

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНЫМ МАГНИТНЫМ ПОДВЕСОМ

И.А. Тутов, ст. преподаватель
 М.А. Отрадных, студент гр.8Е71
 Томский политехнический университет
 E-mail: mao12@tpu.ru

Введение

Магнитная левитация – это явление, при котором металлические предметы «парят» в воздухе под воздействием магнитного поля. Наиболее заметное применение магнитной левитации в поездах: они могут развивать до 500 км/ч, благодаря сведению трения к минимуму между колесами и рельсами. Магнитная левитация также играет значимую роль в активных магнитных подвесах, которые в свою очередь являются основой к активным магнитным подшипникам, используемых для подвеса роторов и валов высокоскоростных электрических машин.

Вывод математической модели объекта управления

В разрабатываемой системе объектом управления является постоянный магнит, положение которого стабилизируется с помощью электромагнита. С помощью второго закона Ньютона [1] выведена система уравнений в изображении Лапласа:

$$\begin{cases} v(s) \cdot s = \frac{L_0 \cdot I(s)^2}{2m \cdot \alpha \left(1 + \frac{y(s)}{\alpha}\right)^2} - g(s) - \frac{Br \cdot \pi \cdot (2r)^2}{16m \cdot \mu_0} \cdot \left(\frac{l + y(s)}{\sqrt{r^2 + (l + y(s))^2}} - \frac{y(s)}{\sqrt{r^2 + y(s)^2}} \right), \\ y(s) \cdot s = v(s), \end{cases} \quad (1)$$

где B_r – Остаточная индукция магнита (1.2 Тл); l – высота магнита (0.0003 м); r – радиус магнита (0.001 м); m – масса магнита (0.007 кг); L_0 – константа для электромагнита (0.0003 Гн); α – константа для электромагнита (0.003 м).

На основе данной системы уравнений была построена операторно-структурная схема объекта управления в математическом пакете Matlab в среде Simulink, которая представлена на рисунке 1.

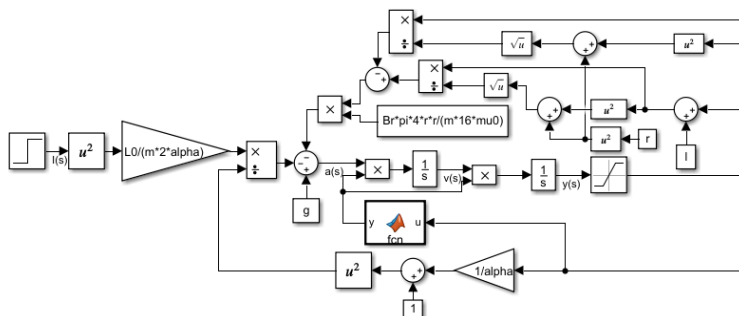


Рис. 1. Операторно-структурная схема объекта управления.

Настройка регулятора

В данной системе используется регулятор скользящего режима, для настройки которого необходим фазовый портрет (см. рисунок 2). Осью абсцисс выступает расстояние от объекта управления до исполнительного механизма, а осью ординат – скорость объекта управления. Для настройки регулятора выберем координату стабилизации объекта управления – 8мм. Построение линии переключения для данного регулятора является проблематичным, из-за невозможности вывода уравнения фазовых траекторий, в виду сложности и нелинейности системы уравнений (1). Поэтому необходимо аппроксимировать линию переключения к виду прямой или параболы второго, или четвертого порядка (см. рисунки 3а и 3б) и сравнить переходные характеристики системы (см. рисунки 4а и 4б).

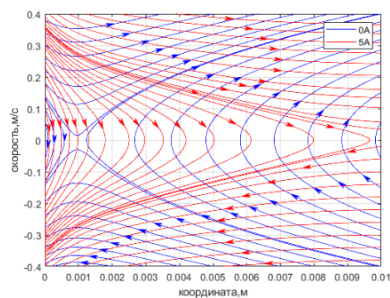


Рис. 2. Фазовый портрет системы.

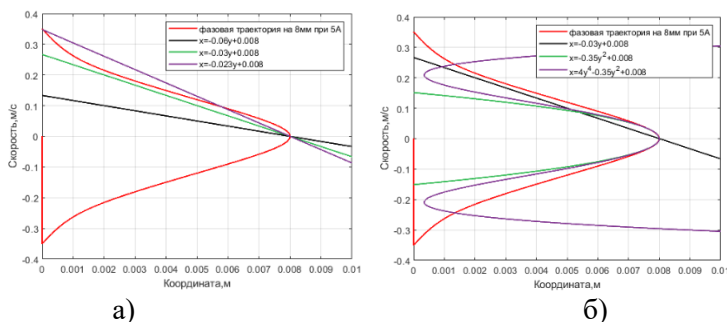


Рис. 3. Линии переключения

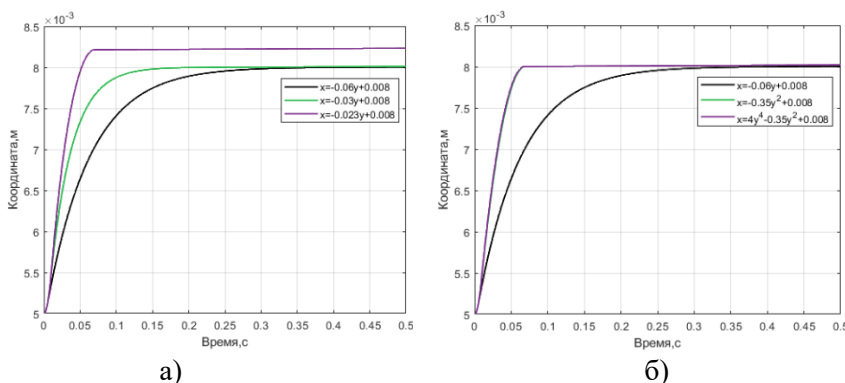


Рис. 4. Переходные процессы

Из рисунков 4а и 4б видно, что при нахождении линии переключения вне области ограниченной фазовой траекторией появляется статическая ошибка. Проводя сравнительную характеристику между видами линий, можно сказать, что прямая проигрывает параболе по быстродействию, а четвертый порядок параболы дает схожие результаты со вторым порядком, поэтому предпочтительней будет вариант с параболой второго порядка из-за более простого расчета уравнения.

Заключение

В данной работе разработан регулятор скользящего режима для системы автоматического управления активным магнитным подвесом, что в дальнейшем позволит перейти к системе управления активным магнитным подшипником.

Список использованных источников

1. Khalil, Hassan K. Nonlinear systems 3–rd ed. – New Jersey: Prentice – Hall, 2002. – 768 p.
2. Romero A., Orozco J., Jiménez J. Modelling and simulation of LQR and LFSV controllers in the Magnetic Levitation System (MLS) // Prospect. – 2016. – volume 14, №1. – PP. 28-38.
3. Ивайкин В. Использование скользящих режимов в регулировании // Современные технологии автоматизации. – 2006. – №1. – с. 90-94.