

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БАЛАНСИРУЮЩЕЙ ПЛАТФОРМОЙ

Удовенко А.В., студ.; Хорхордин А.В., проф., доц., к.т.н.; Чернышев Н.Н., доц., к.т.н.
(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Современная методика обучения на технических специальностях в высших учебных заведениях ставит все более высокие требования к методам представления информации студентам. Все чаще применяются различные научные разработки с целью упрощения процесса усвоения студентом новой информации, с целью сделать эту информацию более наглядной. Это позволит вывести качество обучения в высших учебных заведениях на новый, более высокий уровень.

Очень сложным для студентов является изучение дисциплин, связанных с автоматическими системами управления. Это также связано с моральным старением материальной базы для проведения лабораторных работ, на которой проходят свое обучение современные студенты. Все больше внимания в процессе обучения уделяется практическим занятиям, которые позволяют закрепить теоретические знания и получить практические навыки.

Как отмечалось в [1], более глубокому пониманию теории и приобретению практических навыков по решению задач автоматизации способствует участие студентов в выполнении реальных проектов, хотя бы и по созданию лабораторных образцов систем регулирования. Данная статья посвящена обсуждению проблем создания системы автоматического управления по управлению траекторией движения шара по плоскости. Схема лабораторного макета системы приведена на рис. 1.

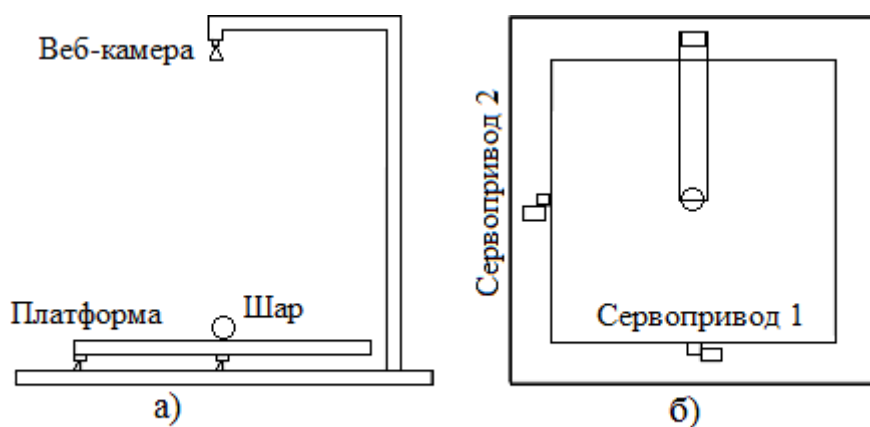


Рисунок 1 - Общий вид установки (а - вид сбоку, б - вид сверху)

Для изменения углов наклона платформы используются два серводвигателя высокой мощности, управление которыми реализуется на микроконтроллере. Платформа закреплена таким образом, что центральная точка плоскости закреплена, а к двум сторонам платформы прикреплены два сервопривода, которые и осуществляют её наклон относительно горизонтальной линии. Такая конструкция позволяет обеспечить движение платформы по двум угловым координатам. Цифровая камера, установленная сверху над платформой, вычисляет координаты шара в режиме реального времени. На основе данных координат производится вычисление углов, на которые должна отклониться платформа для обеспечения заданного направления движения шара.

Как представлено в [1,2], в предположении, что сервоприводы, установленные точно на середине двух смежных сторон квадратной платформы (рис.1), не влияют друг на друга, движение шара по платформе соответственно по координатам X и Y описывается системой двух уравнений вида

$$\begin{cases} \ddot{x} = 0,714g \sin \alpha \\ \ddot{y} = 0,714g \sin \beta \end{cases} \ddot{\cdot}$$

где α и β - углы поворота плоскости вокруг осей Y и X , а $g = 9,81 \text{ мс}^{-2}$ – ускорение свободного падения.

Учитывая технические характеристики серводвигателей типа Springrc SM-S4315M способных при питании 4,8 В разворачиваться на 60° за 0,18 с, передаточную функцию сервопривода можно представить в виде

$$W(s) = \frac{\Theta(s)}{U(s)} = \frac{N_{red} \cdot 1/K_b}{s(T_d s + 1)} \text{ с } N_{red} = 271, \quad K_b = 6 \cdot 10^{-2} \text{ В} \cdot \text{с} \text{ и } T_d = 0,161 \text{ с}.$$

Принимая во внимание тот факт, что микроконтроллер ARDUINO передает управляющий сигнал на сервоприводы с частотой 50 Гц, необходимо принять за период дискретности время $T = 20 \cdot 10^{-3} \text{ с}$. В этом случае z -передаточной функцией последовательного соединения сервопривода и объекта управления будет

$$W(z) \approx Z \left\{ \frac{N_{red} \cdot 1/K_b}{s(T_d s + 1)} \cdot \frac{0,714g}{s^2} \right\} = \frac{0.0037z^3 + 0.0111z^2 + 0.0111z + 0.0037}{z^4 - 3.88z^3 + 5.65z^2 - 3.65z + 0.88}.$$

Воспользовавшись методикой проектирования стабилизирующих регуляторов [3], получают довольно сложный регулятор, передаточная функция которого имеет следующий вид:

$$W_R(z) = \frac{U(z)}{e(z)} = \frac{3.2z^3 - 8.33z^2 + 7.28z - 2.13}{0.123z^3 - 0.0078z^2 + 0.0514z + 0.0068}.$$

В среде Matlab/Simulink (рис.2) при задающем воздействии величиной 0,3 м и периоде дискретности 20 мс проверяется устойчивость и качество системы регулирования. На рис. 2 символами nr/dr обозначены соответственно полиномы числителя и знаменателя передаточной функции регулятора, а символами sd.num{1}/sd.den{1} – полиномы числителя и знаменателя передаточной функции последовательно соединенных сервопривода и модели шара на наклонной плоскости.

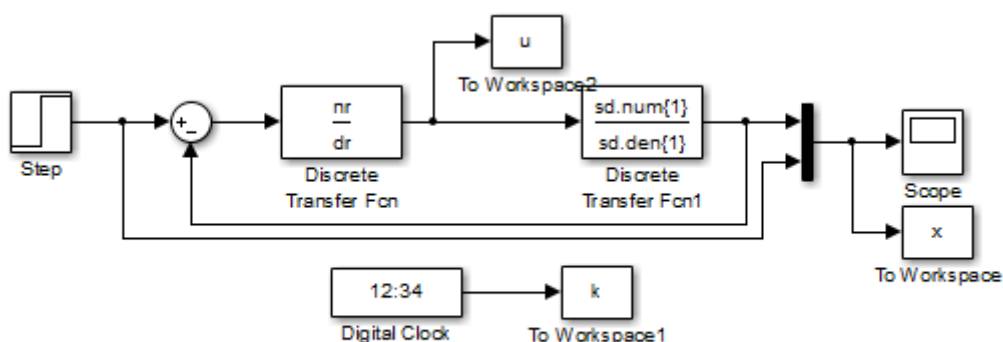


Рисунок 2 - Схема моделирования замкнутой системы

При отработке единичного ступенчатого воздействия замкнутая система регулирования положения шара на плоскости является устойчивой, однако перерегулирование составляет величину более 100% (см. рис. 3). Возможно, за счет использования дополнительных корректирующих звеньев или за счет сглаживания входного задающего воздействия удастся уменьшить перерегулирование до приемлемой величины.

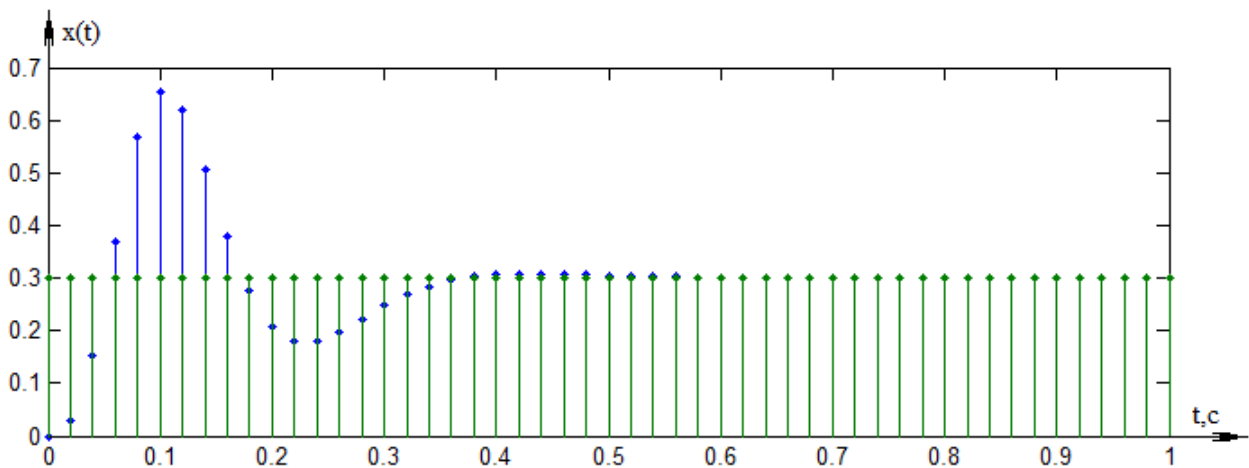


Рисунок 3 - Переходный процесс в замкнутой системе при обработке единичного ступенчатого воздействия величиной 0,3 м

Как следует из рис. 3, длительность переходного процесса составляет величину порядка 0,35с, что вполне согласуется с длительностью перекатывания шара с одного края площадки размером 300 мм на другой.

Представляет интерес исследование переходного процесса в системе при подаче синусоидального воздействия одинаковой частоты по координатам X и Y, сдвинутом по фазе для координаты Y на 90°. В этом случае шар должен двигаться по окружности с радиусом, равным амплитуде задающего воздействия. На рис.4 показана траектория движения шара.

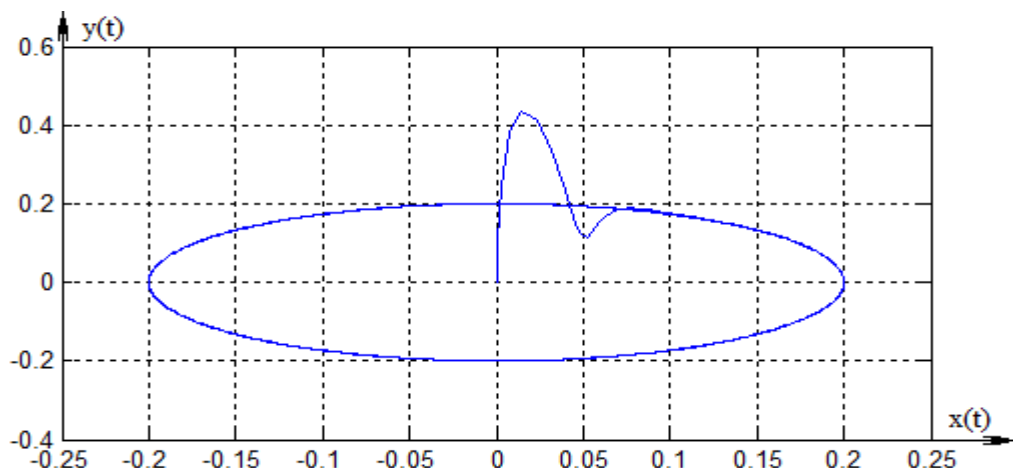


Рисунок 4 - Траектория движения шара при синусоидальном задающем воздействии по координатам X и Y

В начальный момент задающее воздействие по координате Y равно максимальному значению, и система обрабатывает его как единичное ступенчатое, чем и обусловлено значительное отклонение траектории движения шара от окружности. С течением времени траектория становится устойчивой и совпадает с заданной.

Перечень ссылок

1. Митин И.В. Задача № 125 Изучение движения шара по наклонному желобу. Лабораторный практикум по физике. Механика. Москва, 2011. – [Электронный ресурс] http://genphys.phys.msu.ru/lab/mech/Lab125_1.pdf Режим доступа 03.04.2016
2. Зоненко Т., Хорхордин А.В. Система управления движением шара по желобу. Материалы XVI международной научно-технической конференции «Автоматизация технологических объектов и процессов. поиск молодых», 24-26 мая 2016 г.
3. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 5 томах., Т3: Синтез регуляторов систем автоматического управления. Под ред. Н.Д.Егупова.- М.: изд.МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. -617с.