

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

О.Я. Солёная

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«28» мая 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Киберфизические системы и технологии»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.03.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности/ специализации	Энергетические электрические машины
Форма обучения	очная
Год приема	2024

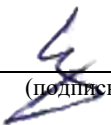
Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

 28.05.2026
(подпись, дата)

В.П. Кузьменко

(инициалы, фамилия)

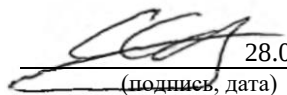
Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«28» мая 2026 г, протокол № 12

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)

 28.05.2026
(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

 28.05.2026
(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Киберфизические системы и технологии» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности/специализации «Энергетические электрические машины». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ПК-5 «Способен проводить анализ и контроль параметров и условий работы объектов профессиональной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с промышленным интернетом вещей и киберфизическими технологиями в электроэнергетической области.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, семинары, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (8 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у обучающихся теоретических знаний и практических умений и навыков в области проектирования, моделирования и отладки киберфизических систем электроэнергетических объектов.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способен проводить анализ и контроль параметров и условий работы объектов профессиональной деятельности	ПК-5.Д.4 использует специальное программное обеспечение для программирования микроконтроллеров и настройки технологических параметров и режимов работы энергетических электрических машин ПК-5.Д.5 анализирует зависимости между параметрами и характеристиками компонентов энергетических электрических машин

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Математические основы теории энергетических систем»,
- «Энергетическая электроника»,
- «Объектно-ориентированное программирование»,
- «Распределенные интеллектуальные энергосистемы».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и вспомогательное использование при прохождении производственной преддипломной практики и подготовке выпускной квалификационной работы, и изучении других дисциплин:

- «Системы и методы искусственного интеллекта в электроэнергетике»,
- «Цифровое проектирование»,
- «Надежность электромеханических и электроэнергетических систем и комплексов».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8

1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	10	10
Аудиторные занятия, всего час.	20	20
в том числе:		
лекции (Л), (час)	10	10
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	10	10
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	52	52
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Дифф. зач.	Дифф. зач.

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8					
Раздел 1. Базовые понятия киберфизических систем Тема 1.1. Базовые понятия и основы киберфизических систем Тема 1.2. Обобщенная схема киберфизической системы. Индустрия 4.0 и переход в индустрию 5.0. Тема 1.3. Программно-аппаратная часть киберфизических систем Тема 1.4 Сферы применения промышленных киберфизических систем.	2		2		12
Раздел 2. Цифровые технологии в киберфизических системах Тема 2.1. Промышленный интернет вещей и производственные киберфизические системы Тема 2.2. Киберфизические системы проверки контрольно-измерительных устройств Тема 2.3. Технологии компьютерного зрения в киберфизических системах Тема 2.4. Проектирование промышленных киберфизических систем	2		2		12
Раздел 3 Проектирование и моделирование киберфизических систем Тема 3.1. Использование встраиваемых систем в киберфизических системах Тема 3.2. Проектирование вычислительной компоненты киберфизической системы Тема 3.3. Моделирование киберфизических систем	3		3		14

Раздел 4. Использование киберфизической системы при управлении электростанции Тема 4.1. Киберфизическая система диагностики мониторинга и управления гибридной электростанцией Тема 4.2. Выбор компонентов киберфизической системы управления гибридной электростанцией Тема 4.3. Разработка управления киберфизической системы гибридной электростанции Тема 4.4. Разработка человеко-машинного интерфейса киберфизической системы Тема 4.5. Использование технологии виртуальной реальности в киберфизической системе управления гибридной электростанции	3		3		14
Итого в семестре:	10		10		52
Итого	10	0	10	0	52

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Раздел 1. Базовые понятия киберфизических систем Тема 1.1. Базовые понятия и основы киберфизических систем. Лекция-беседа. Понятие киберфизической системы как совокупности физических объектов, вычислительных компонентов, датчиков, исполнительных устройств и каналов обмена данными. Основные признаки киберфизических систем: взаимодействие с физической средой, сбор и обработка данных, автоматизированное принятие решений, обратная связь и управление объектом в реальном времени. Тема 1.2. Обобщенная схема киберфизической системы. Индустрия 4.0 и переход в Индустрию 5.0. Демонстрация слайдов. Рассмотрение обобщенной структуры киберфизической системы: физический объект, сенсорный уровень, вычислительная подсистема, коммуникационная инфраструктура, исполнительные механизмы и человеко-машинный интерфейс. Понятие Индустрии 4.0 как цифровизации производства на основе IoT, больших данных, автоматизации и интеллектуального управления. Переход к Индустрии 5.0 как усиление роли человека, устойчивости, персонализации и человекоцентричного подхода в промышленных системах. Тема 1.3. Программно-аппаратная часть киберфизических систем. Демонстрация слайдов с разбором структурных схем. Аппаратные компоненты киберфизических систем: датчики, контроллеры, микропроцессоры, исполнительные устройства, коммуникационные модули. Программные компоненты: встроенное программное обеспечение, алгоритмы обработки данных, системы мониторинга, управляющие программы и интерфейсы пользователя. Взаимосвязь программной и аппаратной частей при обеспечении функционирования киберфизической системы. Тема 1.4. Сферы применения промышленных киберфизических систем. Лекция-беседа. Применение киберфизических систем в промышленности, энергетике,

	транспорте, медицине, строительстве, логистике и умной городской инфраструктуре. Индустриальные примеры: автоматизированные производственные линии, интеллектуальные электростанции, системы мониторинга оборудования, роботизированные комплексы и цифровые двойники. Роль киберфизических систем в повышении эффективности, надежности, безопасности и управляемости технических объектов.
2	Раздел 2. Цифровые технологии в киберфизических системах Тема 2.1. Промышленный интернет вещей и производственные киберфизические системы. Демонстрация слайдов. Понятие промышленного интернета вещей как цифровой инфраструктуры для подключения оборудования, датчиков, контроллеров и информационных систем предприятия. Производственная киберфизическая система как основа умного производства. Сбор данных с оборудования, передача информации, мониторинг состояния объектов, управление технологическими процессами и поддержка принятия решений. Тема 2.2. Киберфизические системы поверки контрольно-измерительных устройств. Лекция с разбором конкретных ситуаций. Назначение контрольно-измерительных устройств в технических системах. Понятие поверки, контроля точности измерений и подтверждения работоспособности измерительных средств. Использование киберфизических систем для автоматизации поверочных операций, сбора измерительных данных, анализа отклонений, формирования отчетов и повышения достоверности результатов контроля. Тема 2.3. Технологии компьютерного зрения в киберфизических системах. Демонстрация слайдов. Понятие компьютерного зрения как технологии получения и анализа визуальной информации. Камеры, датчики изображения, алгоритмы распознавания объектов, дефектов, положения и перемещения элементов. Применение компьютерного зрения в производственном контроле, робототехнике, диагностике оборудования, системах безопасности и автоматизированной сортировке. Тема 2.4. Проектирование индустриальных киберфизических систем. Практико-ориентированная лекция. Основные этапы проектирования индустриальной киберфизической системы: постановка задачи, определение объекта управления, выбор датчиков и исполнительных устройств, разработка архитектуры, выбор каналов связи, проектирование алгоритмов управления и интерфейса пользователя. Учет требований надежности, безопасности, масштабируемости, совместимости компонентов и условий эксплуатации.
3	Раздел 3. Проектирование и моделирование киберфизических систем Тема 3.1. Использование встраиваемых систем в киберфизических системах. Демонстрация слайдов. Понятие встраиваемой системы как специализированной вычислительной системы, предназначенной для управления конкретным техническим объектом. Микроконтроллеры, одноплатные компьютеры, датчики, исполнительные устройства и периферийные модули. Роль встраиваемых систем в сборе данных, предварительной обработке информации, реализации управляющих воздействий и обеспечении автономной работы киберфизической системы. Тема 3.2. Проектирование вычислительной компоненты киберфизической системы. Лекция с разбором структурных решений. Назначение вычислительной компоненты в киберфизической системе. Выбор аппаратной платформы, процессора, памяти, интерфейсов связи и программного обеспечения. Основные требования к вычислительной подсистеме: производительность, отказоустойчивость, энергопотребление, возможность работы в реальном времени, защита данных и совместимость с другими элементами системы. Тема 3.3. Моделирование киберфизических систем. Демонстрация слайдов с

	элементами лекции-дискуссии. Понятие модели как упрощенного представления объекта, процесса или системы. Использование математических, имитационных, компьютерных и цифровых моделей при разработке киберфизических систем. Моделирование физических процессов, поведения управляющих алгоритмов, взаимодействия компонентов и реакции системы на внешние воздействия. Значение моделирования для проверки проектных решений, снижения рисков и оптимизации параметров системы до этапа внедрения.
4	Раздел 4. Использование киберфизической системы при управлении электростанцией Тема 4.1. Киберфизическая система диагностики, мониторинга и управления гибридной электростанцией. Лекция-беседа. Понятие гибридной электростанции как энергетического объекта, объединяющего несколько источников энергии, например солнечную генерацию, ветроустановку, дизель-генератор, накопитель энергии и нагрузку. Назначение киберфизической системы в диагностике состояния оборудования, мониторинге параметров, анализе режимов работы и формировании управляющих воздействий. Основные контролируемые параметры: напряжение, ток, мощность, заряд накопителя, температура оборудования и состояние источников генерации. Тема 4.2. Выбор компонентов киберфизической системы управления гибридной электростанцией. Демонстрация слайдов. Основные компоненты системы управления гибридной электростанцией: датчики электрических и неэлектрических параметров, контроллеры, измерительные устройства, инверторы, накопители энергии, коммуникационные модули, сервер или локальный вычислительный узел, человеко-машинный интерфейс. Критерии выбора компонентов: надежность, точность измерений, совместимость, быстродействие, устойчивость к условиям эксплуатации, стоимость и возможность масштабирования системы. Тема 4.3. Разработка управления киберфизической системы гибридной электростанции. Практико-ориентированная лекция с разбором конкретных ситуаций. Основные задачи управления гибридной электростанцией: баланс генерации и потребления, распределение нагрузки между источниками, управление зарядом и разрядом накопителя энергии, поддержание параметров электроснабжения, предотвращение перегрузок и аварийных режимов. Общая логика построения алгоритма управления: получение данных, анализ текущего состояния, выбор режима работы, формирование управляющего воздействия и контроль результата. Тема 4.4. Разработка человеко-машинного интерфейса киберфизической системы. Демонстрация слайдов. Назначение человеко-машинного интерфейса для отображения состояния гибридной электростанции и взаимодействия оператора с системой. Основные элементы интерфейса: мнемосхема объекта, текущие значения параметров, графики изменения показателей, аварийные сообщения, журналы событий, элементы управления режимами работы. Требования к интерфейсу: наглядность, удобство, своевременное отображение критических состояний, снижение риска ошибок оператора. Тема 4.5. Использование технологии виртуальной реальности в киберфизической системе управления гибридной электростанцией. Лекция-дискуссия. Понятие виртуальной реальности как технологии визуализации и имитационного взаимодействия с техническим объектом. Возможности применения VR в обучении операторов, моделировании аварийных ситуаций, визуализации структуры электростанции, отработке действий персонала и анализе работы оборудования. Преимущества виртуальной среды для безопасной подготовки специалистов и проверки сценариев управления без риска воздействия на реальный энергетический объект.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8				
1	ЛР №1 Разработка алгоритма управления киберфизической системой»	2	2	1
2	ЛР №2 Настройка человеко-машинного интерфейса киберфизической системы	2	2	2
3	ЛР №3. Применение технологий компьютерного зрения в киберфизической системе	3	3	3
4	ЛР №4. Изучение процессов настройки сенсоров, датчиков, исполнительных устройств и периферийного оборудования киберфизической системы управления гибридной электростанцией	3	3	4
Всего		10	10	

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	32	32
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)	10	10
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	5	5

Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	5	5
Всего:	52	52

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
681.5 Э 45	Электроэнергетический комплекс со сверхпроводниковым оборудованием : разработка, создание, исследование : монография / М. В. Бураков [и др.] ; ред.: В. Ф. Шишлаков, Ю. А. Антохина ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2018. - 255 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 212 - 215 (59 назв.). - ISBN 978-5-8088-1276-5 : Б. ц. - Текст : непосредственный.	7
658 Н 23	Наладчик КИПиА [для СПО] : методические указания по выполнению лабораторных и практических работ по ПМ.06 "Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих" / С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: С. В. Солёный, О. Я. Солёная, А. К. Промахова. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2017. - 75 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 75 (6 назв.). - Б. ц. - Текст :	30

	непосредственный.	
https://e.lanbook.com/book/283922	Киберфизические системы. Методы высокоуровневого проектирования : учебное пособие / Я. Г. Горбачев, А. Е. Платунов, В. Ю. Пинкевич, М. В. Кольчурин. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2022. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/283922 — Режим доступа: для авториз. пользователей.	-
https://e.lanbook.com/book/368912	Кушнир, А. П. Киберфизические системы: Практикум : учебное пособие / А. П. Кушнир. — Москва : РТУ МИРЭА, 2023. — 64 с. — ISBN 978-5-7339-1746-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/368912 — Режим доступа: для авториз. пользователей.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Методические рекомендации для самостоятельной подготовки, учебно-методические материалы по темам, мультимедийные презентации по темам, извлечения из нормативно-правовых актов по дисциплине размещены внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Python v3.1x (свободно распространяемое)
2	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
3	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
4	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)
5	Arduino IDE 2.xx (свободно распространяемое)

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
2	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	Ассоциация ВИА, Академия ВИА. https://rawi.ru/academy/ Доступно авторизованным пользователям
5	Библиотека электронного журнала «Энергетика и промышленность России». https://www.eprussia.ru/lib/ Доступно авторизованным пользователям

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лаборатория компьютерного моделирования: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ - Дисплей интерактивный НТС- 1 шт. Лабораторное оборудование: ПЭВМ – «Место рабочее автоматизированное» – 18 шт. Обеспечен доступ в электронную информационно-	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

	образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	
2	Учебная лаборатория с оборудованием «Киберфизические системы», компьютеры с выходом в интернет	418 (Московский пр.- т, д.149, ВА)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий^{**}.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы для дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы для дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов для дифференцированного зачета	Код индикатора
1	Дайте определение киберфизической системы и укажите ее ключевые признаки.	ПК-5.Д.4
2	Опишите этапы моделирования киберфизической системы и поясните назначение каждого этапа.	
3	Охарактеризуйте основные сферы применения киберфизических систем и приведите примеры для каждой сферы.	
4	Перечислите основные проблемы построения киберфизических систем и поясните, как они влияют на надежность и управляемость системы.	
5	Объясните, каким образом киберфизическая система применяется в энергетике, и приведите примеры решаемых задач.	
6	Перечислите компоненты, входящие в киберфизическую систему, и приведите примеры технических устройств для каждого компонента.	
7	Дайте определение встроенной системы и опишите ее функции в составе киберфизической системы.	
8	Перечислите методы управления киберфизической системой и кратко охарактеризуйте область применения каждого метода.	
9	Классифицируйте виды киберфизических систем по назначению, области применения и способу взаимодействия с физическим объектом.	
10	Сравните встроенную систему и киберфизическую систему, выделив их общие признаки и принципиальные различия.	
11	Дайте определение индустриальной киберфизической системы и укажите ее назначение в промышленной среде.	
12	Охарактеризуйте области применения индустриальных киберфизических систем и приведите примеры промышленных объектов.	
13	Дайте определение интеллектуальной производственной системы и перечислите ее основные элементы.	

№ п/п	Перечень вопросов для дифференцированного зачета	Код индикатора
14	Объясните роль киберфизических систем в составе интеллектуальных производственных систем.	
15	Дайте определение кибербезопасности и укажите, какие объекты и данные она защищает в киберфизических системах.	
16	Охарактеризуйте меры кибербезопасности, применяемые для защиты интеллектуальных производственных систем.	
17	Опишите уровни архитектуры киберфизической системы и перечислите функции каждого уровня.	
18	Дайте определение промышленных интеллектуальных данных и укажите источники их формирования.	
19	Объясните, как промышленные интеллектуальные данные применяются в киберфизических системах для мониторинга, диагностики и управления.	
20	Опишите процесс управления индустриальной киберфизической системой и укажите входные и выходные данные управления.	
21	Сравните сферы применения индустриальных киберфизических систем в производстве, энергетике, транспорте и логистике.	
22	Раскройте роль данных в индустриальной киберфизической системе на этапах сбора, передачи, обработки и принятия решений.	
23	Опишите киберфизический подход к созданию встраиваемой системы и поясните, чем он отличается от разработки автономного встроенного устройства.	
24	Охарактеризуйте применение киберфизических систем в процессе поверки контрольно-измерительных приборов и укажите автоматизируемые операции.	
25	Дайте определение технологии компьютерного зрения и назовите ее основные функции в киберфизических системах.	
26	Перечислите цифровые технологии, используемые в киберфизических системах, и опишите прикладную роль каждой технологии.	
27	Изложите принцип работы киберфизической системы с применением технологии компьютерного зрения на примере последовательности: получение изображения, анализ данных, принятие решения, управляющее воздействие.	
28	Выявите проблемы проектирования вычислительной компоненты киберфизической системы и предложите способы их учета при разработке.	
29	Объясните, как киберфизические системы используются для автоматизации производственных процессов, и приведите пример производственного сценария.	
30	Дайте определение аппаратной части киберфизической системы и перечислите ее основные элементы.	
31	Охарактеризуйте применение киберфизических систем в робототехнике и приведите примеры роботизированных комплексов.	
32	Опишите киберфизические системы с использованием искусственного интеллекта и перечислите задачи, решаемые с помощью ИИ.	
33	Сформулируйте основные требования к построению киберфизических систем	

№ п/п	Перечень вопросов для дифференцированного зачета	Код индикатора
	и поясните значение каждого требования.	
34	Проанализируйте роль данных в промышленных киберфизических системах при мониторинге состояния, диагностике и прогнозировании.	
35	Опишите этапы внедрения киберфизической системы в производство и укажите организационные условия успешного внедрения.	
36	Опишите процесс моделирования киберфизических систем и укажите, какие свойства системы проверяются с помощью модели.	ПК-5.Д.5
37	Обоснуйте основные требования к построению киберфизических систем с учетом их класса, назначения и условий эксплуатации.	
38	Перечислите программные средства, применяемые для моделирования киберфизических систем, и укажите, какие задачи они позволяют решать.	
39	Проанализируйте возможные ошибки при проектировании вычислительной компоненты киберфизической системы и предложите способы их минимизации.	
40	Дайте определение вычислительной компоненты киберфизической системы и опишите ее место в общей архитектуре системы.	
41	Классифицируйте технологии, применяемые в киберфизических системах, и приведите примеры их использования.	
42	Дайте определение интеллектуальных технологий и опишите способы их применения в киберфизических системах.	
43	Разберите пример применения киберфизической системы на производстве и опишите ожидаемые результаты ее внедрения.	
44	Дайте определение промышленного интернета вещей и поясните его отличие от бытового интернета вещей.	
45	Опишите схему использования интернета вещей в киберфизических системах: датчики, сеть передачи данных, платформа обработки и управляющее воздействие.	
46	Дайте определение программно-информационной системы и перечислите ее основные компоненты.	
47	Объясните, как программно-информационная система обеспечивает сбор, хранение, обработку и визуализацию данных в киберфизической системе.	
48	Назовите критерии оценки киберфизической системы и поясните, каким образом может оцениваться каждый критерий.	
49	Перечислите этапы моделирования киберфизической системы и опишите результат, получаемый на каждом этапе.	
50	Сравните сферы применения промышленных киберфизических систем по типу объекта управления и решаемым задачам.	
51	Приведите примеры применения киберфизических систем в электроэнергетике и опишите их функциональное назначение.	
52	Перечислите особенности интеграции киберфизических систем в системы электроснабжения и поясните значение надежности, совместимости и безопасности.	
53	Объясните, для чего в киберфизической системе необходимо учитывать	

№ п/п	Перечень вопросов для дифференцированного зачета	Код индикатора
	систему безопасного доступа и какие риски она снижает.	
54	Охарактеризуйте типовые вредоносные воздействия на киберфизическую систему и возможные последствия для физического объекта и данных.	
55	Перечислите методы обеспечения безопасности киберфизической системы и поясните назначение каждого метода.	
56	Опишите устройство и принцип работы киберфизической системы управления гибридной электростанцией.	
57	Объясните, как киберфизическая система выполняет диагностику гибридной электростанции на основе данных датчиков и контроллеров.	
58	Перечислите компоненты киберфизической системы управления гибридной электростанцией и опишите функции каждого компонента.	
59	Опишите порядок мониторинга данных электростанции киберфизической системой и представления результатов оператору.	
60	Разработайте общий алгоритм управления киберфизической системой гибридной электростанции.	
61	Дайте определение человеко-машинного интерфейса и поясните его назначение в технических системах.	
62	Охарактеризуйте человеко-машинный интерфейс киберфизической системы и перечислите отображаемые параметры и элементы управления.	
63	Опишите применение киберфизической системы для управления электромеханическими комплексами и укажите основные задачи управления.	
64	Объясните, как технологии виртуальной и дополненной реальности применяются при проектировании, обучении и эксплуатации киберфизических систем.	
65	Опишите порядок определения состояния элементов системы на основе данных, поступающих от киберфизической системы.	
66	Опишите порядок синтеза параметров управляющего оператора для киберфизических систем различных классов.	
67	Охарактеризуйте процедуру настройки компонентов киберфизической системы управления гибридной электростанцией.	
68	Опишите алгоритм организации работы серверной части киберфизической системы управления гибридной электростанцией.	

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа		
	<u>Какой принцип является основным для обеспечения работы киберфизической системы?</u> а) Отказоустойчивость; б) Многозадачность; в) Пользовательский интерфейс; г) Графический дизайн.	ПК-5.Д.4
	<u>Что является ключевым компонентом в киберфизической системе?</u> А) Интерфейс пользователя; В) Графический дизайн; С) Встроенные сенсоры; D) Вычислительный аппарат.	ПК-5.Д.5
2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов		
	<u>Какие из следующих областей применения наиболее характерны для киберфизических систем?</u> а) Умные города; б) Электронная коммерция; в) Социальные сети; г) Промышленная автоматизация.	ПК-5.Д.4
	<u>Какие из следующих характеристик наиболее важны для киберфизических систем?</u> а) Реальное время; б) Точность; в) Надежность; г) Ограниченная масштабируемость.	ПК-5.Д.5
3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце		
	<u>Сопоставьте компоненты киберфизической системы с их типами.</u> 1) Физические компоненты: 2) Программные компоненты: а) датчики, б) процессоры в) алгоритмы	ПК-5.Д.4

	d) контроллеры e) программное обеспечение f) исполнительные механизмы g) базы данных h) сети	
	<u>Сопоставьте технологии с их применением в киберфизических системах.</u> 1) Сбор данных: 2) Анализ данных: a) Интернет вещей (IoT) b) датчики c) искусственный интеллект (AI) d) машинное обучение e) камеры f) микрофоны g) большие данные h) облачные вычисления	ПК-5.Д.5
4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо		
	<u>Составьте правильную последовательность разработки киберфизической системы:</u> a) Тестирование и валидация b) Проектирование системы c) Сбор требований d) Внедрение и интеграция e) Разработка прототипа	ПК-5.Д.4
	<u>Составьте правильную последовательность разработки алгоритма машинного обучения для киберфизической системы:</u> a) Обучение модели b) Сбор данных c) Предобработка данных d) Оценка модели e) Разработка модели	ПК-5.Д.5
5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		
	<u>Какие основные компоненты входят в состав киберфизической системы и как они взаимодействуют друг с другом?</u>	ПК-5.Д.4
	<u>Как искусственный интеллект и машинное обучение используются в киберфизических системах для анализа данных?</u>	ПК-5.Д.5

Примечание:

Задание 1 типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора:

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

Задание 2 типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора:

Полное совпадение с верным ответом 1 балл.

Отсутствие минимум одного правильно ответа или полное отсутствует ответа – 0 баллов.

Задание 3 типа на установление соответствия:

Полное совпадение с верным ответом - 1 балл.

Неверное сопоставление ответов или отсутствие ответа – 0 баллов.

Задание 4 типа на установление последовательности:

Полное правильное совпадение очередности ответов - 1 баллом

Нарушение правильного порядка ответов или отсутствие ответа – 0 баллов.

Задание 5 типа с развернутым ответом:

Правильный ответ за задание оценивается - 3 балла.

Если допущена одна ошибка \ неточность \ ответ правильный, но не полный - 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.

- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала производится согласно темам разделов дисциплины, представленным в таблице 4.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Лабораторная работа №1 «Разработка алгоритма управления киберфизической системой»

Цель работы: построить алгоритм управления сервера киберфизической системы. Изучить особенности построения и принцип работы киберфизической системы управления гибридной электростанции (ГЭ). Определить основные функции необходимые для построения схемы управления, сформировать программный код киберфизической системы ГЭ.

Порядок выполнения:

- Определить основные элементы киберфизической системы управления ГЭ;
- Определить основные функции работоспособности сервера;
- Построить схему управления системой на базе микроконтроллера;
- Произвести запуск программного кода управления системой ГЭ.

Пояснения к лабораторной работе

Блок-схема киберфизической системы управления ГЭ состоит из ветрогенератора, солнечной панели, аккумулятора, сервера, wi-fi роутера, android устройства, сетевой платы, контроллера, датчиков напряжения, тока, температуры, освещенности и оборотов (рис.1).

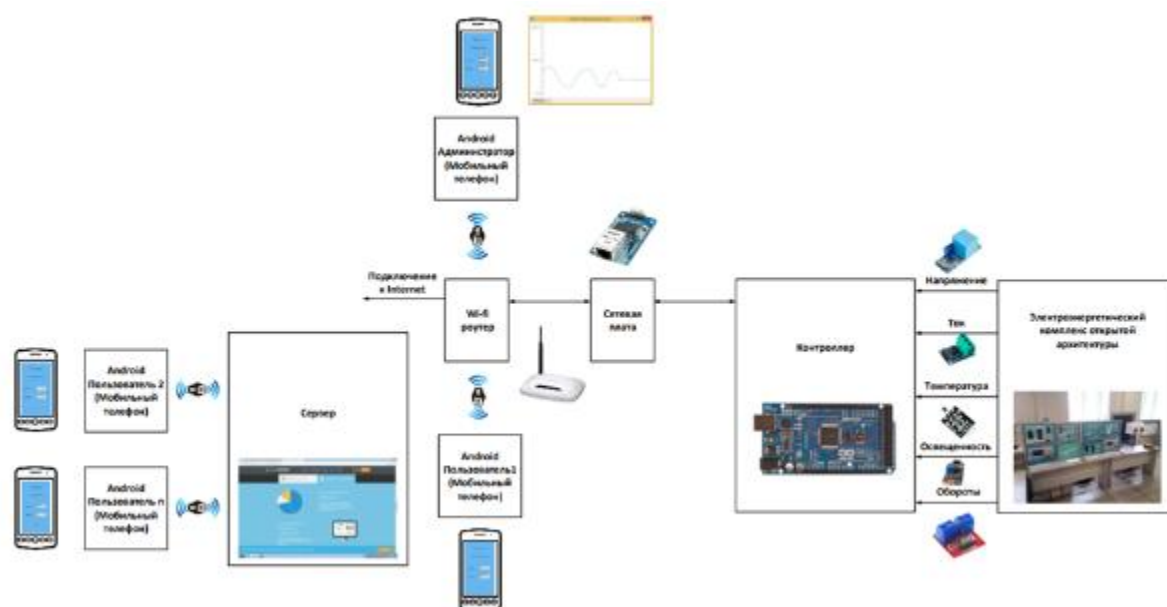


Рисунок 1 – Блок-схема киберфизической системы управления ГЭ

Перечисленные контрольно-измерительные приборы киберфизической системы фиксируют следующие параметры системы:

- переменное напряжение фаз А, В и С ветрогенератора (диапазон от 0 до 25 В на одну фазу);
- постоянное напряжение на нагрузке (диапазон от 0 до 25 В, нагрузка носит, только активный характер);
- постоянное напряжение солнечной батареи (диапазон от 0 до 20 В);
- постоянное напряжение аккумуляторной батареи (диапазон от 0 до 12 В);
- постоянный ток аккумуляторной батареи (диапазон от 0 до 10 А);
- постоянный ток солнечной батареи (диапазон от 0 до 10 А);
- постоянный ток нагрузки (диапазон от 0 до 10 А);
- температура и влажности окружающей среды (температура выводится в градусах Цельсия, а влажность в процентах);
- освещенность солнечной батареи на солнце (значение выводится в люксах);
- освещенность ГЭ в тени (значение выводится в люксах).

Также киберфизическая система осуществляет управление коммутациями в узлах и элементах ГЭ:

- включение или отключение ветрогенератора по цепи переменного тока (коммутация фаз А, В и С);
- включение или отключение ветрогенератора по цепи постоянного тока (нагрузки);
- включение или отключение имитации освещения солнечной батареи;
- включение или отключение аккумуляторной батареи;
- включение или отключение солнечной батареи.

Информация о всех характеристиках и режимах работы ГЭ собирается на сервере киберфизической системы. Сервер строится на базе планшетного компьютера с операционной системой Android, который связывается через Wi-Fi роутер и Ethernet модуль с микроконтроллером (рис.2).



Рисунок 2 - Сервер киберфизической системы ГЭ

Блок-схема алгоритма функционирования серверной части киберфизической системы по диагностике, мониторингу и управлению ГЭ представлена на рисунках 3-4.

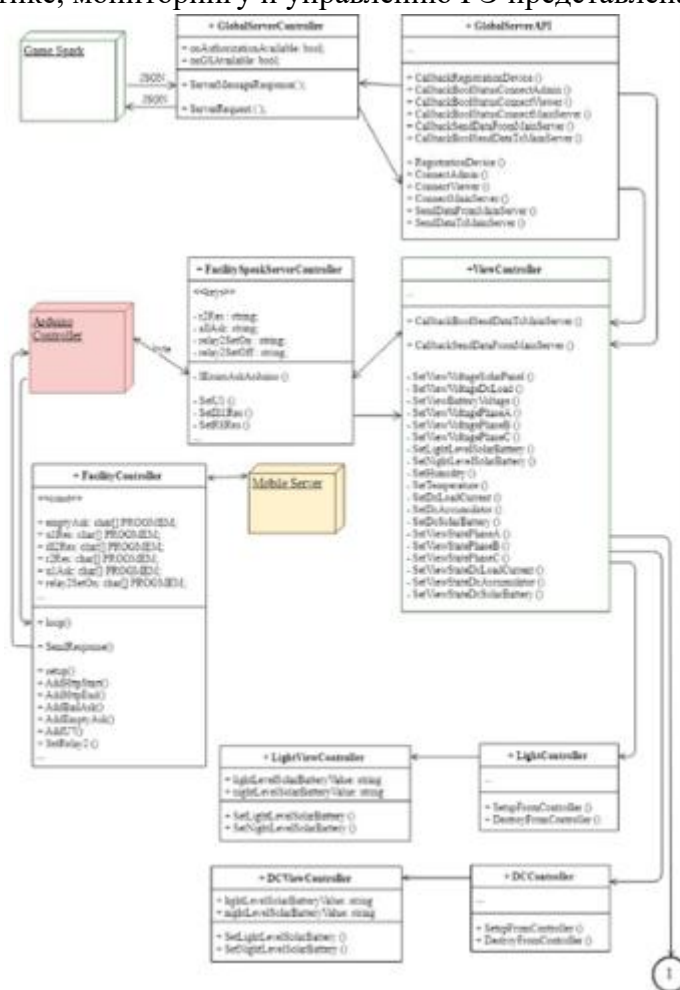


Рисунок 3 – Блок схема первой части алгоритма функционирования серверной части киберфизической системы.

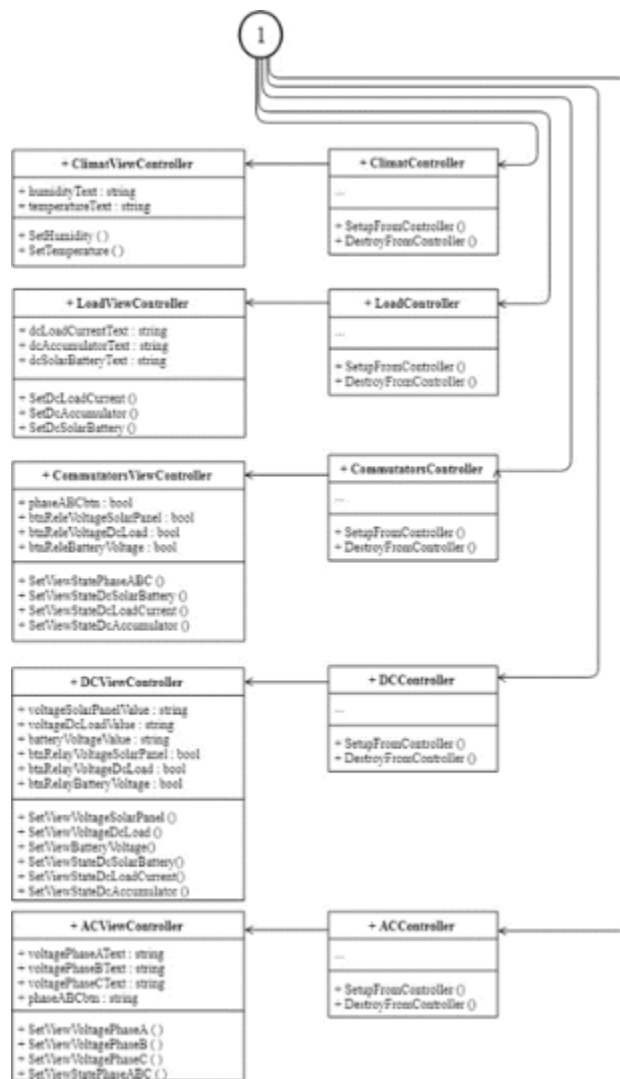


Рисунок 4 – Блок схема второй части алгоритма функционирования серверной части киберфизической системы.

Особенностью алгоритма функционирования серверной части, является, то что, он разбит на несколько функций, которые отвечают за основные узлы и элементы ГЭ:

- функция ACViewController отвечает за измерение переменного напряжения фаз А, В и С ветрогенератора;
- функция DCViewController отвечает за измерение постоянного напряжения нагрузки, солнечной батареи и аккумуляторной батареи;
- функция LoadViewController отвечает за измерение постоянного тока аккумуляторной батареи, солнечной батареи и нагрузки;
- функция ClimatViewController отвечает за измерение температуры и влажности окружающей среды возле ГЭ;
- функция LightViewController отвечает за измерение освещенности солнечной батареи на солнце и освещенности ГЭ в тени;
- функция CommutatorsViewController отвечает за включение или отключение ветрогенератора по цепи переменного тока, ветрогенератора по цепи постоянного тока (нагрузки), имитации освещения солнечной батареи, аккумуляторной батареи и солнечной батареи;
- функции GlobalServerController, GlobalServerAPI, FacilitySpeakServerController и ViewController отвечают за работу серверной части.

Лабораторная работа № 2 «Настройка человеко-машинного интерфейса киберфизической системы»

Цель работы: усвоить принцип работы построенного человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) киберфизической системы ГЭ. Изучить логику работы, основные окна и аппаратную часть ЧМИ системы. Произвести настройку системы согласно заданным преподавателем параметрам.

Порядок выполнения:

- Изучить аппаратную часть и её взаимодействие с сервером;
- Изучить область осуществления настройки параметров интерфейса;
- Изучить структуру построенного интерфейса;
- Осуществить настройку ЧМИ.

Пояснения к лабораторной работе

Человеко-машинный интерфейс киберфизической системы реализован на программном обеспечении Unity. Преимуществами использования Unity являются наличие визуальной среды разработки, межплатформенной поддержки и модульной системы компонентов. К недостаткам относят появление сложностей при работе с многокомпонентными схемами и затруднения при подключении внешних библиотек.

Редактор Unity имеет простой Drag&Drop интерфейс, легко настраиваемый, состоящий из различных окон, благодаря чему можно производить отладку приложений прямо в редакторе. Расчёты физики производит физический движок PhysX от NVIDIA.

На рисунке 5 представлен дизайн и алгоритм функционирования человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) киберфизической системы ГЭ. Разработанный ЧМИ представляет собой одиннадцать отдельно всплывающих окон:

- окно основного меню, в котором можно выбрать как пользователь войдет в систему: главный сервер (среда разработчика), администратор (полный доступ ко всем режимам системы) и наблюдатель (только мониторинг параметров, которые разрешены администратором), подобный подход позволяет обеспечить максимальный уровень информационной безопасности системы;
- окна основного сервера, администратора и наблюдателя соответственно со своими контекстными подменю;
- окно контекстного подменю позволяет переходить в разделы: постоянное напряжение, переменное напряжение, освещенность, параметры окружающей среды, электрическая нагрузка, коммутация и аккаунт;
- окно постоянное напряжение позволяет отслеживать: постоянное напряжение нагрузки, солнечной батареи, аккумуляторной батареи, а также производить коммутации цепей включения или отключения: имитации освещения солнечной батареи, аккумуляторной батареи, солнечной батареи и ветрогенератора по цепи постоянного тока (нагрузки);
- окно переменное напряжение позволяет отслеживать переменное напряжение фаз А, В и С ветрогенератора, а также производить коммутации цепей включения или отключения ветрогенератора по цепи переменного тока;
- окно освещенность позволяет отслеживать освещенность солнечной батареи на солнце и освещенность ГЭ в тени;
- окно параметры окружающей среды позволяет отслеживать температуру и влажности окружающей среды;

– окно электрическая нагрузка позволяет отслеживать постоянный ток: аккумуляторной батареи, солнечной батареи и нагрузки;

– окно коммутации позволяет производить переключения цепей включения или отключения: ветрогенератора по цепи переменного тока, по цепи постоянного тока (нагрузки), имитации освещения солнечной батареи, аккумуляторной батареи и солнечной батареи.

Также в окнах постоянное напряжение, переменное напряжение, освещенность, параметры окружающей среды и электрическая нагрузка есть возможность отслеживать все физические величины в виде графиков, которые строятся в реальном времени.

Для настройки ЧМИ необходимо в главном меню выбрать «Главный сервер», после чего будет возможно перейти в любое из перечисленных выше окон. Производить необходимые настройки можно перейдя в окна постоянное напряжение, переменное напряжение и коммутации.

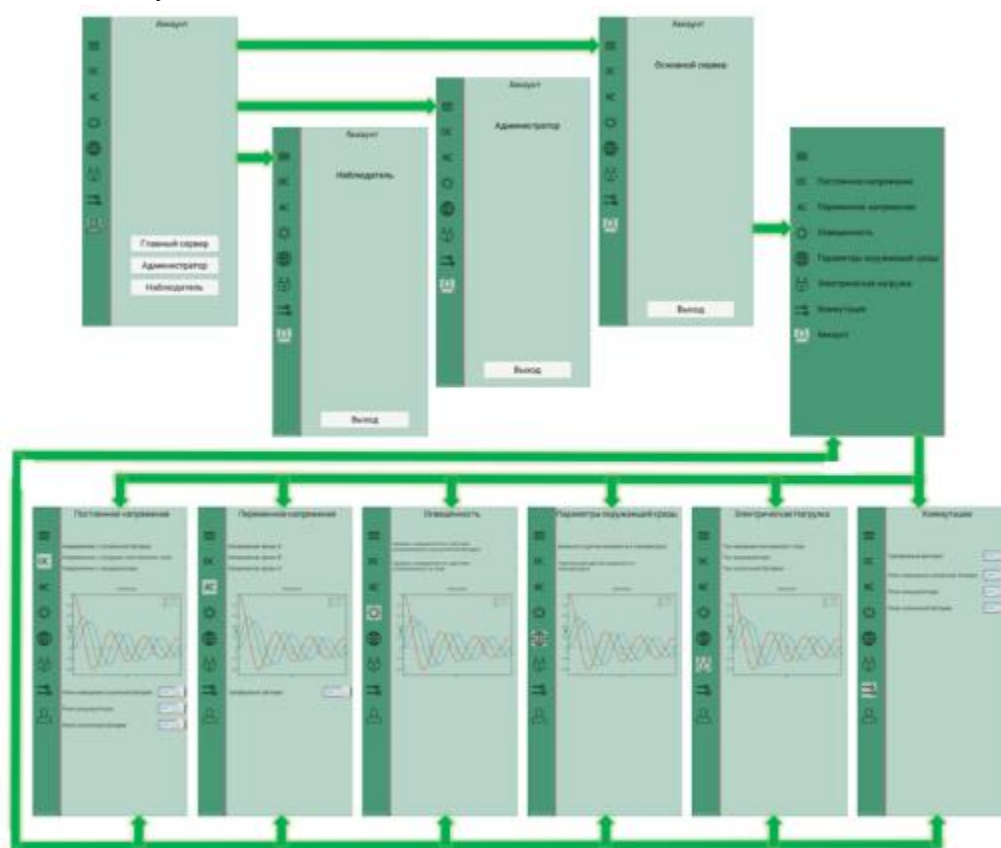


Рисунок 5 - Дизайн человеко-машинного интерфейса киберфизической системы ГЭ

Лабораторная работа №3 «Применение технологий компьютерного зрения в киберфизической системе»

Цель работы: исследовать КИП киберфизической системы на стенде фиксации данных измерительных устройств с применением технологий машинного зрения.

Порядок выполнения:

Осуществить сборку киберфизической системы:

- Подключить все элементы схемы в единую систему (рис.6)
- Настроить светодиодную рамку для подсветки измерительного оборудования.
- Настроить камеру системы распознавания.

- Установить в зону фиксации данных КИП (рис.7).
- Написать программу для осуществления фиксации данных с КИП.
- Провести испытание КИП киберфизической системы (рис.8).
- Произвести расчет погрешности программы фиксации данных.



Рисунок 6 – Система фиксации данных КИП



Рисунок 7 – Фотография установленного КИП в зону фиксации данных

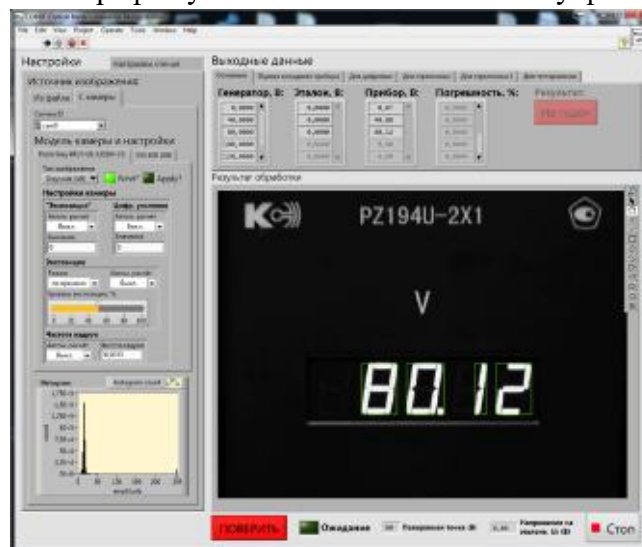


Рисунок 8 - Испытание работы КИП киберфизической системы

Пояснение к лабораторной работе

Фиксация данных может проводиться двумя разными типами КИП. Для реализации фиксации данных с устройства, имеющего цифровой экран отображения данных, функционал программы должен заключаться в распознавании численных значений с экрана КИП (рис.9).



Рисунок 9 – Распознавание данных с цифрового КИП

В случае со стрелочными КИП необходимо производить сопоставления угла отклонения стрелки прибора и данных градуированной шкалы. Для этого необходимо в функционале программы учитывать фиксацию угла отклонения стрелки КИП (рис.10) с последующим сопоставлением с численными значениями шкалы прибора. Данную функцию возможно выполнить составив в программе распознавания таблицу соответствия угла наклона стрелки и данных шкалы (рис.11).



Рисунок 10 – Фиксация программой угла наклона стрелки КИП

0 вольт	=	46,6164 град.	/	101,... В
80 вольт	=	36,6773	/	125,925 В / 99,7 В
90 вольт	=	33,1652	/	132,8 В / 102,5 В
100 вольт	=	29,3652	/	139,4 В / 104.5 В
110 вольт	=	25,1287	/	146,3 В / 106.5 В
120 вольт	=	20,6912	/	155,05 В / 108.5 В
130 вольт	=	15,8880	/	164,87 В / 111.5 В
140 вольт	=	11,3946	/	175,25 В / 113.85 В
150 вольт	=	7,3705	/	185,55 В / 127.9 В
160 вольт	=	3,6243	/	195,75 В / 134.15 В
170 вольт	=	-0,3773	/	206,8 В / 138.65 В
180 вольт	=	-3,8185	/	215,9 В / 141.1 В
190 вольт	=	-8,3085	/	227,5 В / 143.8 В
200 вольт	=	-11,8016	/	236,1 В / 145.4 В
210 вольт	=	-16,7656	/	247,4 В / 147 В
220 вольт	=	-21,2213	/	256 В / 148.1 В
230 вольт	=	-27,6793	/	266,9 В / 149.25 В
240 вольт	=	-34,8245	/	275,1 В / 149.8 В
250 вольт	=	-42,4921	/	282,1 В / 150.45 В

Рисунок 11 – Таблица сопоставления угла отклонения стрелки КИП и данных шкалы

Лабораторная работа № 4 «Изучение процессов настройки сенсоров, датчиков, исполнительных устройств и периферийного оборудования киберфизической системы управления гибридной электростанцией»

Цель работы: изучить принципиальную схему киберфизической системы управления ГЭ. Рассмотреть устройства учета данных гибридной электростанции, осуществляющие мониторинг параметров электростанции. Произвести программную настройку датчиков системы мониторинга, диагностики и управления ГЭ.

Порядок выполнения:

- Изучить принципиальную схему;
- Определить типы датчиков необходимые для функционирования киберфизической системы ГЭ;
- Изучить схемы подключения датчиков к микроконтроллеру;
- Осуществить программную настройку датчиков;
- Построить общую схему подключения.

Пояснения к лабораторной работе

Киберфизическая система управления ГЭ содержит в себе датчики учета, фиксации и отображении данных электростанции для осуществления мониторинга, диагностики управления киберфизической системы ГЭ.

Принципиальная схема киберфизической системы по диагностике, мониторингу и управлению ГЭ представлена на рисунке 12.

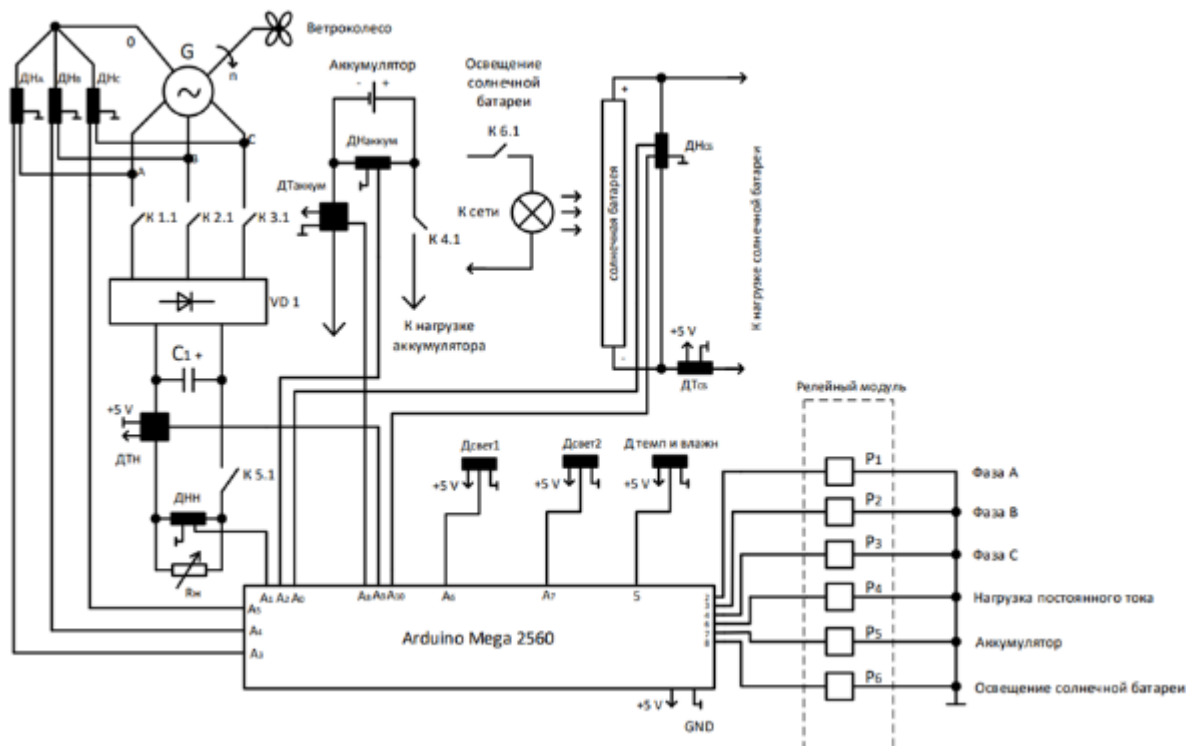


Рисунок 12 -Принципиальная схема киберфизической системы по диагностике, мониторингу и управлению ГЭ

Для измерения переменного напряжения фаз А, В и С сверхпроводникового генератора используются модули Voltage Sensor. На данном модуле реализован резистивный делитель напряжения, который имеет коэффициент 1 к 5 (коэффициент 0,2). Это значит, что на входе модуля напряжение может изменяться от 0 до 25 В, а на выходе оно будет пропорционально распределено в диапазоне от 0 до 5 В. Такие же датчики установлены для измерения:

- постоянного напряжения солнечной батареи;
- постоянного напряжения аккумуляторной батареи.

Данные датчики программируются при помощи кода:

```
void setup(){
  Serial.begin(9600); }
void loop(){
  delay(1000);
  float volt=analogRead(A3)/40.6;
  Serial.print("Volt: ");
  Serial.print(volt);
  Serial.println(" U"); }
```

Подключение модули Voltage Sensor производится согласно схеме рисунок 13.

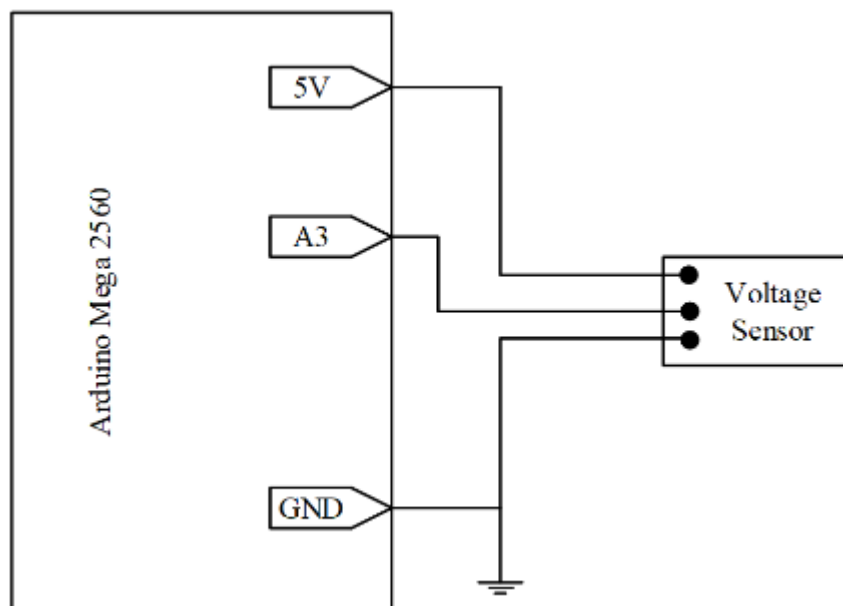


Рисунок 13 – Схема подключения модуля Voltage Sensor

Для измерения переменных токов фаз сверхпроводникового ветрогенератора используются датчики измерения силы тока на базе микросхемы ACS712, включающей в себя датчик Холла. Для корректной работы датчика тока номиналом 30 А, рядом с датчиком размещен медный проводник. Сам датчик Холла располагается непосредственно на кристалле микросхемы. Также данным датчиком в представленном комплексе измеряется и выпрямленный постоянный ток сверхпроводникового ветрогенератора или ток нагрузки.

Также данные датчики используются для измерения:

- тока солнечной батареи;
- постоянный ток аккумуляторной батареи.

Микросхемы ACS712 программируются с помощью следующего кода:

```
#include <math.h>
void setup(){
  Serial.begin(9600); }
void loop(){
  delay(1000);
  float sss=analogRead(A1);
  float ddd=512.0-sss;
  float fff=ddd*0.0705;
  Serial.print("I: ");
  Serial.print(fff);
  Serial.println(" A"); }
```

Подключение ACS712 для измерения постоянного тока производится согласно схеме, представленной на рисунке 14.

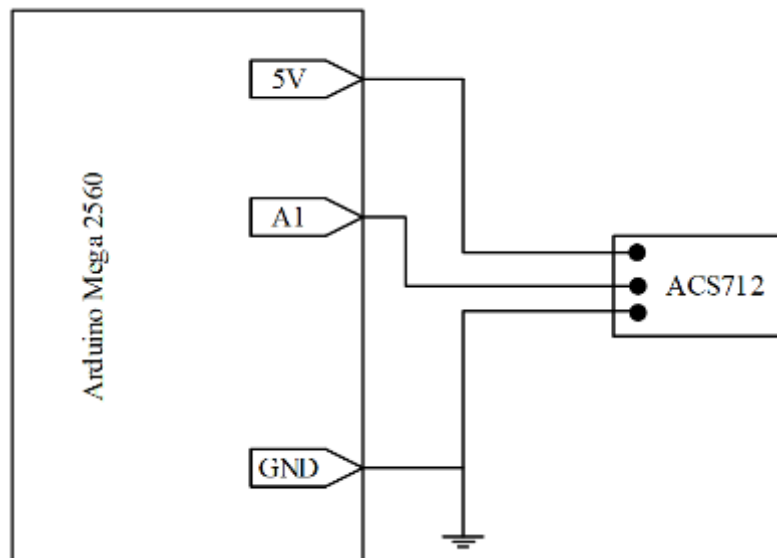


Рисунок 14 – Схема подключения датчика ACS712

Выпрямленное постоянное напряжение сверхпроводникового ветрогенератора или напряжение на нагрузке измеряется с помощью датчика MAX471. Диапазон измеряемого напряжения составляет от 0 до 25 В, при питании от микроконтроллера 5 В. Ток измеряется посредством измерительного шунта во встроенной микросхеме MAX471.

Датчик MAX471 программируется при помощи кода:

```
int average;
void setup(){
  Serial.begin(9600); }
void loop(){
  delay(1000);
  long sum=0;
  for(byte i=0; i<NUM_READINGS;i++){
    sum+analogRead(A4);}
  average /= NUM_READINGS;
  Serial.print("I: ");
  Serial.print(average);
  Serial.println(" A"); }
```

Подключение датчика MAX471 производится согласно схеме рисунок 15.

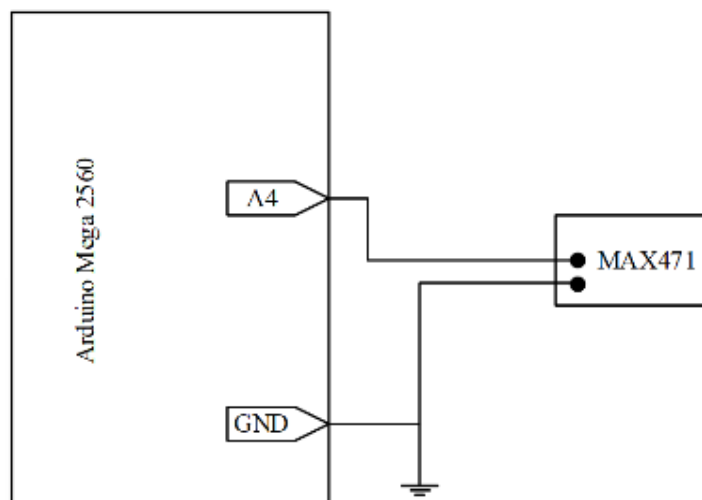


Рисунок 15 – Схема подключения аналогового датчика тока и напряжения MAX471

Температура и влажность окружающей среды измеряется цифровым датчиком температуры и влажности высокой точности DHT22. Максимальная погрешность измерения температуры составляет ± 1 °C. Погрешность измерения относительной влажности находится в пределах от ± 2 % до ± 4 %.

Датчик DHT22 программируется с помощью кода:

```
#include «DHT.h»
#define DHTPIN 2 // вывод, к которому подключается датчик
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
}
void loop() {
  delay(250); // считывание температуры или влажности занимает 250 мс
  float h = dht.readHumidity(); // считывание температуры в градусах Цельсия
  float t = dht.readTemperature(); // проверяем, были ли ошибки при считывании и,
  // если были, начинаем заново
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    return;
  } // выводим информацию в Монитор последовательного порта
  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(t);
  Serial.println(" *C ");
}
```

Подключение данных датчиков производится согласно схеме рисунок 16.

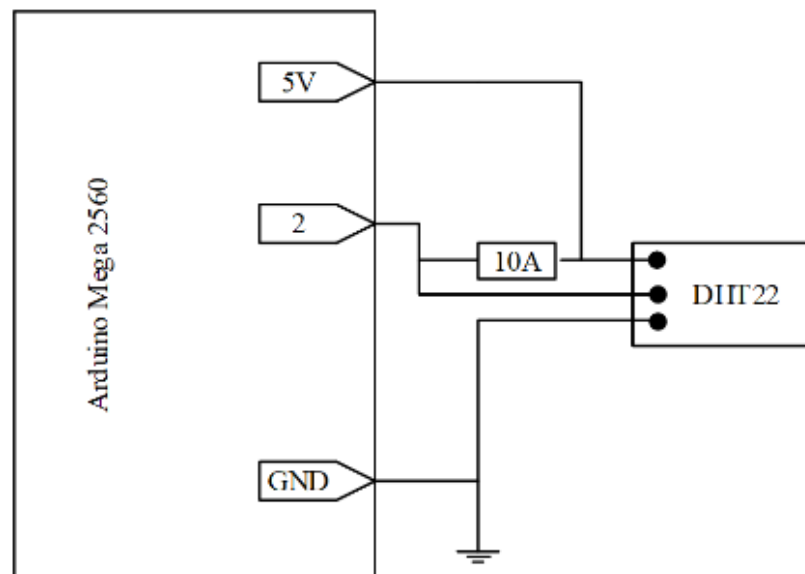


Рисунок 16 – Схема подключения цифрового датчика температуры и влажности высокой точности DHT22

Для определения освещенности поверхности солнечной батареи и поверхности вокруг ГЭ (в тени) используется Trema-модуль датчик освещенности.

Trema-модуль программируется с помощью кода:

```
#define light A0
void setup(){
  Serial.begin(9600); }
void loop(){
  delay(1000);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Error!");
    return;}
  Serial.print("Light: ");
  Serial.print(illuminance);
  Serial.println("Lx");}
```

Подключение данных датчиков производится согласно схеме рисунок 17.

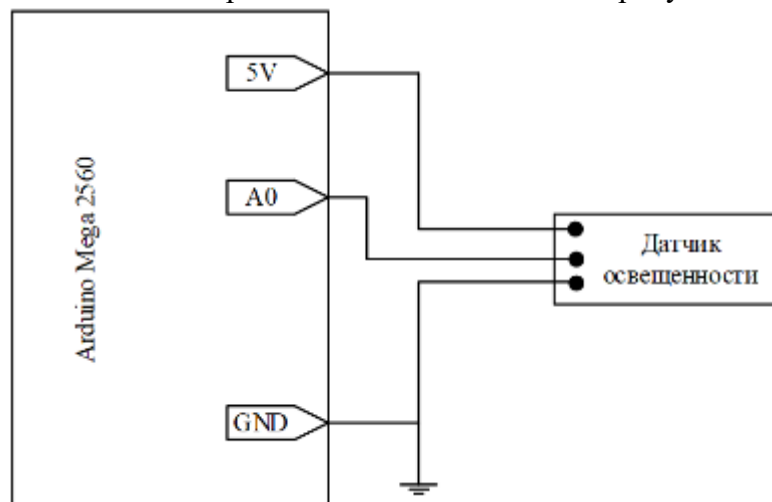


Рисунок 17 – Схема подключения датчика освещенности

Также киберфизическая система предполагает измерение переменного напряжения после преобразователя на нагрузке переменного тока. Данное напряжение может достигать 250 В, для его измерения применяется датчик переменного напряжения ZMPT101B. Он представляет собой однофазный понижающий трансформатор напряжения, позволяющий измерять напряжение переменного тока в диапазоне от 195 до 250 В.

Датчик ZMPT101B программируется с помощью кода:

```
void setup(){
  Serial.begin(9600); }
void loop(){
  delay(1000);
  float volt=analogRead(A3)/40.6;}
  Serial.print("Volt: ");
  Serial.print(volt);
  Serial.println(" U");}
```

Подключение данных датчиков производится согласно схеме рисунок 18.

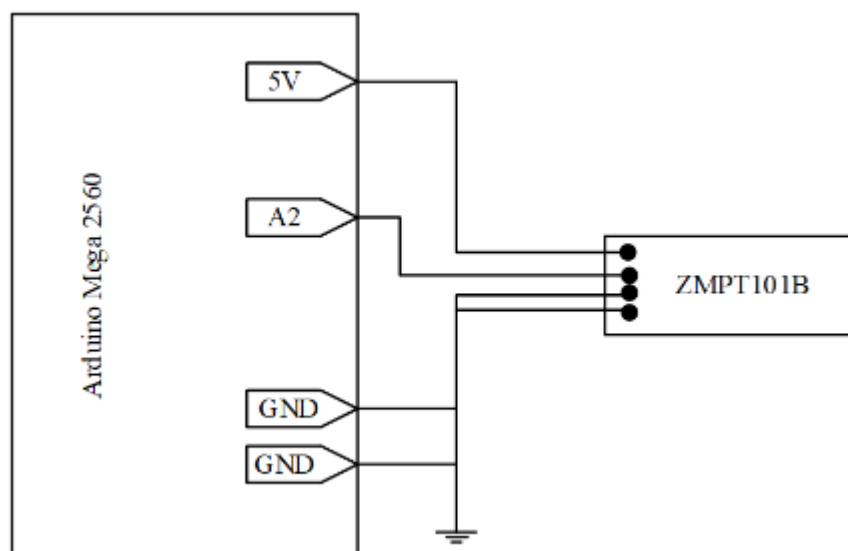


Рисунок 18 – Схема подключения датчика переменного напряжения ZMPT101B

Все коммутации, которые осуществляет разрабатываемая киберфизическая система в узлах и элементах ГЭ, осуществляются при помощи релейного модуля с шестнадцатью электромеханическими реле с коммутационными характеристиками по напряжению 250 В и току 10 А.

Принципиальная схема подключения реле представлена на рисунке 19.

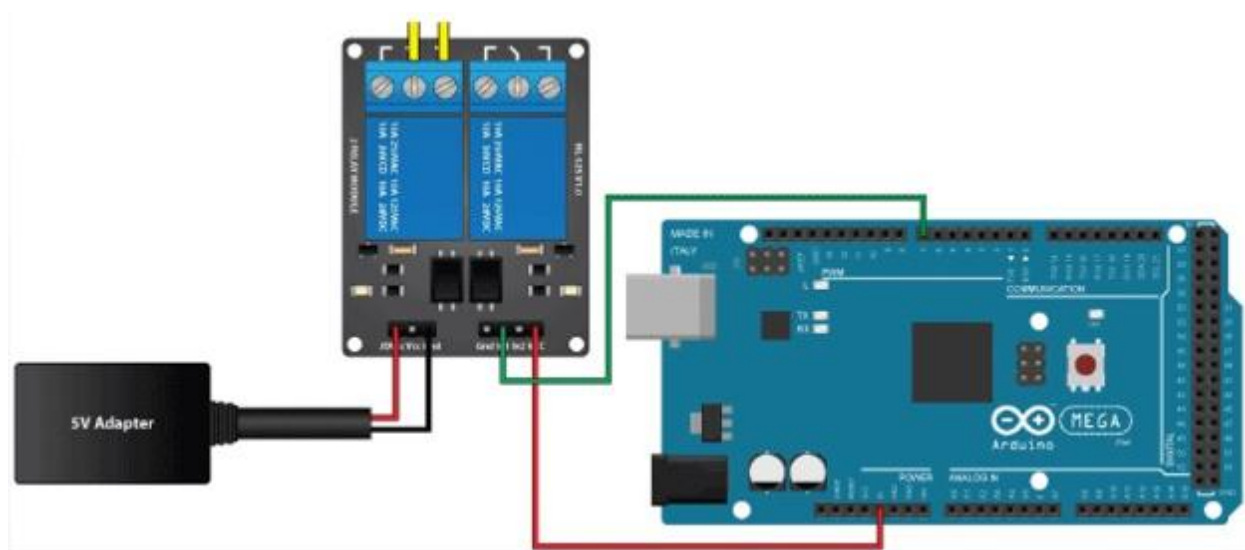


Рисунок 19 – Принципиальная схема подключения релейного модуля

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Название учебного заведения

КАФЕДРА № ____

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

по курсу: Киберфизические системы и технологии

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ
СТУДЕНТ ГР. № _____

подпись, дата

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 20__

Содержание отчета

Цель работы: _____

Задачи:

1. _____
2. _____
3. _____

Теоретические сведения

В отчете по лабораторной работе обязательно должны быть указаны теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторной работы, в том числе данные об установке, на которой выполнялась работа.

Расчетно-графическая часть

В начале указываются исходные данные, расчеты, графические построения.

Выводы

Отчет по лабораторной работе обязательно должен содержать выводы по лабораторной работе, в которой должны отражаться факты достижения цели.

Список используемой литературы

Список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018 – Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

1. Общие требования

- 1.1. В соответствии с ГОСТ 7.32-2017 – СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления отчет по лабораторной работе оформляется любым печатным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4.
- 1.2. В отчете по лабораторной работе допускается интервал 1.0 и 1.5, кегль не менее 12, выравнивание по ширине, отступ красной строки 1.0.
- 1.3. Цвет шрифта должен быть черным.

2. Нумерация страниц отчета

- 2.1. Страницы отчета следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета. Номер страницы проставляется в низу каждого листа по центру.
- 2.2. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляется.

3. Нумерация разделов и подразделов отчета

- 3.1. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего отчета, обозначенные арабскими цифрами.
- 3.2. Разделы могут быть разбиты на подразделы. Нумерация подразделов составляется из номера раздела и подраздела, обозначенного через точку, например, «1.1.». В конце названия разделов и подразделов точка не ставится.

4. Иллюстрации

- 4.1. Иллюстрации подписываются снизу арабскими цифрами через пробел после слова «Рисунок» и имеют либо сквозную нумерацию, либо нумерацию в соответствии с разделами отчета.
- 4.2. Все иллюстрации (рисунки) должны иметь название, которое указывается после номера иллюстрации через тире, например, «Рисунок 1 – Структурная схема одноконтурной САР».
- 4.3. Подписи всех иллюстраций выравниваются по центру строки.

5. Графики

- 5.1. Графики должны быть четкими. При оформлении графиков необходимо указывать обозначения координатных осей и самих графиков.

5.2. Если графики отражают сравнение двух экспериментов, рекомендуется их выполнение в одной системе координат.

6. Таблицы

6.1. В отчете по лабораторной работе рекомендуется сквозная нумерация таблиц. Допускается нумерация таблиц в пределах раздела отчета. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

6.2. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

6.3. Нумерация таблиц производится со словом «Таблица» без знака «№», например, «Таблица 1».

6.5.4. Каждая таблица должна иметь название, которое следует помещать над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- конспекты и материалы лекций.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Для текущего контроля успеваемости используются комплекты тестовых заданий по темам. Тест состоит из 10-15 вопросов. Время выполнения 30 минут. Тест считается сданным, если выполнено не менее 70% заданий. Результаты текущего контроля сообщаются студентам непосредственно на следующем занятии.

Результаты текущего контроля успеваемости учитываются при проведении промежуточной аттестации. При непрохождении текущего контроля студенту ставится оценка «неудовлетворительно».

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференциального зачета, который проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа - 30 минут.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой