

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт автоматки и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматки»

Карабалин Бексултан Серикбулатович

Разработка устройства управления BLDC – двигателем в составе
мобильной робототехнической платформы.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071600 – Приборостроение

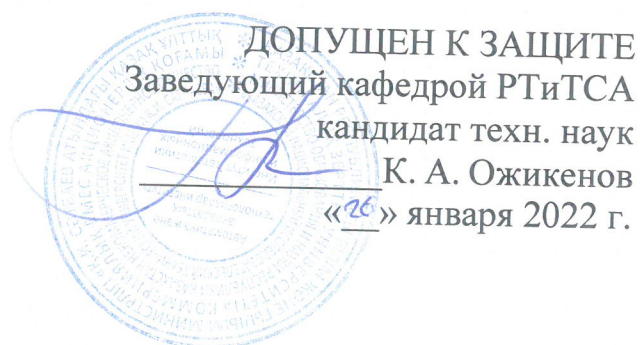
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт автоматки и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматки»



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка устройства управления BLDC –
двигателем в составе мобильной робототехнической
платформы»
по специальности 5В071600 – Приборостроение

Выполнил

Карабалин Бексултан

Рецензент

Научный руководитель

PhD, ассоциированный профессор

Магистр техн.наук,

 Балбаев Ф.К.

сениор-лектор

 Бигалиева Ж.С.

«26» май 2022 ж.

«27» май 2022 ж.



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт автоматике и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматике»

5B071600 – Приборостроение

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой РТиТСА
кандидат техн. наук
К. А. Ожикенов
«20» января 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Карабалин Бексултан Серикбулатович

Тема: Разработка устройства управления BLDC – двигателем в составе мобильной робототехнической платформы

Утверждена приказом Ректора Университета №489 – П/О от «24» января 2021 г. Срок сдачи законченной работы «__» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломному проекту:

Перечень подлежащих разработке вопросов в дипломном проекте:

- а) изучение проблемы утопления и пути ее решения
- б) создание устройства управления BLDC двигателем
- в) создание робототехнической платформы для измерения глубины

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Приложение А

Представлены слайдов презентации работы 11 из 11

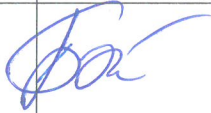
Рекомендуемая основная литература: *20 из 20 наименований*

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Исследовательская часть	25.02.2022	Выполнено
2. Расчетная часть	22.04.2022	Выполнено
3. Конструкторская часть	09.05.2022	Выполнено

Подписи

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

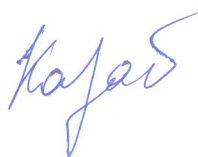
Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Кошербай М.А. Магистр техники и технологии Ассистент	20.05.2022г.	

Научный
руководитель



Бигалиева Ж.С.

Задание принял к
исполнению обучающийся



Карабалин Б.С.

Дата

«16» мая 2022 г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс суға бату мәселесін және оны шешу жолдарын зерттеуге бағытталған.

Жобаның мақсаты судың тереңдігін өлшейтін роботты мобильді платформа жасау болмақ.

Тапсырмалар:

1. Қозғалтқыштар мен драйверлерді талдаңыз
2. Талдау негізінде компоненттерді таңдау
3. Қылқаламсыз қозғалтқыштарды басқару әдістерімен танысу
4. Процестерді автоматтандыру құралдарын шығару

Бірінші тарауда Қазақстандағы суға бату мәселесі қарастырылады, платформаның міндеттері қарастырылады және драйверлер мен қозғалтқыштар сияқты компоненттерге талдау жасалады.

Екінші тарауда платформа схемасының элементтерін есептеу және тереңдікті өлшеуге арналған ультрадыбыстық датчиктің есебі жүргізілді.

Үшінші тарауда технологиялық процесс, схема мен судағы қозғалыс платформасын жобалау сипатталған.

Ол үшін Arduino IDE бағдарламалық жасақтамасын әзірлеу ортасы және Fritzing тақтасының конструкторы сияқты бағдарламалар пайдаланылды.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа направлена на изучение проблемы утопления и пути ее решения.

Целью проекта будет создание робототехнической мобильной платформы для измерения глубины воды.

Задачи:

1. Произвести анализ двигателей и драйверов
2. Подобрать комплектующие на основе анализа
3. Ознакомиться со способами управления бесщеточных двигателей
4. Произвести средства автоматизирования процесса

В первой главе рассмотрена проблема утопления в Казахстане, обзор задач платформы и анализ комплектующих таких как драйверы, двигатели и датчики

Во второй главе осуществлён расчет элементов схемы платформы и расчет датчика ультразвука для измерения глубины.

В третьей главе описывается технологический процесс, конструирование схемы и платформы для передвижения в воде.

Для этого были использованы такие программы как программная среда разработки Arduino IDE и конструктор макетных плат Fritzing

ANNOTATION

This diploma project is aimed at studying the problem of drowning and ways to solve it.

The goal of the project will be to create a robotic mobile platform for measuring water depth.

Tasks:

1. Analyze motors and drivers
2. Select components based on analysis
3. Familiarize yourself with the control methods of brushless motors
4. Produce process automation tools

The first chapter will look at the problem of drowning in Kazakhstan, review the tasks of the platform and analyze components such as drivers and motors.

In the second chapter, the calculation of the elements of the platform scheme and the calculation of the ultrasound sensor for measuring depth were conducted.

The third chapter describes the technological process, designing a circuit and a platform for movement in water.

For this, programs such as the Arduino IDE software development environment and the Fritzing breadboard designer were used.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Исследовательская часть	10
1.1 Проблема утопления людей в Казахстане	10
1.2 Обзор робототехнической платформы	11
1.3 Обзор двигателей	11
1.4 Принцип работы серводвигателя	12
1.5 Принцип действия BLDC двигателей	13
1.6 Управление BLDC двигателем	14
1.7 Обзор рынка драйверов для BLDC двигателей	15
1.8 Подбор драйвера для BLDC двигателя	17
1.9 Принцип работы ультразвукового датчика	18
2 Расчетная часть	20
2.1 Расчет параметров BLDC двигателя	20
3 Конструкторская часть	22
3.1 Обзор работа	22
Список сокращений и терминов	23
Заключение	24
Список используемой литературы	25
Приложение А	26

ВВЕДЕНИЕ

Утопление представляет собой серьезную угрозу общественному здравоохранению, ежегодно уносящую жизни 300 000 человек во всем мире. Она занимает 3 место среди причин смерти от несчастных случаев.[1] И 1 место среди причин смертности у детей возрастом от 1 до 4 лет.

Утопление – это процесс нарушения дыхания в результате полного погружения тела в жидкость. Исходы классифицируются как смерть, несчастный случай и суицид. Утопление опасно не только летальным исходом, но и тем, что даже у людей, спасенных через 20 минут после попадания воды в легкие как правило полностью либо частично отмирает нервная система и кора головного мозга, что приводит к инвалидности или смерти.

Есть несколько причин почему люди продолжают тонуть в XXI веке. Первой из них является алкоголь. Употребление алкоголя увеличивает риск утопления с летальным исходом на 50 процентов и на 35 % утоплений с повреждениями нервной системы. Неумение плавать также приводит к печальным последствиям. У взрослых, которые не умеют плавать, дети также не приучены плаванию. Третья причина есть не укомплектованность пляжей спасательными командами. Но одну причину зачастую обходят стороной.

По оценкам ВОЗ, в 2019 году от утопления погибло 237 000 человек. Более 90% этих смертей приходится на страны с низким и средним уровнем дохода. Не исключением стала и наша страна.

Ежегодно в реках и озерах Казахстана тонет приблизительно 300 человек, из этого числа 100 человек – это маленькие дети.[2] Такие трагедии не могут быть объяснены только тем что в стране мало водоемов в которых безопасность людей охраняется спасателями или не осторожностью взрослых и их детей. Но также глубокий вклад в проблему утопления людей приносит малоизученность морского дна местных водных ресурсов [3]

1 Исследовательская часть

1.1 Проблема утопления в Казахстане

Казахстан по количеству людей, страдающих от утопления, занимает 75 место из 183 стран мира, согласно отчету ВОЗ. В соответствии с рисунком 1.1 среди стран, страдающих от утопления у Казахстана показатель смертности на 1000 человек, составляет 4.69 из 17 баллов.

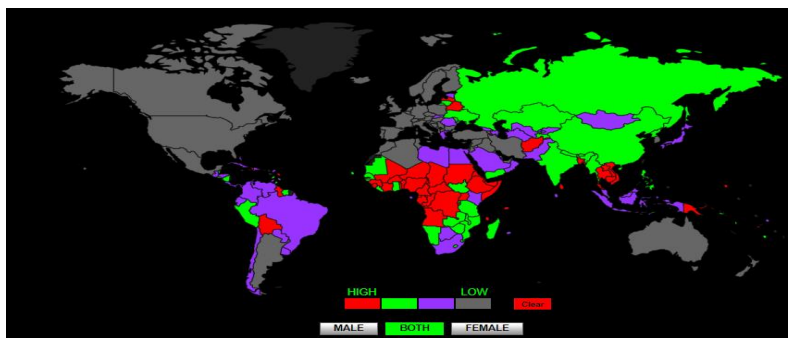


Рисунок 1.1 – Карта показателя смертности от утопления в мире

Всего в Республике Казахстан насчитывается 50 тысяч водоемов для купания. Из них под контролем спасателей находится чуть менее 4% (1780). На подконтрольных водоемах осуществляют круглосуточное дежурство 2000 спасателей. В свободное время от дежурств спасатели заняты на стихийных пляжах, где дежурят в 53 мобильном спасательном посте. Были определены для купания 121 городской и 570 частных пляжей.

В 2016 году утонуло 340 человек из них 99 детей. По данным Комитета статистики РК в купальный сезон в 2017 году в Казахстане чуть не утонуло 1160 человек из них 256 детей. Причем наибольшее количество жертв среди детей возрастом от 3 до 10 лет.

Из вышеперечисленного можно сделать вывод что в стране не хватает водоемов с изученным морским дном, в которых, были бы определены все потенциально опасные места для купания.

Таким образом наносится огромный вред человеческому потенциалу государства. А это в свою очередь ведет к снижению туристической привлекательности таких мест как Каспийское, Аральское море и Балхаш, так и страны в целом.

Также появляются потери бюджета из-за потери экономически активного населения и на социальные расходы пострадавшим.

И снижается рейтинг Казахстана в международных рейтингах, что косвенно негативно влияет на получение инвестиций.

1.2 Обзор робототехнической платформы

Цель: разработать робототехническую платформу для измерения глубины воды, что позволит получить:

- зону безопасного плавания у водоемов
- уменьшение количества несчастных случаев
- увеличение туристической привлекательности страны
- уменьшение нагрузки на бюджет из-за потери экономически активного слоя населения
- увеличения объема рыболовства

Робототехническая платформа предназначена для передвижения в воде (агрессивная среда) и исследования морского дна

Функции, исполняемые робототехнической платформой:

- Возможность регулировки скорости вращения двигателем
- Передача информации об окружающих объектах на микроконтроллер
- Возможность управления посредством Arduino IDE и пультом дистанционного управления

Робототехническая платформа должна выполнять следующие задачи:

- Движение в воде на необходимое расстояние в заданном направлении
- Передачу информации с датчика о глубине водоема в процессор
- Плавное изменение скорости и момента во время движения
- Поддержание на необходимом уровне скорости и момента

1.3 Обзор двигателей

Двигатель—это устройство, которое преобразует электрическую энергию в эквивалентную механическую. [3]

В соответствии с рисунком 1.3 сравним 4 вида двигателей для выбора в качестве главного и вспомогательного: коллекторный двигатель с бесколлекторным и шаговый двигатель с серводвигателем соответственно.

Коллекторный двигатель постоянного тока имеет постоянные магниты внутри внешнего корпуса с вращающимся якорем внутри. Статор состоит из неподвижных магнитов. Вращающийся якорь содержит электромагнит и называется ротором.

Преимущества: низкая стоимость, простота подключения

Недостатки: искрение возникаемое от щеток, низкий КПД – 60%, малый срок работы – 5000 ч, низкая мощность не более 3000 об/мин

Бесколлекторный(бесщеточный) двигатель постоянного тока – в бесщеточном двигателе постоянного тока постоянные магниты подключены к ротору, а электромагниты подключены к статору. Драйвер регулирует заряд электромагнитов статора, чтобы ротор мог вращаться на 360 градусов. [4]

Преимущества: долгий срок службы 20 000 ч, высокий КПД на уровне 85–90%, надежность

Недостатки: сложная система управления, цена

Шаговый двигатель – представитель бесщеточных двигателей, который может разделить полный оборот на определенное количество шагов. без использования механизма обратной связи.

Преимущества: точное управление приводом.

Недостатки: потеря крутящего момента высоких скоростях. высокие уровни вибраций, большое тепловыделение [5]

Серводвигатель — это электромеханическое устройство, которое создает крутящий момент и скорость в зависимости от подаваемого тока и напряжения.

Преимущества: надежность, безотказность, бесшумность

Недостатки: высокая цена, сложность настройки [6]

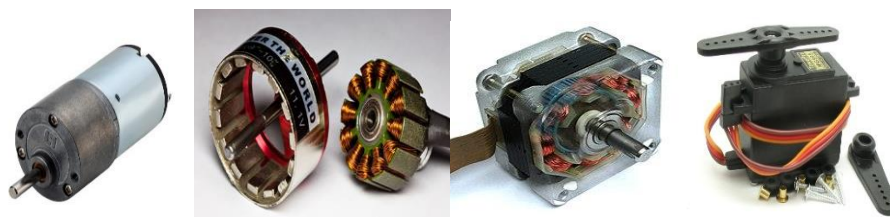


Рисунок 1.3 – Двигатели разных типов

1.4 Принцип работы серводвигателя

Ввиду большей мощности и высокой точности вместо шагового двигателя был выбран серводвигатель

Серводвигатель работает как часть системы с замкнутым контуром, обеспечивая крутящий момент и скорость по команде от сервоконтроллера, использующего устройство обратной связи для замыкания контура. Устройство обратной связи передает такую информацию, как ток, скорость или положение, на сервоконтроллер, который регулирует действие двигателя в зависимости от заданных параметров.

Термин сервопривод был впервые использован в 1859 году Джозефом Факортом, который реализовал механизм обратной связи, помогающий управлять кораблем с помощью пара для управления рулями.

В соответствии с рисунком 1.4 простой промышленный серводвигатель состоит из двигателя постоянного тока с постоянными магнитами и встроенным тахометром, который обеспечивает выходное напряжение, пропорциональное скорости. Электроника привода подает на двигатель необходимое напряжение и ток на основе напряжения, поступающего от тахометра. Заданная скорость (представленная как опорное напряжение команды) устанавливается в драйвере, затем схема драйвера сравнивает напряжение обратной связи тахометра и определяет, была ли достигнута желаемая скорость, что известно как замкнутый контур скорости.

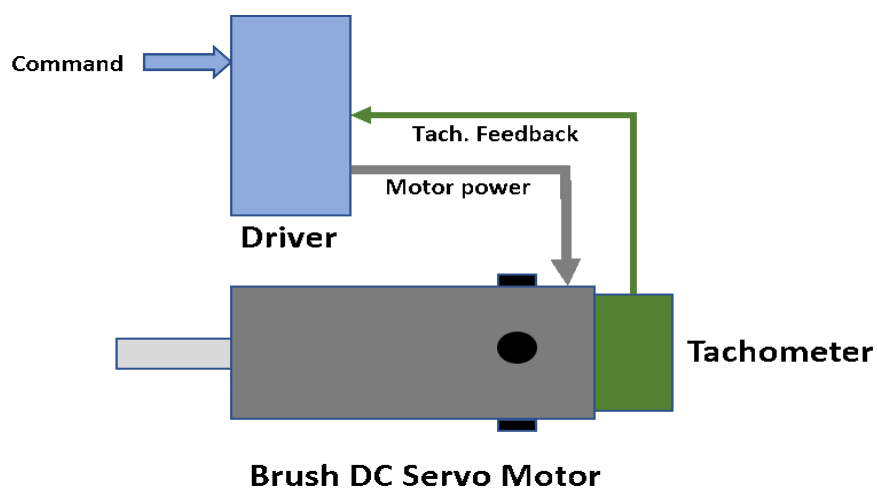


Рисунок 1.4 – Устройство серводвигателя

1.5 Принцип действия BLDC двигателей

Двигатель BLDC работает как щеточный двигатель с единственным исключением что в нем нет щеток и коммутатора. В соответствии с рисунком 1.5 коммутация в двигателе осуществляется электрическим способом. В BLDC двигателе статор – проводник с током неподвижен, а ротор – постоянный магнит движется. [7]

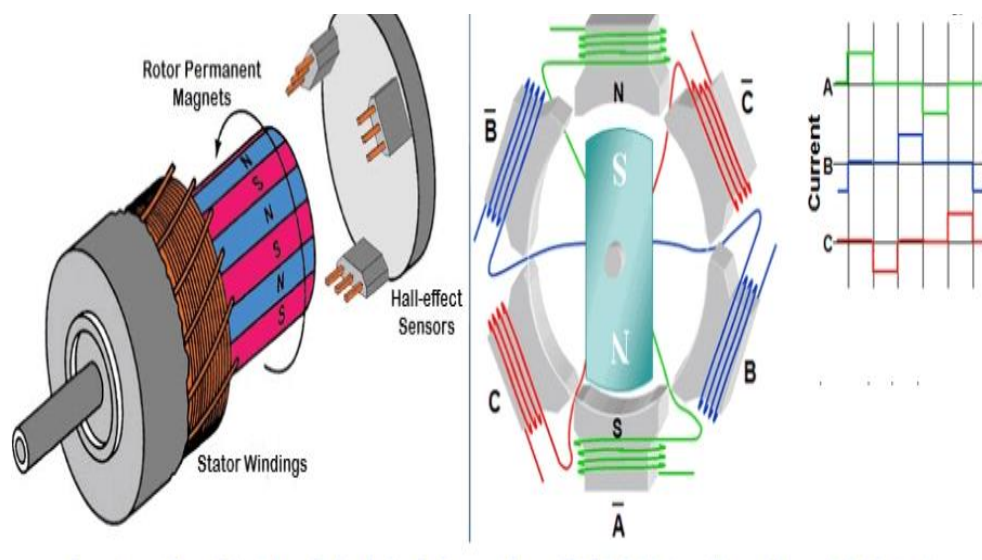


Рисунок 1.5 – Устройство BLDC двигателя

Обмотки, которые переключаются в статоре с помощью источника питания. Получается, что, когда по катушке протекает ток, появляется электромагнитное поле, а сам статор становится электромагнитом. Когда

неподвижный статор – электромагнит и магниты ротора начинают взаимодействовать между собой, начинает работать двигатель.

По расположению ротора относительно статора BLDC двигатели делятся на 2 вида: первый тип Inrunner – ротор находится внутри статора, второй тип Outrunner – ротор находится снаружи статора.



Рисунок 1.4 – Виды BLDC двигателей

1.6 Управление BLDC двигателем

Так как в бесколлекторных двигателях коммутация происходит электронным способом, без щеток, то для управления BLDC двигателем необходимо знать положение ротора, для того чтобы знать в какой момент и на какую катушку статора подавать питание. [8]

Поэтому существует 2 метода управления BLDC двигателем.

Первый метод сенсорный, он работает с датчиками Холла для нахождения позиции ротора. Другое его название трапециевидная коммутация. В соответствии с рисунком 1.6 в двигатель установлены 3 датчика Холла которые подают цифровые сигналы высокий 5 В и низкий 0 В. Они нужны для измерения позиции ротора каждые 60 градусов. После они отправляют информацию на микроконтроллер. [9]

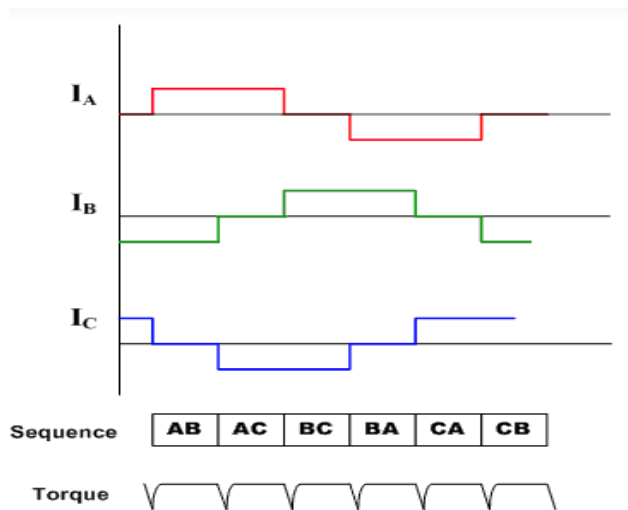


Рисунок 1.6 – Трапециевидная коммутация

Преимущества: простота управления, высокая точность

Недостатки: стоимость датчиков

Второй метод бессенсорный, он работает за счет противоЭДС, которая определяет положение ротора математическим путем, что исключает использование датчиков Холла. [10]

Преимущества: низкая стоимость

Недостатки: Сложность схемы, невозможность использования на низких скоростях

Ввиду высокой точности и простоты управления было решено использовать сенсорный метод управления. [11]

1.7 Обзор рынка драйверов для BLDC двигателей

Если просмотреть обзор систем управления на рынке СНГ, то можно заметить, что функции и характеристики у них примерно одинаковые.

Драйвера двигателей мало чем отличаются друг от друга и часто замещают друг друга. [12]

Большую долю рынка занимают драйвера со скалярным управлением, которое переключает фазы с помощью сигналов с датчика и позиции ротора. [13]

Существуют компании, которые специализируются на конкретных индивидуальных заказах двигателей. На местном рынке предложений не нашлось. Поэтому были просмотрены предложения на зарубежных рынках.

EM – 291A представляет собой драйвер постоянного тока для бесщеточных двигателей с датчиком Холла. В соответствии с рисунком 1.7 устройство имеет силовой каскад на полевых МОП – транзисторах с хорошим КПД и отвечает современным требованиям ЭМС. Блок имеет основные входы цифровых команд, такие как направление, пуск/останов и аналоговый вход для

управления скоростью. (рисунок 1). Имеет максимальное напряжение питания 50 вольт и ток 15 ампер. Его характеристики:

Напряжение питания 12–24 В (11–35 В пост. тока)

Ток холостого хода тип. 30 мА

Максимальный ток 4 А (Токр. 40 °С)

Максимальный пиковый ток 6А (макс. 5 с)

Частота ШИМ тип. 16 кГц Настройка ограничения тока 0,1–6 А (шаг 0,1 А)

Цена 10 000тенге.



Рисунок 1.7 – драйвер постоянного тока EM – 291A

Двухнаправленный электронный контроллер скорости от компании Blueroboticks

Напряжение 7–26 В (2 – 6С)

Максимальный ток (постоянный) 30 А (в зависимости от охлаждения)

Напряжение сигнала 3,3–5 В

Максимальная частота обновления 400 Гц

Преимущества:

Простота и надежность, компактная форма, более слаженная и стабильная работа двигателя, точный контроль позиции ротора двигателя

Направление вращения вперед/назад для прямой/обратной тяги

Настраиваемые параметры в удобном интерфейсе

В соответствии с рисунком 1.7.1 драйвер представляет собой высокоэффективную конструкцию с достаточно низким тепловыделением, оптимизированную для минимальных условий охлаждения

Цена 2500.



Рисунок 1.7.1 – Электронный контроллер скорости 30 А

1.8 Подбор драйвера для BLDC двигателя

Имеется модель двигателя XXD A2212 KV1400.



Рисунок 1.8 – Бесщеточный двигатель

Он обладает следующими характеристиками:

Оборот на вольт: 1400.

Максимальный ток: $I_{max} = 20 \text{ A}$.

Максимальная мощность: $U_{max} = 196 \text{ В}$.

Ввиду максимального тока и мощности, было принято решение остановиться на 2 моделях драйверов двунаправленный электронный регулятор скорости от Bluerobotics и EM291 (2~6S) бесколлекторный регулятор скорости SBEC.

Драйвер от Bluerobotics имеет лучший контроль регулировки момента и скорости. А также удобен в обращении. И для него не требуются наличие большой сложной вычислительной техники. У него компактная форма, еще одним немаловажным плюсом является его цена. [14]

Драйвер EM291 предназначен для более мощных по выхлопу изделий. Также у него нет универсальности присущей драйверу от Bluerobotics. Для его работы нужны дополнительные компоненты в виде обвязки.

Как мы видим из сравнения двух драйверов, более разумным решением представляется выбрать двунаправленный электронный регулятор скорости от Bluerobotics. Так как таким образом мы решаем проблему компактности, универсальности и простоты работы. А также бюджета на наше готовое изделие.

1.9 Принцип работы ультразвукового датчика

Ультразвуковой датчик — это устройство, которое измеряет расстояние с помощью ультразвуковых волн, отражающихся от препятствий. Такое название он получил из-за того, что волны, излучаемые им на уровне 25–40 кГц выше обычного диапазона звуков, слышимых человеком (20 кГц). Принцип работы датчика ультразвука основан на тех же принципах эхолокации которые используют дельфины для ловли рыбы или летучие мыши, живущие в пещерах для ориентирования в пространстве. [15]

В соответствии с рисунком 1.9 ультразвуковой датчик состоит из 2 частей передатчика и приемника. Причем поскольку они расположены рядом, это уменьшает погрешность измерений, поэтому как правило результат получается довольно точным. Передатчик излучает звуковую волну что отражается от объекта и возвращается на приемник что преобразует звуковую волну в электрический сигнал. Этот сигнал возвращается в микроконтроллер для дальнейшей обработки результата найденного расстояния. [16]

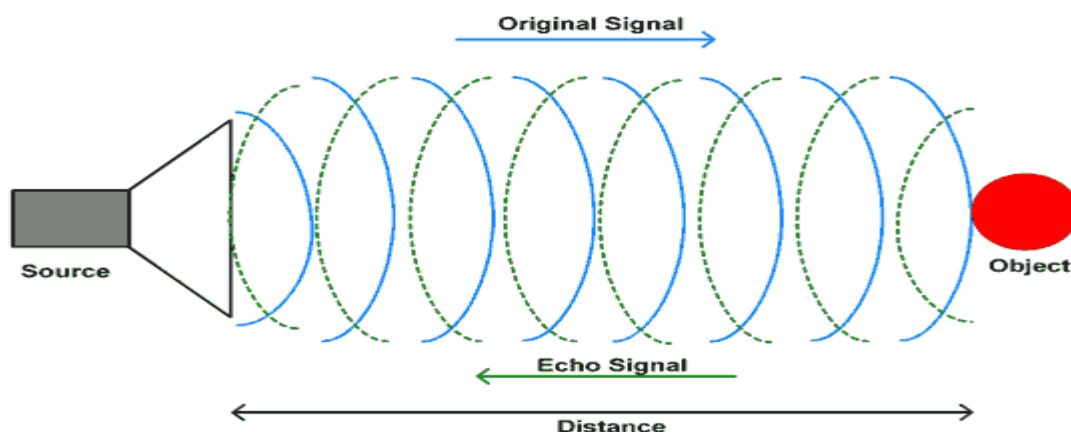


Рисунок 1.9 – Процесс работы датчика ультразвука

В качестве датчика для измерения расстояния был выбран ультразвуковой датчик HC – SR04.

Датчик HC – SR04 — датчик расстояния, который определяет расстояние до объекта с помощью ультразвука на расстояние до 450 см. Чего вполне достаточно для данного дипломного проекта.

Его преимущества — это малый размер, низкое энергопотребление, хорошая точность и низкая стоимость. Ввиду этих характеристик датчик HC – SR04 является наиболее широко используемым среди датчиков своего типа.

2 Расчетная часть

2.1 Расчет параметров двигателя

Устройство должно перемещаться по воде с помощью гребного винта, управляемого через BLDC двигатель.

Общее сопротивление устройства известно: R_t (общее сопротивление).

$I_{max} = 20$ А.

$U_{max} = 196$ В.

$I_0 = 0$ (Нет тока нагрузки)

Пропеллер выбирается из следующих параметров:

требования к установке, физические ограничения (максимально допустимый диаметр стойки и т. д.)

Отсюда упрощенная формула для пропеллера будет:

$$G \gg R_t, \quad (2.1)$$

где G – тяга двигателя, Н;

R_t – общее сопротивление, Ом.

Крутящий момент: двигатель способен вращать винт с требуемой скоростью вращения.

Требуемая мощность тяги винта, Ватт, вычисляют по формуле:

$$P_p = R_t \times V_{max}, \quad (2.2)$$

где V_{max} – максимальная расчетная скорость, м/с;

R_t – общее сопротивление, Ом.

Расчет сопротивления двигателя, Ом, вычисляют по формуле:

$$R_m = \frac{U_{max}}{I_{max}}, \quad (2.3)$$

где U_{max} – максимальное напряжение двигателя, В;

I_{max} – максимальный ток двигателя, А.

$$R_m = \frac{196}{20} = 9,8 \text{ Ом} \quad (2.4)$$

Расчет постоянного крутящего момента, Н·м, вычисляют по формуле:

$$K_q = \frac{30}{\pi \cdot K_v}, \quad (2.5)$$

где K_v – Предельная частота оборотов двигателя, об/мин;

π – const.

$$Kq = \frac{30}{3.14 \times 1400} = 0.007 \text{ Н * м}$$

Расчет максимального КПД двигателя, %, вычисляются по формуле:

$$\eta_{\max} = \frac{(V_{\max} + I \cdot R_m) + (I_{\max} - I_o)}{(V_{\max} \cdot I_{\max})}, \quad (2.6)$$

где I_{\max} – максимальный ток, А;

I_o – ток нагрузки, А.

$$\eta_{\max} = \frac{(196 + 20 \times 9.8) + (20 - 0)}{196 \cdot 20} = 0,93 * 100 = 93\%$$

В итоге максимально КПД двигателя получилось 93%, что вполне нормально для BLDC двигателей, у которых максимальное КПД колеблется от 90%–98%.

Вывод: $Kq=0.007 \text{ Н*м}$, $R_m=U/I=196/20=9,8 \text{ Ом}$, $\eta_{\max}=93\%$

3 Конструкторская часть

3.1 Обзор робота

Робототехническая платформа состоит из плавучей платформы, макетной платы с датчиками, драйвера с двигателями. Состав элементов: плата Arduino Uno, плата Breadboard, мотор бесколлекторный, ESC – регулятор, датчик ультразвука HC – SR04, серводвигатель, инфракрасный приемник (ИК), зуммер(пьезодинамик), блок питания 12В, провода(jumpers). [17]

Робототехническая платформа, а точнее двигатель постоянного тока управляется посредством электронного регулятора скорости (ESC). То есть система управления состоит из платы Arduino Uno, драйвера 30 А и ИК пульта дистанционного управления [18]

Для ESC требуется источник питания около 12 В и минимум 5 А

Из приложения А видно, что бесщеточный двигатель постоянного тока соединен с электродами ESC, чтобы двигатель вращался в правильном направлении (двигатель будет вращаться в противоположном направлении), и мы подключим аккумулятор 12 В к контактам.[19]

Цифровой пин D11 который отвечает за ШИМ сигнал на плате Arduino, мы соединим электронным регулятором скорости чтобы он регулировал скорость вращения и момент двигателя. После на пин D11 вводятся значения с помощью команды Serial monitor. Число 0 воспроизводит 0% ШИМ сигнала, а число 180 будет генерировать 100% ШИМ сигнала, то есть проходит полный рабочий цикл. На все значения выше 180 градусов отклик будет отсутствовать. [20]

Инфракрасный приемник подсоединен к аналоговому пину A0. Остальные 2 пина это 5 В и земля (GND). Он отвечает за прием команд с пульта дистанционного управления.

Датчик ультразвука подключен к цифровому пину D1. Он, принимая команду с пульта будет отправлять ультразвуковую волну на дно, чтобы узнать глубину воды.

Зуммер (Buzzer) соединен с пином 5В и GND.Если данные с датчика ультразвука будут превышать необходимую норму, он будет звенеть, оповещая о глубоком и потенциально опасном участке воды.

Серводвигатель подключен к пину D7, 5В и GND. Он отвечает за поворот киля в нужном положении под определенном углом. То есть осуществляет поворот лодки вправо или влево. Получает сигнал с пульта ИК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломного проекта был предложен один из методов решения проблемы утопления в Казахстане и осуществлена его практическая реализация. Были пройдены три этапа разработки исследование, выполнение расчета двигателя и конструирование. В ходе работы большое внимание уделялось подбору и сравнению компонентов проекта.

Были выполнены следующие задачи:

- разработана робототехническая платформа для измерения глубины на удаленном управлении

- освоены навыки работы с системами управления бесщеточных двигателей

- ознакомление со способами управления бесщеточных двигателей

- составлена структурная схема управления

- подобраны комплектующие (драйвер, платформа для робота)

- подобраны средства автоматизирования процесса

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ

В дипломном проекте были использованы следующие сокращения и термины:

1.Бесколлекторный двигатель постоянного тока (БДПТ) – представляет собой трехфазный двигатель, в англоязычных источниках имеет название BLDC двигатель

2.Система управления –это набор инструментов для сбора информации об определенном объекте, а также всевозможные способы воздействия на него

Расшифровка сокращений терминов

3.BLDC (БДПТ) – Brushless Direct Current Motor;

4.Back EMF (обратная ЭДС) – Back electromotive force

5.СУ – система управления;

6.ESC – electronic speed controller (электронный регулятор скорости)

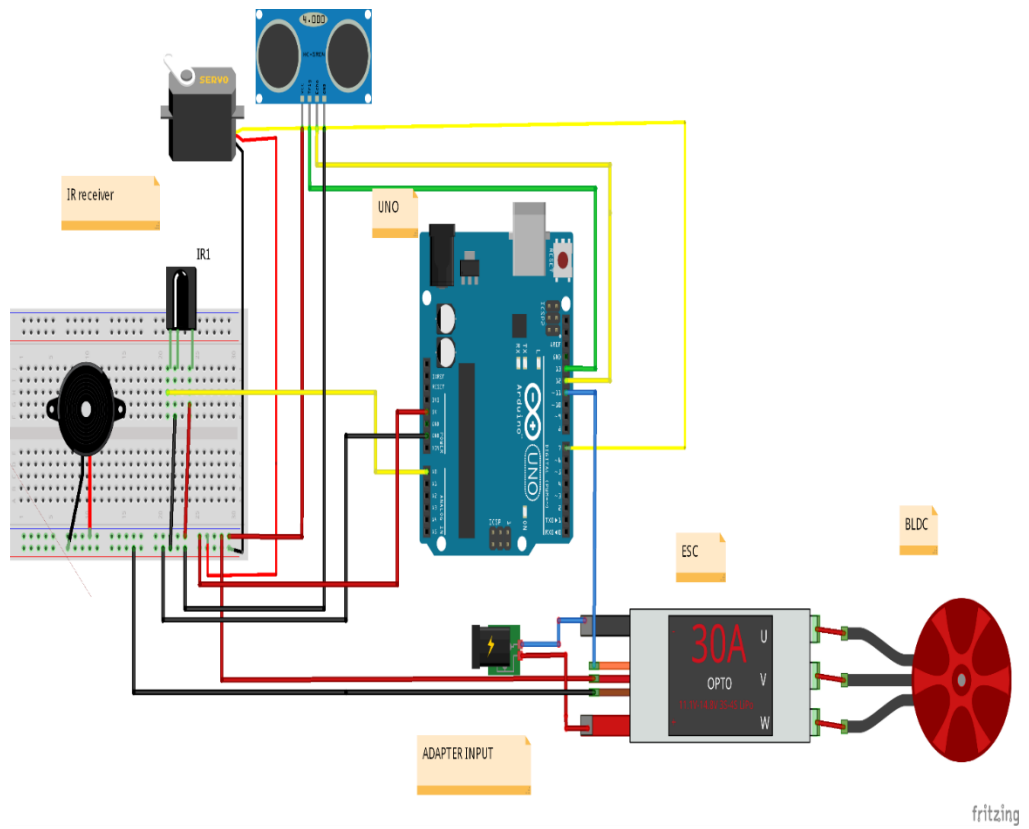
7.ШИМ – широтно – импульсная модуляция;

8. ИК – Инфракрасный

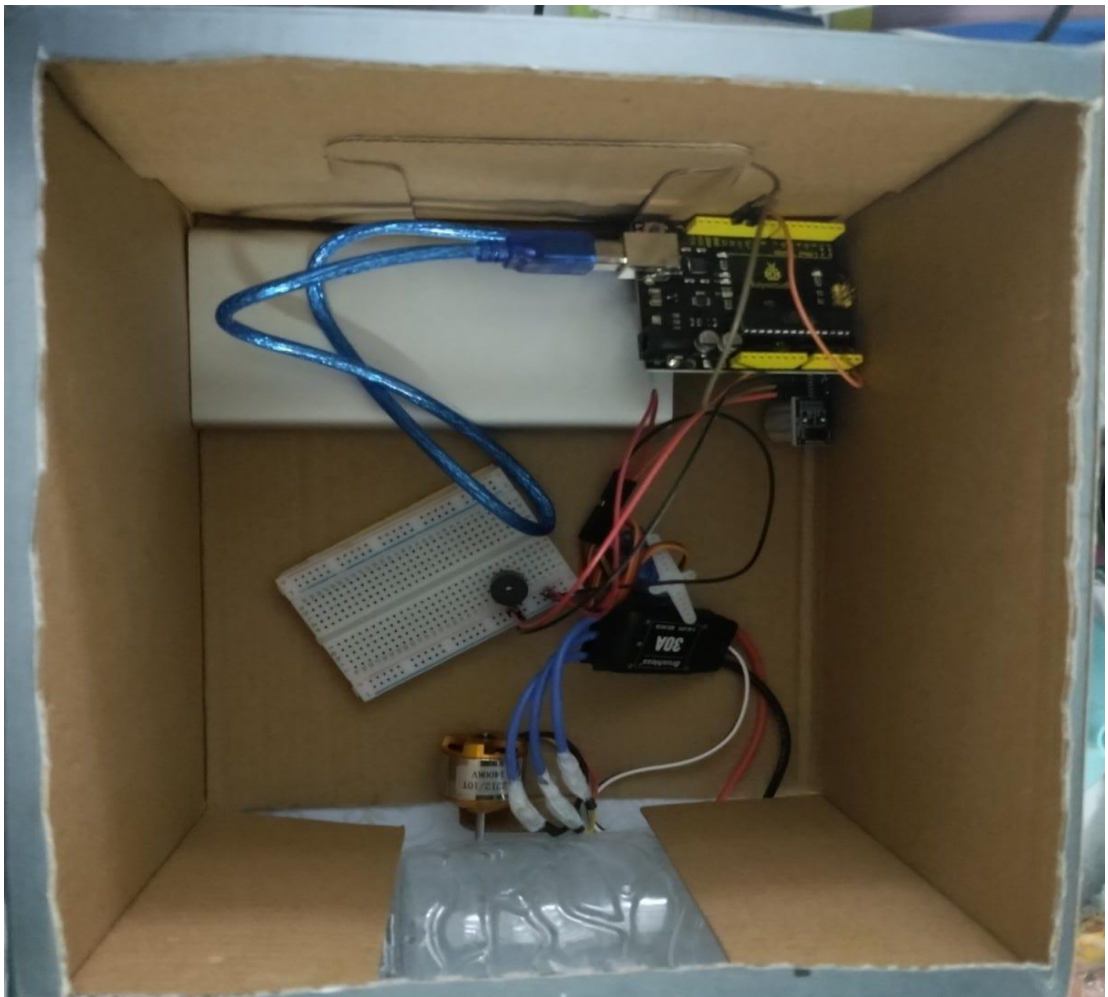
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Электронный ресурс, посвященный причинам утоплений в мире, URL: <https://www.who.int/publications/i/item/global-report-on-drowning-preventing-a-leading-killer>
- 2 Электронный ресурс, посвященный статистике утоплений, URL: <https://stat.gov.kz/>
- 3 Шанин Юрий Николаевич. Медицинская помощь при утоплении и профессиональных заболеваниях водолазов. 2016. 934–52
- 4 Под ред. А. А. Матышева, В. И. Витера. Судебно – медицинская экспертиза механической асфиксии: Руководство для врачей / [В. И. Витер и др.]; СПб. Ижевск: Санкт-Петербург. отд – ние, 1993. – 217 с.; 5–225–01418–6
- 5 Электронный ресурс, посвященный электродвигателям, URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вентильный_двигатель
- 6 Круг К.А., 1928 Бесколлекторные асинхронные двигатели, ГосЭнергоИздат, 34, 36–82.
- 7 Паоло Аливерти, 2018 Электроника для начинающих, Эксмо, 97, 5–699.
- 8 П.Хоровиц, У. Хилл. Искусство схемотехники. 2014, БИНОМ, 978–5–95
- 9 Блум Джереми. 2015 Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства, БХВ – Петербург. 2:37 – 69.
- 10 Петин Виктор Александрович. 2015 Проекты с использованием контроллера Arduino. 978–5–97
- 11 А.А.Мельников. Ультразвуковые преобразователи в средствах измерения. Спутник. 978–5
- 12 А. Е. Колесников, Е. А. Корепин и др.
- 13 Айрапетьянц Э.Ш., Константинов А. И. Эхолокация в природе 1970. 378
- 14 Шенфер К.И. Коллекторные двигатели переменного тока 237с.
- 15 И. В. Музыкаева, И. Б. Битюцкий Электрические машины. Двигатель постоянного тока. Курсовое проектирование 566
- 16 Хмелев В. Н., Попова О. В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве. Барнаул, Изд – во АлтГТУ, 1997
- 17 Системы управления двигателем. Руководство Мартин Рэндалл 2006 5–933
- 18 Ратмиров В. А., и др. Системы с шаговыми двигателями, М.—Л., Издательство «Энергия», 1964, 136–7
- 19 Игорь Алексеев, Николай Назаров Двигатели внутреннего сгорания. В 3 книгах. Книга 2. Динамика и конструирование 2009 978–5–06
- 20 А.А. Халоян Дистанционное управление моделями: Любительские схемы РадиоСофт 5 – 930

ПРИЛОЖЕНИЕ А



ПРИЛОЖЕНИЕ Б



ПРИЛОЖЕНИЕ В

```
#include <IRremote.h> // библиотека для IR-приемника
#include <Servo.h>     // библиотека для сервомотора

// Заменяем коды команд от пульта ДУ на свои значения
#define forward 16736925
#define left 16769565
#define right 16754775
#define turm_left 16712445
#define turm_right 16711935
#define stope 16755285

Servo servo; // присваиваем имя сервомотору

int RECV_PIN = A0;
IRrecv irrecv(RECV_PIN);
decode_results results;
void setup() {
  Serial.begin(9600); // подключаем монитор, чтобы узнать коды кнопок пульта
  irrecv.enableIRIn();
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);
  servo.attach (7);
}
void loop() {

  if (irrecv.decode(&results)) {

    Serial.println(results.value); // выводим на монитор порта коды с пульта ДУ
    if (results.value == left) {
      servo.write(60);
      digitalWrite(11, HIGH);
    }
    if (results.value == right) {
      servo.write(120);
      digitalWrite(11, HIGH);
    }
  }
}
```