

3. Отыскать в матрице смежности элемент $x_{ij} = \max(x_{ij})$, соответствующий паре вершин x_i и x_j . Таких элементов два: x_4-x_{14} и $x_{11}-x_{13}$, у которых $n(x_4-x_{14}) = n(x_{11}-x_{13}) = 7$, где n – количество рёбер между вершинами в парах $x_{11}-x_{13}$ и x_4-x_{14} .

Для формализации описанного метода необходимо задать критерий выбора одного элемента из нескольких при равных значениях. Это позволит в дальнейшем разработать программу для автоматизации процесса размещения РЭК с использованием ЭВМ. Таким критерием может быть сумма локальных степеней пары вершин. В рассматриваемом примере суммы локальных степеней $\Sigma\rho(x_4-x_{14}) = \rho(x_4) + \rho(x_{14}) = 9 + 10 = 19$ и $\Sigma\rho(x_{11}-x_{13}) = \rho(x_{11}) + \rho(x_{13}) = 7 + 8 = 15$.

В качестве начальной пары вершин следует выбрать вершины x_4 и x_{14} . Выбранную пару размещаем в первом и во втором узлах координатной решетки.

4. Элементы x_4-x_{14} и $x_{14}-x_4$ в матрице смежности заменить нулями.

5. Поочередно посмотреть строки x_4 , x_{14} , x_{11} и x_{13} матрицы смежности. Вершины x_4 и x_{14} связаны с вершинами x_{11} и x_{13} . Так как вершина x_{11} связана с вершиной x_4 , то вершину x_{11} помещаем в шестой узел координатной решетки, а вершину x_{13} – в седьмой (нумерация узлов координатной решетки осуществляется слева направо и сверху вниз).

6. Элементы $x_{11}-x_{13}$ и $x_{13}-x_{11}$ в матрице смежности заменить нулями.

7. Продолжить просмотр строк x_4 , x_{14} , x_{11} и x_{13} матрицы смежности. Вершина x_4 связана с неразмещенной вершиной x_{15} одним ребром. Вершина x_{11} также связана с вершиной x_{15} одним ребром, поэтому помещаем вершину x_{15} в восьмой узел координатной решетки, расположенный ближе всех к вершинам x_4 и x_{15} .

8. Элементы x_4-x_{15} , $x_{15}-x_4$, $x_{11}-x_{15}$ и $x_{15}-x_{11}$ в матрице смежности заменить нулями.

9. Просмотреть строки x_4 , x_{14} , x_{11} , x_{13} и x_{15} матрицы смежности. Вершина x_{14} связана с вершиной x_9 тремя ребрами. Вершина x_{15} связана с этой же вершиной одним ребром, поэтому помещаем вершину x_9 в третий узел координатной решетки, расположенный ближе всех остальных узлов к группе размещенных вершин.

10. Элементы x_9-x_{14} , $x_{14}-x_9$, x_9-x_{15} и $x_{15}-x_9$ в матрице смежности заменить нулями.

Далее процесс продолжается в описанной последовательности до размещения всех вершин. Результат размещения графа в рассматриваемом примере представлен на рисунке 2.

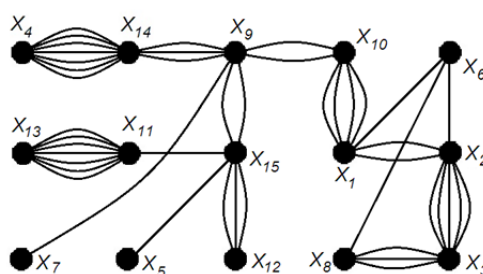


Рисунок 2 – Результат размещения мультиграфа

Список использованных источников

1. Мелихов, А. Н. Применение графов для проектирования дискретных устройств / А. Н. Мелихов, Л. С. Бернштейн, В. М. Курейчик – Москва : Наука, 1974. – 304 с.

УДК 004.89

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА

*Туманов В.С., студ., Кузнецов А.А., д.т.н. проф.,
Ринейский К.Н., ст. преп., Чернов Е.А., асс.*

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрено программирование робототехнического комплекса на основе работа с двухподвижным манипулятором.

Ключевые слова: MecLab, манипулятор, CoDeSys, программируемый логический контроллер, язык ST, ERASMUS+.

В состав комплекса входит учебная система на основе станции с манипулятором MecLab (Festo) и лабораторного стенда «Программируемый логический контроллер» (ООО НПЦ «ОВЕН»).

Станция с манипулятором предназначена для передачи обрабатываемых деталей из одной станции в другую, или для сборки деталей. Рассмотрим функциональную схему манипулятора (рис. 1). Основной механизм руки манипулятора состоит из неподвижного звена 0 и двух подвижных звеньев 1,2. Схема механизма соответствует плоской системе координат. В этой системе звено 1 перемещается по горизонтали относительно звена 0 и звено 2 перемещается по вертикали относительно звена 1. На конце звена 2 укреплено захватное устройство или схват, предназначенный для захвата и удержания объекта манипулирования при работе манипулятора. Звенья основного рычажного механизма манипулятора образуют между собой две одноподвижные кинематические пары поступательного типа. Для выполнения каждого из двух относительных движений манипулятор оснащен пневмоцилиндрами подачи и системой датчиков обратной связи.

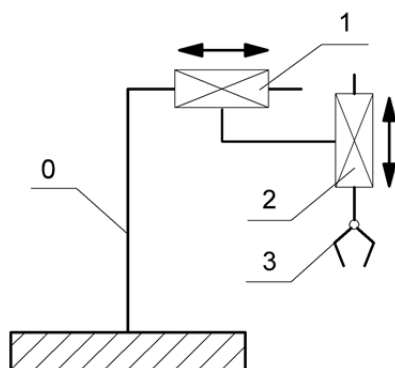


Рисунок 1 – Функциональная схема манипулятора

Для управления данного манипулятора использовалось оборудование на основе программируемого логического контроллера. В состав системы управления входит: панельный контроллер СПК207, модуль ввода дискретных сигналов MB110-16ДН, модуль вывода дискретных сигналов МУ110-16Р (тип «сухой контакт»).

Система построена по двухуровневому принципу, где на верхнем уровне находится Master-устройство (СПК207), а на нижнем Slave-устройства (модули) (рис. 2).

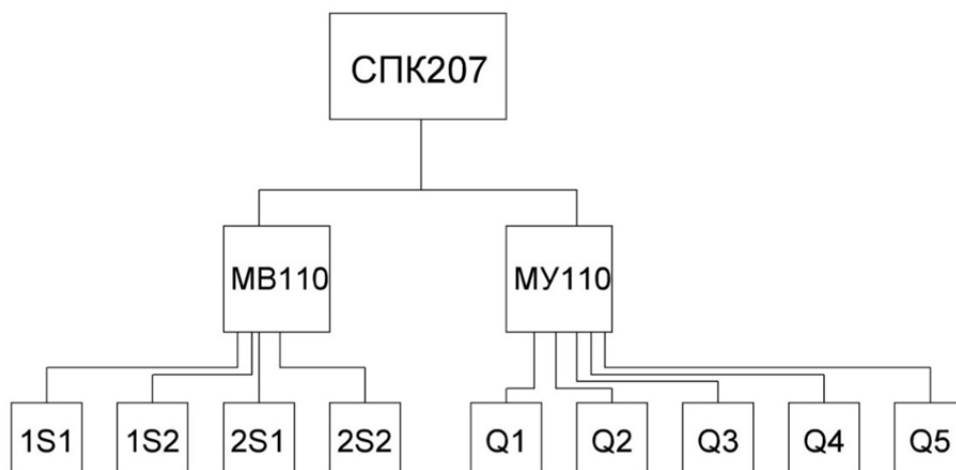


Рисунок 2 – Структура системы управления

- 1S1, 1S2 – датчики положения пневмоцилиндра горизонтального перемещения;
- 2S1, 2S2 – датчики положения пневмоцилиндра вертикального перемещения;
- Q1, Q2 – пневмораспределители горизонтального перемещения;
- Q3, Q4 Q2 – пневмораспределители вертикального перемещения;
- Q5 – пневмораспределитель управления схватом

Программа системы управления манипулятором написана на языке программирования ST (стандарта МЭК 61131-3) в среде CoDeSys 3.5. Датчики 1S1...2S2 соответствуют входам модуля и представлены как i1..i4. Код программы работы представлен ниже.

Описание переменных:

PROGRAM PLC_PRG

VAR

```
rs1: rs;      //триггер для 1го шага
rs2: rs;      //триггер для 2го шага
rs3: rs;      //триггер для 3го шага
rs4: rs;      //триггер для 4го шага
rs5: rs;      //триггер для 5го шага
rs6: rs;      //триггер для 6го шага
rs7: rs;      //триггер для 7го шага
rs8: rs;      //триггер для 8го шага
rs9: rs;      //триггер для захвата
```

//датчики

```
i1: BOOL;     //цилиндр втянут
i2: BOOL;     //цилиндр выдвинут
i3: BOOL;     //цилиндр поднят
i4: BOOL;     //цилиндр опущен
```

//выходы

```
q1: BOOL;     //выдвинуть
q2: BOOL;     //втянуть
q3: BOOL;     //опустить
q4: BOOL;     //поднять
q5: BOOL;     //захватить
```

//кнопка запуска

```
start: BOOL;  //запуск
```

END_VAR

Описание основной программы:

```
rs1.SET:= start AND i1 AND i3; rs1.RESET1:= rs2.Q1;      //условие на выдвижение
rs1();          //опрос состояния блока
rs2.SET:= rs1.Q1 AND i2 AND i3; rs2.RESET1:= rs3.Q1;    //условие на опускание
rs2();          //опрос состояния блока
rs3.SET:= rs2.Q1 AND i2 AND i4; rs3.RESET1:= rs4.Q1;    //условие на захват
rs3();          //опрос состояния блока
rs4.SET:= rs3.Q1 AND i2 AND i4; rs4.RESET1:= rs5.Q1;    //условие на поднятие
rs4();          //опрос состояния блока
rs5.SET:= rs4.Q1 AND i2 AND i3; rs5.RESET1:= rs6.Q1;    //условие на выдвижение
rs5();          //опрос состояния блока
rs6.SET:= rs5.Q1 AND i1 AND i3; rs6.RESET1:= rs7.Q1;    //условие на опускание
rs6();          //опрос состояния блока
rs7.SET:= rs6.Q1 AND i1 AND i4; rs7.RESET1:= rs8.Q1;    //условие на разжатие
rs7();          //опрос состояния блока
rs8.SET:= rs7.Q1 AND i1 AND i4; rs8.RESET1:= i1 AND i3; //условие на поднятие
rs8();          //опрос состояния блока
q1:=rs1.Q1; //сигнал на выдвижение
q2:=rs5.Q1; //сигнал на втягивание
q3:=rs2.Q1 OR rs6.Q1; //сигнал на опускание
q4:=rs4.Q1 OR rs8.Q1; //сигнал на поднятие
rs9(SET:=rs3.Q1 , RESET1:=rs8.Q1 , Q1=>q5 ); //захват
```

Данный вид разработки программного обеспечения предоставляет возможность создания функционального блока для управления манипулятора, корректируя только необходимые параметры в программе. Готовый функциональный блок использования манипулятором на языке FBD представлен на рисунке 3. Программа на языке SFC, написана для управления манипулятором использует функциональный блок, созданный на FBD и представлена на рисунке 4.

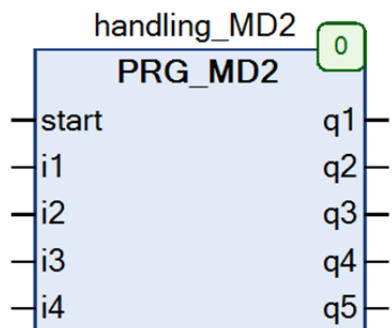


Рисунок 3 – Функциональный блок управления станцией манипулятора

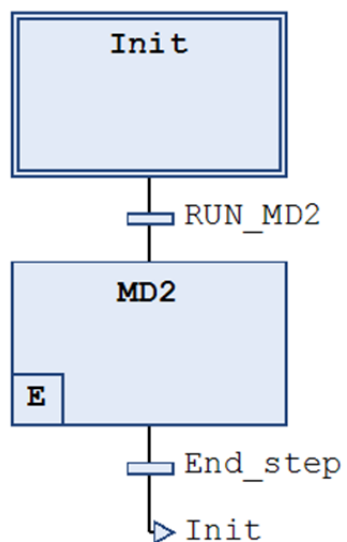


Рисунок 4 – Программа управления на языке SFC

Данная работа проводится в рамках разработки учебного курса «Микротехнологии в автоматизированных системах» в проекте «Innovative ICT Education for Social-Economic Development (IESED)» Европейской Комиссии по программе ERASMUS+.