

УДК 621.313.62-83.681-5

Е.К.Ещин

## УПРАВЛЕНИЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УПРУГОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ

Задача позиционирования непосредственно асинхронного электродвигателя (АД) рассмотрена в [1]. Этот вариант управления применим к реализации в случае весьма большой жесткости компонентов механического передаточного устройства (МПУ), т.е. когда скорости вала ротора электродвигателя ( $\omega_1$ ) и исполнительного органа ( $\omega_2$ ) практически равны.

В случае конечной жесткости компонентов МПУ при изменяющейся нагрузке на исполнительном органе ( $M_c$ ) величины скоростей будут различаться друг от друга, также как величины электромагнитного момента электродвигателя ( $M$ ) и момента упругости трансмиссии ( $M_y$ ). См., например, рис. 1, для 2-х массовой расчетной схемы:

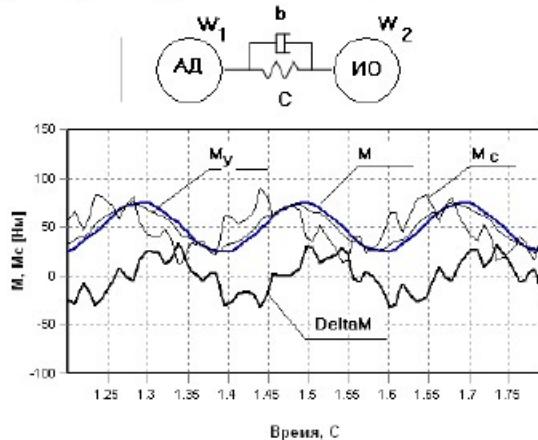


Рис. 1 Динамика изменения параметров 2-х массовой системы электропривода при изменяющейся нагрузке

где  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  – частота вращения ротора АД и исполнительного органа ИО,  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  - углы поворота вала ротора электродвигателя и ИО (в обозначениях на рисунках – Gamma),  $\Delta M = M_y - M_c$  – динамический момент (в обозначениях на рисунках – DeltaM),  $M$  – электромагнитный момент АД,  $M_y$  – упругий момент в трансмиссии,  $M_c$  – момент сопротивления на валу ЭД,  $J_1$ ,  $J_2$  – моменты инерции АД и ИО,  $c$  – приведенная жесткость МПУ,  $b$  – коэффициент диссипации.

Рассмотрим решение задачи позиционирования по условию обеспечения максимального быстродействия при переходе системы электропривода из одного состояния в другое и изменяющейся нагрузке на валу исполнительного органа. Управляющее воздействие при позиционировании – динамический момент на исполнительном органе ( $\Delta M$ ). В качестве исполнительного двигателя

примем асинхронный электродвигатель (АД) с его математической моделью по [3]. Уравнения движения системы известны:

$$\frac{d\omega_1}{dt} = \frac{1}{J_1}(M - M_y),$$

$$\frac{dM_y}{dt} = c(\omega_1 - \omega_2) + b \frac{d}{dt}(\omega_1 - \omega_2),$$

$$\frac{d\omega_2}{dt} = \omega_2, \quad \frac{d\omega_2}{dt} = \frac{1}{J_2}(M_y - M_c).$$

Позиционирование исполнительного органа обеспечивается при выполнении условия  $|M_y - M_c| = const$ . При этом знак разности моментов обеспечивается действиями:

1.  $K = \begin{cases} -1 & \text{при } \gamma_2 > \gamma_{2z}, \\ 1 & \text{при } \gamma_2 \leq \gamma_{2z}. \end{cases}$  – определение нахож-

дения фазовой точки в полуплоскости;

2.  $\omega_p = K \sqrt{\frac{2\Delta M_z}{J_2 p}} (\gamma_2 - \gamma_{2z})$  – задание линии пе-

реключения;

3.  $M_z = \begin{cases} \Delta M_z + M_c + J_1 \frac{d\omega_1}{dt} & \text{if } (\omega_p - \omega_1) \geq 0, \\ -\Delta M_z + M_c + J_1 \frac{d\omega_1}{dt} & \text{if } (\omega_p - \omega_1) < 0 \end{cases}$

- формирование необходимого значения электромагнитного момента АД.

Возможность обеспечить необходимое значение  $M$  имеется при реализации управления величиной электромагнитного момента АД по [2].

При этом правила формирования необходимых значений управляющих воздействий (напряжений фаз АД) для обеспечения минимума разности  $|M_z - M|$  при управлении со стороны статора в координатной системе  $\alpha$ ,  $\beta$  таковы:

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

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

Результаты моделирования процесса позиционирования исполнительного органа МПУ при формировании  $M_c$  (реактивного) для модели в среде Delphi показаны на рис. 3, 4.

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

Модель объекта управления и структура системы управления при решении задачи в среде MatLab

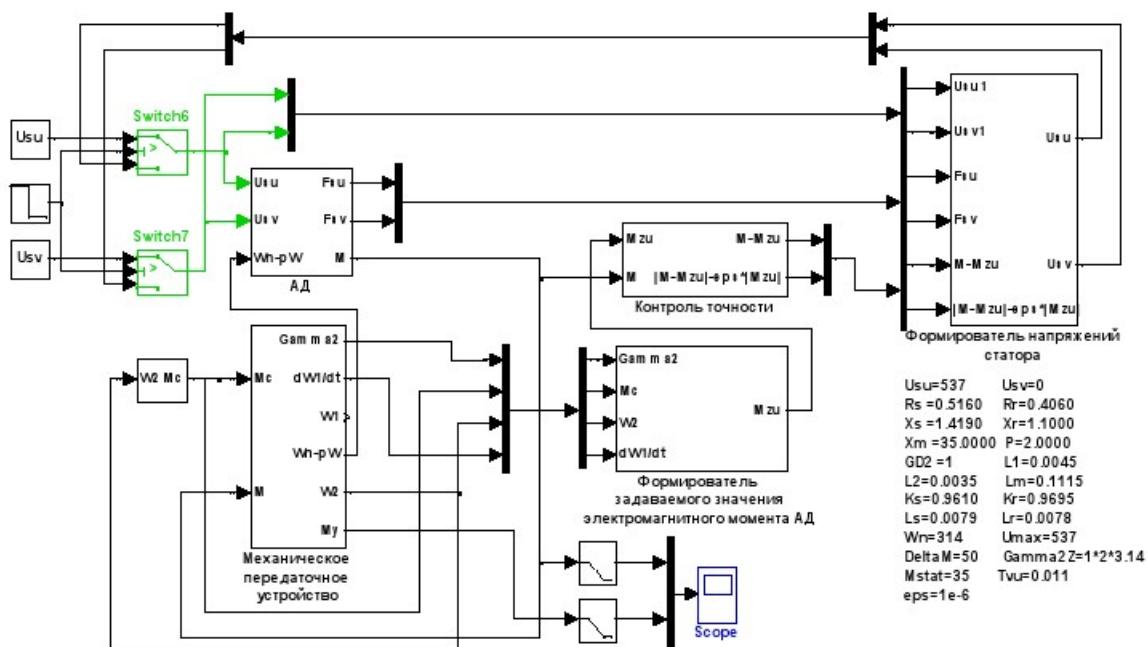


Рис. 2 Модель электропривода на базе АД для изучения процессов управления углом поворота вала исполнительного органа МПУ при изменяющейся нагрузке (Matlab Simulink)

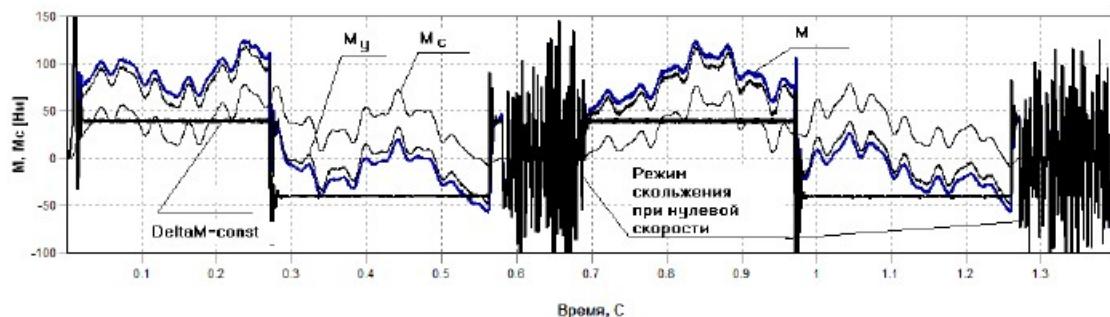


Рис. 3 Процесс последовательного, с паузами, поворота исполнительного органа МПУ на угол  $2\pi$ ,  $4\pi$  при изменении момента сопротивления и обеспечении постоянства динамического момента (моделирование в среде Delphi)

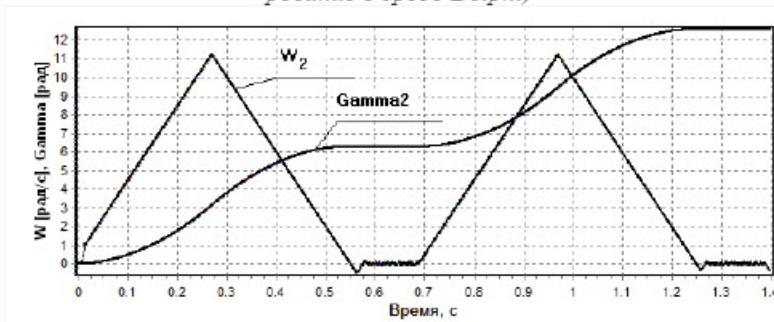


Рис. 4 Изменение скорости и угла поворота исполнительного органа МПУ в режиме позиционирования

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ещин Е.К. Управление позиционированием электропривода с асинхронным электродвигателем // Вестник КузГТУ, 2012. №3. С.79-81.
2. 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.

Автор статьи

Ещин

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

**УДК 621.313.333:045.028****В.Г. Каширских, А.В. Нестеровский, А.П. Носков**

## СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

В настоящее время современный автоматизированный электропривод с использованием соответствующего управления является основой для реализации оптимальных технологических процессов большинства промышленных установок. Очевидно, что для эффективного управления электроприводом необходима информация о состоянии объекта управления. Для этих целей предлагается использовать разработанный нами информационно-вычислительный комплекс, структура которого представлена на рис. 1. Использование информации о текущем состоянии электропривода направлено на повышение эффективности управления и эксплуатационной надежности электропривода и промышленной установки в целом.

Для организации передачи измерительной информации с нижнего уровня информационно-вычислительного комплекса на верхний уровень использованы технологии Ethernet, обладающие рядом достоинств. Поскольку промышленные Ethernet-сети получили широкое распространение в промышленности, существует большое количество Ethernet-совместимого оборудования, позволяющего создавать гибкие структуры с учетом предъявляемых требований к надежности, скорости работы, стоимости. Например, возможно построение высоконадежной сети на базе – оптоволокна, не подверженной воздействию помех и влиянию агрессивных промышленных сред.

С помощью современных промышленных Ethernet-коммутаторов возможна реализация резервируемой кольцевой структуры с малым временем восстановления в случае повреждения линий связи. В некоторых случаях целесообразным может оказаться внедрение участков беспроводной связи. Такая гибкость системы не требует схемотехнических изменений конечных устройств, и фактически, унификация Ethernet как единой сетевой технологии ведет к упрощению развертывания, эксплуатации и обслуживания систем.

В процессе рабочего функционирования промышленной установки на основе информации от датчиков напряжения и тока и математической

модели электропривода вычисляются текущие значения его параметров и переменных величин в реальном времени (динамическая идентификация).

Микроконтроллер опрашивает аналогово-цифровые преобразователи и датчики с цифровыми интерфейсами и формирует в ОЗУ пакеты данных. Параллельно с этим, уже сформированные пакеты передаются на сетевой модуль, который самостоятельно, без участия микроконтроллера, осуществляет их передачу через Ethernet интерфейс на промышленный компьютер.

Для передачи измерительной информации выделен независимый Ethernet сегмент, не пересекающийся с локальной сетью предприятия, чтобы не допустить в передаче измерительной информации потерь, вызванных трафиком других устройств и компьютеров.

На промышленном компьютере происходит первичная обработка информации — фильтрация, масштабирование, преобразование из целочисленного представления в формат с плавающей точкой, а затем — динамическая идентификация.

Полученные в результате работы информационно-вычислительного комплекса текущие значения параметров и переменных величин электропривода затем направляются через локальную сеть предприятия на сервер баз данных для сохранения, откуда они могут быть получены по запросу через локальную сеть. Эти данные предназначены не только для использования в работе системы управления электропривода, а также и для защиты и функциональной диагностики электропривода.

На рис. 2 представлена структура измерительного модуля, предназначенного для измерения фазных токов асинхронного электродвигателя. В качестве датчиков тока выбраны датчики типа CSLA2EJ, работа которых основана на эффекте Холла с гальванической развязкой с измеряемой цепью. Диапазон измеряемых токов — до 300 А. Одним из достоинств этих датчиков, упрощающих схемотехническую реализацию, является то, что и питание, и выходной сигнал являются однополярными.