

АНАЛИЗ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЕКАРТОВОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА «КООРДИНАТНЫЙ СТОЛ»

Каробчиц В.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Тонконогов Б.А. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Описаны основные принципы работы роботизированного комплекса «Координатный стол». Представлен расчет скорости выхода координатного стола в позицию при разных алгоритмах управления его работой.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, декартов робот, координатный стол, шаговый двигатель, драйвер двигателя, алгоритм работы, одноплатный компьютер, шарико-винтовая передача

Введение. Координатный стол представляет из себя роботизированный комплекс технологического назначения, предназначенный для перемещения объектов (заготовок, оснастки) по горизонтальным координатным плоскостям. Существуют две разновидности координатных столов. В первом случае, заготовка или объект манипуляций робота закрепляется на плоскости. Производимые работы ведутся с помощью подвижной головки, на которой устанавливается непосредственно манипулятор (например, лазер, механический захват или камера). Во втором случае манипулятор или, например, маркирующая голова стоит на месте, а подвижной частью является сам предметный столик, на котором размещается объект манипуляции для перемещения заготовки. Второй вариант является более практичным и удобным, так как автоматический стол всегда можно снять и пользоваться станком в более привычном исполнении [1]. Рассматриваемый координатный стол перемещает непосредственно заготовку на предметном столике.

Основная часть. Координатный стол представляет собой устройство, перемещающее объекты по координатным осям X и Y с помощью двух шаговых двигателей. Работу каждого из них контролирует специальный модуль – драйвер двигателей, сигналы на который передает одноплатный компьютер через специальный стабилизатор напряжения, который усиливает сигналы, поступающие с компьютера пользователя. Работоспособность роботизированного комплекса обеспечивает блок питания на 36 Вольт. Подача питания контролируется с помощью двух специальных тумблеров, один из которых подает питание на два драйвера, а другой через стабилизатор, понижающий выходное напряжение до 5 Вольт, обеспечивает работу одноплатного компьютера.

Перемещение объектов по координатам осуществляют два шаговых двигателя модели *CS-M22313* фирмы *Leadshine* с энкодером.

Данные шаговые двигатели относятся к типу гибридных двигателей. Ротор у таких двигателей выполнен из магнитотвердого материала, но имеет форму многоконечной звезды. Количество полных шагов в одном обороте таких двигателей зависит от количества магнитов на звезде ротора и статоре [2].

В качестве драйверов для используемых двигателей будут служить *Leadshine CS-D508*. Управлять работой двигателя будет одноплатный компьютер *Raspberry Pi 4*. В качестве источника питания для двигателей, а также для осуществления работы одноплатного компьютера будет использован блок питания *Leadshine Model RPS369*.

Основной параметр шаговых двигателей (ШД) это количество шагов на 1 оборот. Для работы координатного стола используется распространенное значение для ШД – 200 шагов на оборот или $1,8^\circ$ на шаг. Два шаговых двигателя будут работать с максимально допустимой для них частотой сигналов управления 200 кГц. Для расчета скорости перемещения используется конструктивный параметр винта ШВП *SFU1204-0800* для оси Ox и *SFU1204-1100* – для обеих осей шаг винта (Pp) равен 4 мм. Период одного импульса при частоте 200 кГц равен 0,000005

с. Для поворота ротора на $1,8^\circ$ нужно подать 8 импульсов. Тогда время на поворот ротора на $1,8^\circ$ составит 0,00004 с. Тогда для полного оборота ротора (360°) потребуется 0,008 с. Таким образом угловая скорость каждого двигателя будет равна 125 об/с. Исходя из того, что за один оборот винт передвинется на 4 мм, максимальная конструктивная скорость перемещения координатного стола будет равна 500 мм/с.

В качестве исследования будем измерять время выхода координатного стола на различные требуемые позиции при разных алгоритмах его работы.

1) первый алгоритм: выход координатного стола в требуемую позицию – перемещение каретки координатного стола последовательно: сначала по оси OX , затем по оси OY ;

2) второй алгоритм: выход координатного стола в требуемую позицию – перемещение каретки координатного стола по диагонали с помощью параллельной работы двух шаговых двигателей;

3) третий алгоритм: выход координатного стола в требуемую позицию – перемещение каретки координатного стола с помощью переменной работы двух шаговых двигателей: траектория движения каретки будет совмещать поочередно диагональное, а также вертикальное или горизонтальное перемещение в зависимости от требуемой координаты.

Для расчетов времени выхода в позицию при разных алгоритмах работы координатного стола будем считать, что перемещение осуществляется равномерно из начала координат.

Третий алгоритм реализован следующим образом: перемещение осуществляется поочередно – сначала по диагонали, затем прямолинейно по горизонтали или вертикали (в зависимости от оси с большим значением для конкретной координаты) и т.д. Общее количество участков диагонального и прямолинейного (горизонтального или вертикального) одинаково и равно 20. Для первого исследования будем использовать максимально возможную скорость 500 мм/с. Тогда диагональная скорость будет равна 707 мм/с. Данные работы первого алгоритма представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры первого эксперимента для первого алгоритма

Время выхода в позицию, с	Алгоритм 1	OX	OY	Общее расстояние, мм
t1	0,6	100	200	300
t2	0,72	120	240	360
t3	0,9	150	300	450
t4	1,2	200	400	600
t5	1,5	250	500	750
t6	1,8	300	600	900
t7	2,4	400	800	1200
t8	2,7	450	900	1350
t9	2,7	500	850	1350
t10	2,78	550	840	1390
t11	0,9	150	300	450
t12	1,4	600	100	700
t13	2	100	900	1000
t14	1,98	490	500	990
t15	1,3	450	200	650
t16	1,18	400	190	590
t17	2,24	600	520	1120
t18	1,4	400	300	700
t19	2	600	400	1000
t20	2,3	600	550	1150

Данные работы второго и третьего алгоритма представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры второго эксперимента для второго и третьего алгоритма

Время выхода в позицию	Алгоритм 2	Алгоритм 3	OX	OY	Диагональное расстояние	Общее расстояние алгоритм 3
t1	0,42	0,53	100	200	223,61	241,42
t2	0,51	0,64	120	240	268,33	289,71
t3	0,63	0,8	150	300	335,41	362,13
t4	0,84	1,07	200	400	447,21	482,84
t5	1,05	1,33	250	500	559,02	603,55
t6	1,26	1,6	300	600	670,82	724,26
t7	1,69	2,13	400	800	894,43	965,69
t8	1,9	2,4	450	900	1006,23	1086,4
t9	1,86	2,27	500	850	986,15	1057,11
t10	1,89	2,24	550	840	1004,04	1067,82
t11	0,67	0,85	150	320	353,41	382,13
t12	1,15	1,6	600	100	608,28	641,42
t13	1,71	2,4	100	900	905,54	941,42
t14	1,32	1,33	490	500	700,07	702,96
t15	0,93	1,2	450	200	492,44	532,84
t16	0,84	1,07	400	190	442,83	478,7
t17	1,5	1,6	600	520	793,98	815,39
t18	0,94	1,07	400	300	500	524,26
t19	1,36	1,6	600	400	721,11	765,69
t20	1,53	1,6	600	550	813,94	827,82

Вычислим разницу между пройденными расстояниями и временами, затраченными на прохождение этих расстояний для алгоритмов 2 и 3, и отсортируем, исключая эксперименты, в результате которых разница в скорости и времени совпадает с уже имеющимися данными. Полученные результаты показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Разница между пройденными расстояниями и затраченным на эти расстояния временем для алгоритмов 2 и 3

Разница расстояний, мм	Разница времен, с
3	0,01
14	0,05
18	0,08
21	0,1
21	0,08
24	0,09
27	0,13
29	0,14
33	0,34
36	0,17
40	0,2
45	0,18
45	0,21
53	0,25
64	0,26
71	0,34
71	0,31
80	0,38

По имеющимся данным была построена зависимость разницы времени и пройденного расстояния для алгоритмов 2 и 3 (рисунок 1).

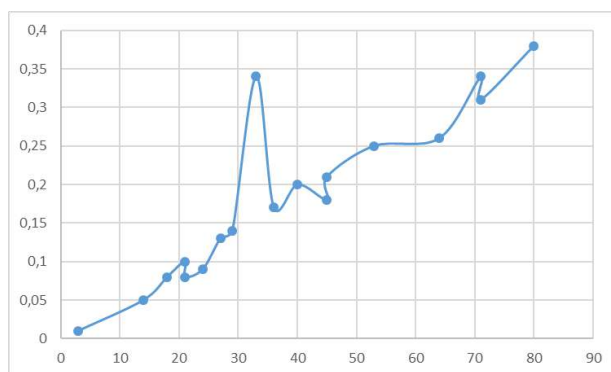


Рисунок 1 – Зависимость разниц во времени от разниц в расстоянии между алгоритмами 2 и 3

Для второго исследования будем использовать скорость 375 мм/с. Тогда диагональная скорость будет равна 530 мм/с. Данные работы второго и третьего алгоритма для второго эксперимента представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные второго эксперимента для алгоритмов 2 и 3

Время выхода в позицию	Алгоритм 2	Алгоритм 3	OX	OY	Диагональное расстояние	Общее расстояние алгоритм 3
t1	0,42	0,53	100	200	223,61	241,42
t2	0,51	0,64	120	240	268,33	289,71
t3	0,63	0,8	150	300	335,41	362,13
t4	0,84	1,07	200	400	447,21	482,84
t5	1,05	1,33	250	500	559,02	603,55
t6	1,26	1,6	300	600	670,82	724,26
t7	1,69	2,13	400	800	894,43	965,69
t8	1,9	2,4	450	900	1006,23	1086,4
t9	1,86	2,27	500	850	986,15	1057,11
t10	1,89	2,24	550	840	1004,04	1067,82
t11	0,67	0,85	150	320	353,41	382,13
t12	1,15	1,6	600	100	608,28	641,42
t13	1,71	2,4	100	900	905,54	941,42
t14	1,32	1,33	490	500	700,07	702,96
t15	0,93	1,2	450	200	492,44	532,84
t16	0,84	1,07	400	190	442,83	478,7
t17	1,5	1,6	600	520	793,98	815,39
t18	0,94	1,07	400	300	500	524,26
t19	1,36	1,6	600	400	721,11	765,69
t20	1,53	1,6	600	550	813,94	827,82

Вычислим разницу между пройденными расстояниями и разницу между временами, затраченными на прохождение этих расстояний для алгоритмов 2 и 3 для второго эксперимента, и отсортируем исключая эксперименты, в результате которых разница в скорости и времени совпадает с уже имеющимися данными (таблица 5).

Таблица 5 – Разница между пройденными расстояниями и разниц между затраченным на эти расстояния временем для алгоритмов 2 и 3

Разница расстояний, мм	Разница времен, с
3	0,01
14	0,07
18	0,11
21	0,13
21	0,1
24	0,12
27	0,17

Продолжение таблицы 5

Разница расстояний, мм	Разница времен, с
29	0,19
33	0,45
36	0,23
40	0,27
45	0,24
45	0,28
53	0,34
64	0,35
71	0,45
71	0,41
80	0,5

По имеющимся данным из второго эксперимента были построены зависимости разницы времени и пройденного расстояния для алгоритмов 2 и 3 (рисунок 2).

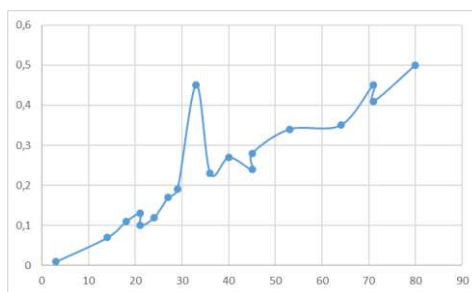


Рисунок 2 – Зависимость разниц во времени от разниц в расстоянии между алгоритмами 2 и 3

Заключение. Таким образом, описаны принципы работы роботизированного комплекса координатный стол, а также произведен расчет скорости выхода координатного стола в позицию при разных алгоритмах управления его работы.

Список литературы

1. Шаговые электродвигатели переменного тока [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : <https://lemzspb.ru/shagovyye-elektrodvigateli-peremennogo-toka/>. Дата доступа : 13.03.2022.
2. Все о двигателе [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : <https://avtika.ru/kolichestvo-shagov-na-oborot-shagovogo-dvigatelya/>. Дата доступа : 13.03.2022.

UDC 62-529

MOVEMENT SPEED ANALYSIS OF CARTESIAN ROBOTIC COMPLEX “COORDINATE TABLE”

Karobchys V.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tonkonogov B.A. – PhD, assistant professor, associate professor of the department of ICT

Annotation. The basic principles of operation of the robotic complex "Coordinate table" are described. The calculation of the speed of the output of the coordinate table to the position with different algorithms for controlling its operation is presented.

Keywords: robotic complex, Cartesian robot, coordinate table, stepper motor, engine driver, operating algorithm, single board computer, ball-screw-transmission