

Исследование режима микростеппинга шагового двигателя для точного позиционирования

Зазнобин Петр Викторович
10 класс, МБОУ «Школа №45»

Научный руководитель А. В. Кирсанов, с.н.с ИПФ РАН, к.т.н.

С целью исследования возможности применения микростеппингового режима шаговых двигателей для высокоточного перемещения объекта на микроуровне изучена методика контроля положения центра изображения на ПЗС матрице видеокамеры, произведена сборка экспериментальной установки и ее калибровка. Экспериментально установлено минимально возможное значение величины микрошага двигателя для высокоточного перемещения объекта на плоскости для двух случаев: при заранее заданном количестве шагов и при использовании системы обратной связи. Показано, что система управляема и может использоваться до наибольшего деления шага ($1/64$, для которого микрошаг составляет $0,02$ микрометра).

Шаговый двигатель – это электродвигатель с дискретными угловыми перемещениями ротора, осуществляемыми за счет импульсов сигнала управления [4].

Микрошаговый режим - это такой режим шагового двигателя, при котором происходит ступенчатое дробление сигнала, поступающего на обмотки двигателя. Благодаря нему можно увеличить количество шагов и повысить плавность работы электродвигателя.

Для проведения эксперимента была использована установка (рис.1). Точечный источник света (1) находится на подвижной части (каретке)(2) системы позиционирования на элементах качения – шарах [2] с приводом от шагового двигателя (3). Используется шаговый двигатель ISS42-06 (моноблок с драйвером) [4]. Шаг винта составляет 50мкм на оборот. Изображение источника света передается на матрицу камеры (4) [6] через собирающую линзу (5) с определенным увеличением. Камера в свою очередь подключена к компьютеру. Специальная программа Noiser во время эксперимента пишет в файл X и Y координаты центра яркого пятна на камере несколько раз в секунду.

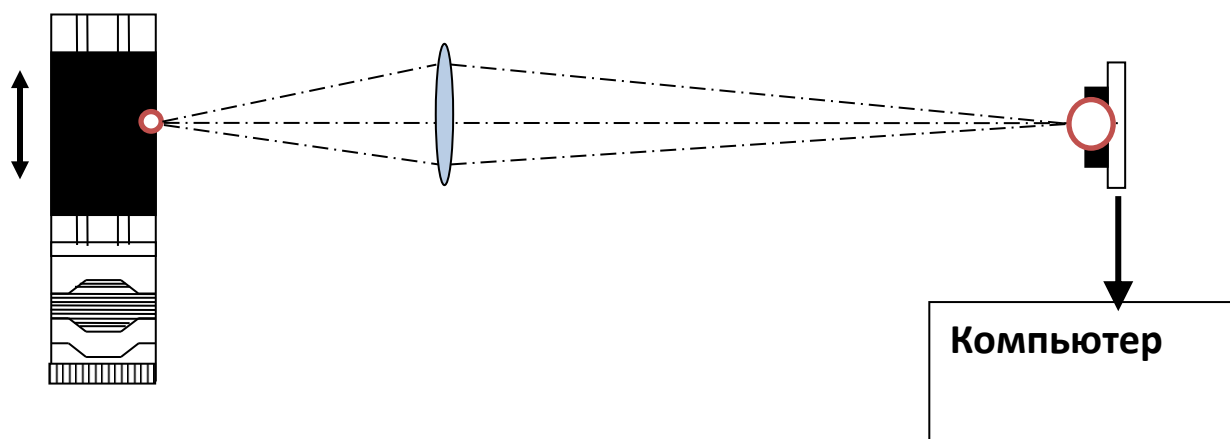


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Коэффициент увеличения линзы составляет примерно 4,5 раза. Он был найден экспериментально, при проведении калибровки экспериментальной установки [1].

Во время проведения эксперимента шаговый двигатель (ШД) сначала выполнял 10 шагов. Затем, через 10 циклов с помощью системы управления проводилась смена направления крутящего вала ШД. После последующих 10 циклов происходила остановка ШД и смена режима микростеппинга. Все управление ШД осуществлялось с помощью специально разработанной программы в среде IDE для Ардуино [5].

Всего было исследовано 7 режимов: Без деления шага (400 ш/об), $1/2$ часть шага (800 ш/об), $1/4$ часть шага (1600 ш/об), $1/8$ часть шага, (3200 ш/об), $1/16$ часть шага (6400 ш/об), $1/32$ часть шага (12800 ш/об), $1/64$ часть шага (25600 ш/об)).

На графической зависимости перемещения центра яркого пятна от времени (рис.2) видна смена направления движения, задаваемая программой управления

микроконтроллером «Arduino», а значит можно сделать вывод, что система полностью контролируется для каждого из приведенных режимов микростеппинга.

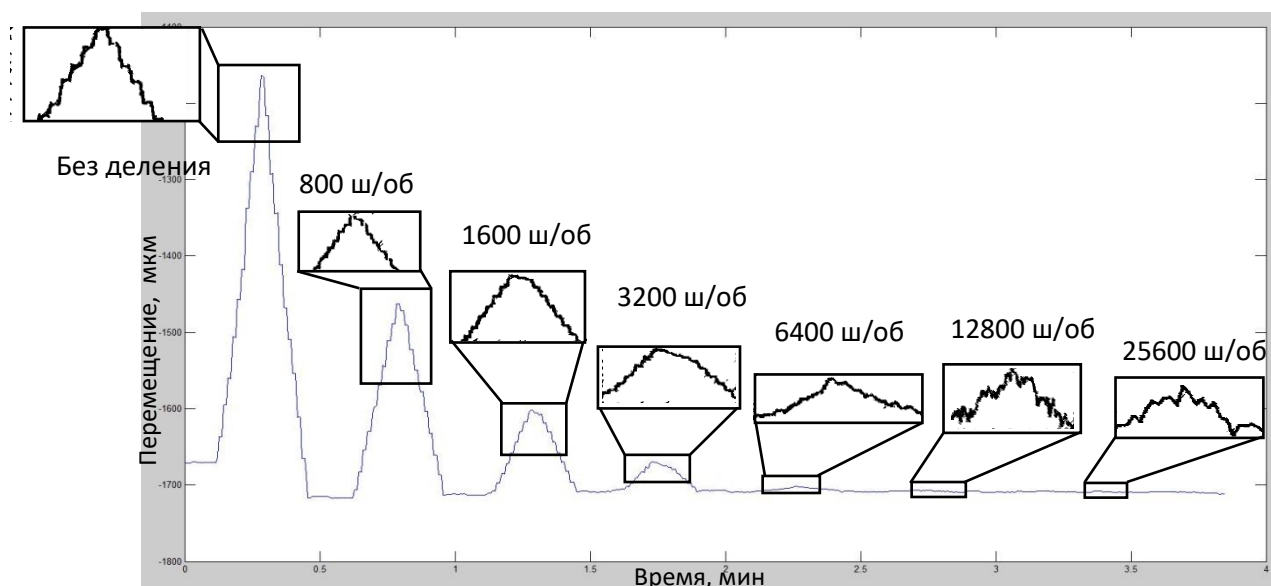


Рис.2. Экспериментальная зависимость перемещения пучка света от времени для разных режимов деления шага (формат MatLab)

После проведения эксперимента, была получена таблица Excel, на основе которой были определены значения среднего квадратичного отклонения (СКО)[3] для каждого режима микростеппинга.

На рис.2 видно, что график состоит из полочек. Эти полочки – удержание вала шагового двигателя перед совершением очередного шага, при этом значения перемещений на ней изменяться не должны. На реальном графике координаты точек не равны друг другу. СКО было рассчитано для каждой группы значений, состоящих из шести и более точек на трех разных полочках. После этого все расчетные значения СКО были усреднены для каждого режима микростеппинга (табл. 1). Далее для сокращения времени эксперимента количество точек на полке составляло не менее трех.

Таблица 1
Зависимость СКО и расчетного значения перемещения источника света от степени деления шага

№ цикла	1	2	3	4	5	6	7
Режим	Без деления	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64
СКО, мкм	0,14	0,16	0,19	0,26	0,33	-	-
Расчетное значение перемещения, мкм	1,25	0,63	0,31	0,15	0,08	0,04	0,02

Из таблицы видно, что до 3 цикла включительно (кратность деления шага 1/4) систему можно использовать для точного позиционирования при заранее заданном количестве шагов. При более высокой кратности деления шага (1/8 и выше) СКО превышает расчетный единичный шаг, а значит, установка должна контролироваться при помощи системы обратной связи для перемещения на определенное расстояние.

Вывод:

Шаговый двигатель и системы позиционирования данного типа пригодны для высокоточного позиционирования объектов в пространстве до определенного значения деления шага при заранее заданном количестве шагов и для перемещения объектов при помощи внешней системы обратной связи. Показано, что контроль над шаговым двигателем и системой позиционирования осуществляется до максимального значения деления шага.

1/64, для которого один микрошаг составляет 0,02 микрометра. Выявлена погрешность, с которой перемещается объект для каждого режима микростеппинга.

Список литературы

1. Афанасьев В.А. Оптические измерения. М.: Высшая школа, 1981 – 229 с.
2. Веркович Г.А., Головенкин Е.Н., Голубков В.А. и др. Справочник конструктора точного приборостроения. Изд.: «Машиностроение» Ленинград, 1986 – 792 с.
3. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: «Наука», 1978. – 512 с.
4. Основы работы шагового двигателя [Электронный ресурс]. URL: https://www.njr.com/electronic_device/PDF/application_notes/Stepper_Motor_Basics_APP_E.pdf (дата обращения 05.11.2020).
5. Официальный сайт «Arduino» [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru/> (дата обращения 16.12.2020).
6. Официальный сайт технического описания камеры SDU-274 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sptt.ru/sptt/pdf/SDU274.pdf> (дата обращения 20.12.2020).