

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт Автоматики и Информационных технологий

Кафедра Электроника, телекоммуникации и космические технологии

Рахматуллин Э.Р.

« Разработка электронного блока управления шаговым двигателем »

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

По образовательной программе 6B07112 – Electrical and Electronical Engineering

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт Автоматики и Информационных технологий

Кафедра, Электроника, телекоммуникации и космические технологии

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой Электроники,
телекоммуникации и космических технологий
к.т.н., ассоциированный профессор
Таштай Е.
"02" "06" 2023 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

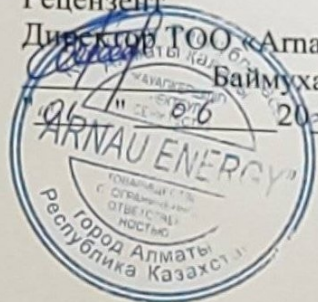
На тему: «Разработка электронного блока управления шаговым двигателем»

По образовательной программе 6B07112 – Electrical and Electronical Engineering

Выполнил проект

Рахматуллин Э.Р.

Рецензент
Директор ТОО «Арнау Энерджи»
Баймухамед Т.С.
"06" "06" 2023 г.



Научный руководитель
Кандидат технических наук
Абдуллаев М.А.
"01" "06" 2023 г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра «Электроники телекоммуникации и космическая технологий»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

«Электроники,
телекоммуникации и космической
технологий»

к.т.н., ассоциированный профессор
Таштай Е.

«22» XII 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Дипломнику Рахматуллину Эльдару Равильевичу

Тема: «Разработка электронного блока управления шаговым двигателем».

Утверждена приказом Ректора Университета № 408-П/О от «23» ноября 2023 года.

Срок сдачи законченной работы «01» июня 2023 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. Структурная схема блоков управления электродвигателями
2. Шаговый двигатель и два бесколлекторных двигателя
3. Частота вращения основного двигателя от 400 до 100 оборотов в минуту

Перечень вопросов подлежащих изучить и представить в дипломной работе:

- а) Обзор существующих электродвигателей и бдоков кправления
- б) Методы управления электродвигателями
- в) Проектирование установки в виде куба с нижним расположением основного двигателя
- д) Разработка опытного образца цилиндрического дисплея.

Перечень графического материала: - изложить материалы диссертации 10-15 слайдах графического материала на PowerPoint;

Рекомендуемая основная литература:

1. А.И. Лурье Аналитическая механика. М.: ГИФМЛ, 1961
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс физики. Том 2 Электричество и магнетизм (4-е издание). М.: Высшая школа, 1977
3. <https://compress.ru/article.aspx?id=11094><https://habr.com/ru/post/196150/>
4. В.И. Арнольд «Математические методы классической механики», 1989 г., МГУ
5. Н.Н. Болотник «Бесколлекторные двигатели», 2000 г.
6. <https://cyberleninka.ru/article/n/asinhronnyy-dvigatel-s-perforirovannym-polym-rotorom>
7. Сажина А.М., Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие / А.М. Сажина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М : Юрайт, 2020. - 140 с. - (Высш. образование)
8. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. – СПб.:БВХ-Санкт-Петербург, 201

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Обзор существующих бесколлекторных электродвигателей. Основные понятия и задачи радионавигации [1, 2,6,7,8]	1.09.2022-31.12.2022	Выполнено
2.1. Методы управления бесколлекторных электродвигателей [1, 2,6,7,8]	1.01.2023-30.01.2023	Выполнено
2.3 Разработка схемы управления бесколлекторным шаговым электродвигателя [3,4]	1.02.2023-15.03.2023	Выполнено
3. Сборка макетного образца цилиндрического 3D дисплея [5, 10]	16.02.2023-31.03.2023	Выполнено
4. Написание дипломной работы	15.04.2023-30.04.2023	Выполнено

Подписи

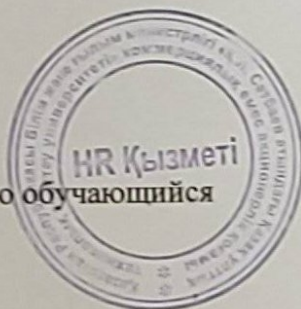
консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование разделов	Консультанты Ф.И.О. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Магистр технических наук, Ассистент . Базарбай А.М.	31.05.23	А.М.Б.

Научный руководитель

Задание принял к исполнению обучающийся

“01” декабря 2022 г.



К.Т.Н. Абдуллаев М.А.

Рахматуллин Э.Р.

АННОТАЦИЯ

Создание цилиндрического 3D дисплея с использованием бесколлекторного электродвигателя – это инновационная технология, позволяющая создавать уникальные пространственные изображения. Вместо традиционных плоских дисплеев, в данной технологии используется цилиндрическая структура, ориентированная по вертикали. Главным элементом такого дисплея является бесколлекторный электродвигатель, который обеспечивает вращение структуры и создает иллюзию трехмерного изображения. Создание цилиндрического 3D дисплея с использованием бесколлекторного электродвигателя представляет собой перспективное направление, которое может привести к революционным изменениям в сфере визуальных эффектов

АНДАТПА

Қылқаламсыз қозғалтқыштың көмегімен цилиндрлік 3D дисплейді жасау бірегей кеңістіктік кескіндерді жасауға мүмкіндік беретін инновациялық технология болып табылады. Дәстүрлі жалпақ панельді дисплейлердің орнына бұл технология тігінен бағытталған цилиндрлік құрылымды пайдаланады. Мұндай дисплейдің негізгі элементі құрылымды айналдыратын және үш өлшемді кескіннің елесін жасайтын қылшықсыз электр қозғалтқышы болып табылады. Қылқаламсыз қозғалтқышты пайдалана отырып, цилиндрлік 3D дисплейді жасау визуалды әсерлер саласындағы революциялық өзгерістерге әкелуі мүмкін перспективалы бағыт болып табылады

ANNOTATION

Creating a cylindrical 3D display using a brushless motor is an innovative technology that allows you to create unique spatial images. Instead of traditional flat-panel displays, this technology uses a vertically oriented cylindrical structure. The main element of such a display is a brushless electric motor that rotates the structure and creates the illusion of a three-dimensional image. Creating a cylindrical 3D display using a brushless motor is a promising direction that can lead to a revolutionary change in the field of visual effects.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1 Анализ основных видов бесколлекторных двигателей и выбор конструкции	8
1.1 Постановка задачи дипломной работы	8
1.2 Анализ существующих электрических двигателей	10
1.3 Выбор электродвигателя и генератора для цилиндрического дисплея	16
2 Анализ блоков управления бесколлекторным двигателем и разработка блока управления	18
2.1 Принцип управления бесколлекторными двигателями	18
2.2 Основные схемы блока управления трехфазным бесколлекторным двигателем	19
2.3 Разработка блока управления бесколлекторным двигателем	22
2.4 Разработка схемы питания электронных блоков с использованием вращающегося на одной оси с мотор генератором	24
3 Сбор конструкции цилиндрического дисплея и проведение экспериментов синхронной работы пары двигатель- генератор на одной оси	28
3.1 Основные данные конструкции цилиндрического дисплея	28
3.2 Изготовление опытного образца основной платформы 3D дисплея	32
3.3 Экспериментальное исследование опытного образца 3D дисплея	49
Заключение	
Список используемой литературы	

ВВЕДЕНИЕ

В данной дипломной работе рассматривается вопрос проектирования и разработки опытного образца электромеханической части цилиндрического дисплея с выбором электродвигателя соответствующий заданным параметрам. В целом на цилиндрическом дисплее изображение формируется путем вращения одной линейки с 128 светодиодов, путем программирования вывода всего кадра 128 на 228 пикселей за 41 миллисекунд. Это позволить наблюдателю видеть весь кадр за счет POV-эффекта типа 24 кадра в секунду целиком. То есть необходимо разработать и создать моторный отсек цилиндрического дисплея, состоящей из основного мотора, вращающегося всю конструкцию и генератора обеспечивающий питания электронных блоков, которая находится внутри вращающиеся конструкции.

Обычно, для передачи энергии во вращающиеся части выполняется контактной передачи с помощью двух щеток или с помощью электромагнитной, бесконтактной передачи с помощью катушек с преобразованием в токи с высокой частоты. В обоих случаях это усложняет конструкцию цилиндрического дисплея. Поэтому необходимо встроить во вращающиеся конструкции генератор с выпрямителями и стабилизаторами.

Моторный отсек должен состоят из двух частей. Первая часть малошумный мотор для вращения нескольких линеек со светодиодами. Основные требования предъявляемые к электрическому двигателю Это скорость вращения регулируемое от 400 до 1600 оборотов в минуту Вторая часть – это генератор, расположенный на одной оси с основным электродвигателем и предназначенный для электропитания всех электронных устройств, включая несколько десятков линеек со светодиодами.

Для этого проведен анализ существующих малошумных бесколлекторных двигателей и на основе проведённых расчетов определены основные параметры моторного отсека. В качестве основного устройства вращения использован бесколлекторный двигатель от электровелосипеда, а в качестве генератора аналогичный бесколлекторный мотор от гироскутера переделанный в генератор.

На основе выбранной элементной базы осуществлён изготовление моторного отсека цилиндрического дисплея с использованием металлической конструкции в виде куба размером 50х50х50 см. Проведён эксперимент и измерение основных параметров как двигателя, так и генератора. Результаты измерения показывает достигнуто все параметры моторного отсека и полностью соответствует техническому заданию.

1 Анализ основных видов двигателей и выбор конструкции цилиндрического дисплея

В данной главе рассмотрим вопросы по определению требованиям к цилиндрическому дисплею и основные конструктивные решения с выбором электродвигателя для вращения цилиндрической конструкции с линейками светодиодов. Необходимо на основе анализа решить два вопроса. Первое провести расчет и определить требования к электродвигателю цилиндрического дисплея. Осуществить анализ существующих двигателей и выбрать соответствующий требованиям электродвигатель.

1.1 Постановка задачи дипломной работы

Для определения требований к электромотору проведем основные расчеты по цилиндрическому дисплею.

В мире существуют POV дисплеи с выводом изображения на цилиндрическую поверхность с помощью вращения линейки светодиодов.

Это в основном голографические вентиляторы с линейками из сотен светодиодов и обеспечивающий вывод плоского изображения, обрамленный кругом, которые представлены на рисунке 1.1



Рисунок 1.1 - Голографический вентилятор

В данном случае название «голографический» не соответствует действительности. Изображение как уже говорил плоское, но за счет изменения положения объекта в рисунке создается впечатление о трехмерном измерении. Но если посмотреть сбоку, вы ничего не увидите. Здесь используется так называемый POV эффект, когда кадр выводится с частотой не менее 24 кадров в секунду, и объект просматривается насквозь и создается ощущение что он висит в воздухе.

Отсюда мы сделали вывод что раз кадр просматривается насквозь, почему не расположить несколько плоскостей друг за другом и получить полностью трехмерное изображение любого объекта. Но расположить близко эти голографические вентиляторы на небольшом расстоянии в несколько миллиметров не получится, потому что этому мешает электродвигатель в центре круга и его хорошо видно.

Поэтому решили поставить те же линейки вертикально в несколько слоев и получить реальное трехмерное изображение, которую можно посмотреть со всех сторон без виртуальных очков.

Таким образом необходимо разработать цилиндрический дисплей с выбором электродвигателя и генератора для питания электронных блоков.

Для начало решено разработать линейку из белых светодиодов в количестве 128 штук расположенный в одну линию и на трех лопастях расположенных в кругу по 120 градусов и определить основные требования к электродвигателю.

Для расчёта вращения этой линейки из 128 светодиодов необходимо учитывать следующие особенности восприятия глазом человека движущегося светящийся объектов. Это обстоятельства рассмотрены и применены в киноиндустрии, где кадры меняются с частотой в 24 кадра в секунду. И человек видит непрерывно движущихся объекты. В современных игровых дисплея скорость смены достигает сотни кадров в секунду.

Для начальных расчетов примем что частота кадров фиксированной и равны 24 кадрам в секунду. Значит время одного кадра равняется:

$$T_0 = 1 \text{ сек} : 24 = 41,67 \text{ миллисекунд}$$

Примем что размер кадра с стандартным соотношением сторон 1,77. Линейка из 128 светодиодов по вертикали. Тогда по горизонтали:

$$M_1 = 128 \times 1,77 = 226,56$$

Округляем и получаем кадр 128 на 228 пикселей. Будем использовать три линейки из 128 белых светодиодов диаметром в 2,5 мм шагом 2,54 мм. Каждая линейка расположены в кругу со смещением в 120 градусов. Необходимо определить скорость вращения линеек по кругу.

Для этого рассчитаем длину кадра в 228 пикселей:

$$L_1 = 228 \times 2,54 \text{ мм} = 579,12 \text{ мм}$$

Таких кадров в кругу будут три. Тогда длина окружности будет равен:

$$S_3 = L_1 \times 3 = 579,12 \times 3 = 1737,36 \text{ мм}$$

Мы рассчитали длину окружности.

Определим диаметр круга:

$$D_1 = 1737,36 : 3,14 = 553,3 \text{ мм}$$

Высота POV дисплея равняется:

$$H_1 = 128 \times 2,54 = 325,12 \text{ мм}$$

Определим частоту вращения. Для этого возьмем время прохождения одного кадра в секторе 120 градусов равной 41,67 мсек. В одном круге три кадра. Тогда время одного оборота равен:

$$T_1 = 41,67 \times 3 = 125 \text{ мсек}$$

Это время одного оборота. Число оборотов в минуту равняется:

$$W = 1000 : T = 1000 : 125 = 8 \text{ оборотов в секунду или } 480 \text{ оборотов в минуту.}$$

Таким образом мы определили скорость вращения мотора. Примем следующие диапазон вращения для точного подбора скорости опытным путем. От 400 до 1000 оборотов в минуту.

Постановка задачи: Разработать блок управления бесколлекторным двигателем мощностью 350 ватт с оборотами от 400 до 1000 в минуту с точностью в 1%.

1.2 Анализ существующих электрических двигателей

В соответствии с проведенными расчетами осуществлён анализ существующих электродвигателей и определен самый подходящий электродвигатель и генератор для питания блока управления и всех электронных линеек светодиодами.

Основные параметры:

1. Скорость вращения 400-1000 оборотов в минуту
2. Мощность от 300 до 500 ватт
3. Малые шумы.

В качестве мотора были рассмотрены шаговые двигатели различной конструкции и блоки управления. Анализ показал сложность использования их в цилиндрическом дисплее за счет дороговизны и достижения низких оборотов в силу их предназначения для работы на высоких оборотах. Поэтому были рассмотрены следующие виды двигателей, а именно бесколлекторные двигатели с похожей системой управления шаговыми двигателями. В качестве основного требования к двигателю определены три параметра. Первое - бесшумность, второе - точность вращения и третье - мощность достаточная для вращения линеек весом не превышающим одного килограмма.

Устройство таких приводов продемонстрировано на рисунке 1.2



Рисунок 1.2 - Бесколлекторный двигатель

Ротор имеет постоянный магнит или несколько магнитов, которые расположены в определенном порядке. Статор же состоит из катушек (В), отвечающих за создание магнитного поля. [2].

Примечательно, что эти электромагнитные механизмы могут быть как с внутренним якорем, так и внешним (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 - Бесколлекторный двигатель с внешним магнитным якорем

Инверторный двигатель прямого привода.

Рассмотрим основные электродвигатели. Первый это – инверторный двигатель прямого привода, который чаще всего используется в стиральных машинах (рисунок 1.4) [1].



Рисунок 1.4 - Бесколлекторный инверторный двигатель прямого привода

На рисунке 1.5 будет изображено устройство бесколлекторного двигателя

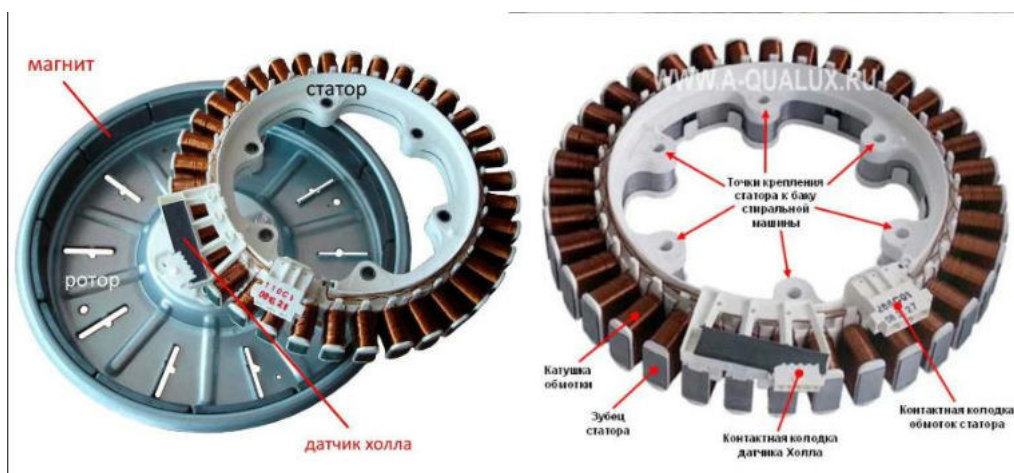


Рисунок 1.5 - Устройство бесколлекторного двигателя

BLDC или бесщеточный двигатель с прямым приводом - это трехфазный постоянного тока двигатель, который имеет постоянные магниты на роторе и обмотки на статоре. Он очень похож на шаговый двигатель, но тем не менее, это другой тип двигателя. Его можно разбить на два типа:

Inrunner, где магниты находятся внутри статора с обмотками;

Outrunner, где магниты расположены снаружи и вращаются вокруг неподвижного статора с обмотками.

Рассмотрим более подробно работу двигателя прямого привода, изображенную на рисунке 1.6.

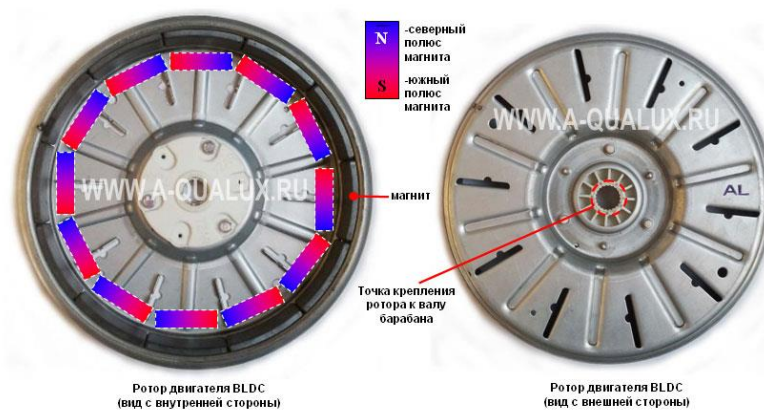


Рисунок 1.6 -Двигатель стиральной машины LG, оборудованный прямым приводом, роторный.

Ротор мотора BLDC имеет форму чаши, к которой с внутренней стороны крепятся магниты прямоугольной формы с чередованием полюсов. В данном случае используются 12 магнитов, размеры которых зависят от геометрии и характеристик мотора. Чем магниты сильнее, тем больший момент силы и мощность развивается двигателем на валу. Ротор имеет посадочное отверстие для крепления к валу барабана (болтовое соединение) и 10 щелей на внешней стороне для охлаждения обмоток статора.

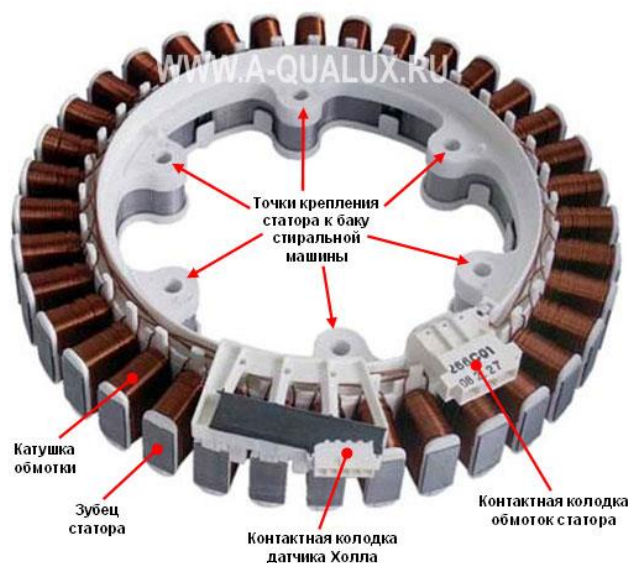


Рисунок 1.7 – Двигатель стиральной машины, устройство статора

Статор Бесщеточного двигателя постоянного тока (BLDC) является неподвижной частью стиральной машины, закрепленной на задней стенке бака. Боковые поверхности статора состоят из нескольких листов магнитопроводящей стали, ограниченных пластиковым каркасом, который выступает в качестве изолятора [2]. Статор имеет форму круга с прямоугольными зубьями на его

внешней поверхности, на которые закреплены катушки. Каждый зуб статора содержит катушку и, в данном случае, статор имеет 36 зубов, соединенных по схеме звезды. Обмотка катушек выполнена медной проволокой диаметром 1 мм, и каждая фаза содержит 12 зубов.

Сопротивление каждой фазы составляет около 10 Ом. Во время работы работают только две фазы, поэтому магнитные силы на роторе действуют неравномерно по окружности статора. (рисунок 1.8).

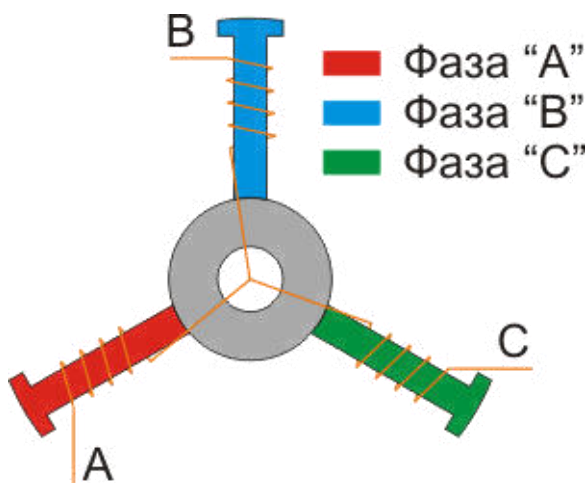


Рисунок 1.8 – Соединение обмоток «звездой»

Ротор подвергается воздействию сил, которые пытаются его деформировать, вызывая усиление вибраций [3]. Для устранения этого эффекта количество зубьев статора увеличивается, обмотка распределяется по всей окружности зубов статора максимально равномерно, как изображено на рисунке 1.9.

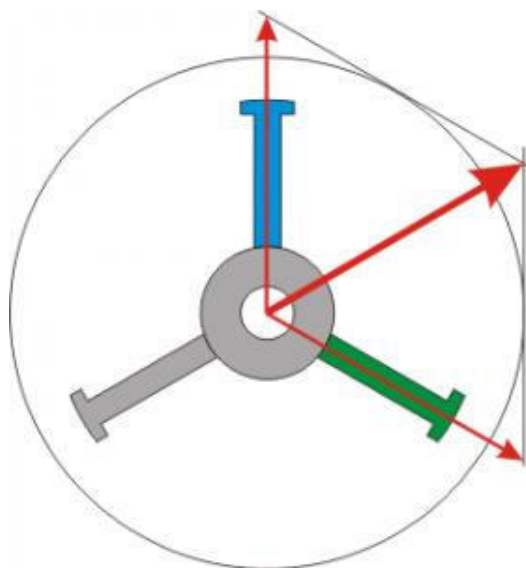


Рисунок 1.9 - Воздействие магнитных сил на ротор

То, как распределяются магнитные силы, изображенное на рисунке 1.10, является наглядным распределением магнитных сил

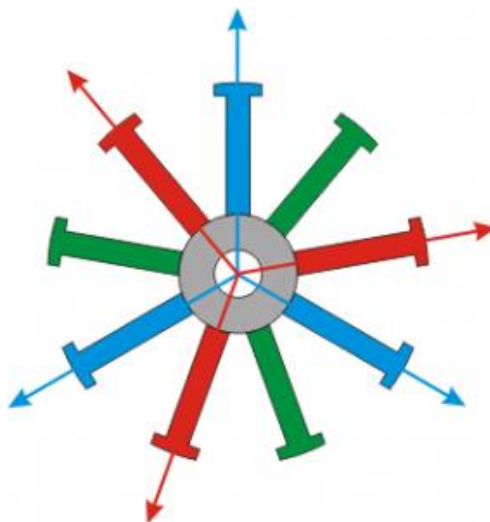


Рисунок 1.10 - Распределение магнитных сил в обмотке с увеличенным количеством зубьев

На рисунке 1.11 представлены данные о расположении ротора и статора, а также о распределении фазных обмоток в двигателе стиральной машины LG. В схеме, выпущенной производителем, V, W и U - обозначения фазных обмоток.

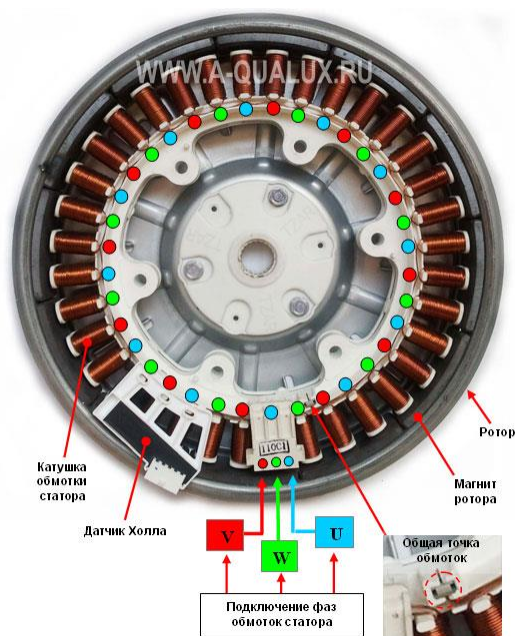


Рисунок 1.11 - Общий вид стиральной машины с использованием трехфазного двигателя постоянного тока.

Для мониторинга положения ротора используется датчик, который работает на основе эффекта Холла. Поскольку он реагирует на магнитное поле,

он располагается на статоре так, чтобы магниты, расположенные непосредственно на роторе подавали на него сигнал.

1.3 Выбор электродвигателя и генератора для цилиндрического дисплея

На основе анализа существующих электродвигателей было решено использование бесколлекторного двигателя мощностью 350 ватт.

В качестве генератора решено использовать переделанный в генератор бесколлекторный мотор мощностью в 200 ватт. Общая схема изображена на рисунке 1.12

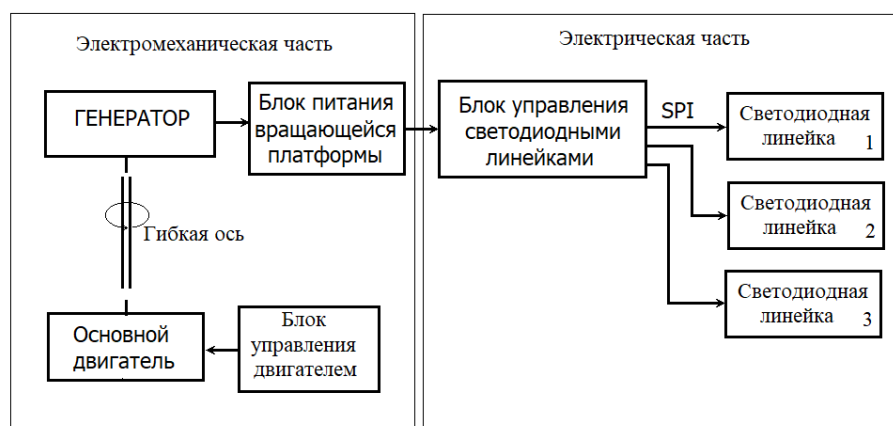


Рисунок 1.12 - Общая структурная схема цилиндрического дисплея

На данном рисунке показан состав цилиндрического дисплея. Основной частью является электромеханическая часть состоящей из основного двигателя с микропроцессорным блоком управления и генератора с блоком питания.

Мотор-колесо является электродвигателем, интегрированным в ступицу колеса. Он не имеет дополнительных механизмов для передачи мощности к колесу и имеет высокую надежность благодаря объединению электродвигателя, передаточного механизма и колеса в одном узле. Бесколлекторные электродвигатели назначены для монтажа в переднюю или заднюю вилку велосипеда и могут быть различной мощности.

Они бывают редукторными или прямого привода, при этом редукторные модели компактны и легковесны, не создают сопротивление при езде с отключенным мотором, но производятся небольшой мощности, которая не позволяет развивать высокие скорости. В свою очередь, прямоприводные моторы производятся мощностью от 500 В до 2- 3 киловатт и позволяют развивать скорость до 100 км/ч и более, но имеют низкие тяговые характеристики и оказывают сопротивление при накате в отключенном

состоянии. Чтобы рулить по холмистой местности легко и комфортно, мощность МК прямого привода должна составлять не менее 1500 Вт.

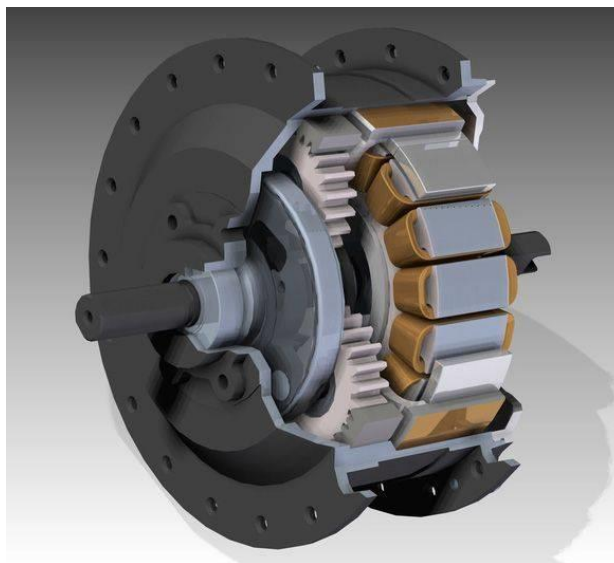


Рисунок 1.13 - Мотор-колесо наглядно

Присутствие планетарного редуктора увеличивает крутящий момент мотор-колеса, однако скорость ограничивается. Используя редукторный МК, легко преодолевать подъемы, но скорость на прямых будет умеренной.

С прямоприводными электродвигателями все происходит в обратном порядке- скорости, развиваемые такими двигателями выше, но стражает крутящий момент. Таким образом, редукторный двигатель и прямоприводный, имея разницу в 5 раз по мощности по ездовым характеристикам являются примерно одинаковыми.

У прямоприводных моделей все наоборот – доступны более высокие скорости, но крутящий момент ниже, т.е. тяговые характеристики у редукторного МК на 350 Вт и прямоприводного МК на 1500 Вт примерно одинаковы [4]. По надежности редукторные модели немного уступают прямоприводным, т.к. в конструкции редуктора есть планетарная передача с 3 шестернями из пластика. Их примерный ресурс – 6000–9000 км пробега. Зато редукторные модели обеспечивают лучший накат и позволяют легче крутить педали при отключенном моторе.

Прямоприводные модели обеспечивают более высокие скорости, но снижают крутящий момент. Хотя редукторные модели менее надежны из-за планетарной передачи с шестернями из пластика, они обеспечивают лучший накат и позволяют легче крутить педали без мотора. Прямоприводные модели имеют более простую и надежную конструкцию без шестеренок, более высокий КПД и способность к рекуперации энергии. Независимо от того, как устроено электроколесо, с редуктором или без, работа основана на принципе взаимодействия магнитного поля между статором и ротором.

2 Анализ блоков управления бесколлекторными двигателями и разработка блока управления

Существуют множество блоков управления двигателем – так называемые драйверы. Драйверы шаговых двигателей и бесколлекторных моторов разрабатываются с двумя вариантами. Первое ручное управление с помощью резисторов происходит управление скорости вращения. Второе с применением микроконтроллера, который дает большую точность и плавность регулирования с использованием обратной связи с датчиков Холла. Для выбора соответствующего блока управления рассмотрим принцип работы и управления двигателем [5].

2.1 Принцип управления бесколлекторными двигателями

Принцип работы.

Для того, чтобы бесколлекторный двигатель работал, требуется специальный контроллер, который включает обмотки таким образом, чтобы векторы магнитных полей якоря и статора были ортогональны друг другу. В отличие от других приводов, например, асинхронной машины переменного тока, при использовании бесколлекторного двигателя необходимо выполнить определенную коммутацию в обмотке статора для каждого перемещения якоря (рисунок 2.1).

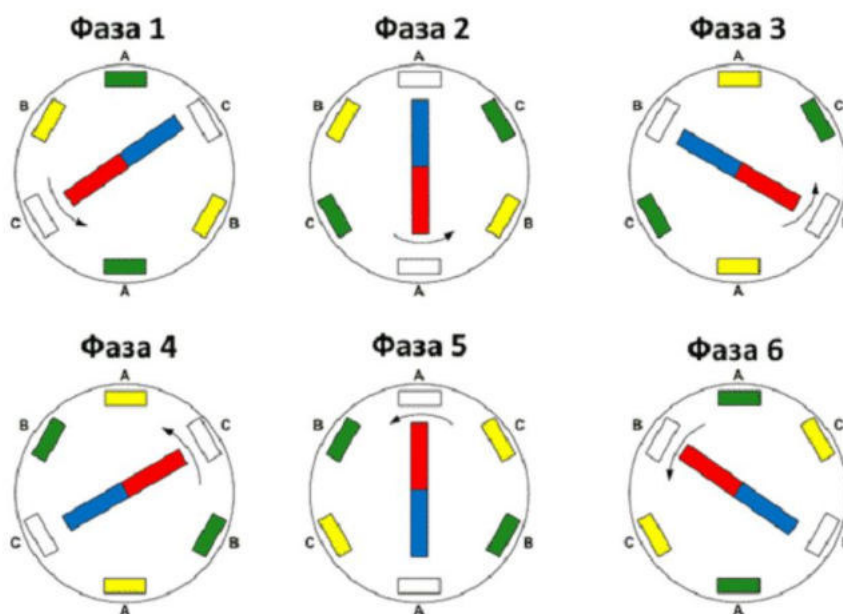


Рисунок 2.1 - Работа электродвигателя

Хотя такой принцип работы не дает возможности плавно управлять вращением, он позволяет быстро набирать обороты.

Хотя такой принцип работы не дает возможности плавно управлять вращением, он позволяет быстро набирать обороты.

Самым подходящим является инверторный мотор от стиральной машины LG, бесколлекторные двигатели от электровелосипеда и в качестве генератора можно использовать электромотор от гироскутера, изображенного на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 - Инверторный мотор от стиральной машины и электромотор от гироскутера

Бесколлекторный электрический двигатель имеет множество преимуществ перед коллекторными аналогами, а именно:

- Длительный срок службы;
 - Высокая эффективность;
 - Быстрый набор максимальной скорости;
 - Большую мощность;
 - Отсутствие возможности возникновения искр, что делает данный тип двигателя применимым в пожароопасных условиях;
- Отсутствие необходимости в дополнительном охлаждении.

2.2 Основные схемы блока управления трехфазным бесколлекторным двигателем

Реализация схемы управления трёхфазным двигателем BLDC также аналогична схеме, используемой для управления трёхфазным асинхронным двигателем. Тем не менее, для избежания дублирования информации, описывается подход с использованием иного подхода.

Основное устройство сигнала обратной связи изображено на рисунке 2.3. На данном рисунке изображен путь движения информации от контроллера до драйвера и к двигателю

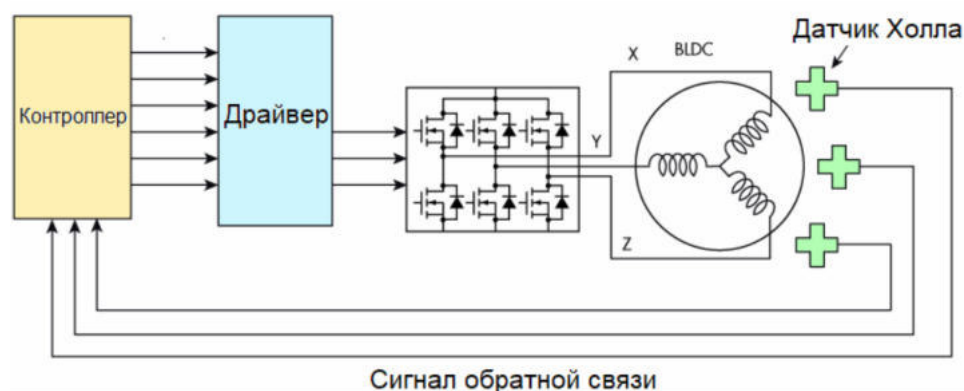


Рисунок 2.3 - Сигнал обратной связи бесколлекторного двигателя

Управление двигателем с прямым приводом основывается на использовании инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией. Инвертор используется для преобразования сигнала с изменяемой амплитудой и частотой, например, для преобразования сетевого напряжения 220 вольт 50 Гц в постоянное напряжение, а параметры питания обмоток статора двигателя могут колебаться от 0 до 120 вольт с частотой до 300 Гц.

Для переключения "+" и "-" питания на три вывода двигателя постоянного тока, используются биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT), которые представляют собой электронные силовые ключи, включенные по мостовой схеме (см. рисунок 2.4). [8].

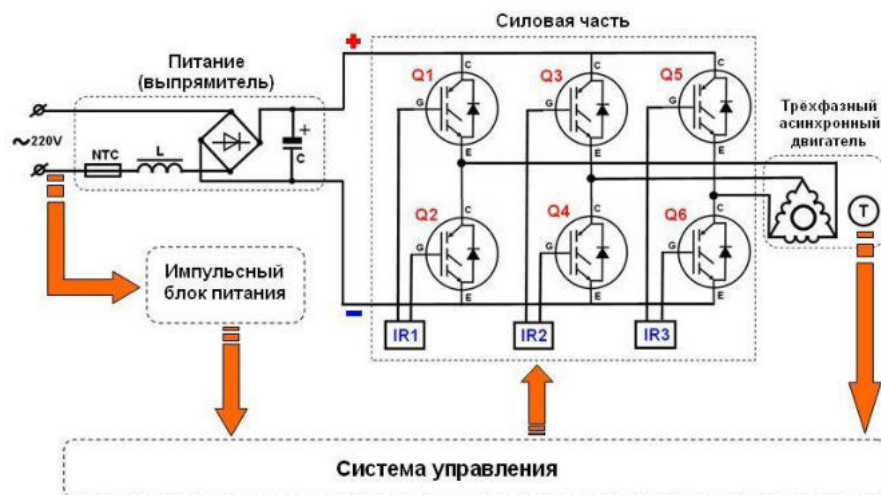


Рисунок 2.4 - Условная схема силовой части инвертора и обмоток двигателя подключённых по схеме "звезда"

Для отправки тока через фазы U и V в двигателе, необходимо замкнуть ключи SW1 и SW6, подавая «+» на фазу V и «-» на фазу U. Для обратного направления, ключи SW5 и SW2 открываются, через которые протекает ток в

обратном направлении. При работе может быть открыто только одно направление движения тока

При включении напряжения на двигатель подается максимальное количество напряжения, что сразу позволяет электродвигателю развивать всю возможную мощность. Для того, чтобы это не происходило, используется широтно-импульсная модуляция.

Для управления двигателем и снижения напряжения питания, используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ), которая позволяет изменять скважность прямоугольных импульсов, изменяя действующее напряжение от нулевого до напряжения питания. Частота ШИМ изменяется с фиксированной скоростью, которая обеспечивает плавное регулирование оборотов двигателя. Слишком низкая частота может быть неэффективной и не обеспечивать необходимую плавность регулирования.

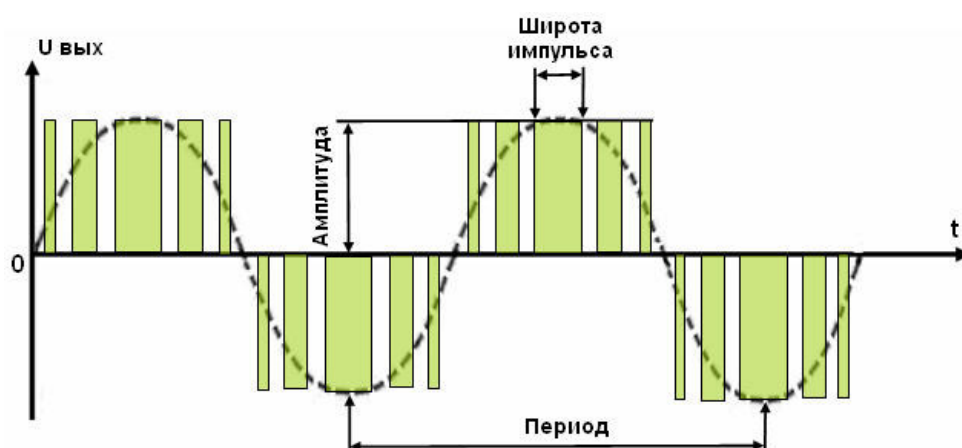


Рисунок 2.4 - График, показывающий какое напряжение подается на обмотки электродвигателя

Если ротор двигателя содержит два полюса, то при одном полном обороте магнитного поля на статоре ротор производит один полный физический оборот.

При использовании четырех полюсов потребуется два оборота поля на статоре, чтобы повернуть вал на один полный оборот. С увеличением числа полюсов ротора необходимо больше электрических оборотов для вращения вала двигателя на один оборот.

В данном случае ротор содержит 12 магнитов, что означает, что для поворота ротора на один оборот потребуется 6 электрических оборотов поля. В связи с этим, при использовании инверторной системы управления и учета конструкции двигателя, для питания фаз двигателя необходима электрическая частота, значительно превышающая 50Гц. [10].

Для регулировки оборотов двигателя необходимо применить сигнал ШИМ к ключам, который формируется программно микроконтроллером электронного блока управления.

Производитель закладывает определенный алгоритм и все данные, чтобы управлять конкретным двигателем. Таким образом, так или иначе мощность и прочие рабочие характеристики двигателя являются неизменными после того, как двигатель сошел с конвейера

Несмотря на то, что сам двигатель является надежным и простым, есть единичные случаи поломки обмоток статора. Рассмотрение детальной структуры и принципа работы инверторного блока в рамках этой статьи не будет рассматриваться.

В стиральных машинах LG самая уязвимая деталь - это, можно сказать, датчик Холла. Если он выходит из строя, то система фаз двигателя перестает работать правильно, а ротор двигателя начинает стучать и останавливаться. Обычный мультиметр может использоваться только для проверки сопротивления обмоток фаз статора, так как ротор крепится к валу барабана стиральной машины. Поэтому, при диагностировании неисправностей, обычно заменяют проблемную деталь на исправную. Кроме того, проверка трехфазного двигателя напрямую вне стиральной машины не представляется возможной без специальных устройств, так как статор крепится к баку. Эта проблема в стиральных машинах LG зачастую сопровождается кодом "SE" на модуле интерфейса.

Сравнивая трехфазный бесщеточный бесколлекторный двигатель (BLDC) с традиционным коллекторным двигателем, используемым в большинстве стиральных машин, можно выделить следующие преимущества у бесщеточного бесколлекторного двигателя BLDC:

- низкий уровень шума,
- простая конструкция,
- особое позиционирование внутри машины,
- отсутствие приводного ремня и уязвимого коллекторно-щеточного узла, который требует обслуживания.

Однако у BLDC есть и недостатки, например, сложная система управления по сравнению с коллекторным двигателем.

Следует отметить, что двигатель стиральной машины LG с прямым приводом не совершенно бесшумным. В момент запуска двигателя происходят колебания ротора из-за взаимодействия магнитных полей статора с магнитами, сопровождающиеся звоном. При увеличении скорости вращения ротора звук становится более тихим, но все еще имеет свой характерный оттенок, присущий всем стиральным машинам LG с прямым приводом барабана.

2.3 Разработка блока управления бесколлекторным двигателем и выбор драйвера

Давайте рассмотрим еще один бесщеточный мотор, который, в отличие от предыдущего, имеет более компактный размер и меньшую мощность.

Импульсы доставляются на обмотки последовательно и точно в нужный момент времени. Эти моменты определяются датчиками Холла, которые размещены на статоре. Они следят за взаимным положением ротора и статора, реагируют на магнитное поле и передают сигналы на контроллер.

Основываясь на этой информации, контроллер своевременно подает импульсы напряжения на обмотки статора. Обмотки превращаются в электромагниты, взаимодействуют с постоянными магнитами ротора и заставляют его вращаться. Принцип работы мотора без щеток можно наглядно увидеть на рисунке 2.6.

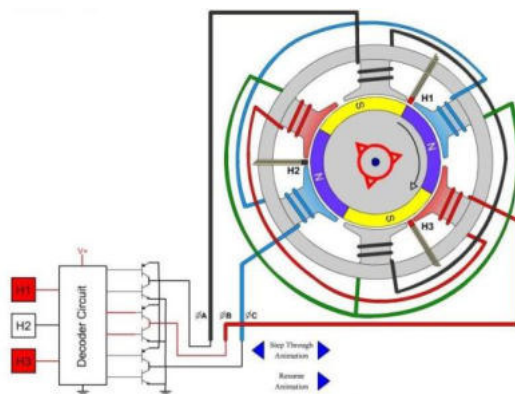


Рисунок 2.6 - Принцип работы бесколлекторного электродвигателя

Рычаг газа используется для регулирования скорости вращения ступичного электромотора, за счет изменения числа импульсов напряжения на обмотки. Это влияет на скорость движения. Кроме того, тормозные ручки имеют датчики, которые автоматически выключают электрический двигатель при торможении. Электрический двигатель включается для рекуперации- генерации заряда. Принципиальная схема указана на рисунке 2.7.

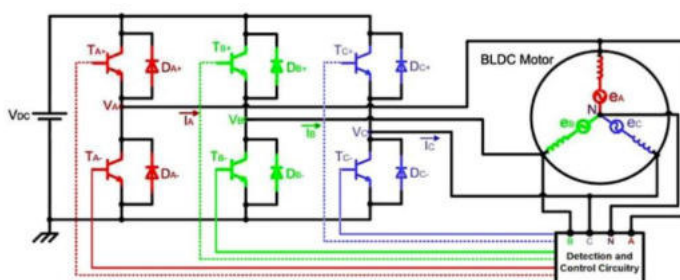


Рисунок 2.7 – Схема добавления и уменьшения скорости на мотор-колесе

На основе анализа были выбраны два бесколлекторных электродвигателя от гироскутера мощностью в 350 ватт.

2.4 Разработка схемы питания электронных блоков с использованием вращающегося основного двигателем генератора

В качестве основного двигателя выбрали бесколлекторный мотор от электровелосипеда, а в качестве генератора переделанный в генератор мотор гироскутера, изображенный на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 - Мотор-колесо от гироскутера

Все электродвигатели делятся на две категории:

1. Обыкновенный коллекторный двигатель постоянного тока, использующийся в электровелосипедах.

2. Бесколлекторный электродвигатель постоянного тока (БДПТ) – это тип электродвигателя, у которого нет коллектора и щеток, что уменьшает трение и износ деталей, снижает нагрев и обеспечивает более высокую эффективность. БДПТ состоит из статора и ротора, где внутри ротора размещены постоянные магниты. Статор БДПТ имеет несколько обмоток, размещенных вокруг ротора, которые управляют магнитными полями и обеспечивают вращение ротора.

Гироскутеры используют бесколлекторный синхронный электродвигатель постоянного тока, который также называется бесщеточным (BLDC).

Благодаря тому, что мотор-колесо находится внутри колеса, данный мотор не требует механизмов передачи мощности или трансмиссии для передачи энергии от электродвигателя к колесу. Это делает его особенно подходящим для использования в гироскутерах и прочих подобных устройствах. Принцип его работы изображен на рисунке 2.9.

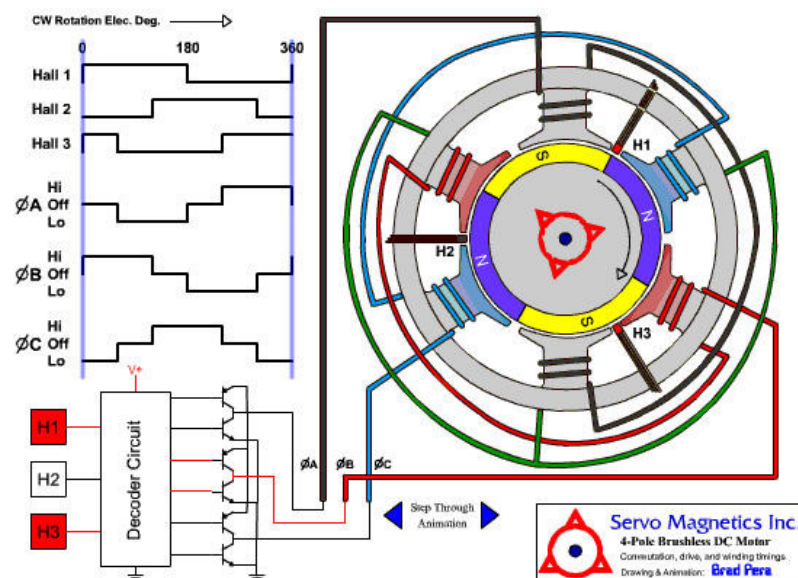


Рисунок 2.9 - Принцип работы мотор-колеса гироскутера

В гироскутерах мотор - это необычная конструкция, ее основу составляет безредукторный двигатель. В отличие от других электродвигателей, мотор-колесо, являющееся одним целым, более надежно и не имеет отдельных подшипников, кроме тех, которые находятся в двигателе.

Принцип работы мотора основан на создании постоянного магнитного поля в неподвижном состоянии статора. Когда находится рядом ротор со статором, происходит взаимодействие магнитных полей, в результате чего ротор начинает вращаться.

Статор представляет собой круг с пластинами, которые работают как обмотки, и после прохождения через них тока, они притягиваются к пластинкам на роторе, заставляя его вращаться.

На следующем рисунке (Рисунок 2.10) изображена примерная схема нашей разработки- куба для цилиндрического дисплея.

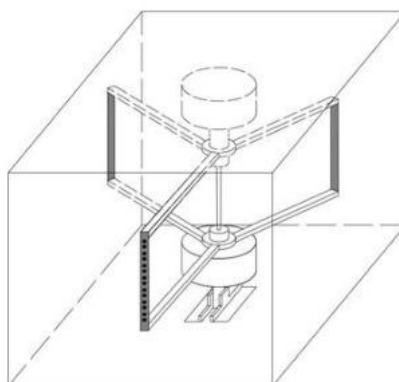


Рисунок 2.10 - Схема организации питания электронного блока

Как видно из рисунка 2.10 вся конструкция размещается внутри куб размерами сторон в 50 см. В верхней части на одной оси с основным мотором крепится генератор, который и обеспечивает питанием электронный блок.

В нашей работе мы выбрали данный блок управления электродвигателем (рисунок 2.11.). В качестве временной меры он будет питаться от аккумуляторной батареи напряжением 36В. Из электродвигателя выходит три провода- три фазы. Они, соответственно цветам также подключаются к плате. Количество оборотов двигателя задается переменным резистором- реостатом, который также подключен к плате. Меняя сопротивление, мы меняем и ток, приходящий на электродвигатель, меняя его скорость вращения.

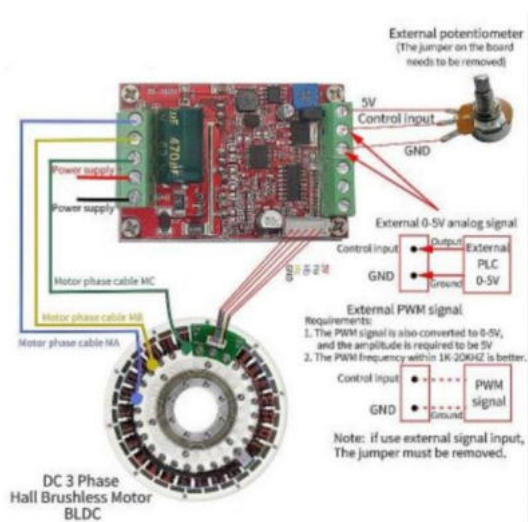


Рисунок 2.11 - Блок управления электродвигателем

Преимущества данного блока управления двигателем:

- дешевизна- он продается в свободном доступе на любом радиорынке;
- простота конструкции- в случае, допустим, выхода из строя; конденсатора, его с легкостью можно заменить, перепаяв;
- малые размеры- данный блок управления с легкостью можно. уместить на нашей конструкции, и он при этом не будет мешать нашей конструкции при работе

Недостатки данного блока управления:

- непрезентабельный внешний вид.

Для достижения необходимой мощности питания решили перекоммутировать обмотки двигателя от гироскутера и превратить его в генератор. То есть, расположить основной электродвигатель в нижней части куба, а генератор в верхней части на одной оси, как изображено на рисунке 2.12.

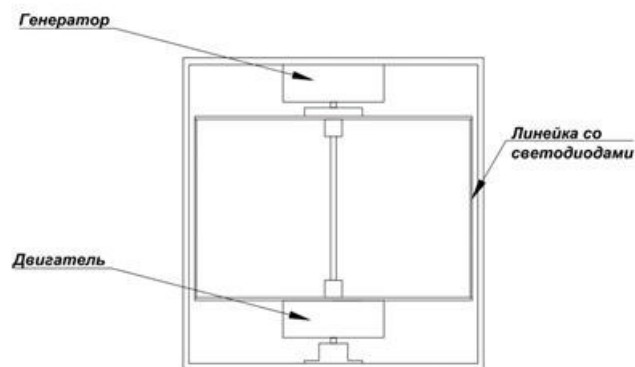


Рисунок 2.12 - Принципиальная схема голографического куба

Основной проблемой в таких конструкция является передача энергии от нижней, неподвижной части в верхнюю вращающиеся часть. Во всех голографических вентилятора используются неподвижная катушка в нижней части подается переменный ток с частотой в 400 герц, а на верхней вращающийся части аналогичная катушка который выпрямляет полученный ток и обеспечивает всю вращающиеся линейки светодиодов напряжением в пять вольт. В нашем случае требуется намного больше мощности и этот способ неприменим.

Остаётся два варианта. Первый использовать передачу напряжения с помощью двух щёток на вращающиеся верхнюю часть с помощью отверстия в середине вала, что в нашем случае очень сложно осуществить. Второе ввести в конструкции генератор на одной оси с основным двигателем. Я выбрал второй вариант.

3 Сбор конструкции цилиндрического дисплея и проведение экспериментов синхронной работы пары двигатель-генератор на одной оси

Вся конструкция представляет собой металлическую конструкции в виде куба со сторонами 50х50х50 см (Рисунок 3.1).

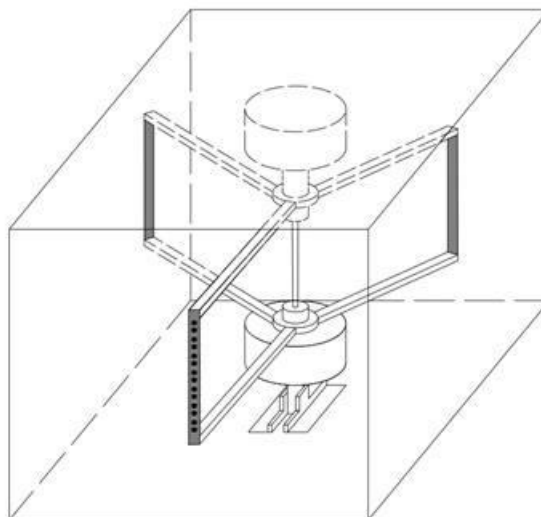


Рисунок 3.1 - Проект куба для сборки 3D дисплея

На нижнюю и верхнюю часть куба была установлена фанера толщиной 5 мм для последующего крепежа на нее электродвигателей.

Согласно нашей задумке, на нижней части нашего куба должен располагаться первый электродвигатель, закрепленный за вал ротора для того, чтобы подвижным был ротор, а на верхней части наоборот- неподвижным должен был остаться статор для того, чтобы ротор мог создавать напряжение, работая как генератор.

3.1 Основные данные конструкции цилиндрического дисплея

На рисунке 3.2 изображена принципиальная схема нашей разработки- 3D куба для вывода цилиндрического изображения

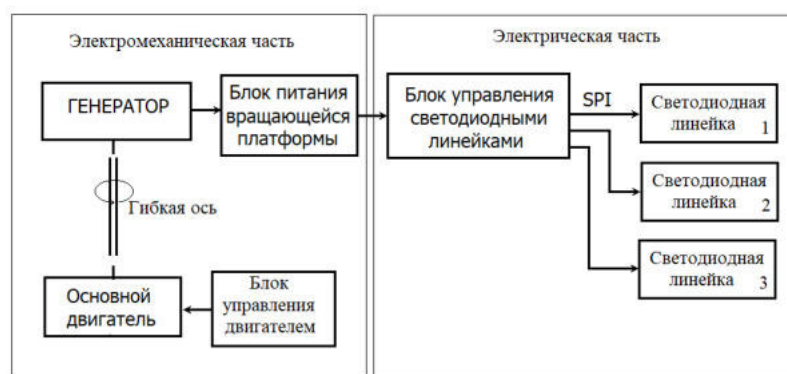


Рисунок 3.2 - Общая структурная схема цилиндрического дисплея

На данном рисунке показана состав 3D дисплея, которая состоит из двух основных частей:

- электромеханической части
- электрической или электронной части с микропроцессором.

Электромеханическая часть предназначен для вращения платформы с множеством линеек со светодиодами, а также обеспечить электропитанием всю электронику путем вращения генератора., соединенного с основным двигателем с помощью гибкого вала.

Электрическая часть предназначен для вывода изображения с помощью трех линеек со светодиодами в несколько слоев.

Рассмотрим электромеханическую часть. В качестве основного двигателя можно выбрать любое из проанализированных электродвигателей начиная от шагового мотора до мощного BLDC мотора для стиральной машины LG. Шаговые двигатели, обладающие высокими оборотами, потребует использования различных редукторов для снижения скорости вращения, поэтому выбрали бесколлекторный мотор мощностью в 350 ватт [7].

В качестве генератора используем переделанный в генератор бесколлекторный мотор мощностью в 200 ватт.

На рисунке 3.3 изображена полная схема устройства 3D цилиндрического дисплея с тремя линейками светодиодов.

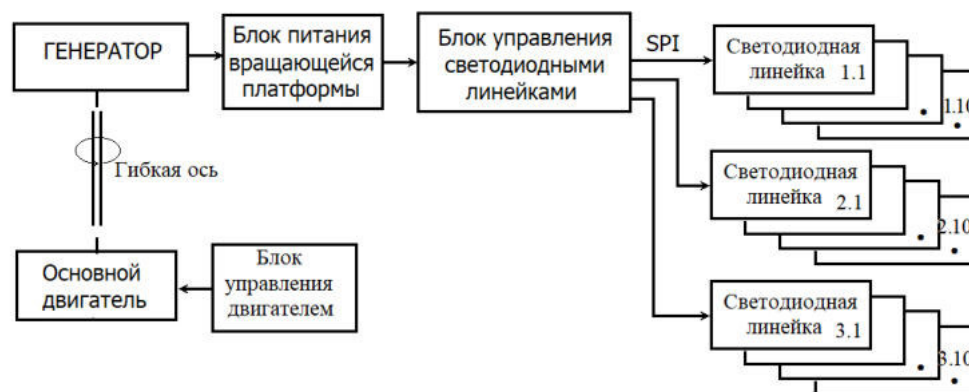


Рисунок 3.3 - Полная структурная схема 3D дисплея

На данном рисунке приведена полная схема 3D дисплея состоящей из 10 слоев цилиндрического дисплея вложенного друг в друга на расстоянии в один пиксель.

Для вращения основного двигателя используем специальный трехфазный драйвер, который будет обеспечивать вращение линейки светодиодов с заданной скоростью с помощью трех датчиков Холла (рисунок 3.4) [8].

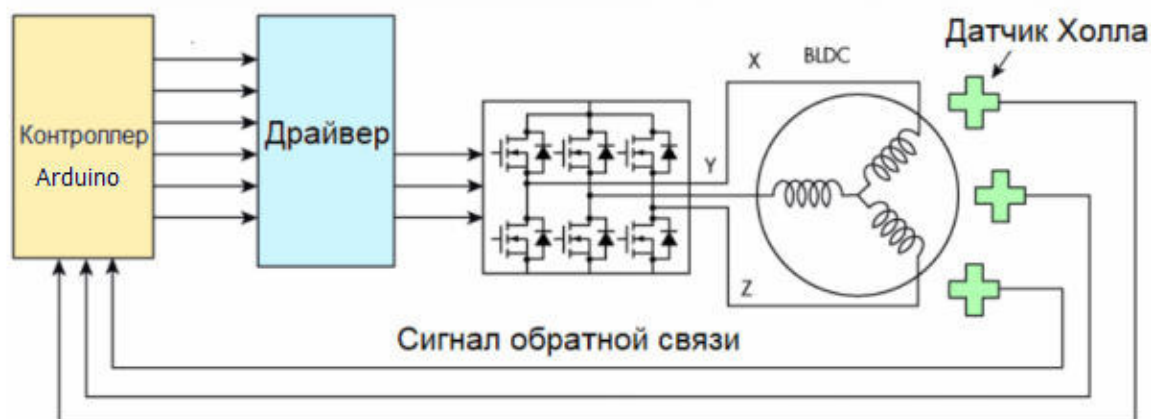


Рисунок 3.4 - Трехфазный драйвер для управления основным бесколлекторным мотором

Как показана на данном рисунке все параметры вращения можно задать с помощью микроконтроллера и с высокой точностью управлять основным мотором. Но первоначально управление будет с помощью переменного резистора при измерении скорости вращения. После экспериментального определения диапазона скорости вращения переключимся на микропроцессорное управление.

Для обеспечения питанием используется генератор переделанный из трехфазного бесколлекторного мотора (рисунок 3.5).

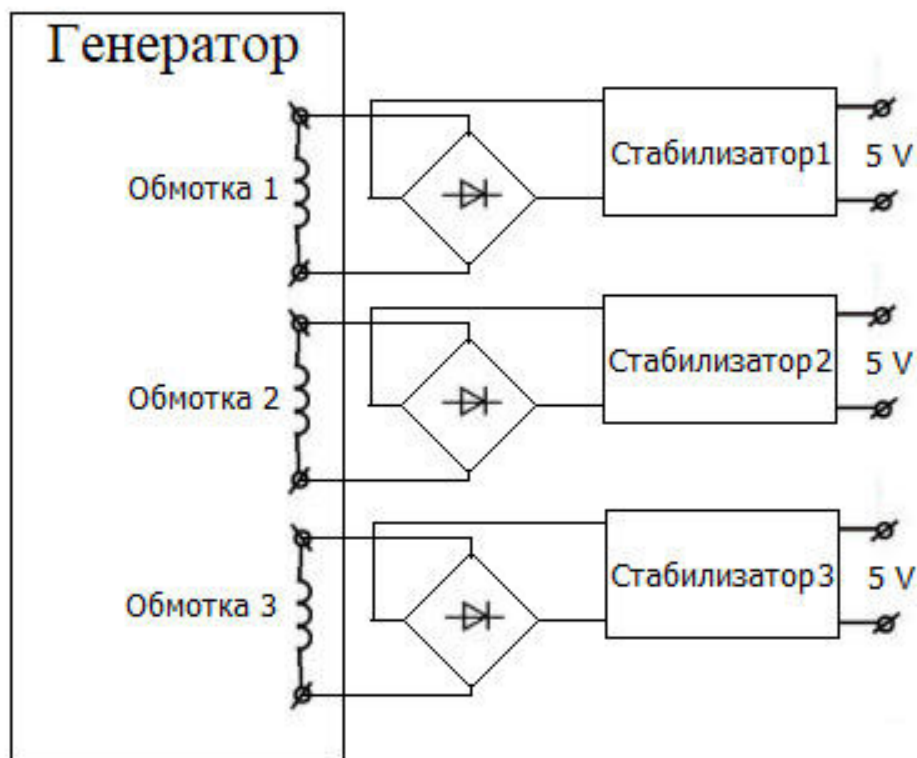


Рисунок 3.5 - Схема блока питания

Как видно на данном рисунке будут использованы все три фазы обмоток генератора каждый из которых будет питать одну группу из трех. Для крепления линеек светодиодов на нижней и верхней части, вращающегося платформы располагается площадки с тремя направляющими расположенные с 120 градусным углом. Схема выпрямителя и стабилизатора будут рассмотрены далее.

Таким образом, на основе анализа существующих электродвигателей было выбрано в качестве основного мотора бесколлекторный двигатель мощностью в 350 ватт. В качестве генератора использована бесколлекторный двигатель статор с магнитами которого закрепляется постоянно на верхней площадке, а ротор с выводами проводов от датчика Холла и обмоток мотора будет вращаться основным мотором и вырабатывать ток более 20 ампер при напряжении в 5 вольт.

3.2 Изготовление опытного образца основной платформы 3D дисплея

Как уже говорилось вся платформа закреплена внутри куба со сторонами в 50 см.

Нижний основной электродвигатель закреплен на фанере с помощью специальных уголков и зажимов-крепежей для неподвижного удержания ротора на месте (рисунок 3.6).

Верхний генератор, в свою очередь, закреплен намертво корпусом статора к верхней крышке куба.



Рисунок 3.6 - Крепление нижнего электродвигателя на фанере, пробный вариант

Изначально поверхность мотор-колеса гироскутера имело слишком много граней, которые не позволяли нам его правильно использовать в нашей работе (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 - Изначальный вид мотор-колеса

Такая поверхность не позволила бы нам в дальнейшем соединить на одной оси нижний электродвигатель и генератор. В связи с этим, мной была снята фаска мотор-колеса на токарном станке 1А616. Имея минимальные знания в токарном деле, у меня получилось это сделать, и по итогу я получил мотор-колеса следующего вида (рисунок 3.8))



Рисунок 3.8 - Мотор-колесо после обработки на токарном станке

После того, как мы закрепили нижнюю часть в куб, перед нами встал вопрос- как соединить нижний и верхние электродвигатели. Толщина стенок статоров не позволяла нам просверлить в них резьбу и закрепить их на жесткую сцепку друг между другом. Было принято другое решение- выточить ступицы, через которые и будут соединяться два электродвигателя [11].

Для их создания нам понадобилась металлическая болванка длиной в 150мм. Из них мы и выточили необходимые нам ступицы (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 - Процесс вытачивания ступиц на токарном станке

Если нижний электродвигатель был закреплен за внешнюю, наружную часть, то верхний должен быть закреплен за внутреннюю часть. По своей конструкции в центре она имеет выступ с углом под 45 градусов, что потребовало более тонкой работы на токарном станке. Но тем не менее, мы с данной задачей справились, что изображено на рисунке 3.10.



Рисунок 3.10 - Ступица для генератора, в процессе создания

Для удобства следующего повествования будем иметь два электродвигателя (1- нижний, 2- верхний (генератор)) и две ступицы (1- нижняя, 2- верхняя (ступица генератора)). Закрепив 1 двигатель на нижней плоскости куба, у нас встал вопрос о закреплении к нему ступицы 1. Для этого нам потребовалось просверлить отверстия в статоре и в роторе. Было принято решение крепить их друг с другом на болты М6. Для этого на фрезерном станке нам были проделаны 4 отверстия в электродвигателе 1 и 4 отверстия в ступице 1 с нарезанной в них резьбой М6.

Итоги работы на фрезеровочном станке представлены на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11 - Статор с отверстиями и ступица с отверстиями с резьбой М6

Для того, чтобы шляпки винтов не повредили статорную обмотку, отверстия были сделаны с углублением «под потай». Помимо 4 отверстий с резьбой в ступице 1 были также просверлены 4 отверстия на 6 без резьбы. Позже будут даны объяснения для чего это было сделано.

Корпус верхнего статора 2 мы решили закреплять на 6 болтов М6. Для этого в нем были просверлены 6 отверстий диаметром 6мм (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 - Верхний электродвигатель (2) с отверстиями

Найдя центр на верхней плоскости куба, мы приступили к сверлению 6 абсолютно идентичных отверстий, соответствующих отверстиям на электродвигателе (2). Таким образом, мы закрепили и генератор на верхней плоскости куба, что изображено на рисунке 3.13.



Рисунок 3.13 - Закрепленный корпус статора на верхней плоскости куба

Важное замечание- ступица (2) и электродвигатель (2) между собой не соединены напрямую.

Собрав верхнюю и нижнюю часть, мы приступили к созданию лопастей-трехлучевых окружностей с наружным диаметров в 480мм, а внутренним- 100мм (рисунок 3.14).

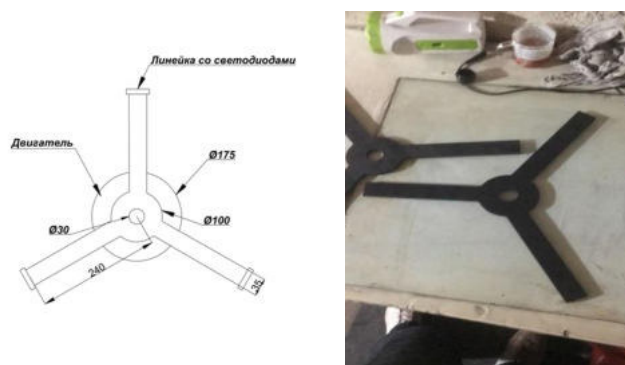


Рисунок 3.14 - Схема и реальные снимки двух лопастей для крепления светодиодных линеек

В качестве используемого материала был использован полиэтилен низкого давления. Он широко используется в рекламных целях и идеально подходит для наших задач. Основное его преимущество - презентабельный внешний вид, простота в создании необходимой формы и цена материала.

Помимо того, что данные лопасти крепятся напрямую к ступицам, они также имеют очень большую точность с самой ступицей, давая очень плотную посадку, обеспечивая прокручивание конструкции без проскальзываний. Несмотря на это, мы все же решили дополнительно закрепить их с помощью винтового соединения винт- шайба- гровер- гайка для надёжности (рисунок 3.15).



Рисунок 3.15 - Соединение лопасть- ступица (1)

После того, как мы соединили ступицу (1) и лопасть, мы тут же полностью собрали нижнюю часть- электродвигатель (1), ступица (1) и лопасть (рисунок 3.16).



Рисунок 3.16 - Соединение электродвигатель (1), ступица (1), лопасть

Как вы можете наблюдать на данном изображении, ступица также имеет дополнительные отверстия в количестве 2 (ступица 1) и 4 (ступица 2) штук.

Остановимся подробнее на отверстиях, сделанных в ступицах.

Ступица 1:

Отверстие на 4, с резьбой М4, необходимое для крепления вала-соединителя;

Отверстие на 4, с резьбой М4, необходимое для крепления вала-соединителя.

Ступица 2:

2 отверстия, идентичных ступице 1;

Отверстие на 10, для вывода проводов;

Дополнительное отверстие, идентичное 1, 2, для крепления вала ротора в неподвижном положении.

В качестве вала-соединителя было принято решение использовать гибкий внутренний вал-трос, который широко используется в кусторезах. Основные его преимущества заключаются в его доступности, дешевизне, простоте применения, и, что самое главное- в том, что его конструкция позволяет гасить нежелательные колебания, которые могут возникнуть в процессе работы так или иначе, поскольку без специального оборудования мы в любом случае не смогли бы найти центра плоскостей куба. Также к плюсам можно отнести то, что он тонкий, и его практически незаметно в процессе работы нашей конструкции. Помимо этого, за счет своей гибкой конструкции, вал будет легко снимаемым.

Вал будет удерживаться в ступицах за счет отверстий, о которых я писал ранее. Вся конструкция в сборе изображена на рисунке 3.17.



Рисунок 3.17 - Полностью собранная конструкция, соединенная гибким валом-тросом

На данном рисунке приведена собранная конструкция 3D дисплея, в нижней части расположен основной двигатель мощностью 350 ватт а в верхней части генератор.

Собранная конструкция обладает требуемой жесткостью, малыми шумами и позволяет регулировать обороты с высокой точностью.

3.3 Экспериментальное исследование опытного образца 3D дисплея

После сборки были проверены жесткость и измерены шумы основного электродвигателя и генератора.

Сваренные из квадратного профиля кубическая конструкция выдерживает груз более 100 кг, что вполне достаточно для раскрутки трех линеек весом не более 1 кг каждая со скоростью в 480 оборотов в минуту.

Проведенные эксперименты показали отличные результаты и выработки электроэнергии генератором. При скорости в 200 оборотов в секунду каждая обмотка вырабатывает по 12 вольт переменного напряжения. При скорости в 400 оборотов 18 вольт и при обороте в 500 оборотов достигнуто напряжение в 24 вольта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы над дипломным проектом выполнены следующие работы:

1. Анализ бесколлекторных электродвигателей и выбор основного двигателя

2. Сварены платформа 3D дисплея в виде куба со стороной в 50 см.

3. Осуществлен гибкое соединение основного двигателя с генератором

3. Изготовлен опытный образец платформы 3D дисплея

В результате проделанных работ можно сделать следующие выводы:

1. Бесконтактная передача электроэнергии возможно с использованием генератора, закрепленного на одной гибкой оси с основным двигателем;

2. Точность вращения достигнуто с применением специального драйвера и микроконтроллера с использованием обратной связи из трех датчиков Холла.

3. На основе тщательного анализа выбора обеспечен мало шумность при вращении даже в высоких скоростях в тысячу оборотов в минуту.

4. Выбранный генератор обеспечивает надежное питания всей электроники с большим запасом

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.И. Лурье Аналитическая механика. М.: ГИФМЛ, 1961
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс физики. Том 2 Электричество и магнетизм (4-е издание). М.: Высшая школа, 1977
3. <https://compress.ru/article.aspx?id=11094><https://habr.com/ru/post/196150/>
4. В.И. Арнольд «Математические методы классической механики», 1989 г., МГУ
5. Н.Н. Болотник «Бесколлекторные двигатели», 2000 г.
6. <https://cyberleninka.ru/article/n/asinhronnyy-dvigatel-s-perforirovannym-polym-rotorom>
7. Автоматические системы и приборы с шаговыми двигателями / М.: 1968.
8. Кацман М.М. Электрические машины и трансформаторы. – М., ч. I, 1976; ч. II, 1976.
9. Шелтинг Г., Байссе А. Электрические микромашины. – М.: Мир, 1997.
10. Карпенко Б. К. М. Шаговые электродвигатели: 1990 г.
11. Оглобин А.Н. Основы токарного дела, 1967 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӨТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Рахматуллин Эльдар Равильевич

Специальность 6B07112- Electrical and Electronical Engineering

На тему: «Разработка электронного блока управления шаговым двигателем»

Выполнено:

а) графическая часть на 9 листах

б) пояснительная записка на 36 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа Рахматуллина Э. на тему «Разработка электронного блока управления шаговым двигателем» выполнена в соответствии с предъявляемыми требованиями и поставленными задачами. Актуальность работы состоит в практических исследованиях существующих электродвигателей, позволяющие осуществить выбор электродвигателей для цилиндрического дисплея и созданию опытного образца вращающейся платформы.

Рассмотрены соответствующие каждому двигателю блоков управления в пределах заданных параметров вращения, а также проектирования электромеханической части с созданием опытного образца.

Дипломная работа состоит из 3 разделов, где аналитический литературный обзор состоит из 3 подразделов выполненный на основании изучения 11 литературных источников, что указывает на действительное практическое исследование и проработку материала.

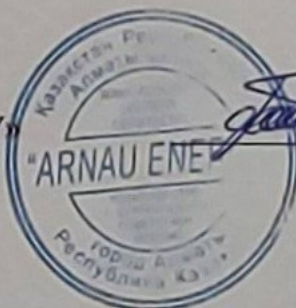
В результатах исследования спроектирован и создан опытный образец вращающейся платформы с бесколлекторным электродвигателем и генератором обеспечивающий питания электронной части цилиндрического дисплея. Представлен описание опытного образца с иллюстрацией проведенного анализа и сделанных выводов, что указывает на умение студента анализировать информацию, делать соответствующие выводы. Во введении точно сформулирована цель, научное и прикладное значение, а в заключении описаны результаты и выводы, полученные в исследовании.

Оценка работы

Студент показал хорошее знание теоретического материала, работа выполнена согласно заданию к ДР, соблюдены все стандарты по написанию дипломных работ.

Дипломная работа выполнена на оценку отлично (А, 90%), а дипломант Рахматуллин Эльдар Равильевич достоин степени бакалавра специальности 6B07112- Electrical and Electronical Engineering.

Рецензент
Директор
ОО «ARNAU ENERGY»
«02» 06 2023г.



Баймухамед Т. С.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

Рахматуллина Эльдар Равильевича

6B07112- Electrical and Electronical Engineering

Тема: «Разработка электронного блока управления шаговым двигателем»

Дипломная работа Рахматуллина Э. представляет собой отлично проработанную и тщательно проанализированную работу, в которой демонстрируется глубокое понимание своей специальности и предоставленной темы. В дипломной работе рассмотрены и решены вопросы не только указанные в задании, но и решены вопросы организация питания электронной части цилиндрического дисплея. В результате проведенных исследований решил вопрос передачи вращающего момента генератору с использованием гибкого вала. Результатом выполнения дипломной работы является разработанный и собранный дипломником опытный образец цилиндрического дисплея.

Автор работы провел практическое исследования по теме на основе изучения существующих аналогичных работ. Практическая часть описывает процесс изготовления цилиндрического дисплея очень подробно понятным языком, а также иллюстрацией рисунками и графическими данными. В заключении приведены выводы, научное и прикладное значение о проведенных исследованиях.

Дипломная работа заслуживает оценки «95» А+ «отлично», а ее автор –присвоения степени бакалавра по ОП «6B07112 – Electrical and Electronical Engineering».



Научный руководитель

К.т.н., старший преподаватель

Абдуллаев М.

«31» 05 2023г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Рахматуллин Эльдар Равильевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка электронного блока управления шаговым двигателем

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 12.8

Коэффициент Подобия 2: 4.6

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

1.06.2023
Дата

Маркеева С. [подпись]

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Рахматуллин Эльдар Равильевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка электронного блока управления шаговым двигателем

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 12.8

Коэффициент Подобия 2: 4.6

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

01.06.2023
Дата



Заведующий кафедрой

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Рахматуллин Эльдар Равильевич

Тақырыбы: Разработка электронного блока управления шаговым двигателем

Жетекшісі: Ерлан Таштай

1-ұқсастық коэффициенті (30): 12.8

2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.6

Дәйексөз (35): 0.7

Әріптерді ауыстыру: 0

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

01.06.2023
Күні



Кафедра меңгерушісі