

## 1. Система магнитной левитации

Схема системы изображена на рис. 1. Задача управления состоит в том, чтобы перевести шарик в некоторую точку в воздухе между электромагнитом и постаментом и стабилизировать в окрестности этой заданной точки. Управлением выступает напряжение, подаваемое на электромагнит.

Математическая модель системы имеет вид

$$\begin{aligned}\dot{\bar{x}}_1 &= \bar{x}_2, \\ \dot{\bar{x}}_2 &= g - \frac{1}{2} \cdot \frac{K_m \bar{x}_3^2}{M \bar{x}_1^2}, \\ \dot{\bar{x}}_3 &= -\frac{R}{L} \bar{x}_3 + \frac{1}{L} \bar{u}.\end{aligned}$$

где  $\bar{x}_1 = x_b$  – положение шарика,  $\bar{x}_3 = I$  – ток в катушке электромагнита,  $\bar{u} = V$  – напряжение, подаваемое на электромагнит,  $K_m$  – магнитная постоянная,  $R$  – сопротивление катушки,  $L$  – ее индуктивность,  $M$  – масса шарика,  $g$  – гравитационная постоянная.

Измеряются две величины: сила тока  $I$  в контуре и положение шарика:

$$\begin{aligned}\bar{y}_1 &= \bar{x}_1, \\ \bar{y}_2 &= \bar{x}_3.\end{aligned}$$

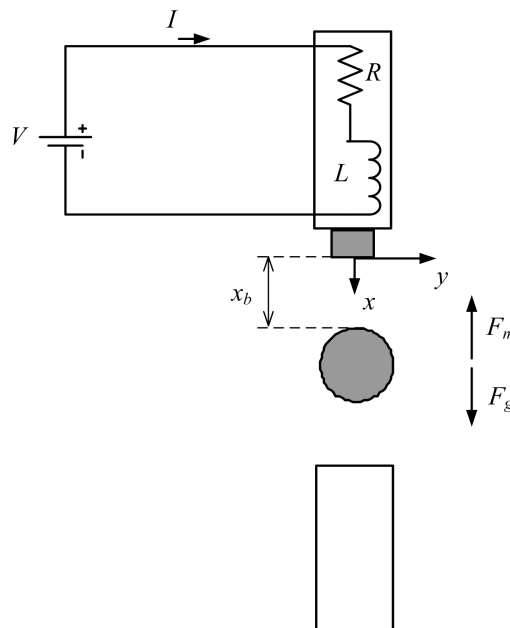


Рис. 1. Схема системы магнитной левитации.

Требуется:

- 1) построить Simulink-модель для системы магнитной левитации;
- 2) подобрать коэффициенты линейного регулятора по состоянию

$$\bar{u} = \bar{u}_0 + K_1(\bar{x}_1 - x_b^*) + K_2\dot{\bar{x}}_1 + K_3(\bar{x}_3 - x_{3b})$$

или с включенным в обратную связь наблюдателем, а также ПИД-регулятор

$$\bar{u} = \bar{u}_0 + K_1(\bar{x}_1 - x_b^*) + K_2\dot{\bar{x}}_1 + K_3 \int (\bar{x}_1(\tau) - x_b^*) d\tau$$

(где  $\bar{u}_0$  – постоянное слагаемое, определяющее напряжение, необходимое для компенсации силы тяжести) так, чтобы шарик перемещался в положение  $x_b^*$  при использовании этого закона управления, и обеспечивалась устойчивость замкнутой системы (шарик стабилизировался около значения  $x_b^*$ );

В качестве примера можно использовать следующие значения параметров  $M=0.1$  kg,  $g=9.81$  m/s<sup>2</sup>,  $R=2$  Ohm,  $L=0.02$  H,  $Km=0.001$ .