

БАТЫРКАНОВ Ж. И., КАДЫРКУЛОВА К. К., МАМАТБЕКОВ И. М.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМИ ПРИВОДАМИ
ТРЕХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА

Аннотация. Рассматривается проблема синтеза законов управления шаговыми электроприводами кинематических звеньев трехзвенного манипулятора по осуществлению движения по предписанной программе. Для синтеза искомых законов управления шаговыми приводами использована математическая модель шагового привода, где скорость шагового двигателя определяется исключительно количеством управляющих импульсов, подаваемых на шаговый двигатель за заданный отрезок времени. При синтезе законов управления предписанная программа движения задана в табличной форме.

Ключевые слова: шаговый двигатель, предписанная траектория, манипулятор, закон управления.

BATYRKANOV ZH. I., KADYRKULOVA K. K., MAMATBEKOV I. M.
DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEM
FOR STEPPER MOTOR THREE-LINK MANIPULATOR

Abstract. The article considers the synthesis of control laws for stepper electric drives of three-link manipulator's kinematic links for implementing motion according to the prescribed program. To synthesize the required control laws, a mathematical model of the stepper drive is used, where the speed of the stepper motor is determined solely by the number of control pulses delivered to the stepper motor for a given length of time. The prescribed program of motion is given in tabular form.

Keywords: stepper motor, prescribed trajectory, manipulator, control law.

Сегодня на промышленных предприятиях крайне востребованы автоматизированные системы, построенные на применении различных роботов и роботизированных комплексов. Актуальны также инновационные технологические решения, которые помогают наладить эффективный производственный процесс и в то же время минимизировать отрицательное воздействие производства на работников.

Все это способствовало внедрению на предприятия промышленных роботов, отличающихся высокой производительностью, не требующих времени на отдых, исключаящих ошибки в работе.

Любой промышленный робот состоит из трех подсистем: манипулятора; информационно-измерительной подсистемы; управляющей подсистемы. Существуют различные типы манипуляторов, которые характеризуются различной кинематической структурой. Кинематическая структура определяет степени подвижности и траекторию движения кинематических звеньев в пространстве.

В настоящее время в манипуляторах промышленных роботов в качестве привода для кинематических звеньев широко начинают использоваться электроприводы на шаговых двигателях.

В этой связи предлагаемый достаточно универсальный подход синтеза законов управления движением кинематических звеньев манипулятора по предписанным траекториям является актуальной практически значимой проблемой.

Рассмотрим трехзвенный манипулятор, кинематическая структура которого представлена на рисунке 1.

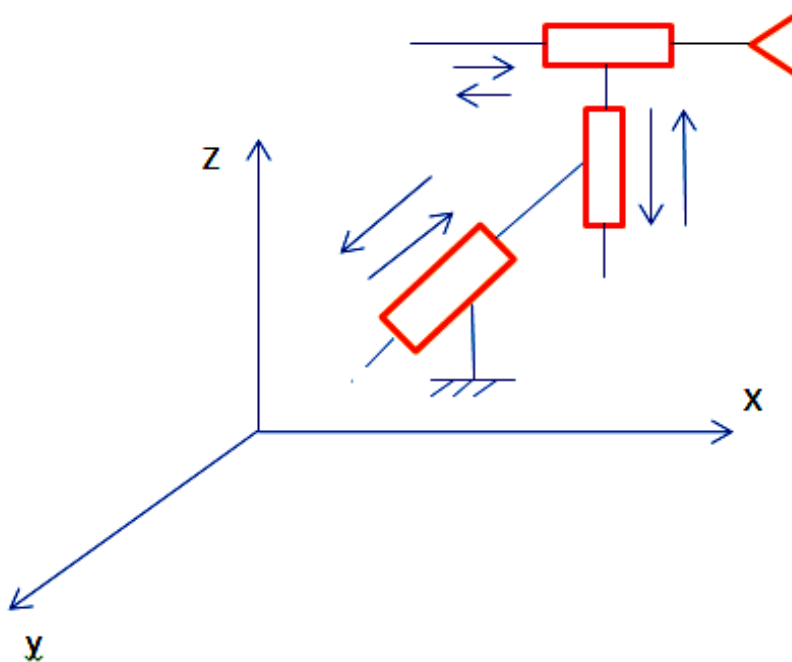


Рис. 1. Кинематическая структура трехзвенного манипулятора.

Каждое звено манипулятора приводится в движение своим шаговым электроприводом.

В работе решается задача осуществления движения рабочего органа манипулятора (захватного устройства) по заданной предписанной программе движения.

В общем случае, когда предписанную программу движения невозможно отобразить аналитически, остается единственной вариант отображения предписанной траектории движения в табличной форме, где траектория отображается через контрольные точки (с указанием их декартовых координат), проходимых в заданные дискретные моменты времени.

Далее используется математическая модель объекта управления (в нашем случае – трехшаговые приводы), в котором в явном виде связаны между собой декартовые координаты проходимых контрольных точек в дискретные моменты времени t_k , t_{k+1} с количеством управляющих импульсов, подаваемых на шаговые двигатели за заданный отрезок времени t_k , t_{k+1} .

Рассмотрим методику синтеза на следующем простом модельном примере.

Предписанная программа задана в табличной форме в виде таблицы 1. Геометрически предписанная траектория движения отображается в виде прохождения рабочего органа манипулятора по вершинам пирамиды (см. рис. 2).

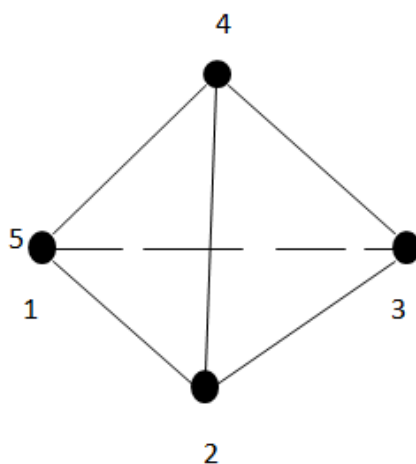


Рис. 2. Контрольные точки предписанной программы движения.

Движение начинается с вершины 1. Далее осуществляется переход к вершинам 2, 3, 4, 5.

Программа движения отображается в виде таблицы 1.

Предписанная программа движения в табличной форме

t_k	$t_0=0$	$t_1=1$	$t_2=2$	$t_3=3$	$t_4=4$
X_k	0	1;2,3,...	2,3,4,...	1.5;1.6,...	0
Y_k	0	1;2,3,...	2,3,4,...	1.5;1.6,...	0
Z_k	0	0	0	2,3,...	0

X_k, Y_k, Z_k – координаты рабочего органа по осям x, y, z в дискретный момент t_k .

Для синтеза искомых законов управления шаговыми приводами по осуществлению движения по предписанной программе заданной в табличной форме в виде табл.1, нами выведена [1] математическая модель дискретного движения трехшаговых приводов по осям X, Y, Z в виде системы (1)

$$\begin{cases} X_{k+1} = X_k + n_{kx} \cdot L_{шx}; \\ Y_{k+1} = Y_k + n_{ky} \cdot L_{шы}; \\ Z_{k+1} = Z_k + n_{kz} \cdot L_{шz}. \end{cases} \quad (1)$$

где: X_k, Y_k, Z_k – координаты рабочего органа по осям x, y, z в дискретный момент t_k ;

$X_{k+1}, Y_{k+1}, Z_{k+1}$ – координаты к моменту времени t_{k+1} ;

$L_{шx}, L_{шы}, L_{шz}$ – соответствующие величины линейных перемещений рабочего органа по осям x, y, z от действия одиночных импульсов;

n_{kx}, n_{ky}, n_{kz} – необходимое количество управляющих импульсов, подаваемых на отрезке времени $[t_k, t_{k+1}]$ на шаговые двигатели для осуществления движения по осям x, y, z .

Из (1) и таблицы 1 компьютер вычисляет необходимые количества импульсов по формулам:

$$\begin{cases} n_{kx} = \frac{X_{k+1} - X_k}{L_{шx}}; \\ n_{ky} = \frac{Y_{k+1} - Y_k}{L_{шы}}; \\ n_{kz} = \frac{Z_{k+1} - Z_k}{L_{шz}}. \end{cases} \quad (2)$$

При выводе системы (1) учитывалось, что на вал роторов шаговых двигателей посажены зубчато-винтовые передаточные механизмы.

Компьютерное моделирование решаемой задачи осуществлено при помощи самостоятельно разработанных программ. Кроме того, использовался пакет MATLAB (см. рис. 3).

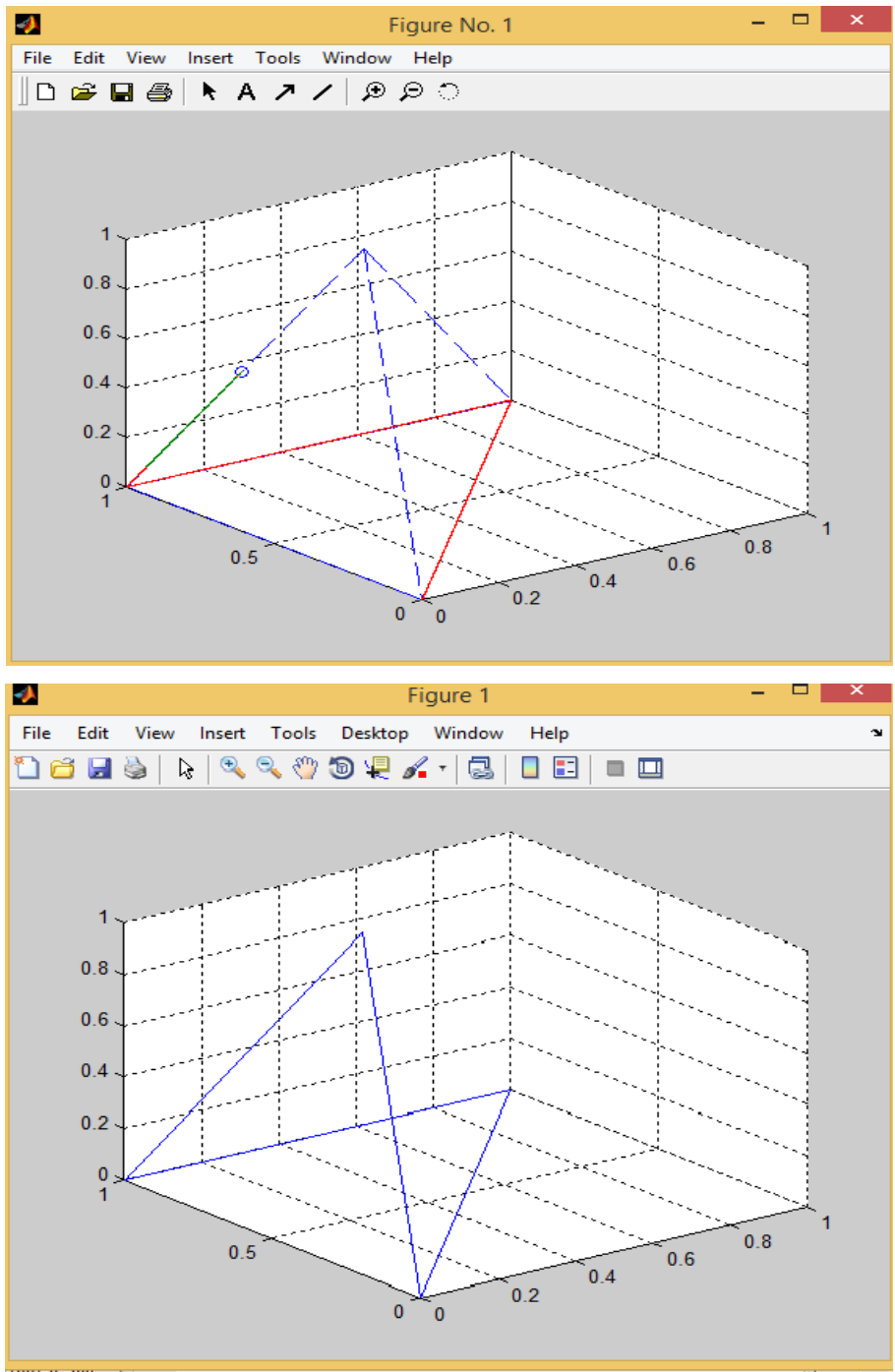


Рис. 3. Результаты компьютерного моделирования.

Результаты моделирования показывают, что движение действительно происходит по заданной предписанной программе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батырканов Ж. И., Кадыркулова К. К. Синтез законов управления для осуществления движения объекта по предписанной программе // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – №1 (29). – С. 143–155.
2. Батырканов Ж. И., Кадыркулова К. К., Беялов Ш. А. Управление шаговым приводом 3d-принтера: математическая модель и вопросы технической реализации // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2016. – № 1 (33). – С. 128–138.
3. Батырканов Ж. И., Кадыркулова К. К. Синтез законов управления по осуществлению движения по предписанной программе // Вестник науки Костанайского социально-технического университета имени академика Зулхарной Алдамжар. – 2014. – № 3. – С. 40–46.