

С. А. Филимонов, к.т.н.

Черкасский государственный технологический университет
б-р Шевченко, 460, г. Черкассы, 18006, Украина
sa.filimonov@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ПОМОЩИ ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТОВ ПРОГРАММ

Статья посвящена актуальным вопросам создания роботов-манипуляторов на основе микроконтроллеров. Проведен анализ существующих робототехнических систем. Определены особенности использования робототехнических систем в области образования. Основным недостатком этих систем является сложная технология самостоятельного изготовления и соответственно высокая стоимость.

Разработана методика для бюджетной робототехнической системы, в которой рассмотрен вариант усовершенствования таких систем.

При помощи пакетов программ Solid Works, Proteus, Labview и Flowcode спроектирован и изготовлен робот-манипулятор, при моделировании которого определены максимальные деформации при максимальной нагрузке, которые составляют 0,317 мм, а также основное место напряжения. Таким образом, при помощи разработанной методики значительно упрощается изготовление робота-манипулятора.

Ключевые слова: робот-манипулятор, микроконтроллер, автоматизация.

Развитие общества и производства обусловило возникновение и развитие нового класса машин-роботов и соответствующего научного направления – робототехники. Робототехника – интенсивно развивающаяся научно-техническая дисциплина, изучающая не только теорию, методы расчета и конструирования роботов, их систем и элементов, но и проблемы комплексной автоматизации производства и научных исследований с применением роботов (рис. 1) [1–3].



Рис. 1. Работающие промышленные роботы FANUC модели R2000iB

Главной задачей роботизации является замена человека на определенных видах работ, где крайне необходима высокая точность выполнения производственных монотонных

операций. Промышленные автоматы выполняют особо опасную для жизни человека работу, при этом сохраняя ему здоровье. Существует классификация роботов-манипуляторов по следующим признакам:

- по виду выполняемых работ – универсальные, основные и вспомогательные;
- по типу производства – сварочные, литейные, прессовые, сборочные, окрасочные, для механической обработки, транспортно-складские;
- по координатам руки – цилиндрическая, прямоугольная, сферическая и другие;
- по типу грузоподъемности – сверхлегкие, легкие, средние, тяжелые, сверхтяжелые;
- по типу привода – электромеханический, гидравлический, пневматический, комбинированный;
- по типу передвижения – стационарные, передвижные;
- по виду программирования – контурное, позиционное, комбинированное;
- по числу подвижных частей [3–7].

Робототехника опирается на такие дисциплины, как электроника, механика, программирование. Выделяют строительную, промышленную, бытовую, авиационную и специализированную (военную, космическую, подводную) робототехнику.

Робототехнические комплексы также популярны в области образования как современные высокотехнологичные исследовательские инструменты в теории автоматического управления и мехатроники. Их использование в учебных заведениях среднего и высшего профессионального образования позволяет реализовывать концепцию «обучение на проектах». Применение возможностей робототехнических комплексов в инженерном образовании дает возможность одновременной отработки профессиональных навыков сразу по нескольким смежным дисциплинам: механика, теория управления, схемотехника, программирование, теория информации. Востребованность комплексных знаний способствует развитию связей между исследовательскими коллективами. Кроме того, студенты уже в процессе профильной подготовки сталкиваются с необходимостью решать реальные практические задачи.

Таким образом, разработка и использование роботов в учебном процессе является актуальной задачей.

Следует отметить, что все производители робототехнических систем не выкладывают исходные материалы для копирования, повторения и создания таких систем.

Целью работы является разработка методики проектирования и изготовления бюджетного робота-манипулятора при помощи прикладных пакетов программ.

Для разработки робота-манипулятора использовались такие пакеты прикладных программ – Solid Works, Proteus, Labview и Flowcode.

Кинематическая схема разрабатываемого робота-манипулятора представлена на рис. 2. Из нее видно, что робот работает в сферической системе координат и имеет четыре степени свободы.

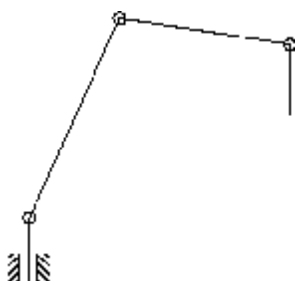


Рис. 2. Кинематическая схема робота-манипулятора

Для проектирования конструкции использовался пакет программ Solid Works.

На первоначальном этапе в программе Solid Works необходимо создать образ будущего робота.

В качестве материала, каркаса конструкции робота-манипулятора будем использовать оргстекло.

На рис. 3 показано моделирование разработанной конструкции робота-манипулятора в пакете программ Solid Works. Сила, приложенная к центральной стойке, так как она является основной частью, которая подвержена нагрузке, составила 3Н.

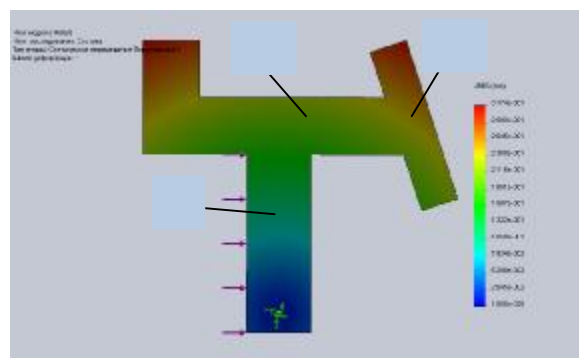


Рис. 3. Определение деформаций робота-манипулятора: 1 – первое плечо; 2 – второе плечо; 3 – третье плечо

Из рис. 3 видно, что деформация материала в нагруженном состоянии незначительна и составляет 0,317 мм. Следовательно, выбор материала конструкции удовлетворяет техническим требованиям.

Программа Solid Works позволяет определить места максимальных напряжений (рис. 4).

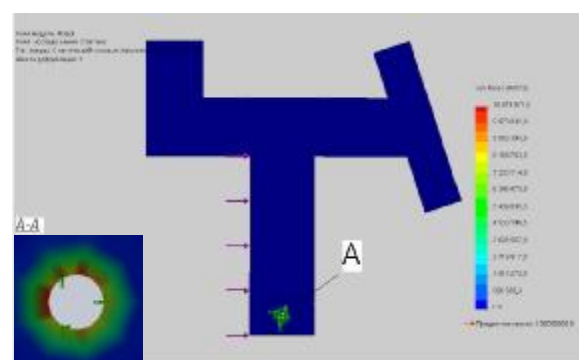


Рис. 4. Определение мест напряжений робота-манипулятора

Из рис. 4 можно увидеть основное место напряжения всей конструкции.

Данную конструкцию целесообразно усовершенствовать (оптимизировать), к примеру, с целью облегчения и удешевления –

сделать вырезы в местах наименьших напряжений согласно рис. 4 (рис. 5).

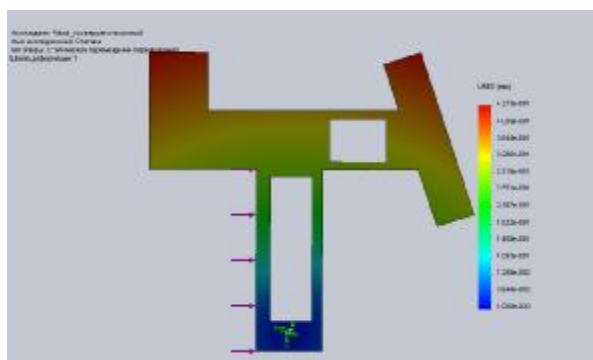


Рис. 5. Моделирование оптимизированной конструкции робота-манипулятора на деформацию

Таким образом, улучшенная конструкция робота-манипулятора не уступает по силовым характеристикам базовой, но при этом уменьшаются ее масса и стоимость.

Следующим этапом проектирования является выбор двигателей, которые приводят в движение звенья (плечи) робота.

Существует несколько типов двигателей – гидравлические, пневматические, электромагнитные и пьезокерамические.

В нашей работе используются четыре электромагнитных серводвигателя Tower Pro MG996R. Их выбор обусловлен легкостью монтажа и простотой управления, кроме того, при своем чистом весе 55 г они имеют усилие 9,4 кг.

Дальнейшая разработка робота-манипулятора связана с электроникой, которая должна осуществлять прием данных с персонального компьютера и управлять самим роботом.

Основным элементом электрической схемы является микроконтроллер фирмы Microchip PIC18F4550. Его выбор обусловлен тем, что он имеет аппаратный интерфейс USB, что значительно облегчает его сопряжение с компьютером [8–15].

Программа для микроконтроллера заключается в следующем. Микроконтроллер принимает данные с компьютера и конвертирует их в импульсы, понятные для серводвигателя. Серводвигатели управляются изменением импульса сигнала с частотой 300 Гц. Для формирования и управления этих импульсов используют два аппаратных таймера.

Для написания программы микроконтроллеру используется пакет программ Flowcode. Эта программа позволяет графиче-

ски составлять исходный код. Частичный код программы для разработанного роботоманипулятора представлен на рис. 6.

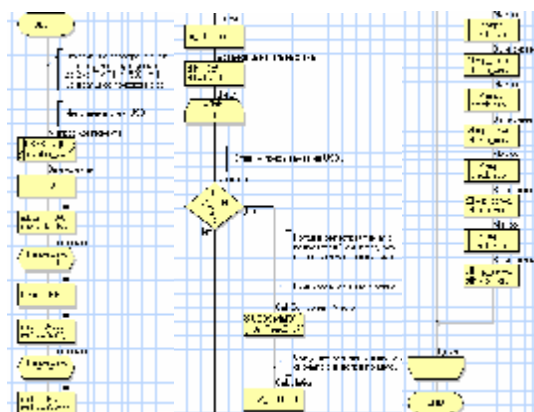


Рис. 6. Разработка и моделирование программы для микроконтроллера робота-манипулятора

Для проверки работы микроконтроллера используем пакет программ Proteus. Отличительной чертой пакета Proteus Professional является возможность моделирования работы программируемых устройств: микроконтроллеров, микропроцессоров, DSP и др. Дополнительно в пакет Proteus Professional входит система проектирования печатных плат. Proteus Professional может симулировать работу следующих микроконтроллеров: 8051, ARM7, AVR, Motorola, PIC, Basic Stamp.

На рис. 7 представлена принципиальная схема микроконтроллерного блока робота-манипулятора.

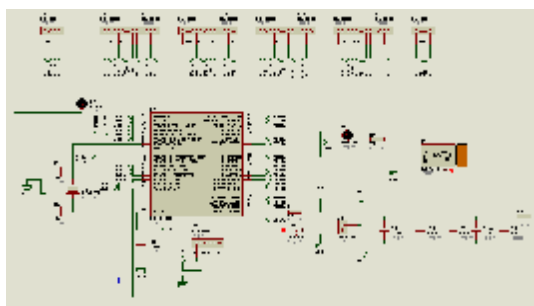


Рис. 7. Электрическая принципиальная схема нашего устройства

На рис. 8 показано моделирование микроконтроллера. Четыре сигнала, показанные на рисунке, являются управляющими импульсами серводвигателей.

Кроме черчения принципиальной схемы устройства и его моделирования при помощи Proteus можно развести печатную плату и посмотреть готовый вид в 3D.



Рис. 8. Моделирование программы для микроконтроллера в пакете программ Proteus

На рис. 9 представлена 3D визуализация печатной платы разработанного устройства микроконтроллерного блока робота-манипулятора.

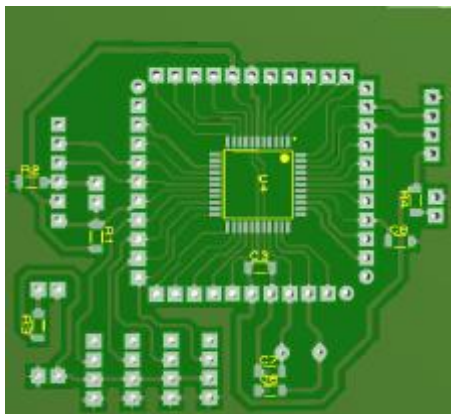


Рис. 9. 3D вид печатной платы микроконтроллерного блока робота-манипулятора

Благодаря 3D виду готового устройства можно легко оценить и улучшить расположение электронных элементов на печатной плате.

На рис. 10 представлено фото экспериментального образца робота-манипулятора, разработанного по данной методике.



Рис. 10. Экспериментальный образец робота-манипулятора

Программа для компьютера, написанная в Labview, представлена на рис. 11.

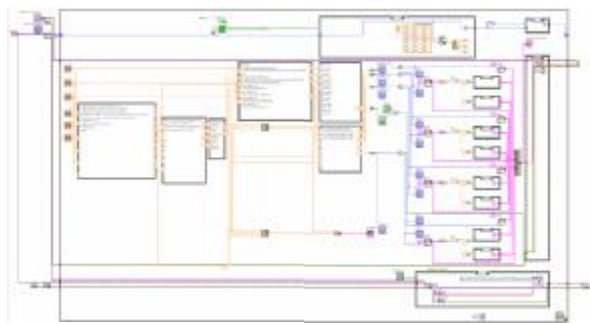


Рис. 11. Программа для компьютера в Labview

На рис. 12 представлена лицевая панель управления.

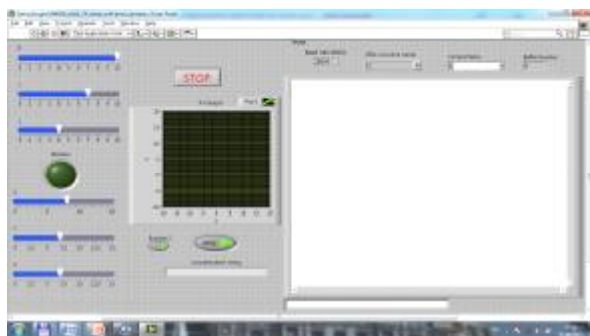


Рис. 12. Панель управления в Labview

Программа на компьютере работает следующим образом. Изначально известны все координаты, записанные в форме (x, y, z) . Кроме этого, последнее звено всегда должно быть перпендикулярно горизонтали, и угол между первым и вторым звеном должен быть не больше 180 градусов (наше ограничение). Из этого следует, что мы можем перейти в рабочую плоскость робота и там найти координаты двух неизвестных нам точек с помощью системы уравнений. Первая точка B , как показано на рисунке, находится из векторной диаграммы: $a = c - b$. Вторая точка C находится из системы двух уравнений:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = R^2, \\ (x - a)^2 + (y - a)^2 = r^2, \end{cases}$$

где x и y – искомые координаты точки, R и r – соответственно больший и меньший радиусы пересекающихся окружностей.

Графически это можно представить так, как показано на рис. 13.

6. Smirnov, A. B. (2003) Mechatronics and robotics. Systems of microdisplacements with piezoelectric drives. St. Petersburg: Izd-vo SPbHPU, 160 p. [in Russian].
7. Bobtsov, A. A., Boykov, V. I., Bystrov, S. V. and Grigoriev, V. V. (2011) Actuating devices and systems for microdisplacements. SPb GU ITMO, 131 p. [in Russian].
8. Available from: <http://www.micrichip.com>
9. Minaev, I. G., Sharapov, V. M., Samojlenko, V. V. et al. (2010) Programmable logic controllers in automated management systems. Stavropol: AGRUS, 128 p. [in Russian].
10. Ryumik, S. M. (2010) 1000 and one microcontroller scheme. Moscow: Dodeka-XXI, 356 p. [in Russian].
11. Ball Stuart R. (2007) Analogue interfaces of microcontrollers. Moscow: Dodeka-XXI, 360 p. [in Russian].
12. Bray, B. (2008) The application of PIC18 microcontrollers. Architecture, programming and building of interfaces with the application of C and assembler. Kiev: MK-Press, St. Petersburg: KORONA-VEK, 576 p. [in Russian].
13. Bashirov, S. R. and Avilov, R. I. (2008) The application of microcontrollers in sound technology. Moscow: Eksmo, 256 p. [in Russian].
14. Trampert, V. (2006) Measurements, management and regulation with the help of AVR-microcontrollers. Kiev: MK-Press, 208 p. [in Russian].
15. Predko, M. (2002) The handbook on PIC-controllers. Moscow: DMK Press, 512 p. [in Russian].

S. A. Filimonov, PhD.

Cherkasy State Technological University
Shevchenko Blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine
sa.filimonov@mail.ru

THE DEVELOPMENT OF TECHNIQUE FOR ROBOT-MANIPULATOR DESIGN USING APPLICATION PROGRAM PACKAGES

The development of the society and production made for the appearance and development of new class of robots and corresponding scientific approach – robotics. Robotics is scientific and engineering branch of learning which is intensively developed and learns not only the theory, methods of calculation and construction of robots, their systems and elements but also the problems of complex production automation and scientific research with the use of robots.

The work is devoted to actual problems of the creation of robots-manipulators based on microcontrollers. Existing robotic systems are analyzed. The peculiarities of the use of robotic systems in education are determined. The main disadvantage of these systems consists in complex technology for independent production and relatively high cost.

The method for budget robotic application which considers a variant to improve such systems is developed.

With the help of Solid Works, Proteus, Labview and Flowcode computer programs a robot-manipulator is designed and manufactured. At the simulation of this robot-manipulator, using Solid Works software packages, maximum strains at maximum load, which constitute 0.317 mm and principal place of tension are determined. Thus, using the developed method it is much simpler to manufacture robots-manipulators.

Keywords: robot-manipulator, microcontroller, automation.

*Рецензенти: В. А. Ващенко, д.т.н., професор,
М. П. Мусієнко, д.т.н., професор*