

*Магістр Горелов П. В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Україна)*

ПРИМЕНЕНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ В РЕЛЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКОЙ

Наведені результати досліджень та моделювання, які описують вплив спостерігача стану на переходні процеси в релейних системах електроприводу з нелінійним навантаженням.

Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими задачами. Значительное количество промышленных электроприводов (ЭП) имеет в своем составе упругие кинематические связи, что позволяет рассматривать данный класс как двухмассовые электромеханические системы (ЭМС).

Как известно, наличие упругой кинематической связи существенно влияет на динамику ЭП, не зависимо от характера приложенной нагрузки. Таким образом, задачи синтеза систем управления можно сформулировать следующим образом:

- получение необходимых динамических свойств и минимизация ошибки в статическом режиме;
- обеспечение квазиинвариантности к параметрическим и координатным возмущениям.

Объектом управления в данной работе выступает двухмассовый ЭП постоянного тока, состоящий из двигателя постоянного тока независимого возбуждения и управляемого преобразователя. Первой массой с моментом инерции J_1 в таком объекте является совокупность якоря машины, тормозного шкива, соединительной муфты; ко второй массе относятся приведенные к валу двигателя моменты инерции различных частей рабочего механизма, формирующие момент инерции J_2 . Местом приложения статической нагрузки является вторая масса.

Наличие в составе данных систем упругих кинематических связей приводит к появлению дополнительных пульсаций упругого момента и как следствие, возникновению в процессе эксплуатации усталостных напряжений и преждевременному выходу из строя механических частей ЭП.

Анализ исследований и публикаций. Анализ разработок и исследований показывает, что, непосредственно, вопросу применения наблюдателей состояния в различных системах ЭП с нелинейной нагрузкой уделялось пристальное внимание. В работах [1-4] проведены теоретические исследования в вопросах синтеза различных наблюдателей состояния и их влияния на показатели качества переходных процессов в системах ЭП.

Постановка задачи. Исследовать влияние наблюдателей состояния в релейной системе управления двухмассовым ЭП постоянного тока на показатели качества переходных процессов.

Изложение материала и его результаты. Без учета статической нагрузки система дифференциальных уравнений, которые описывают данный объект, имеет вид:

$$\begin{cases} p\omega_2 = \frac{1}{J_2} M_y; \\ pM_y = -C_{12}\omega_2 + C_{12}\omega_1; \\ p\omega_1 = -\frac{1}{J_1} M_y + \frac{C\Phi}{J_1} I; \\ pI = -\frac{C\Phi}{R_\Theta T_\Theta} \omega_1 - \frac{1}{T_\Theta} I + \frac{1}{R_\Theta T_\Theta} E_\Pi; \\ pE_\Pi = -\frac{1}{T_\Pi} E_\Pi + \frac{k_{y\Pi}}{T_\Pi} U_y, \end{cases} \quad (1)$$

где ω_1 – угловая скорость первой массы (двигателя);

ω_2 – угловая скорость второй массы (механизма);

M_y – упругий момент закручивания вала.

Основные допущения:

- пренебрегаем вязким внутренним трением внутри вала;
- коэффициент жесткости C_{12} неизменный;
- принимаем поток возбуждения постоянным;
- влияние реакции якоря и токов Фуко не учитываем;
- скорость механизма измеряется;
- преобразователь представлен апериодическим звеном первого порядка.

Указанные допущения являются общепринятыми для значительной части ЭП постоянного тока и позволяют ограничиться при описа-

ния данных приводов линейными дифференциальными уравнениями, при этом сохраняется адекватность математической модели.

На основании системы уравнений (1) получим структурную схему объекта управления (рис.1).

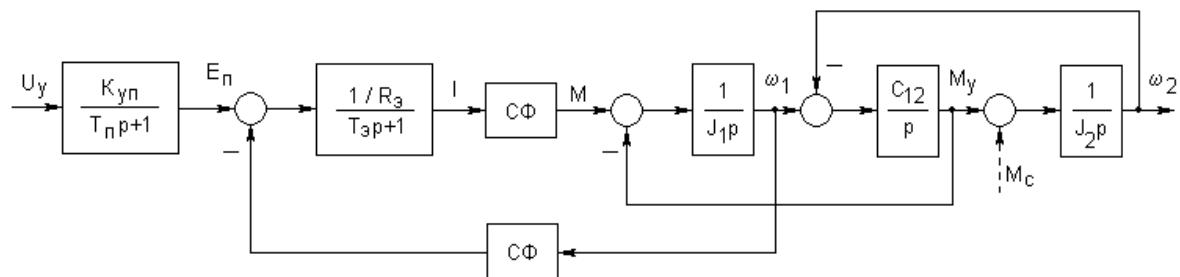


Рисунок 1 – Структурная схема двухмассового объекта ЭП

Для проверки теоретических расчетов создана математическая модель в среде MATLAB/Simulink с применением релейной системы управления, представленная на рис. 2. Проведено исследование процесса пуска по заданному закону. Графики переходных процессов приведены на рис. 3.

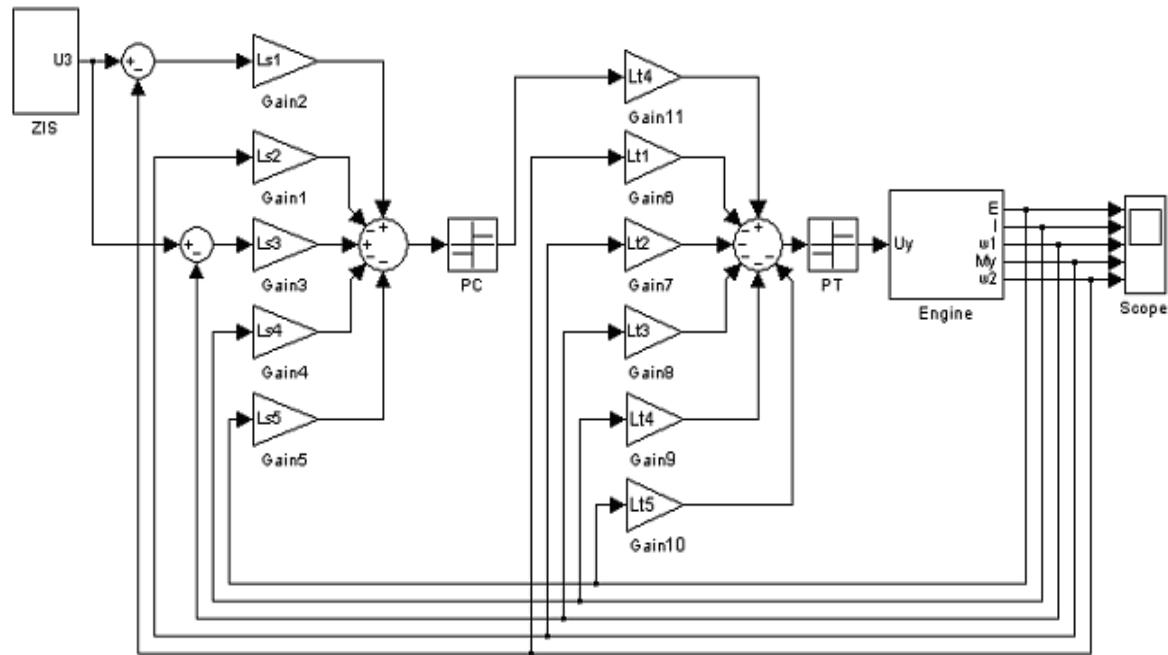


Рисунок 2 – Математическая модель релейной системы управления двухмассовым ЭП в среде MATLAB/Simulink, синтезированной в пространстве естественных координат

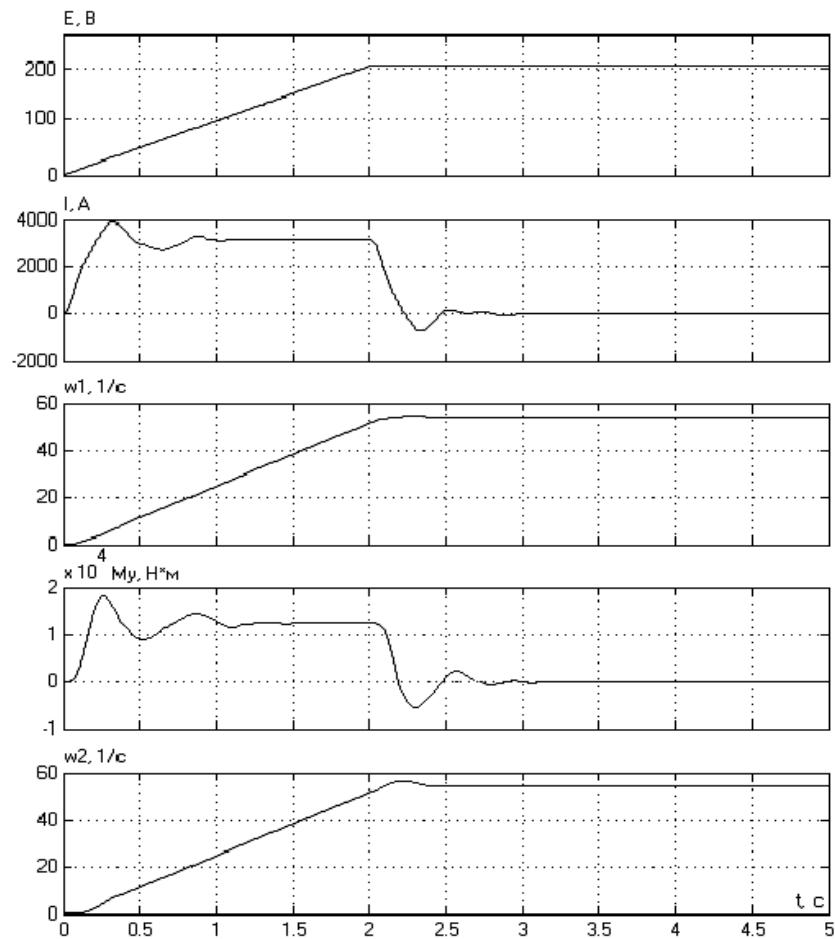


Рисунок 3 – Переходные процессы в двухмассовом ЭП с релейной системой управления, синтезированной в пространстве естественных координат

На рисунке 4 приведена полная структурная схема релейной системы управления двухмассовым ЭП, синтезированная в пространстве естественных координат, с применением асимптотического наблюдателя состояния полного порядка. Результаты моделирования полученной системы с помощью пакета MATLAB/Simulink приведены на рисунке 5.

Анализ полученных результатов. Анализ переходных процессов, изображенных на рис. 3 и 5 дает следующие результаты:

- перерегулирование $\sigma_{\max} \%$ по выходной координате (скорости второй массы, т.е. рабочего органа) ω_2 без применения наблюдателя составляет 3,7%, с применением наблюдателя состояния – 2,9%;
- амплитуда колебаний упругого момента M_y снижается на 27,7%.

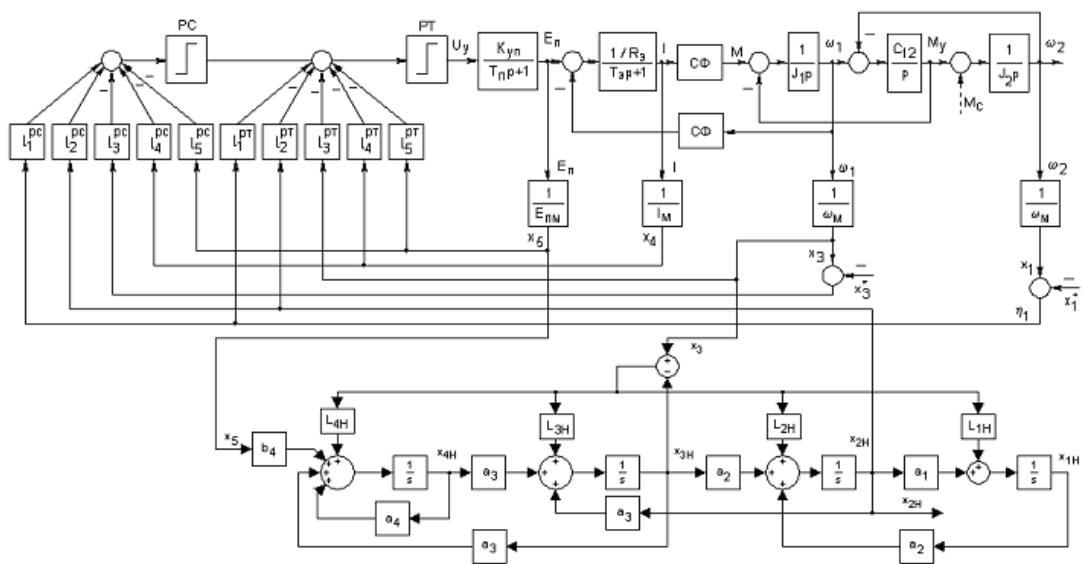


Рисунок 4 – Полная структурная схема релейной системы управления двухмассовым ЭП с наблюдателем состояния

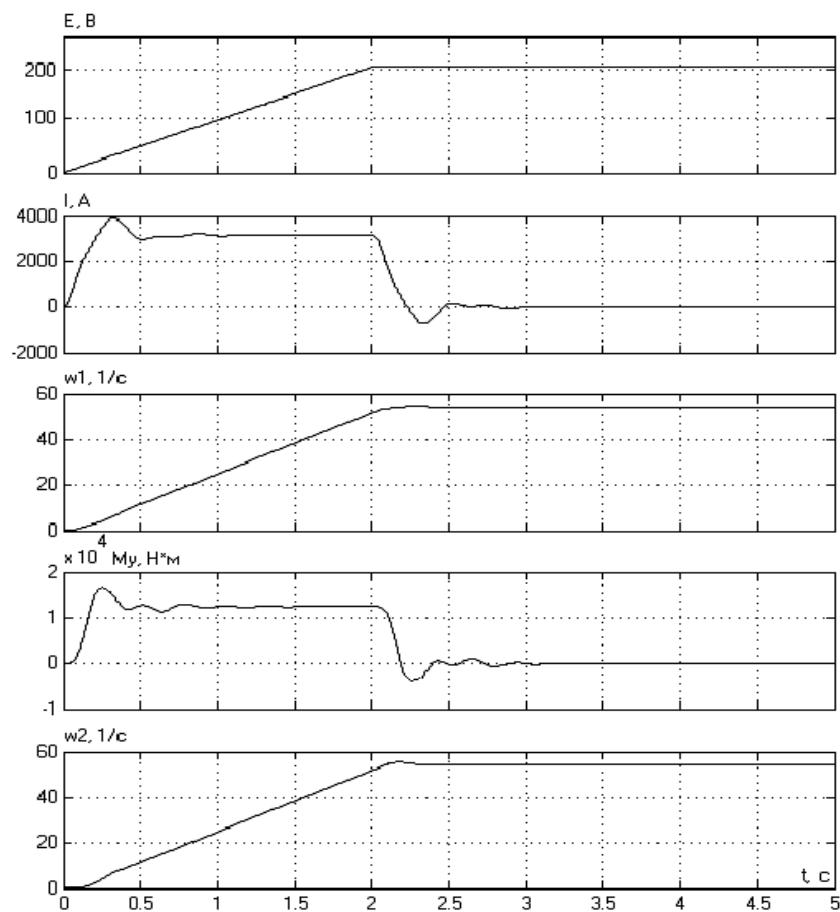


Рисунок 5 – Переходные процессы в двухмассовом ЭП с релейной системой управления и применением наблюдателя состояния

Выводы и направления для дальнейших исследований. Результаты моделирования показывают, что применение наблюдателя состояния позволяет не только улучшить динамические характеристики системы электропривода, но и повысить ее надежность путем снижения механических напряжений внутри элементов кинематической цепи. В дальнейшем следует исследовать возможность применения различных типов наблюдателей состояния, в том числе неполного порядка, а также полосу пропускания синтезированных с применением наблюдателя систем ЭП, с целью установления влияния наблюдателей состояния на быстродействие системы в целом.

Приведены результаты исследований и моделирования, которые описывают влияние наблюдателя состояния на переходные процессы в релейных системах электропривода с нелинейной нагрузкой.

The results of theoretical investigations are presented, which describing influence of condition observer on the transitional processes in relay systems of electrical drive with nonlinear load.

Библиографический список

1. Щелоков А. Г. Синтез релейных систем управления электроприводов постоянного тока с отрицательным вязким трением в нагрузке: Дис ... канд. техн. наук. – Алчевск, 2002. - 243 с.
2. Акимов Л. В., Колотило В. И., Марков В. С. Динамика двухмассовых систем с нетрадиционными регуляторами скорости и наблюдателями состояния. – Харьков: ХГПУ, 2000. – 93 с.
3. Толочко О. І. Аналіз та синтез електромеханічних систем зі спостерігачами стану. – Донецьк, ДПІ, 2004. – 196 с.
4. Акимов Л. В., Долбня В. Т., Колотило В. И. Системы управления электроприводами постоянного тока с наблюдателями состояния. – Харьков: ХГПУ, 1998. – 117 с.
5. Акимов Л. В., Колотило В. И. Электромеханические системы скорости и положения с наблюдателями состояния. – Харьков: ХГПУ, 1999. – 81 с.
6. Клепиков В. Б., Котляров В. О., Осичев А. В. О влиянии наблюдателей устройств на устойчивость замкнутой двухмассовой системы с отрицательным вязким трением // Вестник ХГПУ. Проблемы Автоматизированного электропривода. Теория и практика. – Харьков: ХГПУ.– 1998. – С.59 – 62.