

Құрылтайшы:

Академик Зұлқарнай Алдамжар атындағы
Қостанай әлеуметтік-техникалық
университеті,
Халықаралық инновациялық білім беру
консорциумы.

Учредители:

Костанайский социально-технический
университет им. академика Зулхарнай
Алдамжар,
Международный инновационно-
образовательный консорциум.

**БАС РЕДАКТОРЫ
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

*Доктор технических наук, профессор
Баймухамедов М.Ф.*

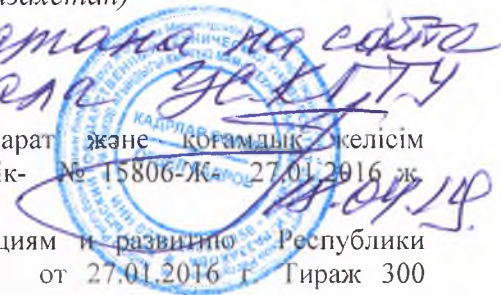
*Бас редактордың орынбасары
Зам. главного редактора
Кандидат технических наук, доцент
Рыспаев К. С.*

**РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫНЫҢ МҮШЕЛЕРІ
РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СОВЕТ:**

*Д.ф-м.н. Дәсаманбалин К.К. – председатель совета
Д.т.н. Князев С.Т. – сопредседатель (Россия)
Д.т.н. Батырканов Ж.И. – сопредседатель (Кыргызстан)*

Члены редакционно-издательского совета:

*д.т.н. Скормин В.А. (США), д. ф-м. н. Герасименко Н. Н., д.т.н. Шанчуров С. М.,
д.т.н., Неволин Д.Г., д.т.н. Самуйлов В.М.(Россия); д.т.н. Шаршеналиев Ж. Ш.,
д.т.н. Дзолдошов Б.О., д.т.н. Боскебеев К.Д.(Кыргызстан); д.т.н. Ашимов А. А.,
д.т.н. Ахметов И.С., д.т.н. Бейсенби М. А., д.т.н., Бияшев Р. Г., д.т.н. Шарипбаев
А.А., д.т.н. Атанов С.К., д. ф-м.н. Медетов Н. А, д.т.н. Курманов А.К., доктор
PhD Алдамжарова Г.З., к. ф-м. н. Калқов Б.А. (Казахстан)*

*распечатана на сайте
журнала*


Журнал Қазақстан Республикасының мәдениет, ақпарат және қоғамдық желісім
министерлігінде баласым ретінде тіркеліп, Тіркелу куәлік- № 15806-Ж от 27.01.2016 ж.
Таралымы 300 дана. Басылым мерзімі – жылына 4 рет.
Издание зарегистрировано Министерством по инвестициям и развитию Республики
Казахстан. Регистрационное свидетельство № 15806-Ж от 27.01.2016 г. Тираж 300
экземпляров. Периодичность издания – 4 номера в год.

Баймухамедов М.Ф., Сулейменова Б.Б. Модель автоматизированной обучающей системы управления процессом обучения	5
Батырканов Ж.И., Кадыркулова К.К., Белялов Ш.А. Управление шаговым приводом 3D – принтера	9
Батырканов Ж.И., Кадыркулова К.К., Субанкулова Ж.Ж. Подход распознавания зрительных образов на основе эталонов и обучения	20
Искакова Г.М. Великие уравнения Максвелла	29
Кушнир В.Г., Бенюх О.А., Аманбаев А.К. Анализ уровня шума в кабине трактора «КИРОВЕЦ К-701».....	33
Кушнир В.Г., Бенюх О.А., Шило И.Н., Романюк Н.Н. Модель взаимодействия ножа измельчителя с соломистой массой	40
Назарова И.Н., Султанбекова Г.О., Тажиева Ш.Ж. Использование WEB-технологий в разработке автоматизированной компьютерной системы учета оборудования	48
Хабдуллин Асет Б., Хабдуллина З.К., Хабдуллин Арман Б., Хабдуллина Г.А. Расчет параметров синхронного двигателя с шихтовым полюсом.....	53
Хабдуллин Асет Б., Хабдуллина З.К., Хабдуллин Арман Б., Хабдуллина Г.А. Повышение надежности систем электроснабжения на объектах горно-технического комплекса	61
Хабдуллин Асет Б., Хабдуллина З.К., Хабдуллин Арман Б., Хабдуллина Г.А. Надежность системы электроснабжения объектов - основа проведения энергосберегающих мероприятий	68
Правила оформления статей.....	75

expertise. There is also a set of training effects (presentation of student fragment of educational material, the control task) that control cognitive activity student and modify its current model.

Keywords: learning process, model, purpose of training, model of student, knowledge control, teaching material, criterion of the quality of teaching, the domain model.

УДК 681.171.074:004.356.2

УПРАВЛЕНИЕ ШАГОВЫМ ПРИВОДОМ 3D – ПРИНТЕРА

*Ж.И.Батырканов¹, К.К.Кадыркулова², Ш.А.Белялов³,
доктор технических наук, профессор¹, старший преподаватель²,
аспирант³, Кыргызский государственный технический университет
им. И. Раззакова (Кыргызстан)*

*Положительные рецензии даны д.т.н. Курмановым А.К.
и к.ф.-м.н Калаковым Б.А.*

Рассматривается и решается задача построения алгоритмов управления по осуществлению движения рабочих органов 3D-принтера по предписанной пространственной траектории. В силу распространенности шаговых приводов (ШП) в 3D-принтерах, рассматривается методика синтеза алгоритмов управления для приводов с шаговыми двигателями (ШД). В связи со сложностью аналитического представления предписанной траектории движения, предписанная траектория задается табличным способом. Табличный способ строится - на основе указания проходимых последовательно контрольных точек, нанесенных на пространственные модели изготавливаемых деталей. При этом, очевидно, что чем больше берется контрольных точек, тем с большей точностью будет воспроизводиться форма детали на 3D-принтере.

В работе предложена оригинальная математическая модель ШП, как объекта управления. На основе этой модели и таблицы предписанных движений определяется алгоритм управления ШД. Рассмотрены вопросы технической реализации синтезированных алгоритмов управлений, приведены структурно-функциональные схемы и принципиальные электрические схемы для рассматриваемых функциональных элементов.

Рассмотрены также вопросы погрешности позиционирования ШД, выбора его угловой скорости.

Ключевые слова: 3D-принтер, шаговый двигатель, шаговый привод, предписанная пространственная траектория, управление движением, единичный шаг, драйвер, число фаз.

Введение. Использование устройств для быстрого прототипирования (известных как 3D-принтеры), позволяет превратить спроектированные в САД-системах 3D-модели в реальные объекты. Такие устройства дают возможность получить прототип разработки в «вещественной форме» за небольшое время и с малыми затратами. Применение 3D-принтеров может сэкономить значительное количество времени и средств на этапе разработки по сравнению с использованием для создания прототипа специально изготовленной технологической оснастки, обработки на станках и пр. На данный момент, сама RP-технология (*rapid prototyping*) развилась до такой степени, что прототипы по своим физическим свойствам приближаются к предметам (объектам), созданным при помощи традиционных технологий.

При проектировании и разработке 3D-принтеров, особое важное место занимают вопросы разработки систем управления приводами рабочих органов 3D-принтера. На сегодняшний день в качестве приводов многих типов 3D-принтеров используются приводы построенные на шаговых двигателях (ШД). Система управления должна обеспечивать в конечном итоге, осуществимость движения рабочих органов 3D-принтера по заранее заданным предписанным траекторным движениям. Траекторные движения определяются заданными геометрическими формам и изготавливаемых изделия. Для синтеза необходимых алгоритмов управления движения приводов по предписанным программам (траекториям) в первую очередь требуется наличие математической модели динамики шагового привода, как объекта управления. Насколько нам известно, в описании промышленно выпускаемых 3D-принтеров, информация о математической модели не приводится (замалчивается). И кроме того не приводятся в открытую сведения о конкретных алгоритмах управления шаговыми приводами.

В связи с вышесказанными, целью данной работы были следующие: для 3D-принтеров использующего метод послойного наплавления (FDM) разработать метод синтеза алгоритмов управления по осуществлению движения шаговых приводов по предписанным программам.

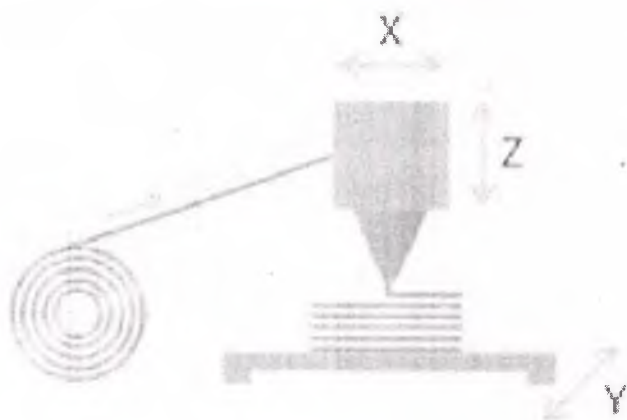


Рисунок 1 - Упрощенная модель 3D-принтера, использующего метод послойного наплавления (FDM)

Разработка математической модели динамики ШД как объекта управления.

Прежде всего, приведем «базовую» информацию о ШД.

Для всех типов ШД с помощью электронного коммутатора вырабатываются импульсы напряжения, которые подаются на обмотки управления, расположенные на статоре ШД. При этом каждый импульс обеспечивает поворот ротора на определенный угол, зависящий от конструкции ШД. В настоящее время в сфере машиностроения наибольшее распространение получили высокомоментные двухфазные гибридные шаговые электродвигатели с угловым перемещением $1,8^\circ/\text{шаг}$ (200 шагов/оборот) или $0,9^\circ/\text{шаг}$ (400 шагов/оборот)

Закон поворота ротора ШД во времени определяется последовательностью, скважностью и частотой поступления на него управляющих импульсов, а также типом и конструктивными параметрами ШД. Основными такими параметрами являются следующие: число фаз (количество обмоток управления и схема их соединения) – различают однофазные и многофазные двигатели; тип ШД - с активным или пассивным ротором; одиночный шаг ротора (угол поворота ротора при подаче единичного импульса); номинальное напряжение питания; номинальный вращающий момент и т.д. Управление ШД обеспечивается специальным электронным блоком управления.

В силу особенностей ШД для них вопросы «люфта» ротора [3] при вращении, являются не актуальными. Зато важна точность установки ротора в очередное заданное положение, скорость поворота (установки) ротора в это положение и пр. Недостаточная скорость установки ШД в процессе работы 3D-принтера может приводить к погрешностям воспроизведения формы (поверхности) детали.

Для синтеза законов управления рассмотрим ШД с зубчатым передаточным механизмом на валу двигателя. При помощи этого механизма вращательное движение ротора двигателя преобразуется в поступательное движение механизмов (в конечном счете – печатающей головки) 3D-принтера.

Пусть на роторном валу ШД посажено (установлено) зубчатое колесо (шестерня) с радиусом R и угловым расстоянием между двумя зубьями $\Delta\alpha$ градусов, т.е. угол поворота ротора ШД, при действии единичного импульса составляет $\Delta\alpha$ градусов. В дальнейшем требуется представить $\Delta\alpha$ в радианах. Перевод из градусов в радианы осуществляется по формуле [1]

$$\Delta\alpha[\text{rad}] = \frac{3.14[\text{rad}](\Delta\alpha[\text{град}])}{180[\text{град}]} \quad (1)$$

При действии единичного импульса на ШД с посаженной на валу его ротора шестерней с радиусом R , одиночный угловой шаг поворота ротора преобразуется в поступательное движение шестерни на расстояние равное

$$L_u = \Delta\alpha \cdot R \quad (2)$$

где $\Delta\alpha$ - шаг поворота ротора ШД при подаче единичного импульса

(градусы); L_m - величина линейного шага шестерни при действии одного импульса на ШД.

Так как в ШД шаги осуществляются в дискретные моменты времени, то математическая модель (ММ) ШД, как объекта управления описывается с использованием конечно-разностного выражения

$$\varphi_{k+1} = \varphi_k + n_k(\Delta\alpha) \quad (3)$$

где: φ_k - текущее угловое положение ротора ШД на t_k - ом моменте времени; n_k - количество управляющих импульсов подаваемых на ШД за отрезок времени $[t_k, t_{k+1}]$; φ_{k+1} - угловое положение ротора ШД в t_{k+1} - ый момент времени.

Формула (3) используется тогда, когда требуемые перемещения рабочих органов 3D-принтера описаны в угловых координатах. Однако в большинстве случаев необходимые перемещения описываются в линейных координатах. При этом аналогично (3), предлагается следующая ММ управления движениями рабочих органов 3D-принтера

$$\begin{cases} X_{k+1} = X_k + n_{kx} l_{ux} \\ Y_{k+1} = Y_k + n_{ky} l_{uy} \\ Z_{k+1} = Z_k + n_{kz} l_{uz} \end{cases} \quad (4)$$

где X_k, Y_k, Z_k - текущие координаты рабочих органов принтера по осям X, Y, Z в k -ый момент времени; $X_{k+1}, Y_{k+1}, Z_{k+1}$ - координаты рабочих органов по осям X, Y, Z в $(k+1)$ момент времени; n_{kx}, n_{ky}, n_{kz} - количества импульсов поданных на ШД приводов по осям X, Y, Z за указанный промежуток времени; l_{ux}, l_{uy}, l_{uz} - величины линейных шагов рабочего органа по осям X, Y, Z от действия одиночных импульсов на соответствующие ШД;

Синтез алгоритма управления шаговым приводом на основе таблично заданных предписанных траектории.

Рассмотрим задачу, когда рабочие органы 3D-принтера (печатающая головка) совершают движения согласно табличным представлениям контрольных точек в изготавливаемых изделиях.

Для осуществления этой задачи, математическая модель динамики шагового привода приведена в виде (4).

Таким образом, в практическом плане задача управления ШД сводится к нахождению количества управляющих импульсов n_{kx}, n_{ky}, n_{kz} из формул (4) и подаче их на соответствующие ШД за отрезок времени $[t_k, t_{k+1}]$. При этом значения $X_{k+1}, Y_{k+1}, Z_{k+1}$ берутся из таблицы предписанных (требуемых) контрольных точек пространственной траектории движения рабочих органов 3D-принтера (таблица 1).

Проиллюстрируем построение предписанной пространственной траектории движения рабочих органов 3D-принтера с помощью рисунка 2.

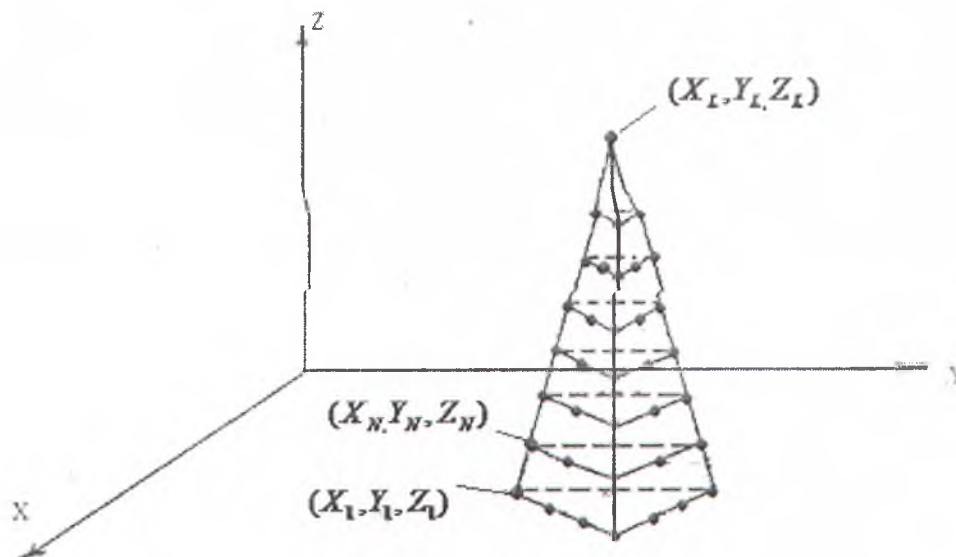


Рисунок 2 - Пространственная модель детали с нанесенными на нее контрольными точками.

По требуемой пространственной модели объекта с нанесенными на нее контрольными точками строим таблицу для предписанной траектории движения рабочего органа 3D-принтера (таблица 1).

Таблица 1 - Предписанные координаты в различных точках траектории.

t_s	t_1	t_2	...	t_k	t_{k+1}	...	t_L	t_{L+1}
x_s	x_1	x_2	...	x_k	x_{k+1}	...	x_L	x_{L+1}
y_s	y_1	y_2	...	y_k	y_{k+1}	...	y_L	y_{L+1}
z_s	z_1	z_2	...	z_k	z_{k+1}	...	z_L	z_{L+1}

Начало движения печатающей головки осуществляется с момента t_1 и начального положения (X_1, Y_1, Z_1) . Затем выполняется переход в положение (X_2, Y_2, Z_2) , соответствующее моменту времени t_2 . Далее движение осуществляется аналогично и в конце первого цикла, соответствующего «первому слою» воспроизводимого объекта, печатающая головка приходит в начальное положение, т.е. (X_1, Y_1, Z_1) . Из этого положения осуществляется переход в положение (X_N, Y_N, Z_N) и затем движение осуществляется по второму слою объекта, воспроизводимого 3-D принтером.

Далее движение выполняется по 3-ему слою и т.д. Таким образом слои могут наноситься последовательно, т.е. друг на друга. В конце работы осуществляется переход к конечному положению (X_L, Y_L, Z_L) .

Для определения l_{ux}, l_{uy}, l_{uz} в системе (4), нужна конкретная информация о

шаговом двигателе и соединенного с валом двигателя редукторе.

Взят ШД марки ДС4-6В и винтовой редуктор с длиной винта 74мм и диаметром 3 мм. При этом экспериментально определено что за одиночный импульс винтовой редуктор перемещает нагрузку на 1,6 мм. Значит $l_{ux} = l_{uy} = l_{uz} = 1,6\text{мм}$

Отметим, что подсчет количества необходимых импульсов по формулам (4) для обеспечения перемещений, задаваемых таблицей 1, может приводить к тому, что расчетное количество импульсов (для определенности – по «X – оси»)

$$n_k = (X_{k+1} - X_k) / l_{ux} \quad (5)$$

будет выражаться не целым числом. В этом случае, берется ближайшее целое число (по стандартным правилам округления), а максимальная погрешность позиционирования ШД составит

$$\varepsilon_{\max} = 0.5l_{ux} \quad (6)$$

Следовательно, чтобы уменьшить погрешность позиционирования ШД нужно уменьшить l_{ux} . А для этого, в свою очередь, нужно уменьшить величину единичного шага (поворота ротора) $\Delta\alpha$, которая достигается путем выбора ШД с необходимым количеством полюсов (в том числе - эквивалентных полюсов). Необходимая скорость движения ШД обеспечивается путем уменьшения или увеличения величины отрезка по времени $[t_k, t_{k+1}]$ - при фиксированных количествах импульсов, которые должны быть поданы на ШД за этот отрезок. Уменьшение отрезка по времени увеличивает скорость движения (перемещения) ШД и, как следствие, печатающей головки.

Техническая реализация системы управления шаговыми двигателями для прототипа 3D- принтера.

Целесообразность самостоятельной разработки и создания прототипа 3D-принтера определяется следующими обстоятельствами: не все серийно выпускаемые 3D-принтеры подходят для решения конкретных научно-исследовательских задач – в т.ч. из-за «закрытости» программного обеспечения; рыночная стоимость имеющихся на рынке 3D-принтеров пока слишком высока для приобретения их с целью выполнения низкобюджетных исследовательских проектов, обеспечения учебного процесса и т.д.; сама по себе разработка таких устройств является полезной с точки зрения развития инженерных навыков у студентов и магистрантов, а также навыков их командной работы над проектами с разделением ролей.

Поэтому приведем технические решения для макета устройства, которое разработано авторами и используется на кафедре «Автоматического управления» КГТУ им. И.Раззакова для образовательных целей. Оно может рассматриваться как прототип 3D- принтера.

Для управления ШД используется компьютер (ПЭВМ), куда предварительно записывается информация о всех параметрах ШД; таблица предписанных движений рабочих органов 3D-принтера. В компьютере, на основе уравнений системы (4) и заданной величины отрезка по времени $[t_k, t_{k+1}]$ осуществляется подсчет необходимого количества управляющих импульсов

для подачи на обмотки ШД в течение каждого временного отрезка.

Структурно – функциональная схема системы управления ШД показана на рисунке 3. Она включает такие объекты: порт LPT (в силу традиционности использования LPT порта для передачи управляющих импульсов на устройство управления и простоты соответствующих схемотехнических решений); шин данных и управления; контроллера; трех электронных драйверов и самих ШД.

От компьютера по интерфейсу LPT приходят сигналы по первым четырем шинам данных для управления обмотками двигателя ШД; по следующим трем шинам передаются управляющие сигналы выбора ШД. Эти сигналы поступают на контроллер. В нем происходит выбор двигателя, который должен работать в конкретный момент времени - путем подачи сигнала выборки на соответствующий канал ШД. Затем импульсы управления подаются в электронный драйвер - в нем они усиливаются по току и напряжению. В конечном итоге эти преобразованные импульсы передаются на обмотки соответствующих ШД, которые и обеспечивают непосредственное управление режимами работы двигателей.

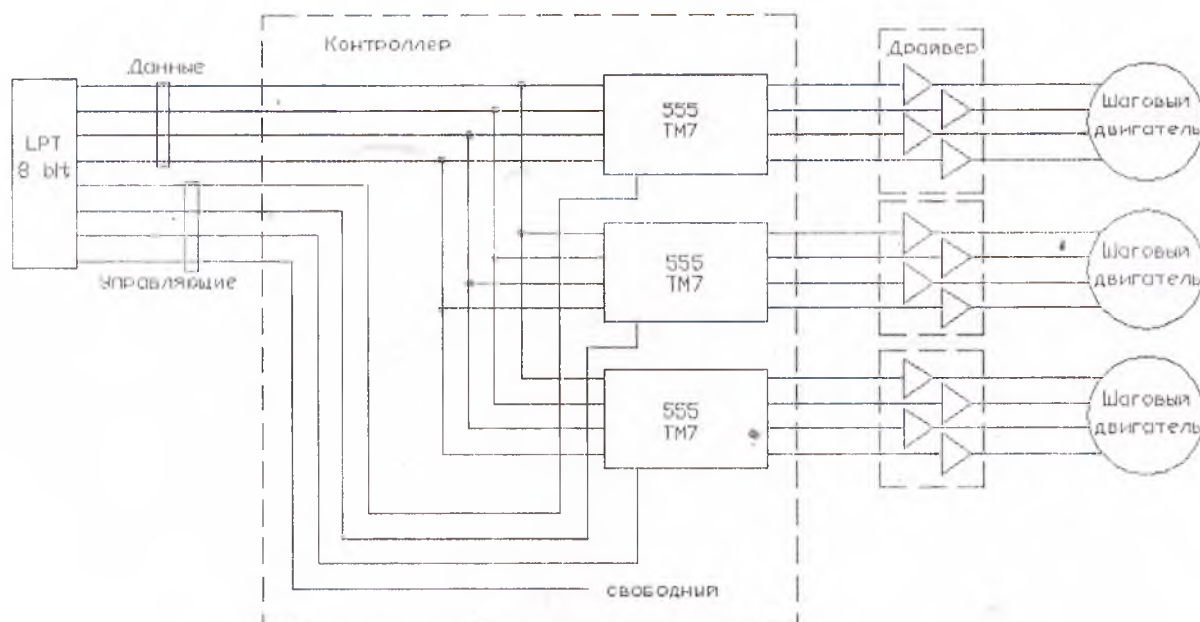


Рисунок 3 - Структурно – функциональная схема типичной системы управления ШД.

Электрическая схема контроллера показана на рисунке 4. Контроллер управления ШД собран на трех микросхемах серии 555TM7 (достаточно распространенное изделие, включенное в базы элементов многих систем автоматизированного проектирования) и не требует прошивки. В каждой микросхеме находятся четыре D – триггера с режимом защелки. При приходе управляющих сигналов на входы D1-D4 они записываются в триггеры, но передаются на выходы микросхем Q1- Q4 только при приходе импульса на входы защелки EI12 и EI34. Таким образом, можно управлять выбором

драйвера ШД который должен включиться в конкретный момент времени.

Отметим, что в настоящее время с использованием современных микропроцессоров возможны и иные схемотехнические решения.

Драйвер шагового двигателя. Для описываемой конструкции представляет собой четырехканальный усилитель или четыре ключа (Рис. 4). Драйвер собран на четырех транзисторах КТ 972 (также достаточно распространенное изделие). При поступлении положительного импульса на базу транзистора происходит его открытие, при этом осуществляется подача напряжения на обмотку двигателя. Диоды необходимы для гашения ЭДС самоиндукции возникающих в обмотках, а параллельный фильтр (состоящий из резистора и конденсатора) служит для «отсечения» высокочастотных составляющих. Схема питается от источника постоянного напряжения 12 Вольт.

В качестве языка программирования для создания программы, обеспечивающей управление работой макета, был выбран язык Паскаль в среде Delphi7. С использованием этого языка была разработана специальная программа, насчитывающая примерно 600 строк кода и предназначенная для использования на управляющей ПЭВМ. Тип применяемой операционной системы - не критичен. Особенностью использования программы является то, что она работает в реальном масштабе времени. При этом исполнение строк кода программы параллельно отрабатывается макетом 3D-принтера.

Подчеркнем, что авторы настоящей статьи не ставили себе целью разработки прототипа устройства, предназначенного для серийного промышленного выпуска. Поэтому описанная конструкция должна рассматриваться как некоторая базовая, которая в дальнейшем может модифицироваться в тех или иных направлениях – в т.ч. и в рамках учебного процесса.

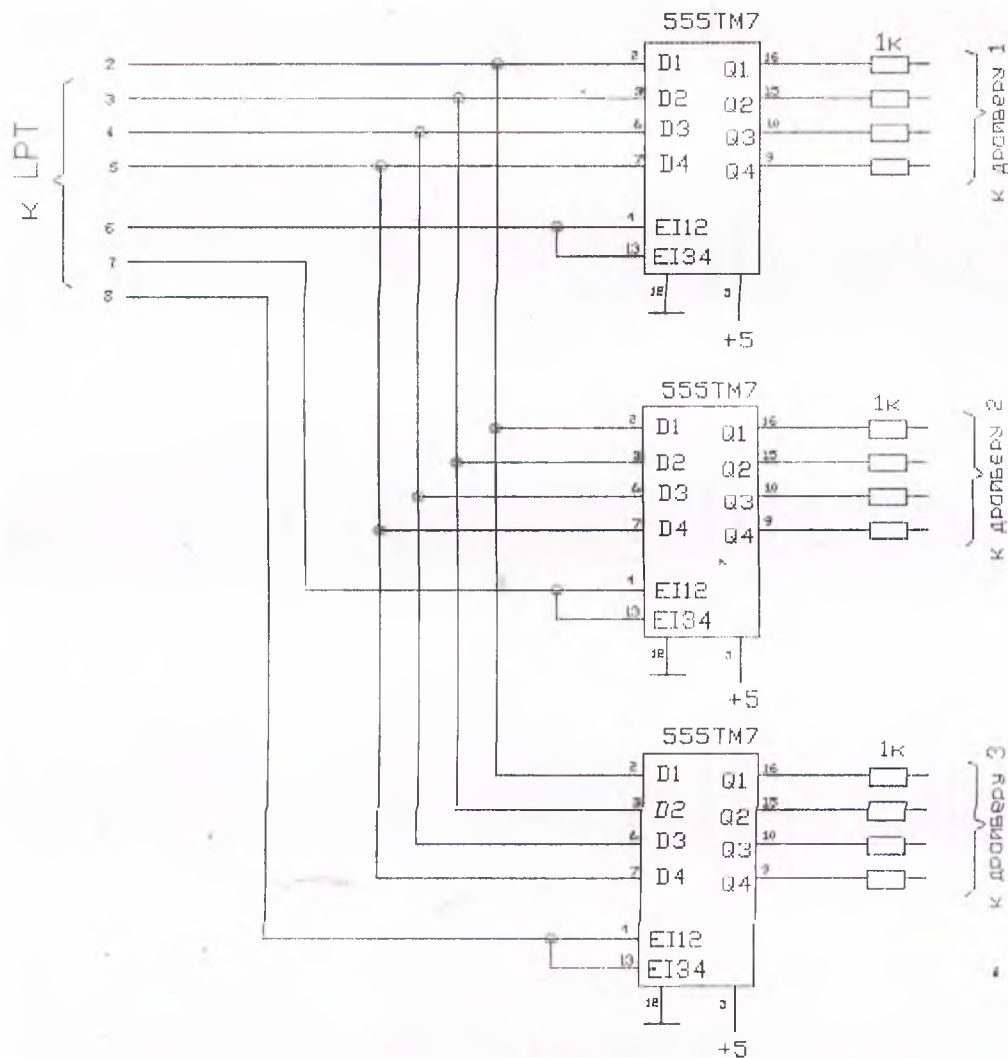


Рисунок 4 - Типичная электрическая схема контроллера, используемого для управления ШД.

На рис.5 показаны части разработанного макета, для изготовления которого были использованы части снятых с эксплуатации матричных принтеров. Возможность использования таких деталей особенно важна для вузов, т.к. они обычно не располагают парком станочного оборудования, необходимого для изготовления всех необходимых узлов и блоков, а их заказ во внешних организациях требует значительных затрат.

На фото хорошо видны пары параллельных направляющих штанг, предназначенных для обеспечения перемещения печатающей головки вдоль осей «X» и «Y». При увеличении размеров этих направляющих возникают вопросы, связанные с обеспечением их параллельности, жесткости и т.д. Поэтому в данном прототипе (как впрочем, и в большинстве серийно выпускаемых 3D-принтеров) размеры этих штанг ограничены.

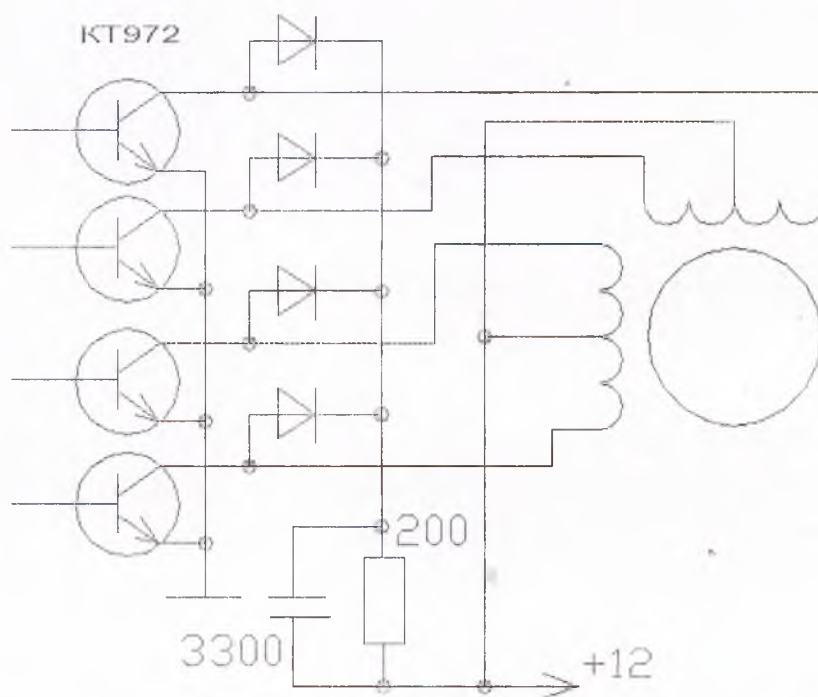


Рисунок 6 - Типичная электрическая схема драйвера ШД.

Выводы.

1. Разработаны математические модели ШД как объектов управления.
2. Рассмотрены решения отдельных вопросов технической реализации системы управления шаговыми приводами.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. Научно-технический журнал, Издательский дом «Астраханский университет», № 1 (33), 2016.
2. Большаков В., Бочков А. и др. Основы 3D-моделирования./Санкт- Петербург 2012г. – 304с.
3. Карпенко Б.К., Ларченко В.И., Прокофьев Ю.А. Шаговые электродвигатели – Киев: Изд-во «Техніка», 1972.- 216с.
4. Aaron Council, Michael Petch. 3D Printing: Rise of the Third Industrial Revolution, Publisher: gyges3d.com; 2014 edition, 2014.116p.
5. Canessa E, Fonda C, Zennaro M. Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development, Publisher: ICTP—The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics 2013– 119s.
6. Jacobs P.F. Rapid Prototyping and Manufacturing: Fundamentals of Stereolithography. - Publisher: Society of Manufacturing Engineers, 1992 – 434s.

3D-ПРИНТЕР ҚАДАМДЫ ЖЕТЕГІН БАСҚАРУ

3D принтердің жұмыс мүшелерінің белгіленген кеңістіктік траекториясындағы қимылын жүзеге асыру үшін басқару алгоритмдерді құру мәселесі шешіледі және қарастырылады. 3D-принтерлерде қадамды жетектердің (ҚЖ) таралуы себептеріне, қадамды қозғалтқышты (ҚК) жетектеріне арналған басқару алгоритмдерін ситез әдістемесі қарастырылады. Белгіленген қимыл траекториясын күрделілігіне байланысты, белгіленген траектория кестелік әдіспен анықталады. Кестелік әдіс жасалып жатқан бөлшектерінің кеңістік моделдеріне дәйекті түрде бақылау нүктелері көрсетілу негізінде жасалады. Қанша көп бақылау нүктелері алынса, сонша 3D-принтерде деталь пішіні үлкен дәлділікпен жасалуы айдан анық.

***Түйін сөздер:** 3D-принтер, қадамды қозғалтқыш, қадамды жетек, белгіленген кеңістіктік траектория, қимылмен басқару, бір қадам, драйвер, фазалардың саны.*

MANAGEMENT STEPPER OF 3D – PRINTER

We consider and resolved the problem of constructing the control algorithms to implement the movement of the workers of 3D- printer prescribed spatial trajectory. Due to the prevalence of stepper motors (SM) in 3D- printers, in article is reviewed the technique of algorithms synthesis for actuators control with SM. The prescribed trajectory in this work is given by the tabular method, on the basis of job control points applied to spatial models manufactured parts. It is obvious that the greater the number of reference points will be taken, the better will be reproduced form of detail at the 3D- printer.

The paper presents original mathematical model of the SD as a controlled object. On the basis of the mathematical model and the table of prescribed movements is determined algorithm of SM control. Authors are reviewed technical realization questions of the synthesized control algorithm, given the structural and functional schemes and principal electrical schemes of functional elements. Also are analyzed the problems of SM positioning errors, as well as SD angular velocity choice questions.

Keywords: 3D-printer, stepper motor, stepper drive, the prescribed spatial trajectory, movement control, single step, driver, number of phases

ПОДХОД РАСПОЗНАВАНИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ ЭТАЛОНОВ И ОБУЧЕНИЯ

Ж.И.Батырканов¹, К.К.Кадыркулова², Ж.Ж. Субанкулова³,
доктор технических наук, профессор¹, старший преподаватель²,
соискатель³, Кыргызский государственный технический университет
им. И. Раззакова (Кыргызстан)

*Положительные рецензии даны д.т.н. Курмановым А.К.
и к.ф.-м.н Калаковым Б.А.*

В данной работе предлагается структура и алгоритмы классификации устройства распознавания зрительных образов. Алгоритм использует эталоны и обучение. В компьютере на этапе обучения создается база эталонных образов в виде числовых матриц. Предлагаются два варианта алгоритма распознавания. В первом варианте алгоритм распознавания использует «принцип близости» и находит минимальную норму разности числовых матриц предъявленного образа с числовыми матрицами эталонных образов. Найденная минимальная норма является ключом к классификации. Во втором варианте вычисляются скалярные произведения вектора изображения на векторы эталонов. Максимальное скалярное произведение и определяет искомый класс.

Ключевые слова: Образ, объект распознавания, классификация, обучение, процедура обучения, эталонный образ.

Современные системы автоматизации, связи, компьютерные сети, роботы все шире и глубже применяют различные типы систем распознавания. Это в первую очередь, промышленные роботы, оснащенные различными сенсорными чувствительными устройствам, это компьютерные сканирующие устройства письменных текстов и звуковой информации, это системы распознавания отпечатков пальцев, распознавание по радужной оболочке глаза, распознавание залежей нефти и газа, и многие другие.

На сегодняшний день, очень большое количество прикладных задач относятся к задачам распознавания зрительных образов. При этом под образом понимается конкретное проявление изучаемого объекта.

Распознавание изображений (зрительных образов) – это частный случай распознавания образов, в котором распознаваемыми сигналами являются изображения, получаемые в результате проектирования объектов реального мира на чувствительные системы. Распознавание зрительных образов является одним из наиболее важных для практики случаев общей проблемы распознавания образов. Задачи распознавания зрительных образов заключается в создании методов и устройств позволяющих автоматически классифицировать