УДК 621.313.62-83.681-5

Е.К.Ещин

УПРАВЛЕНИЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Перевод электрической машины из одного состояния в другое – классическая задача управления [1,2]. При этом минимально необходимые уравнения движения электропривода можно записать с естественными ограничениями в виде:

$$\begin{cases} \dfrac{d\gamma}{dt} = \omega, \\ \dfrac{d\omega}{dt} = J^{-1}\Delta M, \end{cases}$$

$$\Delta M_{min} \le \Delta M \le \Delta M_{max}$$

где γ - угол поворота вала ротора электродвигателя (ЭД), в обозначениях на рисунках - Gamma, ω – частота вращения ротора АД, $\Delta M = M - M_c$ – динамический момент (в обозначениях на рисунках - DeltaM), M – электромагнитный момент ЭД, M_c – момент сопротивления на валу ЭД, J – момент инерции.

Формулировка задачи в постановке, например, о переводе объекта из произвольного начального состояния в начало координат (γ=0, ω=0) физически означает возврат к нулевому значению угла поворота ротора и остановку вращения ЭД. Этот вариант управления можно представить себе в машинах, у которых по условиям выполнения технологического процесса исполнительный орган должен вернуться в исходное положение.

Существует также задача об обеспечении электроприводу конечных условий, когда $\gamma=\gamma_z$, ω=0, где γ_z – задаваемое значение угла поворота ротора ЭД - задача позиционирования. Подобные рода задачи возникают, например, при управлении электроприводами запорной арматуры, а также во многих других задачах финитного управления.

Рассмотрим решение задачи позиционирования по условию обеспечения максимального быстродействия при переходе системы электропривода из одного состояния в другое и изменяющейся нагрузке на валу электродвигателя. Управляющее воздействие при позиционировании – динамический момент (ΔM). В качестве исполнительного двигателя примем асинхронный электродвигатель (АД) с его математической моделью по [3].

Запишем для исходной системы в соответствии с принципом максимума Л.С.Понтрягина [4] вспомогательную функциюH:

$$\mathbf{H} = \Psi_1\omega + \Psi_2 J^{-1}\Delta M.$$

В силу условий обеспечения максимума для H будем иметь:

$$\Delta M(t) = \Delta M_{max}, \quad if \quad \psi_2(t) > 0;$$
$$\Delta M(t) = \Delta M_{min}, \quad if \quad \psi_2(t) < 0.$$

Отсюда следует, что оптимальное управление является функцией, принимающей значения ΔM_{max}, ΔM_{min} и имеющей не более двух интервалов постоянства [4].

По отношению к электромагнитному моменту (M) АД его необходимое (задаваемое) значение определится как $M_z = \Delta M + M_c$, и при постоянстве динамического момента будет определяться только величиной момента сопротивления.

Таким образом, возникает задача перевода электропривода из одного состояния в другое за минимум времени при изменяющейся нагрузке, что эквивалентно обеспечению классических фазовых траекторий перемещения по [4].

Из исходной системы уравнений движения можно записать $\dfrac{d\gamma}{dt} = \dfrac{J}{\Delta M}\omega$ и при условии, что

$$\Delta M = const - \gamma = \frac{J}{2\Delta M}\omega^2 + \gamma_z,$$

уравнение поверхности (линии) переключения [7-9] будет выглядеть так:

$$\omega - k\sqrt{\left|\frac{2\Delta M}{J}(\gamma - \gamma_z)\right|} = 0.$$

Возможность обеспечить условие: $\Delta M = const$ имеется. Например, при реализации управления величиной электромагнитного момента АД по [6].

При этом правила формирования необходимых значений управляющих воздействий (напряжений фаз АД) для обеспечения минимума разности $|M_z - M|$ или экстремума функционала

$$J = inf \int_0^t (M_z - M)^2 dt,$$

при управлении со стороны статора в координатной системе α, β таковы:

$$U_{s\alpha} = \begin{cases} -U_{\alpha max} & \text{при } (M_z - M)\Psi_{s\beta} > 0, \\ U_{\alpha max} & \text{при } (M_z - M)\Psi_{s\beta} \le 0, \end{cases}$$

$$U_{s\beta} = \begin{cases} U_{\beta max} & \text{при } (M_z - M)\Psi_{s\alpha} > 0, \\ -U_{\beta max} & \text{при } (M_z - M)\Psi_{s\alpha} \le 0. \end{cases}$$

Результаты решения задачи в среде MatLab SimuLink (рис.1) в виде траекторий изменения координат приведены на рис.2.

Формирование величин момента сопротивления (активного) для модели в Matlab Simulink проводилось совокупностью блоков.

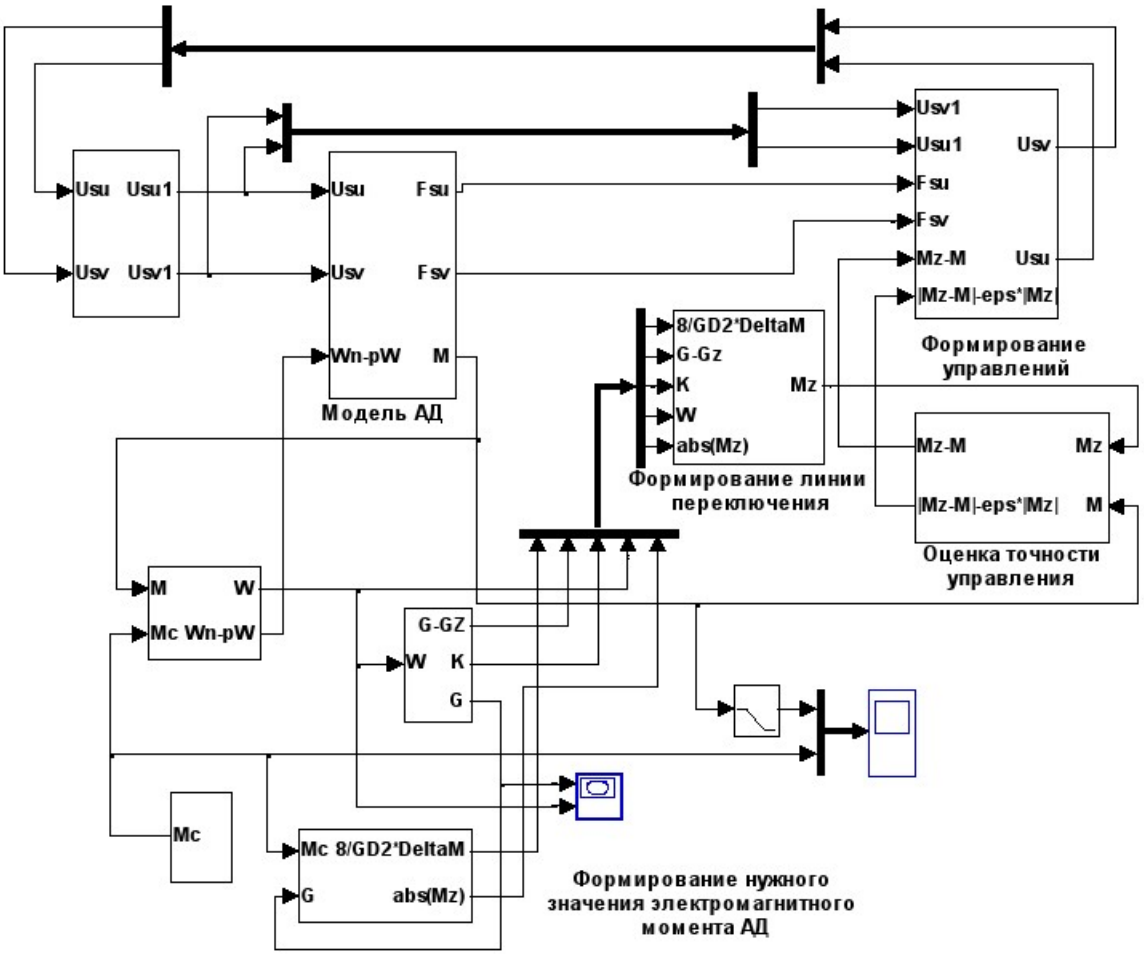


Рис. 1 Модель электропривода на базе АД для изучения процессов управления углом поворота вала ротора при изменяющейся нагрузке

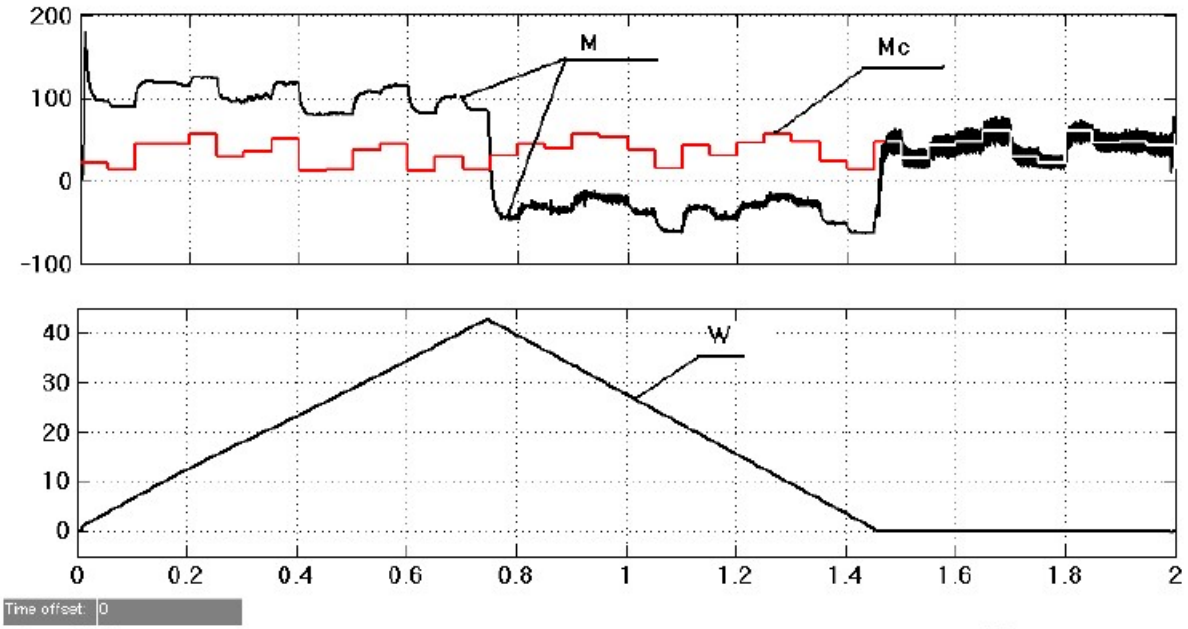
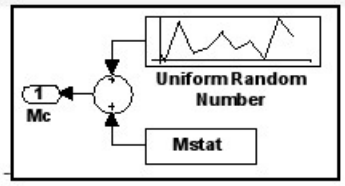


Рис. 2 Характер изменения момента сопротивления, электромагнитного момента АД и скорости вращения ротора (нижний график) при обеспечении постоянства динамического момента при повороте ротора АД на угол 4π (моделирование в среде Matlab Simulink)



Формирование M_c (реактивного) для модели в среде Delphi-

$$\mathrm{M_c} = 0.64 arctg(B\omega)\left[M_{stat} + \sum_{i=1}^{N} A_i \sin(2\pi f_i t)\right]$$

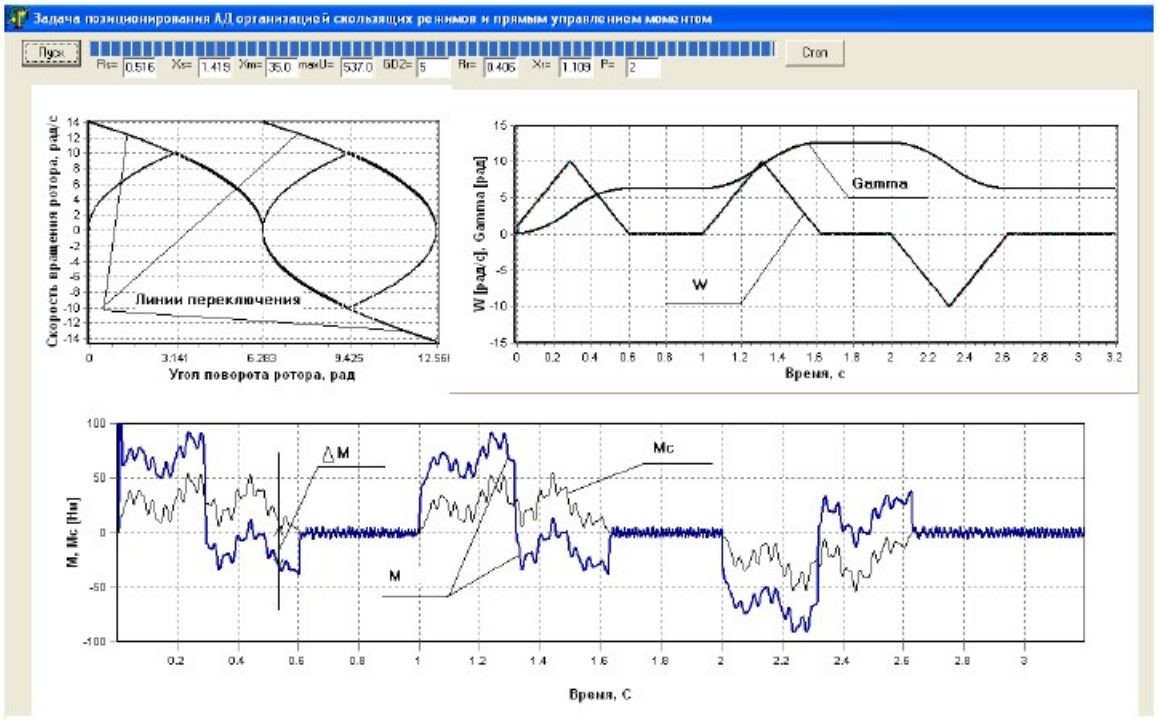


Рис. 3 Процесс последовательного, с паузами, поворота ротора АД на угол 2π, 4π и возврат его в положение с углом поворота- 2π при изменении момента сопротивления и обеспечении постоянства динамического момента (моделирование в среде Delphi)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ещин Е.К.* Общая задача управления асинхронным электродвигателем/ Ещин Е.К., Григорьев А.В. // ИВУЗ, Электромеханика, 2010. №1. С.39-43

2. *Ещин Е.К.* Общая задача оптимизации частотного управления асинхронным электродвигателем/ Ещин Е.К. , Гаврилов П.Д. // ИВУЗ "Электромеханика". 1979. №6. С.541-545.

3. *Ковач К.П., Рац И.* Переходные процессы в машинах переменного тока. М.-Л. Госэнергоиздат, 1963. 744 с.

4. *Понтрягин Л.С., В.Г.Болтянский, Р.В.Гамкрелидзе, Е.Ф.Мищенко.* Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1983. 392 с.

5. YOON-SEOK HAN. The position control of induction motors using a binary disturbance observer / YOON-SEOK HAN,YOUNG-SEOK KIM, SHIGERU OKUMA // Advanced Robotics, Vol.14, No 2, pp. 119-134 (2000)

6. *Ещин Е.К.,Григорьев А.В.,Соколов И.А.* Способ управления величиной электромагнитного момента электрической машины переменного тока (варианты). Пат. №2395157 Заявл. 31.03.2008; Опубл.20.07.2010. Бюл. № 20.

7. *Utkin V.I., Guldner J., Shi J.* Sliding mode control in electromechanical systems. Taylor & Francis, 1999. – 325 с.

8. *Park Min-Ho.* Chattering reduction in the position control of induction motor using the sliding mode / Park Min-Ho, Kim Young-Real // [Электронный ресурс]. - Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. - Режим доступа: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=85898 (Дата обращения: 11.04.2012)

9. *Do Thi Hong Tham, Durong Hoai Nghia.* Sliding mode control of induction motor // International Symposium on Electrical & Electronic Engineering 2001 – Oct 24, 25 2007.

□ Автор статьи

Ещин
Евгений Константинович,
докт.техн.наук, проф. каф. прикладных
информационных технологий КузГТУ.
Email: eke@kuzstu.ru