

УДК 631.3:63:537

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ОСНОВНЫХ МЕХАНИЗМОВ ФРЕЗЕРНОГО 3-D СТАНКА

Кадыров Ишембек Шакирович (0000-0003-2576-5387), Турусбеков Бактыбек Сагындыкович, (0009-0000-9851-1375) Бактыбек уулу Азамат (0000-0002-2404-9541), Омуралиев Дастан Исланбекович (0009-0006-4533-3791), Кубанычбеков Адилет Усонбекович (0009-0001-7443-2821)

Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина, г Бишкек, Кыргызская Республика

Аннотация: В статье приведены основные сведения о элементах, которые будут использованы при построении шагового электропривода для фрезерного 3-D станка, состоящая из трех основных механизмов, обеспечивающих пространственное перемещение инструмента в процессе резания. Приведено описание о гибридном шаговом электродвигателе, который по своим регулировочным свойствам наиболее удовлетворяет всем требованиям достижения точности обработки деталей на фрезерного 3-D станка. Рассмотрены два варианта построения схем шаговых электроприводов.

Ключевое слово: Фрезерный станок, Кинематическая схема, Портал, Координаты перемещения, Электропривод, Гибридный шаговый двигатель, Статор, Ротор, Блок-схема, Программа

ФРЕЗЕРДИК 3-D СТАНОКТУН НЕГИЗГИ МЕХАНИЗМДЕРИНЕ КАДАМ МОТОР КЫЙМЫЛДАТКЫЧТЫ ИШТЕП ЧЫГУУ

Кадыров Ишембек Шакирович (0000-0003-2576-5387), Турусбеков Бактыбек Сагындыкович, (0009-0000-9851-1375) Бактыбек уулу Азамат (0000-0002-2404-9541), Омуралиев Дастан Исланбекович (0009-0006-4533-3791), Кубанычбеков Адилет Усонбекович (0009-0001-7443-2821)

К.И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети, Бишкек шаары, Кыргыз Республикасы

Аннотация: Макалада кесүү процессинде инструменттин мейкиндикте жылышынын камсыз кылуучу үч негизги механикадан турган фрезердик 3-D станоктун кыры үчүн тепкичтүү электр жетегин курууда колдонула турган элементтер жөнүндө негизги маалыматтар келтирилген. Гибридик кадам электр кыймылдаткычы жөнүндө сүрөттөмө, ал өзүнүн жөндөө касиеттери боюнча фрезердик 3-D станокто тетиктерди иштетүүнүн тактыгына жетишүүнүн бардык талаптарын канааттандырат. Кадамдык электр кыймылдаткычтардын схемасын түзүүнүн эки түрү каралды.

Өзөктүү сөздөр: Фрезердик станок, Кинематикалык схема, Портал, Кыймыл координаттары, Электр кыймылдаткыч, Гибридик кадам мотору, Статор, Ротор, Блок-схема, Программа.

DESIGN OF A STEP ELECTRIC DRIVE FOR MAIN MECHANISMS OF A 3-D MILLING MACHINE

Kadyrov Ishembek Shakirovich (0000-0003-2576-5387), **Turusbekov Baktybek Sagyndykovich**, [0009-0000-9851-1375], **Baktybek uulu Azamat** (0000-0002-2404-9541), **Kubabychbekov Adilet Usonbekovich** (0009-0001-7443-2821), **Omuraliev Dastan Islanbekovich** (0009-0006-4533-3791).

Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Skryabin, Bishkek, Kyrgyzstan

Annotation: *The article provides basic information about the elements that will be used in the construction of a stepper drive for a 3-D milling machine, consisting of three main mechanisms that ensure the spatial movement of the tool during the cutting process. A description is given of a hybrid stepper motor, which, in terms of its adjusting properties, most satisfies all the requirements for achieving the accuracy of processing parts on a 3-D milling machine. Two options for constructing electric drive circuits are considered.*

Keyword: *Milling machine, Kinematic diagram, Portal, Movement coordinates, Electric drive, Hybrid stepper motor, Stator, rotor, Block diagram, Program*

1. Введение

Предлагаемая читателю статья является продолжением к статье с названием «Проектирование и изготовление фрезерного 3 – D станка», в которой приведены основные сведения об основных механизмах, обеспечивающих перемещение шпинделя с инструментом по координатам X, Y, Z, осуществляемыми с помощью шаговых двигателей (ШД).

Следует отметить то, что разрабатываемый станок имеет основное назначение как:

– в учебных целях, предназначен для проведения лабораторных работ при завершении подготовки бакалавров по направлению «Агроинженерия»;

– в научно-исследовательских – для проведения экспериментальных работ при написании диссертаций магистрантами, аспирантами и докторантами кафедры «Электрификации и автоматизации сельского хозяйства».

2. Материалы и методы исследования

Целью настоящей статьи является получить сведения об этапах проектирования шагового электропривода студентами,

привлеченными к научно-исследовательским работам.

Описание основных этапов проектирования проводится на конкретном примере механизма перемещения портала фрезерного 3 – D станка по оси X.

На рис. 1 показана кинематическая схема для выделенного механизма, в которой боковые стойки портала закреплены к рельсовым направляющим, жестко посаженными к столу станка.

Портал является конструкцией, на котором размещены механизмы движения шпинделя по оси Z, перемещающегося с помощью шагового двигателя (показан сверху портала) и механизм движения шпинделя по оси Y. Оба отмеченные механизмы установлены на поперечине портала. Шаговый двигатель механизма движения шпинделя по оси Y расположен с противоположной стороны на боковой стойке портала.

Кинематическая схема, показанная на рис. 1 является схемой для определения нагрузок на валу двигателя при расчете и выборе шагового двигателя по мощности.

В этой схеме вал ШД соединен с валом винта, который перемещает гайку, несущую всю конструкцию портала по координате X. Следовательно, вес портала G_0 определяет момент нагрузки на валу ШД.

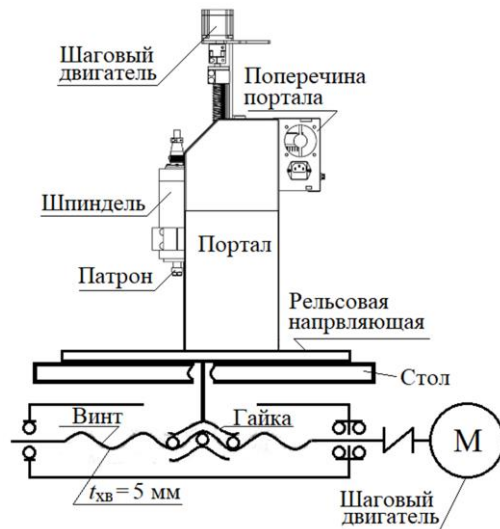


Рис. 1. Кинематическая схема электропривода портала.
«Составлено авторами»

3. Результаты исследований. Для того чтобы определить алгоритм построения системы управления шагового электропривода, прежде всего следует дать краткое описание устройства и принципа действия шагового двигателя на примере гибридного ШД, которая совместила в себя лучшие качества шаговых двигателей: с постоянными магнитами и реактивного (синхронного). Гибридный шаговый двигатель обеспечивает лучшую производительность и имеет улучшенные характеристики в сравнении с другими шаговыми двигателями. Основное отличие точность выполнения дискретностью шага, и способность

удерживать момент и скорость двигателя в отсутствии коммутации (<https://elektrikexpert.ru>).

На рис. 2 приведена конструктивная схема гибридного шагового электродвигателя. Из этого рисунка видно, что конструкция статора и расположение обмоток у гибридного ШД ничем не отличается от реактивного (синхронного). И в том и другом двигателе в конструкциях статора предусмотрены зубцы, за счет которых достигается увеличение количества эквивалентных полюсов, в сравнении с полюсами только от расположенных на нем обмоток. От количества основных полюсов зависит угол поворота за один шаг: если имеется 4 основных полюса, то образуется 3 — 6-градусные двигатели, если 8, то 1,8 — 0,9-градусные двигатели.

Конструкция ротора гибридного ШД имеет цилиндрическую форму, на которой оборудованы роторные зубцы, выполненные с помощью постоянных магнитов с круглым сечением. Зубцы на поверхности цилиндрического ротора смещены на пол шага и образуют две секции. Между секциями зубцов ротора расположен цилиндрический постоянный магнит. Из рис. 2 видно, как чередование впадин и гребней зубцов на одной оси, автоматически образуют на одной половине ротора северный N полюс, а на другой южный S полюс. За счет этого в момент фиксации ротора часть зубцов ротора располагаются строго напротив зубцов статора, а другие между ними. Строгая ориентация зубцов статора и ротора обеспечивают меньшее сопротивление магнитной цепи, улучшающая статические и динамические свойства гибридного ШД (Сафонов Ю.М. 1990. – 176 с.).

У гибридных ШД зубчатые полюсные стоимости. Ясно, что более совершенные

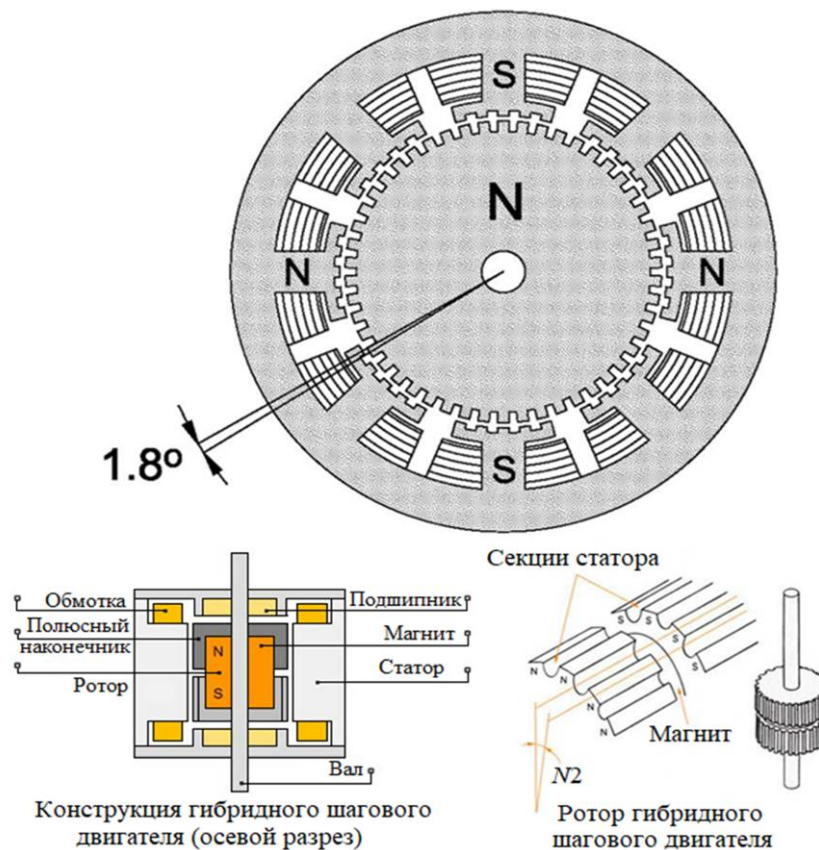


Рис. 2. Конструктивные схемы устройства гибридного шагового электродвигателя «Составлено по [1]».

наконечники ротора, также, как и статора, собирается из отдельных пластин для уменьшения потерь на вихревые токи.

Гибридные шаговые электродвигатели относятся к классу бесщёточных электродвигателей с несколькими обмотками. Поворот и фиксация ротора в шаговом двигателе производится, подачей напряжения на одну из обмоток статора. Последовательная подача напряжений на обмотки двигателя вызывает дискретные угловые перемещения (шаги) ротора.

4. Дискуссия При разработке электрической схемы управления шаговым электроприводом обычно возникает дилемма выбора комплектующих в зависимости от их

схемы электроприводов ШД стоят дороже.

Поэтому, для сравнения, рассмотрим два варианта построения схем управления.

К первому, более дешевому варианту относится принципиальная схема, показанная на рис. 3. Элементной базой, позволяющей реализовать систему управления шаговым электроприводом, является 8-ми разрядный высокопроизводительный AVR микроконтроллер Atmega 16 А с быстродействием до 16 млн. операций в секунду. В этой схеме на вход 40 поступает сигнал от датчика, позволяющая произвести очередной шаг в том или ином направлении.

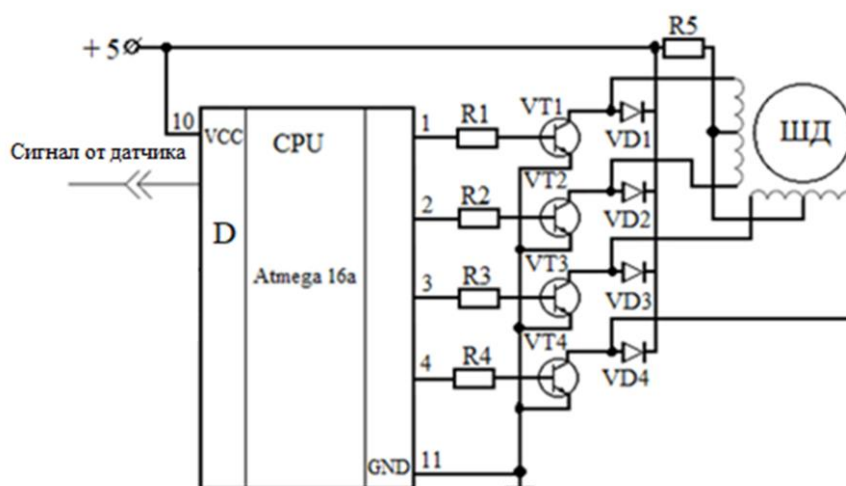


Рис. 3. Принципиальная схема управления шаговым двигателем «Составлено авторами».

Реакцией микроконтроллера на этот сигнал является, напряжение поступающий на один из выводов 1, 2, 3, 4, который осуществляет управление одной из ключевой схемой, выполненной на транзисторах VT1 – VT4. Резисторы R1 – R4 служат для ограничения тока базы транзисторов. В коллекторную цепь транзисторов включены обмотки шагового двигателя. Средние точки обмоток двигателей подключены к плюсу источника питания. Поскольку нагрузка индуктивная, в схеме применены защитные диоды VD1 – VD4. Защитные диоды увеличивают время спада тока в обмотках шагового двигателя. Через них, последовательно с ограниченным резистором R5, ЭДС самоиндукции возвращается в источник питания +5 вольт. Такое решение снижает максимально возможную частоту вращения шагового двигателя. Без диодов, время спада тока окажется минимальным, двигатель сможет вращаться быстрее, но при этом возникают опасные для транзисторов броски ЭДС самоиндукции, которые могут превысить допустимые для них напряжение 120 вольт и привести к их повреждению. Резисторы R1 – R4 – 1 кОм, резистор R5 – 200 Ом, 2 Вт.

Транзисторы VT1 – VT4 – KT829A. Диоды VD1 – VD4 – 1N4007.

На рис. 4. показана блок-схема программного обеспечения, реализующая функцию системы управления шаговым электроприводом, составленная с учетом последовательности активизации статорных обмоток. Из рис. 4 видно, что работа микроконтроллера состоит из двух этапов. На первом этапе производится подготовка основных элементов центрального процессора (внутренние регистры, счетчики-таймеры, цифровые компараторы и др.) и периферийных устройств (цепи интерфейсов) к выполнению очередного шага в том или ином направлении. На втором этапе контроль выполнения шаговым двигателем сигнала с выхода микроконтроллера.

Принцип работы микроконтроллера можно объяснить в следующем порядке. На первом шаге программа выполняется следующие команды: переменной X присваивается значение, полученное от АЦП; это же значение сохраняется в переменной Y. Далее происходит поворот оси шагового двигателя на X шагов, после чего программа возвращается в начало. На всех последующих шагах выполнение программы происходит так:

переменной X присваивается вновь полученное значение АЦП, за вычетом значения переменной Y , в которой

того, коммутирующие транзисторы постоянно подвергаются тепловому воздействию, поэтому требуется

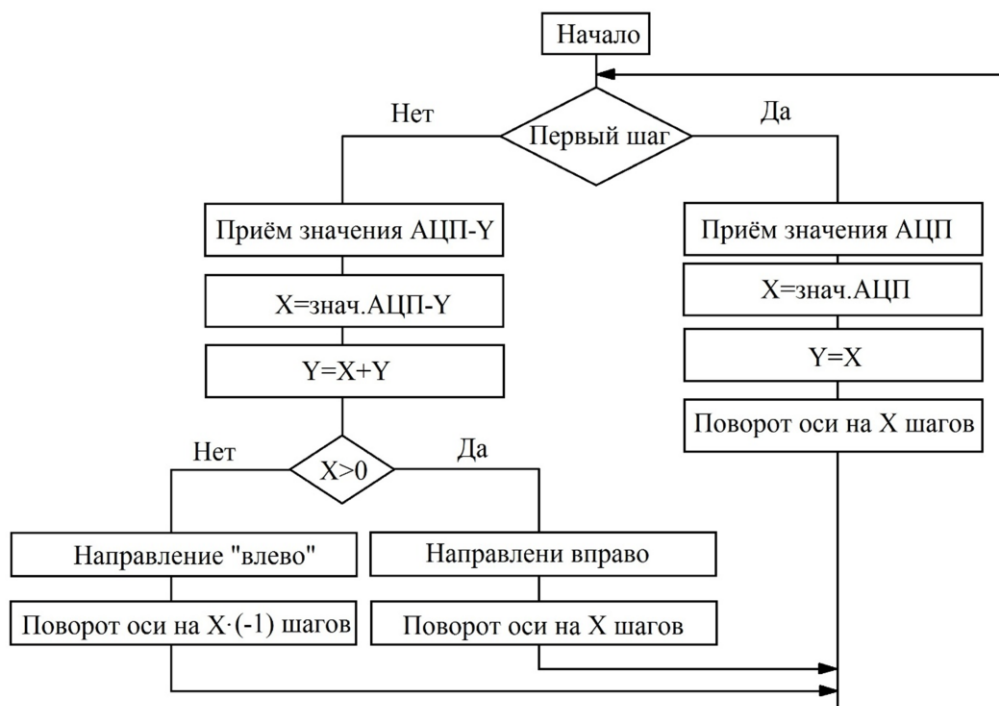


Рис. 4. Блок-схема программы «Составлено авторами».

хранится предыдущее значение АЦП. После этого значение переменной Y обновляется. Далее происходит вычисление направления вращения шагового двигателя: если $x > 0$, то направление «вправо», если $x < 0$, то направление «влево». После вычисления направления происходит поворот оси шагового двигателя на X шагов, в соответствующем направлении, далее программа вновь возвращается в начало. Таким образом, выполнение программы будет происходить непрерывно, пока включено питание (Кадыров И.Ш. 2006. – 211 с.).

Достоинством рассмотренной схемы является низкая стоимость комплектующих, простота схемного решения. К недостаткам относятся, как было отмечено выше, заваливание фронтов напряжений, подаваемые на обмотки ШД. В связи с этим частота вращения вала ШД снижается. Кроме

создания условий улучшенного охлаждения.

На рис. 5 приведены фотографии элементов шагового электропривода, которые обеспечивают наиболее эффективное управление основными механизмами 3 – D фрезерного станка.

На рис. 5, а показана фотография источника питания совместимая с другими элементами шагового электропривода.

На рис. 5, б показана фотография драйвера HBS860H, основное назначение которого в обеспечении подачи меандра импульсов от источника тока на обмотки гибридного шагового двигателя, регулирование его амплитудного значения и в стабилизации тока в обмотках. Следовательно, в функцию драйвера входит формирование импульсов и поддержание параметров, заданного микроконтроллером: амплитуды, частоты и полярности.

Подача их на обмотки шагового схемотехники, поэтому для этой работы

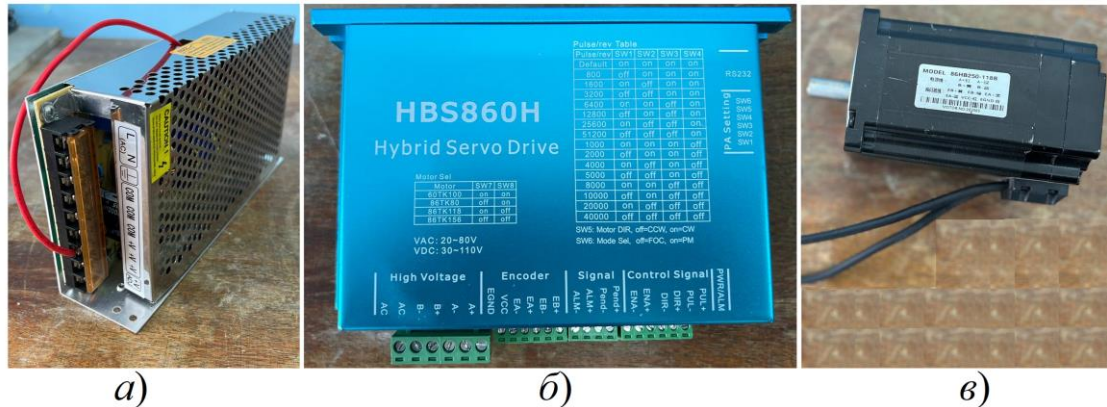


Рис. 5. Элементы шагового электропривода 3 – D фрезерного станка «Составлено по [4]».

двигателя приводит к повороту ротора на заданный угол. Основное достоинство выбранного драйвера заключается в потенциальном разделении силовых цепей с управлением, чем обеспечивается высокая помехозащищенность работы шагового электропривода (Терехов В.М. 1987. – 224 с.).

На корпусе драйвера установлены DIP переключатели, с помощью которых обеспечивается 16 ступеней деления шага, $1:4 \div 1:256$. К защитным свойствам драйвера относятся: защита от перенапряжения и перегрузки по току, а также защита от понижения питающего напряжения.

На рис. 5, в показана фотография шагового серводвигателя HBS860H, особенности которого описано выше.

К следующему шагу относится составление монтажной схемы и задание алгоритма работы микроконтроллеру, в которой будет заложена программа работы шагового электропривода.

5. Выводы Разработка шагового электропривода требует от студентов глубоких знаний в области электрических машин, полупроводниковой электронной техники, программирования и

были привлечены наиболее подготовленные студенты, которые обучаются по направлению «Электроэнергетика и электротехника». Подобранный ими материал позволит начинающим проектировщикам получить первоначальную информацию для того, чтобы приступить к проектированию и наладке шагового электропривода.

6. Использованная литература

1. URL: <https://elektrikexpert.ru/shagovye-dvigateli-tipy-ustrojstvo-i-princip-raboty.html>;
2. Сафонов Ю.М. Электроприводы промышленных роботов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 176 с.
3. Кадыров И.Ш. Проектирование электромеханических систем для машин автоматического действия: Учебное пособие для вузов. – Б.: ИЦ «Текник, 2006. – 211 с.
4. Терехов В.М. Элементы автоматизированного электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 224 с.