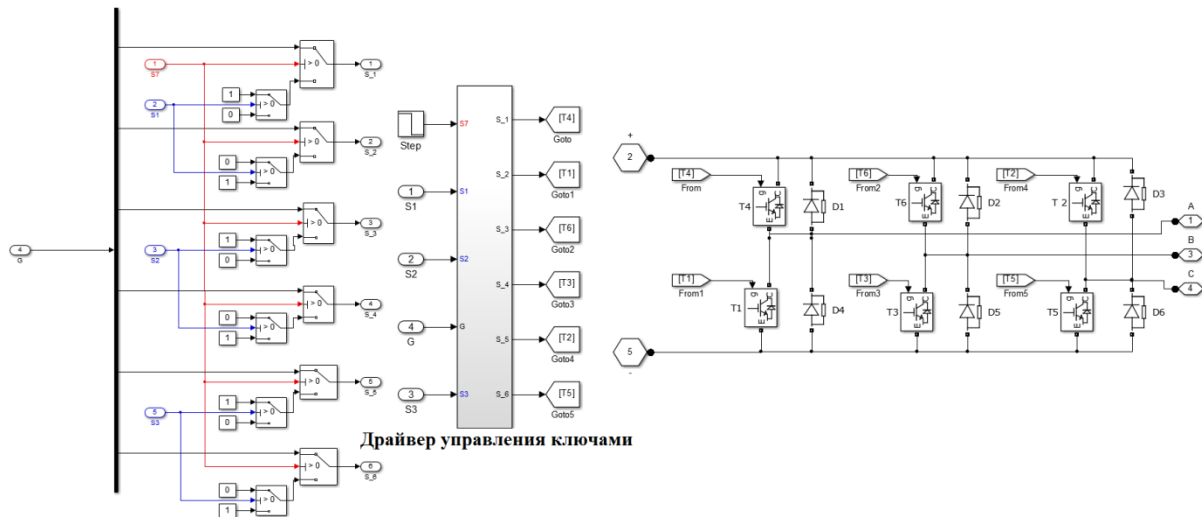


Рисунок 2 Подсистема драйвера управления ключами инвертора и подключение его к трехфазному инвертору напряжения

Для расчета необходимых значений составляющих напряжений статора необходимы ненулевые исходные значения потокосцепления статора и электромагнитного момента. Для этого в начальный момент времени осуществляется неуправляемый запуск АД от генератора дискретных сигналов ШИМ. При этом на вход драйвера управления ключами  $S7$  с помощью блока *Step* задают время включения управления  $T_{vu}$ .

На отрезке времени  $0 < t < T_{vu}$  на затворы IGBT транзисторов, через вход драйвера управления ключами  $G$  приходит сигнал с блока генератора дискретных сигналов ШИМ. Когда  $t \geq T_{vu}$  на затворы транзисторов подается сигнал согласно алгоритма управления (2). Ниже приведена таблица комбинаций состояний ключей инвертора в зависимости от необходимых значений величин фазного напряжения.

Необходимое значение напряжения	Транзистор в открытом состоянии	Транзистор в закрытом состоянии
$U_{sa} = U_{a \max}$	T4	T1
$U_{sa} = -U_{a \max}$	T1	T4
$U_{sb} = U_{b \max}$	T6	T3
$U_{sb} = -U_{b \max}$	T3	T6
$U_{sc} = U_{c \max}$	T2	T5
$U_{sc} = -U_{c \max}$	T5	T2

На рисунке 3 представлена модель позиционирования АД в среде *Matlab Simulink*. Для моделирования выбраны следующие параметры системы: заданная величина электромагнитного момента  $M_z = 40 \text{ Нм}$ ; время включения алгоритма управления  $T_{vu} = 0,01 \text{ с}$ ; заданное конечное угловое положение ротора АД  $\gamma_z = 3,14 \text{ рад}$ .

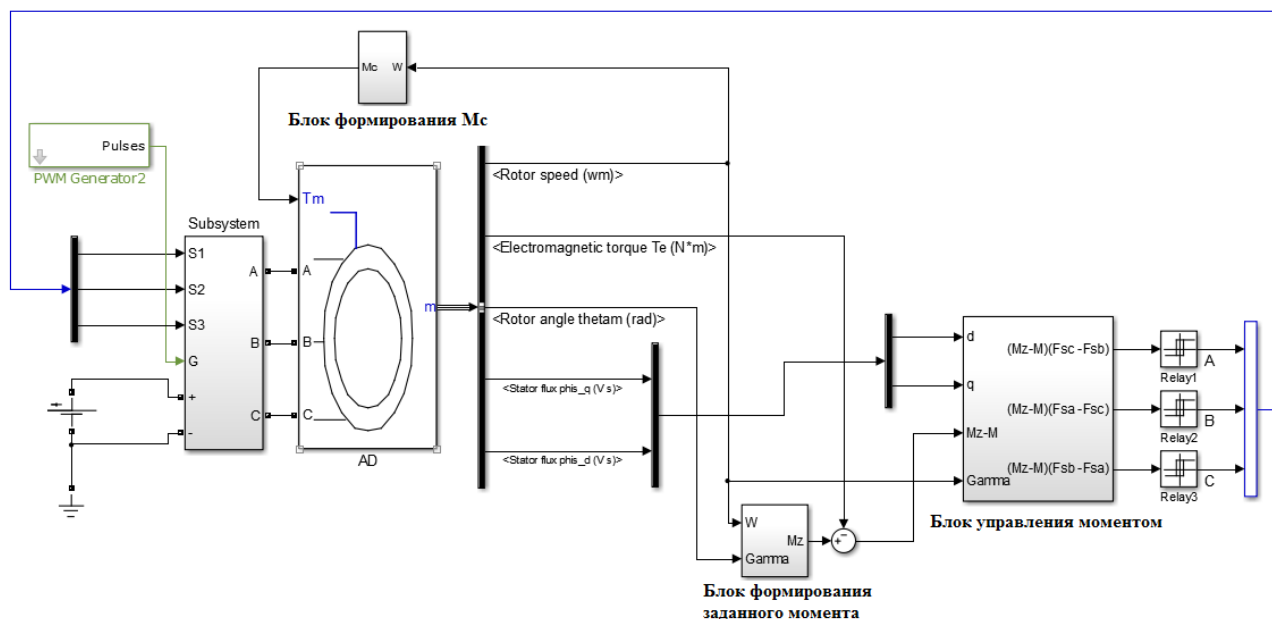


Рисунок 3 Модель позиционирования АД в среде Matlab Simulink

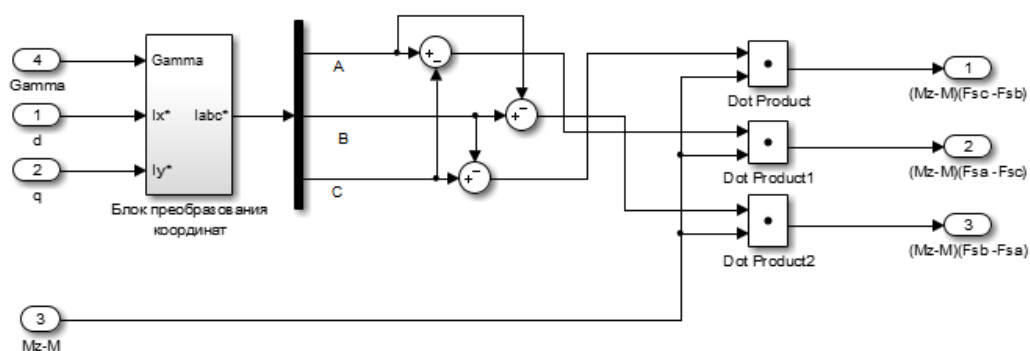


Рисунок 4 Блок управления электромагнитным моментом

Ниже представлены результаты моделирования представленных алгоритмов управления:

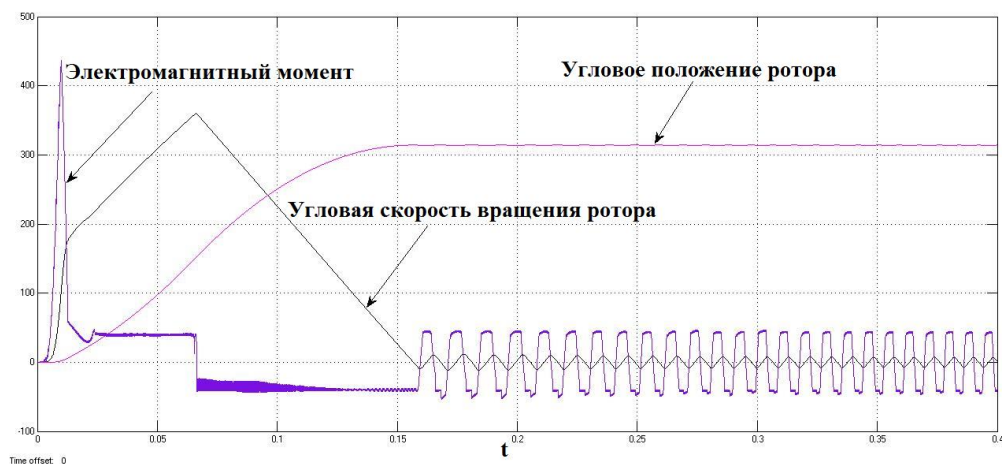


Рисунок 5 График изменения угловой скорости вращения, углового положения ротора АД и величины электромагнитного момента

Для более наглядного отображения полученных результатов сигнал угловой скорости вращения и углового положения ротора пропущены через блок *Gain* с коэффициентом 10 и 100 соответственно.

Таким образом, полученные результаты в работах [1,2] и в данной работе свидетельствуют о возможности применения данного алгоритма управления в реальных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ещин Е.К.* Управление позиционированием электропривода с асинхронным электродвигателем // Вестн. КузГТУ, 2012. №3 С.79-81.
2. *Абрахманов Е.И.* Позиционирование асинхронного электропривода [Электронный ресурс] // Сборник материалов VI всероссийской, 59-й научно – практической конференции молодых ученых «Россия молодая», 2014. – Режим доступа <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2014/materials/> - [06.03.2015].
3. Способ позиционирования асинхронного двигателя: заявка на патент Российской Федерации / Абрахманов Е.И., Григорьев А.В. - № 2013153055; заявл. 28.11.2013.
4. Патент РФ № 2395157, МПК С2 Н02Р 27/00, Н02Р 27/05, Н20Р 25/02, Н20Р 23/00.Способ управления величиной электромагнитного момента электрической машины переменного тока / Ещин Е.К., Григорьев А.В., Соколов И.А., опубл. 20.07.2010 Бюлл. № 20