



В.Н. Бакаев

Вологодский государственный университет

УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНИЗМОВ МАЯТНИКОВОГО ТИПА

Рассмотрены методы управления электроприводом с механизмом маятникового типа. Обосновано применение фаззи-управления, чтобы достичь некоторой робастности. Рекомендуется в качестве входных переменных фаззи-регулятора задавать скорость, ускорение тележки и угол отклонения груза от вертикали при формировании требуемого переходного процесса.

Математический маятник, электрический привод, стабилизация, робастное управление, нечеткая логика.

Электромеханические системы перемещения и позиционирования, состоящие из электропривода и нестационарного механизма, применяются для выполнения погрузочно-разгрузочных, подъемно-транспортных, ремонтных сборочных и складских работ. Оптимизация их работы требует современных методов управления с применением кроме классических регуляторов различных идентификаторов, наблюдателей, фаззи-управления, чтобы достичь некоторой робастности. В автоматизированных установках раскачивание грузов вносит неопределенность в программу работы механизмов и в ряде случаев может существенно ограничить преимущества автоматизации.

В этом случае приходится решать задачу синтеза системы управления, чтобы сформировать диаграмму разгона и торможения механизма передвижения, минимизирующую амплитуду отклонения груза и при этом обеспечивающую максимальную производительность работы взаимосвязанных электроприводов.

Общий подход при решении подобных задач заключается в том, что электромеханическая система (двигатель с тележкой, канат и груз), образует маятник (канат и груз) с подвижной точкой подвеса (двигатель с тележкой) [1–2]. Путем рационального перемещения точки подвеса этого маятника можно управлять его колебаниями с помощью электропривода механизма передвижения. Для ограничения времени и амплитуды маятниковых колебаний груза используют ручные и автоматические способы.

При использовании автоматических способов управления дается только начальный командный сигнал, а движение механизма автоматически формируется системой управления электроприводом. При этом необходимо применение сложных датчиков отклонения груза. Для осуществления способов с нулевыми начальными отклонениями также необходимы определенные датчики параметров движения, однако они проще датчиков отклонения. При этом необходимо применение различных датчиков в зависимости от того, какую переменную задавать при формировании требуемого переходного процесса: приложенную к тележке результирующую силу, скорость и ускорение тележки, угол отклонения груза от вертикали и т. д.

Объект управления в нашем случае является сложной нелинейной электромеханической системой [3]. Анализ динамических нагрузок в такой системе возможен при учете как электрических связей, так и механических между движущимися массами системы. В [1] приведено описание работы маятника при условии постоянной приложенной силы к движущейся тележке. Синтез алгоритма управления нестационарной системой подразумевает наличие в математической модели ряда допущений [4]:

- механическая передача от двигателя к тяговому органу жесткая;
- масса подвешенного груза сосредоточена в точке, совпадающей с ее центром тяжести;
- гибкая подвеска, связывающая тяговый орган и груз, является безынерционной и абсолютно жесткой;
- система электропривода настроена так, что быстрое действие перехода к силе воздействия на тележку также можем пренебречь.

Эти допущения вполне оправданны при определении управляющего воздействия для минимизации параметров колебаний груза. В этом случае возможно использование уравнения Лагранжа второго рода для определения колебаний массы m_2 при воздействии на тележку момента двигателя M_0 (рис. 1).

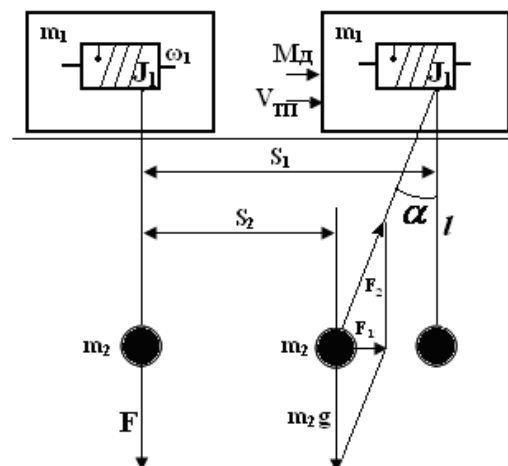


Рис. 1. Механизм с маятниковой подвеской

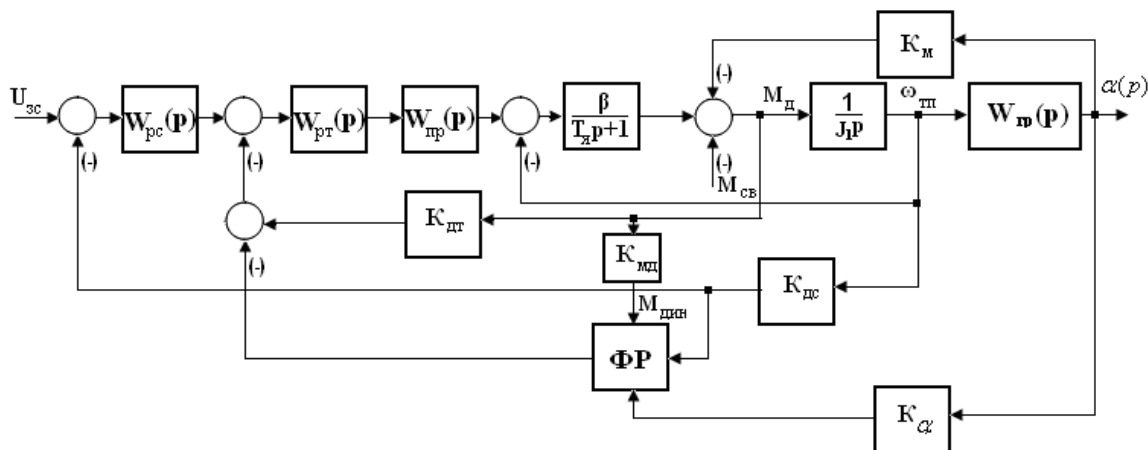


Рис. 2. Структурная схема электропривода с фаззи-регулятором

Уравнения Лагранжа:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial W}{\partial s_1'} \right) - \frac{\partial W}{\partial s_1} = M_0; \quad \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial W}{\partial \alpha'} \right) - \frac{\partial W}{\partial \alpha} = m_2 g l \sin \alpha \quad (1)$$

$$W = \frac{m_1 s_1'^2}{2} + \frac{m_2 (s_1'^2 - l \alpha' \sin \alpha)^2}{2} + \frac{m_2 l^2 \alpha'^2 \sin^2 \alpha}{2},$$

где W – кинетическая энергия системы; s_1' – скорость массы m_1 ; α' – угловая скорость массы m_2 ; l – длина подвески; g – ускорение свободного падения.

После выполнения дифференцирования получим: $(m_1 + m_2) s_1'' - m_2 l \alpha'' \cos \alpha + m_2 l \alpha'^2 \sin \alpha = M_0$; (2)
 $m_2 l^2 \alpha'' - m_2 l \cos \alpha \alpha'' = -m_2 g l \sin \alpha$.

Решив систему уравнений (2) для отклонения груза от вертикали $\alpha(t)$ массы груза m_2 , получим при условии $m_2 \sin^2 \alpha \ll m_1$ уравнение (3):

$$\alpha'' + \frac{m_2}{m_1} \alpha'^2 \sin \alpha \cos \alpha + \frac{m_1 + m_2}{m_1} \frac{g}{l} \sin \alpha = \frac{M_0 \cos \alpha}{m_1 l} \quad (3)$$

Линеаризованную передаточную функцию $W_{тр}(p)$ от скорости точки подвеса $v_{тп}(p)$ к отклонению груза от положения равновесия $\alpha(p)$ примем в виде [2]:

$$W_{тр}(p) = \frac{\alpha(p)}{v_{тп}(p)} = \frac{Kp}{(T_1 p)^2 + T_2 p + 1}, \quad (4)$$

где K – зависит от конструкции механизма; $T_1 = \sqrt{\frac{l}{g}}$, $T_2 = \frac{K_{св} l}{m_2 g}$; l – длина подвеса; $K_{св}$ – зависит от скорости ветра; m_2 – масса груза.

Тогда от управляемого электропривода необходимо потребовать воспроизведения выходной функции фаззи-регулятора. А структурная схема в этом случае может быть представлена в виде рис. 2. Ускорение в приводе подвеса пропорционально динамическому моменту в двигателе (динамическому току).

Электромеханическая система в целом включает в себя механизм, электропривод и систему управления электроприводом с фаззи-регулятором (ФР), на вход которого подаются сигналы о скорости подвеса груза, его отклонения и динамического момента. Термы функций принадлежности ФР приняты треугольного вида. Выходной сигнал ФР подается в контур управления моментом двигателя, чтобы управлять необходимым ускорением движения точки подвеса. Моделирование и offline-настройка системы возможна с использованием любого пакета прикладных программ, имеющего Simulink, FZ-logic и математические функции.

Предложенная модель электропривода может быть использована для систем управления поворотом стрелы кранов с автоматизированным гашением возникающих колебаний груза.

Литература

1. Терехов, В. М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Терехов, О. И. Осипов; под ред. В. М. Терехова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.
2. Системы управления электродвигателями [Электронный ресурс]: сайт компании ООО «ГК Приводные системы». – Режим доступа: <http://www.drive-systems.ru/>.
3. Сериков, С. А. Задачи идентификации и рекуррентный подход к их решению / С. А. Сериков. – Воронеж : Научная книга, 2003. – 92 с.
4. Масандилов, Л. Б. Электропривод подъемных кранов / Л. Б. Масандилов. – Москва : МЭИ, 1998. – 100 с.

V. N. BAKAEV

CONTROLLED ELECTRIC DRIVE OF THE PENDULAR TYPE MECHANISMS

The methods of control of electric drive with a pendular mechanism are considered. The use of fuzzy control for achieving robustness is grounded. It is recommended to set the speed, acceleration of the carriage and the deviation angle of the weight from the vertical as input variables of the fuzzy controller when forming the required transient process.

Mathematical pendulum, electric drive, stabilization, robust control, fuzzy logic.