Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 29.05.2025 17:12:43
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735a18bcd8

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Передовая инженерная школа электротранспорта

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____ /П.Итурралде/
«27» февраля 2025 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
# Основы разработки и тестирования алгоритмов управления электрических транспортных средств

Направление подготовки
**23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы**

Профиль
**Электрифицированные транспортные средства**

Квалификация
**магистр**

Формы обучения
**очная**

Москва, 2025 г.

**Разработчик(и):**

Доцент, к.т.н. /Б.К. Оспанбеков/

**Согласовано:**
Отдел организации
и управления учебным
процессом /Д.Т.Хамдамова/

Руководитель
образовательной программы /А.В.Климов/
доцент, к.т.н.

# Содержание


1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ..... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ..... 5
3. Структура и содержание дисциплины ..... 5
   - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость ..... 6
   - 3.2 Тематический план изучения дисциплины ..... 6
   - 3.3 Содержание дисциплины ..... 7
   - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ..... 8
   - 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ..... 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ..... 10
   - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы ..... 10
   - 4.2 Основная литература ..... 11
   - 4.3 Дополнительная литература ..... 11
   - 4.4 Электронные образовательные ресурсы ..... 11
   - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ..... 11
   - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ..... 12
5. Материально-техническое обеспечение ..... 12
6. Методические рекомендации ..... 12
   - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ..... 12
   - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ..... 13
7. Фонд оценочных средств ..... 14
   - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ..... 14
   - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения ..... 15
   - 7.3 Оценочные средства ..... 15

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Основы разработки и тестирования алгоритмов управления электрических транспортных средств» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах разработки алгоритмов управления компонентами электромобиля, методах проверки и тестирования разработанных алгоритмов, понимания основ системы управления верхнего уровня;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению, в том числе формирование умений по созданию эффективных алгоритмов управления с соблюдением стандартов по функциональной безопасности.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Основы разработки и тестирования алгоритмов управления электрических транспортных средств» следует отнести:

– освоение инструментария по разработке алгоритмов систем управления, их функционального описания и тестирования.

– Применение современных методов тестирования алгоритмов управления, разработки сценариев проверки и формирования отчетов на основе полученных результатов.

Обучение по дисциплине «Основы разработки и тестирования алгоритмов управления электрических транспортных средств» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла. | ИУК-2.1. Разрабатывает концепцию управления проектом на всех этапах его жизненного цикла в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель и пути достижения, задачи и способы их решения, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения. |

| | |
|---|---|
| | ИУК-2.2. Разрабатывает план реализации проекта в соответствии с существующими условиями, необходимыми ресурсами, возможными рисками и распределением зон ответственности участников проекта.<br>ИУК-2.3. Осуществляет мониторинг реализации проекта на всех этапах его жизненного цикла, вносит необходимые изменения в план реализации проекта с учетом количественных и качественных параметров достигнутых промежуточных результатов. |
| ПК-1. Способен проводить конструкторское сопровождение производства и испытаний АТС и их компонентов. | ИПК-1.1. Знать историю развития теории наземных транспортно-технологических средств;<br>ИПК-1.2. Уметь идентифицировать эксплуатационное свойство наземного транспортно-технологического средства и его оценочные параметры;<br>ИПК-1.3. Владеть методами постановки технической задачи для целей ее последующего решения. |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы разработки и тестирования алгоритмов управления электрических транспортных средств» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базовой части базового цикла (Б1.1) основной образовательной программы магистратуры.

«Основы разработки и тестирования алгоритмов управления электрических транспортных средств» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Математическое моделирование рабочих процессов автомобиля.
- Цифровые технологии в автомобилестроении.
- Автомобильная мехатроника.
- Системы управления движением электрических транспортных средств.
- Математическое моделирование рабочих процессов автомобиля
- Искусственный интеллект в автомобилестроении.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

### 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры |
|---|---|---|---|
| | | | 2 |
| **1** | **Аудиторные занятия** | **72** | 72 |
| | В том числе: | | |
| 1.1 | Лекции | | 18 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | | |
| 1.3 | Лабораторные занятия | | 54 |
| **2** | **Самостоятельная работа** | **144** | 144 |
| **3** | **Промежуточная аттестация** | | |
| | Экзамен | | |
| | **Итого** | **216** | |

### 3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | | Самостоятельная работа |
| | | | Лекции | Семинарские/ ические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| | **Раздел 1. Разработка алгоритмов управления электрических транспортных средств** | | | | | | |
| 1.1 | Введение. | 24 | 2 | - | 6 | - | 16 |
| 1.2 | Проектирование архитектуры программного обеспечения | 24 | 2 | - | 6 | - | 16 |
| 1.3 | Спецификация требований для алгоритмов управления и программного обеспечения. | 24 | 2 | - | 6 | - | 16 |
| 1.4 | Трассировка требований к алгоритмам управления. | 24 | 2 | - | 6 | - | 16 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.5 | Методы и инструментальные средства разработки алгоритмов управления. | 24 | 2 | - | 6 | - | 16 |
| 1.6 | Разработка и реализация модулей программного обеспечения и методы верификации. | 24 | 2 | - | 6 | - | 16 |
| | **Раздел 2. Тестирование алгоритмов управления электрических транспортных средств** | | | | | | |
| 2.1 | Интеграция и тестирование модуля алгоритма управления. | 24 | 2 | - | 6 | - | 16 |
| 2.2 | Тестовая среда для тестирования алгоритма управления. | 24 | 2 | - | 6 | - | 16 |
| 2.3 | Тестирование алгоритма управления на покрытие. | 24 | 2 | - | 6 | - | 16 |
| | **Итого** | **216** | **18** | **-** | **54** | **-** | **144** |

### 3.3 Содержание дисциплины

**Раздел 1. Разработка алгоритмов управления электрических транспортных средств**

**Тема 1.** Введение.

Эталонная модель процесса разработки программного обеспечения и алгоритмов управления.

Основные этапы разработки программного обеспечения. Требования к процессу разработки. Структура алгоритмов управления и правила создания модели управления.

**Тема 2.** Проектирование архитектуры программного обеспечения.

Принципы проектирования архитектуры программного обеспечения. Создание связей между функциями управления в специализированной среде разработки.

**Тема 3.** Спецификация требований для алгоритмов управления и программного обеспечения.

Методы формирования требований к алгоритму управления. Описание требований на основе исходной технической документации.

**Тема 4.** Трассировка требований к алгоритмам управления.

Шаблон функционального описания и методика формирования требований. Знакомство со средой разработки требований к алгоритмам управления.

**Тема 5**. Методы и инструментальные средства разработки алгоритмов управления.

Графический язык моделирования Matlab Simulink и пакет Stateflow. Блок схема алгоритма управления, условия переходов из различных состояний работы тяговой аккумуляторной батареи, формирование управляющих и диагностических сигналов.

**Тема 6.** Разработка и реализация модулей программного обеспечения и методы верификации.

Сквозной контроль модуля ПО, полуформальная верификация, формальная верификация, анализ потока управления, анализ потока данных.

**Раздел 2. Тестирование алгоритмов управления электрических транспортных средств**

**Тема 1.** Интеграция и тестирование модуля алгоритма управления.

Методика тестирования разработанного алгоритма управления. План верификации алгоритма управления. Тестирование на основе требований, тестирование интерфейса, испытание с введением неисправностей, тестирование используемых ресусов.

**Тема 2.** Тестовая среда для тестирования алгоритма управления.

Проведение тестирования в различных средах разработки, в зависимости от типа тестирования. Знакомство с инструментами тестирования модели (MIL - тестирование), тестирования программного кода (SIL - тестирование), тестирования аппаратного обеспечения (HIL-тестирование).

**Тема 3.** Тестирование алгоритма управления на покрытие.

Оценка полноты тестов, охват требований на уровне программного модуля. Анализ структурного покрытия с помощью метрик.

### 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.2. Лабораторные занятия

**1. Формирование архитектуры управления на уровне компонента и на уровне системы.**

Цель работы – приобретение практических навыков создания архитектуры управления в среде MATLAB/Simulink/SystemComposer. Создание связей между функциями управления внутри компонента (тяговой аккумуляторной батареи) и на уровне системы (взаимодействие между батареей и зарядной станцией).

**2. Формирование требований к функциям алгоритма управления.**

Обучающимся создается описание алгоритма управления с соответствующими требованиями к функциям.

Цель работы – приобретение практических навыков заполнения требований для системы управления тяговой аккумуляторной батареи электромобиля. Заполнение исходных данных, требуемых входных и выходных сигналов, протокола коммуникации, аварийных режимов и действий по их предотвращению.

**3. Присвоение требований из шаблона к модели управления.**

Обучающимся с помощью инструмента Matlab/SimulinkRequirements присваиваются разработанные требования из функционального описания к алгоритму управления в Simulink модели.

Цель работы – приобретение практических навыков по созданию связей между требованиями к функциям алгоритмов управления и непосредственно алгоритмом управления.

**4. Математическая модель алгоритма управления тяговой аккумуляторной батареей электромобиля.**

Обучающимся с помощью инструментов Matlab/Simulink/Stateflow разрабатывается алгоритм управления тяговой аккумуляторной батареей.

Цель работы – приобретение практических навыков по созданию алгоритма управления. Создание основных состояний работы алгоритма управления и условий перехода между ними.

**5. Формирование структуры данных алгоритма управления.**

Обучающимся с помощью инструментов Matlab/Simulink создается словарь со всеми входными, выходными и локальными переменными, применяемыми при разработке алгоритма управления. С помощью среды разработки базы данных сигналов по CAN-шине обучающийся формирует матрицу сообщений.

Цель работы – приобретение практических навыков по созданию структуры данных в Matlab/Simulink. Работа с типами данных используемых сигналов и определение способа применения сигнала в модели.

**6. Формирование структуры данных алгоритма управления.**

Обучающимся с помощью инструментов Matlab/Simulink/VehicleNetworToolbox создается виртуальная модель коммуникации по шине CAN.

Цель работы – приобретение практических навыков по созданию структуры данных в Matlab/Simulink. Формирование виртуальных шин и работа с передачей данных для верификации передаваемых сигналов.

**7. Функциональное тестирование алгоритма управления.**

Обучающимся разрабатываются тест с целью определения выполнения основного алгоритма управления с учетом разработанных требований. Тестирование призвано выявить несоответствия разработанного алгоритма при выполнении основного функционала.

Цель работы – приобретение практических навыков построения, реализации и анализа теста алгоритма управления. Навык создания ответной модели выполняющей дополнительный функционал зависимого алгоритма управления.

**8. Разработка теста в специализированных средах разработки.**

Проведение теста в среде разработки Matlab/Simulink test. Создание тестовой обвязки локализованного модуля алгоритма управления. Заполнение условий выполнения тестов и условий работы алгоритма управления. Проведение теста в среде разработки VTestStudio проверка активации требуемых сигналов при приеме CAN - сообщений в которых выставляются флаги выполнения необходимых условий.

Цель работы – приобретение практических навыков построения тестовой обвязки, проверки входных условий для перехода трестируемого алгоритма управления.

**9. Выполнение теста на покрытие.**

Создается тестовая обвязка со всеми возможными сценариями работы алгоритма. Тестируется не только основной функционал алгоритма управления, но и все возможные значения входных сигналов на проверку “Мертвой логики” либо зависания при конфликтных переходах.

Цель работы – приобретение практических навыков создания тестовой обвязки, графиков изменения входных данных и работы алгоритма в нештатных ситуациях.

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Отсутствуют курсовые проекты согласно учебному плану

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р ИСО 26262-6-2014 Дорожные транспортные средства функциональная безопасность. Разработка программного обеспечения изделия.

### 4.2 Основная литература

1. Моделирование систем транспортных средств: курс лекций / М.М. Жилейкин, Г.О. Котиев, Е.Б. Сарач. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.
2. Жилейкин М.М. Моделирование систем транспортных средств: учебник. / М.М. Жилейкин, Г.О. Котиев. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. – 239 с. ISBN: 978-5-7038-5351-1

### 4.3 Дополнительная литература

- Электронный ресурс, посвященный моделированию в среде MATLAB/Simulink http://matlab.exponenta.ru
- ГОСТ Р ИСО 26262-6-2014 Дорожные транспортные средства функциональная безопасность. Разработка программного обеспечения изделия.

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
2. ЭБС «BOOK.ru» https://www.book.ru
3. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
4. Электронный ресурс, посвященный моделированию в среде MATLAB/Simulink http://matlab.exponenta.ru
5. ГОСТ Р ИСО 26262-6-2014 Дорожные транспортные средства функциональная безопасность. Разработка программного обеспечения изделия.

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Программное обеспечение MATLAB/Simulink
2. Office / Российский пакет офисных программ

### 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. http://rushim.ru/books/electrochemistry/electrochemistry.htm - электронная библиотека
2. СДО Московского Политеха
3. Техническая поддержка и полная техническая информация по работе в среде MATLAB http://www.mathworks.com
4. Список литературы и аннотации изданий, посвященный моделированию в среде MATLAB/SIMULINK http://matlab.exponenta.ru/books/annot4.php#014

## 5. Материально-техническое обеспечение

Специализированные аудитории «Передовая инженерная школа»: АВ4701 и АВ4710 оснащенные проектором, экраном, ПЭВМ.

## 6. Методические рекомендации

### 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекции и лабораторные занятия. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение лабораторных занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных

результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекционные занятия. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, ответить на вопросы.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой. Темы задач, предлагаемых студентам для решения на лабораторных занятиях, должны быть максимально приближены к темам последних лекций по данной дисциплине. В связи с указанным, целесообразен тесный контакт лектора с преподавателями, ведущими лабораторные занятия.

Изучение дисциплины завершается экзаменом. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий экзамен, лично несёт ответственность за правильность выставления оценки.

### 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Model-Based Design Web page [электронный ресурс]:2022.URL: https://www.mathworks.com/help/simulink/gs/model-based-design.html
2. Simulink test Web page [электронный ресурс]:2022.URL: https://www.mathworks.com/help/sltest/index.html?searchHighlight=simulink test&s_tid=srchtitle_simulink test_1

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов устройства транспортных средств, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины. Самостоятельная работа студентов направлена на изучение теоретического

материала, подготовку к лекционным, лабораторным, выполнение контрольных заданий.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачами самостоятельной работы студента являются:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;

- освоение содержания дисциплины;

- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету и экзамену.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с технической литературой. Научиться работать с технической литературой - важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с технической литературой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное усвоить и применить на практике.

## 7. Фонд оценочных средств

### 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка и выполнение лабораторных работ;
- выполнение задания по рубежному контролю.

### 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

| Шкала оценивания | Описание |
|---|---|
| Отлично | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки. |
| Удовлетворительно | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность. |
| Неудовлетворительно | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей. |

### 7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

**Критерии качества выполнения задания по рубежному контролю №1**

1. Правильность локализации модуля программного обеспечения и составления тестовой обвязки.
2. Правильность определения типов данных.
3. Работоспособность представленного на защиту программного обеспечения.
4. Правильные ответы на заданные контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы к защите рубежного контроля №1 (примеры)**

1. Какое максимальное число переходов между состояниями алгоритма управления?

2. Как определить максимальное значение переменной и присвоить соответствующий тип данных?
3. Как удостовериться, что сценарий тестирования охватывает все возможные переходы и условия?
4. Как формируется структура данных для дальнейшего использования в алгоритме управления и в тестовом сценарии?
5. Какие функции отвечают за диагностику системы управления и за безопасность?

**Макет оформления комплекта заданий для рубежного контроля**
**Комплект заданий для рубежного контроля №1**

Вариант 1
Группа _____
Студент _____

***Задание***

Для алгоритма управления, функциональная блок-схема которого изображена на рисунке 1, определить:

1. Условия перехода между состояниями;
2. Типы данных всех переменных;
3. Сценарии тестирования алгоритма управления;
4. Диагностические состояния для отображения в процессе моделирования.

Исходные данные

***Исходные данные***

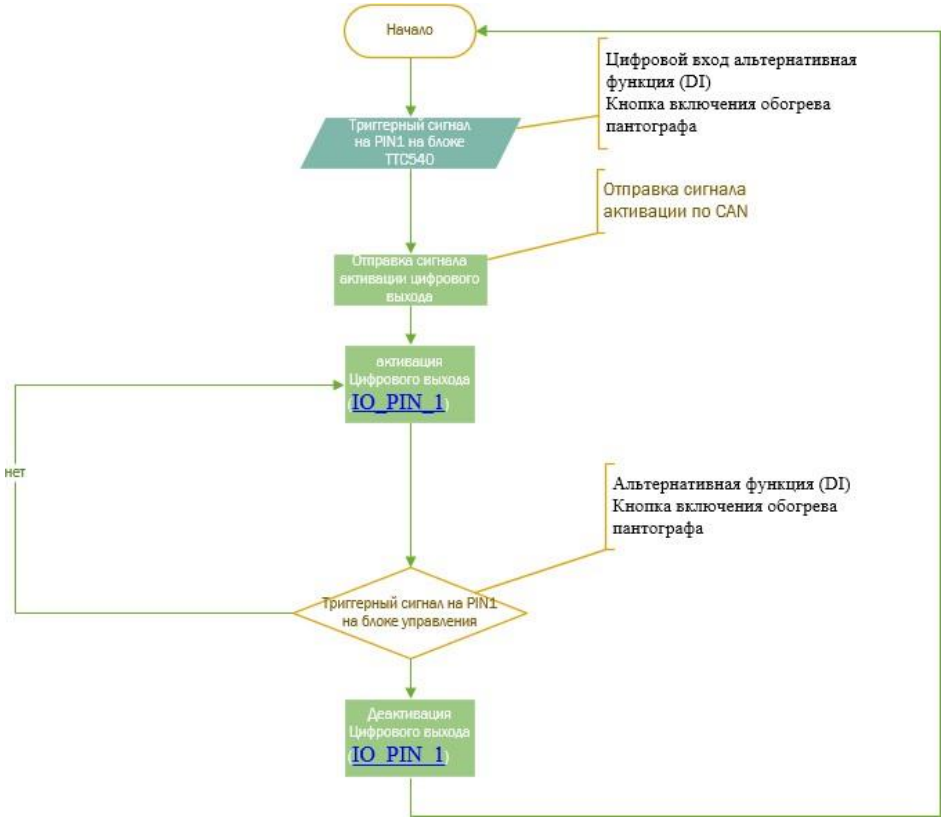



Рисунок 1 – Функциональная блок схема алгоритма управления

Выводы:

7.3.2. Промежуточная аттестация

1. Технические требования к алгоритму управления и программному обеспечению. Методы формирования в Simulink Requirements.
2. Программная реализация в среде Simulink System Composer архитектуры управления тягового электропривода электромобиля с мотор-колесами.
3. Прикрепление требований к модели Simulink и Stateflow. Опишите последовательность прикрепления ссылок.
4. Эталонная модель процесса разработки программного обеспечения и алгоритмов управления. Модели разработки программного обеспечения
5. Перечислите условия для начала разработки модели.
6. Перечислите ключевые аспекты стандарта ISO26262 и его влияние на процесс разработки системы управления.
7. Эффективные методы разработки системы управления для повышения эффективности.
8. Перечислите типы используемых требований для разработки системы управления.
9. Этапы формирования требований. Примеры форм для составления требований. Примеры ограничений, порождающие требования.
10. Тестирование на основе рисков.
11. Рекурсивное и итеративное применение процессов.
12. Основные цели тестирования
13. Виды архитектурных объектов. Зависимость архитектуры от других процессов и элементов.
14. Концепция тестирования.