

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматик и информационных технологий

Кафедра «Электроник, телекоммуникации и космических технологий»

Бекбулатов Ануар Бекежанович

«Разработка цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматик и информационных технологий



Кафедра «Электроник, телекоммуникации и космических технологий»

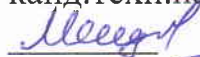


ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Разработка цилиндрического многослойного дисплея на
светодиодах»

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Выполнил 
Рецензент
докт. техн. наук, профессор
АУЭС им. Г. Даукеева
 Утепбергенов И.Т.
2024 г.

Бекбулатов А.
Научный руководитель
канд. техн. наук
 Мещерякова Т.Ю.
«27» 05 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Бекбулатов Ануар Бекежанович

Тема: «Разработка цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах».

Утверждена приказом Ректора Университета № 548 П/Ө от «4» декабря 2023 года.

Срок сдачи законченной работы «15» мая 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе:

- а) скорость вращения светодиодов 720 оборотов в минуту;
- б) светодиоды;
- в) напряжение питания 10 вольт и ток до 5 ампер;
- г) на одной линейке 16 rgb светодиода и общее количество линеек - 2.

Краткое содержание к дипломной работе:

- а) Разработка структуры;
- б) Разработать электромеханическую часть цилиндрического дисплея.
- в) Собрать платформу;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены 10-15 слайдов презентации работы.

- 1. Анализ цилиндрических дисплеев;
- 2. Структурная схема цилиндрического дисплея;
- 3. Создание экспериментального образца.

Список литературы:

- 1 Blundell, BG, (2011). «О трехмерных объемных дисплеях», Walker Wood Ltd. ISBN 9780473193768. (<http://www.barryblundell.com>, файл PDF).
- 2 Фавалора, GE (2005, август). «Объемные 3D-дисплеи и инфраструктура приложений», Компьютер, 38 (8), 37-44. Иллюстрированный технический обзор современных и исторических объемных трехмерных дисплеев. [Цитирование IEEE через ACM](#)
- 3 Funk, W. (2008). «Голографика: система производительности объемного синтеза изображений», Proc. SPIE, т. 6803, SPIE - Int'l Soc. для оптики, стереоскопических дисплеев и приложений XIX. [PDF на сайте автора](#)
- 4 Халле, М. (1997). «Автостереоскопические дисплеи и компьютерная графика», Компьютерная графика, ACM SIGGRAPH, vol. 31, нет. 2, (стр. 58–62). Вдумчивый и краткий обзор области технологий трехмерного отображения, в частности не объемных дисплеев. [HTML и PDF](#)



ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Описание сферического дисплея	10.01.2024 - 20.01.2024 г.	Отчет – не менее 5-10 стр и 1-2 слайда
Проектирование и изготовления а линейки из 32 светодиодов на печатной плате	20.01.2024-10.03.2024 г.	Отчет не менее 5-10 стр , 1-2
Алгоритм вывода сферического изображения	11.03.2024 - 28.04.2024 г.	Отчет не менее 10 стр . 3-5 слайдов 5
Заключение	01.04.2024 - 10.05.2024 г.	Отчет не менее 1 стр , 10 слайд

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Ассоциированный профессор, кандидат технических наук Мещерякова Т.Ю.	20.05.2024	
Нормоконтролер	Ассистент кафедры ЭТиКТ, ассистент Ақылжан П.	24.05.24	

Научный руководитель  Мещерякова Т.Ю.

Задание принял к исполнению обучающийся  Бекбулатов А.

Дата «27» 05 2024 г.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена разработке цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах. Создание данного дисплея позволит получить уникальные объемные изображения. Многослойный цилиндрический дисплей состоит из двигателя и вращающихся линеек светодиодов. Учитывая особенности зрения человека, вращение светодиодов с высокой частотой позволит получить эффект пространственных изображений, что может привести к качественному изменению сферы визуальных эффектов.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс цилиндрлік көп қабатты жарықдиодты дисплейді әзірлеуге арналған. Бұл дисплейді жасау бірегей үш өлшемді кескіндерді алуға мүмкіндік береді. Көпқабатты цилиндрлік дисплей қозғалтқыш пен айналмалы жарық диодты жолақтардан тұрады. Адамның көру ерекшеліктерін ескере отырып, жоғары жиіліктегі айналмалы жарық диодтары кеңістіктік кескіндердің әсерін тудырады, бұл көрнекі әсерлер ауқымының сапалы өзгеруіне әкелуі мүмкін.

ANNOTATION

This thesis is devoted to the development of a cylindrical multilayer LED display. The creation of this display will allow you to obtain unique three-dimensional images. The multi-layer cylindrical display consists of a motor and rotating LED bars. Taking into account the peculiarities of human vision, rotating LEDs at high frequencies will produce the effect of spatial images, which can lead to a qualitative change in the scope of visual effects.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1 Анализ существующих цилиндрических дисплеев и выбор элементной базы	9
1.1 Анализ цилиндрических дисплеев	9
1.2 Разработка структуры цилиндрического многослойного дисплея	10
1.3 Выбор основных элементов	12
2 Проектирование цилиндрического многослойного дисплея	32
2.1 Проектирование электромеханической части	32
2.2 Проектирование вращающейся платформы и подбор материалов	33
3 Сборка цилиндрического многослойного дисплея	36
3.1 Сборка конструкции	36
3.2 Экспериментальная часть	42
Заключение	
Список используемой литературы	

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы структура потребления медиаконтента меняется с 2D формата на 3D. Медиа контент изменяется таким образом, чтобы обеспечить максимальное удовлетворение и волнение за счет использования различных технологий, таких как технология виртуальной реальности, технология дополнительной реальности или технология голографических изображений. Благодаря конвергенции медиаконтента и данных технологий будет возможность создавать контент, который будет способен воспроизводить такие визуальные эффекты, которые будут аналогичны реальному миру. Создание цилиндрического многослойного дисплея – это перспективный шаг в улучшении медиаконтента.

В данной дипломной работе рассматривается вопрос создания конструкции цилиндрического многослойного дисплея. Согласно технологическому заданию необходимо решить две взаимосвязанные задачи.

Первое:

- анализ существующих цилиндрических дисплеев;
- разработка структуры;
- подбор элементной базы.

Второе:

- проектирование конструкции цилиндрического многослойного дисплея;
- сборка экспериментального образца.

В структуре работы можно выделить несколько составных частей: введение, три главы, заключение.

Во введении обосновывается актуальность идеи создания данного проекта, формулируются цели и задачи.

В первой главе производится изучение и анализ цилиндрических дисплеев и технологий их создания, разработка структуры цилиндрического многослойного дисплея, основанная на данном анализе, а также подбор элементной базы.

Во второй главе проектируется конструкция электромеханической части и вращающейся платформы.

В третьей главе описывается процесс сборки экспериментального образца, а также исследуется работоспособность собранного образца.

В заключении подводятся итоги и выводы проделанной работы.

В разработке конструкции данного проекта были использованы такие программы как AutoCAD и Paint.

1 Анализ существующих цилиндрических дисплеев и выбор элементной базы

1.1 Анализ цилиндрических дисплеев

Цилиндрические дисплеи представляют собой инновационные устройства для отображения изображений и видео в трехмерном пространстве. Для получения эффекта объемных визуальных изображений используются различные технологии. Для построения современных цилиндрических дисплеев существуют два основных способа.

Первый способ заключается в использовании гибких матриц, вместо традиционных твердых плоских экранов. Это позволяет создавать уникальные эффекты визуализации. К примеру, подобными гибкими матрицами покрывают колонны различных зданий, используя их в качестве декораций, стендов или билбордов.

Основной проблемой гибких матриц является то, что, структурно, данные матрицы продолжают являться стандартными дисплеями, которые выводят плоские изображения или видео. То есть, контент растягивается и принимает различные формы гибкой матрицы, но продолжает оставаться плоским изображением.

Второй способ основан на использовании светодиодных линеек, которые вращаются вокруг оси Z, формируя сферическое изображение. Наглядным примером подобного способа вывода изображения являются голографические вентиляторы.



Рисунок 1.1 – Примеры цилиндрических изображений (1 – голографический вентилятор, 2 – гибкая матрица)

Голографические вентиляторы работают на основе POV эффекта (от англ. Persistence of vision – «инерция зрительного восприятия»), который достигается при помощи вращения линейки светодиодов. POV эффект основан на способности наших глаз и мозга объединять быстро сменяющиеся, движущиеся или мерцающие изображения в единый визуальный поток.

Дисплеи POV используют эту особенность нашего восприятия, вращая ряд светодиодов с такой высокой частотой, что, двумерное изображение, которое светодиоды выводят с определенной последовательностью становится видимым глазу человека.

Голографические вентиляторы хоть и позволяют выводить сферические изображения, но данные изображения не являются объемными, так как выводятся на одной плоскости. То есть разглядеть подобный контент можно лишь с одной перспективы.

Существуют и более продвинутые методы выводу объемных изображений, основанные на использовании лазеров и специальных сканеров. Данный способ является довольно сложным и затратным в реализации.

На основе данного анализа последовал вывод, что единственным наиболее эффективным методом вывода пространственных изображений является POV дисплей. Так как голографические вентиляторы выдают изображения в одной плоскости, то в теории, добавив дополнительную линейку светодиодов и расположив их в правильной плоскости, при вращении они будут выводить 3D изображения, которые можно будет рассмотреть с разных сторон.

Исходя из данного вывода, первым этапом создания цилиндрического многослойного дисплея является разработка структуры данного проекта. Основой для структуры станет структура POV дисплеев, которая будет подвержена модернизации.

1.2 Разработка структуры цилиндрического многослойного дисплея

Исследуя конструкцию голографических вентиляторов, был выявлен основной стандарт создания подобных дисплеев.

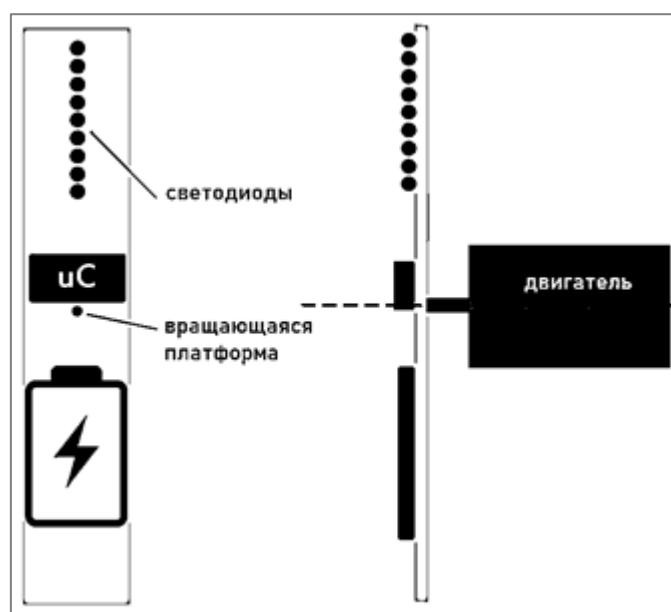


Рисунок 1.2 – Конструкция POV дисплея

POV дисплеи обычно состоят из двух основных частей: электромеханической части, отвечающей за управление и вращение линейки светодиодов, а так же электрической части, содержащей в себе вращающуюся платформу, на которой располагается линейка светодиодов, блок управления и питания светодиодов.

Поскольку в голографических вентиляторах, линейка светодиодов расположена горизонтально, добавление дополнительных линеек в высоту или в ширину, создаст лишь эффект многослойности или увеличения радиуса сферического изображения. Исходя из этого, было принято решение расположить линейку светодиодов в вертикальном положении, что при вращении даст эффект реального трехмерного изображения, которое можно будет рассмотреть со всех сторон.

Учитывая данное решение, вращающаяся платформа будет отличаться по конструкции от стандартных голографических дисплеев. Первой модернизацией вращающейся платформы стало добавление металлической оси к электромеханической части. К данной оси будет прикреплена линейка светодиодов на определенном расстоянии, а на верхнем конце оси будет расположен блок питания линеек светодиодов.

Остальные составляющие электромеханической части в виде двигателя и блока управления останутся по умолчанию.

Электрическая часть так же останется без изменений, включая линейки светодиодов и блок управления ими.

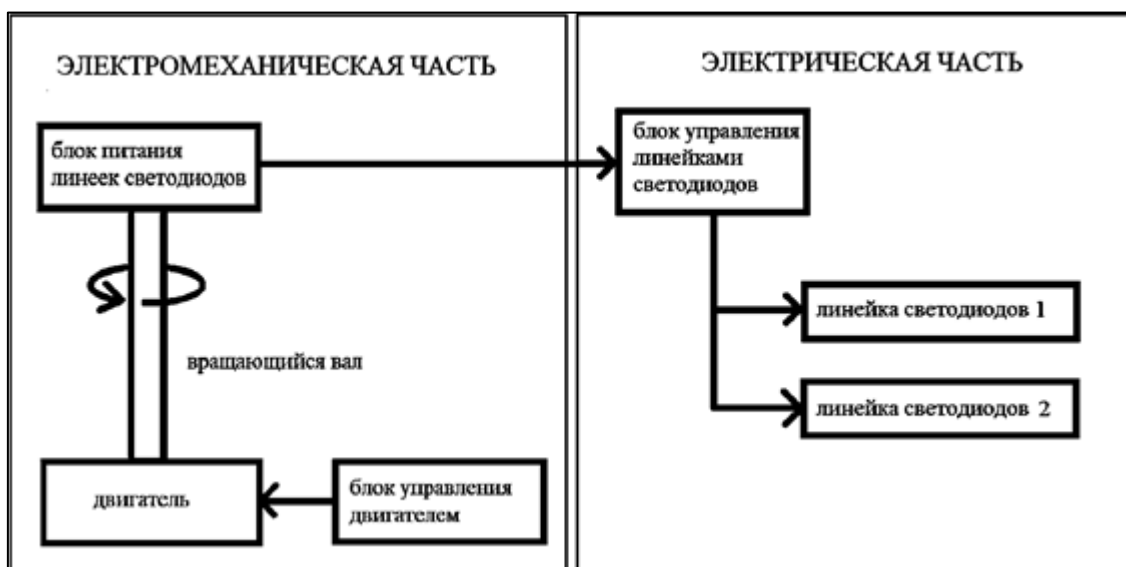


Рисунок 1.3 – Структурная схема цилиндрического многослойного дисплея

Разработав окончательную структуру цилиндрического многослойного дисплея, следующей технической задачей стал подбор элементной базы, которая будет составлять электромеханическую и электрическую часть.

Необходимо провести тщательный анализ двигателей, способов их управления, а также проанализировать то, каким образом будет подано питание электромеханической и электрической части. Данный этап наиболее важен, так как именно от выбранных элементов будет зависеть работоспособность данного проекта.

1.3 Выбор основных элементов

Поскольку POV эффект голографических вентиляторов требует высокой частоты оборотов линейки светодиодов, необходимо подобрать соответствующий двигатель.

Двигатель является основным элементом электромеханической части. От выбора двигателя будет зависеть достижение необходимой частоты вращения платформы линеек светодиодов, что в свою очередь определит возможность создания эффекта пространственного изображения.

Первым делом, требуется провести расчет вращения линеек светодиодов необходимо учитывать особенности восприятия глазом человека движущихся объектов. Эти особенности восприятия рассмотрены и применены в индустрии кино, где кадры сменяются с частотой 24 кадра в секунду и глаза человека видят непрерывный поток сменяющихся изображений.

В современных игровых дисплеях скорость обновления экрана достигает сотен кадров в секунду, однако в данном проекте будет использоваться частота 24 кадра в секунду, поскольку это признанный стандарт и наиболее оптимальное решение между качеством изображения и сложностью реализации. Приняв, что частота кадров фиксирована и равна 24 кадрам в секунду, необходимо рассчитать время одного кадра.

Время одного кадра можно рассчитать, используя следующую формулу:

$$F = \frac{1 \text{ секунда}}{\text{кол} - \text{во кадров}} \quad (1.1)$$

где F – frametime (время кадра).

Воспользовавшись формулой, рассчитываем время одного кадра:

$$F = \frac{1}{24} = 0,04167 \text{ секунд}$$

Значит время одного кадра равно 41,67 миллисекунд.

Для определения времени одного оборота необходимо учесть, что, согласно структурной схеме (см. рисунок 1.3) будет использоваться две линейки светодиодов, а значит в одном обороте будет ровно два кадра. Так как каждый кадр имеет время прохождения 41,67 миллисекунд, можно умножить время одного кадра на количество кадров в обороте.

$$T = F \times 2 \quad (1.2)$$

где T – time (время оборота).

$$T = 41,67 \times 2 = 83,34 \text{ мс}$$

Из этого следует формула количества оборотов в секунду:

$$V_{\text{об/сек}} = \frac{1000 \text{ миллисекунд}}{T} \quad (1.3)$$

где V – обороты в единицу времени.

Расчет будет равен:

$$V_{\text{об/сек}} = \frac{1000}{83,34} = 11,9 \frac{\text{об}}{\text{сек}}$$

В результате чего можно рассчитать количество оборотов в минуту:

$$V_{\text{об/мин}} = V_{\text{об/сек}} \times 60 \text{ секунд} \quad (1.4)$$

$$V_{\text{об/мин}} = 11,9 \times 60 = 714 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Таким образом было определено, что минимальная скорость вращения должна составлять 714 оборотов в минуту, чтобы получить эффект непрерывного пространственного изображения. С увеличением линеек светодиодов, будет уменьшаться требуемое количество оборотов в минуту, так как кадров в обороте будет больше, но для данного образца согласно техническому заданию будет использовано две линейки светодиодов.

Дальнейший анализ и выбор двигателя будет основываться на данных расчетах.

Помимо определенного диапазона вращения двигателя, нужно так же учитывать, что двигатель будет вращать металлическую ось и вращающуюся платформу, включающую в себя две линейки светодиодов. То есть дополнительным требованием является мощность двигателя, значения которой должно быть достаточно для вращения платформы весом в один килограмм или больше.

Так как в голографических вентиляторах используются моторы небольшой мощности и габаритов, шум, издаваемый ими минимален, поэтому немаловажно выбрать двигатель, не создающий большие шумы, а также такого размера, чтобы можно было легко интегрировать его в конструкцию. Это важный аспект, так как данный проект будет являться инструментом визуализации, а значит должен

будет максимально погружать пользователя в пространственные визуальные эффекты.

Исходя из этого основными требованиями при выборе мотора являются:

1. Обороты 750 оборотов в минуту или выше;
2. Мощность достаточная для вращения платформы весом больше одного килограмма;
3. Небольшие массогабаритные показатели;
4. Малые шумы.

В качестве претендентов были рассмотрены различные типы двигателей, включая моторы используемые в POV дисплеях. Моторы, используемые в голографических вентиляторах, являются бесколлекторными двигателями, способные выдавать большое количество оборотов в минуту, что отлично подходит для данного проекта, но данные моторы не обладают достаточной мощностью для вращения платформы.

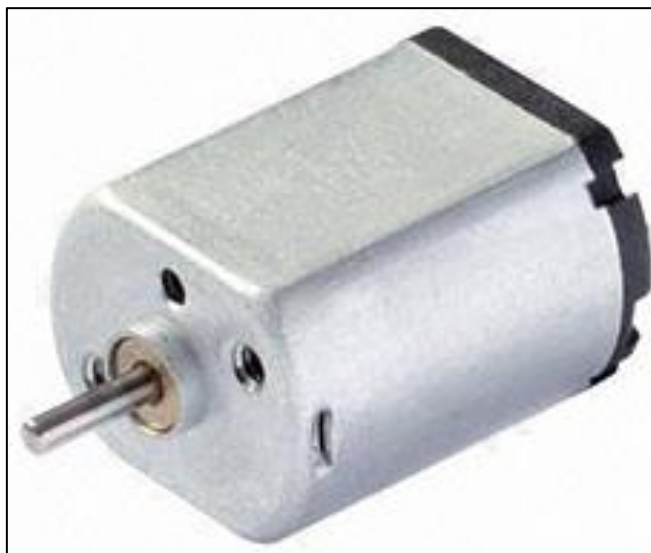


Рисунок 1.4 – Мотор POV дисплея

Поэтому было принято решение проанализировать другие виды бесколлекторных двигателей.

Бесколлекторные двигатели, известные как двигатели с электронной коммутацией, представляют собой синхронные двигатели, которые питаются постоянным током в качестве источника питания.

Исходя из названия ясно, что в данном типе двигателей отсутствует коллектор. Вместо коллектора данные двигатели используют электронные контроллеры для переключения постоянного тока на обмотках двигателя, создавая тем самым магнитные поля. Ротор в свою очередь оснащен постоянными магнитами, которые следуют за создаваемыми магнитными полями и вращается в своем пространстве.

Конструкция подобных двигателей напоминает конструкцию шаговых двигателей, но есть существенные различия в их реализации. Это связано с тем,

что в отличие от шаговых двигателей, бесколлекторные двигатели создаются для непрерывного и долгого вращения.

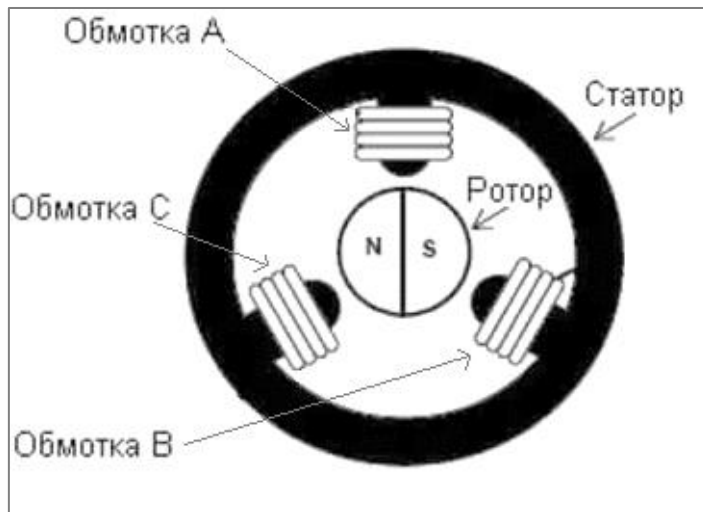


Рисунок 1.5 – Конструкция бесколлекторного двигателя

Бесколлекторные двигатели представляют собой отличную альтернативу стандартным коллекторным двигателям постоянного тока, так как обладают рядом преимуществ перед ними. Так как из конструкции двигателя был удален сложный и требующий тщательного обслуживания узел коллектора, существенно упрощается сама конструкция двигателя. К тому же удаление такого элемента приводит к уменьшению массогабаритных показателей двигателя.

Благодаря отсутствию щеток коллектора, потери механической энергии из-за силы трения снижаются, а потери на коммутацию уменьшаются, что значительно повышает эффективность преобразования электрической энергии в механическую.

Конструкция бесколлекторного двигателя в целом аналогична конструкции синхронных двигателей с постоянными магнитами, но делится на две возможных вариации.

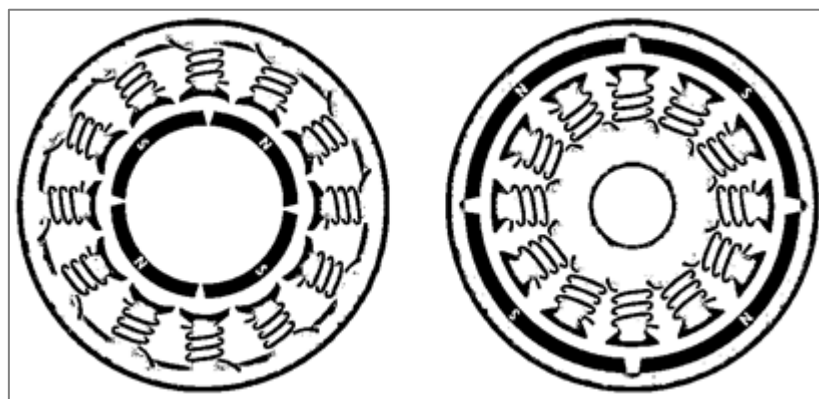


Рисунок 1.6 – Конструкция внутреннего и внешнего ротора

Бесколлекторные двигатели могут быть опорными, где статор окружен ротором и приводными, где ротор окружен статором. Хотя, встречается и осевой вариант, в котором ротор и статор плоские и размещены параллельно.

Из-за применения неодимовых магнитов, бесколлекторные двигатели стали намного более компактными в размере, что позволило добиться высокого показателя коэффициента полезного действия на килограмм собственного веса конструкции. Также данное решение позволило увеличить диапазон изменения скорости вращения.

Бесколлекторные двигатели обеспечивают высокое отношение крутящего момента на ватт энергии, а также к более длительному сроку службы двигателя из-за отсутствия щеток коллектора, которые в обычных двигателях подвергались эрозии и требовали тщательного обслуживания.

В бесколлекторных двигателях механические щетки коллектора заменены электронной системой управления, основанной на обратной связи. Электронный датчик определяет угол наклона ротора и управляет полупроводниковыми переключателями, например транзисторами, которые контролируют ток через обмотки. Такая система позволяет изменить направление движения тока или направить его под определенным углом, чтобы создать нужный крутящий момент в одном направлении. Данный способ управления намного более надежен и долговечен в отличии от механического коллектора. Также несомненным плюсом является снижение уровня шума.

Что бесколлекторные, что шаговые двигатели могут использовать датчики положения ротора, которые позволяют получать обратную связь. В двигателях постоянного тока фиксированная конструкция вала и коллектора, но поскольку в бесколлекторных двигателях электронный контроллер выполняет функции, которые в стандартных двигателях выполняют щетки коллектора, то контроллеру требуется знать положение ротора относительно обмоток статора.

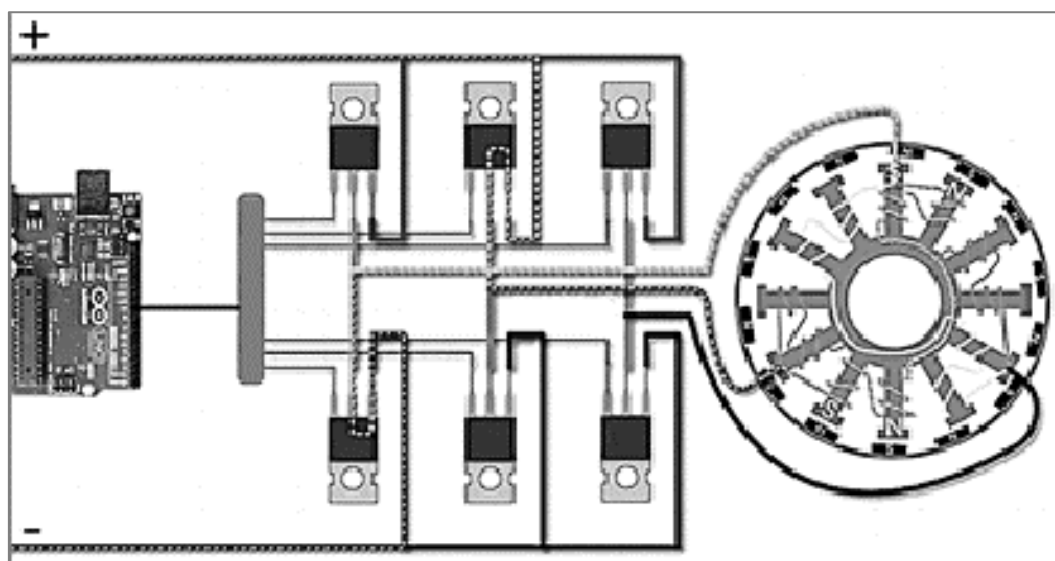


Рисунок 1.7 – Схема подключения датчиков угла наклона ротора в бесколлекторном двигателе

В некоторых вариантах конструкции бесколлекторных двигателей используются датчики эффекта Холла или преобразователи углового положения для прямого измерения положения ротора. Другие же способы основаны на измерении обратной ЭДС в катушках без привода, что позволяет обойтись без отдельных датчиков, поэтому их называют бессенсорными контроллерами.

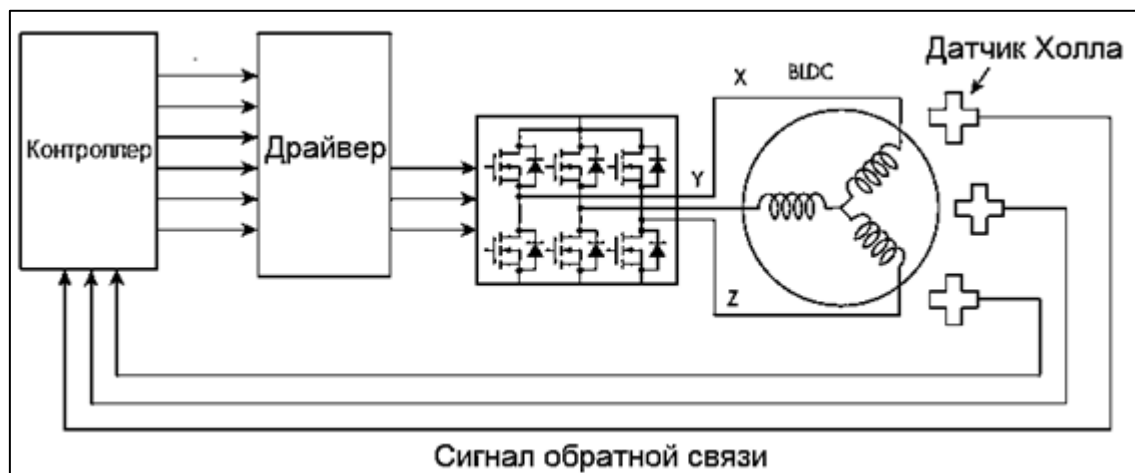


Рисунок 1.8 – Обратная связь датчиков Холла в бесколлекторном двигателе

Контроллеры, которые определяют положение ротора измеряя обратную ЭДС, сталкиваются с проблемой, при которой невозможно произвести инициацию движения. Это связано с тем, что обратная ЭДС не возникает при неподвижности ротора. Обычно это решается таким образом, при котором вращение начинается с произвольной фазы, а затем переходит к правильной фазе, если выясняется, что начальная фаза была неверной. Это можно заметить тем, что в начале вращения, вал кратковременно вращается в обратную сторону, что немного усложняет запуск.

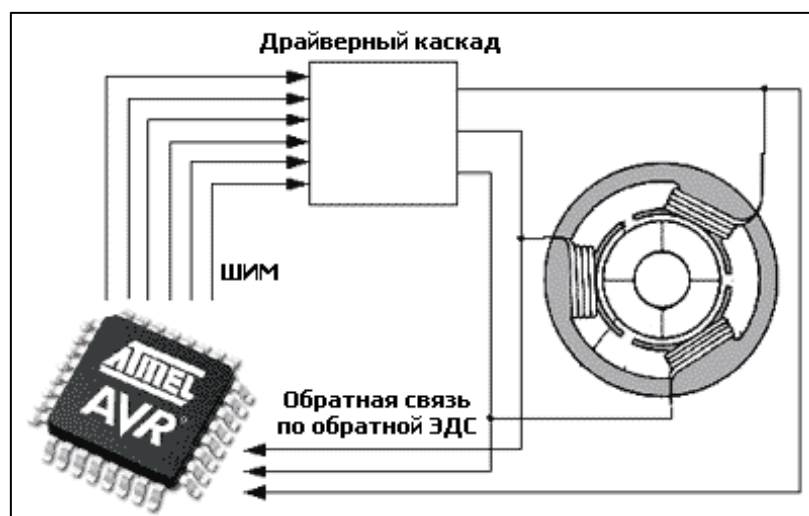


Рисунок 1.9 – Обратная ЭДС в системе бесколлекторного двигателя

В любом из способов используются различные виды контроллеров. Типичный контроллер содержит в себе 3 выхода с обратной полярностью, которая управляется логической схемой. В некоторых контроллерах используются компараторы, которые работают с датчиками ориентации ротора, для определения момента на случай, если нужно увеличить выходную фазу. В более сложных вариантах используют микроконтроллеры, с помощью которых осуществляется управление ускорением вращения, а также производится точная настройка эффективности.

Бесколлекторные двигатели являются одними из самых надежных и эффективных типов двигателей. Они способны переносить большие нагрузки по моменты, а благодаря отсутствию щеток коллектора, ротор не подвержен центробежным силам, а обмотки статора могут быть охлаждены за счет теплопроводности. Производители широко используют бесколлекторные двигатели в условиях, где искрение коллектора может быть опасным, при необходимости получить высокие показатели оборотов в минуту.

Исходя из данного исследования, можно сделать вывод, что бесколлекторный тип двигателей отлично подходит для реализации данного проекта, так как обладает высокой эффективностью.

В качестве первого двигателя для анализа стал бесколлекторный двигатель стиральной машины. В стиральных машинах применяются три основных типа двигателей: бесколлекторные, коллекторные, асинхронные. Исходя из решения использовать бесколлекторный двигатель, был рассмотрен именно этот вариант.



Рисунок 1.10 – Бесколлекторный двигатель стиральной машины LG

Данный тип двигателей стиральных машин, основан на использовании электромагнитной индукции. Однако отличие в том, что вместо графитных щеток, током обмоток управляет инверторный выпрямитель. Ротор в данном типе двигателей не характеризуется чрезмерной инерционностью, поэтому способен набирать необходимое значение оборотов в минуту. Эти механизмы в стиральных машинах представлены в виде диска с валом, что расположен на центральной оси.

Двигатели стиральных машин имеют схожую конструкцию ротора и статора аналогичную асинхронным двигателям, однако принцип их работы отличается. Привод напрямую подключается к барабану, что исключает использование соединительных элементов, которые являются наиболее уязвимыми частями во всех других типах двигателей. Управление в таких двигателях осуществляется с помощью трехфазного инвертора.

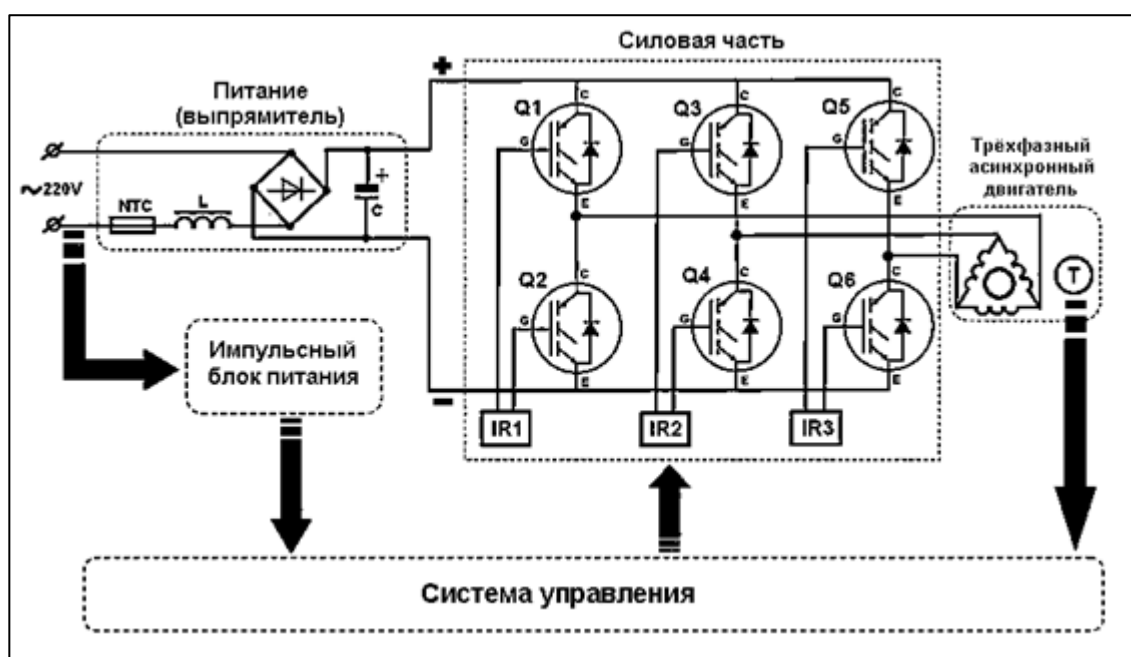


Рисунок 1.11 – Структура управления двигателя стиральной машины

Главное преимущество подобных двигателей заключается в простоте их конструкции. Именно у данной разновидности двигателей, используемых в стиральных машинах, наиболее высокие показатели КПД по сравнению с другими типами, а также наименьший показатель шума.

Для анализа был выбран инверторный двигатель стиральной машины от компании LG. Конструкция данного двигателя лишена трущихся частей, что положительно сказалось на нагреве и нерациональной трате электрической энергии.

Заявленные характеристики двигателя LG:

- энергоэффективность;
- обороты: 1600 оборотов в минуту;
- весоустойчивость;

– шум: 75 дБ.

Рассматривая этот вариант на практике, стало очевидно, что его габариты и масса являются огромным недостатком, который не позволит сконструировать удобное переносное устройство. При тестовом запуске, заявленная бесшумность оказалась несоответствующей для создания данного проекта, что неудивительно, так как данный двигатель предназначен для высокой весоустойчивости.

Следует отметить, что данный двигатель обладает рядом преимуществ в виде высокого показателя оборотов в минуту, большой мощности и низких уровней вибраций.

Вторым вариантом для изучения стал бесколлекторный мотор, используемый в электровелосипедах.

Этот типа двигателей обладает индуктором из постоянных магнитов и представляет собой смешение технологий асинхронных и бесколлекторных двигателей постоянного тока. Данные моторы считаются одними из самых эффективных и технологичных в данной сфере.



Рисунок 1.12 – Мотор электровелосипеда

Моторы электровелосипедов делятся на две категории: мотор-колесо и мотор-карета.

Мотор-колесо, в свою очередь, делятся на два типа: с прямым приводом и с использованием редуктора. Исходя из названия, очевидно, что они могут быть установлены на колесо переднее или заднее. Мотор-карета в свою очередь всегда оснащены редуктором. Следовательно, всего имеется три типа моторов электровелосипедов.

Выбирая из различных вариантов для пробного запуска и проверки, была создана таблица сравнения различных типов подобных моторов начиная от мощности и диапазона оборотов, заканчивая массогабаритными показателями.

Таблица 1.1 – Характеристики мотор-колес электровелосипеда

Мотор-колесо	Скорость вращения, об/мин	Габариты, см
С прямым приводом		
36/600	319	20 × 1,95
48/500F	379	22 × 2,125
48/500R	285	16 × 2,15
48/600	436	24 × 1,95
48/800	359	22 × 2,125
48/1000	460	26 × 1,95
48/1200	320	20 × 1,95
60/1500	480	28 × 1,75
С планетарным редуктором		
24/250	245	16 × 2,125
24/350	324	22 × 2,125
36/250	250	16 × 2,125
36/250 Q75	328	22 × 2,125
36/350	253	16 × 2,125
36/350 Q100	328	22 × 2,125
36/500	273	20 × 1,95

Можно отметить, что редукторные модели предлагают большой крутящий момент. Они компактные, не добавляют лишний вес к велосипеду, за счет чего экономно расходуют электроэнергию. Однако редукторные модели мотор-колеса доступны в узком диапазоне частоты вращения, которые составляют от 245 до 328 оборотов в минуту, что не отвечает техническим требованиям данного проекта.

Мотор-колеса с прямым приводом обеспечивают более высокие обороты. Они могут иметь мощность до 1500 Вт, но с ростом мощности увеличиваются размеры и вес мотора. К тому же максимальный диапазон оборотов в виде 480 оборотов в минуту также неудовлетворительно.

Очевидно, что данный вариант моторов электровелосипеда представляет собой более удобное решение в отличии от двигателя стиральной машины. Они соответствуют по мощности, массогабаритные показатели более удовлетворительны, но решающим недостатком стали низкие показатели оборотов в минуту, которые не соответствуют требованиям для создания цилиндрического многослойного дисплея.

Последним вариантом для анализа стал бесколлекторный двигатель используемый в гироскутерах.

В гироскутерах мотор представляет собой мотор-колесо, где сам двигатель встроен в структуру самого колеса, что позволяет исключить необходимость использовать дополнительные передаточные механизмы или трансмиссию. Использование мотор-колеса в гироскутерах является стандартом, так как обеспечивает надежность и упрощает конструкцию.

Такой тип моторов обычно не требует дополнительных подшипников, за исключением тех, что уже встроены в бесколлекторный двигатель. Это делает мотор-колесо более надежным, так как колесо и двигатель образуют единое целое.

Стандартно, двигатели в гироскутерах имеют мощность в районе от 350 до 500 Вт для каждого из двух двигателей. Существует возможность использовать более мощные варианты, но они являются редкостью. Производители гироскутеров отдают предпочтение стандартной мощности, чтобы избежать перегрузок и быстрого разряда аккумулятора.

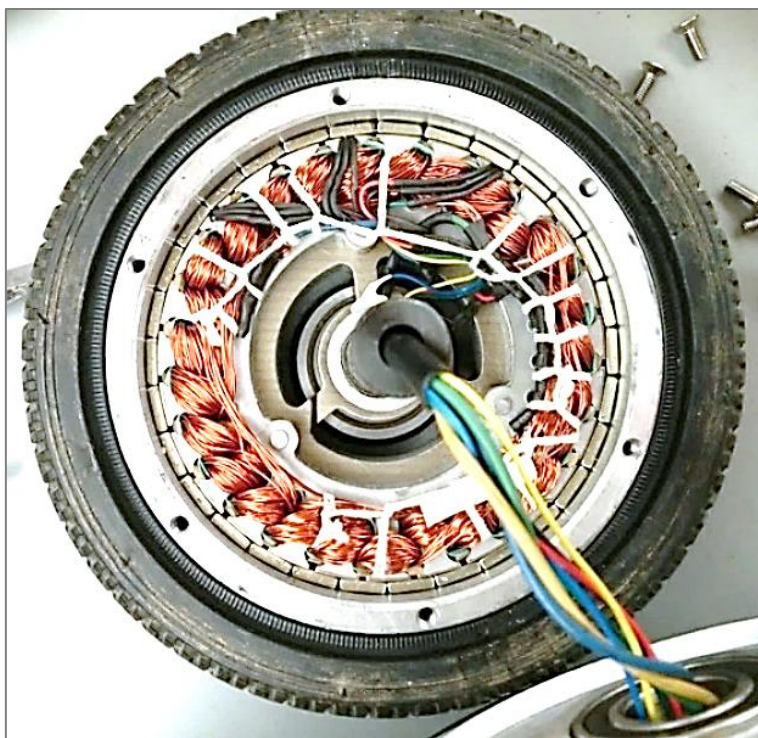


Рисунок 1.13 – Мотор-колесо гироскутера

Для тестового запуска был выбран наиболее популярный 6.5 дюймовый мотор-колесо, который используется в подавляющем большинстве гироскутеров.

Заявленные характеристики:

- мощность 350 Вт;
- максимальные обороты в минуту 800 – 1000 оборотов в минуту;
- вес 2,3 килограмма;

– эффективность в районе 75%.

Проводя экспериментальный запуск, первым положительным показателем выступили малые массогабаритные показатели, а также высокие показатели оборотов в минуту, которые соответствуют требованиям данного проекта. Мощности данного двигателя хватит на вращение более одного килограмма, что так же соответствует требованиям.

На основании анализа различных сфер применения бесколлекторных двигателей, было рассмотрено три варианта. Двигатель, используемый в стиральных машинах, оказался слишком массивным и неудобным в использовании, в то время как мотор-колесо электровелосипеда оказался не способен выдать нужную частоту вращения. Тщательно изучив и проверив на практике три варианта двигателей, был выбран мотор-колесо гироскутера мощностью 350 Вт, который показался наиболее подходящим для создания цилиндрического многослойного дисплея.

Следующим важным элементом для создания электромеханической части, является драйвер управления. Драйвер управления послужит инструментом для точной настройки оборотов в минуту, ведь в случае модернизации данного проекта и увеличения количества линеек светодиодов, будет необходимо подобрать нужную скорость вращения платформы.

Основными требованиями для выбора драйвера управления являются:

1. Диапазон регулирования вращения двигателя;
2. Защитные функции;
3. Простота схемы управления;
4. Небольшие размеры.

При анализе различных вариантов двигателей, были обнаружены разнообразные методы их управления. Наиболее сложным на первый взгляд показался блок управления для двигателя стиральной машины из-за ограниченного количества готовых вариантов на рынке. Также отсутствие необходимых материалов и инструкций по подключению стало причиной отказа от данного типа управления.

Учитывая выбор мотора для гироскутера, логичным и очевидным вариантом управления стало использование встроенной материнской платы гироскутера.

Принцип работы гироскутера основан на использовании датчиков положения, таких как акселерометры и гироскопы.

Когда пользователь наклоняет корпус гироскутера вперед или назад, эти датчики регистрируют уровень наклона и передают информацию на материнскую плату. В соответствии с программой, микроконтроллеры обрабатывают сигналы от датчиков и управляют моторами гироскутера, регулируя скорость вращения и тем самым угол наклона с учетом инерции человека, что позволяет обеспечивать устойчивое положение. Гироскопы передают информацию, а программа стремится урегулировать направление вращения в соответствии с законами физики. Именно эти датчики играют основную роль в удержании двухколесной платформы в ровном положении,

предотвращая ее падения на землю. Системы балансировки гироскопических датчиков гироскутера состоят из трех плат.

Основная плата, также известная как материнская плата, располагается в центре и содержит в себе главный микроконтроллер, который управляет всеми операциями и оптимизирует работу системы (см. рисунок 1.14).

На боковых частях корпуса, ближе к мотор-колесам установлены дополнительные платы, которые соединены с гироскопическими датчиками. Эти платы ответственны за независимую работу каждого датчика, а также за обмен информацией между ними и основной платой.

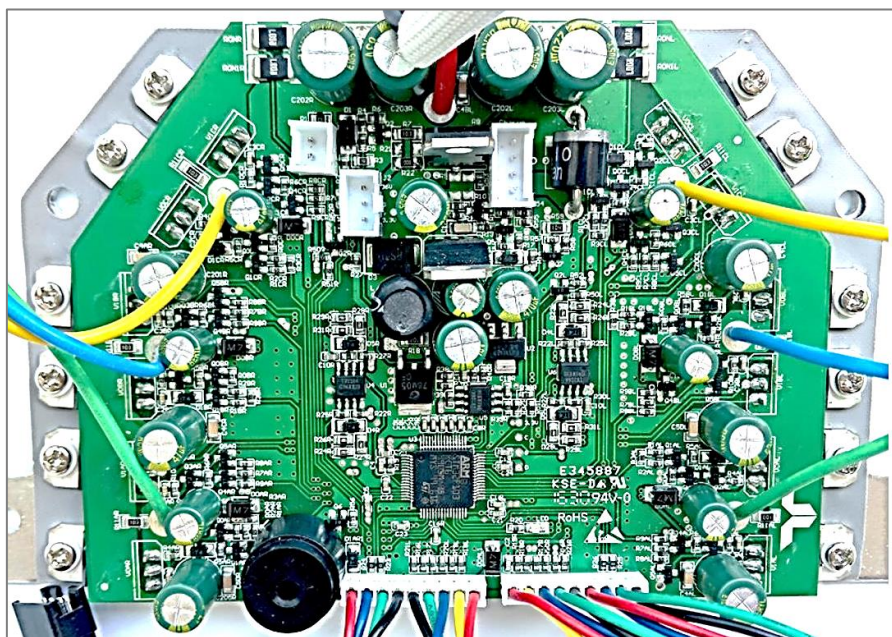


Рисунок 1.14 – Материнская плата гироскутера

На современных гироскутерах, используются высокотехнологичные платы управления. Такие платы позволяют взаимодействовать с встроенной в нее программой с помощью мобильного телефона. Связь мобильного телефона и платы, осуществляется при помощи Bluetooth соединения и при помощи данной связи можно регулировать максимальную скорость, подсветку светодиодов гироскутера, а также регистрировать уровень заряда аккумулятора.

Данный метод управления имеет свои недостатки в виде сложности архитектуры плат, а также неудобством в использовании сторонних приложений для управления двигателями. Использование данного типа управления с использованием мобильного телефона, значительно увеличивает затраты ресурсов на реализацию данного проекта.

Следующим вариантом, рассмотренным на данном этапе стал контроллер управления электровелосипедом (см. рисунок 1.15).

Управление электровелосипедом осуществляется при помощи контроллера, который регулирует работу двигателя, регулируя подачу

электроэнергии через изменение импульсов. Дополнительными выводами являются кнопки управления, закрепленные на ручке руля электровелосипеда.

Пульт на руле позволяет переключать диапазон скорости, поворачивая ручку и увеличивая импульсы, подаваемые на мотор-колесо, а также включать или выключать фары освещения через кнопку. Этот пульт часто имеет экран, где отображается информация о скорости, уровне заряда аккумулятора и других параметрах. В некоторых моделях, мобильные устройства интегрируются в систему управления, что позволяет использовать их в качестве дополнительного экрана для контроля и настройки электровелосипеда.

Принцип работы данного контроллера заключается в том, что он получает сигнал от ручки газа и на основе длительности поступающих импульсов регулирует скорость вращения мотор-колеса.

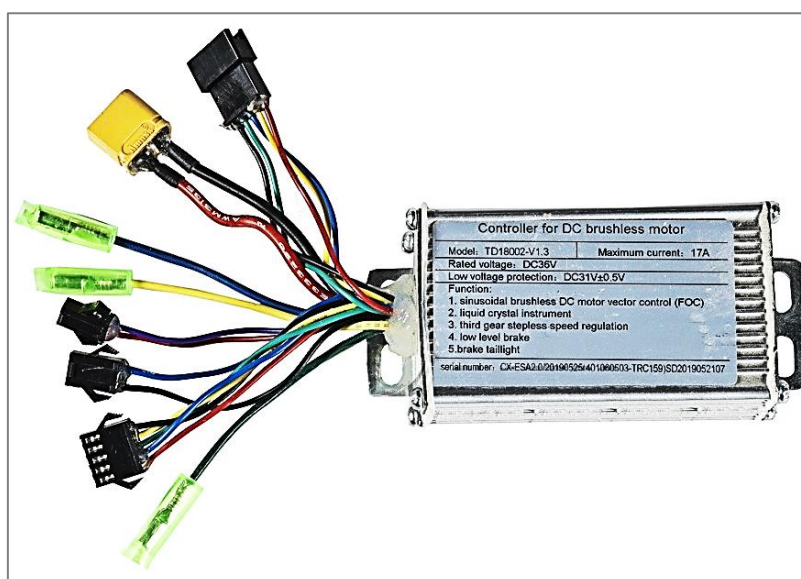


Рисунок 1.15 – Контроллер электровелосипеда

Так как данный контроллер имеет большое количество выводов, была создана удобная таблица подключения выводов и их функции, представленная в таблице 1.2.

Технические характеристики:

- номинальная мощность: 350 Вт;
- размеры: 103 × 70 × 35;
- номинальное напряжение: 36 В;
- сила тока: 16 А.

При экспериментальном подключении данного контроллера, было обнаружено, что основной проблемой данного решения в том, что ручка газа, регулирующая частоту импульсов, не способна останавливаться в одном положении из-за пружинного механизма. К тому же сложность структуры управления этой системы приводит к нестабильному вращению, что недопустимо в рамках технических требований данного проекта.

Более того, в данном контроллере не предусмотрена возможность гибкой и простой настройки, которая могла быть полезна на завершающих этапах реализации проекта.

Таблица 1.2 – Таблица подключения выводов и их функции

№	Назначение	Цвет изоляции
1	Ручки газа и тормоз	Черный, желтый, красный
2	Аккумулятор	Черный, красный
3	Ограничитель скорости	Два белых провода
4	Датчики Холла	Черный, синий, зеленый, желтый, красный
5	Система PAS	Черный, зеленый, красный
6	Пульт управления	Черный, синий, зеленый, красный
7	Ручка газа	Зеленый, черный, красный
8	Круиз-контроль	Два синих провода
9	Мотор	Зеленый, синий, желтый

Так как основным требованием к драйверу управления является регулирование скорости вращения двигателя, то предстояло выбрать способ регулирования.

В бесколлекторных двигателях изменение скорости вращения двигателя осуществляется двумя способами. Первый метод заключается в использовании системы обратной связи датчиков Холла и управление скоростью вращения при помощи микроконтроллера (см. рисунок 1.8). Второй способ – это прямое воздействие на скорость вращения с помощью переменного резистора, который изменяет входное напряжение и следовательно скорость вращения двигателя.

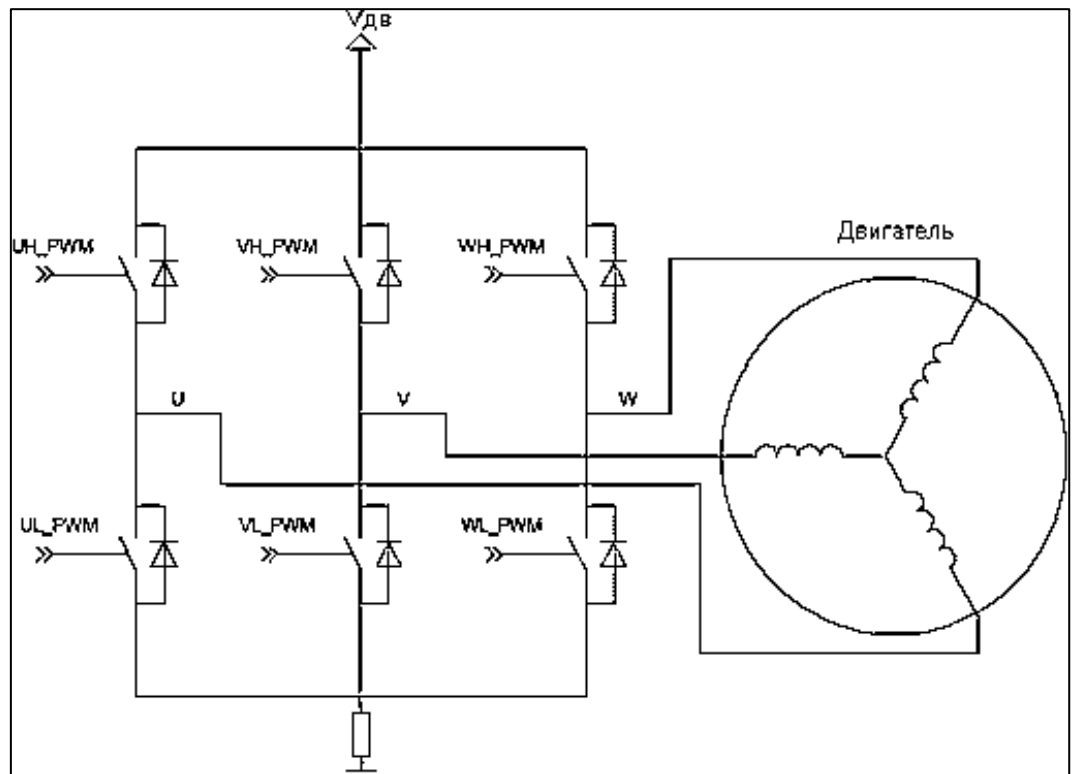


Рисунок 1.16 – Регулирование скорости вращения бесколлекторного двигателя

В результате было принято решение приобрести два драйвера управления для бесколлекторного двигателя с компактными размерами и высокой точностью вращения от производителей LYWS и TALCNC.

Драйвер от LYWS представляет собой плату управления двигателем постоянного тока, не требующую подключения к датчикам Холла.

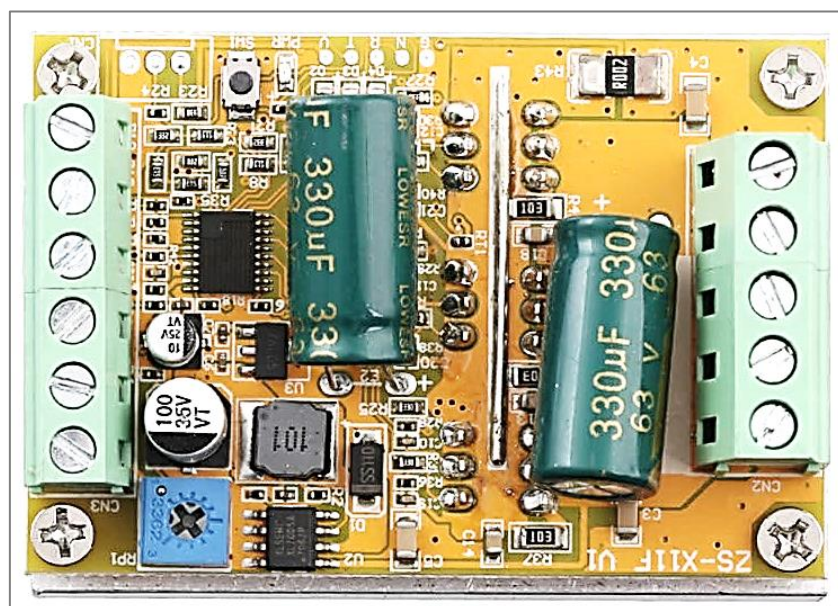


Рисунок 1.17 – Контроллер LYWS

Технические характеристики:

- номинальное напряжение: 6,5 – 50 В;
- номинальный ток: 16 – 30 А;
- максимальная мощность: 380 Вт;
- размер: 63 × 45 × 31 мм;
- вес: 76 г.

Блок управления LYWS отличается компактным размером и включает в себя защиту от блокировки ротора, которая автоматически снижает ток после блокировки, а также защиту от перегрева, при которой мощность уменьшается вдвое при температуре выше 100 градусов. Кроме того, данный контроллер имеет широкий спектр регулирования скорости. Максимальная регулируемая скорость составляет 22400 оборотов в минуту для двухполосных, 7400 оборотов в минуту для шестиполосных, 40000 оборотов в минуту для двенадцатиполосных и 35000 оборотов в минуту для четырнадцатиполосных двигателей.

Подключив данный драйвер к двигателю и проводя тестовые запуски и регулирование скорости вращения, плата перегорела, что свидетельствовало об отсутствии защиты. Отсутствие защиты от перегрузок является большим недостатком данной модели, в следствие чего требуется подключение внешнего предохранителя.

Также, отсутствие внешнего корпуса представляется значительным недостатком, поскольку внутренние компоненты контроллера остаются незащищенными от внешних воздействий, что может снизить безопасность его использования.

Следующим вариантом для тестирования стал драйвер управления WS55-220 DC.

Драйвер от TALCNC обладает несколько большими габаритами, так как отличается наличием металлического корпуса. Благодаря этому, обеспечена безопасность и надежность использования. Модель WS55-220 – это высокопроизводительный контроллер трехфазных бесколлекторных двигателей постоянного тока. Драйвер может управлять двигателем с помощью обратной связи датчиков Холла или без них.

Технические характеристики:

- номинальное напряжение: 20 – 50 В;
- номинальный ток: 12А;
- диапазон регулирования: до 20000 оборотов в минуту;
- размер: 9,5 × 6 × 3,5 см;
- вес: 258 г.

Драйвер, обеспечивает защиту от перегрузок и коротких замыканий фаз. Кроме того, данный контроллер оснащен светодиодным индикатором тревоги. Контроллер оснащен функцией регулирования скорости через потенциометр, а также внешней функцией регулирования скорости по напряжению до 10 В.



Рисунок 1.18 – WS55-220 DC

Данный драйвер также обладает функциями переключения, отображения скорости, вывода сигнала тревоги, а также возможностью менять направление движения вперед или назад. Дополнительным преимуществом этого блока является наличие защиты от перенапряжения и перегрузки по току.

Резюмируя, драйвер LYWS обладает единственным преимуществом в виде его компактных размеров. Однако предпочтение было отдано контроллеру WS55-220 DC от бренда TALCNC, благодаря его металлическому корпусу, защите от коротких замыканий и перегрузок, а также широкому диапазону регулирования скорости вращения двигателя.

Поскольку блок управления соответствует всем техническим требованиям, заключительным элементом электромеханической части для подбора стал блок питания.

Были рассмотрены различные виды питания от постоянного электропитания до использования аккумуляторов. Учитывая стремление к удобству и компактности, аккумуляторное питание выглядит как наиболее подходящий вариант для реализации данного проекта. Аккумулятор обеспечит портативность, что важно для пользователей и позволит избежать необходимости постоянного подключения к электросети.

Так как двигателем в электромеханической части выступает мотор -колесо гироскутера, то логичным и очевидным решением было использование аккумулятора, встроенного в гироскутер.

Встроенным аккумулятором питания в данном случае оказался литий – ионный аккумулятор от компании Samsung.



Рисунок 1.19 – Аккумулятор 10S2P

Технические характеристики:

- номинальное напряжение 36 В;
- номинальный ток: 15 А;
- максимальный кратковременный ток: 20 А;
- мощность: 158 Вт;
- емкость: 4400 мАч.

Достоинством данного аккумулятора является наличие функции блокировки от перезаряда и глубокого разряда аккумулятора, а также защиты от перегрузки по току.

При подключении не было выявлено никаких нареканий на питание системы, что неудивительно, ведь технически, данный аккумулятор специально подобран по параметрам выбранного двигателя. Такие аккумуляторы обладают достаточной емкостью и способны обеспечить необходимое электропитание для данного проекта.

Поскольку в нашем проекте используется аккумулятор, вопрос его разрядки становится наиболее первостепенным. На первый взгляд, можно было бы предположить, что стандартное зарядное устройство для гироскутеров подходит для заряда аккумулятора.

Большая часть зарядных устройств для гироскутера обладают выходной мощностью, которая составляет 84 Вт. Благодаря этому, выходное напряжение может достигать 42 В, а сила тока 2 А. Это обеспечивает высокую скорость и эффективность зарядки.

Однако аккумуляторы, используемые в гироскутерах, оснащены разъемами и гнездами стандарта XT60, что облегчает процесс замены

аккумулятора в случае необходимости, но зарядное устройство оснащено трёхконтактным разъемом. Это связано с внутренней архитектурой гироскутера, а именно с платами управления, которые отвечают за контроль заряда аккумулятора, блокировку от перезаряда и переразряда, а также за защиту от перегрузки по току.

Для решение данной проблемы было принято следующее решение: для зарядного устройства будет использоваться штекер XT60 того же стандарта, что и в аккумуляторе. Это позволит легко отсоединять аккумулятор от цилиндрического дисплея и заряжать его при помощи модифицированного зарядного устройства. С учетом всех технических характеристик, это оптимальный вариант для создания функциональной конструкции.

Подводя итоги анализа и подбора элементной базы, были рассмотрены различные варианты двигателей, их преимущества и недостатки, а также был произведен подбор подходящего драйвера управления. В заключение был подобран подходящий и удобный способ питания электромеханической части, а также проведено несколько экспериментальных запусков данной системы.

2 Проектирование цилиндрического многослойного дисплея

В данной главе описано сравнение массогабаритных показателей всех компонентов, после чего разработан чертеж конструкции цилиндрического многослойного дисплея с учетом максимально эргономичного дизайна. Ключевая задача заключается в разработке удобного отсека для размещения основных элементов, таких как двигатель драйвер управления и блока питания. Вторая часть для разработки будет вращающаяся платформа.

2.1 Проектирование электромеханической части

Поскольку цилиндрический многослойный дисплей включает в себя как электромеханическую часть, так и вращающуюся платформу, целесообразно разрабатывать конструкцию отдельно для каждой из этих частей, а затем объединить их в общем чертеже.

Основной задачей конструирования электромеханической части заключается в разработке конструкции, которая способна будет вместить выбранный двигатель, драйвер управления и блок питания, а также обеспечить удобный доступ к этим компонентам.

Для определения примерного размера и формы нижнего отсека необходимо:

1. Определить размеры элементов;
2. Выбрать форму конструкции;
3. Подобрать подходящие материалы.

Определение размеров и формы конструкции напрямую зависит от габаритных характеристик двигателя, драйвера управления и блока питания. С учетом того, что двигатель является наиболее крупным элементом проекта, пространство, где он будет размещен, должно быть достаточным для свободного закрепления и снятия двигателя в случае выхода его из строя. Однако необходимо также учитывать размеры блока управления и питания, поскольку они будут расположены в непосредственной близости от двигателя.

Итак, имеется двигатель размером $9,7 \times 17 \times 5,7$ сантиметров, блок управления WS55-220 DC размером $9,5 \times 6 \times 3,5$ сантиметров и блок питания размером $13,5 \times 9 \times 6$ сантиметров. С учетом размеров, электромеханическая часть конструкции будет кубической формы со сторонами 40 сантиметров и высотой 20 сантиметров. Все три компонента должны легко помещаться в пространстве подобного размера.

Выбор такой формы обоснован удобством в использовании и интеграции дополнительных компонентов. К тому же такая форма является наиболее устойчивой.

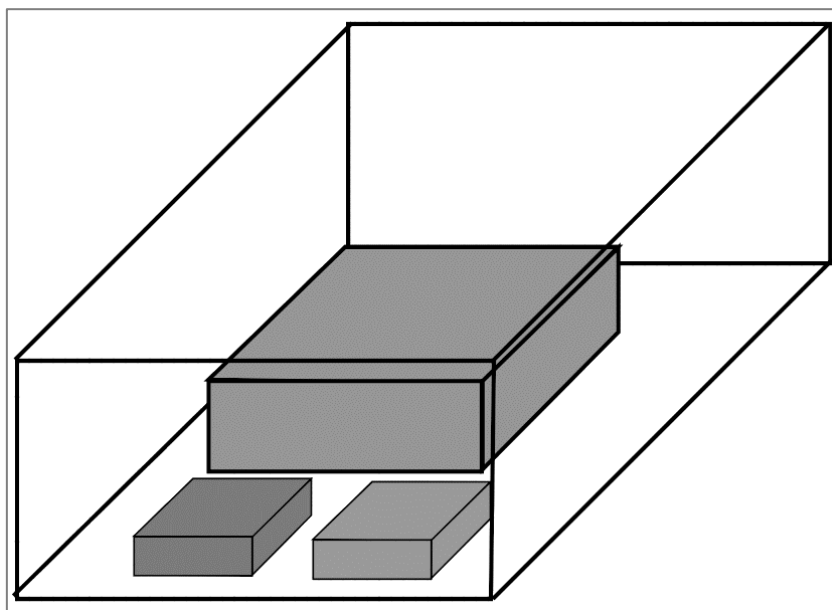


Рисунок 2.1 – Электромеханическая часть конструкции

Примерный вид нижней части конструкции приведен на рисунке 2.1 с намеченным размещением компонентов электромеханической части.

2.2 Проектирование вращающейся платформы и подбор материалов

Верхняя часть конструкции предназначена для размещения вращающейся оси и закрепленных на ней линеек светодиодов. Опираясь на алгоритм проектирования конструкции электромеханической части, первым шагом стало определение массогабаритных параметров элементов.

Основным компонентом вращающейся платформы являются линейки светодиодов. Именно на размеры линеек светодиодов будет основываться габариты оси и креплений.

Размер разработанных и распечатанных плат на основе SMD светодиодов составляет примерно 20×2 сантиметра.

Принимая во внимание высокую частоту вращения платформы, невозможно не учитывать вибрации и тряску. Неучтенные данные аспекты могут привести к нестабильной работе и возможному выходу устройства из строя в будущем. Для предотвращения тряски и вибраций, были сконструированы два П-образных элемента, которые послужат для закрепления вращающейся платформы и обеспечит более устойчивое положение оси. Это позволит обеспечить плавное и стабильное вращение вала, а также погасить вибрации, которые обязательно возникнут в ходе работы цилиндрического дисплея.

Так как размер линеек светодиодов составляет 20×2 сантиметра, П-образные элементы будут иметь размер 25×40 сантиметров с учетом размеров нижней части конструкции.

Примерная стыковка данной части с нижним пространством приведено на рисунке 2.2.

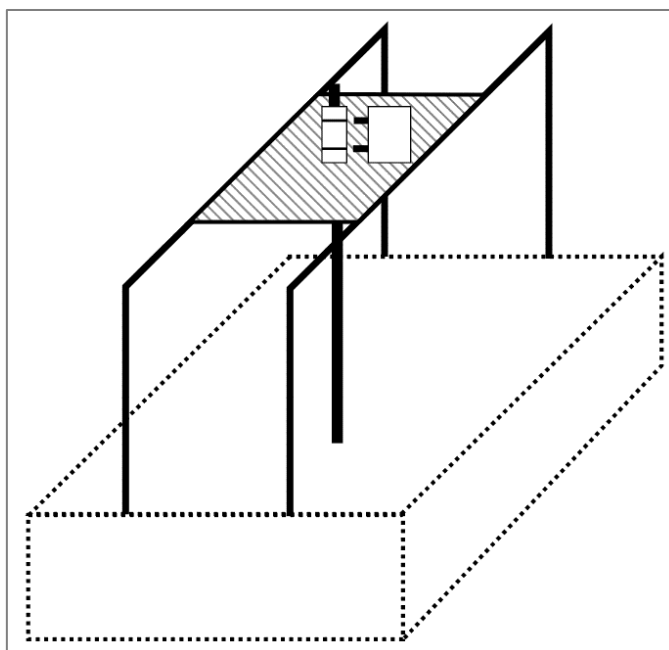


Рисунок 2.2 – Верхняя часть конструкции

После тщательного продумывания и проектирования предварительных концепций нижней и верхней части конструкции отдельно, осталось объединить все эскизы в единый чертеж.

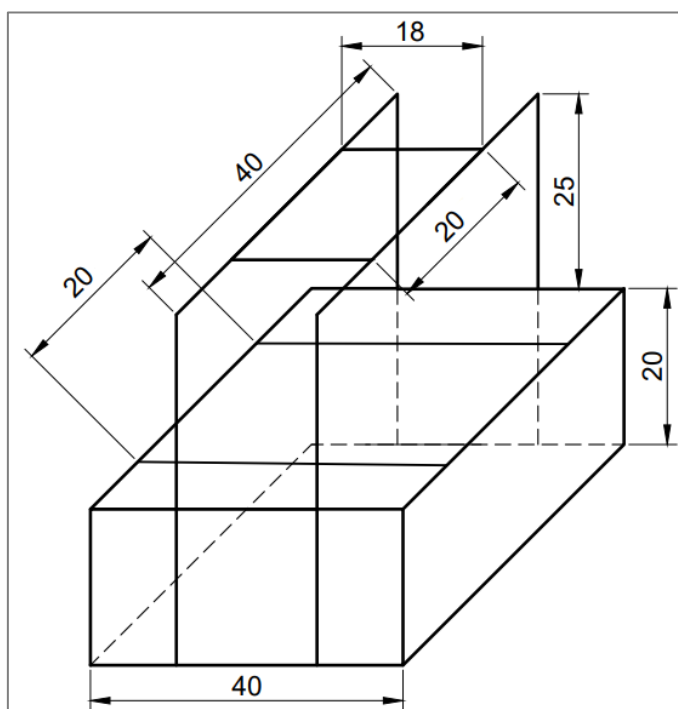


Рисунок 2.3 – Полный чертеж конструкции

Представленный на рисунке 2.3 чертеж, показывает готовый чертеж конструкции цилиндрического многослойного дисплея со всеми размерами, опираясь на который и была произведена сборка.

Надежность и прочность конструкции играют важную роль, особенно беря во внимание требуемые большие показатели оборотов двигателя.

Для обеспечения стабильной работы и безопасности необходимо учитывать вибрации, нагрузки и другие воздействия, которые могут возникнуть в процессе вращения платформы. Выбором железных трубок квадратного сечения и оргстекла в качестве материалов для конструкции можно добиться оптимального сочетания прочности и удобства в применении.

Железные трубки обеспечат необходимую прочность и устойчивость конструкции, а форма и размеры железных трубок обеспечивают удобство в обработке и монтаже, что позволяет легко создавать и собирать конструкцию.

Использование оргстекла позволяет создать прочные элементы конструкции, что может быть полезно для визуального контроля или эстетического оформления.

Железные трубки и оргстекло являются довольно доступными и дешевыми материалами, что позволяет снизить общую стоимость проекта. Железные трубки и оргстекло сочетаются с другими материалами, такими как пластик, дерево или металл, что дает возможность дополнительного функционала или декоративного оформления.

Данные материалы послужат для создания прочного и многофункционального пространства для электромеханической и электрической части.

3 Сборка цилиндрического многослойного дисплея

В данной главе представлено и подробно описан процесс сборки конструкции цилиндрического многослойного дисплея. Завершением главы стало описание проведенных экспериментальных запусков устройства, а также подведение выводов о результатах проведенной работы.

3.1 Сборка конструкции

На данном этапе реализации проекта основными задачами являются:

1. Сборка конструкции;
2. Соединение оси и двигателя;
3. Крепление двигателя, драйвера управления и источника питания;
4. Крепление контактных колец питания линеек светодиодов.

Для наглядности на рисунке 3.1 проиллюстрирован примерный вид собранной конструкции.

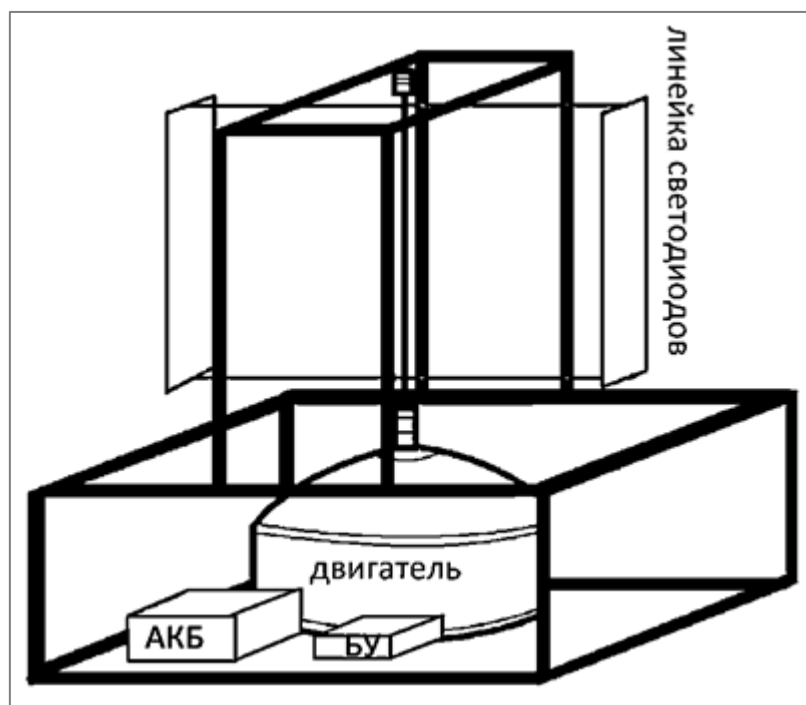


Рисунок 3.1 – Визуализация собранной конструкции

Конструкционное решение, представленное на рисунке наиболее оптимально с точки зрения эргономики прочности и функциональности.

Согласно разработке конструкции данного проекта, было решено использовать железные трубки квадратного сечения, поскольку их можно было нарезать на куски нужной длины и сварить в нужную форму.

Сначала было нарезано необходимое количество отрезков металлической трубки и затем, была собрана нижняя часть конструкции, так как она является основной и самой крупной. Все углы соединения металлических трубок были сварены между собой и обработаны полировочным диском, чтобы убрать выступающие края и заусенцы металла, а также для придания эстетической завершенности конструкции.

К нижней плоскости металлического куба была закреплена деревянная фанера, которая позволит закрепить все элементы электромеханической части. Также к фанере снизу были прикреплены ножки, так как без них, при вращении двигателя происходила ощутимая тряска конструкции.

После завершения сборки нижней части конструкции, к ней были прикреплены П-образные прутья, сваренные между собой, которые предназначены для закрепления верхнего конца вращающейся оси. Далее была проведена тщательная обработка острых углов и шероховатости сварки. Для возможности разбора конструкции в случае необходимости, П-образные прутья были прикреплены с помощью саморезов, так как их можно легко открутить.

Проводя работы с выбранным двигателем, первый шаг заключался в удалении резиновой шины с целью уменьшения его габаритов. После снятия шины были извлечены болты, закрепляющие лицевую крышку двигателя. Это позволило получить доступ к статору и ротору. Для дальнейшей работы необходимо было извлечь ротор, чтобы получить доступ к второй лицевой крышке. В данной крышке было просверлено отверстие, которое позволило закрепить ось к ротору.



Рисунок 3.2 – Крепление оси к двигателю

Поскольку ротор имеет собственный вал с проводами питания и выводами датчиков Холла, один его конец выходит за пределы корпуса мотора через отверстие в крыше, а другой остается внутри. Для закрепления оси к этому валу, были использованы кольцевые зажимы. Данные зажимы обеспечили удобство, поскольку при необходимости, данные зажимы можно ослабить и ось можно легко открепить, что позволяет провести необходимые доработки в конструкции без лишних сложностей.

После этого, двигатель был закреплен к нижней части плоскости с использованием двух металлических углов. Подключив блок управления к двигателю и блок питания к блоку управления, было проверено вращение двигателя и прочность крепления металлических углов. Вибраций замечено не было, что свидетельствует об успешной сборке и устойчивости конструкции.

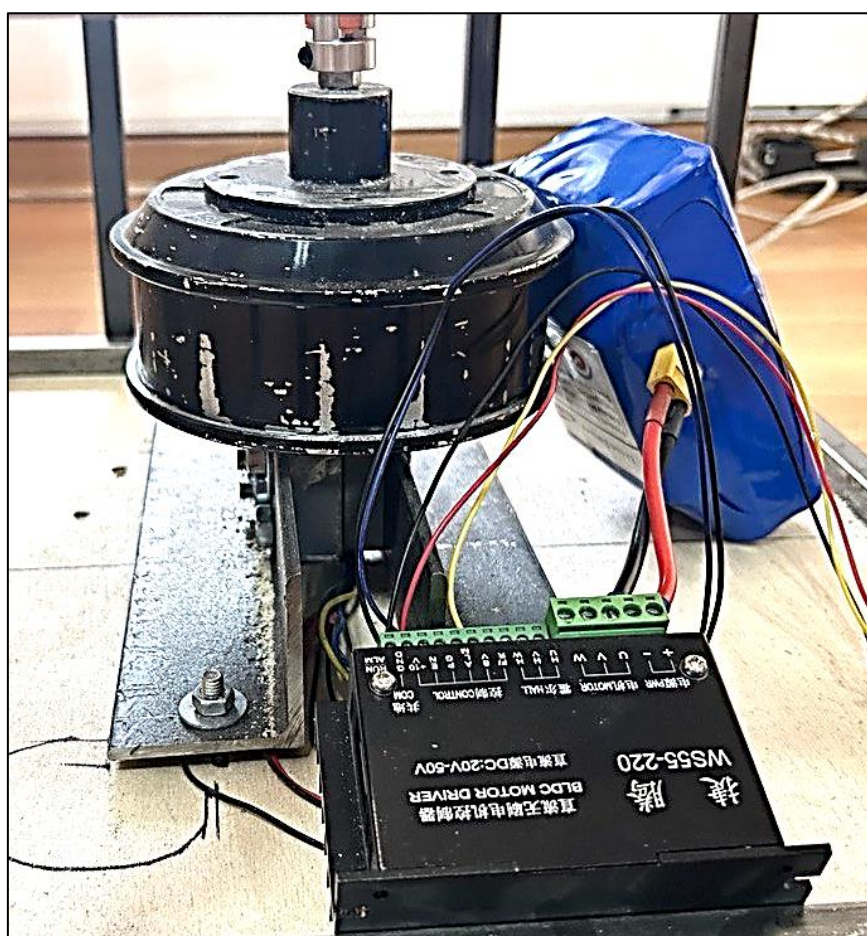


Рисунок 3.3 – Крепление двигателя

Это решение также удобно с точки зрения логистики подключения проводов к драйверу управления. Металлические углы, использованные для крепления двигателя к нижней фанере, обладают удобством в том, что в случае выхода двигателя из строя, их можно простым образом открутить и заменить двигатель.

Для снижения вибраций в процессе вращения, вал также крепится снизу и сверху к оргстеклу при помощи регулируемых по высоте анкеров.

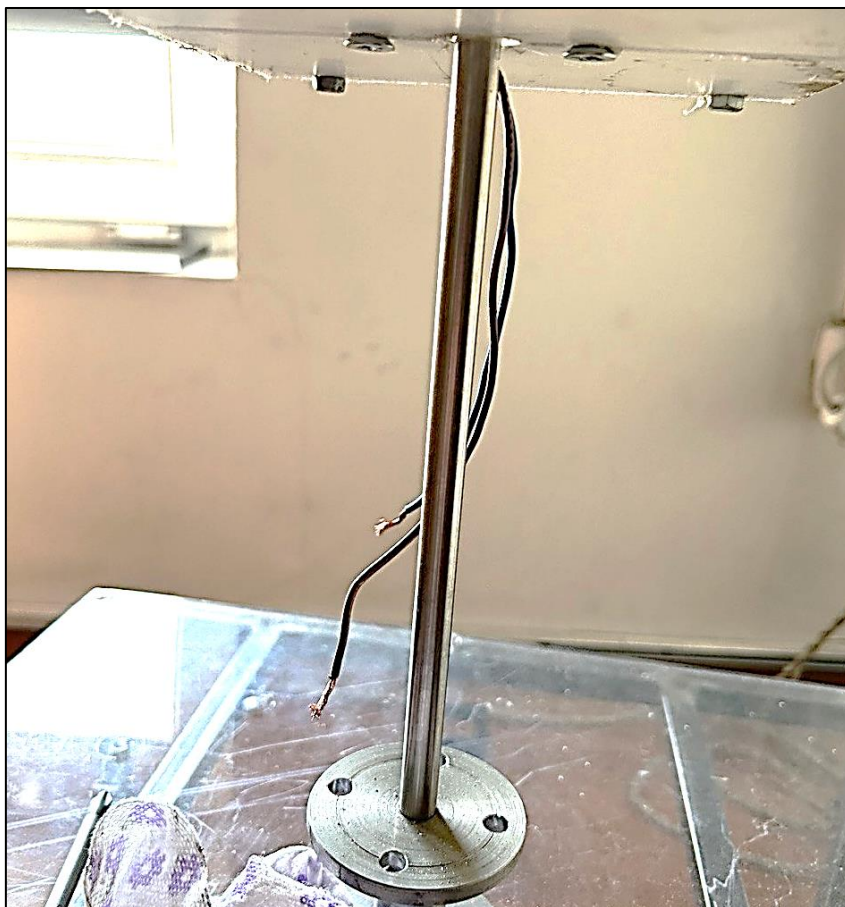


Рисунок 3.4 – Крепление оси к оргстеклу

После предварительного закрепления оси к двигателю, на оргстекле были отмечены маркерные точки для последующего сверления отверстий. Один лист оргстекла будет использоваться для покрытия нижней части конструкции с элементами управления и служить для крепления оси анкером снизу.

В то же время второй лист будет размещен для отделения контактных колец на верхнем конце оси и также служить для крепления конца вала анкером сверху. Анкеры гарантируют вращения оси в одной плоскости и без вибраций.

Подготовив отверстия в нижнем листе оргстекла и снятия оси, он был прикреплен к нижнему металлическому блоку. Затем ось была пропущена через имеющееся отверстие и закреплена анкером к оргстеклу снизу, а также кольцевыми зажимами к двигателю.

Другой конец оси был аналогичным образом пропущен сквозь отверстие в верхнем листе оргстекла и закреплён к нему при помощи круглого анкера. Верхний конец оси также был доработан. К нему были закреплены контактные кольца, которые выступают в качестве источника питания для светодиодных линеек (см. рисунок 3.5).

Провода, припаянные к этим контактным кольцам, были выведены через отверстие в стенке вала и подведены к соответствующим платам (см. рисунок 3.6). К данным контактным кольцам будет подано напряжение 5 В при помощи портативного зарядного устройства. Контактные кольца позволят передать нужное напряжение напрямую к линейкам светодиодов.



Рисунок 3.5 – Контактные кольца

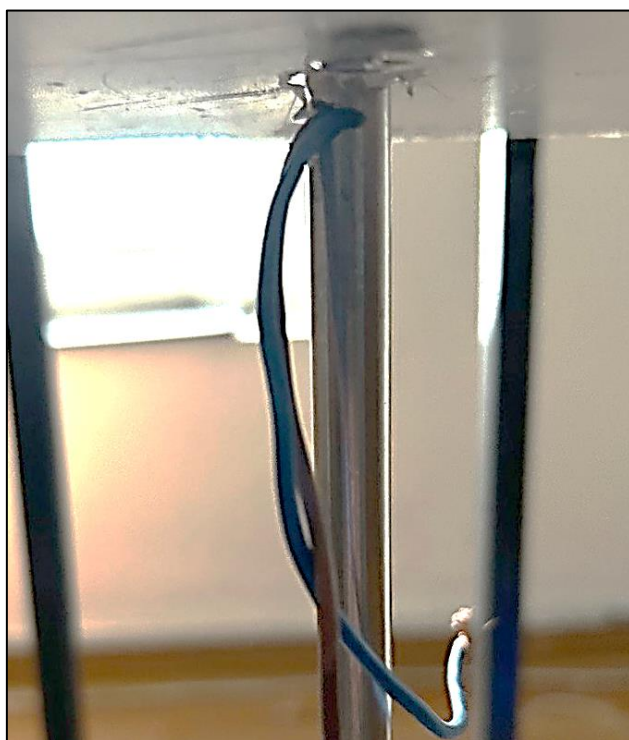


Рисунок 3.6 – Вывод питания линеек светодиодов

После закрепления контактных колец, к ним были припаяны два провода для подачи напряжения линейкам светодиодов. Для дальнейшего вывода данных проводов, в стенке оси было просверлено отверстие, через которое провода выводятся к линейкам светодиодов.

После проведения данных работ, конструкция цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах был полностью собран в соответствии с спроектированным чертежом и выбранными материалами. Металлические трубки позволили легко собрать каркас, а оргстекло послужило удобным материалом для закрепления оси, а также для отделения электромеханической части от вращающейся платформы.

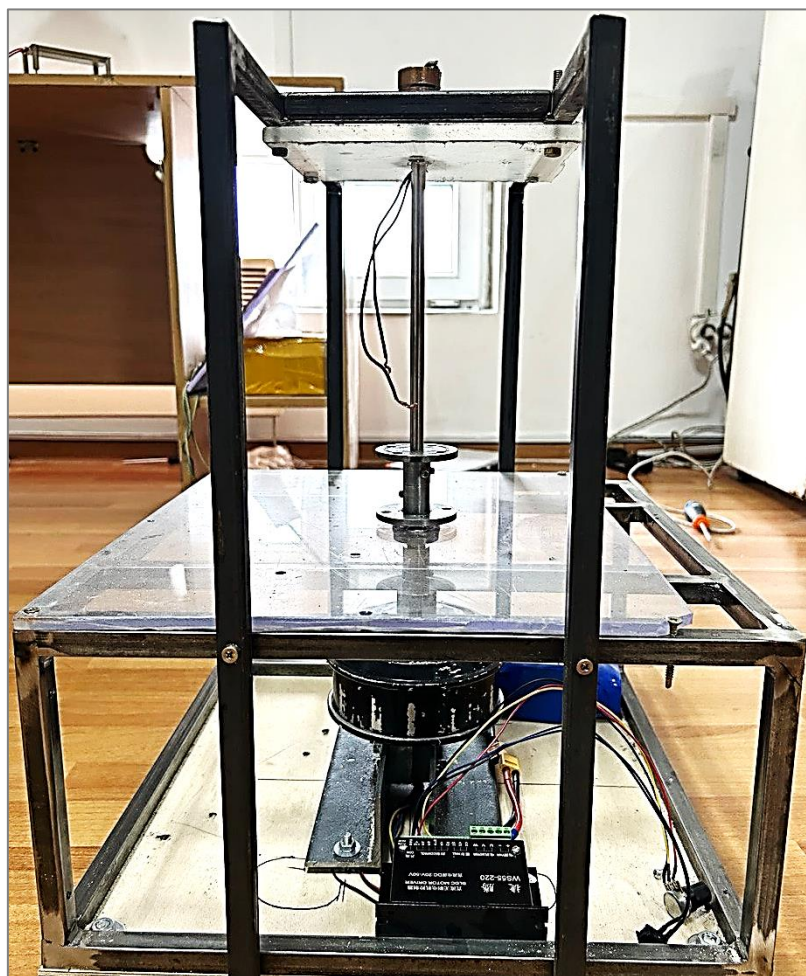


Рисунок 3.7 – Собранная конструкция цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах

6,5 дюймовый бесколлекторный двигатель гироскутера, драйвер управления модели WS55-220 DC, а также аккумулятор 10S2P идеально расположены в нижней части конструкции. Это подтверждает точность проектирования и эффективное использование материалов и доступного пространства. Все элементы электромеханической части легко снимаются и заменяются, что доказывает функциональность данной конструкции.

Завершив сборку конструкции цилиндрического многослойного дисплея, последним этапом стало проведение экспериментального запуска и проверка прочности, устойчивости устройства.

3.2 Экспериментальная часть

Заключительным этапом создания данного проекта является проверка работоспособности всех выбранных элементов, а соответственно и проверка прочности и целостности конструкции.

Подключив все компоненты электромеханической части и регулируя скорость вращения двигателя, постепенно повышая частоту вращения были проведены наблюдения за всеми закрепленными частями устройства. При любых значениях оборотов в минуту, никаких вибраций и тряски замечено не было. Конструкция полностью устойчива и надежна.

К работе двигателя так же нет никаких замечаний, двигатель работает плавно и исправно, выдавая нужно количество оборотов в минуту равную 720 оборотам в минуту.

Драйвер управления выполняет свои функции бесперебойно, уведомляя о статусе работы при помощи светодиодного индикатора тревоги. Внешний потенциометр и переключатель питания, позволяют удобно и безопасно регулировать скорость вращения двигателя и подачи питания на него.

Аккумулятор греется в разумном диапазоне и времени его работы хватило на 4 часа экспериментального вращения платформы.

В заключение, после проверки работы системы, уровень шума, производимый конструкцией, минимален, а работоспособность всех элементов устройства доказано экспериментально.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения данного дипломного проекта были выполнены следующие задачи:

1. Проведен анализ цилиндрических дисплеев;
2. Разработана структура цилиндрического многослойного дисплея;
3. Выбран подходящий двигатель, драйвер управления и блок питания;
4. Разработан чертеж конструкции цилиндрического многослойного дисплея;
5. Собран экспериментальный образец и проведен экспериментальный запуск установки.

В результате проведенной работы, можно сделать вывод, что все пункты технического задания были выполнены.

На основе анализа была разработана структура устройства, а на основе данной структуры была подобрана элементная база для реализации данного проекта.

Подобрав все компоненты, был спроектирован внешний вид и чертеж цилиндрического многослойного дисплея. На основе данного чертежа был собран экспериментальный образец, который по все параметрам отвечает требованиям данного проекта.

Были учтены все функциональные и эргономические потребности, которые позволят улучшить данный экспериментальный образец в будущем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Blundell, BG, (2011). «О трехмерных объемных дисплеях», Walker Wood Ltd. ISBN 9780473193768. (<http://www.barrygblundell.com>, файл PDF).
- 2 Фавалора, GE (2005, август). «Объемные 3D-дисплеи и инфраструктура приложений», Компьютер, 38 (8), 37-44. Иллюстрированный технический обзор современных и исторических объемных трехмерных дисплеев. Цитирование IEEE через ACM
- 3 Funk, W. (2008). «Голографика: система производительности объемного синтеза изображений», Proc. SPIE, т. 6803, SPIE - Int'l Soc. для оптики, стереоскопических дисплеев и приложений XIX. PDF на сайте автора
- 4 Халле, М. (1997). «Автостереоскопические дисплеи и компьютерная графика», Компьютерная графика, ACM SIGGRAPH, vol. 31, нет. 2, (стр. 58–62). Вдумчивый и краткий обзор области технологий трехмерного отображения, в частности не объемных дисплеев. HTML и PDF
- 5 «Persistence of View Display», Jahnvi Mishra, Chirag Mohan Sharma, Shreenant Bharadwaj, Ayushi Aggarwal. Статья на сайте IJERT
- 6 Болотник Н.Н, «Бесколлекторные двигатели». PDF скан книги.
- 7 Карпенко Б.К, «Шаговые электродвигатели». PDF скан книги.
- 8 «Автоматические системы и приборы с шаговыми двигателями», Исмаилов Ш.Ю. PDF скан книги.
- 9 «Создание и тестирование бесколлекторного мотора». (<https://habr.com/ru/articles/400337>, статья на сайте Habr).
- 10 «Управление бесколлекторным двигателем по сигналам обратной ЭДС – понимание процесса». (<https://habr.com/ru/articles/390469>, статья на сайте Habr)
- 11 «Insight into BLDC Motor Controller Operation & Desighn», Anastasia Ponomareva. Статья на сайте Medium.
- 12 «Hall-effect sensors: Theory and Application», Edward Ramsden. PDF скан книги.
- 13 Инструкция использования драйвера управления WS55-220 DC «BLDC motor controller specification manual». PDF файл с сайта производителя.

РЕЦЕНЗИЯ

На дипломную работу

Бекбулатов Ануар Бекежанович

Специальность: 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

На тему: «Разработка цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах»

ЗАМЕЧАНИЕ К РАБОТЕ

В работе студента Бекбулатова Ануара Бекежановича, описывается процесс анализа, разработки и сборки цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах.

Первая глава включает в себя анализ цилиндрических дисплеев и разработку структуры на основе данного анализа, а также описание подбора элементной базы для реализации данного проекта.

Во второй главе приведено проектирование конструкции и создание чертежа цилиндрического дисплея, включающее в себя подбор материалов.

В третьей главе подробно описывается полный процесс сборки цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах, а также подведение итогов реализации проекта.

Оценка работы

Студент отлично ориентируется в теоретическом материале, работа выполнена согласно техническому заданию к дипломной работе, соблюдены все стандарты университета по написанию дипломных работ.

Считаю, что дипломная работа выполнена на отлично (А, 95%), а дипломант, Бекбулатов Ануар Бекежанович, заслуживает присвоения академической степени бакалавра специальности 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering.

Рецензент:

д.т.н., профессор

Алматинского университета

энергетики и связи им. Г.Даукеева

Утепбергенов И.Т.

«27» 05

2024 г.



Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю

Шамоев З.И
«27» 05 аты-жөні
2024 ж.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Бекбулатов Ануар Бекежановича

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Тема: «Разработка цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах»

Дипломная работа построена следующим образом: введение, обзор существующих цилиндрических дисплеев и выбор элементной базы, принципы работы цилиндрических дисплеев, разработка структуры цилиндрического многослойного дисплея, проектирование цилиндрического многослойного дисплея, сборка цилиндрического многослойного дисплея, выводы, список литературы.

Многослойный цилиндрических дисплей состоит из двигателя и вращающихся линеек светодиодов. Учитывая особенности зрения человека, вращение светодиодов с высокой частотой позволит получить эффект пространственных изображений, что может привести к качественному изменению сферы визуальных эффектов.

В рамках проекта был проведен обзор и анализ существующих цилиндрических многослойных дисплеев, анализ принципов их функционирования, анализ основной информации об основных элементах, собран экспериментальный образец.

Основные выводы содержатся в заключении.

Дипломная работа Бекбулатова Ануара Бекежановича может быть рекомендована к защите с присвоением ему академической степени бакалавра по образовательной программе 6B07104 «Electronic and Electrical Engineering» и оценивается на оценку 95 (отлично).

Научный руководитель:
ассоц.профессор каф.ЭТиКТ,
к.т.н



Мещерякова Т.Ю.

Мещерякова Т.Ю.

« 27 » 05. 2024 г.

**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: Бекбулатов Ануар Бекежанович

Тақырыбы: Разработка цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах

Жетекшісі: Татьяна Мещерякова

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.4

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.4

Дәйексөз (35): 0.9

Әріптерді ауыстыру: 1

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 5

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:

24.05.2025
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бекбулатов Ануар Бекежанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах

Научный руководитель: Татьяна Мещерякова

Коэффициент Подобия 1: 3.4

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 5

Знаки из других алфавитов: 1

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:

24.05.2024
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бекбулатов Ануар Бекежанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка цилиндрического многослойного дисплея на светодиодах

Научный руководитель: Татьяна Мещерякова

Коэффициент Подобия 1: 3.4

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 5

Знаки из других алфавитов: 1

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:

24.05.2024
Дата


Марисузла С.
проверяющий эксперт