



В.Н. Бакаев

Вологодский государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С ФАЗЗИ-РЕГУЛЯТОРОМ

Рассмотрены методы управления электроприводом перемещения подвешенного груза. Разработана модель объекта для реализации фаззи-регулятора. Рекомендуется в качестве входных переменных фаззи-регулятора задавать угол отклонения груза от вертикали и его угловую скорость при формировании требуемого переходного процесса.

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

Большинство объектов управления в автоматизированном электроприводе являются сложными электромеханическими системами. Это выражается в наличии ограничений не только на отдельные параметры и координаты движения, но и их нелинейные взаимосвязи. Анализ динамических процессов в них требует учета особенностей как в электрической части, так и в механике электропривода. Методы жестких настроек типовых регуляторов потребуют в этом случае синтеза достаточно сложных управляющих воздействий даже при существенных упрощениях математического описания процессов, происходящих в электромеханической системе, когда сама модель объекта не совсем адекватна реальной системе из-за принимаемых допущений. Методы, использующие применение устройств наблюдения и эталонных моделей [1], могут решить проблему оптимального управления, но в ограниченном диапазоне изменения параметров управляемого объекта. Кроме того, предлагаемые решения не всегда могут учесть изменяющиеся во времени параметры, начальные условия в объекте управления, соотношения отдельных параметров рассматриваемых систем.

Имеется большой класс автоматизированных электроприводов перемещения тележки с подвешенным к ней грузом. Путем рационального перемещения точки подвеса (тележки) этого груза за счет изменения скорости и ускорения, а в конечном итоге управляя усилием, приложенным к подвесу, можно управлять его колебаниями, т.е. ограничивать время и амплитуду отклонений груза от вертикали.

Известны подходы при решении подобных задач [2], основанные на применении фаззи-управления и различном математическом описании объекта управления. Анализ современных методов управления, с применением кроме классических регуляторов и различных идентификаторов нестационарных объектов, свидетельствует о целесообразности использования нечеткой логики. Особенно тогда, когда дифференци-

альные уравнения, описывающие работу электромеханической системы, являются существенно нелинейными и содержащими тригонометрические функции.

Настройка фаззи-регулятора заключается в том, что необходимо минимизировать количество его входов и выходов, а также вид и количество термов функций принадлежности. Сама настройка может быть осуществлена в режиме off-line, а затем проверена на реальном объекте. Для этого необходимо создать модель, адекватную реальному объекту.

В [2] предлагается модель в виде передаточной функции $W_{гр}(p)$ от скорости точки подвеса $v_{тп}(p)$ к отклонению груза от положения равновесия $\varphi(p)$:

$$W_{гр}(p) = \frac{\varphi(p)}{v_{тп}(p)} = \frac{Kp}{(T_1 p)^2 + T_2 p + 1},$$

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

Такое описание не позволяет исследовать влияния соотношения масс тележки и перемещаемого груза на параметры частоты и амплитуды колебаний. Кроме того, здесь предлагается синтезировать управляющее воздействие. Оно получается достаточно сложным в реализации в том случае, если в процессе работы электропривода изменяются его внутренние параметры.

В [1] предлагается модель в виде нелинейных дифференциальных уравнений, полученных на основании решения уравнений Лагранжа:

$$\alpha'' + \frac{m_2}{m_1} \alpha'^2 \sin \alpha \cos \alpha + \frac{m_1 + m_2}{m_1} \frac{g}{l} \sin \alpha = \frac{F_{п} \cos \alpha}{m_1 l},$$

где α – угол отклонения от вертикали; m_1 и m_2 – соответственно масса тележки и груза; l – длина подвеса; $F_{п}$ – усилие, прикладываемое к тележке.

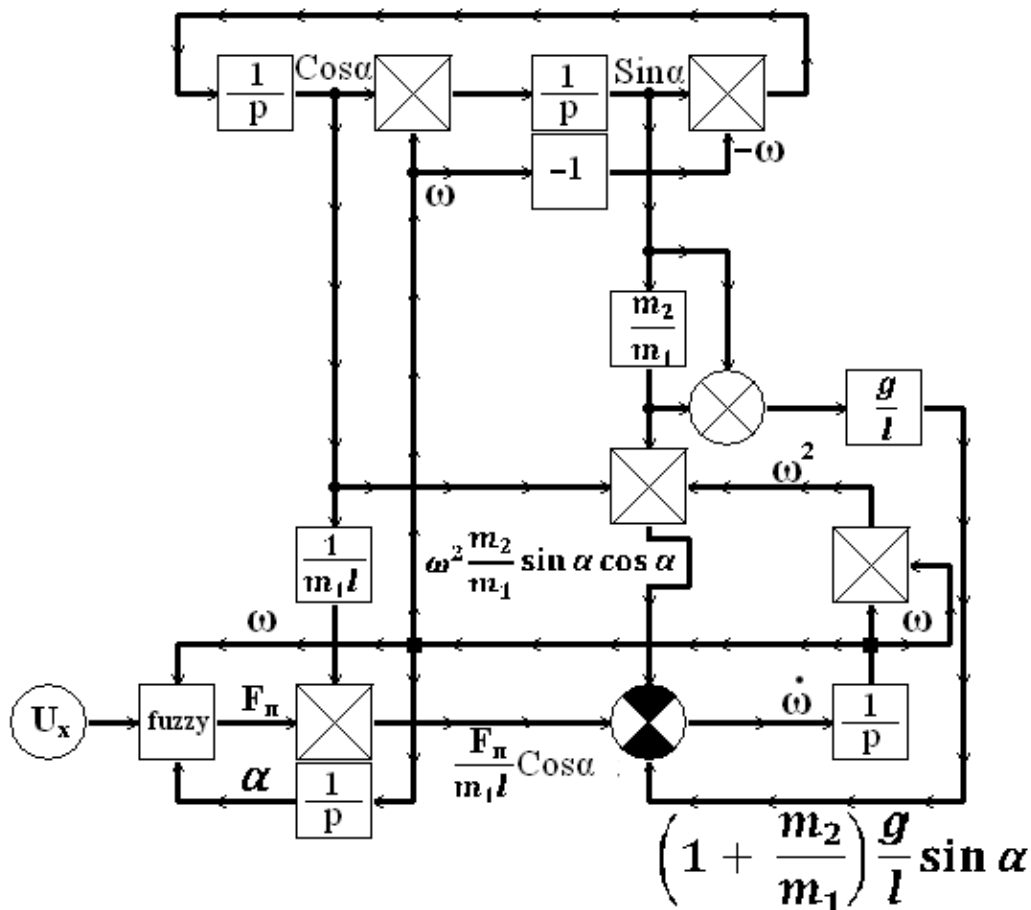


Рис. Структурная схема модели нестационарного объекта

Эта математическая модель получена с учетом ряда допущений:

- 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.

В этом случае применяется нечеткое управление, позволяющее оптимизировать диаграмму разгона и торможения механизма перемещения груза, минимизируя время и амплитуду успокоения колебаний груза и при этом обеспечивая максимальную производительность работы взаимосвязанных электроприводов. Рассматриваемая модель предполагает использование датчика угла отклонения и угловой скорости вращения массы перемещаемого груза (входные переменные), а в качестве выходного параметра фаззи-регулятора – задание на усилие, прикладываемое к массе тележки.

На рисунке приведена структурная схема модели формирования требуемого усилия, создаваемого электроприводом, чтобы минимизировать время успокоения перемещаемого груза.

В предлагаемой модели управления электроприводом перемещения груза на подвесе применяем также фаззи-регулятор для настройки в режиме off-line. При этом возможна оптимизация термов функций принадлежности при различных соотношениях

масс груза и тележки, длины подвеса. Используется робастный подход к выработке управляющего воздействия.

Анализ применения фаззи-управления усилием F_{π} механизма перемещения груза с гибкой подвеской показал, что используя два параметра электромеханической системы (угол отклонения груза от вертикали α и угловую скорость отклонения ω) в качестве входных функций принадлежности, можно восстановить вертикальное положение маятника без перерегулирования за время, меньшее полупериода колебаний. При этом возможен выбор оптимальных термов, чтобы при различных соотношениях масс m_1 и m_2 , а также различной длине l подвеса было обеспечено минимальное время успокоения.

Термы функций принадлежности фаззи-регулятора целесообразно принять треугольного вида. А их количество для каждой переменной исследовалось от 3 до 5. Выходной сигнал fuzzy подается в контур тока, чтобы управлять необходимым ускорением движения точки подвеса. Моделирование и исследование в режиме off-line возможны с использованием любого пакета прикладных программ, имеющего Simulink и FZ-logic.

Литература

1. Терехов, В. М. Системы управления электроприводов : учебник для студентов высших учебных за-

ведений / В. М. Терехов, О. И. Осипов ; под редакцией В. М. Терехова. – Москва : Академия, 2005. – 304 с.

2. Рассудов, Л. Н. Электроприводы с распределенными параметрами механических элементов /

Л. Н. Рассудов, В. Н. Мяздель. – Ленинград : Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1987. – 144 с.

V.N. Bakaev

MODELLING OF CONTROL SYSTEM OF ELECTRIC DRIVE WITH FUZZY REGULATOR

The methods of controlling the electric drive of moving suspended loads are considered. A model of the object for the implementation of the fuzzy controller is developed. It is recommended to set the angle of deviation of the load from the vertical and its angular velocity as the required transition process as input variables of the fuzzy controller.

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