



Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский национальный технический университет
Факультет информационных технологий и робототехники



СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
77 – й студенческой научно-технической
конференции

20 мая 2021 г.

Минск
БНТУ
2022



Составители:

Авсиевич А.М., Мартинович В.А., Павлюковец С.А.

Рецензент:

Доцент кафедры «Техническая физика» ФИТР БНТУ,
кандидат физико-математических наук,
доцент Г.И. Жиров

В сборник включены материалы докладов 77-й студенческой научно-технической конференции, проводимые кафедрами факультета информационных технологий и робототехники: «Программное обеспечение информационных систем и технологий», «Робототехнические системы», «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов», «Техническая физика» и «Высшая математика».

Белорусский национальный технический университет.
Факультет информационных технологий и робототехники.
ул. Б. Хмельницкого, 9, уч. корп. 11-А, г. Минск,
Республика Беларусь.
Тел.: (017) 292-71-53
E-mail: fitr@bntu.by
<https://bntu.by/faculties/fitr>

© Павлюковец С.А.
компьютерный дизайн, 2022
© БНТУ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КАФЕДРА». РАЗДЕЛ «УЧЕБНАЯ РАБОТА»

студент гр. 10701217 Мазуренко И.А.

Научный руководитель – Куприянов А.Б.....15

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

студент Груганова Я.С.

Научный руководитель – Куприянов А.Б.....18

ПРИМЕНЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

студент Ефименкова К.Г.

Научный руководитель – Бородуля А.В.....21

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЫТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

студент Коренько А.В.

Научный руководитель – Напрасников В.В.....24

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫМ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ

студент гр. 10701217 Лютко Р.С.

Научный руководитель – Гурский Н.Н.....27

СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ЗАКАЗОВ ТОРГОВЫХ АВТОМАТОВ

магистрант Орлов В.В.

Научный руководитель – Юденков В.С.....30

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИРОСКОПА И АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ЗДАНИИ
магистрант гр. 112015 Замана В.А.
Научный руководитель – Прихожий А.А.....33

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВВОДА ИНФОРМАЦИИ О ПРОПУСКАХ
ЗАНЯТИЙ
Ошуковская О.Э., Ковалева И.Л.....37

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОНЛАЙН-ВЫБОРЕ
ТОВАРА В ИНТЕРНЕТЕ
Рахманько А.И., Ковалева И.Л.....41

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ
ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПОЛИКЛИНИКИ»
Атрашевская Д.А.
Научный руководитель – Куприянов А.Б.....44

2. РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ
студент гр. 10703118 Дигаленя И.К.
Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н.....47

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА «УМНЫЙ ДОМ»
студент гр. 10703220 Осмоловский Д.В.
Научный руководитель – Воюш Н.В.....50

СОЗДАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ
СОРТИРОВЧНОЙ РТС
студенты гр. 10703117 Пилипчук И.В., Селивончик С.В.
Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н.....52

ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ
студент гр. 10703216 Федорченко Д.А.
Научный руководитель – Гутич И.И.....55

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В СИСТЕМЕ УМНЫЙ ДОМ НА ОСНОВЕ МОДУЛЯ ESP-12 студент гр. 10703217 Русак Е.О. Научный руководитель – Воюш Н.В.....	59
УСТРОЙСТВО И РАБОТА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО УКЛАДКЕ ХЛЕБЦОВ студент гр. 1076116 Борищук В.В. Научный руководитель – Лившиц Ю.Е.....	62
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАКЕТОМ ЛИФТА студент гр. 10703116 Беленков М.А. Научный руководитель – Лившиц Ю.Е.....	65
СОЗДАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ РТС ОТСЛЕЖИВАНИЯ И НАСТРОЙКИ ВРЕМЕНИ студенты гр. 10703117 Масловская К.А., Вовна К.В. Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н.....	68
РАЗВИТИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ студент гр. 10706118 Сардлишвили М.Н. Научный руководитель – Воюш Н.В.....	71
АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ «ПРОМЫШЛЕННЫЙ ETHERNET» студент гр. 10706116 Буйко К.С. Научный руководитель – Лившиц Ю.Е.....	73
УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ЛИФТ» студент гр. 1076116 Громыко В. А. Научный руководитель – Лившиц Ю.Е.....	76
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОЦЕСС ЗАКУПКИ ПРОДУКТОВ студент гр. 10703220 Жук Ю.К. Научный руководитель – Гутич И.И.....	79

БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА студент гр. 10703118 Нестерович А.С. Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н.....	81
МЕТЕОРОЛОГИЯ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ студент гр. 10703117 Походня В.О. Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н.....	84
ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РЕЖИМОВ ПУСКА ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ студент гр. 1076116 Поминов А.Д. Научный руководитель – Лившиц Ю.Е.....	87
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГЛУБИНЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ студент гр. 10706118 Стромский С.А. Научный руководитель – Лившиц Ю.Е.....	90
КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ студент гр.10703217 Савостьянов М.С. Научный руководитель – Гутич И.И.....	92
UNITY И РОБОТОТЕХНИКА студент гр.10706120 Романенко П.А. Научный руководитель – Воюш Н.В.....	95
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАСОСНОЙ СТАЦИИ студент гр. 10703118 Дигаленя И.К. Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н.....	97
ИГРА НА РАЗВИТИЕ ВНИМАНИЯ И ПАМЯТИ студенты гр. 10703117 Каленкович Ю.Л и Маркова И.С. Научный руководитель – Матрунчик Ю.Н.....	100

3. ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ

- АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА
ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВОГО
СВАРОЧНОГО КОНТУРА ЛИНИИ СВАРКИ КАПОТОВ
студент гр. 10705116 Алейник А.В.
Научный руководитель – Опейко О.Ф.....103
- ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
3D-ПРИНТЕРА TWO SAPHIRE PLUS
студент гр. 10705120 Буксов Т.С.
Научный руководитель – Павлюковец С.А.....106
- АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ДЕЛЬТА-
РОБОТА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 3 КГ
студент гр. 10705116 Бурба М.Д.
Научный руководитель – Гульков Г.И.....110
- «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ СОРТИРОВКИ
ПОЧТОВЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ ВЕСОМ ДО ТРЁХ КИЛОГРАММ»
студенты гр. 10705120 Головач А.А., Шилов Н.А.
Научный руководитель – Павлюковец С.А.....114
- ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ
ХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
студент гр. 10705116 Давидова А. А.
Научный руководитель – Васильев С.В.....118
- ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА
МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПОРТАЛЬНОГО
КРАТЦЕР-КРАНА
студент гр. 10705216 Дубина Д.С.
Научный руководитель – Миронович А.В.....124

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТЕЛЕЖКИ
ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 1000 КГ
студент гр. 10705116 Зарецкий В.А.
Научный руководитель – Гульков Г.И.....126

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ГРУЗОВОГО
ЛИФТА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 2 ТОННЫ
студент гр. 10705116 Зелинский М.В.
Научный руководитель – Руденя А.Л.....131

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОДЪЕМНОЙ
ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МЫТЬЯ ОКОН В БНТУ
студент гр. 10705116 Иванов В.Е.
Научный руководитель – Руденя А.Л.....134

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД СИСТЕМЫ
ВЕНТИЛЯЦИИ ОФИСНОГО ПОМЕЩЕНИЯ
АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ
УП «НТПЦ «БЕЛКОМУНМАШ»
студент гр.10705216 Какоренко В.С.
Научный руководитель – Александровский С.В.....136

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ГЛАВНОГО
ДВИЖЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНОГО СТАНКА
МОДЕЛИ 2А622Ф4-1
студент гр. 10705216 Калиновская А.С.
Научный руководитель – Миронович А.В.....140

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА
РОБОТА-КОНСУЛЬТАНТА ФИТР БНТУ
студент гр. 10705216 Косач М.В.
Научный руководитель – Фираго Б.И.....146

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЛЕНТОЧНОГО
КОНВЕЙЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

студент гр. 10705216 Лапченко А.С.

Научный руководитель – Васильев С.В.....149

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА
ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 20 ТОНН

студент гр. 10705216 Муха А.В.

Научный руководитель – Павлюковец С.А.....152

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА
УСТАНОВКИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ
ОАО «МТЗ»

студент гр. 10705116 Новик А.Д.

Научный руководитель – Опейко О.Ф.....155

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА
ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕЧИ ППЦ-1238

студент гр. 10705216 Огер С.И.

Научный руководитель – Васильев С.В.....157

ДОЗИМЕТР И ЕГО РОЛЬ В ПОВСЕДНЕВНО ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

студенты гр. 10705220 Прибыльский К.А., Саковец А.Ю.

Научный руководитель – Павлюковец С.А.....162

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ
ЛАВНОГО КОМБАЙНА УКД 200-500

студент гр. 10705216 Рудозуб Е.Л.

Научный руководитель – Руденя А.Л.....165

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯ-
НИЯ ЛИФТОВОЙ УСТАНОВКИ

студент гр. 10705216 Самулёв И.А.

Научный руководитель – Миронович А.В.....169

КОВШОВЫЙ ЭЛЕВАТОР

студент гр. 10705116 Светогор А.А.

Научный руководитель – Гульков Г.И.....173

КОЗЛОВОЙ КРАН

студентка гр. 10705216 Скателова Т.А.

Научный руководитель – Миронович А.В.....176

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОДНОНОЖЕВОЙ БУМАГОРЕЗАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ PERFECTA 132 TVC

студент гр. 10705216 Страх В.Р.

Научный руководитель – Васильев С.В.....178

ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 4т

студент гр. 10705216 Тодрик В.В.

Научный руководитель – Руденя А.Л.....182

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭЛЕКТРОПОЕЗДА FLIRT ФИРМЫ STADLER

студент гр. 10705116 Трухан Т.А.

Научный руководитель – Гульков Г. И.....185

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ЛЕНТОЧНО-ОТРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ МП6-1920

студент гр. 10705116 Щепанович М.А.

Научный руководитель – Васильев С.В.....187

4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «ПРОЦЕССНО-МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ» В ЭКОЛОГИИ

студент гр.10507216 Аверьянова Е.В.

Научный руководитель - Симонова-Лобанок М.П.....193

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ПРОМЫШЛЕННОСТИ Аверьянова Е.В., Симонова-Лобанок М.П.....	195
ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОГИТАРЫ студент гр. 10111120 Головков А.С. Научный руководитель – Францкевич Н.В.....	199
ГПАСКОП І ЯГО ВЫКАРЫСТААННЕ курсант гр. 115011-20 Мозоль К.Н. Навуковы кіраўнік – Русакевіч Д.А.....	203
ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ НА ДОРОГАХ студент гр. 10114120 Бондарь Е.В. Научный руководитель – Смурага Л.Н.....	206
ОДНОПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ студент гр. 10603219 Осколков Е.К. Научный руководитель – Танана Т.В.....	209
ОПТИЧЕСКИЙ ПИНЦЕТ студенты гр. 10603120 Шетик Е.А., Кулинич И.В. Научный руководитель – Танана Т.В.....	212
МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС студент гр.10602119 Климчук С.В. Научный руководитель – Маркова Л.В.....	216
МОМЕНТ ИНЕРЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ДВИГАТЕЛЕ курсант гр. 115012-20 Чернов П.В. Научный руководитель – Русакевич Д.А.....	219

5. ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

ВОПРОС НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА.
АЛГОРИТМ ДЕЙКСТРЫ
студент гр. 10703120 Кихтенко О.Ю.
Научный руководитель – Метельский А.В.....222

АНАЛИЗ ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ ОТКРЫТОГО
АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ
ЗАВОД»
студенты гр.10110120 Кухарчик М.А, Крюков И.Ю.
Научный руководитель – Щукин М.В.....225

ВЕКТОРНЫЕ ДИАГРАММЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ. РАСЧЕТ
РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
студенты гр. 10602120 Адамович И.Н., Урбан М.В.
Научный руководитель – Королева М.Н.....229

ВЕРОЯТНОСТЬ В ТЕСТИРОВАНИИ
студент гр.10702319 Лазько В.О.
Научный руководитель – Михайлова Н.В.....232

ЗАДАЧА МАРШРУТИЗАЦИИ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК
студентка гр. 10115118 Анисько В.
Научный руководитель – Лебедева Г.И.....235

ИНДЕКС БАФФЕТА И ФИНАНСОВЫЙ КРИЗИС В США
студент гр. 10114120 Волонтей А.В.
Научный руководитель – Щукин М.В.....237

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ
В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ
студент Мойсиевич А.Ю.
Научный руководитель – Кленовская И.С.....242

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ
студенты гр. 10602219 Коршун В.Н., Ковалец И.В.
Научный руководитель – Рудый А.Н.....246

ОПЕРАТОРНЫЙ МЕТОД В РАСЧЁТАХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

студент Винник Д.А.

Научный руководитель – Кленовская И.С.....248

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

студент гр. 10114119 Янч Е.А.

Научный руководитель – Марцинкевич В.С.....253

ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ РАСЧЁТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

студенты гр. 10602220 Михалёв Д.Д., Индюкова Е.А., Ткаченко В.В.

Научный руководитель – Королёва М.Н.....257

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ COVID-19 С ПОМОЩЬЮ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

студент гр. 10706119 Гидревич А.С.

Научный руководитель – Юринок В.И.....260

ПРИМЕНЕНИЕ РЯДОВ ФУРЬЕ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

студент Пасько А.С.

Научный руководитель – Кленовская И.С.....263

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19 НА ОСНОВЕ УПРОЩЕННОЙ МОДЕЛИ SIR В СРЕДЕ MATHCAD

студент гр. 10706119 Крошенко Д.С.

Научный руководитель – Юринок В.И.....266

РАЗРАБОТКА САЙТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАТФОРМЫ GOOGLESITES ДЛЯ ВОЗМОЖНОСТИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ К ЭКЗАМЕНУ

студент гр. 10701119 Маканов Д.В.

Научный руководитель – Юринок В.И.....269

<p>ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ. РАСТВОРЕНИЕ ВЕЩЕСТВА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЖИДКОСТИ студент гр.10808120 Посвенчук А.А. Научный руководитель – Кураленко М.В.....</p>	272
<p>ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ. РАСТВОРЕНИЕ ВЕЩЕСТВА С ТЕЧЕНИЕМ ВРЕМЕНИ студент гр. 10808120 Скорая К.В. Научный руководитель – Кураленко М.В.....</p>	275
<p>РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАДИЕНТНЫХ МЕТОДОВ МИНИМИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ В ПАКЕТАХ МАТНСАД И МАТНЕМАТИСА студенты гр. 10602219 Вадейко В.С. и Манько А.В. Научный руководитель – Рудый А.Н.....</p>	279
<p>СТАТИСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ И СОСТОЯНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ студенты гр. 10112120 Горнак И.В., Фаловский А.Р. Научный руководитель – Чепелева Т.И.....</p>	282
<p>ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ студент Черевако М.С. Научный руководитель – Кленовская И.С.....</p>	285
<p>ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ В ПАКЕТЕ МАТЛАВ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ МОДЕЛИ COVID-19 SEIR студентка гр. 10706119 Гайшун А.С. Научный руководитель – Юринок В.И.....</p>	288

1. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.31.83.52

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КАФЕДРА». РАЗДЕЛ «УЧЕБНАЯ РАБОТА»

студент гр. 10701217 Мазуренко И.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Куприянов А.Б.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В 2021 году цифровизация охватила почти все области жизни и стала неотъемлемой частью повседневной жизни практически во всех сферах, в том числе и в образовании. Необходимость цифровой трансформации в сфере образования заключается в оптимизации хранения данных о преподавателях, студентах, магистрах, аспирантах, программах и т.д. Хранение таких данных в бумажном виде не позволяет оперативно получать нужную информацию. Перевод всей документации, связанной с учебной работой, позволит существенно сократить время решения конкретных задач: просмотр и печать текущих учебных планов, сортировка и поиск нужных студентов, преподавателей и других данных.

Целью разработки является создание в информационной системе «Кафедра» раздела «Учебная работа», который должен решить проблему хранения и структуризации данных. Разработанный раздел позволит повысить эффективность работы всех сотрудников кафедры.

Автоматизация учебной работы кафедры с использованием современных технологий должна решать основные проблемы по хранению и структуризации больших данных: студенты, преподаватели, учебные планы, аспиранты, магистранты и другое, по составлению отчетов, по обработке текущих данных, находящихся на внешних хранителях, по поиску данных.

Исходя из всего выше сказанного можно выделить следующие задачи, которые будет решать раздел «Учебная работа»:

- хранение и возможность работы с данными напрямую (добавление, просмотр, удаление, редактирование);
- поиск данных по названию;

- формирование отчетов;
- внесение в систему текущих данных, находящихся на внешних носителях.

Данные о преподавателях, студентах, аспирантах, магистрантах, учебных планах, учебной нагрузке могут иметь большие размеры и занимать много места. Также в системе присутствуют вспомогательные сущности, которые должны отображать группы студентов, изучаемые предметы, должности и квалификации преподавателей. Это тоже немаловажные данные, однако их размер будет невелик.

В системе также должны присутствовать связи, отображающие основные направления учебной работы кафедры:

- преподаватели и нагрузка;
- преподаватели и аспиранты, и магистранты;
- учебные планы и специальности, и предметы;
- студенты и группы и специальности.

Учитывая вышеперечисленные особенности, была сформирована следующая концептуальная модель базы данных - отражение предметной области, для которой разрабатывается база данных (рисунок 1).

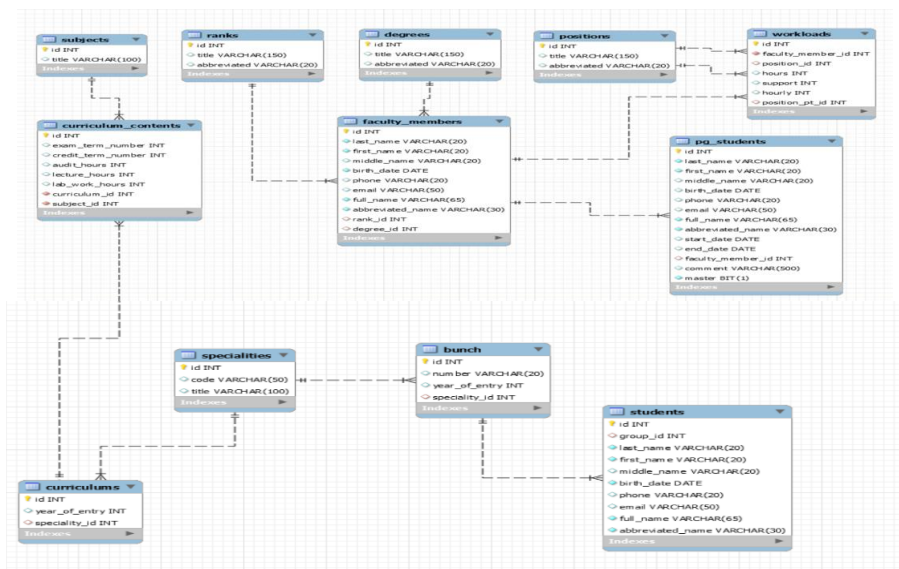


Рис. 1. Концептуальная модель базы данных

На основе приведенной концептуальной модели базы данных была создана логическая модель базы данных, сама база данных и web-приложение для работы с этой базой данных.

Web-приложение написано на языке Java с использованием технологий:

- фреймворк Spring;
- модуль web-mvc;
- Hibernate;
- Apache Tomcat;
- MySQL;
- React JS;

Созданное web-приложение позволяет решать следующие задачи

1. Работа со студентами.

- создание групп, подгрупп и списков студентов;
- чтение списков студентов из файлов в формате .xls;
- печать списков студентов по группам и подгруппам.

2. Работа магистрантами и аспирантами

- создание и печать списков магистрантов и аспирантов с указанием научных руководителей и сроков отчетности.

3. Работа с учебными программами

- создание перечней учебных программ по всем специальностям с возможностью открытия файлов с их содержимым.

4. Работа с учебными планами

- создание списков всех учебных планов с возможностью открытия и редактирования их содержимого.

Литература

1. Уэллер, В. Spring на практике. – М.:БХВ, 2010. – 600с
2. Habr [Электронный ресурс] – Интернет-ресурс. 26.08.2018 – FreeMarker шаблоны – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/420549/> Загл. с экрана – англ. рус.
3. Spring.io [Электронный ресурс] – Интернет-ресурс. 21.04.2019 – Spring MVC – Режим доступа: <https://docs.spring.io/spring/docs/current/spring-framework-reference/web.html> Загл. с экрана – англ. рус.

УДК 621.31.83.52

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

студент Груганова Я.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Куприянов А.Б.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В учреждениях образования можно автоматизировать множество различных процессов. К одному из них относится распределение нагрузки преподавателей.

Создание информационной системы, автоматизирующей этот процесс, очевидно, позволит повысить эффективность организационной работы, снимая часть рутинной нагрузки с исполнителей.

Распределение нагрузки преподавателей очень длительный процесс, который требует точности и аккуратности. Для распределения нагрузки необходимо учесть, какие дисциплины закреплены за преподавателями, в каком количестве групп они ведут практики и лекции, количество студентов в группах, сколько часов выделено на дисциплины, а также нормы времени на проведение экзаменов и зачётов, плюс ко всему преподаватели руководят курсовыми и дипломными работами, руководят работой магистрантов и аспирантов. Хранение и учет в расчетах всех этих данных целесообразно организовать в виде программного приложения на основе базы данных.

Разработанное приложение предоставляет возможность отображения и редактирования данных, используемых для распределения нагрузки преподавателей, а также рассчитывать нагрузку, при этом автоматически составляя отчётную документацию, посредством простого и удобного интерфейса, который не потребует большого времени для вникания в его специфику и особенности.

Некоторые формулы для расчёта нагрузки представлены ниже.

Нагрузка преподавателя по дисциплине, если он ведёт лекции и по этому предмету экзамен рассчитывается по формуле 1:

$$\text{НГК} = \text{ЧЛ} * \text{Кпот} + \text{ЧЛР} * \text{Кпод} + \text{НЭ} * \text{Кст}, \quad (1)$$

Нагрузка преподавателя по дисциплине, если он не ведёт лекции и по этому предмету зачёт рассчитывается по формуле 2:

$$\text{НГК} = \text{ЧЛР} * \text{Кпод} + \text{НЗ}, \quad (2)$$

Нагрузка по руководству дипломниками рассчитывается по формуле 3:

$$\text{НГК} = \text{Кст} * \text{НД}, \quad (3)$$

Нагрузка по руководству магистрантами рассчитывается по формуле 4:

$$\text{НГК} = \text{Кст} * \text{НМ}, \quad (4)$$

где НГК – нагрузка;

ЧЛ – часы лекций;

Кпот – количество потоков;

ЧЛР – часы лабораторных работ;

Кпод – количество подгрупп;

НЗ – часы проведения зачёта по норме;

НЭ – часы проведения экзамена по норме;

Кст – количество студентов;

НД – норма руководства дипломниками;

НМ – норма руководства магистрантами.

На рисунке 1 и 2 можно увидеть конечную отчётную документацию, которую автоматически формирует приложение.

Нагрузка преподавателей на учебный год

Преподаватель	Дипломное проектирование (1 сем.)				Курсовое проектирование (1 сем.)				Руководство аспирантами (1 сем.)				Дипломное проектирование (2 сем.)				Курсовое проектирование (2 сем.)				Руководство аспирантами (2 сем.)			
	Лекции (1 сем.)	Лаб.занят. (1 сем.)	Зачёты (1 сем.)	Экзамены (1 сем.)	Практика (1 сем.)	Курсовое проектирование (1 сем.)	Руководство аспирантами (1 сем.)	Руководство аспирантами (1 сем.)	Всего (1 сем.)	Лекции (2 сем.)	Лаб.занят. (2 сем.)	Зачёты (2 сем.)	Экзамены (2 сем.)	Практика (2 сем.)	Курсовое проектирование (2 сем.)	Руководство аспирантами (2 сем.)	Руководство аспирантами (2 сем.)	Всего (2 сем.)						
Полтавко Ю.В.	64	215	4	3.5	0	20	50	150	24	530.5	24	69	0	3.5	36	24	48	0	204.5					
Купченко А.Б.	0	96	0	3.5	0	24	44	120	0	287.5	32	64	0	3.5	30	20	46	120	36	351.5				
Судянин Ю.А.	25	35	2	0	0	20	52	120	30	284	0	46	0	3.5	36	24	44	0	153.5					
Разрынов И.А.	25	105	2	0	0	28	48	150	24	382	0	128	0	3.5	42	28	42	0	243.5					
Напасская В.В.	28	96	2	0	0	24	46	90	24	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Ковалев И.П.	0	64	2	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	36	24	46	0	106					
Куденов В.С.	0	0	0	0	0	32	50	120	30	232	30	126	4	0	0	0	0	0	160					
Прозина И.А.	0	105	2	0	0	0	0	0	0	107	0	0	0	0	42	28	42	0	112					

Рис. 1. Итоговый отчёт о распределении нагрузки преподавателей

ОТЧЕТ
Нагрузка преподавателя на учебный год

Нагрузка по дисциплинам

Преподаватель	Дисциплина	Семестр	Лекции	Лаб занятия	Зачёт	Экзамен	1 семестр (часы)
Полозов Ю.В.	Языки программирования	1	0	23	2	0	25
Полозов Ю.В.	Основы алгоритмизации и программирования	1	32	128	0	3,5	163,5
Полозов Ю.В.	Базы данных	1	32	64	2	0	98
Преподаватель	Дисциплина	Семестр	Лекции	Лаб занятия	Зачёт	Экзамен	2 семестр (часы)
Полозов Ю.В.	Языки программирования	2	24	69	0	3,5	96,5

Нагрузка по руководству дипломных и курсовых работ, практикантов, магистрантов и аспирантов

Преподаватель	Семестр	Дипломное проектирование	Практика	Курсовое проектирование	Руководство магистрантами	Руководство аспирантами	1 семестр (часы)
Полозов Ю.В.	1	0	20	50	150	24	244
Преподаватель	Семестр	Дипломное проектирование	Практика	Курсовое проектирование	Руководство магистрантами	Руководство аспирантами	2 семестр (часы)
Полозов Ю.В.	2	36	24	48	0	0	108

1 семестр: 530,5

2 семестр: 204,5

Нагрузка (Итого): 735

Рис. 2. Итоговый отчёт о нагрузке преподавателя

Для реализации приложения были выбраны следующие инструменты и технологии: Windows Forms, C#, Microsoft SQL Server. Во-первых, благодаря WinForms настольное приложение может работать без подключения к сети, во-вторых информация будет безопасно храниться на одном компьютере.

Созданное приложение позволяет существенно сократить время, необходимое на расчет и распределение нагрузки преподавателям кафедры.

Литература

1. Джон Шарп Microsoft Visual C#. Подробное руководство: печатная книга — Питер, 2017 — 848 с.

2. Windows Forms: Современная модель программирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.codenet.ru/progr/cpp/winforms.php>, свободный. – Дата доступа: 21.05.2021.

УДК 621.31.83.52

ПРИМЕНЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

студент Ефименкова К.Г.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Бородуля А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В настоящее время возникает высокая необходимость в распознавании различных типов данных, поступающих извне. Огромные массивы информации требуют обработки. В частности, последовательно поступающие одинарные данные. Такие данные можно трактовать как случайный процесс. Возникает вопрос, к какому конкретно распределению относится данный процесс. И даже если тип распределения ясен, возникает необходимость выяснить параметры распределения. Именно в таких случаях применяется последовательный тест Вальда.

Последовательный анализ – раздел математической статистики. Последовательный анализ является методом статистического исследования, характерная черта которого заключается в том, что количество наблюдений, необходимых в процессе испытания, заранее не определено. Решение об окончании эксперимента зависит на каждой данной стадии эксперимента от результатов предыдущих наблюдений.

Достоинство данного метода, применительно к проверке статистических гипотез, заключается в том, что он позволяет сконструировать такую методику проверки, которая требует, в среднем, существенно меньшего числа наблюдений, чем равная ей по надежности проверка, основанная на заранее определенном количестве наблюдений. Последовательный анализ позволяет 3 сокращать число необходимых наблюдений в среднем в два-три раза по сравнению с обычными методами, фиксирующими число наблюдений заранее.

Проблема последовательного анализа возникла в группе статистических исследований Колумбийского университета в связи с некоторыми замечаниями, высказанными капитаном Шульцем из Артиллерийского управления Министерства военно-морского флота. Милтон Фридман и В. Аллен Валлис увидели большие возможности

и далеко идущие последствия, которые могло иметь применение последовательного анализа к дальнейшему развитию теоретической статистики. В частности, они предположили, что можно сконструировать такую методику последовательного анализа, для которой возможные ошибки, связанные с принятием ложных решений, были бы точно такими же, как и у лучшей из существующих методик проверок, основанных на заранее определенном количестве наблюдений, и которая в то же время требовала бы, в среднем, существенно меньшее количество наблюдений, чем фиксированное количество наблюдений, необходимое при существующей методике проверки. Фридман и Валлис предложили также несколько примеров модификаций существующей методики проверки в смысле последовательного анализа, получив в результате в ряде случаев увеличение эффективности критерия.

Именно это предложение стало началом исследований Абрахама Вальда. В последствии было сделано множество экспериментов и публикаций на протяжении 1940-х годов. Работа Вальда была высоко оценена и отмечена научным сообществом, а его книга «Последовательный анализ» стала основополагающим трудом всего направления.

Интерес представляет модификация последовательных тестов с целью оптимизации. Возможно применить множество методов и провести ряд испытаний и проверок на эффективность. Суть исследования в том, чтобы построить классический тест Вальда и провести испытания. Далее сроятся различные модификации и проводится сравнительный анализ результатов.

Модификация состоит в том, чтобы на каждой итерации изменять границы A и B . Границы можно менять в различных вариациях. В первом случае линейно меняются лишь параметры, на основании которых строятся границы. Во втором случае строится линейная зависимость от номера итерации и значения границ, построенных на первой итерации. Строятся случаи как сужения границ, так и расширения. Применяется множество комбинаций параметров, строятся сравнительные графики и таблицы.

На практике, при применении последовательного теста на реальных данных, часто возникает проблема искажений. В последовательности наблюдаемых данных возникают наблюдения, которые не впи-

сываются в общую последовательность. Такие наблюдения называются выбросами. Возникает задача изучить модели появления таких выбросов и влияние искажений на результаты последовательного теста.

Для изучения данного вопроса строятся модели искажений при помощи генераторов. Генерируются случайные величины в заданном диапазоне с применением повышающих(понижающих) коэффициентов и применяются к исходной выборке с заданной долей вероятности.

Существуют методы сглаживания выбросов, они основываются на сравнении приращений результирующей суммы для каждой гипотезы. Это увеличивает точность определения, однако в след за этим растет и время теста.

Как правило, тесты удобно исследовать использовать язык программирования Python. В нем предусмотрены функции имитирующие различные типы распределений с заданием соответствующих параметров. Так же легко строится сравнительная визуализация результатов.

Литература

1. Вальд, А. Последовательный анализ / А. Вальд // Под редакцией В.А. Севастьянова. – Москва : Наука. – 1960. – 327 с
2. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей / Б. В. Гнеденко, И.Н.Коваленко - 5-е изд. – М.: Наука, 1966. – 449 с.
3. Kharin A.Y. Performance and robustness evaluation in sequential hypotheses testing // Communications in Statistics – Theory and Methods. 2016. Vol. 45, No.6 P. 1663-1709
4. Компьютерная математика Mathematica электронный учебник. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://atomas.ru/mat/Book_Mat/GL14/Index1.htm. - Дата доступа : 15.09.2015

УДК 621.391.25

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЫТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

студент Коренько А.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Напрасников В.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В работе рассматривается методика моделирования бытовых конструкций на примере построения оптимизационной модели барабана стиральной машины. Конструкция проектируется в соответствии с требованиями к бытовым стиральным машинам и состоит обычно из барабана со сливными отверстиями, крестовины и вала для вращения.

Геометрическая модель, представленная на рисунке 1, создается в среде SpaceClaim и в дальнейшем импортируется в Ansys WB.

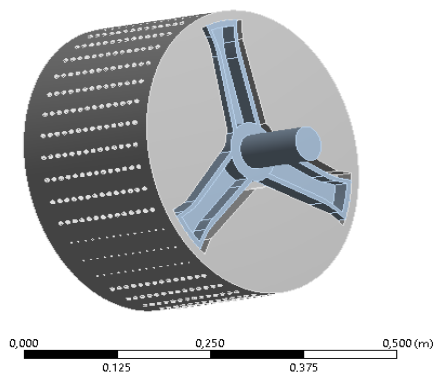


Рис. 1. Геометрическая модель

Расчет выполнялся при следующих условиях закрепления и нагрузках.

Для закрепления выбирается вал крестовины в качестве цилиндрической опоры, для этого создается *cylindrical support*.

Вращение барабана стиральной машины происходит вокруг оси X. В *Static Structural* в модуле *Rotational Velocity* добавляется вращение 120 рад/сек вокруг выбранной оси.

Смещение конструкции при вращении моделируем по осям Y и Z. В модуле *Displacement* для смещения по оси X задается значение 0.

На основе расчетов максимальное напряжение составило 149,23 МПа, как показано на рисунке 2 (слева), а максимальная деформация 0,706 мм, как показано на рисунке 2 (справа).

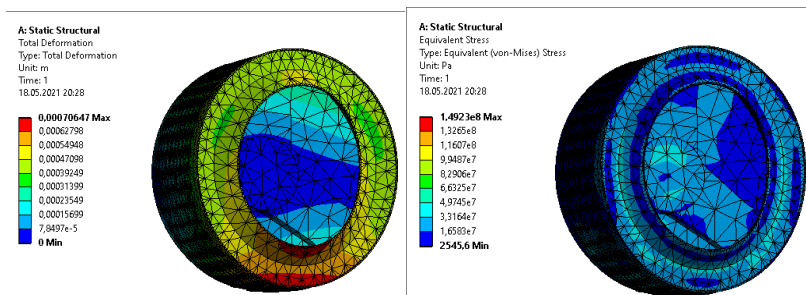


Рис. 2. Общая деформация (слева) и эквивалентное напряжение (справа)

Постановка оптимизационной задачи следующая:

- радиус внешней стенки барабана $229,5 \text{ мм} \leq S \leq 230,5 \text{ мм}$;
- высота крестовины 15 мм $\leq H \leq 35 \text{ мм}$;
- максимальное напряжение не выше 200 Мпа;
- критерий - объем конструкции, минимизируется.

Диаграмма чувствительности выходных параметров при изменении параметров проекта представлена на рисунке 3.

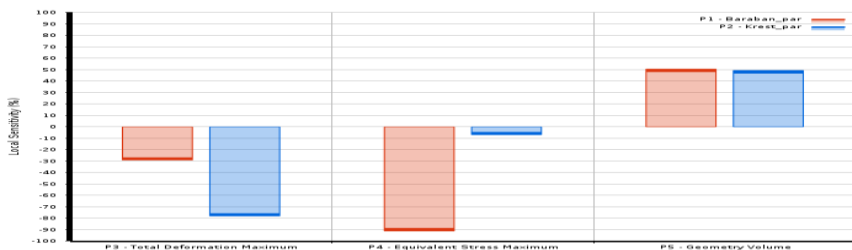


Рис. 3. Диаграмма чувствительности

Постановка оптимизационной задачи следующая:

- радиус внешней стенки барабана $229,5 \text{ мм} \leq S \leq 230,5 \text{ мм}$;
- высота крестовины 15 мм $\leq H \leq 35 \text{ мм}$;

- максимальное напряжение не выше 200 Мпа;
 - критерий - объем конструкции, минимизируется
- На рисунке 4 представлены результаты оптимизации.

8	Candidate Points			
9		Candidate Point 1	Candidate Point 2	Candidate Point 3
10	P1 - Baraban_par (mm)	229,5	229,5	229,5
11	P2 - Krest_par (mm)	15,001	15,016	15,035
12	P3 - Total Deformation Maximum (m)	0,00076685	0,0007668	0,00076673
13	P4 - Equivalent Stress Maximum (Pa)	★★★ 1,6912E+08	★★★ 1,6912E+08	★★★ 1,6913E+08
14	P5 - Geometry Volume (m ³)	★★★ 0,0029303	★★★ 0,0029306	★★★ 0,0029308

Рис. 4. Результаты оптимизации

В результате оптимизации экономия материала составила 8,9%.

Помимо предложения о трех кандидатах, DesignExplorer предоставляет еще несколько инструментов анализа результатов. Самый интересный из них, в случае многокритериальной оптимизации, построение диаграммы Парето. Диаграмма Парето для суммарного перемещения и эквивалентного напряжения по теории Мизеса представлена на рисунке 5.

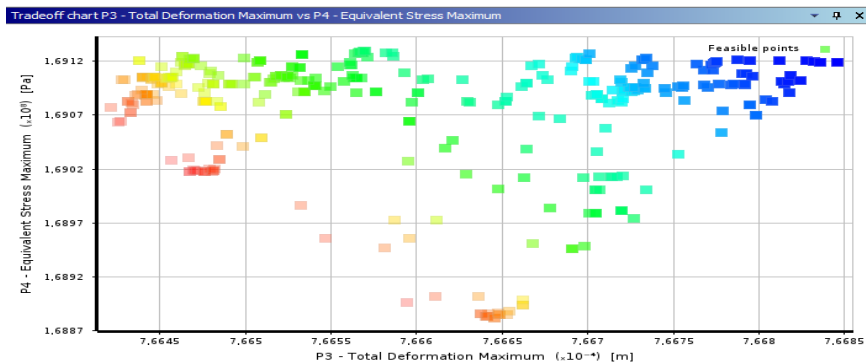


Рис. 5. Диаграмма Парето

УДК 621.350.11

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫМ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ

студент гр. 10701217 Лютко Р.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Гурский Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Робот-манипулятор – тип промышленных роботов. Такие роботы используют для переноса грузов, сборки, сварки, штамповки и других работ. Ими можно автоматизировать практически любой ручной труд.

Рассматриваемый в данной работе робот состоит из нескольких звеньев, соединенных между собой с помощью управляемых приводов.

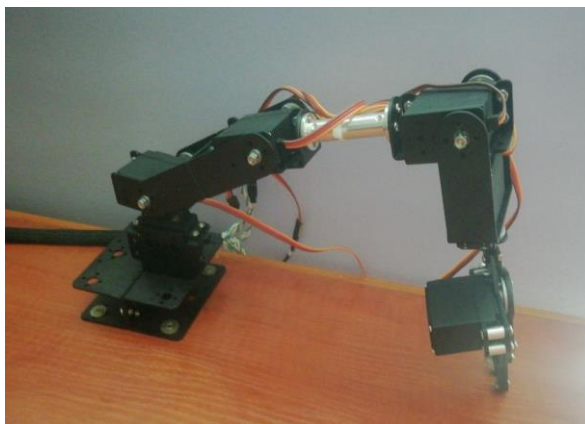


Рис. 1. Внешний вид манипулятора

Для управления приводами используется микроконтроллер [1] – специальная микросхема, сочетающая в себе процессор, набор памяти и периферийные устройства. Это практически полноценный компьютер в миниатюрном исполнении, имеющий возможность управлять другими электронными устройствами - формировать сигналы, отслеживать время, связываться с различными датчиками, считывать положение кнопок и переключателей и многое другое.

Под микроконтроллером не подразумевается законченное устройство – это лишь электронный компонент. Для создания готового устройства микроконтроллер монтируется на печатную плату вместе с другими компонентами - датчиками, кнопками, индикаторами. Конечный набор компонентов выбирается разработчиком устройства.

Существуют универсальные (отладочные) платы, предназначенные для прототипирования устройств. На таких платах установлен только микроконтроллер и базовый набор компонентов для его запуска.

В данной работе используется отладочная плата Blue Pill [2]. Для подключения приводов разработана плата-адаптер с разъемами. Все компоненты устанавливаются на беспаячную макетную плату

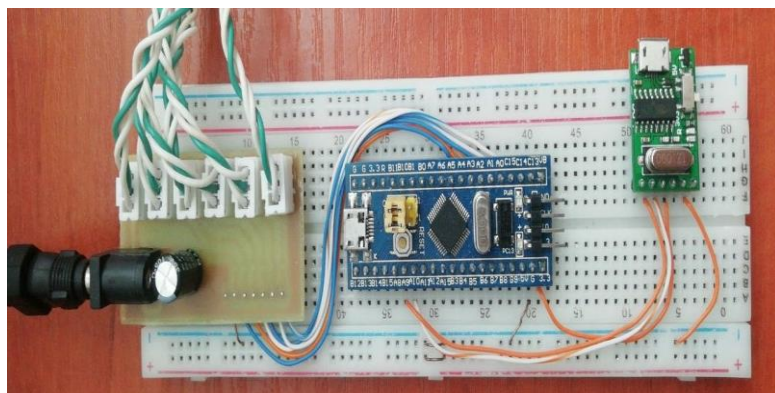


Рис. 2. Внешний вид системы управления

Микроконтроллер программируется на языке C. Программа отвечает за прием команд управления от компьютера и формирование сигналов управления приводами. Для отладки и записи программы применяется отладчик STLink.

Для взаимодействия с устройством предусмотрена разделяемая библиотека. Библиотека написана на C, что позволяет интегрировать ее с другими технологиями, например, с платформой .NET и языком Python.

Разработано приложение для расчета положения приводов манипулятора в заданной точке.

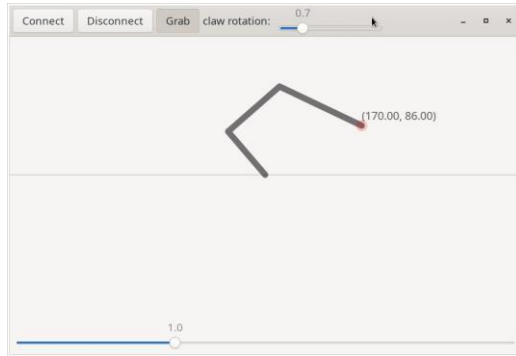


Рис. 3. Внешний вид программы управления манипулятором

Перемещая курсор с зажатой клавишей можно установить положение манипулятора. Если манипулятор подключен, программа пересылает на него команды управления в режиме реального времени.

Для трехмерной визуализации можно использовать физический движок PyBullet. Он позволяет визуализировать положение манипулятора в режиме реального времени, а так же рассчитывать столкновения и взаимодействия с другими объектами.

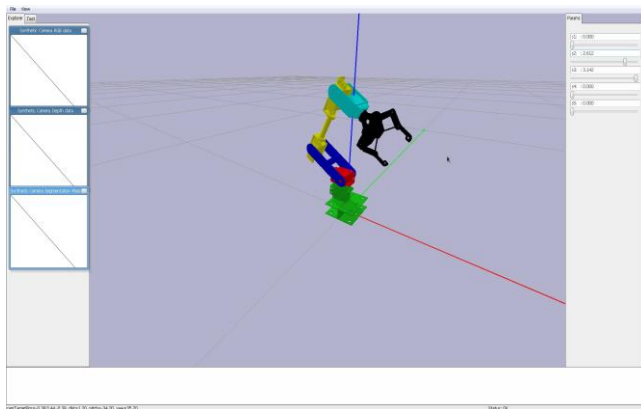


Рис. 4. Внешний вид манипулятора в среде PyBullet

Модель загружается в формате URDF [3], содержащим описание робота. Такой файл можно экспортировать из программы SolidWorks с помощью плагина, или подготовить вручную.

Литература

1. Микроконтроллер. Википедия. [Электронный ресурс]. - Электронные данные. - Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller>. - Дата доступа: 06.05.2021.
2. Начало работы с STM32F103 Blue Pill. [Электронный ресурс]. - Электронные данные. - Режим доступа: <http://fornk.ru/5110-nachalo-rabotys-stm32f103c8t6-blue-pill/>. - Дата доступа: 06.05.2021.
3. URDF. Описание формата [Электронный ресурс]. - Электронные данные. - Режим доступа: <https://web.fs.unilj.si/lakos/rosin/ROS%20Summer%20School/Day%204/urdf/>. - Дата доступа: 05.05.2021.

УДК 621.31.83.52

СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ЗАКАЗОВ ТОРГОВЫХ АВТОМАТОВ

магистрант Орлов В.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Юденков В.С.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Вендинг – быстро развивающаяся отрасль, и как любой вид бизнеса он рано или поздно сталкивается с необходимостью внедрения эффективной и прозрачной системы учета, отражения бизнес-процессов компании в едином месте, доступном сотрудникам согласно уровням доступа.

Задача оптимизации маршрутов движения транспортных средств в логистике с каждым годом становится все более актуальной в связи с тенденцией возрастания стоимости автомобильного топлива и оплаты человеческого труда. В настоящий момент современного развития информационных технологий и подходов, существующие алгоритмы автоматизированного расчета маршрутов грузоперевозок не всегда способны найти наиболее выгодное решение или тратят неоправданно большое время. Рассматриваемая в диссертационной работе подзадача в виде задач коммивояжера и маршрутизации автотранспорта являются актуальными. Основным содержанием работы являются теоретические и прикладные исследования транспортных

задач и их решения, ориентированные на повышение эффективности управления ими, принятия решения с использованием современных методов обработки информации.

Сервис аутентификации и авторизации был разработан на базе модуля Cognito сервисов Amazon. Данный сервис позволяет быстро и просто добавлять возможности регистрации, авторизации и контроля доступа пользователей в мобильные и интернет-приложения. Amazon Cognito масштабируется до миллионов пользователей и поддерживает авторизацию с помощью социальных поставщиков удостоверений (Apple, Facebook, Google, Amazon), а также поставщиков корпоративных удостоверений на основе SAML 2.0 и OpenID Connect.

В качестве мобильной базы данных был выбран SQLite, структура БД представлена на рисунке 1.

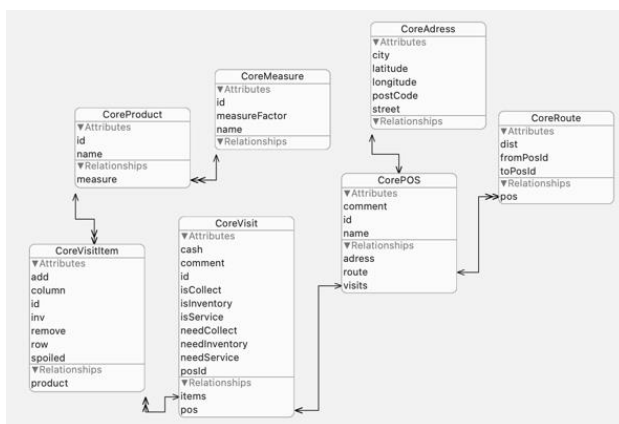


Рис. 1. Схема БД на мобильном устройстве

В качестве сервиса для серверной базы данных рассматривались следующие варианты:

- Amazon Simple Storage Service (S3) – онлайн-веб-служба, предлагаема AWS, предоставляющая возможность для хранения и получения любого объема данных, в любое время из любой точки сети, так называемый файловый хостинг.

- Amazon Relation Database Service (RDS) – это распределенная реляционная база данных от Amazon.com. Это облачный сервис, который обеспечивает пользователей реляционными базами данных для использования в приложении.

- AmazonDB – система управления базами данных класса NoSQL в формате “ключ-значение”, предлагаемая Amazon.com как часть пакета Amzon Web Service.

Выбор сервиса осуществлялся методом анализа иерархий (метод Саати). Критериям выступали:

- простота/скорость разработки/внедрения;
- стоимость обслуживания (аренда сервисов);
- скорость синхронизации с мобильным устройством.

Стоимость обслуживанию оценивалась на основании объективной оценки по количеству и сложности программного кода, времени и сложности пуско-наладочных работ, сложности тестирования. Стоимость обслуживания оценивалась исходя из ценовой политики Amazon, прайс листы доступны на официальном сайте Amazon. Скорость синхронизации проверялось при помощи автоматизированных тестов.

Приоритеты критериев брались на основании фундаментальной шкалы предпочтений. На основе расчетов был выбран сервис S3. Итоговое значение глобальных приоритетов (ГП) представлено в таблице 1.

Таблица 1. Глобальные приоритеты для выбора сервиса серверной БД

	Векторы приоритетов			ГП
	Стоимость обслуживания	Стоимость разработки	Откли к	
	0.683	0.200	0.117	
RDS	0.163	0.333	0.186	0.200
S3	0.540	0.097	0.127	0.403
Дина- моDB	0.297	0.570	0.687	0.397
Суммы				1.000

Литература

1. Т. Саати. «Принятие решений. Метод анализа иерархий»/ В.Е. Дементьев. Перевод с английского Р. Г. Вачнадзе – М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.
2. Amazon Cognito [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aws.amazon.com/cognito/> – Дата доступа: 11.04.2021.
3. Amazon Relational Database Service (RDS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aws.amazon.com/rds/> – Дата доступа: 11.04.2021.
4. Amazon S3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aws.amazon.com/s3/> – Дата доступа: 11.04.2021.
5. Amazon DynamoDB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aws.amazon.com/dynamodb/> – Дата доступа: 11.04.2021.

УДК 621.31.83.52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИРОСКОПА И АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ЗДАНИИ

магистрант гр. 112015 Замана В.А.

Научный руководитель – профессор Прихожий А.А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Технология позиционирования в помещении привлекла внимание исследователей в связи с распространением смартфонов и развитием сенсорных технологий, преимущество которых состоит в том, что датчики получают данные от смартфона напрямую, однако их показания зависят от окружающей среды и иногда отличаются друг от друга, приводя к снижению точности позиционирования. Статья исследует точность инерциальных Android датчиков *акселерометр* и *гироскоп* (таблица 1) с целью выявления ошибок и необходимости калибровки. Для анализа точности и поведения датчиков, выполняются многочисленные тесты. Программное обеспечение для тестирования, реализованное на языке java в ОС Android, выполняет измерения с максимальной скоростью, разрешенной Android, которая составляет примерно 20 и 1,2 миллисекунды на выборку для

акселерометра и гироскопа соответственно. Выходные данные датчиков относятся к ориентации и представляются в системе координат устройства, которая определяется относительно экрана телефона в его ориентации по умолчанию. Ось x горизонтальна и направлена вправо, ось y вертикальна и направлена вверх, а ось z направлена к внешней стороне лицевой стороны экрана [1].

Таблица 1. Встроенные датчики Samsung galaxy s10

Датчик	Название	Диапазон	Средняя частота дискретизации, диапазон
3-х осевой акселерометр	KR3DM	19,61	1,154713 3,512 - 0,589
Гироскоп	K3G	34,91	16,81256 19,300 - 14,380

Тесты проводятся двумя методами: 1) стационарным при нахождении устройства на столе; 2) во время ходьбы при нахождении устройства в руке. Каждый метод тестируется четыре раза: верхняя часть телефона (ось Y) указывает на север, запад, юг и восток. В статье приводятся измерения, относящиеся к северному направлению. Из-за ограничения частоты дискретизации на устройстве, некоторая информация будет упущена.

Был проведен тест для анализа частоты дискретизации каждого датчика. Измерения проводились как в неподвижном положении, так и при движении прибора. Результаты обоих тестов были близкими, они представлены в Таблице 1, столбец 4. В первом методе результаты записывались в течение 20 секунд, когда устройство лежало спиной на столе. Оно было неподвижно, и на него не воздействовала никакая сила, кроме силы тяжести. Второй тест был проведен для анализа выходных сигналов датчиков во время движения. Здесь результаты измерений записывались в течение 20 секунд: 5 секунд стояния покоя, 10 секунд ходьбы на расстояние примерно 15 шагов; и снова 5 секунд стояния покоя. Тест проводился 2 раза: один при ходьбе в направлении на север, а другой при ходьбе в направлении на юг. В статье приводятся результаты измерений, выполненные в северном направлении.

Акселерометр измеряет ускорение [2] по трем осям в m/c^2 . Он оценивает ускорение устройства путем измерения сил, приложенных к

датчику. На измеренное ускорение всегда влияет сила земного притяжения $a_d = -g - \sum F/m$, где a_d – ускорение устройства, g – сила тяжести, F – сила, действующая на устройство, и m – масса устройства. Знак \sum представляет собой сумму по осям x , y и z . В результате, когда устройство находится в свободном падении и, следовательно, ускорение по направлению к земле равно $9,81 \text{ м/с}^2$, его выходной сигнал будет генерировать скорость 0 м/с для всех трех осей. Этот тест показал, что общее ускорение, измеренное в состоянии свободного падения, составило в среднем около $9,66 \text{ м/с}^2$, а не ожидаемое значение $9,81 \text{ м/с}^2$. Стандартное отклонение для общего ускорения $0,08 \text{ м/с}^2$ эквивалентно одному проценту от общего ускорения, что со временем не будет приводить к ошибке.

На рисунке 1 показаны измерения ускорения акселерометра. Как и ожидалось, большая часть активности воспринимается по оси Z устройства. Это связано с тем, что устройство удерживается в руке тыльной стороной к поверхности земли, а сила тяжести

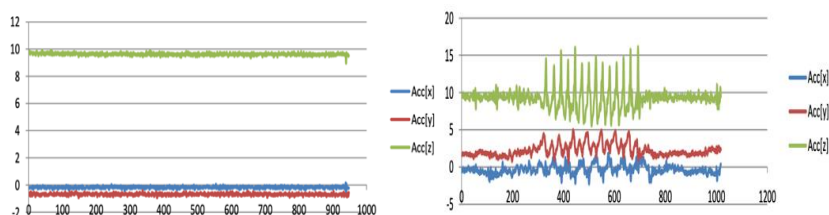


Рис. 1. Выходные данные ускорения в состоянии покоя и при ходьбе (оси x , y , z)

действует в основном на ось z . Сила, приложенная от ступенчатого удара, имеет то же направление, что и сила тяжести, что объясняет резкие пики, обнаруженные по оси z . Некоторая активность, измеряемая по оси Y – это ускорение, обнаруженное в направлении ходьбы, вызванное фактическим движением. Остальное – это сила тяжести, действующая на него, а также ускорение, вызванное наклоном (устройство не держится в руке идеально горизонтально). Ускорение, воспринимаемое по оси x , в основном вызвано гравитационной составляющей и наклоном. Поскольку ходьба осуществляется «прямо» по оси y , не ожидается значительное ускорение по бокам.

Гироскоп. Значения гироскопа выражаются в радианах в секунду и измеряют скорость вращения [2] вокруг осей x , y и z . Вращение

положительное против часовой стрелки. Когда устройство покоится на столе и не движется, значения гироскопа должны показывать величину 0 радиан в секунду. На Рисунке 2 показана измеренная угловая скорость вокруг осей x , y и z , когда устройство неподвижно на столе. (Значения по оси x становятся невидимыми на графике из-за смещения от осей y и z).

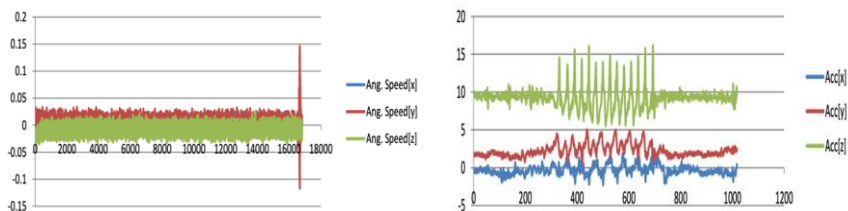


Рис. 2. Угловая скорость в состоянии покоя и при ходьбе

Для расчёта пройденной дистанции использованы формулы (1) и (2).

$$d_n = \sum_{i=0}^n \left(v_i * \Delta t + \frac{1}{2} a_i \Delta t^2 \right) \quad (1)$$

$$v_n = \sum_{i=0}^n (a_i * \Delta t) \quad (2)$$

На рисунке 3 приведен результат вычисления дистанции. Общая длина показанной линии составляет 3 м, что соответствует фактической длине пройденного пути.

В результате тестирования выяснилось, что гироскоп со временем выдаёт погрешность, из-за чего через некоторое время результаты измерений могут немного отличаться от реальности. Перед тем, как использовать данные от гироскопа и акселерометра необходимо откалибровать датчики. Калибровка заключается в следующем: 1) усреднение азимута компаса (для установки исходного угла), 2) измерение линейного ускорения и смещения гироскопа (значения в состоянии покоя) для последующей корректировки показаний. Выяснилось, что погрешность гироскопа и акселерометра не влияют на общий результат.

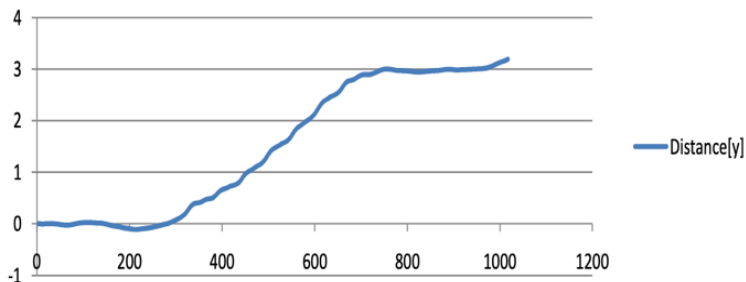


Рис. 3. Траектория пройденной дистанции

Литература

1. Official Android Developer's site [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://developer.android.com/index.html> 05.03.2021.
2. Wikipedia. Gyroscope. Accelerometer [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope> 2011-05-02

УДК 004

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВВОДА ИНФОРМАЦИИ О ПРОПУСКАХ ЗАНЯТИЙ

Ошуковская О.Э., Ковалева И.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Согласно Кодексу об образовании студент может быть отчислен из вуза в случае пропусков учебных занятий без уважительной причины. Поэтому анализ посещаемости является одним из направлений работы старост, преподавателей и работников деканатов. В настоящее время во многих вузах используются различные подходы к автоматизации процесса анализа пропусков студентов. В БНТУ внедрена система электронного журнала, пример которой приведен на рисунке 1.

	18 ФЕБ 2021	25 ФЕБ 2021	25 МАР 2021	01 АПР 2021	08 АПР 2021	15 АПР 2021
Бондаренко Евгений	+	+	2y	+	+	2
Ванюкевич Алексей	+	+	2	2	2	2
Василенко Игорь	+	+	+	2	+	2
Ворожей Роман	+	+	+	2y	Б	2
Ерофеев Владислав	+	+	Б	2y	2	2
Жук Екатерина	2y	+	+	+	+	+
Казимирский Никита	+	+	+	2	+	+
Караник Сергей	+	+	2y	2	+	2
Кармалков Артём	+	+	+	+	Б	2
Клевко Анастасия	Б	Б	+	+	+	+
Луцькинов Иван	+	+	+	+	+	2

Рис. 1. Фрагмент электронного журнала БНТУ

Однако в электронном журнале не предусмотрена возможность автоматического ввода данных о пропусках из журналов групп или журналов преподавателей. Ручной же перенос информации требует временных затрат, может приводить к потере информации. К тому же старосты не всегда вовремя заполняют журналы.

Результаты заполнения журнала старостами ФИТР с 17.04.2021 по 29.04.2021 приведены на рисунке 2. Видно, что информация по многим группам отсутствует.

№	17 АПР (17.04.2021)	18 АПР (18.04.2021)	19 АПР (19.04.2021)	20 АПР (20.04.2021)	21 АПР (21.04.2021)	22 АПР (22.04.2021)	23 АПР (23.04.2021)	24 АПР (24.04.2021)	26 АПР (26.04.2021)	27 АПР (27.04.2021)	28 АПР (28.04.2021)	29 АПР (29.04.2021)
ФИТР 10703219		10 0y 05	0 4y 05	32 0y 05	4 0y 05	24 20y 05					8 0y 05	
ФИТР 10703220	14 20y 35	8 13y 35	7 5y 25	6 6y 15	8 8y 25	6 20y 15	2 2y 15					
ФИТР 10705112	10 0y 05		100%					100%				
ФИТР 10705118	10 0y 05			2 8y 05	6 6y 05	4 0y 05						
ФИТР 10705119												
ФИТР 10705120												
ФИТР 10705212												
ФИТР 10705218	10 2y 05	16 0y 05										
ФИТР 10705219	16 10y 05	34 4y 05	16 4y 05	16 0y 05	6 0y 05	8 6y 05	6 2y 05	9 0y 05	32 0y 05			
ФИТР 10705220		18 4y 05				12 10y 05			11 4y 05	28 10y 05		
ФИТР 10706112	4 0y 95	2 4y 65	22 8y 65	22 8y 125	26 10y 95	2 0y 45	4 0y 85	4 0y 55	4 0y 55	16 0y 125		
ФИТР 10706118	28 4y 05	8 0y 05	2 0y 05	2 12y 05	6 10y 25	0 8y 75	0 4y 45	0 6y 65				8 12y 05
ФИТР 10706119	14 10y 05	12 4y 05	0 2y 05	14 14y 05	0 20y 05	16 14y 05		12 2y 05			26 4y 05	
ИТОГО часов пропусков без уважительной причины:	2944	424	4154	2994	2824	2574	1924	1344	2224	2384	1424	84
ИТОГО часов пропусков по уважительной причине:	1594	144	1164	944	1254	1524	1434	544	724	884	564	124
ИТОГО на болельщиков:	25	10	25	28	29	36	30	24	18	20	20	0
ВСЕГО часов пропусков:	424	46	506	365	378	373	305	164	276	306	178	20

Рис.2. Пример заполнения журнала старостами ФИТР

Поэтому возникает проблема актуального и качественного заполнения данных в электронном журнале. Чтобы сделать работу старост менее рутинной, предлагается автоматизировать ввод информации о пропусках занятий в электронный журнал.

В предлагаемом подходе старостам нужно только отсканировать требуемую страницу журнала группы и загрузить полученное изображение в программу. В программе реализуется ряд операций по предварительной обработке, сегментации и анализу загруженного изображения.

На этапе предварительной обработки изображений страниц журнала выполняется изменение цветового пространства для получения одноканальной версии изображения. Далее используется размытие по Гауссу, чтобы сгладить неравномерные значения пикселей изображения и вычислить среднее значение для определения локального порога. Предусмотрено применение метода адаптивного порога для вычисления локального порога в соответствии с распределением яркости различных областей изображения.

Данные о пропусках в журналах групп размещены в ячейках таблицы. Поэтому на этапе сегментации выделяются линии (рисунок 3) и вычисляются координаты их пересечений.

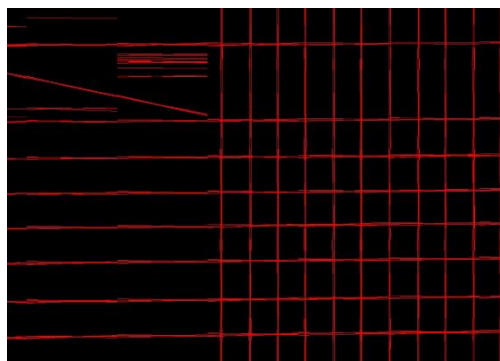


Рис. 3. Визуализация этапа «Сегментация линий»

Для сегментации линий используется алгоритм Hough [1]. Была выполнена настройка этого алгоритма, в результате которой удалось

определить параметры, позволяющие выделять требуемые фрагменты таблицы. На основании полученных данных далее последовательно сегментируются ячейки таблицы.

Для обоснования и разработки алгоритма распознавания данных в ячейках была проанализирована информация, которая заносится в ячейки старостами. Оказалось, что в ячейки могут быть либо пустыми, либо в ячейках могут храниться цифры «1» или «2». Сложность автоматического распознавания этих цифр состоит в том, что цифры – рукописные символы, написанные разными почерками. Поэтому для распознавания цифр были разработаны два алгоритма, параллельное использование которых повышает качество распознавания.

В первом алгоритме подсчитывается количество черных пикселей в ячейке. Как видно из рисунка 4, контур цифры «2» при написании «больше» или «длиннее», чем контур цифры «1». Поэтому количество черных пикселей (площадь изображения) для цифры «2» больше, чем для цифры «1». Был подобран порог по количеству черных пикселей для разделения «1» и «2».

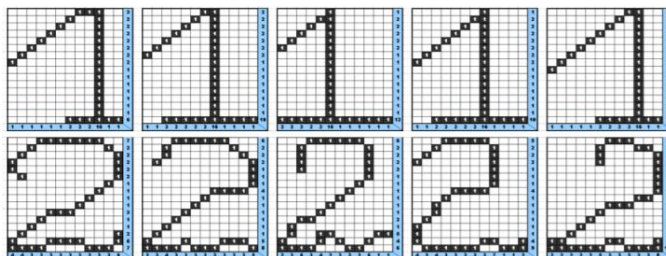


Рис. 4. Различные способы написания цифр

Т.к. некоторые старосты могут писать «маленькие» цифры «2», то для повышения качества распознавания параллельно используется второй алгоритм.

Второй алгоритм распознавания построен на основании так называемого «метода зондов», в котором распознавание ведется по числу пересечений контура цифр с прямыми, расположенными специальным образом (рисунок 5).

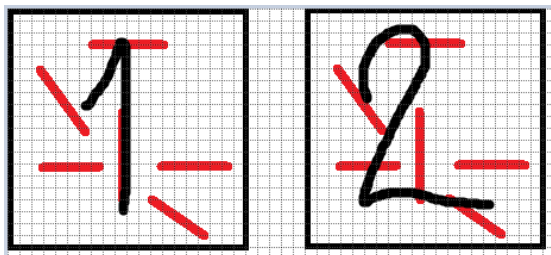


Рис. 5. Схема расположения зондов для распознавания цифр

Программа реализована на языке Python, используются библиотеки OpenCV и Numpy.

Литература

1. Преобразование Хафа [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Преобразования_Хафа (дата обращения: 05.05.2021).

УДК 621.31.83.52

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОНЛАЙН-ВЫБОРЕ ТОВАРА В ИНТЕРНЕТЕ

Рахманько А.И., Ковалева И.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Согласно отчету Digital 2021, опубликованному We Are Social и Hootsuite, во всем мире за последний месяц 76,8% интернет-пользователей в возрасте от 16 до 64 лет совершали онлайн-покупки с любых устройств. Искали в Сети продукт или сервис для покупки 81,5% интернет-пользователей, посещали интернет-магазины — 90,4%, использовали приложения для шопинга — 69,4% (рисунки 1).



Рис.1. Данные отчета Digital 2021

Потребительские товары в интернете в 2020 году приобретали 3,47 млрд людей во всем мире. Объем этого рынка вырос на 25,7%, составив \$2,44 трлн. [1].

На сайтах, как правило, представлено большое количество предложений. Пользователь при этом должен сам изучить все предложенные ему варианты, сравнить похожие и только потом остановиться на одном, удовлетворяющем его потребности. Проблема выбора чаще всего бывает достаточно сложной. Поэтому на большинстве сайтов предусмотрены различные фильтры, позволяющий сократить количество вариантов, предлагаемых пользователю для сравнения. Однако, даже после фильтрации, количество предлагаемых вариантов может быть настолько большим, что затруднит выбор оптимального из них. Главный недостаток в том, что пользователю придется просматривать большое количество информации, прежде чем он определится с выбором нужного товара.

В разрабатываемой системе для сокращения информации, предоставляемой пользователю для анализа, используется многокритериальный подход [2].

На первом этапе на основании ограничений, заданных пользователем, формируется так называемое Паретовское множество альтернативных решений. Для выбора из этого множества окончательного решения используется несколько подходов.

Во-первых, это – формирование обобщенного критерия на основании аддитивной свертки локальных критериев. Пользователь может заранее указать важность каждого из критериев, по которым он предпочитает выбрать интересующий его товар. Система отсортирует Паретовское множество альтернативных решений, поместив в начале списка предложения, имеющие оптимальное значение обобщенного критерия.

Во-вторых, выбор наилучшего предложения может вестись на основании максиминного или минимаксного подходов к принятию решений.

Выбор окончательного решения может вестись и на основании критерия «близость к идеальной точке».

Предлагаемый подход апробирован при разработке сайта по выбору варианту аренды коттеджей и загородных помещений.

Сайт реализован на языке JavaScript с использованием HTML/CSS.

Литература

1. Как в 2020 году росли рынки e-commerce в разных странах? [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://belretail.by/news/kak-v-godu-rosli-ryinki-e-commerce-v-raznyih-stranah> (дата обращения: 10.05.2021).

2. Теория принятия решений: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. Б. Петровский. - М. : Издательский центр «Академия», 2009. - 400 с. - (Университетский учебник. Сер. Прикладная математика и информатика).

УДК 621.31.83.52

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПОЛИКЛИНИКИ»

Атрашевская Д.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Куприянов А.Б.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Создание информационной системы «Личный кабинет пациента поликлиники» позволит автоматизировать работу регистратуры поликлиники таким образом, что вся документация поликлиники будет храниться на одном ресурсе, а персонал поликлиники будет избавлен от необходимости ведения бумажной документации.

Разработанное Web-приложения предоставляет возможность пациентам дистанционно бронировать талоны к необходимым врачам и проверять свою медицинскую карту. Также в приложении предусмотрена административная часть, с помощью которой персонал поликлиники сможет управлять информационной системой: редактировать данные врачей, медицинские карты пациентов, добавлять талоны для бронирования и следить за статистикой приложения.

В ходе планирования и реализации проекта были произведены следующие действия:

- Рассмотрены существующие аналоги разрабатываемого программного продукта, и на основе выявленных в них достоинствах и недостатках, были составлены требования по разработке;
- Проведен анализ основных функций разрабатываемого программного модуля, разработан алгоритм работы пользователей с приложением;
- Разработан и протестирован программный модуль Web-приложения;

На рисунке 1 представлена концептуальная модель базы данных.

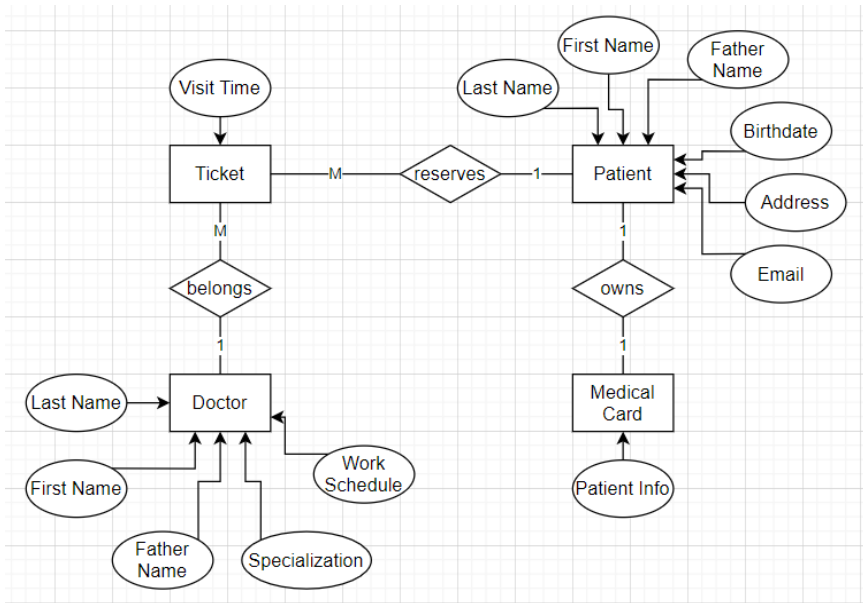


Рис.1. Концептуальная модель базы данных

На рисунке 2 представлен личный кабинет пациента приложения.

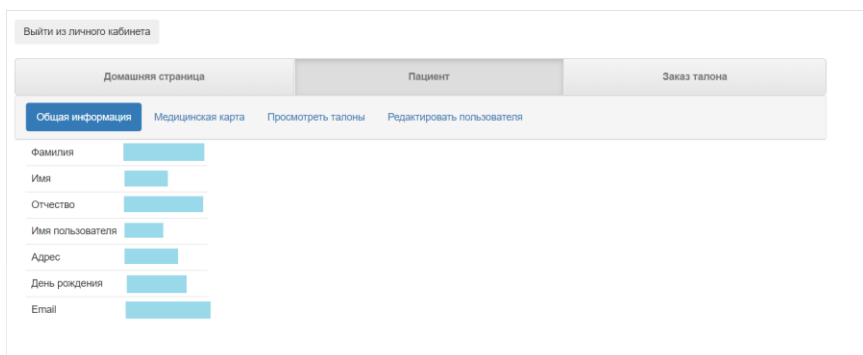


Рис. 2. Личный кабинет пациента приложения

Для реализации приложения были выбраны следующие инструменты и технологии: Java, Spring Framework, MySQL. Благодаря тому, что разработанное приложение является Web-приложением, одновременно к нему сможет подключиться большое количество

пользователей. Также приложение имеет простой и удобный интерфейс, который не потребует существенных временных затрат для изучения его специфик и особенностей.

Созданное приложение позволяет упростить процесс доступа к регистратуре поликлиники для пациентов и упростить обслуживание пациентов для персонала поликлиники.

Литература

1. Habr [Электронный ресурс] / Пишем простое Web-приложение используя Spring MVC, Spring Data JPA и Hibernate – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/479286/>, свободный – Загл. С экрана – Яз. рус.

2. InfoShell [Электронный ресурс] / Разработка Web-приложений – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://infoshell.ru/blog/razrabotka-veb-prilozhenij/>, свободный – Загл. С экрана – Яз. рус.

2. РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.318

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

студент гр. 10703118 Дигаленя И.К.

Научный руководитель – ст. преподаватель Матрунчик Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

При эксплуатации резервуаров с водой возникают проблемы утечек, затопления, часть воды может испаряться под воздействием солнечных лучей, если эксплуатация ведется под открытым небом. Для своевременного устранения подобных проблем и упрощения контроля за объектом, стоит задача автоматизации данной системы. Для реализации проекта необходимо создание схемы макета устройства и функциональной схемы устройства, а также алгоритма работы. [1]

Предложенная система позволяет определить при помощи двух датчиков уровня контроля жидкости сколько воды находится в резервуаре в данный момент. Контроль жидкости дополнительно отображается индикаторами – светодиодами. Исходя из этого значения, оператор принимает решение о целесообразности заполнения резервуара водой при помощи кнопок управления клапаном и двигателем, к которому подключен насос. Заполнение резервуара водой осуществляется до уровня верхнего датчика в автоматическом режиме.

Продуман процесс ложных срабатываний. Насос не запустится, если клапан не открыт и резервуар заполнен водой. Клапан нельзя закрыть, если не отключен насос. Клапан не открыть, если резервуар заполнен водой. Для возможности работы системы в автоматическом режиме необходимо запрограммировать контроллер Arduino Uno при помощи приложения Arduino IDE. [2]

На схеме изображено 6 тактовых кнопок. Нижние служат в роли кнопок, верхние выполняют роль имитации датчиков воды. При их нажатии можно симулировать состояние, когда резервуар заполнен водой до определённого уровня. Это удобно для процесса демонстрации. Светодиоды показывают сработали датчики или нет. Кнопки, имитирующие датчики, подключены к пинам 11 и 12 и через резисторы 10 кОм к GND. [3]

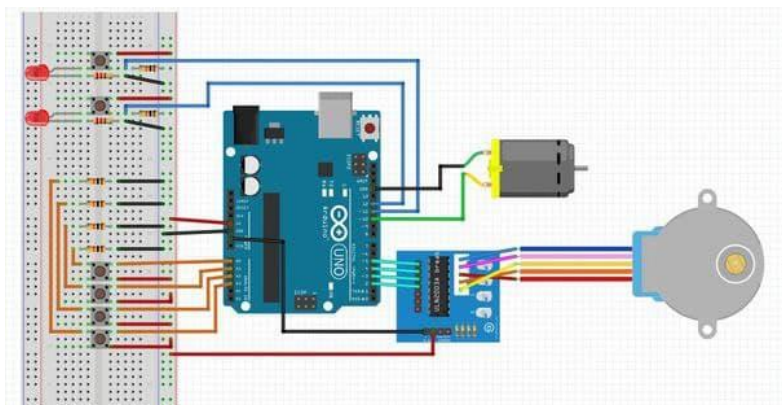


Рис. 1. Схема модели объекта, созданная в программе Fritzing

К плате Arduino Uno подключаются два датчика типа "сухой контакт", шаговый двигатель, двигатель (насос), кнопки управления. К этим же линиям подключены светодиоды, которые вторым концом через токоограничивающие резисторы подключены к земле. В нормальном состоянии линии через резисторы подтянуты к GND, что соответствует логическому 0. Светодиоды при этом не горят.

Второй контакт кнопок подключен к 5V. При нажатии на кнопку пин arduino (линия) подключается к 5V. На arduino поступает логическая 1. Светодиод загорается.

Управление осуществляется четырьмя кнопками. Один вывод каждой кнопки подключен к 5V. Вторые выводы подключены к пинам A0, A1, A2, A3 платы Arduino Uno.

Линии A0, A1, A2, A3 подтянуты к GND резисторами 10 кОм. В нормальном состоянии сигналы на линиях соответствуют логическому 0. При нажатии - логической 1. Всё так же, как и описано выше, но без светодиодов.

Насос подключен к пину 10 arduino. Вторым выводом он подключен к GND. Когда на пине 10 логическая 1 (5V) то насос запускается. и наоборот. [4]

Шаговый двигатель подключен через повторяющий драйвер.

Когда кнопка нажата, то на ножку приходит 5 вольт, плата понимает, что нажали кнопку. Если отпустить, то напряжение через подтягивающий резистор уйдёт до нуля. и плата на это отреагирует.

Насос управляется ножкой 10. То есть это цифровой выход. Когда на него приходит 5 вольт, мотор запускается. Если напряжение 0 вольт, то мотор не запустится.

Резисторы 10 кОм шунтируют входы микроконтроллера на землю, когда кнопка не нажата. Если не зашунтировать, то напряжение на входе может скакать, что может привести к ложным срабатываниям системы.

Был создан простой и наглядный проект автоматизированной насосной станции. В последующем он может усложняться и модернизироваться. Так, например, при помощи добавления датчиков влажности, температуры и давления, модель можно переработать в полноценный рабочий бойлер.

Литература

1. Arduino.ru [Электронный ресурс] / Управление наполнением емкости и поливом – Режим доступа: <http://arduino.ru/upravlenie-napolneniem-emkosti-i-polivom/>. - Дата доступа: 09.05.2021

2. All Arduino [Электронный ресурс] / Программирование Arduino. – Режим доступа: <https://all-arduino.ru/programmirovanie-arduino/>. - Дата доступа: 10.04.2021

3. Arduinomaster [Электронный ресурс] / Датчики и модули Arduino. – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/>. - Дата доступа: 30.04.2021

4. Maxfad [Электронный ресурс] / <https://maxfad.ru/programmer/osnovy-arduino/646-upravlenie-pogruzhnym-nasosom-na-arduino.html> / Дата доступа: 06.05.2021

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА «УМНЫЙ ДОМ»

студент гр. 10703220 Осмоловский Д.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Воюш Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Под термином «умный дом» понимается система домашней автоматизации. Это комплекс устройств, которые предназначены для принятия решений и выполнения рутинные задачи по дому. Умный дом формируется в личном домашнем хозяйстве в отдельно взятой квартире.

Работа умного дома основана на принципе выполнения команд, получаемых центральным контроллером, от человека или от датчика. Вы можете попросить систему приготовить утром кофе, включить кондиционер или ослабить освещение, а центральный процессор после обработки команды отправляет ее нужному прибору. В зависимости от предпочтений пользователя, управление центральным контроллером осуществляется посредством голосовых команд, пульта управления или смартфона.

Умный дом состоит из различных систем и устройств:

1. Система отопления, вентиляции и кондиционирования с возможностью дистанционного управления;
2. Система контроля за освещением;
3. Интеллектуальные счётчики, умные сети и решения, интегрированные с ними;
4. Система безопасности, работающая совместно с другими системами умного дома;
5. Датчики протечки, дыма и другие датчики;
6. Системы внутреннего позиционирования.

Рассмотрим одну из самых популярных систем «умного дома», а именно систему управления освещением. Оно даже имеет своё собственное название – «умный свет».

«Умный свет» – это система, которая включает в себя осветительные приборы и электронные системы, которые позволяют управлять ими. Осветительные компоненты подразделяются на: флуоресцентные лампы, диодные лампы, ксеноновые лампы и другие.

Основу таких систем составляют диммеры и умные лампы, работающие в тандеме с датчиками, реагирующие на один из параметров, например, присутствие человека, движение, уровень освещенности, будут передавать соответствующий сигнал прибору, а они в свою очередь реагируют на полученную информацию. В результате приборы самостоятельно без непосредственного участия человека могут изменить нужный параметр в нужном помещении. При ручном управлении освещением использование электроэнергии выше, чем это необходимо в действительности. Лампочки, которые были забыты случайно - не редкость. Благодаря современным технологиям удастся заметно сократить расходы электричества. Экономия составляет от 5 до 10% и более. Так же «умное освещение» тесно связано с другими инженерными сетями дома, что в дальнейшем позволяет еще больше экономить на потреблении электрической энергии в помещении.

На данный момент есть три основных способа регулировки яркости световых приборов в доме использую систему «умного освещения». Первый подразумевает применение пульта ДУ, второй – специальной панели на стене, третий – автоматическое изменение яркости через заданный промежуток времени (предыдущий раздел).

Световые сцены – ещё одна дополнительная функция автоматического управления светом, она позволяет запоминать последовательность нескольких подключённых источников света и повторять их по нажатию одной кнопки. Практичный и удобный вариант, подходящий для квартиры или дома. Так же в последние года система умного освещение устанавливают в загородных. Специальные датчики регулируют работу наружных светильников, регистрируя изменение длины светового дня и поступающего света. Электрические устройства активируются с наступлением темноты. Чем темнее на улице, тем ярче искусственное освещение. Ещё в данных системах предусмотрен ночной режим, когда приборы активируются только при присутствии человека. Использовать автоматическое управление светом в составе системы «умного дома» следует только тогда, когда вы преследуете одну или несколько целей: практичность в эксплуатации осветительных приборов, экономия электрической энергии и защита недвижимого имущества от злоумышленников путем имитации присутствия. Вопреки высокой стоимости установки, она быстро себя окупает.

Литература

1. Организация и управление светом в системе «Умный дом» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://220.guru/osveshhenie/istochniki-sveta/sistema-osveshheniya-umnyj-dom.html>
2. Умный свет: возможности по управлению освещением. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/gsgroup/blog/395155/>
3. Умный дом. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://iot.ru/wiki/umnyy-dom>

УДК 621.318

СОЗДАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ СОРТИРОВЧНОЙ РТС

студенты гр. 10703117 Пилипчук И.В., Селивончик С.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Матрунчик Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Основной целью внедрения роботизированных систем и автоматических роботов в производственные процессы является замена либо оптимизация человеческого труда в сферах или задачах, в которых его использование нерентабельно, опасно либо является источником ошибок. Исключив человеческий фактор в некоторых аспектах, предприятия снижают процент брака и повышают производительность за счет увеличения скорости и точности рутинных операций. Современные роботы, могут использовать «умные» технологии, которые отличаются многофункциональностью, а именно они могут выполнять целый спектр задач в зависимости от программных настроек.

Для компании больших масштабов, необходима быстрая и точная сортировка грузов в складских помещениях. Выполняя работу на складе вручную, затрачивается большое количество времени, но даже если временные ресурсы не значительны для таких компаний, то ошибки при сортировке вызывают к возвратам и убыткам для компании.

Внедрение системы автоматической сортировки повысило бы производительность склада, что естественно приносит прибыль предприятию.

На рисунке 1 представлена модель сортировочной системы на базе микроконтроллера Arduino.

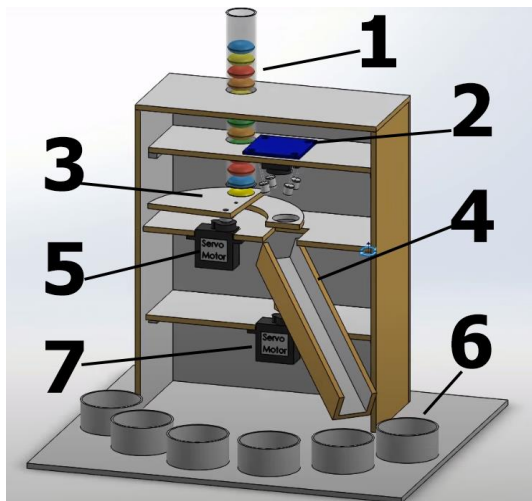


Рис. 1. Модель макета сортировочной системы на базе микроконтроллера Arduino: 1-загрузочный отсек для заготовок; 2-датчик определения цвета; 3-передвигающаяся паллета с направляющей; 4-передвигающаяся наклонная платформа сортировки; 5-сервопривод управления паллетой; 6-отсеки с отсортированными заготовками; 7-сервопривод управления наклонной платформы

Алгоритм управления – это последовательность команд управления объектом, приводящая к достижению заранее поставленной цели.

Целью управления является правильное определение цвета и доставка заготовки в нужную область, а также точное позиционирование заготовки на передвигающейся платформе.

В данной курсовой работе алгоритм управления будет представлен следующим образом:

- 1) Взять заготовку.
- 2) Положить заготовку в загрузочный отсек (рис.1 №1).
- 3) Заготовка попадает в отверстие передвигающейся платформы (№3 на рис.1).

4) Далее заготовка перемещается под датчик цвета (№2 на рис.1) посредством сдвига сервоприводом (№5 рис.1) платформы.

5) После того как датчик определил цвет заготовки, сигнал отправляется на микроконтроллер.

6) Микроконтроллер в свою очередь отправляет управляющий сигнал, определяющий угол поворота сервопривода №7 на рис.1, в зависимости от цвета заготовки.

7) Передвигающаяся платформа перемещает заготовку на позицию №6 на рис.1, для сброса.

8) Заготовка падает в контейнер, соответствующей цвету сортировки.

После того как в загрузочном отсеке не осталось ни одной заготовки, передвигающаяся платформа будет повторять пункт 4 и возвращаться на место приема заготовки, пока не будет выполнен пункт 3.

После установки сортировочных линий на предприятии решаются следующие проблемы на складе:

- уменьшение времени работы склада;
- уменьшение ошибок за счёт уменьшения вмешательства работников в процесс сортировки;
- уменьшение обслуживающего штата на складе.

В итоге может получиться расширяемая система с возможностью к внедрению в систему дополнительных направлений сортировки, установки дополнительных модулей и конвейерных линий.

Литература

1. Хапкина И.К., Хапкин Д.Л. Технические науки. Алгоритм управления роботами /И.К. Хапкина, Д.Л. Хапкин. - Известия ТулГУ, 2015
2. Момот М.В. Мобильные роботы на базе Arduino /М.В. Момот. –Бхв-Петербург,2017.

ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ

студент гр. 10703216 Федорченко Д.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Гутич И.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Резюме – для учёта, распределения и изменения уровня электроэнергии в промышленности и быту используются электрические подстанции, но на их обслуживание и эксплуатацию уходит значительное число сил и средств, что можно решить с помощью нового технического решения такого как цифровизация.

Summary - Electrical substations are used to meter, distribute and change the level of electricity in industry and everyday life, but their maintenance and operation takes a significant amount of effort and money, which can be solved with the help of a new technical solution such as digitalization.

В настоящее время цифровую подстанцию описывают по-разному, так как не существует устоявшегося описания. Эффективность использования данных подстанций ещё следует изучить, но это вопрос времени и статистики. На данный момент отечественные энергетики разрабатывают общий метод программно-аппаратного комплекса, для внедрения автоматизации процессов распределения, передачи, преобразования электроэнергии в масштабах страны. После того как начали разрабатывать проекты автоматической системы управления технологическим процессом подстанции прошло не мало времени, что привело к появлению более совершенных и надёжных программных и аппаратных средств, используемых на электрических подстанциях. Были разработаны и стали эксплуатироваться высоковольтные цифровые трансформаторы тока и напряжения; производятся микропроцессорные контроллеры с инструментальными возможностями создания на их базе высокоскоростного и надёжного программно-аппаратного комплекса подстанции; ввели в эксплуатацию первичное и вторичное электросетевое оборудование с наличием коммуникационных портов; был утверждён международный стандарт МЭК 61850, оговаривающий представление данных о подстанции как автоматизированном объекте, а вместе с ним протоколы

требующиеся для передачи цифровых данных элементами подстанции, в том числе и данных устройств релейной защиты и автоматики, телемеханики, телесигнализации, контроля и управления, счётчиков электрической энергии, автоматики для предотвращения аварий и т.д.

Данные нововведения открывают возможность построения подстанции нового поколения – цифровой подстанции, что позволяет передавать все потоки информации в цифровом виде при проведении сбора, мониторинга, управления и анализа данных подстанции.

Данные нововведения предоставляют возможность для создания более автономной электрической подстанции – цифровой подстанции, которая поддерживает передачу данных между её элементами в цифровом виде, что открывает более надёжный и качественный сбор всех данных подстанции, их мониторинг и анализ, а также управление самой подстанцией.

Использование передачи информации в цифровом виде на всех уровнях управления подстанции позволяет обеспечить единую систему для включения в неё систем анализа всех уровней: контроля потребления, контроля релейной защиты и автоматики и т.д., что в свою очередь позволит уменьшить недочёты при контроле потреблённой/поступившей электроэнергии за счёт уменьшения количества ошибок в системе подстанции. Данные возможности позволят снизить эксплуатационные и капитальные затраты на обслуживание подстанции, а также повысить безопасность и надёжность микропроцессорных устройств всех уровней системы подстанции. Использование протокола МЭК 61850 позволяет обеспечить более надёжные и быстрые каналы связи для всех уровней управления подстанции, а также организовать взаимозаменяемость оборудования за счёт использования единого протокола.

Обмен данными в цифровом виде на всех уровнях контроля подстанции даёт возможность получить такие достоинства как:

- Упрощение и удешевление конструкции микропроцессорных интеллектуальных электронных устройств за счёт исключения вводов аналоговых сигналов;
- Значительно уменьшить затраты на кабельные вторичные цепи и каналы их прокладки, приравняв источники цифровых сигналов к первичному оборудованию;

- Унифицировать интерфейсы микропроцессорных интеллектуальных электронных устройств и значительно упростить взаимозаменяемость данных устройств (в том числе совместимость оборудования на уровне разных производителей) и др.;

- Повышение электромагнитной совместимости вторичного оборудования – вторичных цепей и микропроцессорных устройств с помощью перехода на волоконно-оптические линии связи.

Целями создания цифровых подстанций, в основном, являются уменьшение капитальных затрат, а также затрат на обслуживание. Капитальные затраты снижаются за счёт использования цифровых каналов связи с цифровым оборудованием по всей подстанции и уменьшения количества кабельных линий с меньшим использованием пространства под них, а также их монтаж. Затраты на обслуживание снижаются за счёт повсеместного упрощения эксплуатации цифрового оборудования, повышения точности измерений, улучшения отказоустойчивости оборудования, а также полного контроля и мониторинга за состоянием всего оборудования.

Построение цифровой подстанции начинается с замены имеющегося или установки нового цифрового оборудования в виде интерфейсных цифровых интеллектуальных модулей и замены или добавлении новых датчиков. При использовании старого основного оборудования подстанции его требуется модернизировать и дооснастить цифровыми необслуживаемыми датчиками и полевыми контроллерами, твердотельных исполнительных модулей. Данное оборудование будет поддерживать цифровой съём информации и передачу по протоколу МЭК 61850 для объединения его в общую систему, что позволит всему оборудованию обмениваться данными между собой для скорости и надёжности работы всей подстанции. Для передачи измерительных данных по подстанции используется шина процесса, на которую приходят данные с цифровых устройств, а для остальных типов данных используются отдельные шины так как измерительные данные сильно загружают шину и требуется их постоянное поступление, а передача сторонних данных может нарушить передачу. Для согласования всего оборудования имеется шина точного времени, которая передаёт сигнал точного времени на цифровое оборудование. Шина подстанции используется для передачи данных релейной защиты и автоматики, телеизмерений и телесигнализации. Также

требуется точная и сложная настройка всех локальных вычислительных сетей для адресации данных нужным устройствам подстанции, чтобы не получилось путаницы с данными пришедшими не по тому адресу. При построении подстанции от 110 кВ измерительные каналы дублируются и идут по двум линиям связи, принадлежащим разным вычислительным и электрическим (шина, запитанная от другого источника) сетям, для надёжности системы при выходе из строя одного из источников питания. Для передачи разного рода данных используются свои протоколы такие как: GOOSE для релейной защиты и автоматики, SV для передачи значений тока и напряжения от измерительных трансформаторов, MMS для сбора данных телесигнализации и телеизмерений, PRP для параллельного резервирования, РТР для синхронизации времени на устройствах подстанции. После интеграции с АСУ ТП всех элементов подстанции мы получим полный мониторинг всех событий, возможность удалённого контроля и управления, быстрый и надёжный обмен данными, безопасное производство, расширение количества функций в каждом терминале (цифровом устройстве).

Литература

1. Цифровая подстанция – важный элемент интеллектуальной энергосистемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mobile.ruscable.ru/article/1499/>. – Дата доступа: 19.03.2021.
2. Цифровые подстанции. Российские и зарубежные: НТД, опыт, примеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elen-sis.ru/2019/04/20/>. – Дата доступа: 21.03.2021.

УДК 004.75

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В СИСТЕМЕ УМНЫЙ ДОМ НА ОСНОВЕ МОДУЛЯ ESP-12

студент гр. 10703217 Русак Е.О.

Научный руководитель – ст. преподаватель Воюш Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Умный дом – совокупность аппаратно-программных средств, реализующих функцию автоматизации жилого помещения. В эту совокупность входят различные датчики, исполнительные устройства, устройства управления и оповещения. Для обеспечения функционирования такой системы все ее элементы должны быть связаны друг с другом для обмена информацией.

Стандартный вариант организации такой связи при помощи проводов имеет множество недостатков, поскольку провода прокладываются либо в стене, либо в коробах, что в некоторых случаях невозможно, в некоторых не эстетично, а при необходимости ремонта либо модификации системы возникнет целый ряд сложностей. К тому же при такой реализации устройства управления и оповещения всегда привязаны к одному месту, и изменить их расположение без реорганизации системы будет невозможно.

Организовать связь устройств без использования проводов можно при помощи технологии интернета вещей. Интернет вещей – сеть передачи данных между физическими объектами (устройствами), оснащенными встроенными средствами для взаимодействия друг с другом или с внешней средой.

Простым и экономичным способом организации такой сети интернета вещей является модуль ESP-12 с Wi-Fi интерфейсом. В основе модуля лежит 32-битный процессор ESP8266 с тактовой частотой 80 MHz и Wi-Fi интерфейсом, который и позволяет модулю получать доступ в интернет. Помимо Wi-Fi интерфейса модуль имеет шины UART, SPI и I2C, что позволяет организовать обмен информацией с другими микроконтроллерами. Также ESP-12 поддерживает 4 режима энергопотребления: обычный – до 100 мА; modem sleep – около 15 мА; light sleep – около 0.4 мА; deep sleep – около 15 мкА.

Так как наибольшее потребление тока идет на поддержание Wi-Fi соединения, режим modem sleep является предпочтительным, так как

в этом режиме контроллер отключает Wi-Fi между интервалами маяка DTIM, устанавливаемым маршрутизатором, что позволяет обеспечить длительное время автономной работы модуля.

Функциональное назначение выводов показано на рисунке 1.

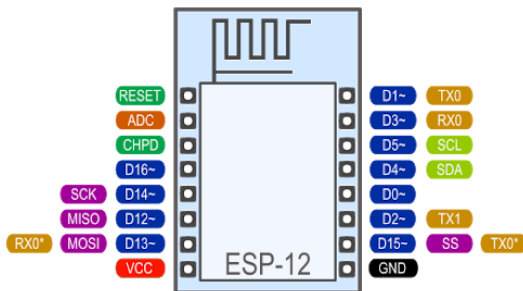


Рис. 1. Функциональное назначение вводов-выводов модуля ESP-12

Для программирования модуля существует несколько способов. ESP-12 поставляется со стандартной прошивкой SDK, позволяющей настраивать модуль при помощи т.н. AT-команд, поданных по интерфейсу UART. Такой метод даже не требует навыков программирования, команды просто подаются на модуль последовательно. Список команд можно найти в документации к модулю. Команды могут быть поданы как с другого микроконтроллера, так и с компьютера. В последнем случае понадобится преобразовать интерфейсов USB-UART.

Второй способ – написание собственной прошивки на языке C/C++. Для этого необходимо установить дополнительный набор библиотек для программирования ESP8266 в любую среду программирования микроконтроллеров (напр. Eclipse). Поскольку AT-команды несовершенны и не позволяют в полной мере раскрыть возможности МК ESP8266, то данный метод является самым оптимальным.

При использовании ESP-12 для организации беспроводных связей между исполнительными устройствами системы умный дом внутри локальной Wi-Fi сети достаточно лишь программно описать обращения к локальным IP-адресам, однако при использовании ESP-12 для

реализации функций удаленного мониторинга и управления системой по сети интернет возникает две проблемы: во-первых – интернет провайдер выделяет домашнему маршрутизатору динамический IP-адрес; во-вторых – в домашней Wi-Fi сети может присутствовать множество устройств, которые в сети интернет будут иметь одинаковый IP-адрес, выделяемый провайдером роутеру.

Первую проблему с динамическим IP-адресом можно решить при помощи бесплатного сервиса динамических DNS (DDNS). Этим сервисом будет выделен IP-адрес, который будет привязан к доменному имени и будет изменяться по мере изменения домашнего IP-адреса.

Вторая проблема решается при помощи настройки перенаправления портов в домашнем роутере. Необходимо указать локальный IP-адрес модуля и порт, с которого будет происходить перенаправление. Некоторые порты используются интернет-службами, поэтому стоит использовать диапазон от 10200 до 10300. Также необходимо в настройках DHCP задать постоянный IP-адрес для MAC-адреса модуля. В результате осуществлять управление и мониторинг системы можно через интернет браузер, введя в адресную строку доменное имя, выбранное при регистрации в DDNS и указав порт, выбранный ранее.

Таким образом, модуль ESP-12 может использоваться как простое и дешевое средство для организации сети интернета вещей, которая в системе умный дом позволяет реализовать функции беспроводного общения между исполнительными устройствами и датчиками, удаленного мониторинга и управления системой по сети интернет, в целом делает систему более простой, гибкой, легко модифицируемой.

Недостатком такого решения является то, что модуль для связи использует Wi-Fi, т.е. вся система умного дома будет функционировать лишь при наличии активной и доступной Wi-Fi сети.

Литература

1. Алгуриев Р.М., Махмудов Р.И., Интернет вещей // Информационное общество. – 2013. -№ 3, 42-48 с.
2. Столлингс В., Компьютерные сети, протоколы и технологии интернета // В. Столлингс. – СПб.: BHV, 2005. - 832 с.
3. Уилмсхерст Т., Разработка встроенных систем // Т. Уилмсхерст. - СПб.: Корона-Век, 2015. - 544 с.

УДК 621.318

УСТРОЙСТВО И РАБОТА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО УКЛАДКЕ ХЛЕБЦОВ

студент гр. 1076116 Борищук В. В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лившиц Ю.Е.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Назначение

Технологический процесс упаковки хлебцов начинается операцией съёма продукции с выходного транспортёра производящего оборудования. Как правило, темп поступления продукции настолько высокий, что требуется несколько работников для того, чтобы успевать снимать всю продукцию с заданной скоростью. Более того, обычно продукцию нужно не просто снимать, но и укладывать определённым образом, формируя стопки пластин хлебцов, которые затем попадают в упаковочную машину.

Для повышения эффективности работы фильтрационного оборудования необходимо внедрение робототехнического комплекса (РТК). Промышленный робот позволяет увеличить скорость укладки пластин хлебцов, заменяя таким образом несколько человек. Режим работы робота полностью подчиняется задачам технологического процесса.

Устройство и работа стэнда

Электрооборудование предназначено для питания и управления транспортной системой, осуществляющей транспортировку пластинок хлебцов от жарочных машин до загрузочного транспортера упаковочной машины.

Транспортная система представляет собой три одинаковые транспортные линии. В состав каждой линии входит робот-укладчик, осуществляющий формирование наборов хлебцов и выходной конвейер, осуществляющий транспортировку наборов хлебцов к транспортеру упаковочной машины.

Система управления смонтирована в шкафу управления и включает в себя универсальный машинный контроллер серии NJ фирмы «Omron», компактные сервоприводы семейства Accurax G5 фирмы «Omron», систему технического зрения серии FH фирмы «Omron», панель оператора серии NA фирмы «Omron».

Подключение системы управления представлено на схеме электрической принципиальной (рисунок 1).

Связь между компонентами системы управления осуществляется по сети EtherCAT. Запуск транспортных линий осуществляется с пульта управления.

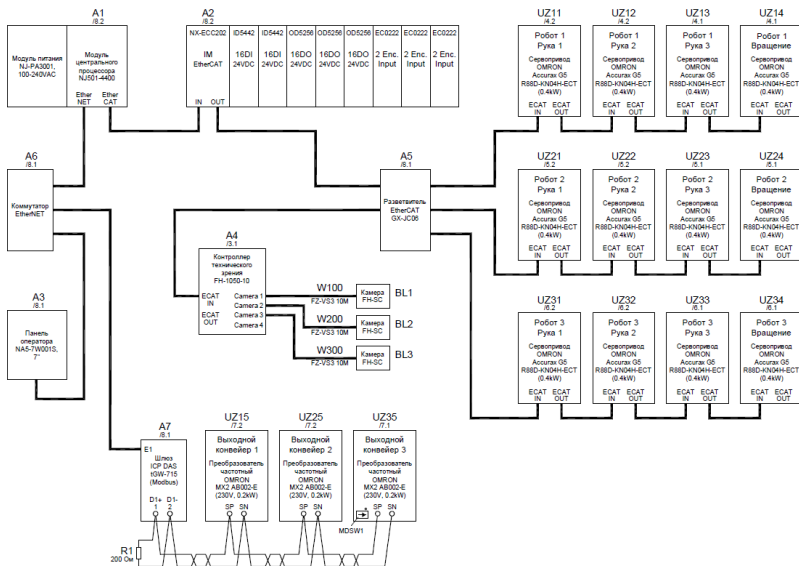


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

Робот подводит захват к пластинке хлебца, находящейся на модульной ленте подающего конвейера. Захватив пластинку, робот перекладывает её на выходной конвейер. Тянувший элемент выходного конвейера имеет выступы, между которыми формируются наборы хлебцов требуемого объёма.

Выходной конвейер транспортирует наборы хлебцов к рабочему месту оператора у загрузочного транспортёра упаковочной машины (рисунок 2).

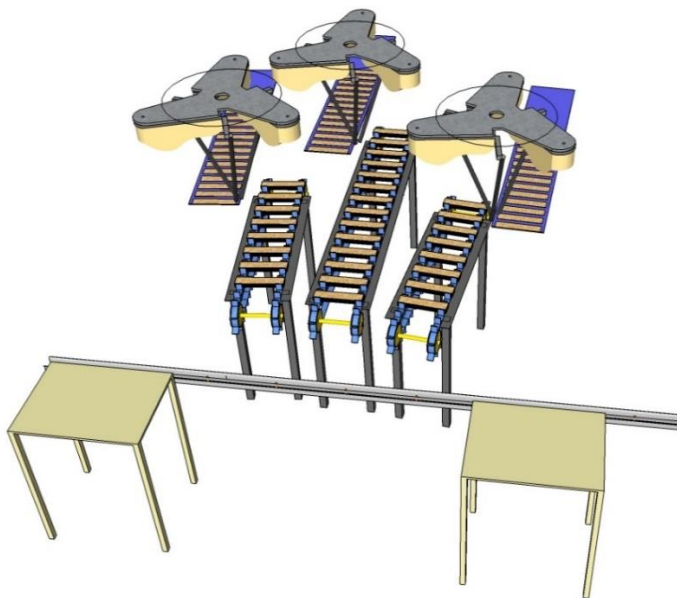


Рис. 2. Конструкция комплекса

Оператор снимает наборы хлебцов с 3 выходных конвейеров, проводит контрольное взвешивание и перекладывает их в жёлоб загрузочного транспортёра упаковочной машины. Если из-за поступления бракованных хлебцов робот не успевает сформировать набор хлебцов вовремя, выходной конвейер автоматически приостанавливается. Как только текущий набор хлебцов после паузы сформирован, движение выходного конвейера автоматически возобновляется. Для исключения пропуска ячеек при загрузке транспортёра упаковочной машины оператор использует заранее подготовленные заделы, размещаемые на технологических столиках.

УДК 621.876.11-049.3

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАКЕТОМ ЛИФТА

студент гр. 10703116 Беленков М.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лившиц Ю.Е.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

С целью внедрения в учебный процесс лабораторного учебного комплекса «Лифт», разработана автоматизированная система управления макетом лифта.

В АСУ используется программируемый логический контроллер FATEK FBs-20MAR2-AC, в котором по сигналам с пульта управления и датчиков положения кабины лифта, реализован алгоритм управления комплексом. Для поддержания необходимых скоростей перемещения кабины в шахте макета, приводящейся в движение асинхронным двигателем, используется преобразователь частоты YSKAWA V1000 настроенный на нужные режимы работы.

ПЛК работает по программе, соответствующей алгоритму, в следующей последовательности:

1 - «Авария?» - сигнал об аварии зажжет «аварийную» лампу на ПУ;

2 - «Есть ошибка на ПЧ?» - ожидает сигнал с преобразователя частоты;

3 - «Нажато более одной кнопки?» - ограничивает возможность нажатия одновременно двух кнопок;

4 - «Включен ли автоматический режим?» - выбирает режим работы лабораторного комплекса: «Автоматический режим» контролирует перемещение кабины лифта, ПЛК ожидает сигналы с кнопок (1-3 этаж); «Ручной режим» контролирует перемещение кабины макета лифта, ожидает сигналы с кнопок (Вверх/вниз).

Пульт управления АСУ макетом лифта состоит (Рисунок 1):

1 – панель управления преобразователем частоты;

2 – 3 сигнальные лампы («Кабина на этаже», «Кабина в шахте» и «Авария»);

3 – кнопка аварии («Аварийная кнопка»);

4 – кнопки движения кабины макета лифта с постоянной скоростью вверх и вниз в выбранном ручном режиме («Движение вверх» и «Движение вниз»);

5 – переключение режимов работы макета лифта в автоматическом и ручном («Выбор режима Авт./Руч.»);

6 – кнопки этажей, по сигналам с которых кабина макета лифта начинает движение до выбранного этажа («1 Этаж», «2 Этаж», «3 Этаж»).

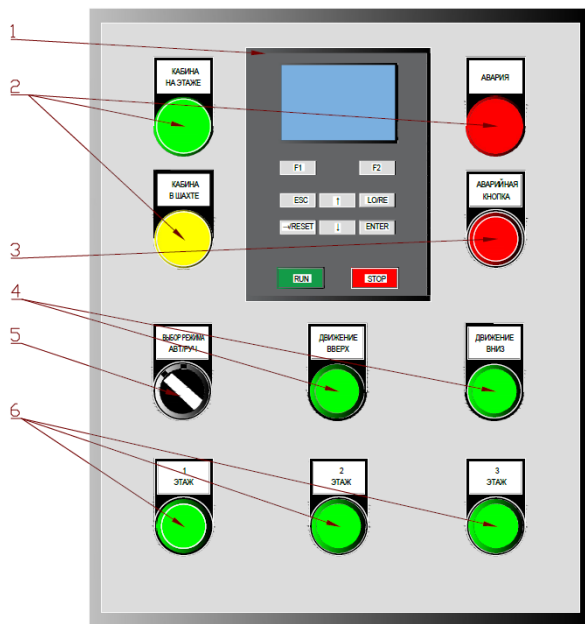


Рис. 1. Пульт управления АСУ макетом лифта

Программа работы ПЛК разработана на языке релейной логики в окне среды разработки WinProladder (рисунок 2). В данной среде предусмотрена возможность отладки и тестирования программы в режиме OFFLINE.

Программа работает следующим образом:

1 - в первой строке выбирается режим работы АСУ макетом лифта (автоматический или ручной), задаются биты скорости движения ка-

бины, определяется направление движения кабины в шахте, разываются цепи по сигналу: с аварийной кнопки, неисправности ПЧ, концевых датчиков положения кабины;

2-3 - во второй и третьей строке по сигналам приходящих с ПУ и датчиков положения кабины в шахте, ПЛК определяет на какой этаж поедет кабина;

4 – в четвертой строке запускается таймер аварии по приходу сигнала об аварии с ПУ;

5-6 – пятая и шестая строка определяют разгон кабины в шахте в начале и в конце движения вверх или вниз в автоматическом режиме;

7-9 - зажигают сигнализирующие лампы на ПУ.

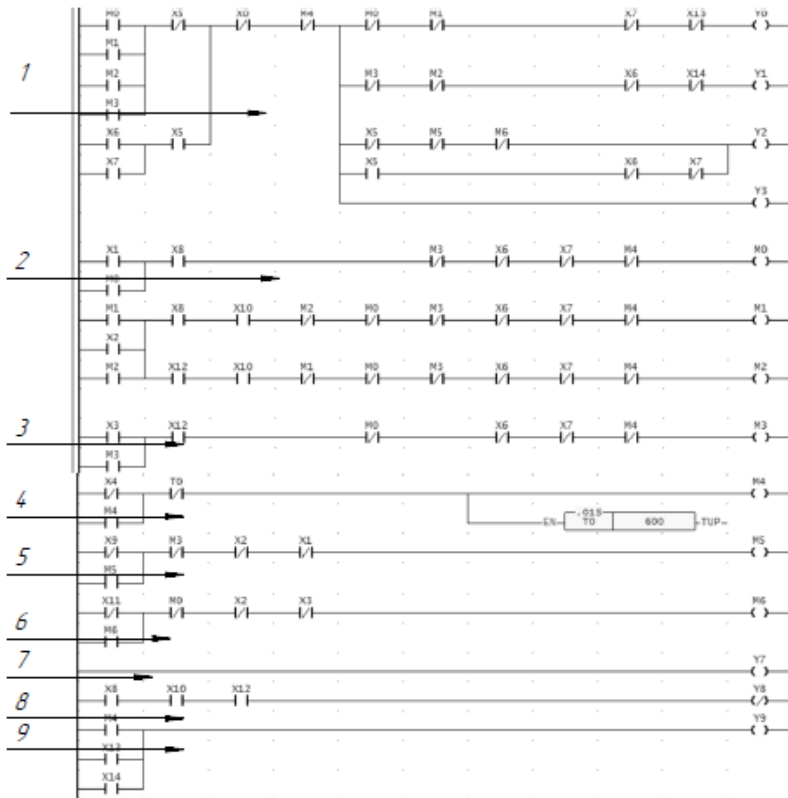


Рис. 2. Программа работы ПЛК разработанная в окне разработки WinProladder

Разработанная АСУ макетом лифта, в зависимости от выбора, работает в автоматическом и ручном режиме. Наличие панели управления ПЧ транслирует информацию о работе асинхронного электродвигателя во время его работы. Во время выполнения лабораторных работ студенты лучше познакомятся и разберутся в работе реальной АСУ, а также научатся программировать и понимать принцип работы ПЛК.

УДК 621.318

СОЗДАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ RTC ОТСЛЕЖИВАНИЯ И НАСТРОЙКИ ВРЕМЕНИ

студенты гр. 10703117 Масловская К.А., Вовна К.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Матрунчик Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Основной целью данной системы является получение знаний о работе с платой расширения LCD Keypad Shield, модулем часов реального времени, Arduino UNO.

Разработанная система предназначена для учета хронометрических данных (текущее время, дата, день недели), вывод полученных данных на жидкокристаллический экран, с возможностью управления системой кнопками. Для контроля используется специальное программное обеспечение, которое представлено набором команд среды разработки Arduino. Во многих проектах Ардуино требуется отслеживать и фиксировать время

наступления тех или иных событий. Модуль часов реального времени, оснащенный дополнительной батареей, позволяет хранить текущую дату, не завися от наличия питания на самом устройстве.

В данную систему входят такие детали как:

- Плата расширения LCD Keypad Shield;
- модуль часов реального времени RTC DS1307;
- Arduino UNO.

Рассматриваемая плата расширения представляет собой плату с встроенными модулями индикации и управления. Индикация осуществляется с помощью LCD-дисплея, управление – через встроенные кнопки. Есть возможность регулировки яркости дисплея прямо

на плате с помощью подстроечного резистора. Плата снабжена разъемами, в которые могут быть подключены другие устройства, например, датчики.

Arduino Uno - это микроконтроллер с открытым исходным кодом, основанный на микроконтроллере Microchip ATmega328P и разработанный Arduino.cc. Плата оснащена наборами цифровых и аналоговых выводов ввода / вывода, которые могут быть подключены к различным платам расширения и другим схемам.

Модуль часов представляет собой небольшую плату. На плате можно найти механизм установки батарейки питания. Такие платы часто применяются для учета времени, даты, дня недели и других хронометрических параметров. Модули работают от автономного питания – батареек, аккумуляторов, и продолжают проводить отсчет, даже если на Ардуино отключилось питание.

Самое легкое подключение шилда к Ардуино получится благодаря Arduino Uno. Шилд имеет выступающие контакты, которые вставляются в Ардуино путём наложения одного устройства на другое. Это представлено на рисунке 1.

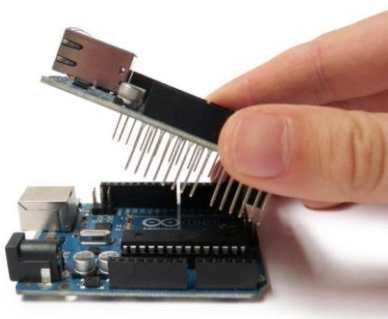


Рис. 1. Подключение Arduino UNO к плате расширения LCD Keypad Shield

На рисунке 2 представлена функциональная схема системы на базе микроконтроллера Arduino.

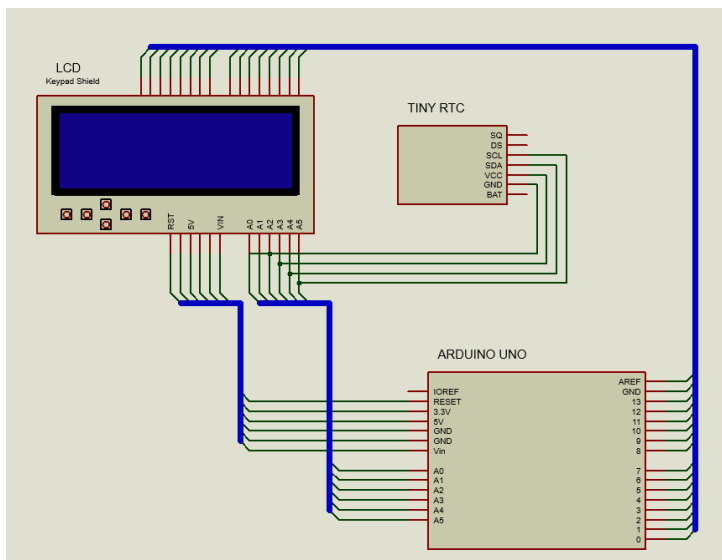


Рис. 2. Функциональная схема системы учета хронометрических

После подключения системы к питанию появляется загрузочное окно. Здесь можно выводить любую информацию. Здесь может быть фамилия разработчика, название платы расширения или любая другая важная информация.

Спустя 3 секунды появляется главное окно, на котором выведена вся нужная информация: дата, время, день недели (рисунок 3). День недели не настраивается специально. Модуль реального времени вычисляет это сам.

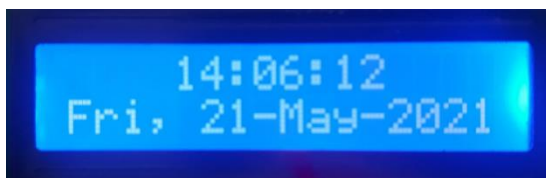


Рис. 3. Главный экран

Нажав кнопку SELECT, можно попасть в меню настроек (рисунок 4).



Рис. 4. Меню настроек

Кнопками UP и DOWN можно выбирать нужную дату или время. После этого выбранные данные требуется сохранить. Для этого надо нажать кнопку SELECT и совсем немного подождать. Для выбора других параметров (hour, minute, day, month, year) надо воспользоваться клавишами LEFT и RIGHT. Они соответствуют <Back и Next>. При нажатии клавиши RST можно снова попасть на загрузочное окно.

Литература

1. ARDUINOMASTER [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/> (дата обращения 21.05.2021).

УДК 004.896

РАЗВИТИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

студент гр. 10706118 Сардлишвили М.Н.

Научный руководитель – ст. преподаватель Воюш Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В современном мире человек старается все довести до полной автоматизации, тем самым увеличивая производительность. Горнодобывающая промышленность подходит к глобальной роботизации, все больше крупных компаний задумываются об интегрировании робототехнических, карьерных самосвалов в производство. Идея сделать карьерный самосвал беспилотным зрела давно. Плюсы роботизированных грузовиков очевидны. Робот может работать 24 часа в сутки. Ему не надо обедать, он не устает и не ошибается. Нередко в

карьерах останавливается работа из-за тумана или задымленности. Человеку в таких условиях работать трудно и даже опасно, а вот роботу – в самый раз. Белорусский завод «БелАЗ» и российская компания «ВИСТ Групп» еще в 2010 году презентовали проект «Интеллектуальный карьер». А в 2018 уже проходили тесты в эксплуатации беспилотного роботизированного самосвала «БелАЗ-75137R». Чем оснащен самосвал можно увидеть на рисунке 1. Плюсы использования роботизированных самосвалов:

- 1) Нет необходимости прямого участия человека в производственном процессе, что не подвергает человека опасности.
- 2) Так как в самосвале используется ПО, он будет делать конкретные действия, заложенные в программе, что сводит ошибки и неточность к минимуму.



Рис. 1. Схема размещения оборудования на самосвале «БелАЗ-75137R»

К чему приведет внедрение роботизированных самосвалов в производство? Во-первых, ряд профессий станут менее востребованными в этой сфере, что придет к потере рабочих мест, зато станут востребованы высоко квалифицированные кадры в сфере робототехники и автоматизации. Во-вторых, при наличии нескольких самосвалов или другой роботизированной техники в одной рабочей зоне, даст возможность технике обмениваться данными, что позволит эффективно выполнять работу и взаимодействовать друг с другом при работе. Ну и конечно этой приведет к более эффективной добыче ресурсов, что будет сказываться на экономике как компании, так и экономике глобальной горной промышленности.

Литература

1. <https://vc.ru/offline/118364-pyat-glavnyh-trendov-2020-goda-v-oblasti-promyshlennogo-iskusstvennogo-intellekta>
2. <http://robotrends.ru/robopedia/vist-grupp>

УДК 621.9.06-529

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ «ПРОМЫШЛЕННЫЙ ETHERNET»

студент гр. 10706116 Буйко К.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лившиц Ю.Е.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

На сегодняшний день все больше и больше промышленных установок, станков и устройств работают в автоматическом режиме. Это связано с тем, что автоматизация позволяет существенно повысить производительность труда, обеспечивая непрерывность работы, повысить качество выполняемой работы и исключить ошибки, присущие человеческому фактору. Поэтому, не смотря на более низкую стоимость, приобретать оборудование, работающее в ручном режиме и требующее постоянного присутствия оператора, в долгосрочной перспективе становится невыгодно.

Системами управления оборудованием могут являться как системы числового программного управления (ЧПУ), так и различные

контроллеры: программируемые логические контроллеры (ПЛК) и более продвинутые микроконтроллеры. Осуществлять управление технологическим оборудованием в современных реалиях уже можно и с помощью персонального компьютера, установив специализированное программное обеспечение.

Таким образом, все большее количество устройств необходимо объединять в одну промышленную сеть. Это делается с помощью различных промышленных интерфейсов. Промышленные сети отличаются от офисных или домашних сетей следующими свойствами: специальным исполнением, обеспечивающим защиту от различных физических воздействий (таких как пыль, влага, вибрации, удары); возможностью работы при более широких температурных диапазонах; повышенной прочностью кабеля, всех разъёмов, контактов и элементов крепления; устойчивостью к воздействию электромагнитных помех; повышенной надёжностью передачи данных; работой с длинными линиями связи; возможностью работы в режиме реального времени.

Обычно, промышленные сети представляют собой сеть исключительно на территории предприятия, однако с появлением технологий Ethernet и Internet сети могут быть объединены в более крупные. В настоящее время насчитывается более 50 типов различных промышленных сетей, однако распространёнными является лишь часть из них. Одним из набирающих популярность становится Ethernet.

Изначально технология Ethernet была разработана для связи между компьютерами, маршрутизаторами и принтерами, основной для которой она остаётся и до сих пор. Однако, с развитием технологий, появился и промышленный стандарт сети Ethernet.

Самыми важными параметрами промышленного интерфейса являются пропускная способность и максимальная длина подключаемого кабеля. Современный протокол Ethernet обеспечивает скорость передачи от 10 м/бит до 100 г/бит в секунду с возможностью передачи на расстояние от 100 метров до 40 километров. Важно отметить, что в протоколе Ethernet скорость передачи данных не зависит от длины кабеля. Эти параметры определяются стандартом работы, типом передачи и, соответственно, стоимостью оборудования и кабеля. Это является большим преимуществом, так как каждое предприятие может организовать сеть ровно по своим потребностям, не переплачивая за неиспользуемые мощности или не экономя на качестве.

Важным параметром промышленной сети также является детерминизм – способность сети для обмена данными в прогнозируемый период. Это особенно важно для систем управления движением, так как передача данных от них и к ним осуществляется на регулярной основе. Использование сетей Ethernet необходимо контролировать на уровне не более 10%, чтобы их производительность была достаточной. Возможна сегментация сети с использованием маршрутизаторов и коммутаторов для минимизации нежелательного трафика и снижения его потребления. Также, новые протоколы сетей Ethernet позволяют установку приоритетов и синхронизацию передаваемых данных для оптимизации времени передачи.

Все современные контроллеры и станки имеют порт подключения Ethernet, поэтому подключение не является проблемой. Но на предприятии может присутствовать и более старое оборудование, которое не поддерживает данный протокол. Для этого можно организовать отдельную подсеть на более старом интерфейсе, так как контроллеры имеют преимущественно модульное строение и подключить необходимый протокол не представляет труда. Однако, рекомендуется избегать этого подхода, если это представляется возможным.

Помимо всего прочего, всё офисное оборудование технологического, конструкторского или других отделов предприятия, по умолчанию имеет протокол Ethernet. Поэтому использование промышленного Ethernet в качестве основного протокола промышленной сети, позволит подключить компьютеры смежных отделов предприятия непосредственно к сети цеха, объединив офисную сеть и сеть цеха в общую сеть предприятия. Это даст возможность специалистам контролировать технологическое оборудование, процесс изготовления изделий и различные другие параметры напрямую со своего рабочего места без использования дополнительных лиц и технологий.

Кроме того, необходимо организовать безопасность и диверсификацию только одной сети, вместо двух независимых, что будет гораздо проще и дешевле. Все резервные данные можно хранить непосредственно в сети Internet, поэтому, в случае атаки на локальную сеть компании или внедрения в неё нежелательных программ, будет возможен быстрый и безопасный откат до рабочего состояния.

Результатом всего вышесказанного стал переход к использованию Ethernet для промышленного управления на уровне цехов и

участков. Ethernet все сильнее внедряется в промышленную среду благодаря низкой стоимости аппаратных средств и простоте установки. Использование мостов и высокоскоростных коммутаторов повышает детерминизм сети. В итоге скорости передачи данных в 1 Гбит, 10 Гбит, 100 Гбит становятся все более распространенными. Использование протокола сети Ethernet позволит без особых затрат и усилий подключать в сеть новое оборудование без потери качества и скорости передачи данных. По многочисленным прогнозам, аналитиков, Ethernet в скором времени займет доминирующее положение в области управления технологическими процессами.

УДК 621.876.11-049.3

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ЛИФТ»

студент гр. 1076116 Громыко В.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лившиц Ю.Е.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Назначение

Обучающий комплекс «Лифт» предназначен для обучения студентов, по специальностям «Автоматизация технологических процессов и производств» и «Промышленные роботы и робототехнические комплексы».

Он направлен для выполнения лабораторных работ и приобретению практических навыков по дисциплине «Системы автоматического управления».

Блок силовой части СЧ включает в себя преобразователь частоты ПЧ, который передает электрическую энергию от однофазного источника электрической энергии (Сеть) к трехфазному электромеханическому преобразователю М (электродвигателю) и осуществляет преобразование электрической энергии по амплитуде, частоте, количеству фаз и их фазам.

Устройство и работа стенда

Блок системы управления СУ выполняет функции управления преобразователем частоты (ПЧ), контроля и изменения его параметров. Программируемый логический контроллер (ПЛК) выполняет

функции автоматического управления преобразователем частоты (ПЧ) по заранее заданной программе. Панель управления ПЛК выполняет функции контроля выполнения программы программируемого логического контроллера (ПЛК), оперативного изменения параметров выполняемой программы. Промышленные и компьютерные сети, беспроводные устройства управления преобразователем частоты и внешняя панель управления преобразователем частоты позволяют организовывать управление преобразователем частоты (ПЧ), контролировать и изменять его параметры дистанционно или локально. Пульт ручного управления позволяет изменять состояние работы преобразователя частоты оператором.

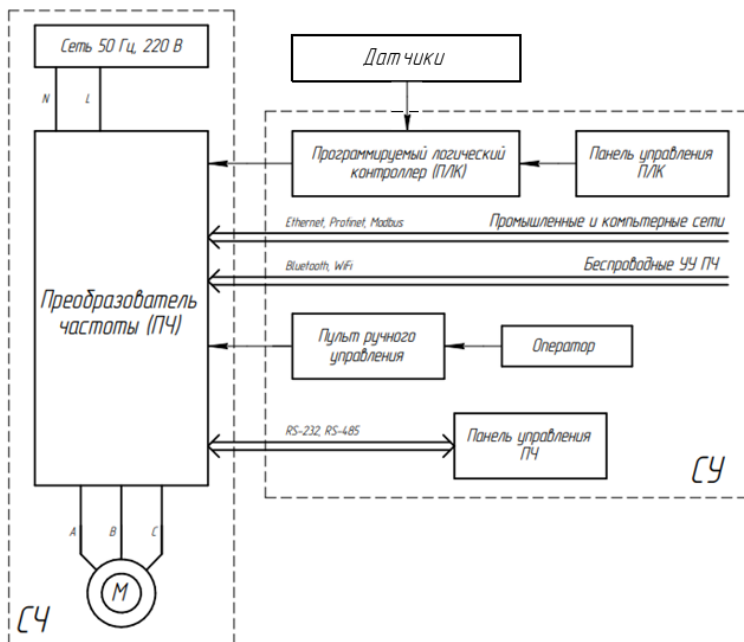


Рис. 1. Функциональная схема стенда

Соединение устройств системы управления с преобразователем частоты выполняется с помощью интерфейсов приема и передачи дискретных и аналоговых сигналов, а также методов цифровой передачи данных (интерфейсы RS-485, Ethernet и др., протоколов Modbus, Profinet и др.).

Для создания обучающего лабораторного комплекса «Лифт» была разработана конструкция, приближённая к конструкции реального лифта (рисунок 2). Конструкция должна наглядно продемонстрировать принцип работы лифта, иметь возможность моделирования различных аварийных ситуаций и последующего их устранения. Так же стенд должен соответствовать всем требованиям безопасности, выдерживать заданные нагрузки и удобно размещать на себе всё необходимое оборудование.

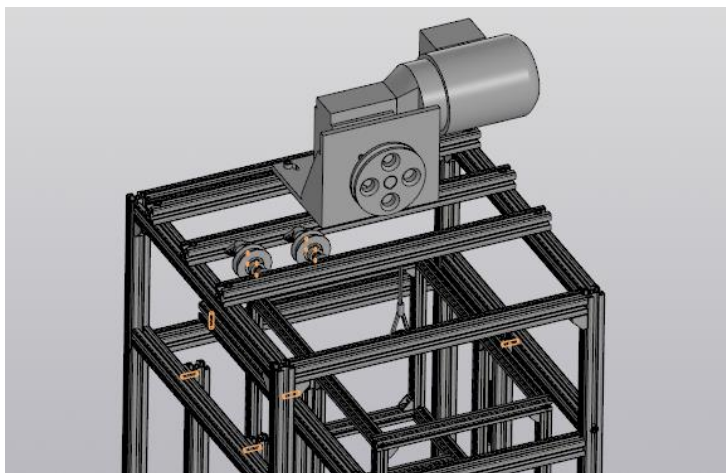


Рис. 2. Конструкция стенда

Конструктивно стенд работает следующим образом: кабина и противовес соединены тросом и двигаются относительно друг друга по направляющим пазам. Противовес облегчает работу двигателя при поднимании кабины. Трос пропускается через блок роликов и КВШ (канатоведущий шкив) таким образом, чтобы обеспечить движение без проскальзывания. На протяжении хода рабочей зоны кабины установлены датчики (герконы), которые передают информацию о положении кабины в шахте контроллеру. С помощью пульта управления оператор вызывает кабину на нужный этаж, либо в ручном режиме осуществляет движение кабины вверх и вниз.

УДК 658.8

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОЦЕСС ЗАКУПКИ ПРОДУКТОВ

студент гр. 10703220 Жук Ю.К.

Научный руководитель – ст. преподаватель Гутич И.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Резюме – на сегодняшний день такой процесс, как традиционная закупка продуктов теряет свою актуальность. Компания Amazon представила альтернативный метод. В данной статье разберемся, как новый «умный» метод работает.

В 2018 году, крупнейшая в мире компания на рынке платформ электронной коммерции, Amazon, созданная в 1994 американским предпринимателем Джеффом Безосом, представила новую систему закупки продуктов. В данном методе используется новая технология Amazon Dash Cart. Компания заявляет, что система предназначена для небольших и средних походов за продуктами.

Dash Cart – это корзины для покупок, которые отслеживают товары по мере их добавления покупателями, а затем автоматически списывают их при снятии сумок с продуктами. Сегодняшняя тележка не предназначена для стандартного похода в магазин за продуктами, где вы запасаетесь сразу на неделю. Вместо этого, поясняет Amazon, умная тележка может обрабатывать небольшие и средние продуктовые поездки с 2 мешками или меньше.

Как это работает? Когда покупатель подходит к доступной тележке, в приложении Amazon появляется QR-код, он позволяет авторизоваться в системе и начать совершать покупки. В дальнейшем мобильное приложение на смартфоне клиента работает в фоновом режиме и отслеживает список покупок, которые покупатели кладут к себе в корзину.

При каждом помещенном в корзину продукте пользователь получает сигнал, если сигнал зелёный – товар был правильно добавлен в корзину, если оранжевый – необходимо попробовать ещё раз. Оранжевый сигнал возникает, если тележке не удалось найти штрих-код, когда покупатель закрыл его пальцем, например, и если алгоритмам компьютерного зрения не удалось идентифицировать объект.

В том случае, если товар продаётся на развес и не имеет штрих-кода, то покупатель может ввести PLU (Price look-up codes) и подтвердить вес.

В тележке используются встроенные весы, алгоритмы компьютерного зрения и датчики для идентификации предметов, которые потребитель кладет в тележку. В дополнение к сенсорной технологии, тележка имеет экран вверху, который позволяет клиентам получить доступ к своему списку покупок, а виртуальный помощник Alexa помогает формировать этот список.

На выходе из магазина клиент пересекает полосу Amazon Dash Cart Lane, датчики автоматически идентифицируют корзину, и платеж обрабатывается с использованием кредитной карты, которая привязана к учетной записи пользователя Amazon. Квитанцию покупатель получает по электронной почте.

В корзине есть ряд удобных функций, в том числе экран, который упоминался выше. В дополнение, каждая тележка имеет сканер купонов, при помощи которого потребитель может быстро применять купоны магазина в течение совершения покупок.

На данный момент магазинов, которые освоили такую систему покупок, считанные единицы. Тележка показывает, как команда Amazon выясняет, как внедрять автоматизацию в все более крупные форматы магазинов. Можно ожидать открытия целой сети магазинов Amazon Go, вместе с инфраструктурой складов с продвинутой логистикой.

Компания, которая начинала с интернет-магазина по продаже книг, сейчас эффективно заменяет работников роботами на складах. В торговом зале такая же стратегия поможет сократить издержки, сэкономить время клиентов и увеличить пропускную способность магазинов.

Также компания Amazon объявила, что начнёт продавать свою технологию безкассовых магазинов другим ритейлерам. Вероятно, у организации есть аналогичные планы в отношении интеллектуальной тележки, когда технология будет протестирована и улучшена.

Всё это в перспективе позволит уменьшить накладные расходы и снизить стоимость товаров в магазине по сравнению с магазинами старого типа.

В розничной торговле завтрашнего дня победят бренды, которые смогут успешно выявлять изменяющиеся потребности покупателей,

используя понимание потребителей, обеспечивая плавные, персонализированные процессы покупки, инвестируя в инновационные технологии и, в целом, отражая «новый» имидж покупки в магазине.

Литература

1. Amazon протестирует Dash Cart, умную тележку для покупок, которая видит, что вы покупаете. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.msn.com/en-us/news/technology/amazon-to-test-dash-cart-a-smart-grocery-shopping-cart-that-sees-what-you-buy/ar-BB16ISCO>

2. Amazon unveils its own smart grocery cart, in new effort to automate physical retail checkout [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.geekwire.com/2020/amazon-unveils-smart-grocery-cart-new-effort-automate-physical-retail-checkout/>

УДК 621.350.11

БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

студент гр. 10703118 Нестерович А.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Матрунчик Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Бесколлекторные двигатели постоянного тока являются разновидностью синхронных двигателей с постоянными магнитами, которые питаются от цепи постоянного тока через инвертор, управляемый контроллером с обратной связью. Контроллер подаёт на фазы двигателя напряжения и токи, необходимые для создания требуемого момента и работы с нужной скоростью. Такой контроллер заменяет щёточно-коллекторный узел, используемый в коллекторных двигателях постоянного тока. Бесколлекторные двигатели могут работать как с напряжениями на обмотках в форме чистой синусоиды, так и кусочно-ступенчатой формы (например, при блочной коммутации).

Бесколлекторные двигатели имеют много преимуществ по сравнению с двигателями постоянного тока с постоянными магнитами. Главное преимущество – это отсутствие щёточно-коллекторного узла. Этот узел представляет собой вращающийся контакт, который

соприкасается с графитовой щёткой. Данное соприкосновение является слабым местом в коллекторных двигателях и существенно снижает ресурс двигателя. Также данный узел является источником искры при пуске и, следовательно, появляются большие потери при пуске.

Принцип работы и устройство двигателя

Как и все двигатели, бесколлекторный двигатель состоит из двух основных частей – ротора (подвижная часть) и статора (неподвижная часть). На статоре располагается трёхфазная обмотка. Ротор несёт на себе постоянный магнит, который может иметь одну или несколько пар полюсов. Когда к обмотке статора приложена трёхфазная система напряжений, то обмотка создаёт вращающееся магнитное поле. Оно взаимодействует с постоянным магнитом на роторе и приводит его в движение. По мере того как ротор поворачивается, вектор его магнитного поля проворачивается по направлению к магнитному полю статора. Управляющая электроника отслеживает направление, которое имеет магнитное поле ротора и изменяет напряжения, приложенные к обмотке статора, таким образом, чтобы магнитное поле, создаваемое обмотками статора, повернулось, опережая магнитное поле ротора. Для определения направления магнитного поля ротора используется датчик положения ротора, поскольку магнит, создающий это поле жёстко закреплён на роторе. Напряжения на обмотках бесколлекторного двигателя можно формировать различными способами: простое переключение обмоток через каждые 60° поворота ротора или формирование напряжений синусоидальной формы при помощи широтно-импульсной модуляции.

Варианты конструкции двигателя

Обмотка двигателя может иметь различную конструкцию. Обмотка классической конструкции наматывается на стальной сердечник. Другой вариант конструкции обмотки – это обмотка без стального сердечника. Проводники этой обмотки равномерно распределяются вдоль окружности статора. Характеристики обмотки получаются различными, что отражается и на характеристиках двигателя. Кроме того, обмотки могут быть выполнены на различное число фаз и с различным количеством пар полюсов.

Бесколлекторные двигатели также могут иметь конструкции, различающиеся по взаимному расположению ротора и статора. Наиболее распространена конструкция, когда ротор охватывается статором снаружи – двигатели с внутренним ротором. Но также возможна, и встречается на практике конструкция в которой ротор расположен снаружи статора – двигатели с внешним ротором. Третий вариант – статор расположен параллельно ротору и оба располагаются перпендикулярно оси вращения двигателя. Такие двигатели называют двигателями аксиальной конструкции.

Датчик положения, который измеряет угловое положение ротора двигателя – это важная часть приводной системы, построенной на бесколлекторном двигателе. Этот датчик может быть самым разным как по типу, так и по принципу действия. Традиционно используемый для этой цели тип датчиков – датчики Холла с логическим выходом, устанавливаемые на каждую фазу двигателя. Выходные сигналы этих датчиков позволяют определить положение ротора с точностью до 60° – достаточной реализации самых простых способов управления обмотками. Для реализации способов управления двигателем, предполагающих формирование на обмотках двигателя системы синусоидальных напряжений при помощи ШИМ необходим более точный датчик, например, энкодер. Инкрементные энкодеры, очень широко используемые в современном электроприводе, могут обеспечить достаточно информации о положении ротора только при использовании их вместе с датчиками Холла. Если бесколлекторный двигатель оснащён абсолютным датчиком положения – абсолютным энкодером или резольвером, то датчики Холла становятся не нужны, так как любой из этих датчиков обеспечивает полную информацию о положении ротора.

Можно управлять бесколлекторным двигателем, и не используя датчика положения ротора – бездатчиковая коммутация. В этом случае информация о положении ротора восстанавливается на основании показаний других датчиков, например, датчиков фазных токов двигателя или датчиков напряжения. Такой способ управления часто влечёт за собой ряд недостатков (ограниченный диапазон скоростей, высокая чувствительность к параметрам двигателя, специальная процедура старта), что ограничивает его распространение.

Применение бесколлекторных двигателей

Бесколлекторные двигатели широко применяются в тех системах где их характеристики дают им преимущество перед двигателями других типов. Например, там, где требуется скорость вращения несколько десятков тысяч оборотов в минуту. Если от изделия требуется большой срок службы, а ремонт невозможен или ограничен из-за особенностей эксплуатации изделия, то и тогда бесколлекторный двигатель будет хорошим выбором.

УДК 621.350.11

МЕТЕОРОЛОГИЯ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ

студент гр. 10703117 Походня В.О.

Научный руководитель – ст. преподаватель Матрунчик Ю.Н

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Метеорология – это наука изучающая строение и свойства земной атмосферы, а также совершающиеся в физико-химические процессы. Первое что приходит человеку на ум при произнесении “метеорология” – это прогноз погоды. Метеорология в современном мире играет важную роль в жизни каждого человека и каждого отдельно взятого государства. Метеорология кроме прогнозирования погоды занимается такими вещами как перемещения воздушных масс, изменение климата, изучение верхних слоев атмосферы, авиационная метеорология, агрометеорология и т.д. Данная наука позволяет определять благоприятные участки для сельского хозяйства, производства (например, электроэнергии), предупреждать о надвигающихся катастрофах (например, ураганы и тайфуны). Имея столь много сложных задач, для достижение каждой из которых требуется учесть множество факторов таких как рельеф местности, сезонные температуры, изменение климата, влияние деятельности человека на движение воздушных масс и т.д., требуются большие вычислительные ресурсы. Во время появления первого компьютера, выполнять все задачи все-таки приходилось людям, из-за малой вычислительной мощности для комплексного выполнения подобных задач, компьютеры служили лишь как помощник для человека для вычисления необходи-

мых параметров и прогнозирования. С развитием цифровых технологий, увеличением вычислительных мощностей, появлением крупных цифровых сетей передачи информации дало начало для масштабного мониторинга практически за всей планетой и прогнозирования поведения атмосферы. Почти в каждой технологически развитой стране имеется центры метеорологических служб, обладающие крупными вычислительными ресурсами, при этом эти центры связаны с центрами других стран, которые и формируются в сеть глобального мониторинга за климатом Земли.

Прогнозирование атмосферы в эпоху цифровых технологий включает в себя получение данных, этим занимаются автоматические метеорологические станции, примером является система AMS 111 II компании МикроСтеп-МИС разработанная для стационарных или мобильных метеорологических станций для применения в условиях ограничения или отсутствия энергоснабжения. AMS 111 II взаимодействует через интерфейс с различными датчиками и устройствами связи. Совместимый с современным программным обеспечением, AMS 111 II - надежное и экономичное решение для метеорологического и экологического мониторинга (рисунок 1).



Рис. 1. Система AMS 111 II

Система AMS 111 II состоит из стандартных блоков, соединенных портов RS 485 и представляет собой модульную и гибкую платформу для конструкции различных измерительных и регистрирующих аппаратов, входящих в модули AMS 111 II, интеллектуальные датчики, дисплей и ПК. Гибкость системы позволяет расширить диапазон её применения от простой компактной системы до многоцелевых станций. Преобразование A/D на 24 бита и программные функции, такие как подтверждение правильности данных и контроль качества гарантируют точность результатов измерений. Система поддерживает вывод данных к линиям RS 232/485, модемам и сотовым телефонам (SMS, GPRS), радио - модемам и спутникам. Поддержка протокола PPP делает AMS 111 II пригодной к использованию через Интернет. Удобные для пользователя приложения обеспечивают простую и удобную конфигурацию системы, запуск и обслуживание также могут осуществляться удаленно через модемное/PPP соединение.

Все полученные данные собирает система сбора данных. Одной из таких систем является IMS4 UDCS. IMS4 UDCS - система сбора данных и коммутации основанная на платформе IMS4, испытанной в полевых условиях. Предназначена для сбора данных метеорологического, радиационного и экологического характера и обслуживания удаленной системы. После сбора данных они сравниваются с климатической системой базы данных. Многие компании собирают данные которые обычно создаются средствами метеорологических институтов в одну единую климатологические базы. Далее на основе этих данные уже формируют прогноз автоматические системы.

Множество как компаний, так и институтов представляют свои решения по мониторингу, обработке и прогнозированию поведения атмосферы, совмещают их с достижениями космической и цифровой индустрии для получения понятных человеку данных. Современные цифровые технологии позволили выполнять задачи повсеместных и непрерывных метеорологических наблюдений, обобщение и изучение материалов наблюдений с целью установления причин изменений метеорологических элементов и явлений погоды, установление законов, управляющих их развитием, разработка методов предсказания погоды, обеспечение отраслей народного хозяйства информацией о текущем состоянии погодных условий, их прогнозирование на будущее.

Литература

1. Метеорология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microstep-mis.ru/> – Дата доступа: 23.05.2021.

2. Современные проблемы синоптической метеорологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ger.bntu.by/> – Дата доступа: 23.05.2021.

3. Инновации и новые технологии, направленные на улучшение метеорологического обслуживания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nsportal.ru/> – Дата доступа: 23.05.2021.

4. Понятие метеорологии, ее задачи и актуальность в различных отраслях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gidrometpribors.ru/> – Дата доступа: 23.05.2021.

УДК 68.1.5.015

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РЕЖИМОВ ПУСКА ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

студент гр. 1076116 Поминов А.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лившиц Ю.Е.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

На сегодняшний день асинхронные электродвигатели являются самыми распространёнными потребителями электроэнергии в мире и используются повсеместно. Однако простота конструкции приводит к сложности при пуске двигателя, так как токи в обмотках ротора и статора зависят от скольжения и возрастают при его увеличении, пусковой ток двигателя в 5 - 10 раз больше его номинального тока [1].

Для решения проблем, проявляющихся при неконтролируемом пуске асинхронного двигателя, применяют различные способы, которые в той или иной степени обеспечивают разгон асинхронного двигателя с заданным значением тока, существенно меньшим, чем при прямом пуске.

Разработан и изготовлен лабораторный учебный комплекс, позволяющий студентам в рамках лабораторной работы изучить основные

способы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, широко применяемых в системах автоматизации.

В лабораторном комплексе использованы три вида пуска. Прямой пуск, когда асинхронный двигатель непосредственно подключается к питающей его сети. Пуск по схеме «звезда – треугольник», при которой двигатель во время пуска подключается к сети по схеме «звезда», а по схеме разгона переключается на схему «треугольник», и плавный пуск путем плавного увеличения питающего напряжения, ограничивая пусковой ток на время разгона двигателя.

Выполнение лабораторной работы позволяет проанализировать преимущества и недостатки рассмотренных способов пуска.

Упрощенная схема лабораторного комплекса для изучения способов пуска асинхронного двигателя показана на рисунке 1.

Для обеспечения мер безопасности питания всех элементов комплекса от подводящей силовой сети осуществляется через силовой трансформатор типа ТСМ 1-1,6 УХЛЗ соединенного по схеме «звезда – треугольник».

В комплексе использован трехфазный асинхронный двигатель типа АИР63В2У3 (мощность 0.55 кВт, номинальный ток 1.4 А, кратность пускового тока 5.0 А) с установленным на нем тормозным устройством, позволяющим запускать двигатель под нагрузкой.

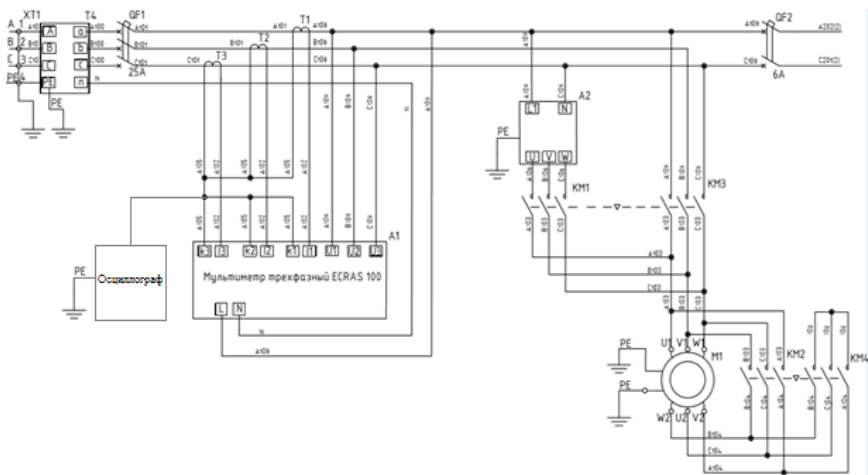


Рис. 1. Схема лабораторного стенда

Для измерения токов в фазах двигателя и питающего напряжения используется трехфазный цифровой мультиметр типа ECRAS 100. Токовые входы прибора подключены через трансформаторы тока типа Т-0,66 (классов точности 0.5; 0.5s, 0.66 кВТ, 5А), что обеспечивает необходимый уровень безопасности при работе с устройством. Для фиксации переходных процессов при и пуске двигателя использован осциллограф, типа GW instek GDS-71042, запуск горизонтальной развертки которого синхронизированы с сигналом включения двигателя. Это позволяет надежно фиксировать процессы пуска и производить анализ результатов.

При прямом пуске двигатель подключается к сети контактором КМ3 с рабочими контактами А109, В109, С109. Недостатком этого метода является то, что при нем возникает максимально возможный пусковой ток. Также существует пиковый ток из-за намагниченности, который может быть в 20 раз выше номинального тока, т.к. напряжение на двигателе в момент пуска отсутствует.

Для пуска двигателя по схеме «звезда – треугольник» используются контакторы КМ2 и КМ4 с контактами А103, В103, С103 и А104, В104, С104 переключающиеся в процессе пуска двигатель со схемы «звезда» на «треугольник». При пуске двигателя по схеме «звезда – треугольник» удастся уменьшить пусковой ток, до 1/3 от тока прямого пуска от сети. Однако, недостатком пуска асинхронного двигателя переключением «звезда – треугольник» является то, что при пуске двигателя переключением «звезда – треугольник» происходит также снижение пускового момента, приблизительно на 33%.

Плавный пуск двигателя осуществляется переключением его к преобразователю частоты WEG CFW10 Easydrive, предварительно настроенному на необходимые параметры пуска. Недостатком данного пуска является усложнение пуска под нагрузкой, так как крутящий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения питания, снижение напряжения в момент пуска в два раза приведет к снижению крутящего момента в четыре раза.

Разработаны методические указания к лабораторной работе по реализации изучаемых методов пуска. Приведены вопросы самопроверки, позволяющие акцентировать внимание обучающего на особенностях пуска двигателя в различных режимах.

Литература

1. Основы автоматизированного электропривода: Учеб. пособие для вузов / М.Г. Чиликин, М.М. Соколов, В.М. Терехов, А.В. Шинянский, Энергия, 1974

УДК 004.93

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГЛУБИНЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

студент гр. 10706118 Стромский С.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лившиц Ю.Е.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Наряду с обычными камерами, получающими двухмерное изображение существуют камеры, которые благодаря различным методам вместе с двухмерным изображением получают карту глубины, то есть изображение, на котором для каждого пикселя, вместо цвета, храниться его расстояние до камеры. Такие камеры называются 3D камерами. Особенно эффективно их использование в робототехнике, так как они позволяют роботу видеть не только контуры объекта, но и с высокой точностью определяет расстояние до этого объекта, что упрощает задачи позиционирования.

Существуют следующие типы камер измерения глубины:

1) Structured Light камеры – это один из самых простых, старых и относительно дешевых способов измерения глубины. Основная идея метода –проектор создает горизонтальные (или вертикальные) полосы, а камера снимает картину с полосками, как это изображено на этом рисунке 1.

Поскольку камера и проектор смещены друг относительно друга, то и полосы также будут смещаться пропорционально расстоянию до объекта. Измеряя это смещение, мы можем рассчитывать расстояние до объекта;

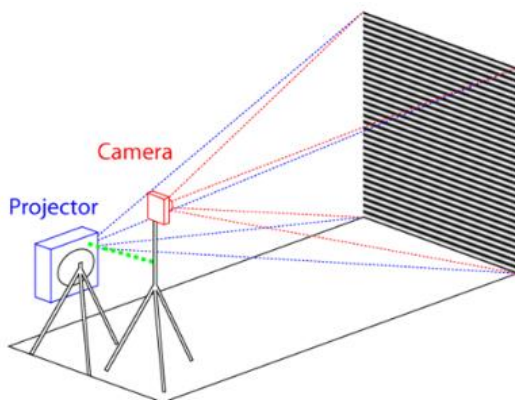


Рис. 1. Принципиальное строение камеры структурного света

2) Time of Flight (ToF) камеры. Эти камеры определяют дальность через скорость света, измеряя время пролета светового сигнала, испускаемого камерой, и отраженного каждой точкой получаемого изображения. Камеры этого типа широко применяются в робототехнике. Также такие камеры используются в современных смартфонах в технологии распознавания лиц;

3) Depth from Stereo камеры. Принцип работы камер этого типа схож с принципом человеческого зрения, и основан на получении изображений с двух камер, и формировании на их основе карты глубины. Главное достоинство подобных камер – солнечный свет, улучшая освещенность, делает их результаты лучше;

4) Light Field камеры – они же камеры светового поля или пленоптические камеры. Суть метода – фиксировать в каждой точке не просто свет, а двумерный массив световых лучей. На практике это делается с использованием массива микролинз;

5) Камеры, основанные на Lidar-технологиях. Принцип действия лидара – направленный луч источника излучения отражается от целей, возвращается к источнику и улавливается высокочувствительным приёмником. Время отклика прямо пропорционально расстоянию до цели.

Все эти методы обладают своими особенностями, которые накладывают существенные ограничения на их применение. Например, первые два метода предназначены для помещений (посторонние источники излучения вызывают существенные искажения). Помимо

этого, различается сложность необходимых вычислений – камеры, построенные по технологии ToF и лидары получают непосредственно глубину изображения и не требуют дополнительных вычислений, а для остальных наоборот требуются различные методы обработки. Также все эти технологии обладают различными быстродействием (наибольшее – ToF камеры) и точностью (самые точные – камеры, основанные на lidar-технологиях).

Часто необходимо получение большого количества различной информации об окружении. В таких случаях необходимо применение нескольких, иногда различных технологий. Хорошим примером являются современные автопилоты автомобилей, использующие сразу множество различных средств получения данных, в том числе камеры технического зрения, лидары и радары.

УДК 621.3

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

студент гр.10703217 Савостьянов М.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Гутич И.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В нашем мире электрическая энергия имеет огромное влияние на повседневную жизнь каждого человека. Автоматизация процессов значительно облегчила нашу жизнь, но вместе с тем следует понимать, что повсеместное использование электричества повлекло за собой изменение его характеристик и параметров, а, значит, остро стоит вопрос о контроле качества электрической энергии. Электрическая энергия используется для создания других видов продукции и оказывает непосредственное влияние на их свойства.

Необходимо понимать, что качество электрической энергии (КЭ) отличается от качества других видов продукции. Например, любой электроприемник предназначен для работы при определенных параметрах электрической энергии: ток, напряжение, номинальная частота и т.п. Поэтому для правильного функционирования электроприемников нужно получить требуемое КЭ. Из этого можно сделать вывод, что КЭ определяется комплексом ее характеристик, при которых

электроприёмники (ЭП) будут грамотно функционировать и выполнять заложенные в них функции.

Под качеством электрической энергии понимают то, насколько соответствуют ее параметры определенным значениям. Принято подразделять показатели качества электрической энергии (ПКЭ) на основные и дополнительные. К основным ПКЭ относят такие свойства электрической энергии, которые характеризуют ее: размах изменения напряжения, коэффициент нулевой последовательности напряжения, отклонение напряжения, коэффициент несинусоидальности кривой напряжения, дозу колебаний напряжения, коэффициент n -й гармонической составляющей, коэффициент обратной последовательности напряжения, коэффициент нулевой последовательности напряжения, отклонение частоты, длительность провала напряжения, импульсное напряжение. Дополнительные ПКЭ – это определенные формы записи основных ПКЭ, но их применяют в других нормативно-технических документах. К ним мы отнесем: такие как коэффициент амплитудной модуляции, коэффициент небаланса междуфазных напряжений, коэффициент небаланса фазных напряжений [1].

Ухудшения качества электрической энергии может происходить как по одному из вышеперечисленных свойств, так и по нескольким сразу. Наиболее вероятными виновниками ухудшения качества электрической энергии является организация, которая поставляет электрическую энергию потребителю или сам потребитель. Если речь идет о энергоснабжающей организации, то основными параметрами, на которые она влияет являются: отклонение напряжения, отклонение частоты, провал напряжения импульс напряжения и временное перенапряжение. Так же и сам потребитель электрической энергии может вносить изменения в ряд свойств энергоносителя. К этим свойствам относятся колебание напряжения, несинусоидальность напряжения, несимметрия трёхфазной системы напряжений. Эти свойства в свою очередь вносят изменения в ряд показателей, таких как размах напряжения, доза фликера, а также ряд коэффициентов. Если за изменение качества электроэнергии стоит потребитель, то вероятная причина ухудшения энергии является нагрузка (переменная, нелинейная, несимметричная). Например, для потребителей, которые характеризуются нелинейной нагрузкой зачастую используют

установки дуговой и контактной электросварки, теристорные преобразователи, силовые магнитные усилители и трансформаторы. Эти потребители потребляют из сети ток с несинусоидальной кривой, что и приводит к искажениям кривой напряжения.

Качество электрической энергии должно соответствовать требованиям технических нормативно-правовых актов, которые обычно определены в договоре электроснабжения. В Республике Беларусь действует ГОСТ 13109-97 “Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения”.

Отметим, что большой ущерб электроприёмникам наносит некачественная электрическая энергия. При этом наибольший урон из-за некачественной электрической энергии приходится на промышленные объекты. Именно поэтому на всех объектах устанавливают устройства качества электроэнергии. Их чаще всего размещают на границе раздела балансовой принадлежности электрических сетей потребителя и энергоснабжающей организации.

Для повышения качества электрической энергии существует несколько способов. К основным относят регулирование и симметрирование напряжения. Регулирование напряжения выполняется с помощью конденсаторов, стабилизаторов, вольтодобавочных трансформаторов, трансформаторов с регулировкой напряжения под нагрузкой. Симметрирование напряжения осуществляют кольцеванием сетей, нейтралерами, трансформаторами, увеличением сечения нулевого провода и с помощью трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток.

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод, что качество электрической энергии является важным показателем для всех сфер деятельности человека: от бытового использования до энергоёмких промышленных предприятий. Связи с этим с каждым годом набирает популярность использование автоматизированной системы контроля качества электрической энергии. И это не удивительно, так как ущерб от некачественной электроэнергии может достигать до миллиардов долларов, а также принести ущерб человеческому здоровью и жизни.

Литература

1. ГОСТ 13109-97 “Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения”.

2. Гутич, И.И Автоматизированные системы контроля и учета энергопотребления. Конспект лекций / И.И. Гутич. – Минск, 2021.

УДК 004.04

UNITY И РОБОТОТЕХНИКА

студент гр.10706120 Романенко П.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Воюш Н.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Компания Unity уже более 15 лет занимается разработкой своего игрового движка. На Unity написаны тысячи игр, приложений, визуализации математических моделей и т.д., которые охватывают множество платформ и жанров. При этом компания используется как крупными разработчиками, так и независимыми студиями.

Мы для себя поставили цель: попробовать адаптировать изначально игровой движок под свою техническую специальность. На наш взгляд, Unity неплохо подходит для симуляции и визуализации различных механизмов и роботов с возможностью их тестирования, а также управления в реальном времени.

Программа использует язык программирования C#. В совокупности с удобным интерфейсом он становится простым для изучения и использования, в частности для начинающих, но не исключая возможности их использования профессионалами. В целом, это и поможет нам достигнуть своей цели.

Весь проект Unity состоит из сцен. В нашем случае для каждой конкретной симуляции будет хватать даже одной, использовать больше можно в случае надобности оперативного переключения между сценами. В сцены добавляются объекты, которые играют ключевую роль. Им присваивается физика: масса, трение, материал и т.д.

Расчеты физики ложатся на встроенный физический движок PhysX от NVIDIA. Он позволит нам учитывать многочисленные факторы, такие как: разрыв при определенном крутящем моменте, сила тяжести, вычисление центра масс.

Задавать движение можно как способом математических моделей, так и с помощью управления в режиме реального времени. Для начала мы отдадим предпочтение изначально второму варианту. Он сам по себе проще, но несмотря на это позволит выполнять самые эффективные стресс-тесты и проверить аппарат на работоспособность.

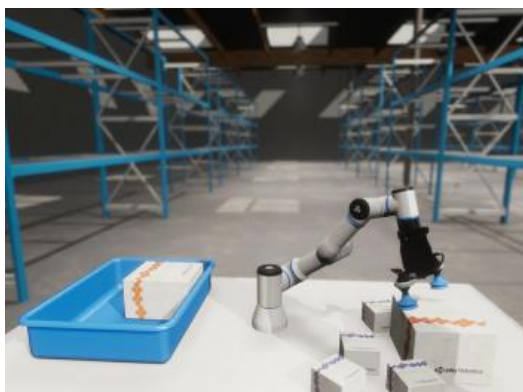


Рис. 1. Симуляция робота на Unity

В Unity одни объекты можно привязывать к другим, вследствие чего первые становятся дочерними. Дочерние объекты двигаются по 3-м осям вместе с главным, полностью повторяя его движение, но при этом сохраняют возможность самостоятельного движения в его рамках. Это значит, что робот, который мы виртуально воссоздаем, будет двигаться звеньями практически так, как это будет происходить в действительности, а встроенная система обработок столкновений поможет взаимодействовать со сторонними предметами: в случае случайного и/или ошибочного столкновения выдавать сообщение об ошибке и самостоятельно останавливать движение аппарата.

Итак, подведем итог. Сам по себе Unity достаточно далек от профессиональных программ, специально созданных для симуляции и

программирования роботов. Но, собрав все факторы и возможности, которые нам дает этот движок, мы займемся разработкой универсального приложения, которое будет адаптировано под платформы Windows и Android, позволяющее за небольшое количество времени воссоздать виртуальный муляж робота и протестировать его.

УДК 621.318

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАСОСНОЙ СТАЦИИ

студент гр. 10703118 Дигаленя И.К.

Научный руководитель – ст. преподаватель Матрунчик Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

При эксплуатации резервуаров с водой возникают проблемы утечек, затопления, часть воды может испаряться под воздействием солнечных лучей, если эксплуатация ведется под открытым небом. Для своевременного устранения подобных проблем и упрощения контроля за объектом, стоит задача автоматизации данной системы. Для реализации проекта необходимо создание схемы макета устройства и функциональной схемы устройства, а также алгоритма работы [1].

Предложенная система позволяет определить при помощи двух датчиков уровня контроля жидкости сколько воды находится в резервуаре в данный момент. Контроль жидкости дополнительно отображается индикаторами – светодиодами. Исходя из этого значения, оператор принимает решение о целесообразности заполнения резервуара водой при помощи кнопок управления клапаном и двигателем, к которому подключен насос. Заполнение резервуара водой осуществляется до уровня верхнего датчика в автоматическом режиме.

Продуман процесс ложных срабатываний. Насос не запустится, если клапан не открыт и резервуар заполнен водой. Клапан нельзя закрыть, если не отключен насос. Клапан не открыть, если резервуар заполнен водой. Для возможности работы системы в автоматическом режиме необходимо программировать контроллер Arduino Uno при помощи приложения Arduino IDE [2].

На схеме изображено 6 тактовых кнопок. Нижние служат в роли кнопок, верхние выполняют роль имитации датчиков воды. При их

нажатии можно симулировать состояние, когда резервуар заполнен водой до определённого уровня. Это удобно для процесса демонстрации. Светодиоды показывают сработали датчики или нет. Кнопки, имитирующие датчики, подключены к пинам 11 и 12 и через резисторы 10 кОм к GND [3].

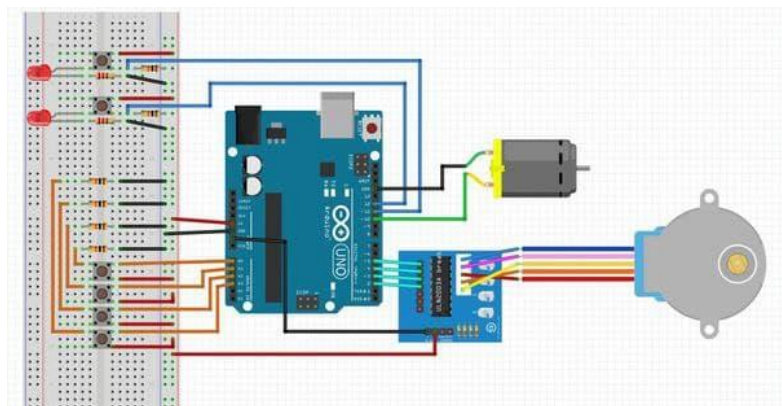


Рис. 1. Схема модели объекта, созданная в программе Fritzing

К плате Arduino Uno подключаются два датчика типа "сухой контакт", шаговый двигатель, двигатель (насос), кнопки управления. К этим же линиям подключены светодиоды, которые вторым концом через токоограничивающие резисторы подключены к земле. В нормальном состоянии линии через резисторы подтянуты к GND, что соответствует логическому 0. Светодиоды при этом не горят.

Второй контакт кнопок подключен к 5V. При нажатии на кнопку пин arduino (линия) подключается к 5V. На arduino поступает логическая 1. Светодиод загорается.

Управление осуществляется четырьмя кнопками. Один вывод каждой кнопки подключен к 5V. Вторые выводы подключены к пинам A0, A1, A2, A3 платы Arduino Uno.

Линии A0, A1, A2, A3 подтянуты к GND резисторами 10 кОм. В нормальном состоянии сигналы на линиях соответствуют логическому 0. При нажатии - логической 1. Всё так же, как и описано выше, но без светодиодов.

Насос подключен к пину 10 arduino. Вторым выводом он подключен к GND. Когда на пине 10 логическая 1 (5V) то насос запускается, и наоборот [4].

Шаговый двигатель подключен через повторяющий драйвер.

Когда кнопка нажата, то на ножку приходит 5 вольт, плата понимает, что нажали кнопку. Если отпустить, то напряжение через подтягивающий резистор уйдёт до нуля. и плата на это отреагирует.

Насос управляется ножкой 10. То есть это цифровой выход. Когда на него приходит 5 вольт, мотор запускается. Если напряжение 0 вольт, то мотор не запустится.

Резисторы 10 кОм шунтируют входы микроконтроллера на землю, когда кнопка не нажата. Если не зашунтировать, то напряжение на входе может скакать, что может привести к ложным срабатываниям системы.

Был создан простой и наглядный проект автоматизированной насосной станции. В последующем он может усложниться и модернизироваться. Так, например, при помощи добавления датчиков влажности, температуры и давления, модель можно переработать в полноценный рабочий бойлер.

Литература

1. Arduino.ru [Электронный ресурс] / Управление наполнением емкости и поливом – Режим доступа: <http://arduino.ru/upravlenie-napolneniem-emkosti-i-polivom/>. - Дата доступа: 09.05.2021

2. All Arduino [Электронный ресурс] / Программирование Arduino. – Режим доступа: <https://all-arduino.ru/programmirovanie-arduino/>. - Дата доступа: 10.04.2021

3. Arduinomaster [Электронный ресурс] / Датчики и модули Arduino. – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/>. - Дата доступа: 30.04.2021

4. Maxfad [Электронный ресурс] / <https://maxfad.ru/programmer/osnovy-arduino/646-upravlenie-pogruzhnym-nasosom-na-arduino.html/> Дата доступа: 06.05.2021

УДК 621.350.11

ИГРА НА РАЗВИТИЕ ВНИМАНИЯ И ПАМЯТИ

студенты гр. 10703117 Каленкович Ю.Л и Маркова И.С.
Научный руководитель – ст. преподаватель Матрунчик Ю.Н
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Проблема внимания традиционно считается одной из самых важных и сложных проблем научной психологии. От ее решения зависит развитие всей системы психологического знания – как фундаментального, так и прикладного.

Значимость внимания в жизни человека, его определяющая роль в сборе содержания сознательного опыта, запоминании и научении очевидны.

Мы живем в мире, в котором на нас ежедневно обрушивается огромный поток информации. Объем как общих знаний о мире, так и по отдельным направлениям, специальностям возрос за последнее столетие в несколько, а то и в десятки раз. И этот объем постоянно увеличивается, пополняясь все большим количеством новой информации. Часто, не умея быстро сконцентрировать свое внимание, запомнить нужное и отсеять второстепенное, мы просто «дрейфуем» в безбрежном информационном море.

Возможно ли управление нашей памятью? Известно, что человек в сжатые сроки может овладеть большим объемом информации. Но в обычном состоянии это сделать очень трудно, как и забыть избирательно какой-то факт. Поэтому развитие памяти, совершенствование процессов запоминания, сохранения и воспроизведения информации являются необходимыми задачами для человека в современном обществе. Без совершенствования собственной памяти современный человек рискует отстать от динамичного развития общества, потеряться в огромном потоке информации.

На сегодняшний день в мире существует много различных методов тренировки внимания и памяти. Не каждому человеку природа подарила совершенную память, способную овладеть необходимой для него информацией. Безусловно, можно применять для сохранения и выборки информации всевозможные бумажные, аудио-, видео- и компьютерные носители. Тем не менее, в условиях постоянно

усложняющейся, обступающей со всех сторон человека среды необходимо немалое число данных сохранять в личной памяти. И не просто хранить мертвым грузом, а обладать возможностью эффективно ее использовать. Именно поэтому была нами была создана игра на развитие памяти и внимательности, в первую очередь у детей.

Прототипом данной игры является популярная, прежде всего в англоговорящих странах, игра «Саймон говорит». Задача игрока – запомнить продемонстрированную ему последовательность вспышек и звуков и затем воспроизвести ее. Эта игра развивает зрительную и слуховую память, скорость реакции. Схема игры на базе микроконтроллера Arduino Uno представлена на рисунке 1.

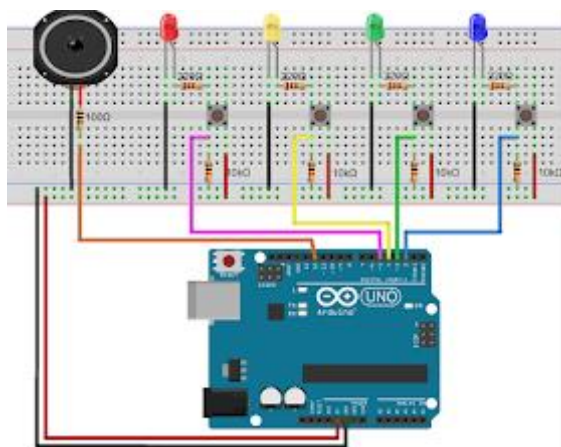


Рис. 1. Схема игры на Arduino Uno

Суть игры заключается в повторении последовательности цветов, нажимая кнопки в той же последовательности, в которой загорались светодиоды.

Алгоритм управления:

1. Перед началом игры загораются все светодиоды и звучит сигнал, соответствующий началу игры.
2. На 1 уровне зажигается на пол секунды один из четырех светодиодов. После того как он погаснет, нужно нажать кнопку с соответствующим светодиодом.
3. На 2 уровне, зажигается тот же светодиод, а потом еще один из четырех (светодиоды загораются в случайном порядке), нужно

нажать кнопку с соответствующим первым светодиодом, а потом кнопку с другим загоревшимся светодиодом.

4. На уровне 3 последовательно зажгутся три светодиода и т. д.

5. Если вы нажмёте не на ту кнопку, то есть ошибётесь в последовательности, либо время ожидания будет больше 5 секунд, то считается, что вы проиграли, на 1 секунду зажгутся все светодиоды, прозвучит соответствующий звуковой сигнал и игра начнется с 1 уровня.

Литература

1. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – Изд. 2-е: Солон-Пресс, 2015. – 464 с.

2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования, Солон-Пресс, 2010. – 255 с.

3. ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ **ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ** **КОМПЛЕКСОВ**

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВОГО СВАРОЧНОГО КОНТУРА ЛИНИИ СВАРКИ КАПОТОВ

студент гр. 10705116 Алейник А.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Опейко О.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В настоящее время электропривод подавляющего большинства механизмов по техническим требованиям и в пределах реализуемой мощности машины может быть выполнен на основе асинхронного двигателя. Примерами таких установок могут служить механизмы водяных и воздушных насосов, вентиляционные и компрессорные установки, лифты и различные подъемники, эскалаторы и т.п. При работе этого оборудования необходимо изменять режимы работы электродвигателей в широких пределах. Но главной целью является максимальная экономия электроэнергии. Поэтому, вопрос выбора системы управления асинхронным двигателем является очень важным этапом проектирования оборудования.

Сварочные агрегаты – это устройства для сварки и резки, способные работать в автономном режиме.

В данном проекте был проведён анализ возможных вариантов управления насосной установкой. Были использованы такие программы как AutoCad, MatLab, Excel, MathType, Splan 7.0. Выбран асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором АИР80А2У3 с центробежным насосом ИТТ Lowara FHE32-160/15.

Физический принцип действия центробежных насосов определяет законы подобия для основных характеристик насоса: производительность насоса Q линейно зависит от скорости вращения колеса, создаваемый при этом напор ΔH зависит от квадрата скорости, и, соответственно, требуемая при этом механическая мощность P зависит от куба скорости. Таким образом, потребление электроэнергии при

частотном регулировании пропорционально кубу производительности насоса. Регулирование скорости вращения рабочего колеса насоса возможно с помощью электрических преобразователей частоты, которые обеспечивают качественное управление асинхронными электродвигателями в широком диапазоне изменения частоты. Применение преобразователей частоты обеспечивает следующие преимущества по сравнению с другими методами:

- 1) эффективное использование асинхронных электродвигателей, дешевых в эксплуатации и ремонте;
- 2) КПД преобразователя 95 – 98 %;
- 3) плавный пуск электродвигателя, отсутствие гидравлических ударов;
- 4) снижения уровня шума при пуске и работе;
- 5) автономная безопасная работа, интеграция в АСУ ТП.

Частотные преобразователи обеспечивают полную электронную защиту преобразователя и двигателя от перегрузок по току, перегрева, утечки на землю и обрыва линий передачи.

Преобразователь позволяет отслеживать и отображать на цифровом пульте основные параметры системы - заданную скорость, выходную частоту, ток и напряжение двигателя, выходную мощность и момент, состояние дискретных входов, общее время работы преобразователя и т. д.

При работе в энергоэффективном режиме экономится не только электроэнергия и ресурс оборудования, но и в зависимости от функции автоматизируемого объекта – вода, тепло.

Применён преобразователь частоты фирмы Omron серии MX2. Задачей системы управления является поддержание требуемой температуры и давления в трубопроводе, при различном расходе воды. Поэтому, был выбран ПИ-регулятор для управления насосом.

Вследствие имитационного моделирования, выполненного в среде MatLAB были получены графики рабочих параметров системы, проанализированы, и учтены все требования необходимые для проектирования данной системы управления насосом.

В результате разработки была получена имитационная модель автоматизированного электропривода, которая включает следующие элементы:

1) Модель асинхронного короткозамкнутого двигателя, используется стандартный блок "Asynchronous Machine SI Units" библиотеки SimPowerSystems.

2) Модель силового преобразователя. Звено постоянного тока преобразователя представлено идеальным источником постоянного напряжения "Udc", а автономный инвертор напряжения - стандартным трехфазным преобразователем "IGBT Inverter".

3) Модель насоса построена с использованием стандартных блоков библиотеки Simulink.

4) Модель управляющего устройства включает модели регулятора давления, датчик температуры и системы управления преобразователем.

Спроектирована релейно-контакторная схема, электрическая схема соединения системы автоматизации и электрическая принципиальная схема автоматизированного электропривода. Алгоритм и программа для программируемого контроллера на языке LAD.

Был произведен расчет защитного заземления и учтен комплекс мер для безопасного функционирования всей установки.

Литература

1. Соколов М. М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1976.- 540с.

2. Анхимюк В.А., Опейко О.Ф., Михеев Н.Н. Теория автоматического управления. - Мн.: Дизайн ПРО, 2000.

3. Мигдалёнок А.А. Моделирование электропривода на ЭВМ: Учебно-методическое пособие, 2009.

УДК 621.31.83.52

ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 3D-ПРИНТЕРА TWO SAPPHIRE PLUS

студент гр. 10705120 Буксов Т.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение. Актуальность выбора темы данной курсовой работы обусловлено тем, что за последние несколько лет 3D технологии стали инновационным решением для получения объемных изображений.

Цель: оптимизировать работу и создать модель Two Sapphire Plus 3D printer для построение реального изделия по разработанному макету трехмерной модели, состоящую из отдельных компонентов.

Задачи курсовой работы:

1. Рассмотреть классификацию, характеристику и назначение 3D-принтера.

2. Разработать алгоритм процесса разработки детали.

3. Разработать алгоритм процесса разработки устройства.

1. Классификация, характеристика и назначение 3d-принтера. 3D-принтер — это периферийное устройство, осуществляющее 3D-печать методом послойного формирования физического объекта по заданной цифровой 3D-модели.

Классификация 3d-принтеров ведется по нескольким ключевым параметрам, основными из которых являются: применяемая технология 3d-печати; материал печати; уровень качества и стабильности размеров получаемых изделий.

Основные характеристики 3D-принтера: назначение, технология печати, интерфейс, программные требования, конструкционные особенности.

Назначение: 3D-принтеры выпускаются под конкретные задачи: архитектура, дизайн, медицина, образование, производство, протезирование, прототипирование.

2. Алгоритм процесса разработки детали. Для осуществления процесса разработки возьмем за основу метод твердотельного параметрического моделирования. Сущность его состоит в том, что в раз-

рабатываемых конструкторами трехмерных моделях различных деталей все их элементы имеют свои собственные размеры. При этом они могут быть изменены как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения в любой момент, причем даже тогда, когда модель уже построена и полностью готова. Параметрическое моделирование деталей в такой популярной системе, как Solid Works 2021, дает разработчикам возможность в полной мере использовать все те преимущества, которые имеет трехмерное конструирование. При помощи параметризации в кратчайшее время можно, используя метод изменения определенных геометрических соотношений или значений параметров в кратчайший срок произвести анализ различных конструктивных решений и выбрать из них наиболее оптимальное.

В данной работе выполняется построение детали основания корпуса 3D-принтера. Для этого используя стандартные команды, построим боковые панели корпуса. Затем осуществляется процесс построения верхней крышки для основания корпуса. Совместив все части, получаем эскиз корпуса. Далее выполняется вырез для панели управления и вырез для креплений. Затем выполним построение нижней крышки корпуса и креплений. Создадим резиновые ножки и совместим их с нижней крышкой. Отредактируем полученные части и выполним построение основания корпуса.

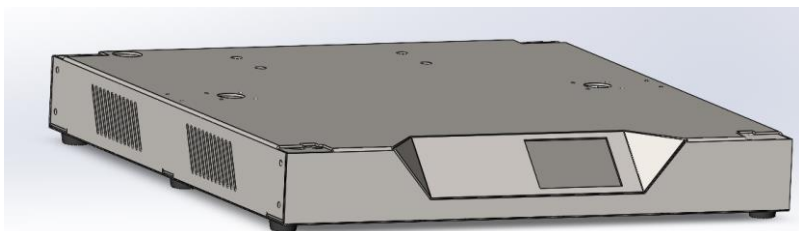


Рис. 1. Деталь основание корпуса

3. Алгоритм процесса разработки устройства. Solid Works 2021 предоставляет разработчикам широкие возможности в области трехмерного параметрического моделирования. Он подходит для разработки изделий любой степени сложности. Твердотельное моделирование является самым совершенным и самым достоверным методом создания копии реального объекта.

Процесс разработки 3D-принтера производим по следующему алгоритму:

Применение данного метода построения устройства 3D-принтера обладает рядом преимуществ: полное определение объемной формы с возможностью разграничения внешней и внутренней областей объекта; обеспечение автоматического удаления скрытых линий; автоматическое построение трехмерных разрезов компонентов, что особенно важно при применении перспективных методов анализа с автоматическим получением изображения точных весовых характеристик и эффективных конструкций методом конечных элементов при анализе сложных сборочных изделий; наличие разнообразной палитры цветов, управление цветовой гаммой, получение тоновых эффектов манипуляцией источником света-все того, что способствует реализации качественных изображений форм. компонентов и сечений; повышение эффективности имитации динамики механизмов, процедур генерации траектории движения инструмента и функционирования роботов.

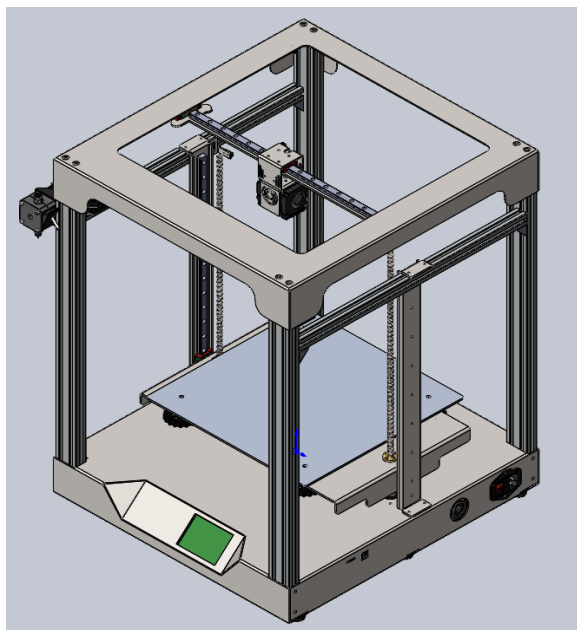


Рис. 2. Модель 3D-принтера

Заключение. В ходе работы была разработана модель Two Sapphire Plus 3D printer. Особенностью данной модели является кинематика движения. Для разработки детали, а именно основания корпуса 3D-принтера, а также алгоритма разработки устройства в целом, был применен метод твердотельного параметрического моделирования в системе Solid Works 2021, который обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами моделирования. Подробно представлен процесс с описанием команд, используемых для построения. Выполнены графические чертежи, рисунки деталей и устройств.

Для увеличения эффективности работы модели Two Sapphire Plus 3D printer предлагается уменьшить значение ускорения рывков прошивки и тем самым добиться отличного качества печати. Благодаря этому повышается качество и эффективность работы данной модели Two Sapphire Plus 3D printer.

Литература

1. Ильин Ю. 3D принтеры: что и зачем [Текст] / Ю. Ильин // САПР и графика – 2016. – № 2. – С. 12–16.
2. Канеса И. Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития [Текст] / И. Канеса С. Фонда, М. Зенаро – М.: Университетская книга, 2013. – 192 с.
3. Кристофер Б. 3D печать: третья индустриальная революция [Текст] / Б. Кристофер – М.: АГРАФ, 2013. – 258 с.
4. Лейбов А.М. Применение технологий 3D–прототипирования в образовательном процессе [Текст] / А.М. Лейбов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 93.
5. Михайлова А. Е. 3D принтер – технология будущего [Текст] / А. Е. Михайлова // Молодой ученый. – 2015. – №20. – С. 40–44.
6. Ревич Ю.В. 3D в натуре [Текст] / Ю. В. Ревич // Компьютерра. – 2009. – № 8. – С. 37–41.
7. Эванс Б. Практические 3D–принтеры: наука и искусство 3D–печати [Текст] / Б. Эванс. – СПб.: Apress, 2012. – 212 с.
8. Floyd J. 3D Printing: Build Your Own 3D Printer and Print Your Own 3D Objects. – CA.: Que Publishing, 2013. – 192 с.
9. Jesse H. 3D CAD with Autodesk 123D: Designing for 3D Printing, Laser Cutting, and Personal Fabrication. – CA.: Maker Media, 2016. – 118 с.

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ДЕЛЬТА-РОБОТА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 3 КГ

студент гр. 10705116 Бурба М.Д.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Гульков Г.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Актуальность

Одной из основных мировых тенденций современной робототехники является создание пространственных манипуляционных механизмов параллельной структуры. Данный класс манипуляционных механизмов широко применяется в различных отраслях промышленности в измерительных, технологических, обрабатывающих, ориентирующих устройствах. В манипуляционных механизмах параллельной структуры выходное звено соединено с основанием несколькими кинематическими цепями. Многоподвижная замкнутая кинематическая цепь механизма обеспечивает большую жесткость его конструкции, грузоподъемность и точность, что приводит к уменьшению размеров и масс подвижных звеньев. Кроме того, в таких механизмах приводы располагаются на внешней поверхности по отношению к выходному звену и кинематическим цепям, что позволяет использовать их в экстремальных средах.

Описание исследуемой промышленной установки

Рассматриваемой промышленной установкой является параллельный манипулятор, выполненный в виде платформы Гью-Стюарта грузоподъемностью 3 кг. Подобные платформы называются гексаподами, которые обладают тремя поступательными и тремя вращательными степенями свободы. 3D модель данного робота представлена на рисунке 1. Кинематическая схема дифференциального привода представлена на рисунке 2. Расположение шарниров подробно изображено на рисунке 3.

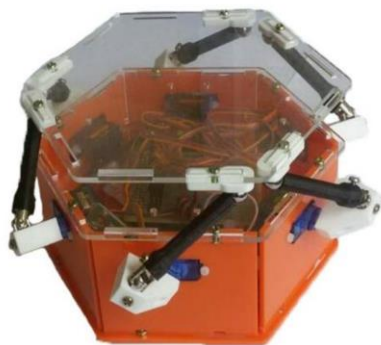


Рис. 1. 3D модель промышленной установки (сверху)

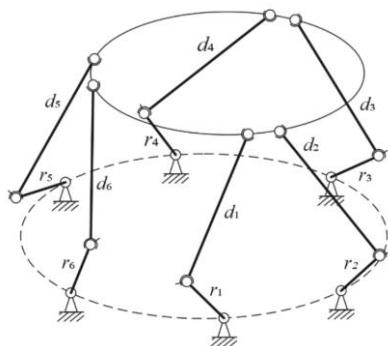


Рис. 2. Кинематическая схема промышленной установки

- r_i – длины нижних стержней, называемых кривошипами;
- d_i – длины стержней, называемых шатунами;
- a_i – сферические шарниры на подвижной платформе;
- b_i – универсальные (карданные) шарниры между кривошипами и шатунами;
- c_i – поворотные шарниры на основании;
- O_0 – центр основания;
- O – центр платформы;
- R_a – расстояние от центра платформы до расположенных на ней шарниров;
- R_c – расстояние от центра основания до расположенных на нем шарниров.

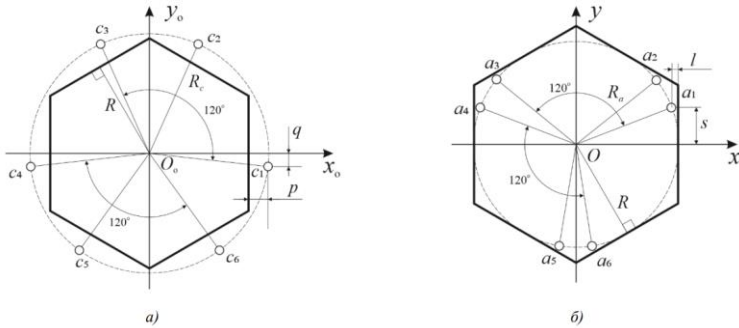


Рис. 3. Расположение шарниров: а) на основании ПМ; б) на платформе ПМ

Описание технологического процесса, выполняемого установкой

Построение аналитической модели выбранного объекта заключается в основном в решении его ОЗК, которая для предложенного ПМ с шестью степенями свободы на базе кривошипно-шатунного механизма формулируется следующим образом: необходимо определить углы поворота кривошипов, позволяющих достичь заранее заданное положение верхней платформы в пространстве.

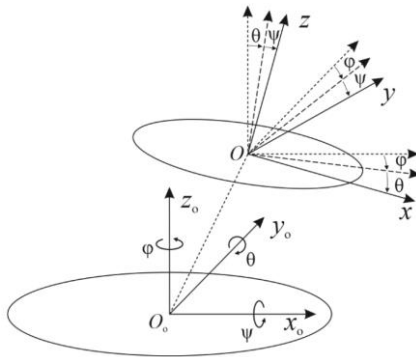


Рис. 4. Принятые системы координат

Свяжем с неподвижной платформой абсолютную систему координат $O_0x_0y_0z_0$. Точку отсчета совместим с центром платформы – точкой O_0 , ось O_0x_0 проведем через центры первой и четвертой боковых граней корпуса ПМ, ось O_0z_0 направим перпендикулярно плоскости

основания, а ось O_0y_0 расположим так, чтобы получилась правая система координат (рисунок 4). Аналогичным образом построим локальную систему координат $Oxyz$, связанную с подвижной платформой в точке O .

Следовательно, начало координат платформы O будет определяться с помощью трех поступательных перемещений Δx , Δy , Δz относительно основания. Ориентацию подвижной платформы по отношению к неподвижному основанию будем определять с помощью системы углов Эйлера, основанной на углах крена, тангажа и рыскания. Данная система широко используется в авиации при описании движения аппаратов относительно неподвижной глобальной системы отсчета, связанной с поверхностью Земли. Аналогичным образом в процессе выполнения ПМ различных технологических операций происходит постоянное перемещение платформы относительно неподвижного основания, к которому привязана глобальная система отсчета $O_0x_0y_0z_0$. Указанные углы соответствуют следующей последовательности поворотов: поворот на угол ψ вокруг оси O_0x_0 (рысканье), поворот на угол θ вокруг оси O_0y_0 (тангаж) и поворот на угол φ вокруг оси O_0z_0 (крен).

Анализ взаимодействия оператора с промышленной установкой

Рассматриваемый робот разрабатывается под конкретные задачи, в которых он может выполнять работу автоматически по заранее запрограммированному алгоритму, либо совершать движения, полностью определяемые действиями оператора (авиасимулятор).

Литература

1. Прокопович, Г. А. Разработка системы управления учебным роботом-манипулятором параллельной структуры с применением технологии модельно-ориентированного проектирования / Г. А. Прокопович // Информатика. – 2019. – Т. 16, № 4. – С. 99–114.

2. Мамаев, А. Ю. Динамика движения робота-станка с параллельной кинематикой (гексапода) для окончательной обработки деталей сложной геометрии: учеб.-метод. пособие / А. Ю. Мамаев. – Белгород: БГТУ, 2014. – 140 с.

УДК 621.31.83.52

**«АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ СОРТИРОВКИ
ПОЧТОВЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ ВЕСОМ
ДО ТРЁХ КИЛОГРАММ»**

студенты гр. 10705120 Головач А.А., Шилов Н.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение. На сегодняшний день почтовые отправления актуальны как никогда. Почта существует очень давно и за все это время претерпела большие изменения. Сфера услуг, как и почта постоянно развиваются, и в двадцать первом веке почта наших времен кардинально отличается от почты былых времен. За все это время в почтовой связи много чего изменилось: оборудование, способы передачи данных, виды и качество услуг. Хотя в современном мире существует много других способов передачи информации, почтовые отправления не потеряли своей ценности и важности. Нашей целью являлось создание автоматизированной сортировочной линии для почтовых отправлений для оптимизации работы почты. Актуальность данной работы обуславливается тем, что на современном этапе происходит активное внедрение автоматизированных сортировочных центров в больших городах, что значительно ускоряет и повышает эффективность работы. Таким образом, необходимо проанализировать работу таких почтовых отделений и предложить оптимизацию процесса с помощью автоматизированных систем в небольшом масштабе.

Задачи курсовой работы:

1. Рассмотреть классификацию, характеристику и назначение почтовых конвейеров.
2. Разработать алгоритм процесса разработки детали.
3. Разработать алгоритм процесса разработки устройства.

1. Классификация, характеристика и назначение автоматизированной сортировочной линии. Автоматизированная сортировочная линия — это стационарное устройство, осуществляющее сортировку объектов по средствам сканирования и распределения их на категории по весу, форме, габаритам и т.д. Современные автоматизированные сортировочные линии могут выполнять сортировку по

средствам роликов конвейера, выдвижными затворками, использованием порывов воздуха, наклоном отдельных секция ленты и движением собственных конвейеров на каждой секции. Сортировочные линии уже сегодня применяются для промышленных целей в аэропортах, складах и архивах, а также в крупных почтовых отделениях.

Классификация автоматизированных сортировочных линий ведется по нескольким ключевым параметрам, основными из которых являются: направление перемещения объектов; транспортируемый вид груза; выполняемая функция; размещение самой линии и деталей; тип тягового органа; вид грузонесущей конструкции; расположение рабочего места работника.

Основные характеристики сортировочных линий: назначение, габариты переносимых объектов, расстояние транспортировки груза, используемое покрытие ленты, вид сортировочного устройства.

Назначение: сортировочные линии используют для перемещения и сортировки штучных грузов на расстояния. Такие линии состоят из целой сборки конвейеров.

Для использования автоматизированных сортировочных линий в локальных масштабах наиболее оптимально использовать ленточные конвейеры, автоматические сканеры и сортировка по средствам выдвижных частей сортировочного устройства. Для минимизирования работы человека, погрузка происходит роботом-рукой. Из-за чего данная линия не требует контроля со стороны человека, а только обслуживание линии.

2. Алгоритм процесса разработки детали. Для осуществления процесса разработки возьмем за основу метод твердотельного параметрического моделирования. Сущность его состоит в том, что в разрабатываемых конструкторами трехмерных моделях различных деталей все их элементы имеют свои собственные размеры. При этом они могут быть изменены как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения в любой момент, причем даже тогда, когда модель уже построена и полностью готова. Параметрическое моделирование деталей в такой популярной системе, как SolidWorks, дает разработчикам возможность в полной мере использовать все те преимущества, которые имеет трехмерное конструирование.

В данной работе выполняется построение конвейерной ленты для транспортировки грузов. Для этого используя стандартные команды,

построим боковые основания конвейера. Затем осуществляется процесс построения подвижной части конвейера (роликов и ленты). Далее происходит создание тягового органа в виде асинхронного двигателя с редуктором, расположенным на ножах под основанием конвейера, соединённым ремнём с основным роликом. Совместив все части, получаем эскиз конвейера. Далее выполняется построение осей для роликов и выполнение соответствующих вырезов в основании конвейера. Для преодоления смещения и трения роликов с основанием конвейера, размещаем прокладки. Конвейер является важной частью которую участвует во всех процессах сортировочной линии.

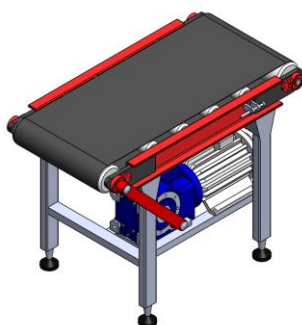


Рис. 1. Конвейер

3. Алгоритм процесса разработки устройства. SolidWorks предоставляет разработчикам широкие возможности в области трехмерного параметрического моделирования. Он подходит для разработки изделий любой степени сложности. Поэтому для разработки построения конвейера и остальных частей сортировочной линии выбран именно SolidWorks. Необходимо отметить, что от традиционных методов разработки деталей параметрическое моделирование отличается весьма существенно. Приступая к нему, конструктор в первую очередь начинает решать такие задачи, как создание математической модели того объекта, который ему предстоит разработать, причем с учетом того обстоятельства, что изменение отдельных ее параметров ведет к тому, что существенно изменяется общая конфигурация детали, или же взаимное расположение отдельных деталей

друг относительно друга в единой сборке. Твёрдотельное моделирование является самым совершенным и самым достоверным методом создания копии реального объекта.

Процесс разработки сортировочной линии производим по следующему алгоритму: робот-рука для выгрузки почтовых отправок на конвейерную ленту, сканер для считывания штрих-кодов с поверхности посылок, крепления для сканеров, сортировочные устройства и подвижные ящики для транспортировки почтовых отправок. Далее выполняется сборка автоматизированной сортировочной линии воедино.

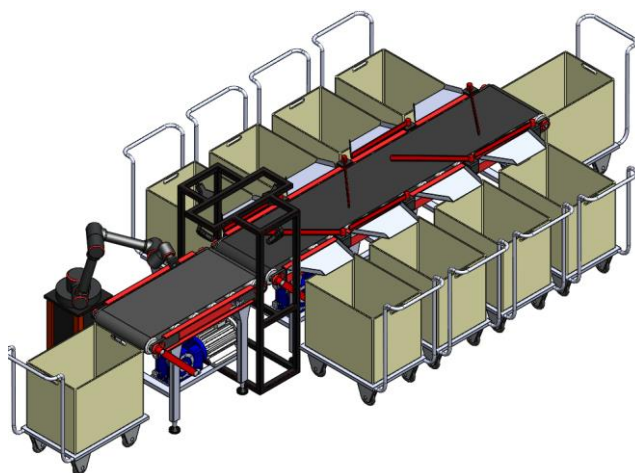


Рис. 2. Автоматизированная сортировочная линия

Заключение. В данной работе рассмотрен вопрос актуальности и необходимости автоматизации в сфере почтовых услуг. В ходе работы была разработана модель автоматизированной линии для сортировки почтовых отправок весом до трёх килограмм. Для разработки модели был применен метод твердотельного параметрического моделирования в системе Solid Works, который обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами моделирования. Были выполнены графические чертежи, рисунки деталей и устройств.

Литература

1. Автоматические сортировочные линии для посылок — Режим доступа: <https://uislab.com/products/konvejernaja-sortirovka/> — Дата доступа: 26.04.2021.
2. Основные типы сортировочных конвейеров — Режим доступа: <https://sitmag.ru/article/10018-osnovnye-tipy-sortirovochnyh-konveyerov> — Дата доступа: 26.04.2021.
3. Системы конвейерной сортировки грузов для конвейеров — Режим доступа: <https://rutkonveer.ru/catalog/avtomatizatsiya-konveyernaya/sistemy-sortirovki-gruzov/> — Дата доступа: 26.04.2021.
4. Линии сортировки для конвейера — Режим доступа: <https://scamatic.ru/content/avtomaticheskie-sortirovochnye-linii> — Дата доступа: 26.04.2021.
5. Глобальный интегратор логистических систем Toshiba — Режим доступа: <http://www.toshiba.ru/products/products-for-business/toshiba-globalnyy-integrator-logisticheskikh-sistem/> — Дата доступа: 26.04.2021.
6. Логистика посылок Siemens — Режим доступа: <https://www.siemens-logistics.com/en/parcel-logistics> — Дата доступа: 26.04.2021.

УДК 621.31.83.52

ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

студент гр. 10705116 Давидова А.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Васильев С.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

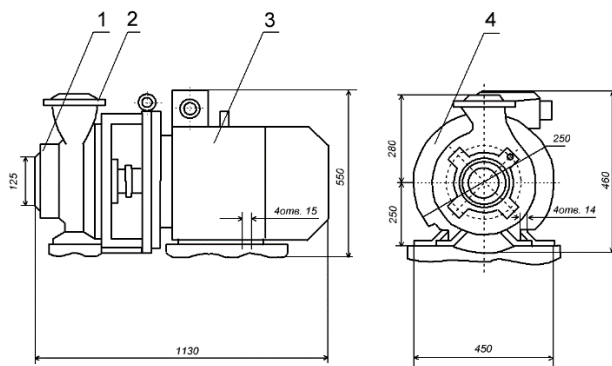
Актуальность

На данном этапе технического прогресса во всех развитых странах мира в последние годы принято направление, согласно которому необходимо как можно эффективнее распределять и использовать все виды энергоресурсов. Это позволяет не только сберечь потраченные средства, но и рационализировать производство посредством его модернизации.

Турбомеханизмы являются машинами массового применения. Около 25% всей вырабатываемой электроэнергии расходуется на электропривод насосов, вентиляторов и компрессоров. Техническое совершенство и экономичность электроприводов турбомеханизмов в значительной степени определяют рациональность использования электроэнергии в народном хозяйстве. Под экономичностью электропривода следует понимать не только его минимальную стоимость и высокие энергетические показатели, но и такое качество электропривода, как регулируемость. Высокая экономичность электропривода позволяет турбомеханизмам производить работу, необходимую по технологическим условиям, с наименьшими энергетическими затратами.

Описание исследуемой промышленной установки

Рассматриваемой промышленной установкой является центробежный насос – насос для перекачивания жидкостей, в котором движение жидкости и необходимый напор создаются за счёт центробежной силы, возникающей при воздействии лопастей рабочего колеса на жидкость. Центробежный насос из [1] фирмы Calpeda типа *NM(S)100/200C* представлен на рисунке 1.



1 - фланец всасывающего патрубка; 2 - фланец напорного патрубка ;
3 - электродвигатель; 4 - корпус насоса

Рис. 1. Общий вид промышленной установки

Основными достоинствами центробежной схемы все инженеры признают удобство в обращении, стабильность в работе и энергетическую эффективность.

Корпус 4 в обоих случаях скрывает одинаковые рабочие детали: каналы ввода и вывода жидкости, двигатели, роторы и др. Мотор 3 приводит в движение роторную ось, на которую насажено рабочее колесо с лопастями, идущими против движения. Принцип действия центробежных насосов заключается в том, что при этом движении возникает центробежная сила. Вода, пройдя через патрубки, сталкивается с рабочим колесом. Вращение колеса нагнетает жидкость и отбрасывает ее в сторону стенок камеры, где формируется область высокого давления. Далее из рабочей камеры водяного насоса жидкость затягивается в выпускные каналы 2. Каждый вывод оборудован нагнетающими трубками (кольцевидными или спиральными в зависимости от нюансов конструкции). Пройдя через них, вода оказывается под давлением. Через шланг она распределяется в конечные трубопроводы.

Описание технологического процесса, выполняемого установкой

Источником водоснабжения объекта служит проектируемый водозабор, состоящий из артезианской рабочей скважины. Из проектируемой скважины вода подается через кольцевую сеть объединённого хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода потребителям.

Расчётный суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды проектируемой застройки составляет 8472 м³/сут. Давление в сети в данном районе составил – 0,30 МПа.

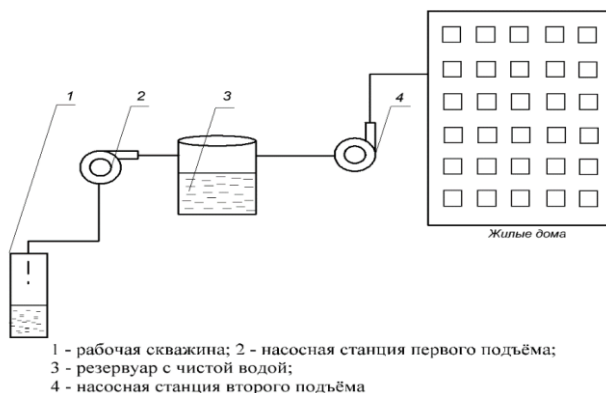


Рис. 2. Технологическая схема водоснабжения

На данной технологической схеме мы видим рабочую скважину 1. Благодаря насосной станции первого подъема 2, вода из скважины проходит очистку хлорированием и поступает в резервуар 3. Уже из резервуара 3 вода с помощью насосной станции второго подъёма 4 перекачивается к потребителю на хозяйственно-питьевые нужды. График водопотребления в сутки представлен на рисунке 3.

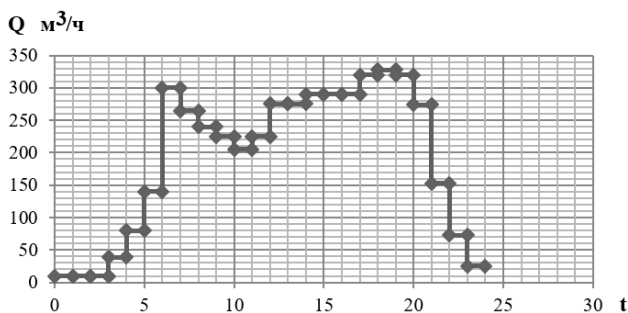


Рис. 3. График водопотребления в сутки

Исходя из графика водопотребления, определяем максимальный расход. Принимаем $Q_{\max}=327,27 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Так как насосная станция содержит в себе 1 рабочий и 1 резервный насос, то нагрузка будет распределена на оба насоса, а $Q_{\text{насоса}}$ будет определяться следующим образом:

$$Q_{\text{насоса}} = \frac{1,1 \cdot Q_{\max}}{2} = \frac{1,1 \cdot 327,27}{2} = 180 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Рабочее давление необходимо поддерживать в пределах 0,3МПа. Переведём «МПа» в метры водяного столба. $H_{\text{тр}}=0,3\text{Мпа} \approx 30,59\text{м}$. Однако, чтобы определить напор насоса, необходимо учесть падение напора ΔH в трубопроводе при изгибах и подъёмах. Примем $\Delta H=10$ м. Тогда напор насоса определяется следующим образом:

$$H_{\text{насоса}} = H_{\text{тр}} + \Delta H = 30,59 + 10 = 40,59 \text{ м}.$$

Схема технологического процесса представлена на рисунке 4.

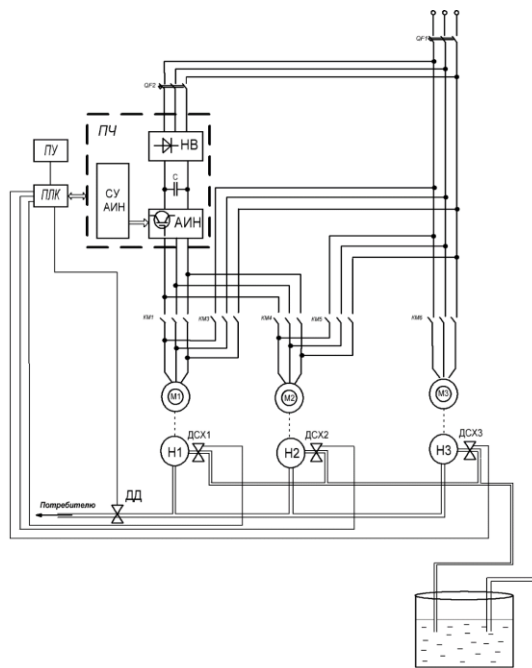


Рис. 4. Схема технологического процесса

Согласно технологической схеме проектируемая насосная станция будет состоять из трёх центробежных насосов типа *Calpeda NM(S)100/200C*: рабочий (Н1), резервный (Н2) и аварийный (Н3), приводимых асинхронными двигателями (М1, М2, М3) типа *AIP180M2* мощностью в 30кВт соответственно.

Асинхронные электродвигатели М1 и М2 могут работать как на прямую от сети, так и от частотного преобразователя фирмы «Mitsubishi» типа *FR-F740-00620-EC*. Что касается электродвигателя М3, то он будет включаться только в случаи выхода из строя, ремонта или планового технического обслуживания электродвигателей М1 и М2.

Работа центробежных насосов Н1 и Н2 будет автоматизирована по давлению воды в трубопроводе. Во время работы основного насоса Н1 на максимальной скорости от преобразователя частоты (ПЧ) при недостаточном количестве давления в трубопроводе, которое фиксируется датчиком давления (ДД), произойдёт переключение

насоса Н1 с частотного преобразователя на прямую от сети (bypass режим). После данной операции произойдет включение резервного насоса Н2 от частотного преобразователя, что позволит работать двум насосом одновременно и таким образом стабилизировать давления в сети трубопровода. Однако существуют ограничение как максимального, так и минимального давления в сети трубопровода. Поэтому, как только давление превысит максимально допустимое резервный насос Н2 отключится от частотного преобразователя, а основной насос Н1 после этого отключается от сети и вновь подключается к частотному преобразователю.

Также системой автоматизации предусмотрена защита центробежных насосов от так называемого «сухого хода». Перед всасывающими патрубками устанавливается датчик сухого хода (ДСХ1, ДСХ2, ДСХ3) при срабатывании которых центробежные насосы Н1, Н2, Н3 будут отключаться, что позволит защитить их от выхода из строя.

Таким образом управляемой координатой электропривода механизма будет являться давление в сети трубопровода, которое в свою очередь зависит от скорости асинхронного электродвигателя.

Анализ взаимодействия оператора с промышленной установкой

Рассматриваемый робот разрабатывается под конкретные задачи, в которых он может выполнять работу автоматически по заранее запрограммированному алгоритму, либо совершать движения, полностью определяемые действиями оператора (авиасимулятор).

Литература

1. Фащенко, А.В. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий / А.В. Фащенко // Горная книга, 2011. – 260 с.

УДК 621.31.83.52

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПОРТАЛЬНОГО КРАТЦЕР-КРАНА

студент гр. 10705216 Дубина Д.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Миронович А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Портальный кран – грузоподъемная машина циклического действия с возвратно – поступательным движением грузозахватного органа; служит для подъема и перемещения грузов.

Кратцер-кран для выемки сыпучего материала является крупной транспортно-технической машиной. Представляет собой портал с тремя подвижными скребковыми транспортерами, перемещающийся вдоль склада по рельсам. Скребковые транспортеры имеют возможность независимого подъема и опускания для равномерного забора-транспортируемого материала.

Типовая скоростная диаграмма портального кратцер-крана при передвижении, приведена на рисунке 1. Она состоит из участков разгона, установившегося движения, и торможения. Торможение происходит за счет свободного выбега.

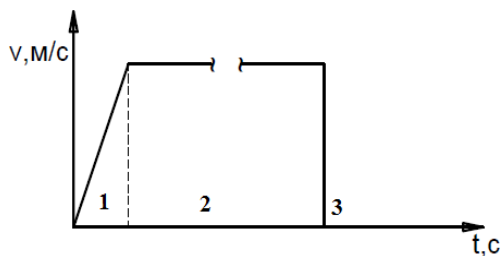


Рис. 1. Типовая скоростная диаграмма

- 1- разгон от нулевой скорости до установившейся скорости движения (режим тяги);
- 2- движение на номинальной скорости;
- 3- торможение свободным выбегом.

Исходя из работы вышли следующие скоростные и нагрузочные диаграммы:

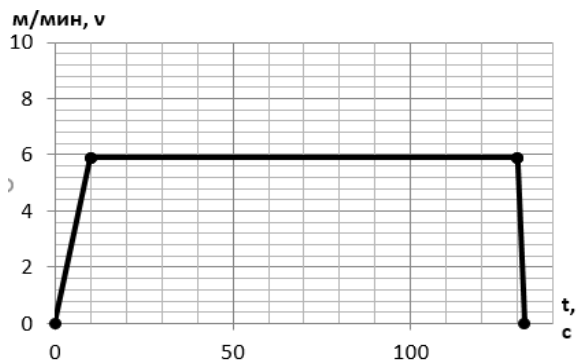


Рис. 2. Скоростная диаграмма механизма передвижения portalного кратцер-крана $M_{мех}=f(t)$

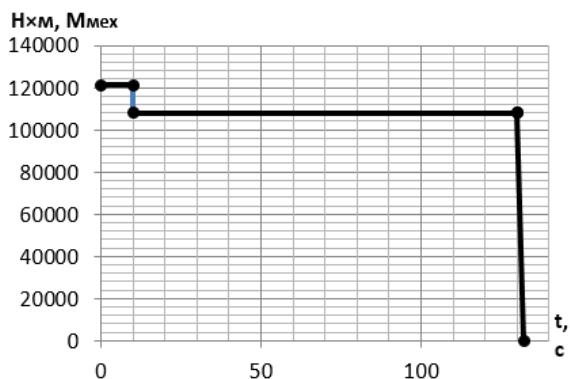


Рис. 3. Нагрузочная диаграмма механизма передвижения portalного кратцер-крана $M_{мех}=f(t)$.

В данной работе была разработана система автоматизированного электропривода механизма передвижения portalного кратцер-кран. Был выполнен анализ технологического процесса установки. Была выбрана рациональная система электропривода для установки – «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель». Была спроектирована функциональная схема системы электропривода.

Литература

1. Промышленный технологический регламент № 4-06 производства галургического мелкокристаллического и гранулированного хлористого калия на СОФ Второго рудоуправления РУП «ПО «Беларуськалий», 2016г.

2. Руководящий документ «2РУ. Реконструкция цеха дробления. Первая очередь, (корректировка 1). Склад руды 668-316-08-21- АТХ-1.0.0-01».

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТЕЛЕЖКИ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 1000 КГ

студент гр. 10705116 Зарецкий В.А.

Научный руководитель – к.т.н. доцент Гульков Г.И.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Актуальность

На сегодняшний день автоматизированные тележки являются неотъемлемой частью любого логистического центра. Флагманами автоматизации процессов сортировки товаров, без сомнения, можно назвать такие компании как Амазон, Алибаба. На постсоветском пространстве – компания Ваилдбериз.

Описание промышленной установки

Рассматриваемой промышленной установкой является автоматизированная тележка логистического центра грузоподъемностью 1000кг. Данная тележка оснащена дифференциальным приводом. 3D модель тележки представлена на рисунках 1 и 2. Кинематическая схема дифференциального привода представлена на рисунке 3.

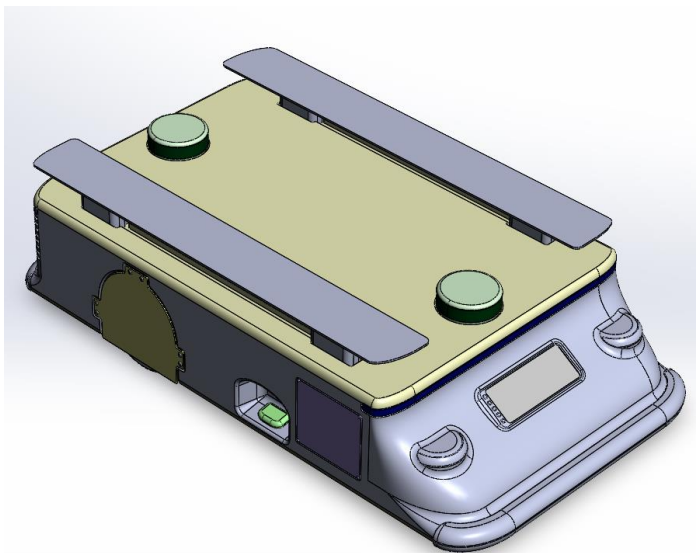


Рис. 1. 3D модель промышленной установки (сверху)

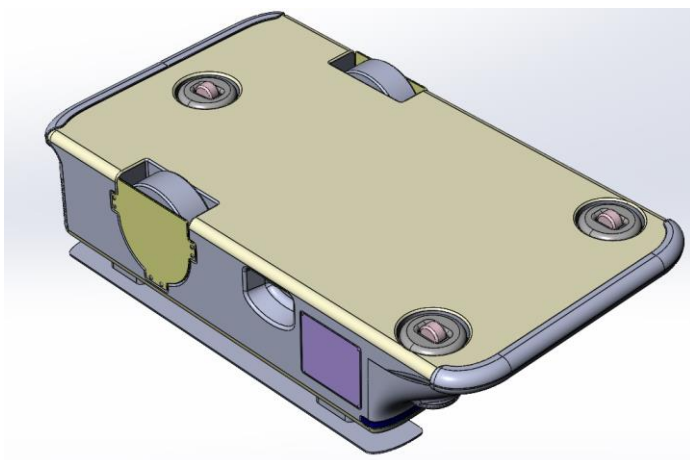


Рис. 2. 3D модель промышленной установки (снизу)

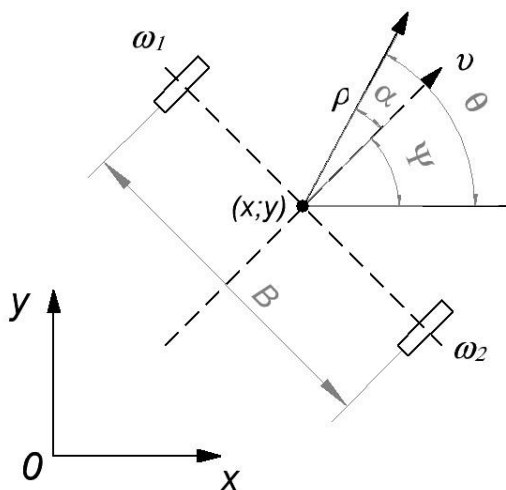


Рис. 3. Кинематическая схема дифференциального привода

На рисунке 3 введены следующие обозначения:

- ρ – расстояние до целевой точки;
- θ – азимут, угол между осью OX и направлением на цель;
- ψ – курс робота;
- α – курсовой угол, разность между курсом и азимутом;
- v – линейная скорость тележки;
- ω_1 и ω_2 – соответствующие угловые скорости вращения колес;
- R – радиус колеса;
- B – расстояние между колесами.

Данной кинематической схеме можно дать математическое описание в декартовых и в полярных координатах.

В декартовых координатах:

$$\begin{cases} \dot{x} = \cos \psi \cdot \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} R, \\ \dot{y} = \sin \psi \cdot \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} R, \\ \dot{\psi} = (\omega_1 - \omega_2) \frac{R}{B}. \end{cases}$$

В полярных координатах:

$$\begin{cases} \dot{\rho} = -v \cos \alpha, \\ \dot{\alpha} = -\omega + v \frac{\sin \alpha}{\rho}, \\ \dot{\theta} = -v \frac{\sin \alpha}{\rho}. \end{cases}$$

Таким образом из формул видно, что при равных угловых скоростях ведущих колес тележка движется прямолинейно, при различных – поворачивает. Если скорости равны по модулю, но противоположны по знаку – тележка совершает поворот на месте.

Навигация тележки осуществляется с помощью магнитной полосы, лазерных или ультразвуковых дальномеров, в зависимости от того, где применяется данная тележка.

Сигнал управления передается через беспроводные интерфейсы.

Описание технологического процесса

Задачей проектируемой промышленной установки является транспортировка стеллажей с продукцией в пределах одного склада.

Схема технологического процесса представлена на рисунке.

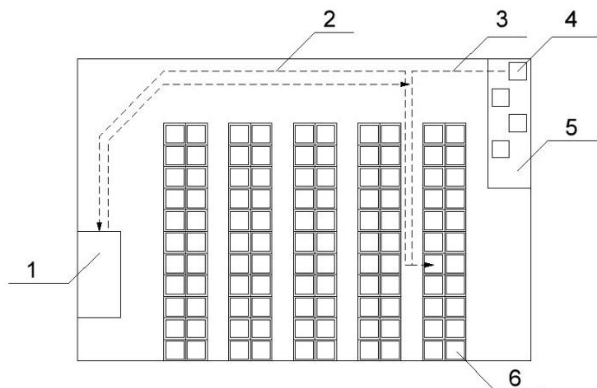


Рис. 4. Схема технологического процесса

Изначально тележка (4) находится на станции подзарядки (парковки) (5). При поступлении сигнала от системы управления технологическим процессом. Свободная тележка начинает движение без груза со станции подзарядки к указанному стеллажу (траектория 3). После прибытия к указанному стеллажу (6), заезжает под него и при помощи гидравлического подъемника, установленного на тележку, поднимает стеллаж. Далее перемещает стеллаж (траектория 2) в зону загрузки-разгрузки (1). Останавливается. По окончании загрузки (разгрузки). Совершает обратное перемещение по траектории 2. Далее, либо возвращается в зону парковки, либо едет к следующему указанному стеллажу.

Анализ взаимодействия оператора с установкой

Рассматриваемая промышленная установка, будет работать в автоматизированной системе управления в соответствии с трендом «Индустрия 4.0». Таким образом классического взаимодействия оператора «Оператор – пульт управления – система управления – объект управления– исполнительный механизм» не будет. Так сигнал задания перемещения будет поступать к промышленной установке от АСУ ТП верхнего уровня. Построение оптимального маршрута будет происходить внутри автоматизированной системы управления самой промышленной установки. Информация о построенном маршруте будет передаваться в АСУ ТП верхнего уровня, для согласования работы всех промышленных установок в логистическом центре.

Литература

1 Буданов В.М., Девятин Е.А. «О Движении колесных роботов», Прикладная математика и механика, т.67, вып. 2, 2003г.

2 Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica Print version ISSN 0103-1759 Sba Controle & Automação vol.19 no.4 Natal Dec. 2008.

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ГРУЗОВОГО ЛИФТА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 2 ТОННЫ

студент гр. 10705116 Зелинский М.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Руденя А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Лифты используются для вертикального перемещения пассажиров и грузов, а подъемники - для перемещения грузов из забоев шахт или для перемещения скипов в металлургической промышленности и в некоторых случаях для перемещения пассажиров по наклонному пути. Поскольку подъемники не являются типичными общепромышленными механизмами, наибольшее внимание уделим здесь лифтам.

Основными элементами лифтов являются кабина, подъемная лебедка (при наличии редуктора), канаты, противовес (контргруз), электродвигатель, тормозное устройство и аппараты управления. Питание двигателей дверей и вентиляторов, освещение кабины, связь аппаратуры управления и сигнализации с оборудованием, находящимся вне кабины, осуществляются гибким кабелем или, в некоторых случаях, троллеями. Все современные лифты имеют систему подъема с противовесом и с уравновешивающими канатами. При больших высотах масса каната весьма существенна. В зависимости от положения кабины и противовеса по высоте шахты величины нагрузок на канатопроводящий шкив имеют значительные перепады, что отражается на безопасности работа лифта. Поэтому применение уравновешивающих канатов, стабилизирующих нагрузки на КВШ, является обязательным. Необходимость уравновешивания тя-

желых подъемных сосудов является очевидной, так как для их перемещения при отсутствии контргруза необходимо соответствующее увеличение мощности электродвигателя.

Наличие противовеса приводит к выравниванию графика нагрузки электродвигателя, что снижает его нагрев в процессе работы. Противовес для подъёмников выбирается с таким расчётом, чтобы он уравновешивал вес подъёмного сосуда (кабины) и часть номинального поднимаемого груза. Кинематическая схема лифта с верхним машинным помещением наиболее простая и часто применяемая. Ее преимущества: не требуется блочного помещения, отсутствие дополнительных блоков, относительно небольшой износ канатов в связи с отсутствием их перегибов на блоках, небольшая длина канатов.

Лифты могут быть как безредукторные (электродвигатель непосредственно соединен с канатоведущим шкивом), так и редукторные, когда электродвигатель и канатоведущий шкив соединены между собой через редуктор. Кинематическая схема механизма представлена на рисунке 1.

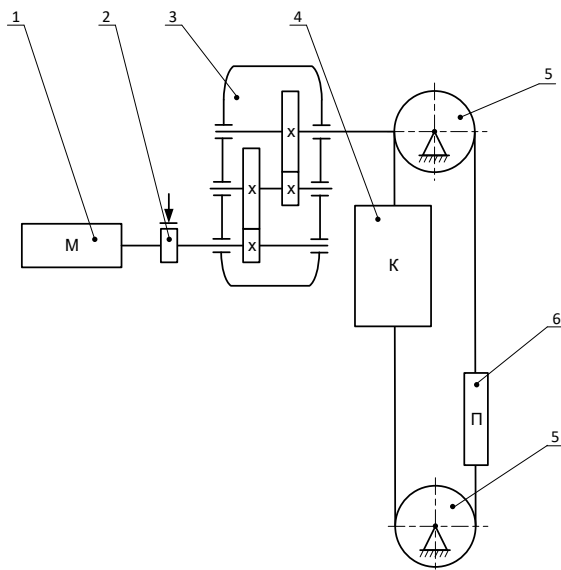


Рис. 1. Кинематическая схема лифта

1 – электродвигатель; 2 – тормоз (муфта с тормозным шкивом и колодочным тормозом); 3 – редуктор; 4 – кабина; 5 – шкив; 6 – противовес.

Применение регулируемых приводов переменного трёхфазного тока позволяет существенно стабилизировать диаграмму движения (исключить неоднородность диаграмм движения при изменении загрузки кабины) и поддерживать заданное ускорение кабины в режимах разгона, замедления и торможения. Это даёт возможность уменьшить время перемещения кабины и повысить производительность лифта.

Регулируемый привод постоянного тока обеспечивает аналогичные условия и применяется для формирования диаграммы движения кабины лифта, близкой к оптимальной, а также высокую точность остановки кабины.

В современных лифтах используют два принципа управления:

-разомкнутый, при котором для управления приводом лебёдки используют сигналы, формируемые в логической управляющей системе (станции управления). Возможные изменения параметров кабины и лебёдки в процессе работы не учитываются;

-замкнутый, позволяющий учитывать все изменения параметров и управлять приводом по сигналам, получаемым от логической управляющей системы, а также учитывать результаты функционирования привода. Вследствие этого система управления силовым приводом даёт возможность увеличить точность остановки, повысить плавность движения кабины.

В последнее время находит применение асинхронный частотно-регулируемый электропривод с микропроцессорной системой управления. Который позволяет реализовать плавный пуск и экономный режим работы.

Литература

1. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. М.: Академия, 2004 г. – 576 с.

2. Фираго Б.И. Теория электропривода: учеб. пособие / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик – Минск : Техноперспектива, 2007. – 585 с.

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОДЪЕМНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МЫТЬЯ ОКОН В БНТУ

студент гр. 10705116 Иванов В.Е.

Научный руководитель – ст. преподаватель Руденя А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В БНТУ во многих корпусах находятся поточные аудитории с панорамными окнами. И мытье окон с наружной стороны вызывает серьёзные затруднения у обслуживающего персонала. Наличие подъемной платформы в университете значительно сократит трудозатраты на мытье окон аудиторий, повысит эффективность и безопасность труда работников, а главные окна корпусов БНТУ всегда будут находиться в чистоте.

Описание промышленной установки

Рассматриваемой промышленной установкой является подъемная платформа для мытья окон корпусов БНТУ. Общий вид проектируемой промышленной установки представлен на рисунке 1.

Технологический процесс включает в себя следующие этапы:

1. Установка платформы в необходимом месте.
2. Подъем оператора на платформу.
3. Подъем платформы на необходимую высоту.
4. Опускание платформы, после выполнения оператором необходимых операций на высоте (помывка окон).

Взаимодействие оператора с промышленной установкой должно осуществляться с помощью пульта управления. На пульте управления должны присутствовать следующие кнопки:

- Джойстик ПОДЪЕМ/СПУСК;
- Кнопка ОПУСКАНИЕ.

Подъем осуществляется за счет гидравлических цилиндров. Давление масла создается при помощи маслонасоса с электродвигателем. Спуск осуществляется с помощью гидравлического клапана.



Рис. 1. Общий вид промышленной установки

В проектируемой промышленной установке будет применен, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

Так как промышленная установка является универсальной и работает на улице, а также применяется для мытья окон, двигатель должен иметь степень защиты от воздействий окружающей среды не ниже IP66 (пыленепроницаемый, защищен от сильных водяных струй).

На момент написания отчета по практике невозможно выбрать двигатель по мощности, так как не известна масса промышленной установки, данный параметр будет уточнен во время дипломного проектирования.

Конструктивное исполнение двигателя будет зависеть от применяемого масляного насоса.

Проектируемый электропривод будет оснащен преобразователем частоты со скалярным управлением. Система автоматизации будет реализована с применением программируемого логического контроллера. Электроснабжение промышленной установки будет осуществляться за счет однофазной сети переменного тока промышленной частоты. Защита от перегрузки будет осуществляться с помощью автоматических выключателей. Блокировка и защита от несанкционированного использования будет осуществляться с помощью ключа доступа.

Применение управляемого электропривода в подъемных платформах позволяет значительно упростить гидравлическую систему подъема, а значит повышается надежность установки. Так же, применение регулируемого электропривода позволяет использовать различные типы двигателей в установке, не меняя спроектированную автоматическую систему управления технологическим процессом. При необходимости возможно использование низковольтных BLDC двигателей с питанием от батареи, что существенно повышает автономность работы установки.

Литература

1. Гидравлический расчёт объёмного гидропривода с возвратно-поступательным движением выходного звена: метод. указания / сост. Н.П. Жуков. – Тамбов: Изд-во ГОУВПОТГТУ, 2010. – 32 с.
2. Фираго Б.И., Павлячик Л.Б. Теория электропривода. – Мн.: Техноперспектива, 2007. – 585 с.

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ОФИСНОГО ПОМЕЩЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ

УП «НТПЦ «БЕЛКОМУНМАШ»

студент гр.10705216 Какоренко В.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Александровский С.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Серьезной проблемой офисных помещений и административных зданий является снижение концентрации кислорода и в то же время увеличение углекислого газа и неприятных запахов.

Это приводит к духоте, усталости, плохому самочувствию, понижению работоспособности сотрудников и в итоге выливается к потере времени и финансовых доходов компании.

Именно поэтому необходима хорошая система вентиляции в офисах и административных зданиях. Тогда комфортные условия работы в помещении серьезно повысят эффективность труда сотрудников и

в результате, прибыль организации.

Цель данного проекта модернизация на более современную и точную систему электропривода, а также и систему управления.

Вентилятор (система вентиляции) представляет собой механическое устройство, предназначенное для перемещения воздуха по воздуховодам систем кондиционирования и вентиляции, а также для осуществления прямой подачи воздуха в помещение либо отсоса из помещения и создающее необходимый для этого перепад давлений (на входе и выходе вентилятора).

Радиальные вентиляторы – позволяют обеспечить самые разнообразные проекты приточно-вытяжной вентиляции, рассчитанные на рабочее давление и расход широкого спектра. Радиальные вентиляторы изготавливаются в исполнениях, позволяющих их применение в сложных агрессивных и взрывоопасных средах.

ВР 80-75, показанный на рисунке 1, являются радиальными вентиляторами, предназначенными для эксплуатации в условиях низкого давления и одностороннего всасывания. Количество лопаток рабочего колеса ВР 80-75 №2,5-8 -13 штук; ВР 80-75 №10-16 –12 штук.

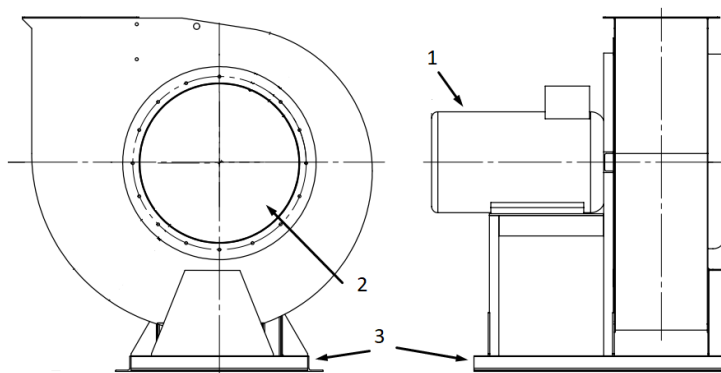


Рис. 1. Общий вид установки: 1 – электродвигатель;
2 – вентилятор; 3 – установка

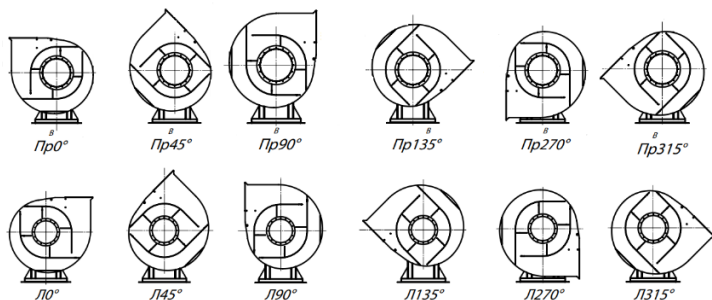


Рис. 2. Вариации расположения корпуса ВР-80-75

В течении суток в офисном помещении должна поддерживаться оптимальная температура и давление, подходящая для продуктивной работы персонала. Для этого должно осуществляться передвижение воздушных масс в диапазоне от 800 до 4000 м³/ч в зависимости от времени суток. В помещении установлены датчики температуры и давления, которые отправляют данные и на их основе система электропривода должна повышать или понижать обороты вентилятора, а также останавливать его в ходе обнаружения неисправностей или аварийных ситуаций. Так же в системе фильтрации воздуха должны быть датчиков засоренности фильтров. Необходимым требованием к системе является ее автономность и вмешательство оператора только в случае аварийных ситуаций, наладке или профилактический работ.

Диапазон скоростей должен быть:

$$D = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} = \frac{147}{67,4}$$

где максимальная скорость вентилятора должна быть 147 рад/с, а минимальная 67,4 в зависимости от времени суток и температуры и давления.

Допускается погрешность $\Delta = 10\%$ по нормам СанПиН.

Характер нагрузки: вентилятор должен работать круглосуточно (режим S1), остановка осуществляется только в случае ремонта или аварийной ситуации.

Мощность на валу двигателя рассчитывается:

$$P = \frac{Q \cdot H}{\eta}$$

Зависимость скорости от момента вычисляется по формуле:

$$M = \frac{P}{\omega}$$

Перегрузочная способность должна быть:

$$\frac{M_{\max}}{M_n} = 1,7$$

Так как система находится в здании, и влага на оказывает никакого воздействия, нам важна лишь защита от пыли IP 51.

Размещение IM1001.

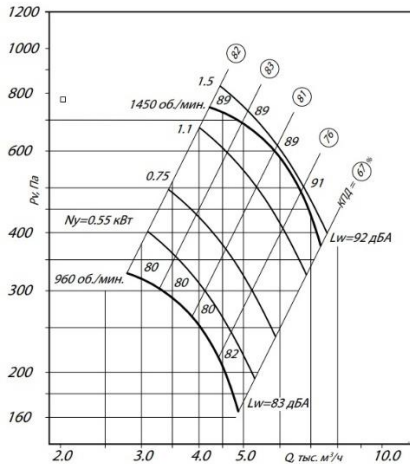


Рис. 3. Аэродинамическая характеристика

Промышленная установка работает в двух режимах: автоматическом и ручном.

Автоматический режим управления заключается в непрерывной работе электропривода, контроль климата с помощью датчиков температуры и также остановке его при выходе из строя любого из перечисленных датчиков. Автоматический режим должен контролировать скорость вращения ротора, не допуская слишком низкой скорости (работа в холостую) или сверх высокой (возможен выход из строя). Управление автоматическими выключателями.

Ручной режим в нашей установке предполагает запуск или остановку двигателя и регулирование скорости вращения с помощью сенсорной панели оператора, на ней будут располагаться все нужные кнопки и регуляторы.

Литература

1. Каталог вентиляторов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.mahaero.by/sites/default/files/zv_katalog.pdf (дата обращения: 20.10.2020 г.)
2. Онищенко Г.Б., Юньков М.Г. Электропривод турбомеханизмов 1972г.
3. Технический каталог двигателей ОАО «ВЭМЗ» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.szemo.ru/files/cat-vemz-7.pdf> (дата обращения: 26.10.2020 г.)

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 2А622Ф4-1

студент гр. 10705216 Калиновская А.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Миронович А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Горизантально-расточной станок с ЧПУ модели 2А622Ф4-1 предназначен для консольной обработки корпусных деталей массой до 5000 кг, имеющих точные отверстия, связанные между собой точными расстояниями. Класс точности станка Н по ГОСТ 8-82Е.

На горизонтально-расточном станке с ЧПУ модели 2А622Ф4-1 можно производить фрезерование плоскостей и поверхностей сложного контура, в том числе предварительное фрезерование отверстий, сверление, зенкерование, растачивание и развертывание точных отверстий и нарезание резьбы метчиками.

Каждый вид обработки характеризуется оптимальными величинами скоростей, усилий и мощностей. Основными технологическими операциями, выполняемыми на станке, являются фрезерование и растачивание отверстий.

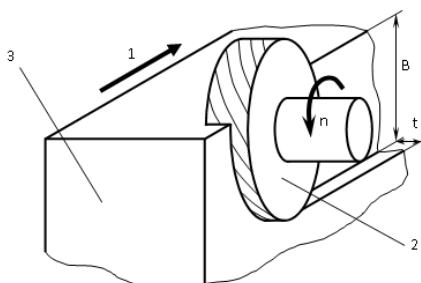


Рис. 1. Эскиз фрезерования:

1 – направление движения подачи; 2 – фреза; 3 – деталь;
 B – ширина фрезерования; t – глубина фрезерования

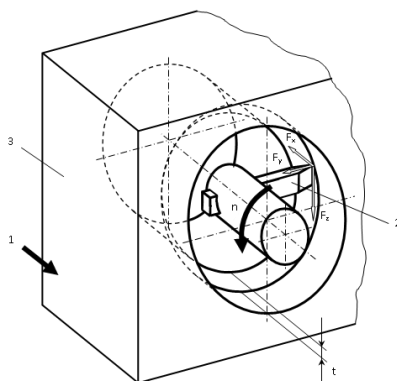


Рис. 2. Эскиз растачивания: 1 – направление движения подачи;
 2 – резец; 3 – деталь; t – глубина резания

Внешний вид станка представлен на рисунке 3.

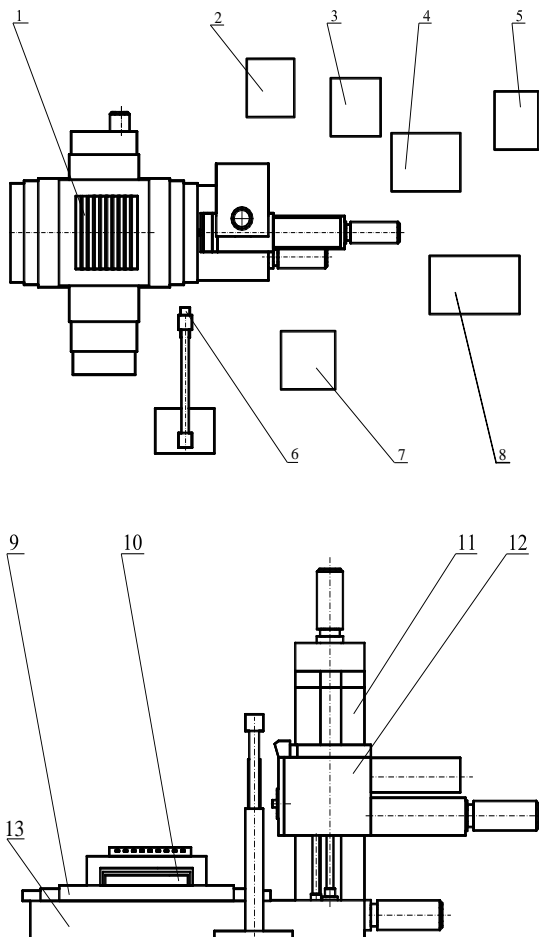


Рис. 3. Внешний вид станка: 1 – поворотный стол; 2 – насосная станция охлаждения инструмента; 3 – холодильная машина; 4 – гидростанция; 5 – трансформатор; 6 – пульт; 7 – шкаф СПУ; 8 – электрошкаф; 9 – сани нижние; 10 – сани верхние; 11 – стойка; 12 – шпиндельная бабка; 13 – станина.

Кинематическая схема главного привода станка (вращения шпинделя) приведена на рисунке 4.

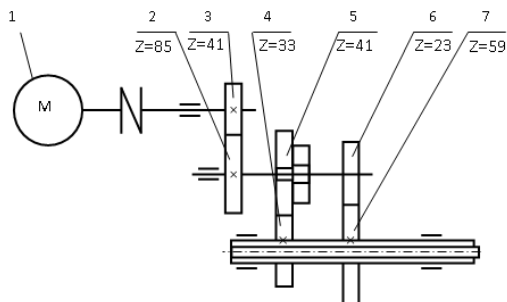


Рис. 4. Кинематическая схема главного привода станка:
 1 – электродвигатель; 2, 3, 4 – колеса зубчатые; 5 – муфта-колесо зубчатое;
 6, 7 – колеса зубчатые.

Функциональная схема электропривода главного движения приведена на рисунке 5.

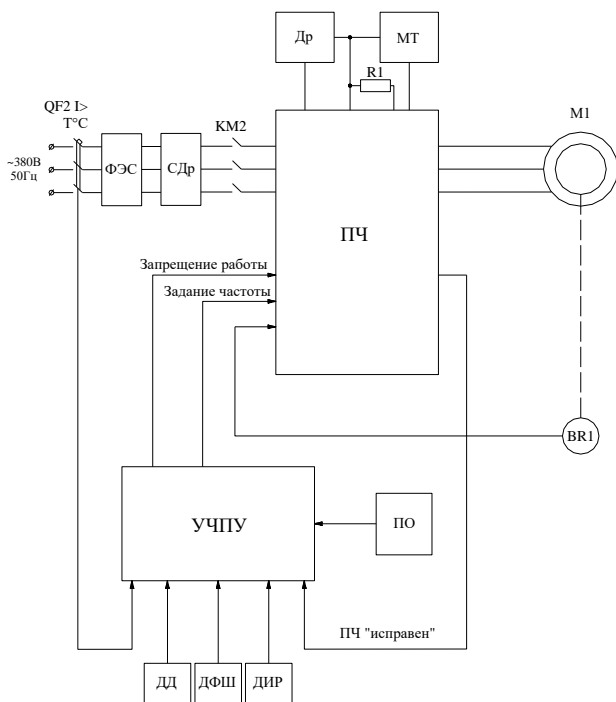


Рис. 5. Функциональная схема электропривода

Функциональная схема содержит блок преобразователя частоты (ПЧ) с необходимыми для его работы устройствами – фильтром электромагнитной совместимости (ФЭС), сетевым дросселем (СДр), дросселем в звене постоянного тока (Др) и модулем торможения (МТ) с тормозным резистором (R1). На вход преобразователя частоты поступает сигнал обратной связи по скорости от импульсного датчика скорости (BR1).

Нагрузочная и скоростная диаграммы механизма приведены на рисунке 6 и рисунке 7.

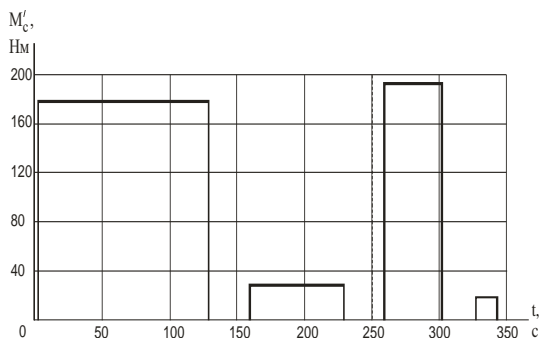


Рис. 6. Нагрузочная диаграмма механизма

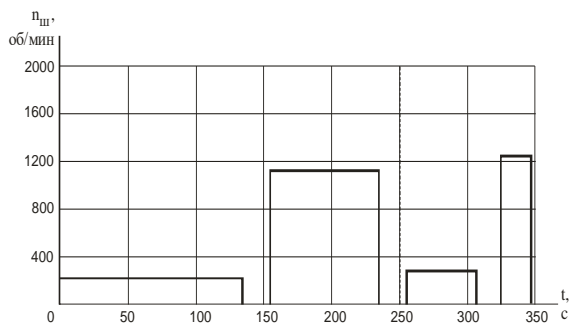


Рис. 7. Скоростная диаграмма механизма

Выбираем преобразователь частоты FR-A540EC-30k фирмы MITSUBISHI ELECTRIC, предназначенный для работы с двигателем мощностью 30 кВт.

Структурная схема преобразователя частоты FR-A540EC-30k приведена на рисунке 8.

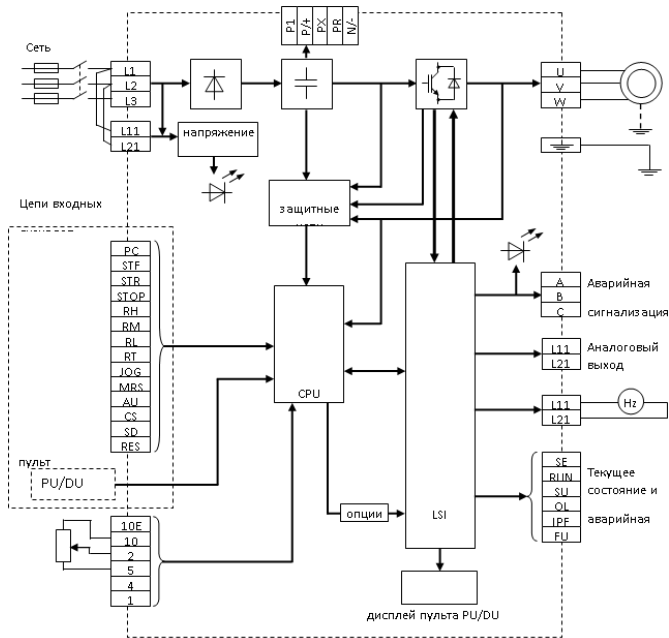


Рис. 8. Структурная схема преобразователя FR-A540EC-30k

Литература

1. Станок горизонтально-расточной с ЧПУ модели 2A622Ф4-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
2. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Издательский центр “Академия”, 2004. – 576 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Справочник по электрическим машинам: В 2 Т./под общей ред. И.П. Копылова. – Т1. М.: Энергоиздат, 1988. – 456 с.
5. Теория электропривода: Учеб. пособие / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Мн.: ЗАО “Техноперспектива”, 2004. – 527 с.

УДК 621.31.83.52

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА
РОБОТА-КОНСУЛЬТАНТА ФИТР БНТУ**

студент гр. 10705216 Косач М.В.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Фираго Б.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В настоящее время активно развиваются технологии в направлении робототехники. Популярность набирают роботы-консультанты. Они быстрее всех узнают о нововведениях и без запинки рассказывает всю информацию, которую должен услышать клиент. Также робот, обладающий уникальным внешним видом, способен расположить к себе любого клиента. В основном данные роботы используются для привлечения потока клиентов; автоматизации процессов консультирования по продуктам; повышения лояльности клиентов; увеличения скорости обслуживания; уменьшения очереди на выставках; экономии средств, затраченные на администрирующий персонал; повышения лояльности клиентов, за счет уникального внешнего вида; повышения количества продаж продуктов; позволяет выделиться среди конкурентов; размещения промо материалов на корпусе робота позволяет увидеть рекламу всем посетителям, а также реклама остается на фотографиях посетителей и в интернете; обеспечения объективной аналитики и предоставление отзывов клиентов.

Основной задачей является разработка автоматизированного электропривода робота-консультанта ФИТР БНТУ. Так как робот имеет несколько приводов, то для разработки принимаем систему автоматизированного электропривода механизма перемещения робота. Принцип работы робота-консультанта заключается в коммуникации с клиентами. Робот, имея возможность распознавать лица, является сам инициатором общения. Он целенаправленно инициирует коммуникацию с клиентами и объясняет, как пользоваться тем или иным пользовательским сервисом. Робот консультант предлагает продукты и услуги учреждения образования, консультирует клиентов по интересующим их вопросам

Передвижение робота является составной частью технологического цикла.

Этот цикл состоит из следующих операций:

- 1 – идентификация объекта (клиента);
- 2 – перемещение робота в заданное положение (к клиенту) с требуемой точностью;
- 3 – коммуникация с объектом.

Как видно из технологического цикла, двигатель привода перемещения робота включается во второй операции. При подходе робота к заданному положению осуществляется электрическое торможение электродвигателя привода для обеспечения необходимой точности остановки. После этого двигатель привода передвижения отключается. И выполняются последующие операции.

Время перемещения робота в заданное положение будет определяться с учетом времени разгона и торможения с требуемым ускорением. Исходя из условий технологического процесса, тахограмма при перемещении робота будет иметь вид, показанный на рисунке 1.

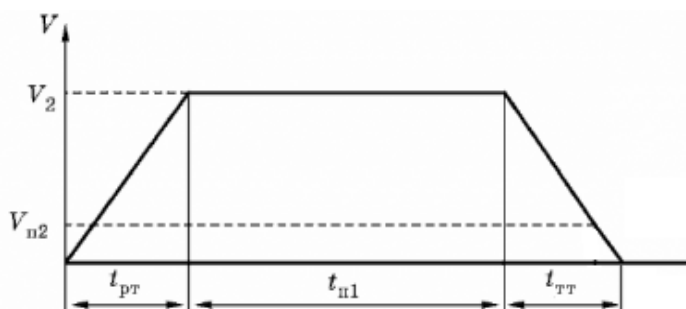


Рис. 1. Тахограмма механизма передвижения робота

По результатам расчёт упрощенная нагрузочная диаграмма электропривода приведена на рисунке 2.

В данной работе была разработана система автоматизированного электропривода механизма передвижения робота. Был выполнен анализ технологического процесса установки. Была выбрана рациональная система электропривода для установки. Была спроектирована функциональная схема системы электропривода. Был рассчитан и выбран двигатель на основании нагрузочной диаграммы механизма, а также преобразователь частоты фирмы Mitsubishi.

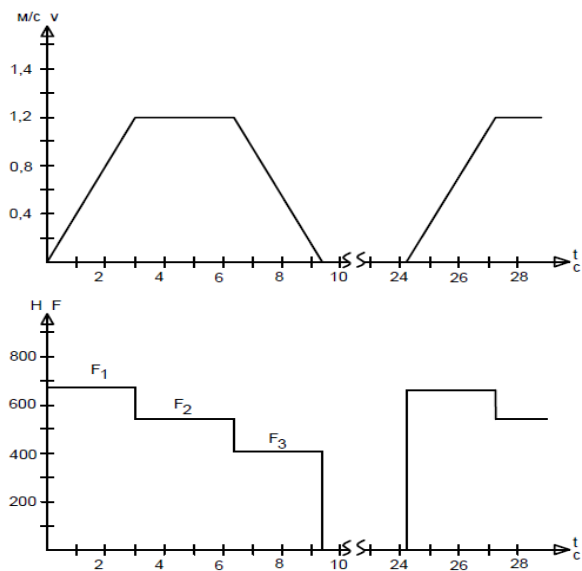


Рис. 2. Упрощенная нагрузочная диаграмма механизма

Литература

1. Кудрин Б.И., Авдеев В.А. Советская школа проектирования черной металлургии. – М.: Машиностроение. 2000. – 416 с.
2. Фираго Б.И. Теория электропривода: учеб. пособие / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2004. – 527 с.
3. Фираго, Б. И. Учебно-методическое пособие к курсовому проектированию по теории электропривода для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» / Б.И. Фираго. – Мн.: БНТУ, 2005. – 126 с.

УДК 621.31.83.52

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

студент гр. 10705216 Лапченко А.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Васильев С.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В современном мире ленточный конвейер получил самое широкое распространение, благодаря универсальности. Оборудование используют при транспортировке грузов: сыпучих, штучных, кусковых и других видов. Устройство представляет собой конвейерную ленту непрерывного движения, перемещающую разнообразную продукцию, как упакованную в таре, так и россыпью. Применяется также на поточном производстве в целях межоперационного транспортирования.

Регулирование скорости на приводных барабанах конвейера с помощью электропривода повышает эффективность функционирования ленточных конвейеров и обеспечивает следующие достоинства:

- 1) высокий коэффициент готовности конвейера (97,5%);
- 2) простота автоматизации, гибкость систем управления;
- 3) устранение избыточных моментов и колебаний тока в двигателе;
- 4) минимизация динамических нагрузок;
- 5) уменьшение количества выделяемого приводом тепла;
- 6) защита двигателей от перегрузок и повреждений;
- 7) оптимальное использование ленты, редукторов, барабанов и роликов;
- 8) возможность увеличения производительности конвейера на 20%;
- 9) повышение срока службы двигателей за счет снижения нагрузок;
- 10) повышение долговечности механизмов конвейера и конвейерной ленты за счет исключения ударных нагрузок;
- 11) уменьшение истирания и числа перегибов ленты при уменьшении скорости;
- 12) исключение больших пусковых токов в сетях.

Кинематическая схема привода ленточного конвейера представлена на рисунке 1.

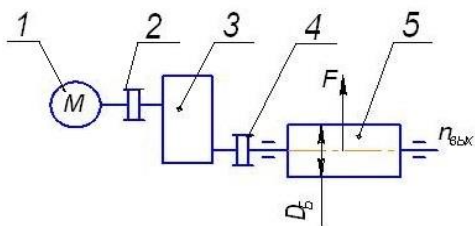


Рис. 1. Кинематическая схема привода ленточного конвейера

Составляющими звеньями привода ленточного конвейера являются электродвигатель (1), муфты (2,4), редуктор (3), приводной барабан (5).

Скоростная и нагрузочная диаграммы механизма привода барабана конвейера представлены на рисунке 2.

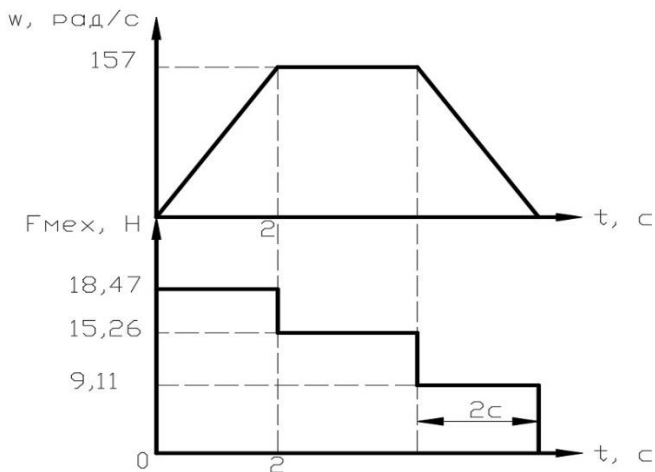


Рис. 2. Скоростная и нагрузочная диаграммы механизма привода барабана конвейера

Механическая характеристика асинхронного двигателя представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Механическая характеристика асинхронного двигателя

В данной работе на основе требований к выполнению необходимого технологического процесса была спроектирована система автоматического управления электроприводом ленточного конвейера для транспортировки строительных материалов с возможностью регулирования скорости.

Литература

1. Б.И. Фираго, Теория электропривода: учебное пособие – Мн.: ЗАО «Технперспектива», 2004 г.
2. Фираго. Б.И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов: учебное пособие / Б.И. Фираго. – Минск: Техноперспектива, 2012. – 639 с.
3. Мигдаленок А.А Моделирование электропривода на ЭВМ: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»: в 2 ч. / А.А. Мигдаленок. – Минск: БНТУ, 2010. – Ч.2. – 94 с.
4. Справочник по автоматизированному электроприводу под редакцией В.А. Елисеева и А.В. Шинянского – М.: Энергоатомиздат, 1983 г.

УДК 621.31.83.52

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА
ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 20 ТОНН**

студент гр. 10705216 Муха А.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Крановое оборудование является одним из основных средств комплексной механизации всех отраслей народного хозяйства. Расширение отрасли машиностроения, занимающейся производством грузоподъемных машин, является важным направлением развития народного хозяйства для решения задачи всемерного сокращения и ликвидации тяжелого ручного труда.

В настоящее время грузоподъемные машины выпускаются большим числом заводов во многих отраслях народного хозяйства и эти машины используются практически во всех сферах народного хозяйства: при добыче полезных ископаемых, в металлургии, машиностроении, строительстве, на транспорте и др. Подавляющее большинство грузоподъемных машин, изготавливаемых отечественной промышленностью, имеет электрический привод основных рабочих механизмов и поэтому эффективность действия этих машин в значительной степени зависит от качественных показателей используемого кранового электрооборудования.

В данном проекте мы выбираем двухбалочный мостовой кран, который относится к среднему режиму работы с грузоподъемностью до 20 тонн, который осуществляет подъем и перемещение грузов в ремонтно-механических и сборочных цехах со следующим циклом работы:

- Подъем номинального груза с номинальной скоростью на расчетную высоту;
- Пауза (перемещение груза в заданное место);
- Опускание номинального груза с расчетной высоты на нулевую отметку с номинальной скоростью;
- Пауза (разгрузка);
- Подъем пустого крюка на расчетную высоту с повышенной скоростью;

- Пауза (перемещение крана в исходное положение);
- Опускание пустого крюка с расчетной высоты на нулевую отметку с повышенной скоростью;
- Пауза (загрузка).

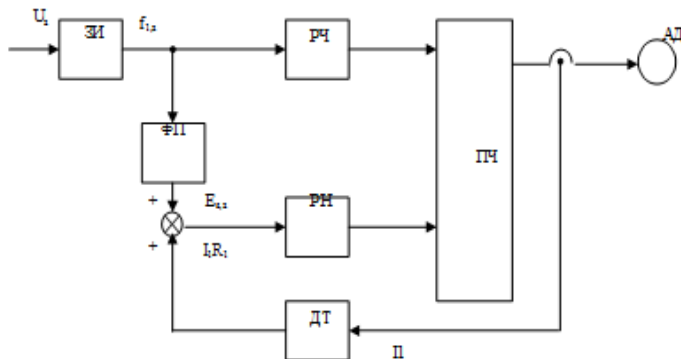


Рис. 1. Функциональная схема электропривода

Параметры в схеме:

ЗИ - задатчик интенсивности;

РЧ - регулятор частоты;

РН - регулятор напряжения;

ФП - функциональный преобразователь;

ПЧ - преобразователь частоты;

ДТ - датчик тока;

АД - асинхронный двигатель

В данной работе мы выбрали двигатель 4АН280М10У3 с техническими характеристиками.

Таблица 1 – Технические характеристики двигателя

Р _{ном} , кВт	С _{ном} , %	η, %	cos φ	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	n _{0ном} , мин ⁻¹	ДДв, кг м ²
55	0,5	90,5	0,81	2	1	5	600	4

Естественная механическая характеристика показана на рисунке 2.

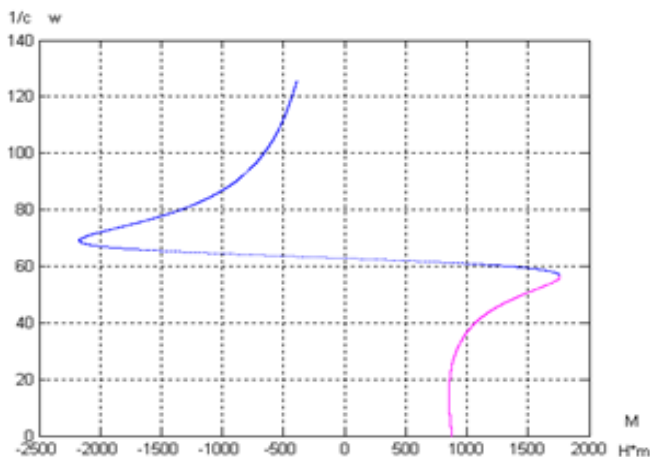


Рис. 2. Естественная механическая характеристика

Литература

1. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. Т.2/ Под общ. ред. И.П. Копылова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 688 с.: ил.
2. Чебовский О.Г. Справочник по силовым полупроводниковым приборам. Мн., 1988.
3. Проф. Фираго Б.И. Учебно-методическое пособие для студентов специальности Т11.02, Мн, 1993. – 125 с..
4. Справочник по кранам: В 2-х т. Под общей ред. проф. Гохберга М.М. – М.: Машиностроение, 1988. – 559 с.
5. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
6. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1976. – 487 с.
7. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. Т.2/ Под общ. ред. И.П. Копылова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 688 с.

УДК 621.31.83.52

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА
УСТАНОВКИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ
ОАО «МТЗ»**

студент гр. 10705116 Новик А.Д.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Опейко О.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В настоящее время все более актуальным становится вопрос о более полном использовании энергии. Выброс тепла в атмосферу не только создает дополнительное давление на окружающую среду, но и увеличивает затраты владельцев котельных.

В данной работе предлагается применение утилизации тепла дымовых газов с использованием насоса. С помощью данной установки становится возможным максимальное использование теплоты от конденсации паров, но при этом вода не будет загрязняться вредными веществами.

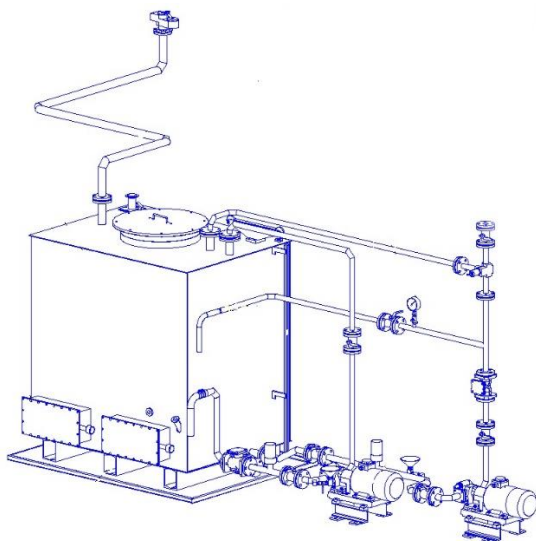


Рис. 1. Общий вид установки

Установка работает следующим образом. Дымовые газы по каналам в футеровке печи собираются вместе и через 2 отверстия расположенные одно слева, а другое справа в верхней части печи, поступают через два вертикальных патрубка в собирающий короб.

Далее дымовые газы поступают в водонагреватель, где они отдают тепло нагреваемой воде.

К насосу подключено централизованная холодная вода, которая прогоняется через водонагреватель, где дымовые газы отдают свое тепло нагреваемой воде. На выходе для контроля температуры нагреваемой воды стоит термомпара. Когда вода нагревается до температуры больше 60°C, она поступает в бак-аккумулятор.

В данной работе мы выбрали двигатель АИР100L2 с параметрами.

Таблица 1 – Технические характеристики двигателя

Р _{но} м, кВт	S _{но} м, %	η, %	cos φ	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	п _{но} м, мин -1	JДВ , кг м ²
5,5	5	84, 7	0,8 8	2,4	1,6	2,1	7,5	300 0	0,0 8

Таблица 2 – Основные данные промышленной установки

Марка	Номиналь- ная подача, м ³ / ч	Номиналь- ный напор, м	Номиналь- ная мощность, кВт
К 80-65- 160а	45	26	5,5

Рабочая характеристика насоса показана на рисунке 2.

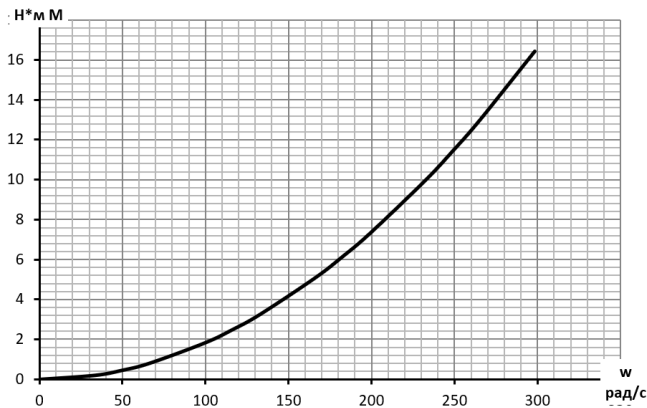


Рис. 2. Рабочая характеристика насоса

Литература

1. Фираго Б.И., Павлячик Л.Б. Регулируемые электроприводы переменного тока: – Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2010. – 363 с.
2. Фираго Б.И. Учебно-методическое пособие к курсовому проектированию по теории электропривода. – Мн.: БНТУ. 2005. – 127 с.

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕЧИ ППЦ-1238

студент гр. 10705216 Огер С.И.

Научный руководитель – ст. преподаватель Васильев С.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Автоматизация конвейерного транспорта предусматривает в первую очередь оснащение средствами автоматического контроля и защиты каждого конвейера как технологической единицы и обеспечение автоматизированного управления как отдельным конвейером, так и всей линией. Под автоматизированной конвейерной линией по-

нимают такую линию, конвейеры которой объединены общей системой управления, обеспечивающей соблюдение необходимых блокировок и защит и автоматический контроль работы.

Автоматизация конвейерных линий заключается в централизации управления процессами пуска-останова конвейеров, а также в обеспечении автоматической защиты при возникновении аварийных ситуаций. В основу централизации управления положены принцип пуска конвейеров в направлении, обратном грузопотоку, и контроль момента пуска каждого последующего конвейера по скорости предыдущего и останов конвейерной линии одновременным отключением всех или части работающих конвейеров. Автоматическая защита осуществляет контроль технологических параметров конвейера и отключает привод конвейера в случае отклонения их от заданных значений.

Система автоматизации конвейерных линий должна обладать функциональными возможностями, обеспечивающими:

- 1) управление конвейерной линией либо с центрального пункта (основной вид управления), либо с мест ее загрузки;
- 2) автоматический последовательный пуск конвейеров линии в направлении, обратном грузопотоку, путем кратковременного воздействия на элементы управления;
- 3) возможность дистанционного выбора и раздельного пуска каждого маршрута разветвленной конвейерной линии;
- 4) селективность подачи предупредительного сигнала при пуске каждого маршрута для разветвленной конвейерной линии;
- 5) возможность пуска части конвейерной линии без остановки работающего участка линии;
- 6) автоматический контроль скорости движения рабочего или тягового органа конвейера;
- 7) включение каждого последующего конвейера в линии после установления номинальной скорости движения рабочего или тягового органа предыдущего конвейера, а также любого числа маршрутов без останова работающей части разветвленной конвейерной линии и системы орошения при работающем конвейере и наличии на нем материала;
- 8) оперативное отключение всей конвейерной линии или ее маршрутов с пункта управления;

9) автоматический возврат схемы в исходное состояние после оперативного отключения и подготовку ее к следующему пуску;

10) экстренное прекращение пуска и экстренную остановку любого конвейера из любой точки по его длине;

11) подачу звукового сигнала на пульт управления при аварийном отключении любого конвейера линии;

12) формирование сигналов о состоянии конвейерной линии в системе диспетчерского контроля.

Технологический процесс заключается в следующем. Три конвейера перемещают ленту, на которой находится выпекаемая продукция. Первый конвейер находится внутри печи туннельного типа ППЦ-1238, на нем из сырого теста выпекается горячий готовый хлеб. На втором конвейере горячий хлеб движется со скоростью достаточной для остывания хлеба на момент поступления его на третий конвейер. Третий конвейер служит для удобства дальнейшего перемещения продукции на линию упаковки.

В зависимости от рецепта, а именно от времени нахождения выпекаемой продукции в печи, технолог выбирает скорость движения ленты, посредством регулирования величины скорости на панели оператора АСУ печи ППЦ-1238, эта величина передается по MODBUS RTU на панель оператора АСУ печи. Адреса D1, D2, D3 связаны с адресами скоростей первого, второго и третьего конвейеров. MOV D1 D2001 - (первый ПЧ), MOV D2 D2001 - (второй ПЧ), MOV D3 D2001 - (третий ПЧ). Так же панель оператора АСУ печи передает информацию о 14 датчиках температуры расположенных внутри печи на каждом метре конвейера. Эти адреса в ячейках D30-D44.

Протокол Modbus — протокол программного обеспечения, который применяется в контроллерах [3]. Этот протокол контроллер может общаться с другими устройствами через сеть (например, RS485). И с этим промышленным стандартом, контролирующие устройства разных производителей могут быть подключены к промышленной сети для удобного мониторинга. Существует два режима передачи для протокола Modbus: режимы ASCII и RTU. В одной сети Modbus для всех устройств, следует выбрать одинаковые режимы передачи и основные параметры, например, скорость передачи, бит цифровой, проверка бита и бит остановки

Установка работает в режиме ручном и автоматическом.

В автоматическом режиме действие установки происходит по следующему сценарию: при нажатии на кнопку “ПУСК” расположенную на двери шкафа управления ПЛК (IVC1-1614MDR1) подает сигнал на ПЧ (INVT GD200A-1R5G-4) и двигатель первого конвейера начинает работать с заданной технологом скоростью. От этой скорости зависит время выпекания заготовок. Далее при срабатывании второго бесконтактного оптического выключателя ВБО-У25-80У-7111-С, $S_d=0,1-2\text{м}$, $U_{пит}=12-24\text{VDC}$ начинает работу второй конвейер. Далее при срабатывании третьего бесконтактный оптический выключателя начинает работу второй конвейер и работает в течении некоторого небольшого промежутка времени и совершает остановку. Каждый раз при срабатывании третьего датчика работает в течении некоторого времени третий конвейер.

На панели оператора с тактильно-чувствительным экраном WIENTEK MT8090XE9.7" есть возможность сохранения настроек скоростей конвейеров и быстрого выбора среди сохраненных настроек.

В ручном режиме управление установкой осуществляется так же на панели оператора и происходит по следующему сценарию. Сперва оператором выбирается ручной режим, а далее каждому приводу соответствует кнопка ПУСК и кнопка СТОП. В зависимости от рецепта, а именно от времени нахождения выпекаемой продукции в печи, технолог выбирает скорость движения ленты каждого конвейера, посредством.

Исполнительным органом (ИО) в случае данной работы является лента, движение которой передает вал от мотора-редуктора.

Кинематическая схема привода ИО представлена на рисунке 1.

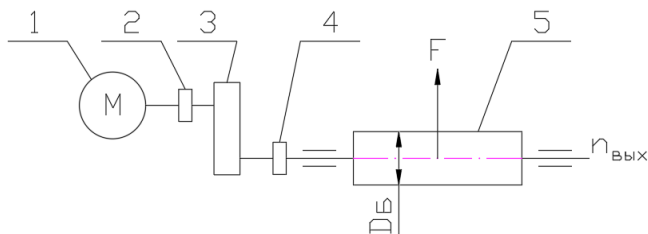


Рис. 1. Кинематическая схема

Параметры кинематической схемы:

- $P_{\text{НОМ}}$ (мощность двигателя) = 1.5кВт;
- $D_{\text{б}}$ (диаметр барабана) = 0.2м;
- $n_{\text{ВЫХ}}$ (частота вращения вала) = 2.6 об/мин.

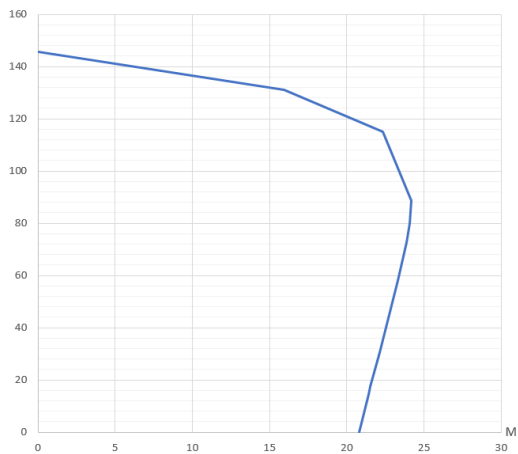


Рис. 2. Механическая характеристика

Нагрузочная – электромагнитного момента от времени за цикл работы. $M(t)$ представлены на рисунке 3.

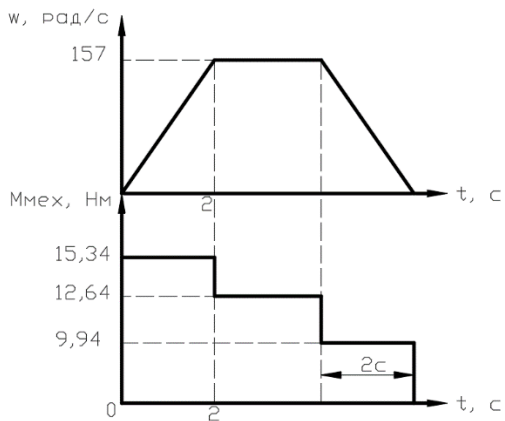


Рис. 3. Нагрузочная и скоростная диаграмма

На основании полученных графиков работы электропривода ленточного конвейера можно сделать вывод о правильности выбора двигателя и соблюдении всех необходимых условий.

Литература

1.Руководство по эксплуатации и обслуживанию автоматизация ленточного конвейера промышленной печи ппц-1238. <http://www.profproekt.by/>.

2. Фираго. Б.И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов: учебное пособие / Б. И. Фираго. – Минск: Техноперспектива, 2012. – 639 с.

3. Мигдаленок А.А. Моделирование электропривода на ЭВМ: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»: в 2 ч. / А.А. Мигдаленок. – Минск: БНТУ, 2010. – Ч.2. – 94 с.

УДК 539.1.074

ДОЗИМЕТР И ЕГО РОЛЬ В ПОВСЕДНЕВНО ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

студенты гр. 10705220 Прибыльский К.А., Саковец А.Ю.
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

То, что радиация оказывает пагубное влияние на здоровье человека, уже ни для кого не секрет. Когда радиоактивное излучение проходит через тело человека или же когда в организм попадают зараженные вещества, то энергия волн и частиц передается нашим тканям, а от них клеткам. В результате атомы и молекулы, составляющие организм, приходят в возбуждение, что ведёт к нарушению их деятельности и даже гибели. Все зависит от полученной дозы радиации, состояния здоровья человека и длительности воздействия.

После катастрофы на Чернобыльский Атомной Электростанции, многие задумываются о заражении различных вещей окружающих нас. Катастрофа оставила след в истории и многие товары, привезен-

ные из Украины, превышают нормальный радиационный фон. Многие предметы были вынесены из зоны отчуждения, и их основная масса осталась в странах СНГ. Именно Чернобыльская катастрофа наиболее сильно отразилась на гражданах нашей страны.

Естественная радиация существовала всегда. Радиацией обладает все и вода, и почва, и даже животные. Уровень радиации, в зависимости от региона колеблется от 5 до 20 микрорентген в час. Этот уровень считается нормой и не несет вреда человеку.

Наибольшим естественным источником радиоактивности служат **космические излучения и солнечная радиация**. Чем выше Вы находитесь над Землей, тем большей радиацией вы подвергаетесь. Это одна из причин вреда полета на самолете.

Но наибольший вред, все же, представляют искусственные источники радиоактивности. Человек губит себя сам, создавая сложные машины, не научившись полностью ими управлять.

Наиболее распространенной единицей измерения радиационного излучения является Зиверт (Зв). Это сравнительно новая единица измерения и является в сто раз больше всем известного Рентгена.

Радиация может попасть в организм человека как угодно, даже от предметов, не вызывающих у нас подозрения. Поэтому сейчас очень остро стоит проблема **приобретения бытовых дозиметров**. Дозиметр в наше время очень актуален в различных сферах разработки и производства как в химической, так и в области энергетики.

Бытовые модели включают в себя несколько основных конструктивных элементов:

- 1) Детектор частиц (также его принято называть ионизационной камерой).
- 2) Датчик часто монтируется в едином блоке с регистрирующим, преобразующим устройствами.
- 3) Детекторы работают в одном из двух режимов: подсчет отдельных частиц, которые через него проходят, или определение регистрируемой дозы (поглощенной за определенный временной промежуток).
- 4) Регистрирующее устройство. Представлено в виде совокупности элементов средства измерений, регистрирующих значений измеряемых величин.

5) Питающее устройство. Необходимо для приложения разности потенциалов на электроды. Обеспечивает питание электрической энергией всех энергозависимых элементов прибора.

6) Преобразующее устройство. Преобразует первичный эффект излучения в электроимпульсы.

Если говорить кратко и простыми словами, то основным рабочим элементом любого дозиметра является детектор радиации. От его технических характеристик и типа зависит скорость и точность получаемых сведений. При воздействии гамма-, бета-, альфа-излучения в детекторе происходят скачки напряжения, преобразующиеся в цифровые данные. По типу датчика бывают следующие виды дозиметров:

1) Слюдяные счетчики Гейгера-Мюллера (устанавливаются в бытовые дозиметры, фиксируют бета- и альфа-частицы);

2) Газоразрядные (применяются в миниатюрных приборах, способны регистрировать гамма- и бета-излучения, но только критические показатели);

3) Термолюминесцентные лампы (часто встречаются в бытовых устройствах, призваны замерять накопленную дозу радиации);

4) Пин-диоды (устройства с невысокой чувствительностью, показывающие только критические уровни).

Заключение. Таким образом описан такой прибор как дозиметр, его сфера применения и особенности работы. Его использование позволяет своевременно проверить предметы личного пользования, грузы, продукты питания и другие вещества, позволяя уберечь человека от невидимой угрозы и ее опасных последствий.

Литература

1. Сайт принципа работы дозиметра. Режим доступа - <https://tehnolev.ru/tsifrovaya-tehnika/dozimetr/printsip-raboty-dozimetra-cto-pokazyvaet-i-dlya-chego-nuzhen.html> - Дата доступа: 06.06.2021

2. Научный сайт о работе дозиметра. Режим доступа - https://sorbpolimer.com.ua/princip_raboti_dozimetra - Дата доступа: 06.06.2021

3. Общепознавательный сайт. Режим доступа - <https://butservis.ru/zdorove/princip-dejstviya-dozimetra.html> - Дата доступа: 06.06.2021

УДК 621.31.83.52

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ ЛАВНОГО КОМБАЙНА УКД 200-500

студент гр. 10705216 Рудозуб Е.Л.

Научный руководитель – ст. преподаватель Руденя А.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Комбайночистой УКД 200-500 предназначен для механизированной выемки угля в высокопроизводительных очистных забоях пологих и наклонных пластов мощностью 0,8-1,3 м подвигающихся по простиранию пластов с углами наклона до 35°, а также по восстанию и падению с углами до 10° при сопротивляемости угля резанию до 360 кН/м в шахтах опасных по газу и пыли.

В настоящий момент при обработке тонких пластов мощностью 0,8-1,2 м наиболее актуальным является вопрос повышения качества добываемого угля. Поэтому создание и внедрение высоконадёжных и энерговооружённых очистных комбайнов, обеспечивающих работу с нагрузками 1,5-2,5 тыс. тонн в сутки без присечек боковых пород, должно обеспечить значительное повышение качества добываемого угля, что особенно важно при добыче энергетических углей. В данное время очистной комбайн УКД 200-250 является самым востребованным для отработки тонких пластов. Коэффициент использования комбайнов УКД 200-250 составляет 0,65, в то время как коэффициент использования других комбайнов для тонких пластов не превышает 0,3. Комбайн УКД 200-250 оснащён вынесенной системой подачи (ВСП) с цепным тяговым органом. Моделирование и оптимизация параметров таких ВСП имеют важное практическое значение, так как назрела необходимость повышения их тягово-скоростных характеристик и расширение области применения за счёт использования частотно-регулируемого привода. Задачей дан-

ного проекта является разработка корректных динамической и математической моделей рабочих процессов вынесенной системы перемещения с частотно-регулируемым приводом.

Система подачи осуществляет перемещение очистного комбайна вдоль забоя и состоит из двух приводов, установленных на рамах приводов забойного скребкового конвейера, тягового органа, размещенного в специальных желобах навесного оборудования решетчатого става конвейера, частотного преобразователя, установленного на транспортном штреке, комплекса устройств управления.

Тяговый орган, круглозвенная цепь, приводится в движение приводными звездами, смонтированными на выходных валах приводов подачи. Нижняя ветвь тягового органа соединяет звезды левого и правого приводов, а два противоположных конца в разрыве верхней ветви закреплены на комбайне. При движении в заданном направлении, привод, находящийся по ходу комбайна, является тяговым и перемещает очистной комбайн с заданной скоростью и необходимым тяговым усилием. Противоположный привод подачи осуществляет вытяжку холостой ветви тягового органа.

Блоки приводов подачи должны состоять из редукторов и асинхронных электродвигателей с водяным охлаждением, частота вращения которых регулируется системой управления очистным комбайном, включающей регулятор скорости и нагрузки на базе преобразователя частоты.

Управление приводом вынесенной системой подачи предусмотрено либо с пульта управления комбайном, либо аппаратурой со штрека.

Управление подачей предусматривает включение обеих двигателей подачи с направлением вращения, обеспечивающим перемещение комбайна в выбранном направлении. Управление скоростью перемещения осуществляется с помощью ПЧ, установленного в станции управления СКВ-ВСПЧ.

Станция СКВ-ВСПЧ состоит из двух ПЧ, предназначенных для изменения скорости подачи, а также системы обеспечивающей контроль за двигателями. Также СКВ-ВСПЧ отвечает за пуск двигателей режущих органов и контроль их токов. Информация о нагрузках двигателя резания и каждого из двигателей подачи поступает от датчиков тока в контроллер системы управления, где

параметры анализируются и автоматически выбирается необходимая скорость подачи.

Типовая скоростная диаграмма очистного комбайна для рабочего режима – срезания пласта угля, приведена на рисунке 1. Она состоит из участков разгона, установившегося движения, и торможения. Торможение происходит за счет свободного выбега.

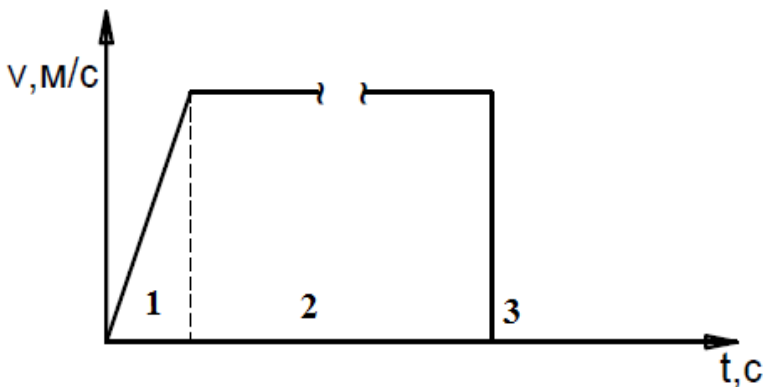


Рис. 1. Типовая скоростная диаграмма

1 - разгон от нулевой скорости до установившейся скорости движения (режим тяги);

2- движение на номинальной скорости;

3 – торможение свободным выбегом.

Исходя из работы вышли следующие скоростные и нагрузочные диаграммы, которые представлены на рисунке 2.

В данной работе была разработана система автоматизированного электропривода механизма передвижения очистного угольного комбайна ВСПЧ. Был выполнен анализ технологического процесса установки. Была выбрана рациональная система электропривода для установки – «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель с КЗр». Была спроектирована функциональная схема системы электропривода. Были рассчитаны и выбраны двигатель мощностью 26кВт на основании нагрузочной диаграммы механизма, а также преобразователь частоты фирмы FNTGK-60/1140/BI.

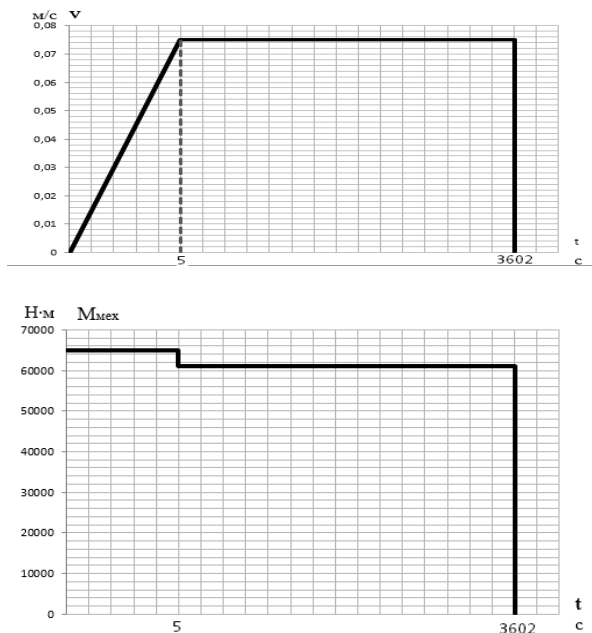


Рис. 2. Скоростная и нагрузочная диаграммы механизма при снятии пласта
 $M_{\text{мех}}=f(t)$

Литература

1. Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования. Сборник научных трудов ГП «Донгипроуглемаш» /Науч.ред. В.В. Косарев, Н.И. Стадник. - Донецк: Астро, 2008. - 800 с.
2. Семенченко А.К., Кравченко В.М., Шабасев О.Є. Теоретичні основи аналізу і синтезу гірничих машин і процесу їх відновлення, як динамічних систем /А.К.Семенченко, В.М.Кравченко, О.Є.Шабасев – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2002. – 302 с.
3. Миничев В.И. Угледобывающие комбайны. Конструирование и расчёт /В.И.Миничев – М.: «Машиностроение», 1976. - 248 с.

УДК 621.31.83.52

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЛИФТОВОЙ УСТАНОВКИ

студент гр. 10705216 Самулёв И.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель. Миронович А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Современный лифт – это сложное электромеханическое устройство, работающее в полуавтоматическом режиме по установленной программе.

Система управления лифтом должна решать задачи безопасного и комфортного передвижения пассажиров. Передвижение должно осуществляться с допустимым ускорением, требуемой скоростью и отсутствием ощутимых рывков. Для выполнения приведённых требований необходимо получать информацию о положении и скорости движения кабины с помощью различных датчиков и смоделировать систему контроля.

Также следует обратить внимание на использование системы управления не только для модернизации существующего лифтового оборудования, но и использование в новом строительстве.

Целью данной работы является улучшение динамических характеристик системы управления лифтом в переходных режимах работы.

Для достижения поставленной цели необходимо сформулировать основные задачи работы:

1. Разработать математическую модель системы управления лифтом на базе ПИД регулятора.
2. Синтезировать имитационную модель данной системы.
3. Исследовать динамические характеристики системы управления при помощи математической модели.

Основными частями лифта являются: лебёдка, кабина, противовес, направляющие для кабины и противовеса, двери шахты, ограничитель скорости, тяговые канаты и канат ограничителя скорости, узлы и детали приямка, электрооборудование и электроразводка. Основные параметры технической характеристики лифта: номинальная

грузоподъёмность $m = 400$ кг, масса противовеса $m_{пр} = 770$ кг, масса пустой кабины $m_0 = 570$ кг., номинальная скорость $v = 1$ м/с.

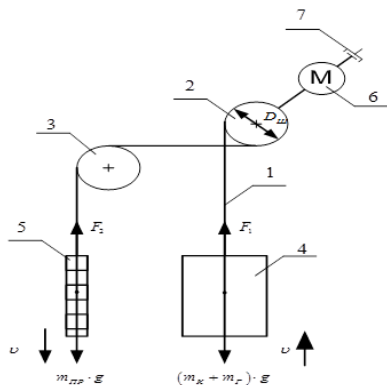


Рис. 1. Кинематическая схема лифта: 1 – тяговый канат; 2 – канатоведущий шкив; 3 – полиспастный блок; 4 – кабина; 5 – противовес; 6 – лебёдка; 7 – вводное устройство

Получение математической модели асинхронного двигателя, лежащего в основе работы лифта, является основой общей модели объекта. По известным паспортным данным двигателя серии 5А. мощности 3,5 кВт произведем следующие необходимые расчеты.

Определение передаточной функции токового звена Передаточная функция токового звена имеет следующий вид:

$$W_{(p)} = \frac{\beta}{1 + T_3 p};$$

ω_0 эл.ном - угловая скорость электромагнитного поля АД при его номинальной частоте питания $f = 50$ Гц .

Определение передаточной функции преобразователя частоты.
Передаточная функция преобразователя частоты:

$$W_{ПЧ(p)} = \frac{U_D(p)}{U_Y(p)};$$

Коэффициент передачи преобразователя частоты в установившемся режиме равен следующему выражению:

$$K_{ПЧ} = \frac{U_D}{U_Y};$$

Контур регулирования тока якоря содержит ПИ-регулятор, настроенный по принципу последовательной коррекцией.

В контуре регулирования тока имеется одна большая постоянная времени – постоянная времени цепи якоря T_a . При настройке контура на технический оптимум передаточная функция регулятора тока будет иметь вид:

$$W_{PT} = \frac{t_{PT}p + 1}{T_{ИТ}p} = \frac{T_a}{2T_{ЧП1}k_{ЧП1}k_{\gamma}k_{ДТ}p};$$

В контуре регулирования скорости имеется одна крупная постоянная времени механическая постоянная времени привода T_M . Контур регулирования тока настраивается по условиям технического оптимума. При этом передаточная функция ПИ- регулятора тока имеет вид:

$$W_{PC} = \frac{t_{PC}p + 1}{T_{ИС}p} = \frac{8T_{ЧП1}p + 1}{\frac{32T_{ЧП1}^2}{T_M} \cdot \frac{k_D k_{ДС}}{k_{ДТ}k_{\gamma}}};$$

Была спроектирована САУ процесса управления перемещения кабины лифта. Был рассмотрен процесс работы объекта, его технологическая схема, а также цель проектирования САУ. Были определены задачи, необходимые системе для достижения поставленной цели.

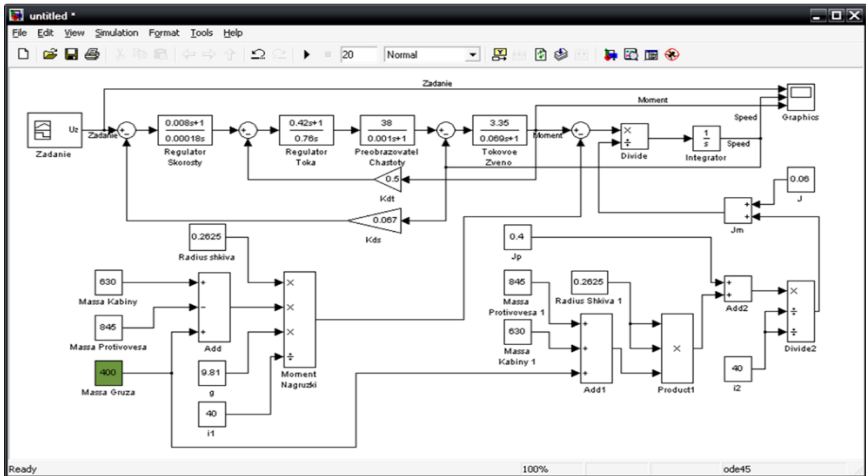


Рис. 2. Модель регулируемого электропривода лифта

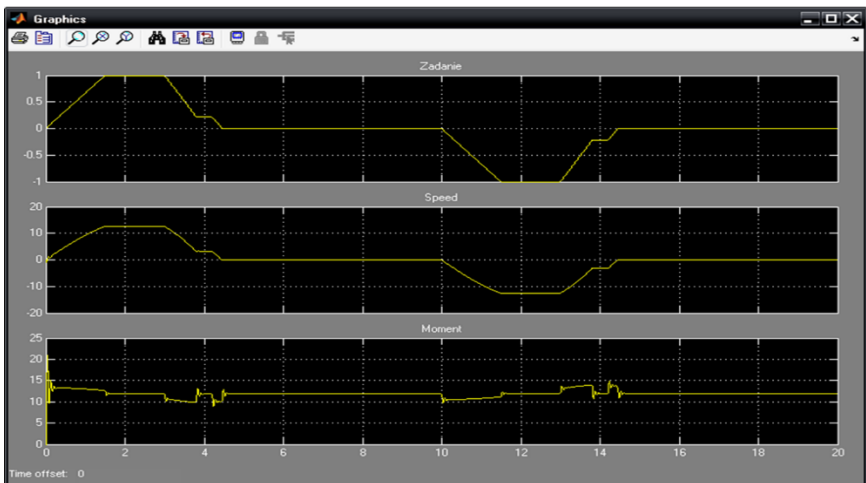


Рис. 3. Графики переходных процессов работы лифта

Были получены и проанализированы переходные процессы данных моделей. Момент сопротивления и управляющий токковый сигнал, при различных условиях меняется, однако по графикам видно, что заданное воздействие отрабатывается и на выходе мы получаем требуемую скорость с минимальными отклонениями от заданных на входе значений.

В дальнейшем в систему будут внесены нелинейности и будет выяснен наилучший способ их обработки для достижения поставленной цели.

Литература

1. П. Д. Гаврилов, Л. Я. Гимельштейн, А. Е. Медведев Автоматизация производственных процессов – М.: Недра, 1985.
2. Сайт компании OTIS <http://www.otis.com>.
3. Под общ. ред. И. П. Копылова и Б. К. Клонова Справочник по электрическим машинам: В 2т./С74. Т.1. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
4. Электронный каталог лифтового оборудования. <http://лифтов.рф/liftovoe-oborudovanie-katalog>.
5. Под общ. ред. И. П. Копылова и Б. К. Клонова Справочник по электрическим машинам: В 2т./С74. Т.1.–М.: Энергоатомиздат, 1988. 456 с.
6. Электронный каталог лифтового оборудования. <http://лифтов.рф/liftovoe-oborudovanie-katalog>.

УДК 621.31.83.52

КОВШОВЫЙ ЭЛЕВАТОР

студент гр. 10705116 Светогор А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Гульков Г.И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Нория (ковшовый элеватор) – это устройство предназначено для подъема зерновых культур, продуктов их переработки, семян и других сыпучих материалов в вертикальной или близкой к ней плоскости. С помощью этого оборудования продукция загружается в емкости на высоте.

На крупном заводе по производству комбикорма задействованы 2 или 3 нории. Они поднимают дробленое сырье в бункер или смеситель, транспортируют горячие гранулы в охлаждающую колонну, а после охлаждения перемещают гранулы в бункер

для хранения. Также такая вертикальная нория применяют при переработке зерна в муку или крупу, перемещении сухих веществ в химической отрасли.

Ковшовый элеватор представляет собой вертикальный ленточный (или цепной) конвейер с ковшами, за счёт непрерывного перемещения которых осуществляется подъём материала. Как правило, конвейер помещают в прямоугольной трубе.

Материал в нижней части подхватывается ковшами, перемещается вертикально и выгружается через патрубок в горизонтальном направлении в верхней части нории. Ковши идут вниз опрокинутыми.

Применяется в комбикормовой, мукомольной и химической промышленности.

Ковшовый элеватор представляет собой замкнутое полотно с тяговым органом, огибающим приводной и натяжной барабаны (звёздочки), и прикреплёнными к нему ковшами. Несущей и ограждающей частью элеватора является сварной стальной кожух с грузочным и разгрузочным патрубками. Привод имеет электродвигатель, редуктор, муфты и останов, предотвращающий обратное движение полотна.

Нория состоит из:

- 1) головки;
- 2) башмака;
- 3) шахты обслуживания;
- 4) промежуточных шахт;
- 5) кармана;
- 6) В качестве рабочего органа использована резинотканевая лента с металлическими ковшами;
- 7) Для обслуживания головки нории установлена площадка обслуживания;
- 8) Для доступа на площадку обслуживания установлена лестница.

Технологический процесс нории:

Механизм собран из башмака (нижней части), шахты и головной части. Внутри работает ленточный ковшовый транспортёр с приводом вверх шахты и головкой натяжения вниз.

Зерно из принимающего бункера попадает в загрузочный носок нории и распределяется по ковшам, вращающимся вместе с лентой вокруг натяжного барабана.

Гружёные ковши по шахте подъемника подаются лентой на приводной барабан, при движении вокруг его зерно выгружается и высыпается через разгрузочный патрубок.

Нории типа НЗ могут применяться для вертикального транспортирования зерна, гранул и мучнистых продуктов на мукомольных и комбикормовых предприятиях, на элеваторах, сушильно-очистительных башнях, линиях гранулирования, хлебоприёмных пунктах.

Нория работает в связке с принимающим и подающим оборудованием. Следовательно, включение нории происходит при работе принимающей установки.

Требования к электроприводу нории обусловлены необходимостью получения его трех основных режимов (пуска, установившегося движения, торможения) и ряда вспомогательных и наладочных режимов, а также обеспечения надежной и бесперебойной работы конвейерных установок. Все требования к автоматизированному электроприводу можно разделить на несколько категорий, например, требования технического характера, требования техники безопасности и охраны труда, требования надежности, экономичности и т.д. Основными требованиями технического характера являются:

а) по технологическому процессу возможен запуск нории в нагруженном состоянии, в связи с этим перегрузочная способность должна быть не менее 1,5;

б) плавный пуска конвейера вхолостую с ускорением не более $0,2 \text{ м/с}^2$;

в) постоянство скорости на заданном уровне при возможных колебаниях момента нагрузки;

г) минимальное время переходных процессов;

д) плавное регулирование скорости конвейера: должно стремиться к 1;

е) ошибка поддержания скорости не должна превышать 5%;

ж) перерегулирование по скорости не должно превышать 10%;

з) исполнение двигателя – защищённое (IP55);

и) возможность ручного и автоматического режимов работы;

к) характер нагрузки постоянный $M_c = \text{const}$.

Электропривод также должен обеспечить:

- а) высокую надежность;
- б) пыле- и грязезащищенность;
- в) удобство наладки, ремонта, обслуживания;
- г) минимальные капиталовложения и эксплуатационные затраты;
- д) требования охраны труда и техники безопасности.

В электроприводе должны быть предусмотрены следующие виды защит:

- а) от токовых максимальных и длительных перегрузок;
- б) от исчезновения напряжения в цепи управления и силовой цепи;
- в) от неправильного чередования фаз;

Литература

1. Руководство по эксплуатации зернового сушильного комплекса ЗСК-40Ш.00.00.000 РЭ.

УДК 621.31.83.52

КОЗЛОВОЙ КРАН

студентка гр. 10705216 Скательова Т.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Миронович А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Козловым краном называется грузоподъемная машина, передвигающаяся по рельсам на некотором расстоянии от земли (пола) и обеспечивающая перемещение груза в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Козловые краны являются одним из наиболее распространенных средств механизации различных производств, погрузочно-разгрузочных и складских работ. Перемещаясь по путям, расположенным над землей, они не занимают полезной площади цеха или склада, обеспечивая в то же время обслуживание практически любой их точки.

К козловым кранам общего назначения относятся краны, предназначенные для работы с разнообразными грузами и имеющие в качестве грузозахватных органов грузовые крюки. Иногда эти краны, в

отличие от кранов, снабженных специальными грузозахватными устройствами (грейферами, магнитами и т.д.), называют крюковыми кранами, которые согласно статистическим исследованиям составляют около 2/3 всех эксплуатируемых кранов. Штучные грузы, предназначенные для подъема и перемещения таким краном, навешивают на крюк при помощи стропов (канатных, цепных) или различных специальных захватов. Наблюдение за работой кранов показывает, что за последние 25 лет интенсивность использования кранов увеличилась более чем в 2 раза. При этом время работы механизмов без груза равно времени работы их с грузами, а время, затрачиваемое на подвешивание груза и освобождение крюка, составляет при ручной строповке от 30 до 50% времени полного цикла. В связи с этим число циклов работы этих кранов не превышает 15–20 в час. Краны по типу мостов бывают двухбалочные и однобалочные. Кран включает две основные части: мост и тележку. Металлическая конструкция моста содержит две пролетные и две концевые балки и перекрывает рабочий пролет производственного помещения или склада. С помощью механизма передвижения крана, мост перемещается вдоль подкранового пути. Опорная тележка такого крана состоит из рамы, механизма подъема груза и механизма передвижения для перемещения ее по рельсам вдоль моста. Козловые краны используют в сборочных цехах (в качестве монтажных), в машинных залах, в котельных и дымососных отделениях электростанций. При работе на открытом воздухе (склады, контейнерные площадки и т.д.) они перемещаются по путям, уложенным на специальных эстакадах.

Кран опирается на ходовые колеса. Колеса, соединены с приводом. Наличие трансмиссионного вала увеличивает трудоемкость изготовления крана, его массу и требует проведения весьма точного монтажа. Чтобы устранить эти недостатки, применяют отдельный привод концевых балок моста. По выше приведенной схеме каждая концевая балка моста имеет самостоятельный, не связанный механически привод.

Если на одну из опорных балок моста нагрузка меньше, чем на другую, то частота вращения двигателя на этой опоре несколько увеличивается и опора начинает забегать вперед относительно более нагруженной опоры. Но при этом первый двигатель начинает испытывать передаваемую через металлоконструкцию моста повышен-

ную нагрузку и разгружает двигатель второй опоры, за счет чего частота вращения первого двигателя увеличивается, пока их скорость вращения не уравнивается. Т.о. в процессе движения крана с раздельным приводом происходит перераспределение нагрузки между обоими двигателями. Хотя схема механизма с раздельным приводом требует наличия двух двигателей, двух тормозов и двух редукторов, она наиболее дешевая, имеет малую массу и проста в изготовлении.

Механизм с раздельным приводом устанавливается на рабочих площадках около концевых балок. Соединение вала двигателя с выходным валом редуктора осуществляется с помощью промежуточных валов с зубчатыми муфтами, Тормозное устройство может быть прикреплено к редуктору на специальной подставке, или установлено на муфте, соединяющий редуктор с двигателем.

Возмущающим воздействием для электропривода передвижения моста мостового крана является изменение нагрузки крана.

Литература

1. Техническое описание мостового крана – Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://avtokrany.guru/>

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОДНОНОЖЕВОЙ БУМАГОРЕЗАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ PERFESTA 132 TVC

студент гр. 10705216 Страх В.Р.

Научный руководитель – ст. преподаватель Васильев С.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Развитие в области силовой и вычислительной электроники создало предпосылки к появлению более надежных, точных и недорогих систем электропривода, что в свою очередь привело к необходимости модернизации существующих громоздких, дорогих приводов.

Кроме того, в начале 90-х годов наметился кардинальный переход к полной автоматизации промышленных предприятий, т.е. к «безлюдным» технологиям, в которых человек выполняет общую кон-

тролирующую роль, а всем техпроцессом управляет автоматизированная система управления технологическим предприятием (АСУ ТП).

На фоне данных явлений случился основной переход от механической и технологически устаревшей технологии резки бумаги к более совершенной. На данном этапе бумагорезательная машина Perfecta 132 TVC является передовой моделью на рынке. Оснащенная комплектным ПЧ и АД с КЗР, все это совмещается с продвинутой и упрощенной автоматизацией состоящую из мониторов и микроконтроллеров.

Наиболее важные требования, предъявляемые к электроприводу механизма подачи стопы бумагорезательной машины, являются: соблюдение нужной точности перемещения, которая не превышает 0,01 мм, ускорение не должно превышать $0,8 \text{ м/с}^2$ [1].

Основные уравнения, математические модели и соотношения для расчёта и построения диаграмм и схем взяты из работы [2].

Для затла диаграмма механизма подачи будет иметь вид, представленный на рисунке 1.

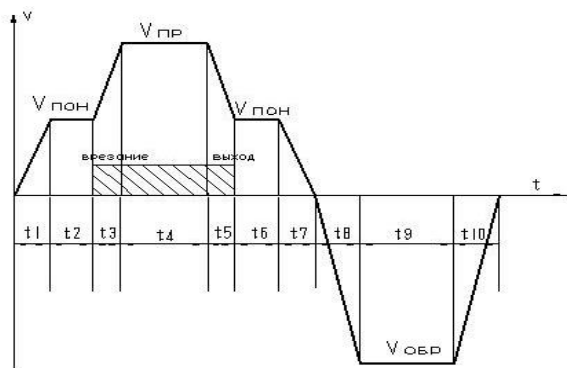


Рис. 1. Примерная скоростная диаграмма механизма передвижения стопы

Кинематическая схема привода исполнительного органа представлена на рисунке 2.

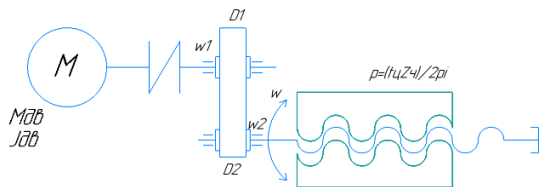


Рис. 2. Кинематическая схема

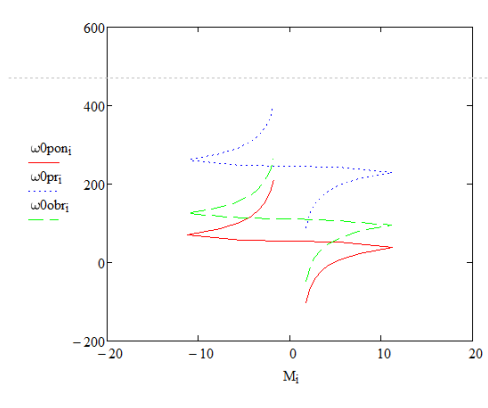


Рис. 3. Механические характеристики

Нагрузочная электромагнитного момента от времени за цикл работы $M(t)$ представлена на рисунке 4.

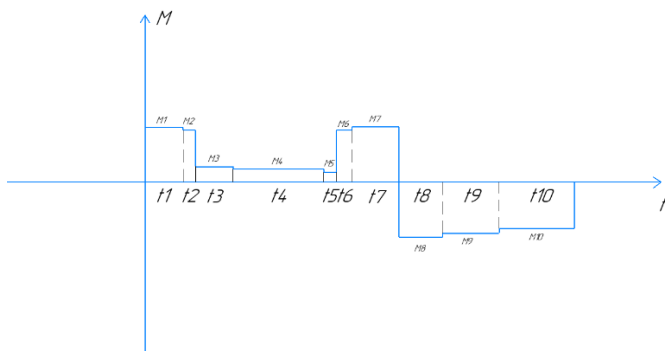


Рис. 4. Нагрузочная диаграмма

На основании математического описания и структурных схем регуляторов с помощью пакета MATLAB/Simulink разрабатывается имитационная модель электропривода механизма подачи затла бумагорезательной машины [3]. На основании моделирования получили следующие графики (рисунок 5 и рисунок 6).

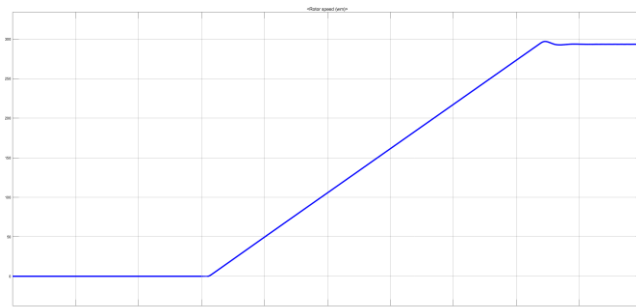


Рис. 5. График скорости вала двигателя

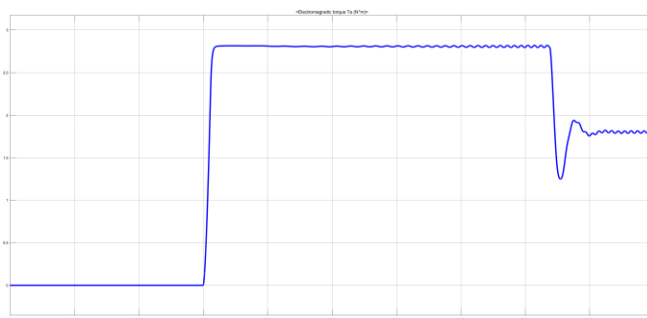


Рис. 6. График магнитного потока

Из полученных графиков работы электропривода механизма подачи затла бумагорезательной машины можно будет сделать выводы о правильности выбора двигателя и соблюдении всех необходимых условий.

Литература

1. Руководство по эксплуатации и обслуживанию бумагорезательной машины PERFECTA 132 TVC. 5. Справочник Эл. двигателей АТВ https://www.esko.at/esko-wAssets/docs/ATB/ATB-Ecodrive-ECD_1509.3_EN.pdf

2. Фираго. Б. И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов: учебное пособие / Б. И. Фираго. – Минск: Техноперспектива, 2012. – 639 с.

3. Мигдаленок А.А Моделирование электропривода на ЭВМ: учебно методическое пособие для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»: в 2 ч. / А.А. Мигдаленок. – Минск: БНТУ, 2010. – Ч.2. – 94 с.

УДК 621.31.83.52

ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 4т

студент гр. 10705216 Тодрик В.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Руденя А.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Автоматизированная управляемая тележка – транспортер с электроприводом, предназначенный для перемещения грузов. Тележка автоматизированная, а это значит, что для ее обслуживания не нужен отдельный оператор - тележки двигаются по заданной траектории в автономном режиме без участия человека. В наше время такие автоматические устройства все более и более углубленно интегрируются в рабочий процесс. Именно поэтому целью данного курсового проекта является непосредственная разработка и проектирование автоматизации данного типа механизма. Автоматически управляемая тележка позволяет обеспечивать перемещение груза между цехами, не прибегая к управлению оператора. Управление обеспечивается под средством программируемого логического контроллера. Скорость автоматически управляемой тележки регулируется при помощи СДПМ. На тележке установлены 2 сканера системы безопасности, которые обнаруживают окружение, и тележка снижает скорость или

останавливается при наличии препятствия в зоне действия системы. Цикл программы записано в памяти контроллера и может быть отредактирован удаленно на компьютере. Установка является гибко применяемой и легко настраиваемой. На устройстве есть несколько кнопок. Одна отвечает за запуск и обеспечивает бесперебойный пуск установки. По бокам установки находятся кнопки аварийного отключения. Они могут быть нажаты при срабатывании датчиков безопасности.

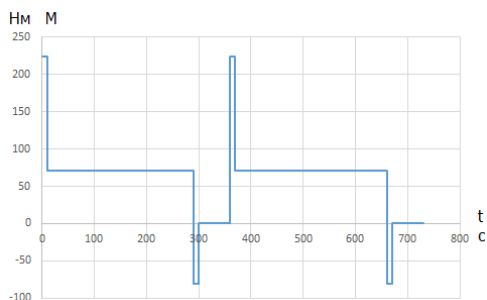


Рис. 1. Нагрузочная диаграмма $M_{\text{мех}}=F(t)$

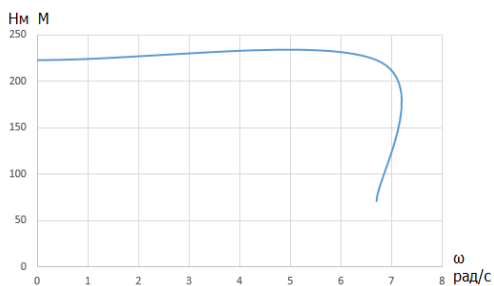


Рис. 2. Механическая характеристика $M_{\text{мех}}=F(\omega)$

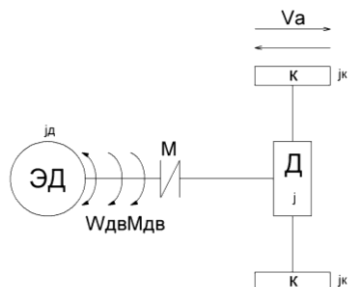


Рис. 3. Кинематическая схема механизма

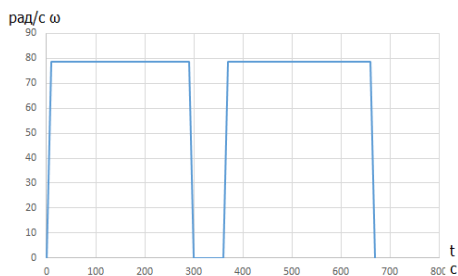


Рис. 4. Скоростная диаграмма электропривода

Из полученных графиков работы электропривода механизма можно будет сделать выводы о правильности выбора двигателя и соблюдении всех необходимых условий.

Литература

1. Б.И. Фираго Учебно-методическое пособие к курсовому проектированию по теории электропривода для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» – Минск: БНТУ, 2005. – 64 с.
2. Фираго. Б. И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов: учебное пособие / Б. И. Фираго. – Минск: Техноперспектива, 2012. – 639 с.
3. Документация по автоматизированным тележкам компании Durr <https://www.durr.com/ru/>

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭЛЕКТРОПОЕЗДА FLIRT ФИРМЫ STADLER

студент гр. 10705116 Трухан Т.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Гульков Г.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Потребность в оздоровлении экологической обстановки окружающей среды и энергетический кризис привели к ускоренному развитию транспортных средств с тяговым электроприводом в том числе и электропоездов. Железнодорожный транспорт позволяет быстро, безопасно и с большим комфортом перевозить пассажиров между городами, а также в пределах города, поэтому в настоящее время очень актуальным является вопрос о разработке и модернизации тяговых систем электроподвижного состава.

В октябре 2013 года компания Stadler получила заказ от Белорусской железной дороги (БЖД) на поставку 2 семивагонных низкопольных электропоездов FLIRT. Поезда рассчитаны на движение с конструкционной скоростью 200 км/ч и предназначены для эксплуатации на междугородных и межрегиональных линиях. В каждом поезде 382 сидячих и 412 стоячих мест. Поезда серии FLIRT нового поколения построены на хорошо зарекомендовавшей себя платформе, разработанной специально для эксплуатации в особых условиях в таких странах, как Финляндия, Норвегия, Эстония, Россия и Беларусь. Комфортный и просторный пассажирский салон делает приятным пребывание пассажиров в поезде во время поездки. Современная информационная система обеспечивает пассажиров необходимой информацией, а система видеонаблюдения гарантирует максимальный уровень безопасности.

Данные поезда имеют улучшенную аэродинамику, реализованную за счет построения более обтекаемой формы поезда и им пользовании автоматической сцепки Шарфенберга 10-го типа. Данная сцепка позволяет значительно уменьшить завихрения воздуха между вагонами, что заметно снижает сопротивление воздуха.

Электропоезд состоит из семи вагонов: первый, четвертый и седьмой вагоны являются локомотивами (счет слева направо). Каждый локомотив имеет ведущую тележку, на каждой тележке две оси и

каждая ось приводится в движение индивидуальным электроприводом. Таким образом, поезд имеет 3 ведущие тележки, на каждой тележке имеется 2 электропривода и всего на поезде расположено 6 электроприводов, приводящих его в движение. Для каждого привода имеется свой преобразователь. Для пары преобразователей одной тележки имеется понижающий трансформатор (то есть всего 3 трансформатора). Тележки расположены на первом, четвертом и седьмом вагонах.

В ходе выполнения проекта использовались следующие программы: MathCAD – проведение математических расчетов и построение графиков, MATLAB – проведение математических расчетов, построение графиков, а также имитационное моделирование, sPlan 7.0 – рисунки и схемы.

При выполнении проекта проходило производиться очень сложные расчеты, что занимает много времени и бумаги, поэтому в целях сокращения объема пояснительной записки многие расчеты опускались (например, построение нагрузочной диаграммы электропривода и определение эквивалентного момента), однако полный расчет есть в файле приложения MathCAD.

В ходе выполнения проекта составлена функциональная схема, выбран двигатель и преобразователь к нему, выбраны датчики для измерения координат электропривода, а также разработана система управления электроприводом.

Во время имитационного моделирования в MATLAB были получены статические и динамические характеристики системы, проанализированы и учтены все требования необходимые для проектирования системы управления электроприводом поезда.

Литература

1. Осипов С.И., Осипов С.С., Феоктистов В.П. Теория электрической тяги: Учебник для ВУЗов ж.-д. транспорта / Под ред. С.И. Осипова. – М.: Маршрут, 2006. – 436 с.
2. Теория электрической тяги / В.Е. Розенфельд, И.П. Исаев, Н.Н. Сидоров, М.И. Озеров; Под ред. И. П. Исаева. – М.: Транспорт, 1995. – 294 с.

УДК 621.31.83.52

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ЛЕНТОЧНО-ОТРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ МП6-1920

студент гр. 10705116 Щепанович М.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Васильев С.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Ленточно-отрезные станки применяются на мелко и крупносерийном производстве для резки заготовок. Данный тип оборудования используется в основном на заготовительных участках. Постоянное совершенствование конструкций ленточнопильных станков и используемого режущего инструмента (ленточных пил) определяют возрастающий спрос на данное оборудование. Ленточная пила позволяет обеспечить минимальный отход металла в стружку (толщина 0,6-2 мм), одновременно достигается высокая производительность процесса и малый расход энергии. Возможность использования специальных пил, оснащенных твердым сплавом или алмазной кромкой, позволяет резать труднообрабатываемые материалы.

Ленточное пиление обладает следующими преимуществами:

- возможность высокопроизводительной резки сталей, чугунов, труднообрабатываемых материалов, цветных металлов и сплавов;
- экономия материала заготовок;
- высокое качество реза – отклонение от прямолинейности до 1,5 мм/100мм;
- экономия потребляемой энергии – 1,5...15 кВт;
- повышение производительности труда;
- экологическая чистота процесса резания;
- повышение культуры производства.

Станок ленточно-отрезной модели МП6-1920 является специализированным, предназначен для резки на мерные длины черных металлов (проката и поковок) сплошного и профильного сечений, а также труб под углом 90° к оси разрезаемой заготовки. Реализация системы электропривода главного движения ленточно-отрезного станка модели МП6-1920 осуществляется расчетом вероятно наибо-

лее тяжелых режимов работы станка, построением нагрузочной диаграммы, выбором электродвигателя и его последующей проверкой, выбором преобразователя электрической энергии, проектированием системы управления и автоматизации и их последующей реализацией. Наибольший интерес представляет расчет нагрузочной диаграммы электропривода за цикл работы, предварительный выбор электродвигателя и последующая проверка правильности выбора.

Рабочий цикл разделен на следующие интервалы:

1. Пуск электродвигателя(1с)
2. Подвод пильной рамы в зону резания, состоящий из ускоренного подвода и подвода со скоростью подачи

$$t_{подв.н.р.} = t_{подв.н.р.уск} + t_{подв.н.р.раб} = 3 + 6 = 9с$$

3. Разрез заготовки
4. Ускоренный отвод пильной рамы (3с)
5. Раскрытие захватов (2с)
6. Отвод каретки (6с)
7. Захват (2с)
8. Разжим (2с)
9. Подвод каретки, медленный и ускоренный (6с)
10. Зажим (2с)

Произведем расчет и построение нагрузочной диаграммы станка при обработке сплошной прямоугольной заготовки 350х350мм из стали 40Х как, вероятно, самой требовательной по мощности резания.

Отдельные участки нагрузочной диаграммы рассчитываются по выражениям:

Сила резания [3]:

$$F_z = K_p \cdot \sigma_s \cdot S_z^{0,7} \cdot b = 28 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 750 \cdot 0,0076^{0,7} \cdot 2,1 = 1565Н$$

где

$$K_p = n \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} = 28 \cdot 1,08 \cdot 1 = 30,24$$

поправочный коэффициент, учитывающий количество режущих зубьев и влияние геометрических параметров зубьев.

Коэффициенты $k_{\phi p} = 1,08; k_{\gamma p} = 1$ согласно . В твердосплавной пиле с Т.Р.І= 2(Teeth per inch(зубов на дюйм)) 2 зуба на дюйм заготовки, то есть 2 зуба на 25,4 мм. Заготовка шириной 350мм задействует

$$n = 2 \cdot \frac{350}{25,4} = 28$$

зубьев с учетом округления до ближайшего целого числа; $\sigma_g = 750H / мм^2$ -временное сопротивление разрыву стали 40Х; $b=2,1мм$ - ширина пропила, S_Z - подача на зуб пилы. Качество процесса резания и оптимальность выбранного режима на ленточно-отрезном станке наиболее точно характеризуется получаемой в ходе разрезки стружкой. Экспериментальные исследования показывают, что тонкая, выщущая стружка получается при подачах на зуб 7,2-8,4 мкм, что свидетельствует об правильности выбора параметров режима резания. Определим подачу на зуб:

$$S_Z = \frac{t \cdot s}{v} = \frac{12,7 \cdot 36}{60000} = 7,6 мкм$$

где $t=12,7$ шаг зубьев; $v = 60м / мин$ -устанавливаемая скорость главного движения; s – скорость подачи, которая рассчитывается следующей методикой:

Для данной заготовки с учетом твердосплавного материала режущей пильной ленты и материала обрабатываемой заготовки(Сталь 40Х $\sigma_g = 750H / мм^2$) производительность лежит в диапазоне $Q = (90 - 125 см^2 / мин)$;

Площадь поперечного сечения заготовки:

$$S = a^2 = 350 \cdot 350 = 122500 мм^2 = 1225 см^2$$

Определим теоретическое время резания:

$$t_{рез} = \frac{S}{Q} = \frac{1225}{125} = 9,8 \text{ мин} = 588 \text{ с}$$

В свою очередь s – оптимальная подача связана с временем резания соотношением:

$$t_{рез} = \frac{a}{s} \Rightarrow s = \frac{a}{t_{рез}} = \frac{350}{9,8} = 36 \text{ мм / мин}$$

Полезный момент на валу двигателя при обработке заготовки:

$$M = F_z \cdot \rho = 1565 \cdot 0,0068 = 11 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где ρ – радиус приведения поступательного движения к вращательному;

$$\rho = \frac{D_k}{2 \cdot i} = \frac{0,554}{2 \cdot 40} = 0,0068 \frac{\text{м}}{\text{рад}}$$

Полезный момент на валу двигателя при работе в холостую (после разреза заготовки производится подъем пыльной рамы и перемещение заготовки, во время всех этапов цикла, кроме резания и пуска, электропривод работает вхолостую):

$$M_{xx} = a \cdot M = 0,17 \cdot 11 = 1,87 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где a - коэффициент постоянных потерь, зависящий от номинального КПД передачи.

На основании рассчитанных данных, нагрузочная диаграмма станка при обработке сплошной прямоугольной заготовки 350x350мм из стали 40Х обретает вид, представленный на рисунке 1.

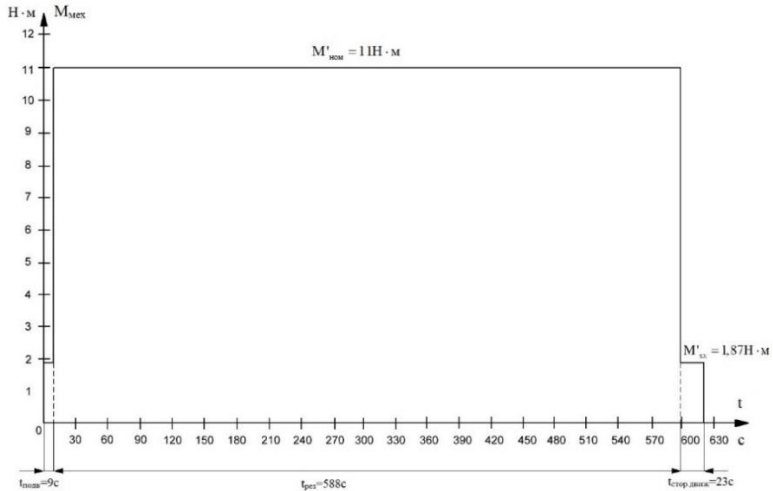


Рис.1 Нагрузочная диаграмма при разрезке заготовки 350x350мм из стали 40Х

Проанализировав полученную диаграмму, можно заметить, что в проектируемой системе электропривода стоит выбрать электродвигатель с продолжительным (S1) номинальным режимом работы, а также необходимо произвести проверку выбранного двигателя по нагреву, чтобы удостовериться в том, что длительная работа с неизменной нагрузкой не приведет к перегреву и разрушению изоляции обмоток. Поскольку пуск осуществляется при отсутствии момента статического сопротивления механизма, установка не требует перегрузочной способности, поскольку максимальный требуемый момент будет ниже номинального. Для выбора мощности электродвигателя необходимо учитывать особенности технологического процесса, такие как:

1. Большим усилиям резания соответствуют меньшие скорости резания, в соответствии с чем необходимо проводить расчет для наиболее затратного по моменту режиму, который будет соответствовать меньшей скорости главного движения, что означает необходимость проверки допустимого длительного момента с учетом ухудшения условий охлаждения.

2. В зависимости от коэффициента загрузки кинематической передачи будет изменяться статический момент на валу двигателя

при обработке заготовок с меньшим требуемым моментом, но большей допустимой скоростью главного движения. Одна из таких заготовок, вероятно самая затратная по мощности, рассчитана в данном материале.

Рассчитав коэффициент загрузки и соответствующий ему КПД передачи, рассчитывают статический момент для данного режима и соответствующая ему угловая скорость. Перемножив полученные значения и домножив результат на коэффициент запаса, получим предварительное значение мощности. Выбирается двигатель на ближайшую большую мощность и производится вышеописанная проверка по нагреву.

Литература

1. Дечко Э.М., Маркевич Ю.Р. Основы ленточного пиления и станки/ Э.М. Дечко, Ю.Р. Маркевич – Минск: БНТУ, 2014 – 80с
2. Фираго Б. И. Теория электропривода : учеб. пособие / Б. И. Фираго, Л.Б. Павлячик – Минск : Техноперспектива, 2007. – 585 с.
3. Литвинов А.Е., Корниенко В.Г. Исследование процесса резания на ленточнопильных станках/КГТУ, 2013-10с

4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УДК 574

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «ПРОЦЕССНО-МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ» В ЭКОЛОГИИ

студент гр.10507216 Аверьянова Е.В.

Научный руководитель – канд. с-х наук Симонова-Лобанок М.П.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Планета Земля – уникальное явление в солнечной системе. В тонком слое, окружающем планету, непрерывно взаимодействуют воздух, вода, почва и живые организмы, образуя биосферу. Биосферой называют оболочку земли, в которой обитают все живые организмы. Биосфера – это глобальная экосистема, совокупность всех живых организмов и их экологической среды в пределах планеты Земля. Биосфера представляет собой высший уровень организации живых систем [1].

Экосистема – объективно существующая часть природной среды, имеющая пространственно-территориальные границы, в которой живые организмы и ее неживые элементы взаимодействуют, как единое функциональное целое, связанное между собой обменом веществ, энергии и информации таким образом, что эта единая система сохраняет устойчивость в течение продолжительного времени [2].

Для понимания процессов, происходящих в экосистемах необходимо менять существующие подходы и механизмы изучения экосистем и биосферы в целом.

Для изучения сложных технических и социальных систем используются процессные системы. Экосистемы так же являются сложными природными системами, для изучения которых возможно использовать процессные системы.

Процессная система – это совокупность объектов: входа, самого процесса, выхода, обратной связи и ограничений [2]. В любой сложной системе можно выделить три вида процессов: основной процесс, процесс обеспечения и управления. Основной процесс может состоять из нескольких подпроцессов. Он преобразует входы системы в основной выход. Обеспечивающие процессы преобразуют входы системы во входы основного процесса или выходы основного процесса

во входы последующих систем. Управление (обратная связь) обеспечивает соответствие между фактическим и желаемым выходом путем изменения входа. Ограничение определяется совокупностью норм, правил, объемов, факторов и т.п., устанавливающих требования к выходу данной системы.

Современные технические системы – это процессные системы, состоящие из модулей. Техническая система, в целом – это единый модуль, состоящий из модулей различного функционального назначения. Каждый модуль по своей форме и содержанию автономен, а по функциональным связям – нет. Модули связаны друг с другом, таким образом, чтобы был работоспособен (жизнеспособен) основной модуль в котором они являются подмодулями (подпроцессами). Проведем аналогию между технической системой и биосферой. Биосфера – это основной модуль, состоящий из модулей (экосистем), которые одновременно являются и модулями, и подмодулями (подпроцессами) других экосистем. Например, экосистемы: опушка леса, поляна, роща с одной стороны это самостоятельные модули, а с другой стороны являются подмодулями (подпроцессами) основного модуля, в данном случае, леса. Следовательно, для изучения и описания экосистем представляется возможным использовать процессно-модульные системы.

Использование в экологии процессно-модульных систем (ПМС) позволит:

- создать принципиально новый универсальный механизм описания, классификации, изучения, построения, унификации моделей и процессов, происходящих в биосфере;
- применять всеобщие законы развития материального мира, общие законы других наук и частные (специфические) законы экологии.
- использовать модели и методы изучения и исследования других наук, как для изучения функционирования экосистем, так и различных динамических и статических процессов, протекающих в ней.

Литература

1. Сергейчик, С.А. Экология / С.А. Сергейчик - Минск : Современная школа. 2010.
2. Симонова-Лобанок, М.П. Общая экология/ М.П. Симонова-Лобанок - Минск: Право и экономика, 2011.

УДК 336.743

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аверьянова Е.В., Симонова - Лобанок М.П.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Блокчейн называют лучшим инструментом нынешнего десятилетия. Тем не менее, общество не совсем понимает эту технологию и не знает, в чем причина проблем, стоящих на пути ее успеха. Попытаемся разобраться в этих проблемах. Свои первые шаги блокчейн сделал в 2014 году. Его появление вселило надежды определенной части граждан, которые все больше теряли доверие к традиционным банковским продуктам.

Так что же такое блокчейн? В переводе с английского блокчейн это «цепочка блоков». Дать определение блокчейну в нескольких словах нелегко, поскольку каждый читатель, опираясь на свой образ мышления, свои достижения и опыт, будет воспринимать те или иные формулировки по-разному. Ниже мы приведем несколько определений, которые позволят лучше понять, что же такое блокчейн [1].

Упрощенное: блокчейн - это большая бухгалтерская книга, или журнал, куда каждый может вносить записи и в которой он может иметь доступ к огромному количеству компьютеров, разбросанных по всему миру.

Базовое: блокчейн – программный продукт, который позволяет хранить и преобразовывать получаемые при помощи интернета данные защищенным и прозрачным, способом, не имея при этом центрального управляющего органа.

Буквальное: блокчейн, описывает цепочку блоков, в которых хранится информация самого разного вида: транзакции, контракты, произведения искусств, и т.д.

Техническое: блокчейн – это технология организации базы данных, опирающихся на интернет и полностью использующие все его достоинства, включающая открытый протокол и способность к расчету и шифрованию. Эту распределенную базу данных транзакций, можно сравнивать с бухгалтерской книгой, в которой каждая новая транзакция записывается следом за предыдущей без возможности изменить или уничтожить предшествующие записи. Эта книга активна, составлена в хронологическом порядке, распределена, проверена и защищена от фальсификации системой распределения доверий (консенсусом) между участниками системы (узлами).

Основные принципы технологии блокчейна [1]:

- децентрализация;
- отказ от посредников;
- прозрачность и неизменность;
- распределенный консенсус;
- безопасность;
- прослеживаемость.

Как работает блокчейн? Для создания и работы блокчейна необходимы реестр (строка блоков), шифрование с помощью ключа (закрытый или открытый) для защиты сделки, алгоритм (на основе консенсуса) для проверки транзакций, а также одноранговая или децентрализованная сеть (компьютерная сеть, основанная на равноправии участников). По мере необходимости добавляются новые участники. Вот вкратце, все необходимые элементы. Чтобы работала система.

Внедрение блокчейна на предприятии необходимо осуществлять продуманно. Не надо начинать с того, что технология блокчейна значительно меняет структуру предприятия и систему его работы, тогда она может быть воспринята как угроза. Если же, наоборот, допустить что блокчейн может облегчить работу, устранить заторы в сетях, улучшить отношения с клиентами и поставщиками, ускорить финансовые потоки и уменьшить расходы, тогда блокчейн воспринимается как источник дополнительных возможностей.

Предприятия ведут борьбу за рынки сбыта, создавая продукты в постоянно меняющихся условиях. Смартфоны, электронная тор-

говля, социальные сети, технологические революции последних десятилетий перемешали все карты и создали цифровую пропасть между различными предприятиями даже одной отрасли. Тем, кто не сумел адаптироваться, пришлось заплатить высокую цену или просто исчезнуть как, например, Кодак, когда появилась цифровая фотография. В такой нестабильной среде главная задача - уловить технологические изменения на наиболее ранних стадиях.

Учитывая опыт прошлого, можно посоветовать представителям любой сферы деятельности внимательно отслеживать все, что в ней происходит, и делать наброски решений в виде блокчейна, чтобы избежать разрушения вашей текущей модели от рук конкурентов, оказавшихся более проворными и гибкими в отношении цифровой трансформации.

После определения принципов технологии блокчейна и ее возможного воздействия на бизнес предприятия необходимо себе задать несколько вопросов [2]:

1. Какие процессы на предприятии будут изменены или будут затронуты технологией блокчейна?
2. Какие открываются возможности и какие возникают риски в связи с использованием блокчейна в существующей на предприятии бизнес-модели?
3. Какие приоритетные направления в области рисков и возможностей?
4. Кто будет участниками (узлами) блокчейна?
5. Какой консенсус будет предусмотрен, и какие типы авторизации вы предполагаете настроить в вашем варианте блокчейна?
6. Какие затраты, сроки и ограничения для реализации данного блокчейна?
7. Какие риски, связанные с вашим вариантом реализации? Каковы возможные последствия?
8. Как вы собираетесь организовывать испытания блокчейна, и на каких процессах?
9. Есть ли на вашем предприятии специалисты и технические возможности для внедрения блокчейна или вам придется привлекать их со стороны?

Конечно, этот список не является исчерпывающим, и вопросы будут варьироваться в зависимости от типа предприятия, его бизнес - модели, уровня цифрового преобразования и т.д.

Компании, которые внедряют технологию блокчейна, могут сократить расходы, повысить надежность и безопасность своих баз данных, оптимизировать и ускорить обмен с третьими лицами, обеспечить мгновенные выплаты и т.д.

Они также могут рационализировать свою внутреннюю деятельность, а также процессы, происходящие у них с клиентами и поставщиками. В итоге они могут самостоятельно преобразовать свою деятельность полностью или частично в «цепочку блоков» [2].

Сформулируем основные аспекты бизнеса, при наличии которых использование блокчейна будет давать наилучшие результаты:

- если вам необходимо хранить данные;
- необходимо иметь нескольких участников записи;
- работать необходимо с участниками, интересы которых расходятся или между ними отсутствует доверие.

Завтра широкая общественность откроет для себя, благодаря технологии блокчейна и протоколам распределенного консенсуса, отказ от посредников, цифровые валюты, мгновенные транзакции, рыночные площадки и социальные сети без посредника, услуги коллективного страхования без центрального управления, прозрачную демократию, умные города многое другое. Сегодня, когда мы перемещаемся от сайта к сайту или осуществляем транзакции с помощью компьютера или смартфона, нам нет необходимости понимать, что такое Интернет и как он работает. Тоже самое произойдет и с блокчейном, когда им начнут широко пользоваться и будут, разработаны удобные интерфейсы (совокупность средств, методов и правил взаимодействия между элементами системы).

Технология блокчейна не исчезнет. Она пришла, чтобы остаться и глубоко преобразовать нашу экономику и наше общество т.к. это рычаг, позволяющий проложить дорогу для инноваций и способ создания новых услуг или продуктов. Кроме того, это прекрасная возможность открыть для предприятия новые горизонты.

Литература

1. Л. Лелу. Блокчейн от А до Я. Москва, Бомбора, 2018 г. – 248 с.
 2. М. Свон. Схема новой экономики. Москва, Олимп Бизнес, 2017. – 150 с.
- УДК. 53.06

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОГИТАРЫ

студент гр. 10111120 Головков А.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Франкевич Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Научные открытия изменяют не только облик промышленных предприятий, бытовые условия, уровень медицины. Они также находят применения и в мире искусства. Так изучение электромагнитных явлений привело к созданию совершенно новых музыкальных электроинструментов, одним из которых является электрогитара.

История электрогитар начинается в первой половине XX века. Акустические гитары имеют небольшую громкость, поэтому чаще используются лишь для аккомпанемента. Они мало пригодны для исполнения сольных партий. Первым шагом к увеличению громкости стали резонаторные гитары, которые имели резонатор, встроенный внутри корпуса. Но это не привело к ожидаемым результатам: гитара не стала звучать громче, но появились свои особенности и недостатки.

Огромным шагом вперёд стало изобретение магнитного звукоснимателя Ллойдом Лоэром в 1924 году (из компании Gibson), где звук снимался благодаря изменению магнитного поля за счёт колебания в нём ферромагнитной струны и преобразования колебания в электрический сигнал, который через кабель подаётся в усилитель [1]. И в 1931 появилась первая электрогитара, созданная Полом Бартом, Джорджем Бошамом и Адольфом Рикенбакером. Из-за алюминиевого корпуса музыканты прозвали ее «сковородкой». В 1936 году была выпущена гитара Gibson ES-150. Она представляла собой гитару с полым корпусом, звукоснимателем и парой f-образных отверстий [2]. Она стала родоначальником полуакустических гитар – электрогитар с полым/полу-полым корпусом.

Современные электрогитары имеют цельный корпус без резонаторных отверстий. Вместо акустического резонатора на цельном корпусе установлены звукосниматели, темброблок, состоящий из регулятора громкости и регулятора тона (тембра) и, если звукоснимателей от 2 и более, переключатель звукоснимателей. Гриф может быть

вклеен в корпус или соединён с корпусом болтами. При игре на электрогитаре механические колебания струны звукоснимателем преобразуются в электромагнитные колебания и подаются на усилитель.

Все звукосниматели [3] подразделяются на активные и пассивные:

- «пассивные» звукосниматели представляют собой устройства, не осуществляющие предварительное усиление сигнала перед подачей его в усилитель. Они не требуют дополнительного источника питания.

- «активные», наоборот, производят предварительное усиление звука за счёт встроенной электроники, но они нуждаются в дополнительном источнике питания (батареяке).

По принципу действия современные звукосниматели делятся на электромагнитные и пьезоэлектрические.

Магнитные звукосниматели работают только со струнами из ферромагнитных материалов (стальная жила + оплетка из никеля, стали и т.п.) и состоят из постоянных магнитов и намотанных вокруг них катушек. Металлическая струна колеблется в поле, создаваемом постоянным магнитом датчика, тем самым изменяя магнитный поток, пронизывающий катушку. В проводящей катушке, намотанной вокруг магнита, возникает электрический ток, который далее подается на усилитель. Электромагнитный звукосниматель воспринимает только поперечные колебания струн, перпендикулярные магнитной оси катушки. В соответствии с законом Фарадея наведенное в датчике напряжение прямо пропорционально скорости изменения магнитного потока. Скорость изменения магнитного потока в катушке прямо пропорциональна скорости поперечного движения струны:

$$U = - \frac{d\Phi}{dt} = K \frac{dl}{dt},$$

где U – это выходное напряжение, Φ – магнитный поток, t – время, K – коэффициент, зависящий от геометрии гитары и характеристик звукоснимателя, dl – отклонение струны от своего положения покоя и, соответственно, $dl/dt = v$ – скорость движения струны.

Магнитные звукосниматели бывают следующих типов:

- «сингл» – однокатушечный. Характеризуется яркой перкуссионной атакой, но очень чувствителен к электромагнитным помехам.

- «хамбакер» (с англ. «борец с шумами») – двухкатушечный, где катушки расположены рядом на одном магнитопроводе и включены в противофазе. Такой подход позволяет существенно снизить шумы от электромагнитного фона за счёт алгебраического сложения сигналов от двух катушек, при этом за счет небольшой разности фаз полезного колебания (вызванной расстоянием между катушками), вычитается и часть спектра колебания струны.

- «рельсовый хамбакер» - принцип аналогичен «хамбакеру», только катушки расположены одна над другой на общем магнитопроводе, что позволяет передать более полный спектр колебаний в сравнении с хамбакером, сохранив при этом эффект шумоподавления.

Пьезоэлектрический звукосниматель, по сути, является микрофоном. Может работать со струнами из любого материала. Именно пьезоэлектрические звукосниматели используют для озвучивания акустических инструментов, поскольку они, как и микрофон, преобразуют в той или иной степени в электрический сигнал все колебания системы «корпус - струны». Используется на электроакустических гитарах, электрических классических гитарах и электрогитарах.

Еще одним важным элементом современной электрогитары является темброблок [4]. Это коммутационная или коммутационно-усилительная схема, которая расположена непосредственно внутри корпуса инструмента. Его основное назначение – коммутация и подключение в электрическую цепь звукоснимателей, пассивная или активная коррекция громкости и тембра, а также предварительное усиление сигнала (в зависимости от типа установленной электроники).

Темброблоки делятся на пассивные и активные по тому же принципу, что и звукосниматели. Пассивные темброблоки не требуют дополнительных элементов питания. Такой темброблок лишь осуществляет коммутацию звукоснимателей, а также выполняет функцию регулирования тембра за счет «срезания» (ослабления) тех или иных частот и регулировки громкости. Активные темброблоки, наоборот, требуют для своей работы батарейку и осуществляют предварительное усиление исходящего сигнала, а также уменьшают различные наводки. Активный темброблок помогает усилить сигнал до достаточного уровня и осуществляет согласование сопротивления на входе усилителя и сопротивления на выходе электрогитары.

По сути, темброблок – это электрическая цепь, где регулировка громкости и тембра осуществляется потенциометрами. Причем потенциометры громкости соединены с землёй напрямую, а потенциометры тембра – через конденсатор. При работе с потенциометром громкости меняется соотношение токов, идущих на усилитель и на землю: чем выше значение громкости, тем больше тока идёт на усилитель. То есть потенциометр выступает в роли делителя тока. Аналогичный принцип и регулировки тембра. Только в этом случае потенциометр соединён с землёй не напрямую, а через конденсатор. Свойство конденсатора таково, что чем меньше частота переменного тока, тем больше сопротивление оказывает ему конденсатор (реактивное сопротивление конденсатора обратно пропорционально частоте переменного тока). Таким образом, сопротивление регулятора тембра состоит из двух составляющих: активной (потенциометра) и реактивной (конденсатора). Вращая потенциометр, мы увеличиваем или уменьшаем активную составляющую сопротивления, то есть общий ток через «тон».

Хотя за последние пятьдесят лет электрогитара мало изменилась, понимание физических принципов ее работы в целом и отдельных элементов в частности дает возможность для поиска путей совершенствования этого инструмента.

Литература

1. Электрогитара – Википедия [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрогитара>.

2. Полуакустическая гитара – Википедия [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Полуакустическая_гитара.

3. Звукосниматели для гитары. FAQ#1. Что такое? Как работают? [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://jablog.ru/blog/workshop/2310.html>. – Дата доступа: 06.10.2009.

4. Pretty Underground: Workshop. О потенциометрах и устройстве темброблока [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://jablog.ru/blog/workshop/2782.html#!prettyPhoto>. - Дата доступа: 19.04.2012.

ГІРАСКОП І ЯГО ВЫКАРЫСТАННЕ

курсант гр. 115011-20 Мозоль К.Н.

Навуковы кіраўнік – дацэнт Русакевіч Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

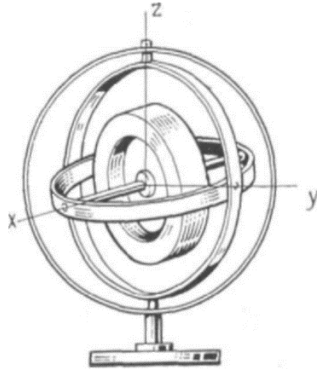
Гіраскоп - гэта прыбор, які мае свабодную вось кручэння і здольны рэагаваць на змяненне вуглоў арыентацыі цела, на якім ён усталяваны. Калі гіраскоп круціцца, то ён захоўвае сваё статычнае становішча.

Назва "гіраскоп" паходзіць ад грэчаскіх слоў: *gireuo* - круціцца і *skopeo* - назіраць. Першым гэты тэрмін ("гіраскоп") ужыў Жан Фуко ў 1852 годзе, але гіраскоп вынайшлі раней. Гіраскоп быў створаны ў 1817 годзе нямецкім астраномам Іаганам Боненбергерам.

Гіраскоп - цвёрдае цела, якое круціцца з высокай частатой. Кірунак яго восі кручэння можа змяняцца ў прасторы. Верцяцца вінты самалётаў, артылерыйскія снарады, ротары турбін - яны маюць ўласцівасці гіраскопа.

Прыклад гіраскопа, які з'яўляецца самым распаўсюджаным у паўсядзённым жыцці-гэта дзіцячая цацка ваўчок. Калі на цела не дзейнічаюць знешнія сілы і іх моманты, тое цела, якое круціцца вакол вызначанай восі захоўвае сваё становішча ў прасторы. Гэтак жа, гіраскоп супрацьстаіць ўздзеянню знешніх сіл, што вызначаецца хуткасцю яго кручэння. Да прыкладу, калі мы моцна раскруцім ваўчок, а пасля адштурхнем яго, то ён не ўпадзе, а больш затое, працягне кручэнне. Але калі хуткасць ваўчка знізіцца, вось яго кручэння будзе апісваць конус, а момант імпульсу – зменіць кірунак у прасторы. Дадзенае з'ява называецца прэцэсіяй.

У свеце мноства відаў гіраскопаў. Іх адрозніваюць па ступенях свабоды або магчымым восям кручэння: двухступенныя і трохступенныя. Па прынцыпе дзеяння: лазерныя, механічныя і аптычныя гіраскопы. Самы папулярны прыклад - механічны гіраскоп. Ён уяўляе сабой ваўчок, які круціцца вакол вертыкальнай восі, якая ў сваю чаргу паварочваецца вакол гарызантальнай восі і замацаваная ў яшчэ адной раме, якая паварочваецца ўжо вакол трэцяй восі. І як мы не павернем ваўчок, у яго заўсёды будзе вертыкальнае становішча.

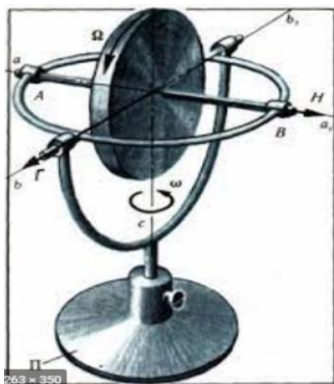


Мал. 1. Гіраскоп

Два асноўных тыпу гіраскопаў: з двума і трыма ступенямі свабоды. Гіраскопы у якіх тры ступені свабоды дзеляцца на астатычныя (ураўнаважаныя) і пазіцыйныя (неўраўнаважаныя). Астатычны гіраскоп-гэта гіраскоп, цэнтр цяжару якога супадае з кропкай перасячэння восяў карданава падвешвання. На рух восі дадзенага гіраскопа не ўплывае сіла цяжару, а яе сыходы пры знешнім уздзеянні выклікаюцца толькі момантамі сіл у восях падвешвання. Прыкладам можа быць моманты сіл трэння. Калі ўздзеянне знешніх сіл адсутнічае, то гіраскоп называецца свабодным. Але астатычныя гіраскопы не маюць выбіральнасці ў дачыненні да напрамку. Пазіцыйны гіраскоп – гэта гіраскоп, які мае выбіральнасць у дачыненні да кірунку. Калі яго вось адхіляецца ад першапачатковага кірунку, то ўзнікае нейкая "скіравальная сіла", якая вяртае вось гіраскопа ў зададзенае становішча. Існуе два спосабы надання гіраскопу пазіцыйных уласцівасцяў. Першы складаецца ў тым, што ссоўваецца цэнтр цяжару гіраскопа адносна кропкі падвешвання. Дадзены спосаб шырока ўжываецца ў гіракампазах, у якіх дадзеная «скіравальная сіла» ўзнікае з-за адхілення восі гіраскопа ад плоскасці мерыдыяна, а таксама не менш шырокае прымяненне ў гірамаятніках, у якіх «скіравальная сіла» ўзнікае з-за адхілення восі гіраскопа ад вертыкалі месца. Другі спосаб складаецца ў тым, што ўжываецца астатычны гіраскоп і адпаведная сістэма карэкцыі, да прыкладу маятнікавай.

Гіраскопы у якіх дзве ступені свабоды выкарыстоўваюць у якасці дыферэнцыяльных і інтэгральных гіраскопаў, якія ажыццяўляюць дыферэнцыяванне уваходнага сігналу, г.зн. вымяраюць вытворную

ад той велічыні, на ўздзеянне якой рэагуе гіраскоп. Напрыклад, гіратахоматры дыферэнцыюць гіраскоп, рэагуе на паварочванне цела і вымярае яго кутною хуткасць, а паплаўковы інтэгральны гіраскоп у сваю чаргу, рэагуючы на вуглавую хуткасць паварочвання цела, вымярае вугал яго павароту.



Мал. 2. Гіраскоп

Адрозніваюць гіраскопы з механічным і вадкасным ротарам, вібрацыйныя, лазерныя, ядзерныя.

Гіраскопы з механічным ротарам найбольш распаўсюджаныя, у іх носьбітам кінэтычнага моманту з'яўляецца ротар — хуткакрутнае масіўнае цвёрдае цела. Вібрацыйныя гіраскопы маюць вібрацыю масы ў якасці адчувальнага элемента і існуюць для вызначэння вуглавой хуткасці аб'екта. Лазерны гіраскоп з'яўляецца прыладай, у якім утрымліваецца плоскі замкнёны контур (адукаваны трыма і больш люстэркамі), дзе цыркулююць два сустрэчных светлавых патоку (прамяня). Выкарыстоўваецца ён таксама для вызначэння вуглавой хуткасці аб'екта.

Ядзерны гіраскоп заснаваны на той ўласцівасці, што ядро атама ўтрымлівае пратоны, якія валодаюць спінавымі і арбітальнымі момантамі колькасці руху, а таксама звязанымі з імі магнітнымі момантамі. Так-жа наяўнасць механічнага вярчальнага моманту ў ядра паведамляе яму ўласцівасці гіраскопа, а наяўнасць магнітнага моманту дае магчымасць арыентаваць вось дадзенага гіраскопа ў прасторы і вызначаць яе становішча. Ядзерныя гіраскопы, да

прыкладу, могуць выкарыстоўвацца ў якасці датчыкаў вуглавых хуткасцяў і стабілізатараў напрамкі.

У наш час гіраскапічныя прылады шырока выкарыстоўваюцца для аўтаматычнага кіравання самалетаў, караблёў, вызначэння курса руху баявых машын, аўтаматычнай стабілізацыі навіядзення на цэль танкавых гармат пры іх руху. Дакладнасць стральбы танкавых гармат вызначаецца законамі балістыкі ведаў якой забяспечваюць паспяховае асаванне агнявой рыхтоўкі.

Літаратура

1. В.Ф. Яковлев УЧЕБНИК ПО УСТРОЙСТВУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ. Москва «Третий Рим», 2008.
2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, механика, 1979.

УДК 537

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ НА ДОРОГАХ

студент гр. 10114120 Бондарь Е.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Смурага Л.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В последнее время, когда начался бум «зеленой» энергетики, ученые предлагают порой невероятные способы ее добычи.

Американские ученые хотят опробовать технологию, которая позволит получать электроэнергию непосредственно из дорожного полотна. Пьезоэлектрическая дорога – новая технология, которая позволит получать недорогую и экологически чистую электроэнергию. По утверждению учёных, данная технология под названием «пьеzo», является совершенно новым, экологически чистым источником энергии. Авторы идеи заявляют, что использование пьезоэлектрических элементов позволит получать электричество при помощи преобразования давления на дорожное полотно от проезжающих по трассе автомобилей. Новая технология уже получила одобрение властей США и грант на ее испытание в сумме \$2,3 млн. Первая «пьеzoэлектриче-

ская» дорога будет построена в Сан-Франциско, ее оснастят множеством крошечных пьезогенераторов размером 2,5 см. Планируется, что генераторы смогут производить электроэнергию в количестве, достаточном не только для освещения дорог, дорожных препятствий и работы дорожных электроустройств, но и для обеспечения стоящих у трассы отелей, магазинов, заправок, кафе.

При движении машин по дорожному покрытию подвижные пластинки нажимают на пьезоэлементы, и они вырабатывают электричество (известно, что 1 кг нагрузки на пьезоэлемент вызывает разность потенциала $\approx 0.01\text{В}$), причем отдельные пьезоэлементы генерируют высокое напряжение, которое пробивает разрядный промежуток, и ток поступает на выпрямитель, а затем в накопительное устройство, например, ионистор. Дальнейшее преобразование энергии стандартно и интереса не представляет. Если использовать наиболее эффективные пьезоэлементы, генерирующие 10 милливольт на элемент и собрать в кластеры (группы) по 100-200 элементов и поместить под полотно дороги, тогда для получения заявленной величины мощности порядка 1 МВт на километр дороги потребуется всего 100 миллионов отдельных элементов с индивидуальными схемами съема энергии. Остается еще задача ее суммирования, преобразования и передачи потребителю. При этом токи отдельных элементов, учитывая изменяющуюся нагрузку на дорожное полотно, будут лежать в диапазоне нано или даже пикоампер.

Республика Беларусь, являясь транспортным коридором в Европе, нуждается в устройствах, позволяющих обозначать всякие препятствия, встречающихся на пути, например, «лежачие» полицейские, в дальнейшем препятствия, которые порой приносят неудобства при движении транспорта, особенно в темное время суток. К таким устройствам относится автономная система, использующая механическую энергию движущегося транспорта и энергию солнца. Элемент такой системы представлен на рисунке 1.

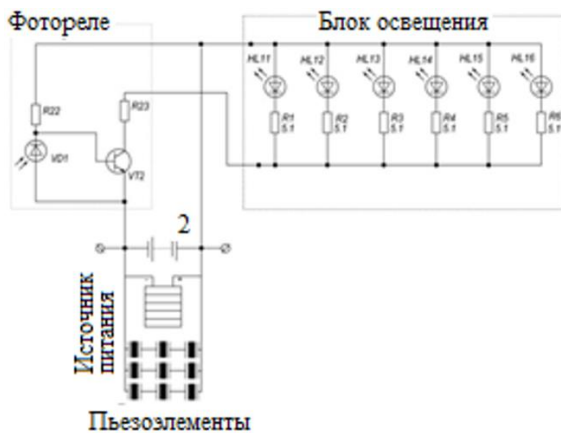


Рис. 1. Электронная схема

Источником питания элемента служит аккумуляторная батарея 2. Она, в свою очередь, подзаряжается от пьезоэлектрических генераторов и солнечных панелей, преобразующих соответственно механическую и солнечную энергии в электрическую. В качестве источника света, подсвечивающее препятствие в светлое и темное время суток, служат светодиоды (HL11, HL16), устроенные в само препятствие. Генераторы закладываются на глубине 3-5 см от поверхности дороги; в месте, где существует максимальное напряжение сжатия, исходящее от вертикальной нагрузки транспортного средства. Пьезоэлектрический материал сохраняется в течение 30 лет, что больше, чем продолжительность жизни дорог. Элемент снабжен фотореле 3 (VD1, R22, VT2), отключающее подсветку. Элемент может работать как в импульсном режиме, так и непрерывном. Водитель, подъезжая к препятствию, сначала получает информацию о нем, а потом его видит. Таким образом, подсвечивается препятствие, что удобно для водителя движущегося транспорта. Эти системы освещения могут располагаться в местах, удаленных от источника энергии и просты в обслуживании.

УДК 621.3.051.025

ОДНОПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

студент гр. 10603219 Осколков Е.К.

Научный руководитель – ст. преподаватель Танана Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Известно, что передача электроэнергии сегодня осуществляется по двум проводам с помощью переменного тока частотой 50 Гц. И технология, в которой может быть использован только один провод, для некоторых сегодня представляется сказочной. Возникает вопрос – каким образом будет замкнута цепь?

Ответ на поставленный вопрос дал сербский изобретатель – Николас Тесла, показав принцип работы такой системы на своих лекциях 1888, 1889 и 1893 годов. Ниже приведён оригинальный рисунок Теслы (рисунок 1).

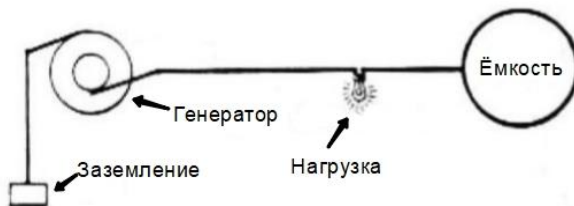


Рис. 1.

Генератор вырабатывает ток высокой частоты и потенциала. Один из выводов генератора заземлён, а по второму протекает ток смещения через нагрузку (лампу накаливания), совершая работу и выделяя мощность. При этом попеременно наполняется и опустошается ёмкость, выполняющая роль нейтрали. Таким образом, полностью отпадает необходимость в обратном проводе, а цепь замкнута на ёмкость.

Реальная же нейтраль, как правило, заземляется, а вся цепь настраивается в резонанс для повышения КПД. В случае, когда индуктивность и частота резонанса во вторичной цепи достаточно высокие, может хватить собственной ёмкости самой цепи.

Экспериментируя с пропусканием высокочастотных токов на себе, Тесла заметил, что при частоте выше 700 Гц прекращается болевое воздействие на организм. Как оказалось, токи высокой частоты протекают не по всему объёму проводника, а только по его поверхности, причём глубина протекания тока определяется выражением

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\mu}},$$

где — глубина слоя, — частота переменного тока, — произведение относительной магнитной проницаемости проводника на магнитную постоянную, — удельное электрическое сопротивление проводника. Такое явление получило название — скин-эффект. Из формулы видно, что при повышении частоты, плотность тока увеличивается от центра к периферии проводника. Данная формула справедлива только до некоторого предела частот, тем не менее, имея дело с не очень большими значениями (для меди — до 10^{18} Гц), с её помощью можно рассчитать на какую глубину проникает ток.

Скин-эффект позволяет в качестве провода использовать любой проводник, даже тот который плохо проводит постоянный или низкочастотный переменный ток, т.к. проводник уже выполняет роль не «передающей среды», а «направляющего». При этом целесообразно уменьшать сечение провода для достижения большей рентабельности.

В реальных системах используют литцендрат — многожильный провод, который зачастую посеребрён. Таким образом, ток, протекая в приповерхностном слое, испытывает меньшее сопротивление. Для передачи энергии по одному проводу частота тока должна быть не менее 10 кГц, а напряжение порядка тысяч вольт. Во время проведения испытаний можно пользоваться и меньшим напряжением, при этом цепь должна быть настроена в резонанс.

Следующий немаловажный вопрос — как собирать энергию в приёмниках?

Рассмотрим схему (рисунок 2), где проводник возбуждён генератором, присоединённым к нему с одного конца. При прохождении периодических импульсов через провод, разность потенциалов воз-

никнет вдоль провода так же, как и под прямым углом к нему в окружающей среде. Таким образом, в точке *a*, контур, содержащий индуктивность и емкость, резонансно возбуждается в поперечном, а в точке *b*, в продольном направлении. В случае *c*, энергия собирается в контуре, параллельном проводнику, но не в контакте с ним, и в случае *d*, снова контур, который частично утоплен в проводник и может быть, а может и нет, электрически соединен с ним же.



Рис. 2.

Описанный выше опыт по патентам и чертежам Николая Теслы проводился в лаборатории Московского энергетического института, повторён на кафедре техники и электрофизики высоких напряжений Новосибирского государственного технического университета, что говорит о работоспособности данного метода передачи силовой энергии. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно – исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» (ФГБНУ ВИЭСХ) даже предложило свою схему (рисунок 3), где: 1 — питающий генератор, 2 — резонансный повышающий трансформатор, 3 — однопроводная линия, 4 — резонансный понижающий трансформатор, 5 — выпрямитель, 6 — нагрузка (потребитель). В результате экспериментов удалось изготовить опытный образец системы мощностью 20 кВт.

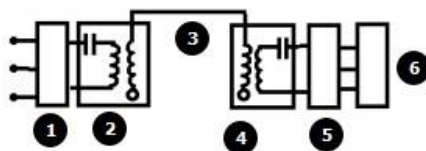


Рис. 3.

Принцип работы такой системы прост — от электростанции подаётся переменное напряжение 50 Гц на питающий генератор. Он повышает напряжение до 110 кВ и частоту до 15 кГц. Один из выводов вторичной обмотки генератора заземлён, а второй передаёт электроэнергию по линии З. Далее энергия поступает на вторичную обмотку понижающего трансформатора, один из выводов которой тоже заземлён, и преобразуется до нужного значения. Вся цепь при этом настроена в резонанс.

Перспективы развития данной технологии связаны с возможностью сокращения расхода меди или алюминия как минимум в 2 раза. А с учётом уменьшения сечения провода даже больше. Провода в перспективе можно заменить на неметаллические, ведь их задача не в передаче энергии, а в указании направления. КПД такого метода выше за счёт отсутствия тепловыделения в проводах.

Литература

1. Никола Тесла. Выйти из матрицы / Дмитрий Крук. — Москва: Родина, 2019. — 464 с.
2. Тесла Н. Статьи. — 4-е изд., испр. — Самара: Арт-Лайт, 2016. — 584 с.: ил.
3. <https://viesh.ru/pre/reznan/rezonans1/> [В интернете].
4. The True Wireless. Nikola Tesla. б.м.: Electrical Experimenter, May, 1919
5. <https://habr.com/ru/post/81513/> [В интернете].

УДК 621.373.826

ОПТИЧЕСКИЙ ПИНЦЕТ

студенты гр. №10603120 Шетик Е.А., Кулинич И.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Танана Т.В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В настоящее время все большую популярность обретает инструмент, который называют по-разному: оптический пинцет, лазерный пинцет, оптическая ловушка. В 2018 году за его разработку 96-лет-

ний Артур Эшкин был удостоен Нобелевской премии. Данный инструмент члены Нобелевского комитета назвали давней мечтой писателей-фантастов. [1]

Оптический пинцет представляет из себя устройство, использующее сфокусированный лазерный пучок для изучения микроскопических объектов. С его помощью можно контролируемо перемещать частицы размером от 10 нанометров до 10 микрометров, изучать их поведение, а при собирать из них различные структуры.

Принцип работы оптической лазерной ловушки основан на использовании лазерного излучения небольшой мощности. Длина волны излучения подбирается таким образом, чтобы испытуемый объект был прозрачен на этой длине волны, т. е. чтобы излучение объектом не поглощалось в виде тепла. Лазерный пинцет работает следующим образом: испытуемый образец помещается в сходящийся лазерный пучок, который условно ограничен двумя лучами (левым и правым); после прохождения сквозь объект они преломляются, и у каждого луча появляется своё направление распространения. Если частичка (объект) находится в центре лазерного пучка, то за счёт того, что изменилось направление распространения лучей левого и правого, по закону сохранения импульса возникает сила, действующая в ту же сторону, что и изменение направления. При этом равнодействующая двух сил равна нулю, и никакого действия на частичку не оказывается (рисунок 1).

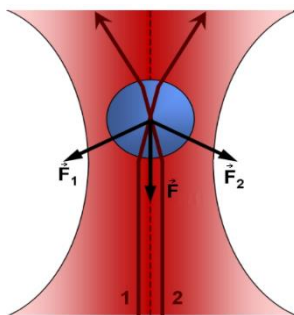


Рис.1. Частичка находится в центре лазерного пучка

Если же сместить лазерный луч так, что частичка окажется вне оси лазерного пучка, то возникнет результирующая сила, которая заставит частичку сместиться в направлении оси. Следовательно, перемещая лазерный луч, можно заставить частичку следовать за ним (рисунок 2) [2].

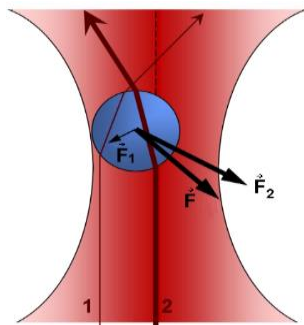


Рис.2. Частичка находится вне оси лазерного пучка

Помимо изменения положения частиц, лазерный пинцет позволяет измерять силовые взаимодействия на микромасштабах. С помощью оптического пинцета были измерены вязкоупругие свойства единичных молекул ДНК, клеточных мембран, а также агрегированных волокон белков (например, актина). Ещё одна сфера применения: измерение механических и вязкоупругих свойств цитоплазмы, жгутиков бактерий, светочувствительных оболочек эритроцитов, отдельных микротрубок эндоплазматической сети, отдельных светочувствительных волокон и мембран нервных клеток [3].

Данный инструмент используют для создания комплексов молекул и для изменения положения клеток с целью более качественного изучения их свойств и форм. В 2019 году при помощи оптического пинцета стало возможным проверить физические модели молекул, которые описывают свойства 16 нуклеотидов ДНК, способом, который был ранее недоступен. Используя пинцет, появилась возможность изменять активность отдельного фермента, действующего на молекулу ДНК.

Комбинирование оптических ловушек с другими лазерными излучениями позволяет использовать их в микрохирургии. Например, захватывать хромосому инфракрасным (1064 нм) лазером (оптическим

пинцетом) и разрезать на небольшие части инфразеленым (532 нм) лазером. Такое устройство с инфразелёным излучением называется «оптическим скальпелем». Его применение возможно, так как большинство биологических структур практически не поглощают свет в инфракрасной области, но сильно поглощают в зеленой части оптического диапазона длин волн [3]. Оптический пинцет позволяет ученым отделять здоровые клетки от нездоровых, удерживать отдельные бактерии на месте, не убивая их, и создавать новые вещества на атомарном уровне. Новаторское изобретение привело к разработке ряда новых технологий и методов для изучения и управления микроскопическим миром, создав новые возможности для изучения биологии, медицины и физики.

В настоящее время оптические пинцеты являются незаменимыми инструментами в научных лабораториях развитых стран мира. Рассмотрев все преимущества и новые возможности, которые обрёл научный мир с появлением оптического пинцета, можно определенно сказать, что данное изобретение заслуженно удостоено Нобелевской премии [4].

Литература

1. Эшкин, А.И. Optical trapping and manipulation of neutral dielectric particles and atoms/ А. И. Эшкин, Я.Э. Дзедзич. –М.: AT&T Bell Laboratories, 1986.

2. Эшкин, А.И. Optical trapping and manipulation of single cells using infrared laser beams/ А. И. Эшкин, Я.Э. Дзедзич, Яманэ Т. –М.: AT&T Bell Laboratories, 1986.

3. Чжаохуэй, Х. Manipulation and arrangement of biological and dielectric particles by a lensed fiber probe/ Х. Чжаохуэй, В. Цзя, Л. Цзиньвэнь. –М.: Университет Цинхуа, 2004.

4. «Скальпель и пинцет. Нобелевская премия по физике 2018 года за открытия в области лазера» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nplus1.ru/material/2018/10/02/laser-nobel> Дата доступа: 15.05.2021

УДК 620.93

МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС

студент гр.10602119 Климчук С.В.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Маркова Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В настоящее время поиск альтернативных источников энергии, снижение энергопотребления является актуальной задачей. Порядка 35% вырабатываемой в мире электроэнергии идет на обеспечение нужд отопления и охлаждения жилых помещений. Для отопления используются устройства, в которых теплоносителями являются фреоны или другие токсичные или горючие вещества. Кроме того, применение насосов для поддержания процесса циркуляции теплоносителя по контуру повышает уровень шума в помещении. Для устранения указанных недостатков планируется использовать в качестве теплоносителя углекислый газ CO_2 под высоким давлением. Другим решением является разработка и применение магнитокалорических тепловых насосов. Это направление стало возможным благодаря созданию новых магнитных материалов.

Цель работы – проанализировать состояние и перспективность применения магнитокалорических тепловых насосов (МКН).

Работа МКН основана на магнитокалорическом эффекте, который заключается в изменении теплового состояния магнитного материала при изменении степени его магнитоупорядочения [1], т.е. при изменении энтропии. Полная энтропия магнитного материала S состоит из энтропии магнитной подсистемы S_m и энтропии кристаллической решетки $S_{\text{реш}}$ вещества $S = S_{\text{реш}} + S_m$. При внесении материала в магнитное поле степень его упорядочения возрастает, т.е. уменьшается энтропия магнитной подсистемы на величину ΔS_m . Если этот процесс адиабатный (изменение полной энтропии равно нулю $\Delta S = 0$), то возрастает на такую же величину энтропия решетки вещества $\Delta S_{\text{реш}} = -\Delta S_m$, которая выражается как повышение температуры материала. Наибольший магнитокалорический эффект проявляется в области температуры Кюри

(магнитного фазового перехода) магнитного материала, а, следовательно, его можно использовать эффективно в очень узком диапазоне температур. Для повышения рабочего диапазона температур предложено использовать каскады материалов (многослойные структуры) с различными температурами Кюри. Одним из перспективных магнитокалорических материалов (МКМ) является разработанный компанией Magneto B.V. материал на основе Mn-Fe-P-Si, который обеспечивает высокую производительность в области комнатных температур [2]. Кроме того, изменяя концентрацию элементов Mn, Fe, P, и Si можно изменять температуру Кюри материала в диапазоне от -170 до $+200$ °C.

МКН может использоваться как для охлаждения, так для нагрева. На рис. 1 приведена схема работы МКН для магнитного охлаждения тепловой нагрузки по холодильному циклу, который является аналогом обратного цикла Карно. В исходном состоянии (1) МКМ не намагничен и имеет температуру T . Затем на изолированный от внешней среды МКМ (адиабатный процесс) накладывается магнитное поле, что вызывает ориентацию магнитных диполей и приводит к уменьшению магнитной энтропии и повышению температуры МКМ до $T + \Delta T$ (состояние 2). Эта дополнительная теплота ($-Q$) передается охладителю (жидкости или газу). После охлаждения МКМ до исходной температуры T (состояние 3) магнитное поле выключается и устраняется контакт МКМ с охладителем. Таким образом, МКМ возвращается в условие адиабатного состояния (4), при котором энтропия не меняется. Однако вследствие теплового движения магнитные домены дезориентируются, т.е. энтропия увеличивается, что приводит к понижению температуры до $T - \Delta T$. Далее реализуется тепловой контакт МКМ с тепловой нагрузкой, подвергаемой охлаждению (состояние 5), при этом теплота от него переносится к более холодному МКМ, повышая его температуру до T . Цикл Карно с использованием магнитокалорического эффекта имеет КПД 60%, в то время как компрессионное охлаждение имеет КПД цикла Карно порядка 40 - 45% [3].

Анализ разработок магнитокалорических тепловых насосов показал их следующие преимущества: высокая производительность в области комнатных температур, отсутствие токсичных, огнеопасных

комнатных температур, отсутствие токсичных, огнеопасных или парниковых газов, безопасная эксплуатация.

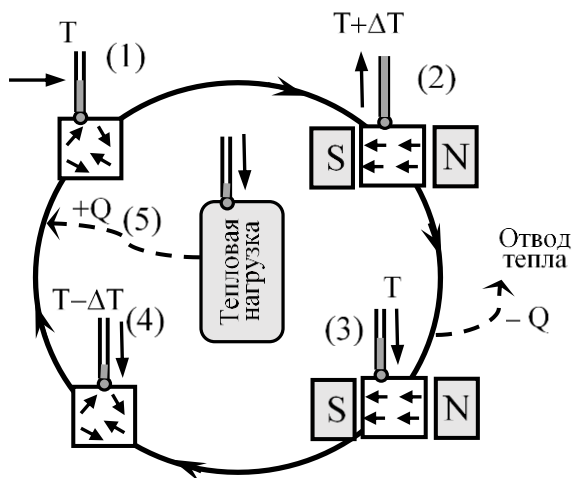


Рис. 1. Схема работы магнитокалорического теплового насоса

На данный момент разработаны прототипы магнитокалорических установок, работающих в диапазоне комнатных температур ($-20 - +45\text{ }^{\circ}\text{C}$) и низких температурах ($-273 - -30^{\circ}\text{C}$). Реализованы прототипы магнитокалорических насосов для автомобильных систем кондиционирования и для отопления промышленных и жилых зданий [4]. Применение же МКТ насосов для получения высоких температур ($>50\text{ }^{\circ}\text{C}$) пока не реализовано, однако ведутся работы по поиску новых материалов и конструкций для создания таких насосов.

Литература

1. Tishin A.M., Spichkin Y.I. The magnetocaloric effect and its application. Bristol; Phil., 2003.
2. Technology – Magneto: A Review on Different Use Cases [Electronic resource]. – Mode of access: <https://magneto.systems/technology/>. – Date of access: 10.03.2021.

3. M. Maschek, «Magnetocalorics Bootsing the Dutch Engery Transition - Green heat pumps and waste heat to...» [Electronic resource]. - Mode of access: <https://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Showcase/public/Presentation/>. - Date of access: 10.03.2021.

4. Torregrosa-Jaime et al. Application of Magnetocaloric Heat Pumps in Mobile Air-Conditioning / SAE Int. J. Passeng. Cars - Mech. Syst. – 2013. – Vol. 6, Is. 2.

УДК 53.06

МОМЕНТ ИНЕРЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ДВИГАТЕЛЕ

курсант гр. 115012-20 Чернов П.В.

Научный руководитель – доцент Русакевич Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Инерция в физике – способность тел сохранять движение при отсутствии сил. Момент инерции – мера инертности при вращательном движении вокруг оси. Момент инерции обозначается буквой J и измеряется в килограммах на метр квадратный. Существует устройство, которое активно использует это физическое явление – Маховик. Маховик – колесо, которое используется в качестве накопителя энергии или для создания инерционного момента. Маховики использовались в различных сферах жизнедеятельности. Первым устройством, в котором использовался маховик считается гончарный круг, со временем устройства развивались и становилась сложнее, так, например, появились водоподъемные устройства, ковшовые водоподъемники, вододействующие пыльные установки.

Но с появлением двигателей внутреннего сгорания маховики получили особое распространение. Принцип работы ДВС прост и он заключается в том, что поступательное движение поршней преобразуется в неравномерное вращательное движение вала.

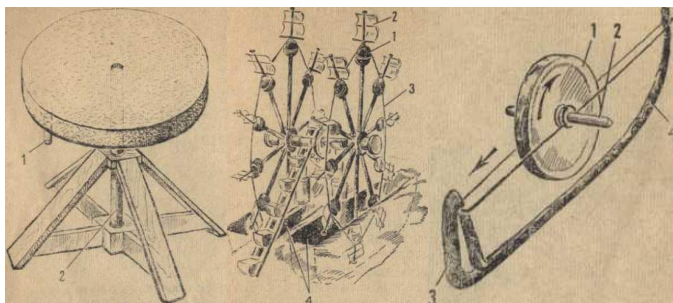


Рис 1 Первые маховики



Рис. 2 Принцип работы ДВС

Эту неравномерность стабилизирует одномассовый маховик. Все валы от коробки передач, а также коленчатый вал двигателя обладают некоторой податливостью и могут закручиваться под действием нагрузок. Эти закручивания вызывают крутильные колебания. Для того чтобы снижать эти колебания и не передавать их от двигателя дальше в коробку передач был разработан двухмассовый маховик.



Рис. 3 Двухмассовый маховик

Двухмассовый маховик это уже не просто кусок металла, теперь внутри него есть механизмы: зубчатые колеса, наборы пружин. из-за усложненной конструкции со временем этот маховик выходит из строя. Ресурс его примерно 200 тыс. км. Первичный и вторичный диски представляют собой две расцепленные массы. Они соединены с помощью механизма, закрепленного на подшипнике скольжения. Крутящий момент передается с помощью соединенного с ведомым диском фланца. Его выступы упираются в пазы торцов дуговых пружин. Благодаря свободной посадке на подшипнике, диски могут вращаться относительно друг друга. Поворот ограничивается ходом пружины. Благодаря этому на ведомом диске гасятся крутильные колебания.

Маховик – одна из составляющих ДВС. Эта составляющая играет роль в работе двигателя. Без нее нормальное функционирование двигателя невозможно.

Литература

1. В.Ф. Яковлев. УЧЕБНИК ПО УСТРОЙСТВУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ. Москва. «Третий Рим», 2008.
2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, механика. 1979 г., – 520 с.

5. ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 519.178

ВОПРОС НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА. АЛГОРИТМ ДЕЙКСТРЫ

студент гр. 10703120 Кихтенко О.Ю.

Научный руководитель – доктор физ-мат. наук Метельский А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Каждый человек ежедневно, не всегда осознавая это, решает проблему: как снизить затраты, в условиях ограниченных ресурсов. Применение алгоритма Дейкстры несомненно полезно во всех сферах человеческой деятельности. Руководствуясь им в достижении цели можно выбрать оптимальный путь решения, повысить эффективность продаж, минимизировать затраты и не только. Алгоритм имеет преимущество в том, что легко может быть положен в основу программы, которая имеет небольшой размер.

Используя алгоритм Дейкстры, помимо логических задач перемещения и доставки товаров, можно, например, организовать выставочную деятельность. Главная задача организаторов выставки сделать участие максимально удобным и эффективным как для судей, так и для посетителей. Из-за того, что выставочные залы, часто имеют неидеальную, а витиеватую форму, необходимо сделать так, чтобы каждый посетитель, пройдя один раз по залу, смог ознакомиться со всеми экспонатами выставки, и ни один из них не повторился.

Рассмотрим похожий вариант на примере одной из известных задач – задаче о почтальоне.

Предположим, что почтальон начинает с почтового отделения и имеет почту для доставки в дома вдоль каждой улицы по его почтовому маршруту. Когда он завершает доставку почты, он возвращается на отделение. Проблема заключается в том, что нужно найти минимальную длину пути туда и обратно.

Задача почтальона, описанная выше, может быть представлена связным графом G , вершины которого являются пересечениями улиц и ребра являются улицами на маршруте доставки почты.

Одной из возможных версий задачи почтальона является определение минимального количества пройденных дорог, проходя через каждую дорогу хотя бы один раз. Это равносильно нахождению минимальной длины замкнутой цепи в графе G , который использует каждое ребро G хотя бы один раз. Разумеется, такая замкнутая цепь существует в G , если для каждого ребра e в G добавляется ребро e , соединяющее ту же пару вершин, что и e , то получается мультиграф H , в котором каждое ребро G дублируется, и каждая вершина в H имеет четную степень.

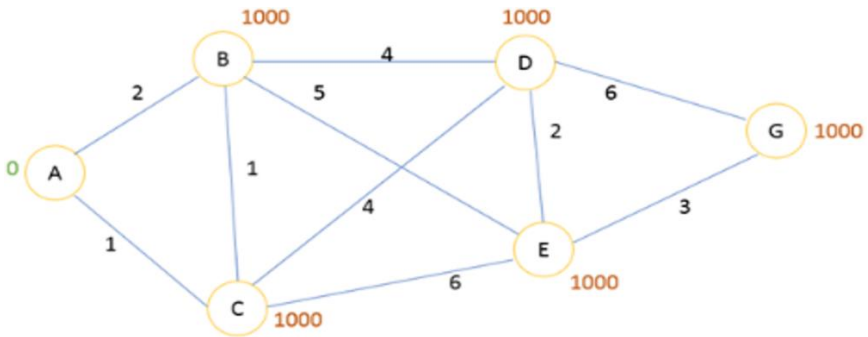


Рис. 2. Первый шаг обхода

Рассмотрим алгоритм на маленькой модели «городов и дорог».

Необходимо найти кратчайшее расстояние от вершины (города) A до G .

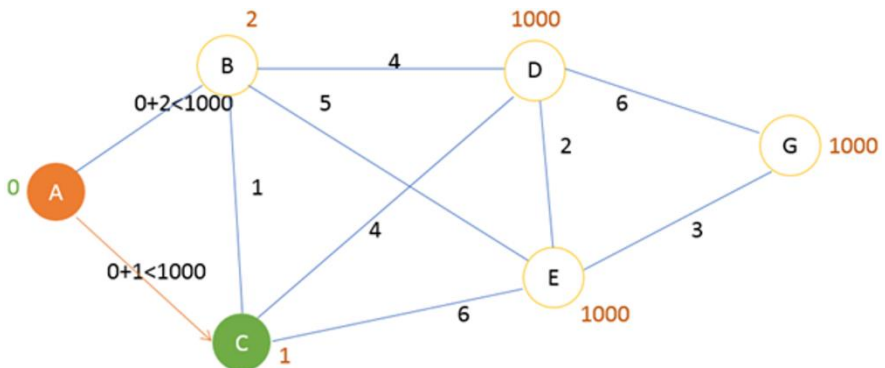


Рис. 3. Схема городов

Предположим, что мы знаем только расстояния между городами, которые соединены ровно одной дорогой.

Начальную вершину обозначим цифрой 0, так как мы в ней находимся. Оставшимся вершинам присваиваем значение с большим числом, пусть в данном случае будет 1000, которую мы можем приравнять к ∞ – к числу, которое всегда будет хуже, далее мы поймём почему это нужно делать.

Соседними городами для А являются С и В. Сначала посещаем город с минимальным путем – город С и помечаем его, как текущую остановку (зеленым цветом), затем по убыванию остальные вершины, в данном случае вершину В. Город А помечаем как посещённый. В процессе посещения, мы заменяем наши «бесконечности», на оптимальный маршрут для почтальона.

Соседними городами для С являются города В, D и E. Посещаем город с наименьшим путем – город В и помечаем его как текущую нашу остановку, затем оставшиеся – города D и E. При посещении городов пересчитываем длину нашего маршрута. Город С помечаем как посещённый. Далее действуем таким же методом.

А в конце соседним городом для E является последний город G. Посещаем его и помечаем как посещённый. Пересчитываем длину пути. На этом алгоритм заканчивается.

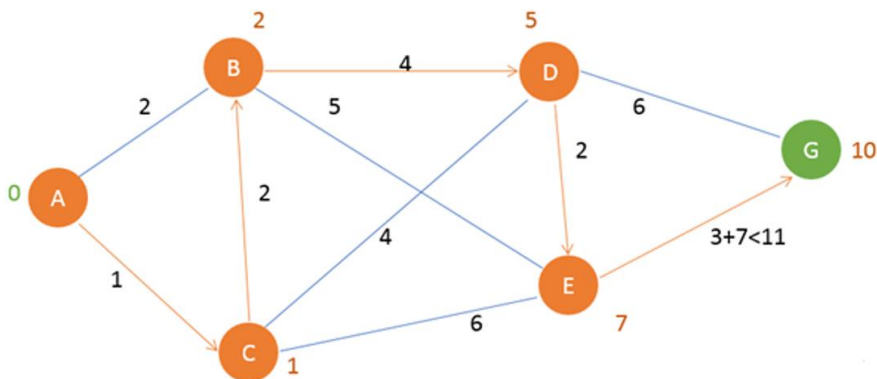


Рис. 4. Итоговый маршрут

Итак, самый короткий маршрут получится **A-C-B-D-E-G** и он равен **10**.

Таким образом, оптимальный путь алгоритма Дейкстры определяется выражением:

если $d[u] > d[v] + c[v, u]$, то $d[u]$ заменяем на $d[v] + c[v, u]$, $p[u]$ заменяем на $(p[v], u)$;

u — посещенная вершина графа – посещенный город;

v — текущая вершина графа — город откуда мы идём;

$d[u]$ — длина кратчайшего пути до вершины v — минимальное расстояние, которое изначально было равно бесконечности;

$p[u]$ — посещенная вершина — посещённый город;

$c[i, j]$ — вес ребра, который можно представить матрицей — длинна улицы.

Сложность этого алгоритма составляет $O(n^2)$.

Если запрограммировать этот алгоритм, то применяя различные структуры данных, сложность можно оптимизировать

Литература

1. Gornostaeva Z.V. The improvement of the technology of the service processes for the development of barrier-free Russian market of services Life Science Journal. 2014. Т. 11. № 11s. С. 412-416.

УДК 330.341

АНАЛИЗ ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД»

студенты гр.10110120 Кухарчик М.А, Крюков И.Ю.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент Щукин М.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Минский тракторный завод (МТЗ) был основан 29 мая 1946 года. За более чем семидесятилетнюю историю своего существования завод превратился в одного из крупнейших производителей сельскохозяйственной техники в СНГ.

В настоящее время Минский тракторный завод входит в восьмерку мировых лидеров-производителей сельскохозяйственной техники. Продукция которого поставляется в более чем 80 стран мира.

29 января 2014 года Приказом Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь Производственное объединение «Минский тракторный завод» и Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод» реорганизованы в Открытое акционерное общество «Минский тракторный завод».

Нами были проведены исследования финансовых показателей Минского тракторного завода, с точки зрения инвестирования, используя способ анализа компаний, описанный в книге, под названием «Разумный инвестор», автором которой является известный американский экономист и профессиональный инвестор Бенджамин Грэхем. Его часто называют «отец стоимостного инвестирования».

На основе данных отчётности МТЗ за 2018 – 2020 год, а также информации из открытых источников, ниже приведена таблица анализа ценных бумаг Минского тракторного завода.

А. Капитализация [2]

Цена акции	1 760 000(BYR), 176(BYN), 73.3(\$ 2020 года)
Количество обыкновенных акций	7 440768
Общая капитализация	13 077 430 000 000(BYR), 1 307 743 000(BYN), 544 892 917(\$ 2020 года)

Б. Статьи отчета о прибылях и убытках

Объём продаж за 2020 год	17 730 380 000 000(BYR), 1 773 038 000(BYN), 738 765 833(\$ 2020 года)
Объём продаж за 2019 год	16 167 510 000 000(BYR), 1 616 751 000(BYN), 844 303810(\$ 2019 года)
Чистая прибыль (убыток) за 2020 год	8 235 000 000(BYR), 8 235 000 (BYN), 3 431 250(\$ 2020 года)
Прибыль на одну акцию за 2020 год	11 100(BYR), 1.11(BYN), 0.46(\$ 2020 года)
Средний размер прибыли на одну акцию за 2018-2020 год	50 000(BYR), 5(BYN), 2.08(\$ 2020 года)
Дивиденды	40 180 000 000(BYR), 4 018 000(BYN), 1 674 166(\$ 2020 года)

В. Статьи баланса за 2020 год

Бухгалтерская стоимость акций	1 318 000(BYR), 131.8(BYN), 55(\$ 2020 года)
Текущие активы	9 805 440 000 000(BYR), 980 544 000(BYN), 408 560 000((\$ 2020 года)
Текущие обязательства	13 077 470 000 000(BYR), 1 307 747 000(BYN), 54 477 916(\$ 2020 года)

Г. Коэффициенты

Цена/ прибыль(P/E)	158.6
Цена акции/ бухгалтерская стоимость акции	1.34
Чистая прибыль/ объём продаж (%)	0.5
Чистая прибыль на одну акцию/ бухгалтерская стоимость акции (%)	0.8
Дивидендная доходность (%)	0.54
Текущие активы/ текущие обязательства	0.75

Темпы роста EPS:

2020 год по сравнению с 2018-2019 годами (%)	22.4
--	------

На основе этих данных можно прийти к выводу, что Бенджамин Грэхем ([1]) не советовал бы покупать акции Минского Тракторного Завода в настоящее время, так как есть некоторая нестабильность с величиной прибыли, однако в будущем при улучшении показателей, акции могут быть привлекательны в долгосрочной перспективе, и стать выгодным вложением средств.

Литература

1. Бенджамин Грэхем Разумный инвестор, 1974.
2. <http://www.belarus-tractor.com/company/financial-and-economic-activity.php> [Электронный ресурс]. Дата доступа: 02.03.2021.

УДК 518.45

**ВЕКТОРНЫЕ ДИАГРАММЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ.
РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

студенты гр. 10602120 Адамович И.Н., Урбан М.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Королева М.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Для точного отображения переменных величин, определяемых функциональностью устройств, отлично подходит векторная графика. Подразумевается изменение главных характеристик по закону синуса или косинуса, с одинаковыми частотами. Гармоническое колебание иллюстрируется как проекция вектора на координатную ось, для более наглядного представления процесса.

Применяя стандартные формулы легко рассчитать длину, получаемую равной амплитуде в данный момент времени. Угол наклона будет показывать фазу.

Векторные диаграммы используют и для небольших цепей, сформированных из конденсаторов, резисторов и катушек индуктивности. Для более сложных используют методiku «Комплексных амплитуд».

Рассмотрим однофазный асинхронный электродвигатель. Основными его частями являются статор, ротор, и конденсатор, который необходим для сдвига начальной фазы.

Статор, в отличие от трехфазного асинхронного двигателя, состоит из основной и вспомогательной обмотки. Для упрощения восприятия работы двигателя представим, что он состоит из обмоток по одному витку. Они расположены под углом 90 градусов друг относительно друга. Тогда общая схема устройства будет выглядеть, как показано на рисунке 1.

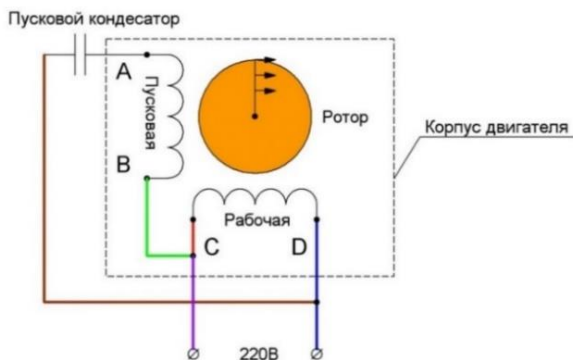


Рис. 1. Схема однофазного асинхронного электродвигателя

При подаче на основную обмотку переменного синусоидального тока, возникает вращающееся магнитное поле, которое состоит из двух полей, которые вращаются в противоположных направлениях и имеют одинаковый магнитный поток. Вследствие этого силы, возникающие на роторе, так же будут иметь одинаковое значение и разное направление, из-за чего ротор не начнет вращаться. Для этого и необходима вспомогательная обмотка, где ток по фазе из-за конденсатора, подключенного к ней последовательно, отстает на 90 градусов. Вспомогательная обмотка создаст результирующее поле, при котором одна из сил возрастет, вторая уменьшится, в результате чего начнется вращение ротора. В последующее время двигатель сможет работать без вспомогательной обмотки.

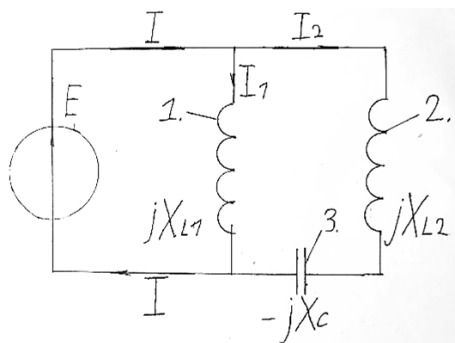


Рис. 2. Цепь начального момента: 1 – основная обмотка; 2 – пусковая обмотка; 3 – пусковой конденсатор

Построим векторную диаграмму для токов, питающих электродвигатель в начальный момент времени. (рисунок 3.) Для работы электродвигателя необходимо чистый синусоидальный ток частотой 50Гц и действующим напряжением 220В (амплитудное 310В).

Построим цепь для начального момента времени при запуске двигателя

Обозначим падение напряжения на элементах: jX_{l1}, jX_{l2} — на обмотках, $-jX_c$

— на конденсаторе, где j — мнимая единица.

По второму закону Киргофа: $E = U_{l1} + U_{l2} + U_c = jX_{l1} + jX_{l2} - jX_c$

Отобразим приведенные слагаемые на комплексной плоскости относительно вектора I .

Падение напряжения на индуктивном сопротивлении опережает вектор тока на 90° , а на емкостном отстает от него на 90° .

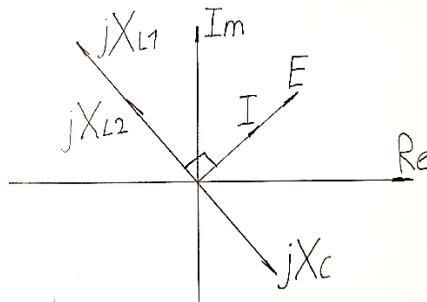


Рис. 3. Диаграмма токов, питающих электродвигатель в начальный момент времени

Вектор E будет сонаправлен в момент времени $t=0$ с вектором I . Так как падение напряжения jX_{l1} на основной обмотке и падение напряжения на пусковой, оба опережают вектор I на 90° , то на диаграмме вектора будут сонаправлены и различны по модулю, так как активные сопротивления обмоток различны.

Вектор падения напряжения на конденсаторе направлен в противоположную сторону от jX_{l1} .

Литература

1. Векторная диаграмма токов и напряжений [Электронный ресурс]/ векторная диаграмма токов и напряжений. -Режим доступа: <https://amperof.ru/elektroenergia/vektornaya-diagramma-tokov-napryazhenij.html#i>. – Дата доступа: 10.04.2021.

УДК 37.012.1

ВЕРОЯТНОСТЬ В ТЕСТИРОВАНИИ

студент гр. 10702319 Лазько В.О.

Научный руководитель – канд. ф. наук, доцент Михайлова Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Междисциплинарные научные исследования, математизация наук, включая и медицинские, давно стали трендом современного научного познания. В современной медицинской диагностике различных заболеваний широко применяются вероятностные и статистические методы обработки результатов. Так, например, теоремы теории вероятностей могут использоваться для обоснования надежности медицинского тестирования различных заболеваний и оценки степени результативности такого тестирования.

Отметим, что в медицинской практике точность и надежность теста определяется посредством понятий «чувствительность» и «специфичность». «Чувствительность» теста – это доля заболевших людей, правильно диагностированных тестом, то есть с положительным результатом теста. «Специфичность», соответственно, – доля людей, не болеющих данным заболеванием, и также правильно диагностированных тестом. Практикой установлено, что у «доброкачественного» теста чувствительность должна быть не менее 80 %. С точки зрения пациента, надежность теста еще влияет на степень его обеспокоенности по поводу положительного или отрицательного результата.

Результат диагностики будет зависеть не только от надежности самого теста, но и от распространенности заболевания среди населения. Рассмотрим гипотетически. Пусть, например, заболеванию под-

верглось 0,1 % от численности населения. При этом надежность теста составляет 98 % (что довольно близко, например, к надежности южнокорейских тестов для диагностики COVID-19, имеющих чувствительность более 90 %). Это означает, что:

- из 100 здоровых людей 98 человек получают достоверный результат (они здоровы), а 2 – ошибочный (они здоровы, но тест диагностирует болезнь).

- из 100 заболевших людей 98 получают верный результат, что они больны, а 2 – ложный (они больны, но тест показывает, что здоровы).

Суть: если результаты теста положительны, какова вероятность, что вы все-таки больны? Насколько стоит беспокоиться об этом?

В наших гипотетических условиях получается следующее.

- Среди 1000 больных положительный результат будет у 980 человек, отрицательный у 20.

- Среди 999000 здоровых людей отрицательный результат теста будет у большинства, но у 2% он будет ошибочным, то есть $999000 \cdot 0,02 = 19980$: столько человек будут считать себя здоровыми, хотя на самом деле больны.

Получаем в сумме $19980 + 980 = 20960$ тестируемых получают положительный результат о наличии у них заболевания. Каковы шансы того, что человек болен, если его тест оказался положительным? $980 / 20960 = 0,046755725190$, то есть шансы не превышают 5 %. Интуицией сложно «схватить» получившийся результат: при заявленной надежности теста в 98 %, он не оказался таким уж совершенным, как представлялось. Для доказательной аргументации обратимся к известным теоремам теории вероятностей. Вычислим вероятность того, что человек с положительным результатом медицинского теста действительно болен, используя теоремы сложения и умножения вероятностей и условную вероятность события.

Пусть событие B – человек заражен некоторой болезнью, событие B^- – человек не заражен некоторой болезнью, событие T – получен положительный результат медицинского теста, событие T^- – получен отрицательный результат теста. Тогда, например, при условии, что заражено 0,1 % населения, имеем: вероятность $P(B) = 0,001$. Условные вероятности $P(T|B) = 0,98$ и $P(T^-|B^-) = 0,98$ – вероятности по-

лучить верный результат о наличии или отсутствии болезни (те самые чувствительность и специфичность теста), и $P(T | B^-) = 0,02$ – вероятность, что тест показал ошибочный результат.

Вероятность того, что человек с положительным результатом теста действительно болен найдем по формуле условной вероятности: $P(B | T) = P(B \cdot T) / P(T)$. В свою очередь, $P(T | B) = P(B \cdot T) / P(B)$. Так как по нашему условию $P(T | B) = 0,98$, $P(B) = 0,001$, получаем $P(B \cdot T) = 0,98 \cdot 0,001 = 0,00098$.

Вычислим вероятность $P(T)$. Согласно вышеназванным теоремам $P(T) = P(T \cdot B) + P(T \cdot B^-)$, причем $P(T \cdot B) = P(B \cdot T) = 0,00098$, $P(T \cdot B^-) = P(B^-) \cdot P(T | B^-) = 0,999 \cdot 0,02 = 0,01998$.

Получаем, для вероятностей что $P(T) = P(T \cdot B) + P(T \cdot B^-)$, $P(T) = 0,00098 + 0,01998 = 0,02096$.

И возвращаясь снова к формуле условной вероятности, $P(B | T) = 0,00098 / 0,020966 = 0,046755725190$. То есть шанс у тестируемого с положительным результатом все-таки оказаться заболевшим составляет около 4,7 %. Напомним, что такой результат получен в предположении 0,1 % заболевших среди населения. В случае, если степень зараженности больше, то шансы заметно возрастают.

Таким образом, вероятностные методы решения прикладных задач в области медицинских исследований наглядно демонстрируют свою востребованность и эффективность.

Литература

1. Шейнерман Э. Путеводитель для влюбленных в математику / Э. Шейнерман. – М. : Альпина нон-фикшн, 2020. – 282 с.

УДК 519.85

ЗАДАЧА МАРШРУТИЗАЦИИ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК

студентка гр. 10115118 Анисько В.

Научный руководитель – канд. тех. наук, доцент Лебедева Г.И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Маршрутизацией автобусных перевозок называется построение маршрутов, обеспечивающих связь всех пассажирообразующих и пассажиропоглощающих пунктов.

Маршрутная сеть должна соответствовать пассажиропотоку по величине и направлению, быть гибкой, обеспечивающей реализацию максимальной расчетной скорости, быть экономически оправданной.

Решению рассматриваемой задачи посвящены работы Н.Н. Закутина, В.С. Ларионова, А.А.Полякова, Д.С. Самойлова и др. Общим в них является то, что основным показателем транспортного обслуживания населения является минимум затрат времени на передвижения.

Общая постановка задачи маршрутизации автобусных перевозок населения города имеет вид:

$$E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (t_{c_{ij}} + t_{n_{ij}}) P_{ij} + \sum_{k=1}^n t_{ok} P_k + \sum_{e=1}^{e_0} t_{oe} P_e \rightarrow \min ,$$

где i – пункт отправления автобуса; j – пункт назначения; m – число микрорайонов; k – число маршрутов; e – совмещенные участки транспортной сети; $t_{c_{ij}}$, $t_{n_{ij}}$ – затраты времени на следование и пересадки одного пассажира при проезде между пунктами i и j ; P_{ij} – число передвижений между пунктами i и j ; t_{ok} – затраты времени одного пассажира на ожидание начала поездки на маршруте k ; P_k – количество пассажиров, пользующихся только маршрутом k ; t_{oe} – затраты времени одного пассажира на ожидание начала поездки по совпадающему для двух и более маршрутов e -му участку транспортной сети; P_e – количество пассажиров, проезжающих по совмещенному участку e .

Задача решается в два этапа.

На первом этапе строится маршрутная сеть, состоящая из сквозных и участковых маршрутов. На втором этапе рассматривается целесообразность введения участковых и укороченных маршрутов.

Из участковых маршрутов проверяются только не совпадающие со сквозными и проходящие через пункты, в которые есть возможность проезда другим способом.

Укороченные маршруты являются оправданными только в том случае, если они не увеличивают общих затрат времени населения на передвижения, не увеличивают коэффициент пересадочности и т.д. Наиболее широко применяется для решения такой задачи комбинаторный метод с направленным отбором вариантов, разработанный В.А. Паршиковым. Согласно этому методу при решении задачи из рассмотрения исключаются все маршруты, которые не удовлетворяют экономическим и нормативным показателям. Тем самым объем вычислений значительно уменьшается.

Одним из методов решения задач поиска оптимальных маршрутов на графах является *алгоритм оптимизации подражанием муравьиной колонии*, иначе Муравьиный алгоритм (англ. Ant Colony Optimization, ACO). Суть подхода заключается в использовании модели поведения муравьёв, ищущих путь от колонии к источнику пищи, и представляет собой метаэвристическую оптимизацию.

Отправной точкой в изучении алгоритма послужили эксперименты по изучению поведения реальных муравьёв, проводимые Госсом (1989 г.) и Денеборгом (1990 г.). Однако первым, кто формализовал поведение муравьёв и выработал стратегию решения для задачи о кратчайших путях, стал Марко Дориго (Университет Брюсселя, Бельгия, 1992 г.). Ему же приписывается авторство алгоритма.

Преимуществами данного алгоритма можно назвать высокую эффективность по сравнению с другими методами глобальной оптимизации (например, нейронные сети, генетические алгоритмы), адаптируемость и масштабируемость, а также гарантированную сходимость, что позволяет получить оптимальное решение независимо от размерности графа.

Муравьиный алгоритм относится к категории алгоритмов роевого интеллекта и моделирует поведение муравьиной колонии. Муравьи – это социальные насекомые, способные образовывать коллективы

(колонии). Именно коллективная система позволяет эффективно решать задачи динамического характера, которые не могли бы быть выполнены отдельными элементами системы без наличия соответствующего внешнего управления и координации. Основу поведения муравьиной колонии составляет способность самоорганизации, позволяющая быстро адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды и обеспечивающая достижение общих целей колонии на основе низкоуровневого взаимодействия.

Взаимодействие происходит посредством феромонов, которыми отдельные особи помечают пройденный ими путь. Чем больше феромонов, тем чаще используется тропа, что указывает на оптимальность маршрута с точки зрения его длины и поэтому наиболее часто будут выбираться муравьями в следующих итерациях.

Этот итерационный процесс будет продолжаться до выполнения определенного условия завершения: выполнено заданное количество итераций, все заданное количество муравьев завершило поиск, достигнуто требуемое качество решения, истек квант процессорного времени.

Для решения задач маршрутизации в последнее время широко стали применяться методы линейного программирования. В каждом конкретном случае целевая функция и накладываемые на нее ограничения имеют свое представление.

Литература

1. Афанасьев, Л.Л., Автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев, С.М. Цукерберг. М., Транспорт, 1973.
2. Вентцель, Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель М., Сов. радио, 1972.
3. Сакович, В.А. Исследование операций / В.А. Сакович. Минск, Высш. школа, 1985.

УДК 519.654

ИНДЕКС БАФФЕТА И ФИНАНСОВЫЙ КРИЗИС В США

студент гр. 10114120 Волонтей А.В.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент Щукин М.В.

Белорусский национальный технический университет

Несмотря на то, что фактически новым мировым экономическим гегемоном является Китай, США и их экономика всё еще оказывают значительное влияние на мир и на мировую экономику. Экономические, политические процессы, которые происходят в США, влияют на другие страны. Важным показателем экономики США является отношение общей рыночной капитализации к Внутреннему валовому продукту – индикатор Баффета. Он показывает состояние рынка и насколько переоценены акции и насколько велика спекулятивная составляющая. Для прогнозирования состояния рынка в ближайшие 5 лет, в данной работе будет сравнен индекс Баффета в 2000 году, 2007-2008 гг, 2009 и 2021 году.

Рынок ценных бумаг, фондовый рынок — совокупность экономических отношений по поводу выпуска и обращения ценных бумаг между его участниками.

История рынка ценных бумаг насчитывает несколько веков. Его возникновение часто связывают с созданием в XV—XVI веках рынка государственных ценных бумаг. Первые негосударственные ценные бумаги в виде акций появились в XVII веке на Амстердамской бирже. Начало торговле акциями на бирже положила Ост-Индская торговая компания, которая объявила о подписке на участие в прибылях компании. В 1792 году в результате соглашения, подписанного 24 нью-йоркскими брокерами, появилась Нью-Йоркская биржа. 8 марта 1817 года группа переименовала себя в Нью-Йоркский фондовый и биржевой совет и переехала на 40 Wall St. В XX веке фондовый рынок продолжал развиваться не только количественно, но и качественно, благодаря появлению новых технологий. В 1971 году, две организации - Национальная ассоциация дилеров по ценным бумагам и регулирующий орган финансовой индустрии создали конкурента Нью-Йоркской бирже – фондовую биржу NASDAQ, которая была организована иначе, чем традиционные биржи. NASDAQ полностью находится в сети интернет, и все сделки осуществляются в электронном виде. В 2007 году NYSE объединилась с Euronext, чтобы создать NYSE Euronext – первую за всю историю трансатлантическую фондовую биржу.

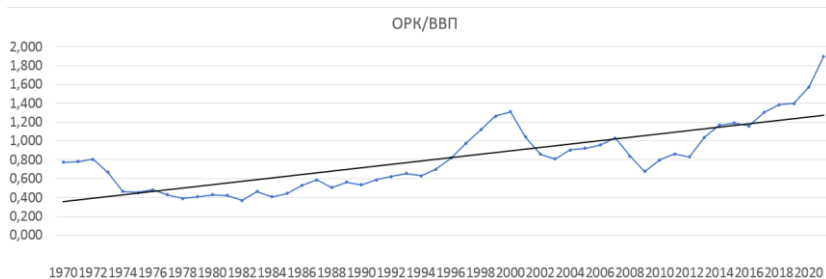
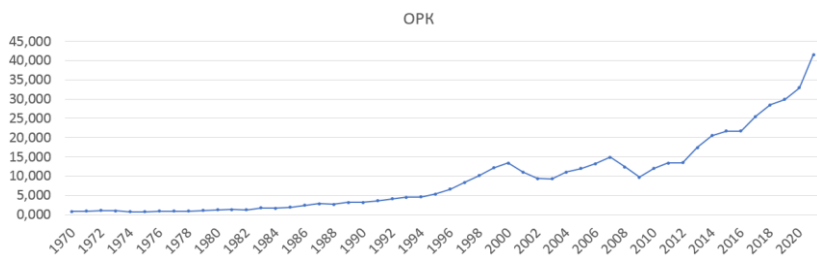
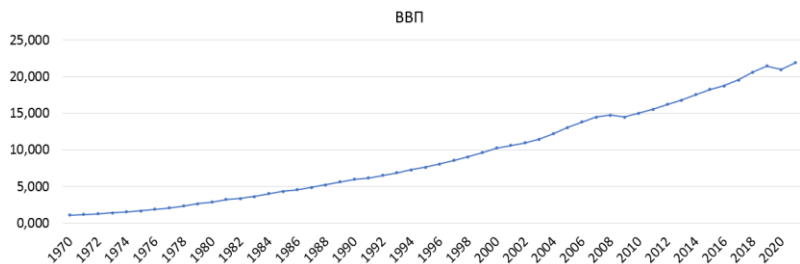
Для рынка характерны периодически кризисы и фондовые биржи оказывают как прямое, так и косвенное влияние на эти кризисы.

Биржевой кризис или рецессия — резкое и устойчивое падение биржевых котировок за непродолжительное время. Причиной кризисов является чрезмерное разбухание фиктивного капитала, сильное завышение стоимости ценных бумаг. Биржевой кризис может вызвать депрессию экономики и спад в экономическом смысле.

Хорошим примером связи кризиса и биржи является Великая Депрессия, которая произошла из-за предшествовавшего ей Биржевого краха 1929 года. С «черного четверга» 24 октября по «черного вторника» 29 октября произошел полный обвал курса акций. В "черный понедельник" 28 октября индекс Доу-Джонса упал на 13,5%, в "черный вторник" 29 октября - еще на 12%. Люди, которые много вкладывали в акции решили их продать, но их уже никто не покупал. Банки объявляли о банкротстве, люди теряли на биржах все свои сбережения, предприятия закрывались. Но почему возник этот финансовый пузырь? В середине 20-х годов прошлого века американцы массово вкладывали деньги в ценные бумаги. Спрос на акции рос, росли и цены на них. Все больше людей хотели обогатиться на инвестициях. Многие даже брали кредиты для покупки акций. Плюс, у населения становилось все меньше денег и ФРС в 27 году увеличила объем денежной эмиссии, но этот поток шел не в производство, а на биржу. Таким образом, цены на акции не были подкреплены стоимостью производственных активов.

Для того, чтобы проанализировать состояние экономики возьмем 2 показателя с 1970 года: валовый внутренний продукт и общую рыночную капитализацию. После этого, найдя отношение ВВП к ОРК мы получим Индекс Баффета. На графике видны кризисы прошлых лет, нефтяной кризис 70-х, кризис доткомов 2000 года и кризис 2007-2008 гг. В 2000 году индекс Баффета составлял 130%, после этого индекс колебался в районе 80-90% и вырос до 100% только в 2007 году, но ему было не суждено подняться выше и в результате кризиса пошел спад максимально в 2009 году до 67%. Вернутся до 100% показателя получилось только в 2013. Все рецессии объединяет то, что в год кризиса, индекс достигает пика, а потом происходит резкий спад и восстановление. На данный момент индекс Баффета колеблется в районе 200%, что показывает перегретость рынка.

Графики ВВП, ОРК и индекса Баффета:



По методу наименьших квадратов вычисляем линию тренда. Формула:

$$\begin{cases} b = \frac{\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \\ a = \bar{y} - b \bar{x} \end{cases}$$

В итоге, получилось следующее уравнение:

$$y = -447,577 + 0,02247x$$

Таким образом, можно сделать вывод, что на данный момент рынок акций США перегрет и представляет собой огромный финансовый пузырь, который должен будет в ближайшие 5 лет лопнуть. Глава МВФ ещё в 2020 году заявила, что «В 2020 году мировое общество ждет худший экономический спад со времен Великой депрессии». Он обусловлен не только пандемией коронавируса, но и ещё кризисом перепроизводства, поэтому можно однозначно утверждать, что основной спад ещё впереди.

Литература

1. Federal Reserve Economic Data [Electronic resource] : Wilshire 5000 Full Cap Price Index. – Mode of access: <https://fred.stlouisfed.org/series/WILL5000PRFC#0>. – Дата доступа: 12.03.2021.

2. The Balance [Electronic resource] : US GDP by Year. – Mode of access: <https://www.thebalance.com/us-gdp-by-year-3305543>. – Дата доступа: 12.03.2021.

УДК 517.98

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

студент Мойсиевич А.Ю.

Научный руководитель – ст. преподаватель Кленовская И.С.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Операционное исчисление играет важную роль в автоматике, механике, электротехнике. В основе этого метода лежит идея подмены изучаемых функций (оригиналов $f(t)$) другими функциями (изображениями $F(p)$), получаемыми по определенным правилам, причем действия над оригиналами заменяются более простыми действиями над изображениями.

Наибольшее применение в электротехнике операционное исчисление получило при исследовании переходных процессов в линейных цепях с сосредоточенными параметрами r , L и C , поскольку явления, происходящие в таких цепях, описываются обыкновенными линейными дифференциальными уравнениями их системами, которые легко решаются с помощью операционного исчисления.

Переходным процессом называется явление, наблюдающееся в цепи при переходе от одного установившегося режима к другому. Переходные процессы возникают в электрических цепях в результате коммутаций (включения или выключения э. д. с, различных переключений, короткого замыкания в цепи, внезапного изменения параметров цепи и т. д.).

Пусть в электрической цепи, изображенной на рисунке 1, рубильник p переключается из положения 1 в положение 2. Тогда в контуре r , L и C возникнет переходный процесс. Примем, что его начальные условия ненулевые: $i_L(0) \neq 0$ и $u_C(0) \neq 0$.

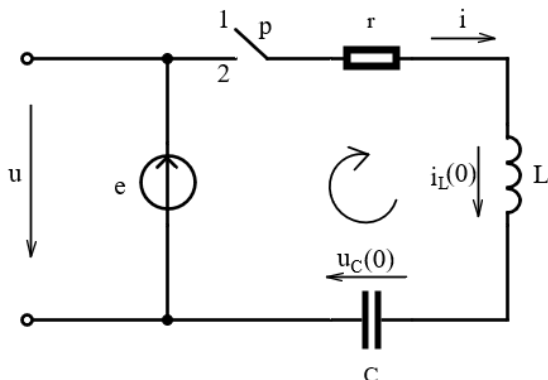


Рис. 1. Схема электрической цепи

Возьмем направление мгновенного значения тока переходного процесса $i = i(t)$, совпадающим с направлением обхода контура. Так как направление источника э.д.с. $e = e(t)$, действующего в контуре r , L и C во время переходного процесса, совпадает с направлением обхода этого контура, то по второму закону Кирхгофа получаем уравнение:

$$ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int_0^t i dt + u_C(0) = e.$$

Обозначим:

$i(p) = i = I(p)$ – изображение тока переходного процесса в контуре;

$e(p) = e = E(p)$ – изображение внешней э. д. с, действующей в контуре. Тогда уравнение цепи r , L и C в операторной форме примет вид:

$$rI(p) + L(pI(p) - i_L(0)) + \frac{1}{pC} I(p) + \frac{u_C(0)}{p} = E(p).$$

Это уравнение можно записать так:

$$\left(r + Lp + \frac{1}{pC}\right)I(p) = E(p) + Li_L(0) - \frac{u_C(0)}{p}.$$

Откуда находится выражение для изображения тока переходного процесса в виде:

$$I(p) = \frac{E(p) + Li_L(0) - \frac{u_C(0)}{p}}{r + Lp + \frac{1}{pC}}.$$

Полученная зависимость представляет собой закон Ома в операторной форме. Его можно записать так:

$$I(p) = \frac{F(p)}{Z(p)},$$

где:

$F(p) = E(p) + Li_L(0) - \frac{u_C(0)}{p}$ – изображение всех (внешних и внутренних) э. д. с, действующих в контуре;

$Z(p) = r + Lp + \frac{1}{pC}$ – операторное сопротивление контура r , L и C ;
 $-\frac{u_C(0)}{p}$ – изображение начальной э. д. с. емкости, уравновешивающей начальное напряжение на обкладках конденсатора и направленной навстречу $u_C(0)$.

Операторное сопротивление $Z(p) = r + Lp + \frac{1}{pC}$ контура r , L и C получено из выражения комплекса полного сопротивления $Z = r + i\omega L + \frac{1}{i\omega C}$ путем замены $i\omega$ на p .

Закон Ома в операторной форме позволяет, непосредственно следовать переходные процессы только в неразветвленных электрических цепях. При рассмотрении переходных процессов в разветвленных и сложных электрических цепях необходимо использовать первый и второй законы Кирхгофа.

Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме имеют тот же вид, что и при установившихся режимах в цепях постоянного и переменного тока. Поэтому, применяя операционное исчисление для расчета переходных процессов, можно использовать все методы расчета сложных линейных электрических цепей с постоянными параметрами.

При исследовании переходных процессов в сложных и разветвленных электрических цепях наиболее применение получили метод уравнений Кирхгофа, метод контурных токов и метод наложения. При расчете переходных процессов в неразветвленных цепях, также в простых разветвленных цепях при нулевых начальных условиях применяется закон Ома в операторной форме. При этом в разветвленной цепи определяется только ток переходного режима в ветви, содержащей источник э.д.с. Во всех случаях расчета переходных процессов в электрических цепях операторным методом сохраняется такая последовательность операций: сначала определяются начальные условия, затем записывается уравнение или система уравнений для заданной цепи в операторной форме, что позволяет найти изображения искомого тока или напряжений. По полученным изображениям отыскиваются оригиналы – мгновенные значения токов или напряжений переходного режима.

Подводя итог, отметим, что операционное исчисление используется в физических и технических задачах достаточно широко, позволяет в ряде случаев сводить исследование дифференциальных и некоторых интегральных операторов, и решение линейных дифференциальных уравнений к рассмотрению более простых алгебраических задач.

Литература

1. Егорова И.П. Высшая математика. Элементы операционного исчисления и его приложения: учебное пособие / И.П. Егорова. Сызрань: Сызранский филиал Самарского гос. техн. ун-та., 2008. – 58 с.
2. Пантелеев А.В. Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление в примерах и задачах: учебное пособие / А. В. Пантелеев, А.С. Якимова. – М.: Высшая школа, 2001. – 445 с.

УДК 621.350.11

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

студенты гр. 10602219 Коршун В.Н., Ковалец И.В.

Научный руководитель – канд. физ. мат. наук, доцент Рудый А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

1. Аппроксимация в Mathcad.

Пусть зависимость электропотребления от времени задано таблицей значений x (предыдущие годы- 1950, 1955... 1995) и y (значения электропотребления).

$y := (81, 153, 262, 456, 666, 930, 1165, 1350, 1540, 1730)$

$x := (1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995)$

Функция *slope* определяет угловой коэффициент прямой, а функция *intercept* – точку пересечения графика с вертикальной осью.

$a := \text{slope}(x, y) \quad a = 39.25$

$b := \text{intercept}(x, y) \quad b = -7.659 \times 10^4$

Используя найденные коэффициенты a и b , найдем значение электропотребления за 2022 год: $f(z, a, b) = z \cdot a + b$

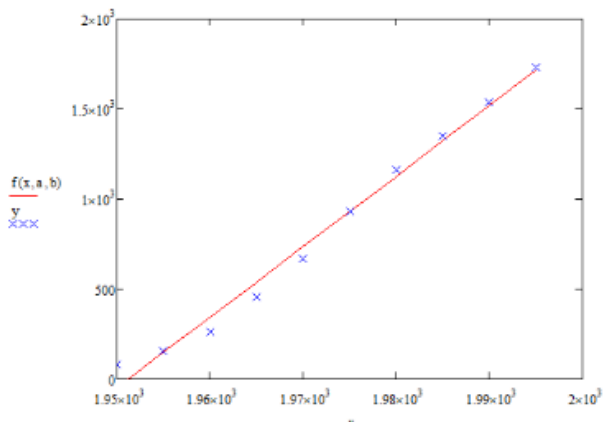


Рис. 1. График аппроксимирующей прямой и табличных данных

2. Метод наименьших квадратов.

Для рассмотренной выше таблицы значений функции $y = f(x)$ найдём многочлен наилучшего среднеквадратического приближения оптимальной степени $m = m^*$.

Функция mnk , строящая многочлен степени m по методу наименьших квадратов, возвращает вектор а коэффициентов многочлена.

$$n := 9$$

$$a_0 = mnk(x, v, n, 0)$$

$$a_1 = mnk(x, v, n, 1)$$

$$a_2 = mnk(x, v, n, 2)$$

$$a_3 = mnk(x, v, n, 3)$$

$$a_4 = mnk(x, v, n, 4)$$

Функция σ_0 возвращает значение среднеквадратического отклонения многочлена $P(a, m, t)$.

$$\sigma_0(a, m) := \sqrt{\frac{1}{n-m} \cdot \sum_{k=0}^n (P(a, m, x_k) - y_k)^2}$$

$$\sigma_0(a_0, 0) = 597.713$$

$$\sigma_0(a_1, 1) = 68.903$$

$$\sigma_0(a_2, 2) = 57.67$$

$$\sigma_0(a_3, 3) = 20.084$$

$$\sigma_0(a_4, 4) = 21.989$$

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что наиболее точной и оптимальной степенью, является $m = 3$.

Самым точным результатом будет являться:

$$P(a_3, 3, 2000) = 1.798 \times 10^3$$

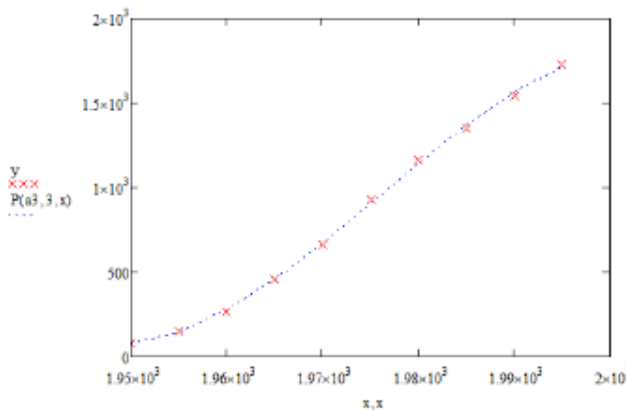


Рис. 2. График многочлена третьей степени и табличных данных

Литература

1. В.Т. Федин, М.И. Фурсанов. Основы проектирования энерго-систем. 41. БНТУ, Минск, 2010

УДК 517.98

ОПЕРАТОРНЫЙ МЕТОД В РАСЧЁТАХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

студент Винник Д.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель, Кленовская И.С.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Принцип операторного метода заключается в том, что функции $f(t)$ вещественной переменной t (оригинал), соответствует функции $F(p)$ комплексной переменной $p = s + j\omega$, называемая изображением. В следствии чего производные и интегралы от оригиналов заменяются алгебраическими функциями от соответствующих изображений. Этоопределяет преобразованиеот системы интегро-дифференциальных уравнений к системеалгебраических уравнений относительно изображений искомым переменных.

Изображение $F(p)$ заданной функции $f(t)$ определяется в соответствии с прямым преобразованием Лапласа:

$$F(p) = \int_0^{\infty} e^{-pt} f(t) dt$$

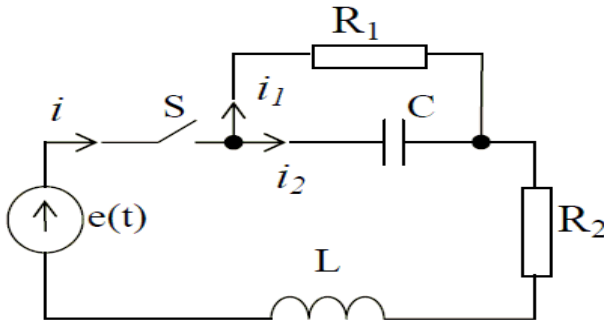
В сокращенной записи соответствие обозначается, как:

$$F(p) = f(t) \text{ или } F(p) = L\{f(t)\}$$

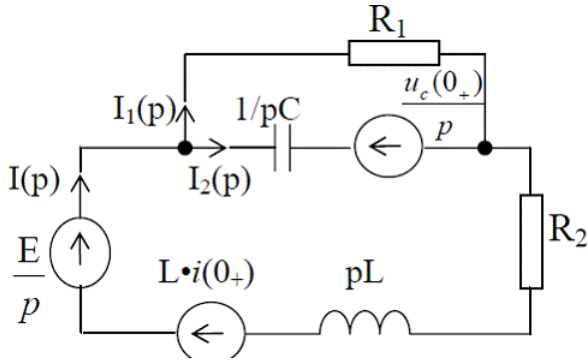
Также нужно обозначить, что если оригинал $f(t)$ увеличивается с ростом t , то для сходимости интеграла необходимо более быстрое убывание модуля e^{-St} . Функции, с которыми встречаются на практике при расчете переходных процессов, этому условию удовлетворяют.

Пример использования операторного метода в расчёте переходных процессов

Дано: $e(t) = E = 24 \text{ В}$, $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 9 \text{ Ом}$, $L = 11 \text{ мГн}$, $C = 360 \text{ мкФ}$



1) Изобразим операторную схему замещения для режима после коммутации:



Запишем для неё систему уравнений по законам Кирхгофа в операторной форме:

$$\begin{cases} -I(p) + I_1(p) + I_2(p) = 0 \\ R_2 * I(p) + pL * I(p) + \frac{1}{p * C} * I_2(p) = \frac{E}{p} + L * i(0_+) - \frac{U_c(0_+)}{p} \\ R_1 * I_1(p) - \frac{1}{p * C} * I_2(p) = \frac{U_c(0_+)}{p} \end{cases}$$

Решаем её относительно тока $I(p)$

$$\begin{cases} -I(p) + I_1(p) + I_2(p) = 0 \\ (R_2 + pL) * I(p) + \frac{1}{p * C} * I_2(p) = \frac{E}{p} + L * i(0_+) - \frac{U_c(0_+)}{p} \\ R_1 * I_1(p) - \frac{1}{p * C} * I_2(p) = \frac{U_c(0_+)}{p} \end{cases}$$

После преобразований получаем:

$$I(p) = \frac{E * C(1 + R_1 C * p) + L * i(0_+) C * p(1 + R_1 C * p) - U_c(0_+) C(1 + R_1 C * p)}{R_1 C^2 L p^3 + R_1 R_2 C^2 p^2 + C L p^2 + R_1 C * p + R_2 C * p}$$

Учтём независимые начальные условия, которые были рассчитаны в первой части:

$$i(0_+) = 0 \text{ и } U_c(0_+)$$

В таком случае:

$$I(p) = \frac{E(1 + R_1 C * p)}{R_1 C L p^3 + (R_1 R_2 C + L)p^2 + (R_1 + R_2)p}$$

Нам требуется определить $U_{R_2}(p)$:

Это напряжение равно:

$$U_{R_2}(p) = \frac{U_{R_2}(p) = R_2 * I_2(p)}{R_2 * E(1 + R_1 C * p)} = \frac{R_2 * E(1 + R_1 C * p)}{R_1 C L p^3 + (R_1 R_2 C + L)p^2 + (R_1 + R_2)p}$$

После подстановки числовых значений по полученному изображению найдём оригинал, применим теорему разложения.

$U_{R_2}(p)$ приобретает вид:

$$U_{R_2}(p) = \frac{0,168p + 234}{p(7,92 * 10^{-6}p^2 + 17,48 * 10^{-3}p + 11)} = \frac{F_1(p)}{p * F_3(p)}$$

Найдём корни уравнения: $F_3(p) = 0$, т.е.

$$7,92 * 10^{-6}p^2 + 17,48 * 10^{-3}p + 11 = 0$$

Получаем:

$$P_{1,2} = (-1105 \pm j410) \cdot 1/c$$

$$F_3(p) = 15,84 * 10^{-6} + 17,48 * 10^{-3}.$$

$$F_3(p_1) = 15,84 * 10^{-6}(-1105 + j410) + 17,48 * 10^{-3} = j6,49 * 10^{-3}.$$

$$F_1(p_1) = 0,168(-1105 + j410) + 234 = -185,64 + j68,88 + 234 = 48,36 + j68,88 = 84,16e^{j54,93^\circ}.$$

$$F_1(0) = 234.$$

$$F_3(0) = 11.$$

По теореме разложения:

$$U_{R2}(t) = \frac{F_1(0)}{F_3(0)} + 2\operatorname{Re} \left(\frac{F_1(p_1)}{p_1 * F_3(p_1)} e^{p_1 t} \right) = \frac{234}{11} + 2\operatorname{Re} \left(\frac{84,16 * e^{j54,93^\circ} * e^{(-1105 + j410)t}}{(-1105 + j410) * j6,49 * 10^{-3}} \right) = 21,27 + e^{-1105t} * 22 \cos(410t - 194,71^\circ) = 21,27 + 22 * e^{-1105t} \sin(410t + 75,29^\circ), \text{ В.}$$

Ответ:

$$U_R(t) = 21,87 + 22 * e^{-1105t} \sin(410t + 75,29^\circ), \text{ В.}$$

Если решать любыми другими известными способами, то ответы практически совпадают, не считая погрешностей при округлениях.

В таком случае мы можем сделать вывод, что операторный метод полностью подходит для решения переходных процессов.

Литература

1. Основы теории цепей: Учеб. для вузов / Г.В.Зевеке, П.А.Ионкин, А.В.Нетушил, С.В.Страхов. –5-е изд., перераб. –М.: Энергоатомиздат, 1989. –528с.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учеб. для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. –7-е изд., перераб. и доп. –М.: Высш. шк., 1978. –528с.
3. Теоретические основы электротехники. Учеб. для вузов. В трех т. Под общ. ред. К.М.Поливанова. Т.1. К.М.Поливанов. Линейные электрические цепи с сосредоточенными постоянными. –М.: Энергия- 1972. –240с.

ОПТИМИТИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

студент гр. 10114119 Янч Е.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Марцинкевич В.С.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Рассмотрим колебательную систему, изображенную на рисунке 1.

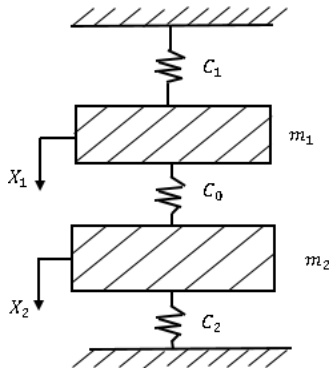


Рис. 1. Колебательная система

Она состоит из двух одинаковых масс $m_1 = m_2 = m$, соединённых жесткостями $c_1 = c_2 = c$ и c_0 . Такая система зависит от трёх параметров: c , c_0 и m .

Предположим, что по техническим условиям эти параметры обязаны находиться в заранее заданных разделах:

$$\begin{cases} c^* \leq c \leq c^{**}, \\ c_0^* \leq c_0 \leq c_0^{**}, \\ m^* \leq m \leq m^{**} \end{cases} \quad (1)$$

Система может совершать свободные гармонические колебание с двумя частотами, которые называются собственными ω_1 и ω_2 . Через ω_2 мы обозначим большую из них, так что всегда $0 \leq \omega_1 \leq \omega_2$.

В процессе конструирования колебательной системы приходится уделять внимание расположению собственных частот, чтобы избежать нежелательных резонансных явлений. Предположим, что конструкторы заинтересованы в том, чтобы уменьшить частоту ω_2 . В этом случае можно ввести критерий:

$$W_1 = W_1(c, c_0, m) \quad (2)$$

и считать, что чем меньше W_1 , тем лучше система (имеется в виду указанное ранее расположение частот).

Предположим, что одновременно с уменьшением частоты ω_2 конструкторам желательно уменьшить также массу системы, которая равна $2m$.

Тогда можно ввести второй критерий:

$$W_2 = m \quad (3)$$

и считать, что система тем лучше, чем меньше W_2 .

Таким образом, нам необходимо решить двухкритериальную задачу (2), (3) с ограничениями на параметры (1).

Свободные колебания системы, изображённом на рисунке (1), описываются системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + c_1 x_1 + c_0(x_1 - x_2) = 0 \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_2 x_2 + c_0(x_2 - x_1) = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где x_1 и x_2 – смещения масс m_1 и m_2 . Решение этой системы будем искать в виде:

$$x_1 = A_1 \cos \omega t, x_2 = A_2 \cos \omega t \quad (5)$$

Подставив (5) в систему (4), получим однородную алгебраическую систему для определения A_1 и A_2 :

$$\begin{cases} (m_1 \omega^2 + c_1 + c_0)A_1 - c_0 A_2 = 0 \\ (m_2 \omega^2 + c_2 + c_0)A_1 - c_0 A_2 = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Для нахождения ω приравняем нулю определитель этой системы:

$$m_1 m_2 \omega^4 + (m_1(c_2 + c_0) + m_2(c_1 + c_0))\omega^2 + c_1 c_2 + c_0(c_1 + c_2) = 0 \quad (7)$$

Тогда положительные корни этого уравнения при $m_1 = m_2 = m$ и $c_1 = c_2 = c$ выражаются формулами:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{c}{m}}, \omega_2 = \sqrt{\frac{(c+2c_0)}{m}} \quad (8)$$

В нашем случае задача о выборе оптимальных параметров формулируется следующим образом: требуется выбрать параметры c , c_0 и m в пределах (1) так, чтобы значение $W_1 = W_1(c, c_0, m) = \frac{(c+2c_0)}{m}$ было минимальным ($W_1 \rightarrow \min$) и $W_2 = m$ тоже, то есть:

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{c+2c_0}{m} \rightarrow \min, \\ W_2 &= m \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (9)$$

Для решения этой задачи введём в рассмотрение плоскость критериев, изображённую на рисунке 2.

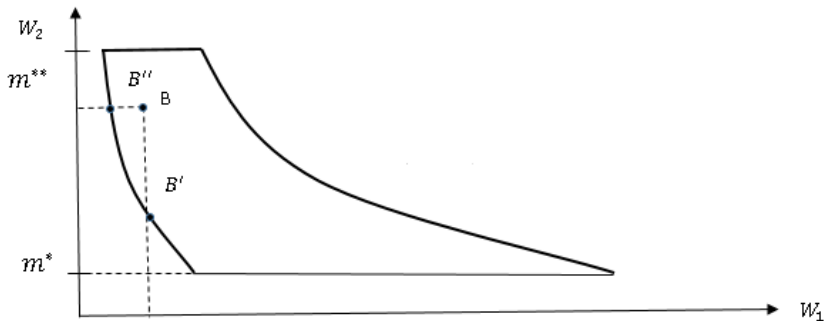


Рис. 2. Плоскости критериев

Каждому набору параметров (c, c_0, m) соответствует пара чисел W_1 и W_2 вычисляемых по формулам (9) и, стало быть точка $(W_1; W_2)$

на плоскости критериев. Эти же формулы позволяют найти множество точек (W_1 ; W_2) на плоскости критериев, которые получаются при изменении параметров (c , c_0 , m) в пределах (1). Это множество изображено на рисунке 2.

Рассмотрим левую нижнюю границу этого множества, состоящую из отрезка гиперболы:

$$W_1 * W_2 = c^* + 2c_0^* \quad (10)$$

Покажем, что точки, расположенные вне гиперболы (10), не могут соответствовать наилучшему решению. Для этого выберем какую – нибудь точку В (рисунок 2). Проведя через эту точку вертикальную и горизонтальную прямые, получим на гиперболе точки В' и В''. Так как абсциссы точек В' и В'' совпадают (то есть значения W , в этих точках равны), а ордината В' меньше, чем ордината В (то есть значение W_2 , соответствующее точке В', меньше), то система соответствующая точке В'' (как, впрочем, и всем точкам криволинейного треугольника В'В В''), безусловно лучше, чем система, соответствующая точке В.

Отсюда вывод: наилучшее решение следует искать среди систем, соответствующих точкам, расположенным на отрезке гиперболы (рисунок 2).

Литература

1. В.С. Марцинкевич «Оптимизация конструктивных параметров раздаточных коробок автомобилей» - В республиканском межведомственном сборнике научных трудов, Выпуск 5, Минск, «Вышэйшая школа», 1990.

2. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Наук, 1981.

УДК 621.350.11

ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ РАСЧЁТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

студенты гр. 10602220 Михалёв Д.Д., Индюкова Е.А., Ткаченко В.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Королёва М.Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Для решения основных задач в области энергетики, в частности расчет параметров электрических цепей, использует уравнения Кирхгофа в матричной форме. С его помощью упрощается процесс длительных расчетов, а значит, увеличивается эффективность инженерной деятельности.

Рассмотрим теорию. Матрица – это прямоугольная таблица чисел, в которой содержатся m строк (или n столбцов) той же длины

$$A_{m \times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

где $i = 1 \dots m$ – номер строки, $j = 1 \dots n$ – номер столбца .

Элементами матрицы называются числа a_{ij} . Квадратная матрица – это матрица, имеющая одинаковое количество столбцов и строк.

Определитель (детерминант) – это число, которое ставят в соответствие каждой квадратной матрице и вычисляют из элементов по следующим формулам:

$$n = 1. A = (a_1); \det A = a_1$$

$$n = 2. A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}$$

$$n = 3. \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{13} + a_{21}a_{32}a_{13} - a_{31}a_{22}a_{13} - a_{21}a_{12}a_{33} - a_{32}a_{23}a_{11}$$

Правила Кирхгофа – это соотношения, которые выполняются между токами и напряжениями на участках любой электрической цепи.

Решения систем линейных уравнений, составленных на основе этих правил, позволяют найти все токи и напряжения в электрических цепях постоянного, переменного токов.

Данные правила распространены в электротехнике благодаря своей универсальности, так как используются для решения задач в теории электрических цепей и практических расчётов сложных электрических сетей.

Применение правил Кирхгофа к линейной электрической цепи позволяет нам получить систему линейных уравнений относительно токов или напряжений. При дальнейшем решении этой системы можно будет найти значения токов на всех ветвях цепи и все меж-узловые напряжения.

На примере покажем расчет электрической цепи используя данную теорию.

Дана электрическая цепь (рисунок). Параметры элементов электрической цепи следующие: $R_1=40$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=40$ Ом, $R_4=70$ Ом, $E_1=55$ В, $E_2=445$ В.

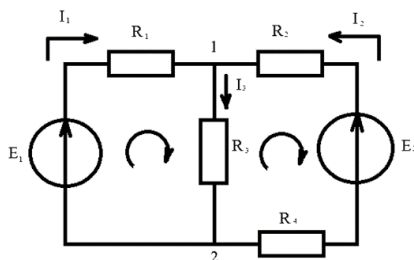


Рис. 1. Схема электрической цепи

Решение.

Необходимо выбрать положительные направления искомых токов ветвей и обозначить их на схеме.

Составим уравнение, используя первый закон Кирхгофа для узла 1. Выбрав направления обходов контуров, можно записать уравнение по второму закону Кирхгофа. В итоге получаем систему из трех уравнений:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1 \\ -I_2(R_2 + R_4) - I_3 R_3 = -E_2 \end{cases}$$

Решаем полученную систему по методу Крамера с помощью определителей:

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 40 & 0 & 40 \\ 0 & -80 & -40 \end{vmatrix} = 8000$$

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 55 & 0 & 40 \\ -445 & -80 & -40 \end{vmatrix} = -11200$$

$$\det A_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 40 & 55 & 40 \\ 0 & -445 & -40 \end{vmatrix} = 33400$$

$$\det A_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 40 & 0 & 55 \\ 0 & -80 & -445 \end{vmatrix} = 22200$$

Находим значения токов по формуле

$$I_1 = \frac{\det A_1}{\det A} = -1,4A$$

$$I_2 = \frac{\det A_2}{\det A} = 4,175A$$

$$I_3 = \frac{\det A_3}{\det A} = 2,775A$$

Таким образом при планировании развития и управлении режимами электроэнергетических систем необходимо решать круг технических и технико-экономических задач, которые имеют аналитический и расчетный характер. Решаемые задачи являются многофункциональными, зависящими от многих параметров требующими сложных и объемных расчетов. В следствии этого электроэнергетика является одной из отраслей хозяйства, где нашли широкое применение различные правила и законы математики.

Литература

1. http://www.magtu-epp.narod.ru/stwork/main_spec/math_problems_of_electro_power_industry.htm

УДК 517.958:57

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ COVID-19 С ПОМОЩЬЮ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

студент гр. 10706119 Гидревич А.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Юринок В.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В докладе рассмотрена SIR-модель прогнозирования распространения COVID-19, а также произведены расчеты на основании уравнения Ферхюльста с помощью метода наименьших квадратов (МНК) и составлен прогноз распространения для Беларуси по данным за период 2020-2021 годов.

Методика, рассмотренная в данной статье, иллюстрирует как в Беларуси можно приблизительно спрогнозировать процесс распространения заболевания на основании данных, полученных за время пандемии.

Метод наименьших квадратов – это метод, основанный на минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от искомым переменных.

Для дальнейших расчетов необходимо ознакомиться с SIR-моделью, которая используется для прогнозирования большинства инфекционных заболеваний.

Суть метода заключается в описании изменения численности трех групп. Восприимчивые (Susceptable – S(t)) – это здоровые, не являющиеся переносчиками инфекции. Инфицированные (Infected – I(t)) – это больные и заразные. Выбывшие из зоны риска (Recovered – R(t)) – это выздоровевшие. Связь между этими группами описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dI}{dt} = \beta IS - \gamma I, \frac{dS}{dt} = -\beta IS, \frac{dR}{dt} = \gamma I,$$

где β – коэффициент, учитывающий вероятность получения болезни в случае контакта S(t) с I(t), γ – коэффициент, учитывающий скорость выздоровления.

Расчет по этому методу проводится следующим образом:

$$t_{max} - t_0 = \frac{1}{\beta} \int_{\frac{\gamma}{\beta}}^{S_0} \frac{d\eta}{\left(N - \eta + \frac{\gamma}{\beta} \ln \frac{\eta}{S_0}\right)}.$$

Спрогнозируем COVID-19 в Беларуси (рисунок 1).

Анализируя график, видно, что кривые зараженных и выздоровевших похожи на кривые логистических уравнений, или уравнений Ферхюльста:

$$P(t) = \frac{k \cdot P_0 \cdot e^{r \cdot t}}{k + P_0 \cdot (e^{r \cdot t} - 1)}.$$

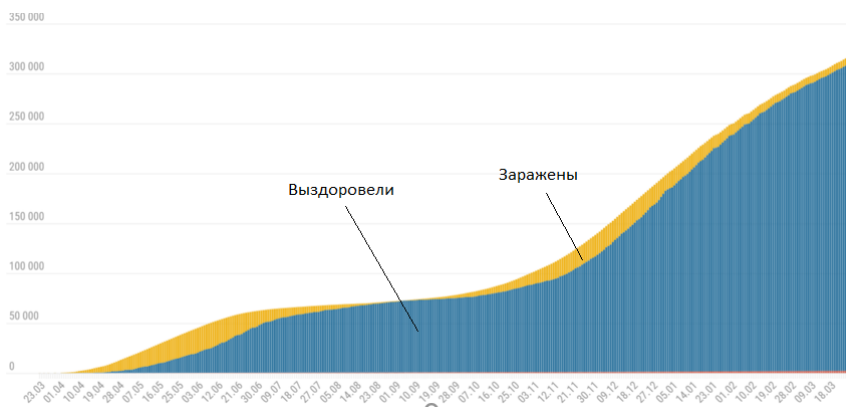


Рис. 1. Зараженные, выздоровевшие и умершие от коронавируса в Беларуси по данным Минздрава

Берем в расчет данные, указанные на графике, подставляем значения $I(t)$, $R(t)$ и t , находим коэффициенты.

Уравнение Ферхюльста для инфицированных примет вид:

$$I(t) = \frac{62611839,7 \cdot e^{(1,018 \cdot t)}}{86971,2 + 720 \cdot (e^{(1,018 \cdot t)} - 1)}$$

Уравнение Ферхюльста для выбывших из зоны риска примет вид:

$$R(t) = \frac{191128108,4 \cdot e^{(0,69 \cdot t)}}{107629 + (e^{(0,69 \cdot t)} - 1)}$$

Прогноз на 2 месяца представлен на рисунке 2.

Подводя итог можно сказать, что расчетные данные по математической модели с использованием МНК помогают спрогнозировать число инфицированных и выздоровевших на несколько месяцев вперед, но перспективе дают большую погрешность из-за чего нуждаются в пересчете с новыми данными.

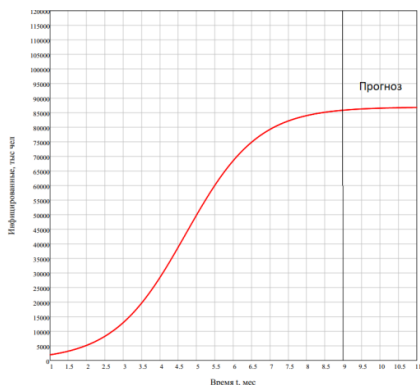


Рис. 2. Прогноз по заражению на ближайшие месяцы

Литература

1. Кант, В.И. Математические методы и моделирование в здравоохранении / В.И. Кант. – М., 1987.
2. Боев Б.В., Франк К.Д., Шашков В.А. Математическое моделирование и прогнозирование массовых эпидемических процессов / Б.В. Боев, К.Д. Франк, В.А. Шашков. – М., 2009.

УДК517.518.45

ПРИМЕНЕНИЕ РЯДОВ ФУРЬЕ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

студент Пасько А.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Кленовская И.С.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В электроэнергетике как стандартная форма напряжений и токов принята синусоидальная форма. Именно в синусоидальной форме токи и напряжения легко записать в комплексной форме, что позволяет легко проводить с ними любые математические действия. Но в реальности формы кривых напряжений и токов отличаются от синусоидальных. В промышленных сетях идеально синусоидального тока и напряжения встретить невозможно. Стремительное развитие полупроводниковой преобразовательной техники и использование ее в

тиристорных электроприводах, вентильных преобразователях привело к снижению качества питающей сети. Это объясняется тем, что изменения режима работы преобразовательных установок прямо передаются в питающую электрическую сеть. Искажение формсинусоид у приемников приводят к появлению дополнительных потерь, а также снижению кпд. Синусоидальность формы кривой напряжения генератора является одним из важных показателей качества электрической энергии, рассматриваемой как товара, поэтому необходимо стремиться к идеальной форме синусоиды.

Несинусоидальность токов и напряжений обусловлена из-за следующих причин: наличие в цепи параметрических элементов, нелинейных элементов. Реальные источники электрической энергии, к примеру трехфазные генераторы, не могут обеспечить идеальную синусоидальную форму выходного напряжения. Могут влиять все перечисленные факторы.

Таким образом, в реальных условиях при производстве расчетов над периодическими функциями токов и напряжений мы имеем дело с несинусоидальными функциями, что не позволяет проводить расчеты в комплексной форме. Тут нам могут помочь знания, полученные в 3-ем семестре на высшей математике, а именно ряды Фурье. Как известно, любая периодическая функция времени, удовлетворяющая условиям Дирихле (функции, рассматриваемые в электротехнике, этим условиям удовлетворяют), может быть разложена в тригонометрический ряд (функция $i(t)$ взята для примера):

$$\begin{aligned} i(t) &= I_0 + Im_1 \sin(\omega t + \alpha_1) \\ &\quad + Im_2 \sin(2\omega t + \alpha_2) + \dots + Im_k \sin(k\omega t + \alpha_k) \\ &= I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} Im_k \sin(k\omega t + \alpha_k). \end{aligned}$$

Здесь I_0 — постоянная составляющая, $Im_k \sin(\omega t + \alpha_k)$ — k -я гармоническая составляющая. 1-я гармоника является основной, а все дальнейшие — высшими.

Амплитуды отдельных гармоник Im_k не зависят от метода разложения функции $i(t)$ в ряд Фурье, но начальные фазы отдельных гармоник α_k зависят от выбора начала координат.

Отдельные гармоники ряда Фурье возможно представить в виде суммы синусной и косинусной составляющих:

$$\begin{aligned} I m_k \sin(k\omega t + \alpha_k) &= I m_k \cdot \cos \alpha_k \\ &\cdot \sin k\omega t + I m_k \cdot \sin \alpha_k \cdot \cos k\omega t \\ &= I_{Sk} \cdot \sin k\omega t + I_{Ck} \cdot \cos k\omega t \end{aligned}$$

Тогда весь ряд Фурье получит вид:

$$i(t) = I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} I_{Bk} \cdot \sin k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} I_{Ak} \cdot \cos k\omega t.$$

Соотношения между коэффициентами двух форм ряда Фурье имеют вид:

$$\begin{aligned} I_{Bk} &= I m_k \cdot \cos \alpha_k; I_{Ak} = I m_k \cdot \sin \alpha_k; I m_k = \sqrt{I_{Bk}^2 + I_{Ak}^2}; \\ \alpha_k &= \operatorname{arctg} \frac{I_{Ak}}{I_{Bk}}. \end{aligned}$$

Соотношение между коэффициентами ряда Фурье можно представить в комплексной форме:

$$\begin{aligned} I m_k \sin(k\omega t + \alpha_k) &= I_{Bk} \cdot \sin k\omega t + I_{Ak} \cdot \cos k\omega t \leftrightarrow I m_k e^{j\alpha_k} \\ &= I_{Bk} + jI_{Ak}. \end{aligned}$$

Если периодическая несинусоидальная функция времени задана аналитически в виде математического уравнения, то коэффициенты ряда Фурье определяются по формулам:

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \cdot dt, I_{Bk} = \frac{2}{T} \int_0^T i(t) \cdot \sin(k\omega t) \cdot dt, \\ I_{Ck} &= \frac{2}{T} \int_0^T i(t) \cdot \cos(k\omega t) \cdot dt, I m_k = I_{Bk} + jI_{Ak} = I m_k \cdot e^{j\alpha_k}. \end{aligned}$$

При использовании рядов Фурье мы сможем привести несинусоидальную периодическую функцию к комплексной форме, что значительно упростит любые математические действия, проводимые с функциями.

Литература

1. Мазуренко А.А. Теоретические основы электротехники: Учебное пособие: в 2 ч. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://electro.bntu.by/user/MeTTOE/LK_TOE_1.pdf. – Дата доступа: 15.04.2021. – Ч. 2. с. 132-140.

2. Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс. – М.: Айрис-пресс, 2009. – С. 478-483.

УДК 517.959:57

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19 НА ОСНОВЕ УПРОЩЕННОЙ МОДЕЛИ SIR В СРЕДЕ MATHCAD

студент гр. 10706119 Крошенко Д.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Юринок В.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Коронавирусная инфекция COVID-19 превращается в привычное заболевание, значительно усиливающееся в весенне-осенний период. Системный подход к прогнозированию COVID-19 позволит получить примерные данные по заболеваемости и начать подготовку к прохождению очередной сезонной волны с минимальными людскими потерями и задействованными ресурсами.

Модель SIR описывается следующими упрощенными дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI, \quad \frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I, \quad \frac{dR}{dt} = f\gamma I.$$

В уравнениях используются следующие обозначения: S – численность восприимчивых (незараженных) людей; I – численность заболевших людей; R – численность выздоровевших людей; β – скорость передачи заболевания; γ – скорость выздоровления; $1/\gamma$ – средняя продолжительность заболевания; f – доля выздоровевших людей.

В момент времени t_0 берутся следующие начальные условия:

$$S(t_0) = S_0 > 0; I(t_0) = I_0 > 0; R(t_0) = R_0 > 0.$$

Так как средняя продолжительность заболевания составляет 14 суток, то скорость выздоровления $\gamma = 1/14 = 0,0714$. Средняя длительность инкубационного периода составляет 3 суток, поэтому скорость передачи заболевания $\beta = 3/14 = 0,2143$. На первое апреля 2021 года за весь период пандемии в Республике Беларусь были зарегистрированы 323 043 человека с COVID-19, при этом выздоровели 313 628 человек, откуда доля выздоровевших людей $f = 313\,628/323\,043 = 0,97$. Первого апреля 2021 года в Беларуси были инфицированы $I_0 = 1236$ человек, выздоровели и $R_0 = 1308$ человек. Численность населения Беларуси $N = 9\,467\,000$ человек, откуда число восприимчивых людей на первое апреля 2021 $S_0 = 9\,467\,000 - 323\,043 = 9\,143\,957$ человек.

В результате решения системы дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями в среде Mathcad составлен прогноз развития пандемии в Республике Беларусь на период с 1 по 30 апреля 2021 года. На рисунке 1 представлена программа численного решения системы дифференциальных уравнений, где V – вектор начальных условий, 0 и 30 – граничные значения решения задачи, 100000 – число интервалов разбиения отрезка от 0 до 30, D – вектор-функция, содержащая правые части первых производных, записанные в символьном виде:

Из графика на рисунке 2 видно, что число восприимчивых людей будет снижаться в соответствии с увеличением числа инфицированных и выздоровевших людей, следующим из графика на рисунке 3.

$$S_0 := 9143957 \quad I_0 := 1236 \quad R_0 := 1308 \quad \gamma := \frac{1}{14} \quad \beta := \frac{3}{14} \quad f := 0.97$$

$$Y := \begin{pmatrix} S_0 \\ I_0 \\ R_0 \end{pmatrix} \quad D(t, V) := \begin{pmatrix} -\beta \cdot V_0 \cdot V_1 \\ \beta \cdot V_0 \cdot V_1 - \gamma \cdot V_1 \\ f \cdot \gamma \cdot V_1 \end{pmatrix}$$

$$Z := \text{rkfixed}(V, 0, 30, 100000, D)$$

$$i := 0 \dots \text{rows}(Z) - 1$$

Рис. 1. Фрагмент программы решения системы дифференциальных уравнений в среде Mathcad

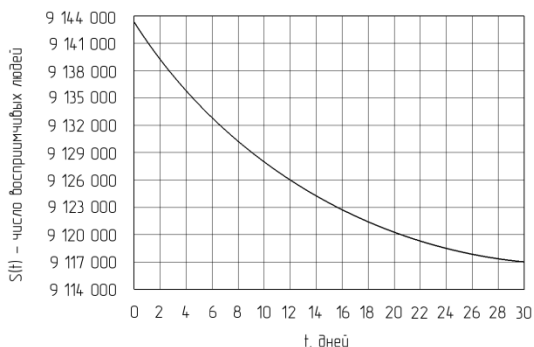


Рис. 2. Прогноз численности восприимчивых людей на апрель 2021 года

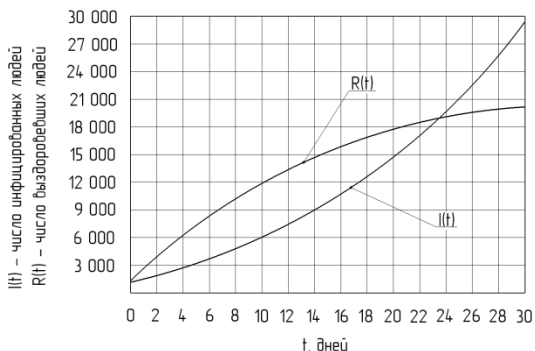


Рис. 3. Прогноз численности инфицированных и выздоровевших людей на апрель 2021 года

Следует заметить, что разница между числом заболевших и выздоровевших включает в себя как скончавшихся, так и

продолжающих болеть людей. То есть если человек заболел после 17 апреля, то он не сможет выздороветь до 30 апреля, так как при построении прогноза продолжительность заболевания была задана 14 суток. Соответственно, этот человек учитывается при построении графика инфицированных и восприимчивых, но не учитывается при построении графика выздоровевших, чем объясняется существенное расхождение между численностью инфицированных и выздоровевших.

Литература

1. Боев, Б.В. Прогнозно-аналитические модели эпидемий / Б.В. Боев. – М., 2005.
2. Кондратьев, М.А. Методы прогнозирования и модели распространения заболеваний. Компьютерные исследования и моделирование / М.А. Кондратьев. – М., 2013.

УДК 004.91:004.432

РАЗРАБОТКА САЙТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАТФОРМЫ GOOGLESITES ДЛЯ ВОЗМОЖНОСТИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ К ЭКЗАМЕНУ

студент гр. 10701119 Маканов Д.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Юринок В.И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В работе представлен веб-сайт, который содержит теоретические и практические материалы по необходимым темам для самостоятельной подготовки студентов к экзамену по математике. Также для систематизации полученных знаний на главной веб-странице есть итоговый тест, решения к которому могут быть отправлены при указании адреса электронной почты пользователя. Данную разработку можно использовать как для самостоятельного изучения тем, так и для подготовки к экзамену. В качестве платформы использовался бесплатный конструктор веб-сайтов GoogleSites.

В последнее время очень огромную популярность в сфере образования набирают различные онлайн-платформы для изучения предметов с целью подготовки к какому-либо экзамену. Примерами таких платформ являются различные платформы на базе Moodle, платформа по изучению английского языка Skyeng. На таких платформах пользователь может не только изучать материал, представленный в различных формах, но и тестировать свои знания по этому предмету, иногда даже задавать вопросы своему преподавателю. Целью данной работы является показать, что реализовать учебные конспекты и другие материалы в удобном электронном виде можно и бесплатно, а главное – просто.

Для перехода на сайт нужно перейти по ссылке <https://sites.google.com/view/makmath/>. При открытии разработанная платформа встречает пользователя экраном, изображенным на рисунке 1. На этой веб-странице можно быстро перейти к интересующему разделу математики. Кроме того, можно быстро найти список вопросов по экзамену, а также на верхней панели быстро выбрать интересующий параграф или тему для изучения.



Рис. 5. Главная страница сайта

Также все необходимые теоретические разделы расположены чуть ниже главной страницы, например: числовые и функциональные ряды; теория функции комплексного переменного; элементы операционного исчисления, элементы теории вероятностей и математической статистики.

Каждый раздел сайта имеет свои параграфы, которые имеют следующую структуру: список экзаменационных вопросов по рассматриваемой теме; теоретические сведения по заданной теме; краткий теоретический указатель; примеры для самостоятельного решения.

Теория по заданным темам представляет собой собранный материал из книг, указанных в списке литературы к работе, или краткий конспект, составленный на основе данной литературы и конспектов лекций. Краткий теоретический указатель – это список определений и теорем по теоретической части, выложенной на сайт.



Примеры на тему “Числовые ряды”

1. Найти сумму ряда, если это возможно.

$$a) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{3^n + 4^n}{12^n}$$

Рис. 2. Пример реализации практической части подраздела сайта

Практическая часть подразделов (примеры) составлена на основе сборников из рекомендуемого списка литературы и конспектов практических занятий по математике. Следует также отметить, что все документы (теоретическую или практическую части) можно свободно пролистывать на сайте, что обеспечивает быструю работу с материалом, так как всё самое необходимое для подготовки уже есть. Кроме того, для быстрого поиска темы по сайту можно воспользоваться значком лупы в верхней панели сайта. После прохождения всех подразделов пользователь может пройти итоговый тест, составленный из трёх задач по каждому основному теоретическому разделу. Доступ к тесту расположен на главной странице сайта. Сам итоговый тест представляет собой документ GoogleForms, настроенный в режиме тестирования. При выполнении данного теста пользователь сразу получает свой результат в виде отображения количества решённых задач. При указании своей электронной почты пользователь также может получить решения к данным задачам.

В результате выполнения данной работы была разработана и реализована система в виде сайта для подготовки студентов к экзамену по математике, содержащая в себе структурированный материал для подготовки к экзаменационной работе, а также итоговый тест, позволяющий аккумулировать свои знания по пройденному материалу.

Литература

1. Сборник индивидуальных заданий по высшей математике: Учеб. пособие. В 3 ч. Ч.3/А. П. Рябушко, В. В. Бархатов, В. В. Державец, И. Е. Юреть; Под общ. ред. А. П. Рябушко. – Мн.: Выш. шк., 1991. – 288 с.:ил.
2. Математика. Часть 3: учебно-методический комплекс для студентов вузов / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Высшая математика № 1"; сост. Г. К. Воронович [и др.]. - Электрон. дан. - Минск : БНТУ, 2015. – 187 с.
3. Письменный Д. Т., Конспект лекций по высшей математике – М.: Айрис-пресс, 2009.

УДК 519-7

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ. РАСТВОРЕНИЕ ВЕЩЕСТВА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЖИДКОСТИ

студент гр.10808120 Посвенчук А.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Кураленко М.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Дифференциальные уравнения играют весомую роль в процессе решения прикладных задач в различных отраслях науки. Использование дифференциальных уравнений даёт возможность относительно просто и понятно описать рассматриваемые объекты исследования, так как сутью данных уравнений является разложить объект на отдельные «части» и изучить его, так «характерной особенностью дифференциального уравнения является то, что каждое уравнение определяет сразу целое семейство решений, зависящее от некоторой совокупности числовых или функциональных параметров» [1, с.5].

Дифференциальные уравнения «являются фундаментом для построения научных трудов и функционально используются в производстве» [2, с.421], и других отраслях, что является главным побуждающим мотивом для изучения и исследования. Так как использование математических методов является одним из основных методов решения различных вопросов и задач, то актуальность данной работы обоснована. Для решения дифференциальных уравнений «общих методов составления нет» [3, с.122], и навыки можно приобрести в результате конкретных примеров.

В данной работе будут рассмотрены ряд примеров, теоретическое направление которых – растворение вещества. Итак, рассмотрим задачу, в которой происходит растворение вещества с течением времени.

Условие задачи: Резервуар наполнен 75 л. киселя, содержащего 3 кг растворенного сахара. Приток обыкновенной воды составляет 4 л. в минуту, а расход смеси из сосуда 2 л. в минуту. Концентрация придерживается равномерной посредством перемешивания. Найти количество сахара, которое будет содержаться в резервуаре через 25 мин.

Решение: Первым этапом решения диф. уравнения является его подготовка (составление, анализ условия), а потом основной этап (выявление зависимости переменной и вычисления). Итак, во-первых, необходимо установить «в результате анализа задачи аргумента (независимой переменной) и искомой функции» [1, с.15] сами неизвестные. Возьмём за x количество сахара в резервуаре в момент t , кг (время, отсчитываемое от начального момента t_0 , мин;), то есть для «фиксирования произвольного значения аргумента и соответствующего ему значения функции» [1, с.15] и «придания аргументу приращения и определения соответствующего приращения функции» [1, с.15] за dx нужно брать количество сахара, выходящее из резервуара за время dt , кг, где $dx = -dx$, так как x – убывающая функция времени.

Таким образом, выявляем, что к моменту t в резервуар поступило $4t$ литра воды и вышло $2t$ литра киселя.

То есть, общее количество жидкости достигло $75+2t$ литра и в ней растворилось x кг сахара.

Далее установим «зависимость между дифференциалами искомой функции dy и её аргументами dx в общем случае» [1, с.15]. За время dt уходит $-dx$ кг сахара и $2dt$ литра киселя.

Если считать концентрация киселя постоянной, то получим количество сахара в одном литре $\frac{x}{75+2t}$ кг. Следовательно, за короткий промежуток времени dt количество сахара уменьшается на $\frac{x}{75+2t} 2dt$ кг.

Таким образом, установим «зависимость между дифференциалами искомой функции du и её аргументом dx в общем случае в виде простейшего уравнения (или дифференциального уравнения более высокого порядка) на основе сделанных допущений, которые дают возможность заменить неравномерный процесс равномерным» [1, с.15]. То есть, элементарное уравнение движения жидкости примет вид: $-dx = \frac{2xdt}{75+2t}$, разделив переменные имеем:

$$-\frac{dx}{x} = \frac{2dt}{75+2t}.$$

Начальные условия времени: $t_0=0$ сек, $t_1=25$ сек, а начальные условия количества сахара: $x_0=3$ кг, $x_1=x$ кг. Отсюда

$$-\int_{x_0}^{x_1} \frac{dx}{x} = \int_{t_0}^{t_1} \frac{2dt}{75+2t},$$

преобразовав, получаем:

$$-\int_3^x \frac{dx}{x} = \int_0^{25} \frac{d(75+2t)}{75+2t}.$$

На следующем этапе следует проинтегрировать полученное дифференциальное уравнение:

$$-\ln x \Big|_3^x = \ln(75+2t) \Big|_0^{25},$$

откуда

$$\ln \frac{3}{x} = \ln \frac{125}{75} = \ln \frac{5}{3}.$$

Далее потенцируя равенство, получим: $\frac{3}{x} = \frac{5}{3}$, то есть искомое количество сахара в резервуаре: $x = \frac{9}{5} = 1.8$ кг.

Таким образом, через 25 мин в резервуаре останется 1,8 кг сахара.

Литература

1. Понаморов, К.К. Составление дифференциальных уравнений /К.К. Понаморов // Под ред. Ю.С. Богданов. Мн. «Вышэйш. школа», 1973. С.–560.
2. Курусь, С. С. Практическое применение дифференциальных уравнений в медицине / С. С. Курусь, К. А. Станчук, В. В. Подгорная, П. И. Кибалко // – 2019 – С.421-426.
3. Шодиева, Р. Р. Роль инновационных образовательных технологий в системе профессиональной подготовки студентов при изучении дифференциальных уравнений. / Р.Р. Шодиева // Таъти назари доктори илмъои иқтисодӣ, профессор Шарифзода ММ Ђайати таъририя. – 2019. – С. 121.

УДК 519-7

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ. РАСТВОРЕНИЕ ВЕЩЕСТВА С ТЕЧЕНИЕМ ВРЕМЕНИ

студент гр. 10808120 Скорая К.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Кураленко М.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Математика, являясь одной из самых фундаментальных наук, есть основа для решения различных задач смежных наук, таких как химия, физика, экономические науки. Часто при изучении дифференциальных уравнений недостаточно внимания уделяется решению

практических задач, поэтому в данной работе было решено рассмотреть растворение вещества с течением времени для обоснования прикладной значимости данного типа уравнений. Отметим, что «дифференциальные уравнения возникают при математической формулировке прикладных задач в дифференциальных уравнениях» [1, с.13].

Рассмотрим растворение твердого вещества с течением времени. Скорость растворения вещества пропорциональна имеющемуся количеству нерастворенного и разности концентрации насыщенного раствора и концентрации раствора в данный момент времени C_t . Пусть M – исходное количество вещества; $M - x$ – количество вещества, растворенного к данному моменту. Тогда под концентрацией раствора в данный момент будем понимать отношение количества вещества, растворенного в данный момент, к объему V растворителя или: $C_t = \frac{M - x}{V}$. При достижении C_t некоторого предельного значения C_0 (для данного вещества и растворителя) раствор становится насыщенным и дальнейшее растворение не происходит.

Задача 1. Добавив в кружку с холодным чаем, в которой находится 90 мл жидкости, 10 грамм сахара, обнаружили, что в течение часа растворилась половина этого количества. Если концентрация насыщенного раствора сахара равна $1/3$, найти количество растворенного сахара в течение часа, если за это время в кружку было долито еще 180 мл воды.

Решение. Скорость уменьшения растворенного вещества $\frac{dx}{dt}$, как сказано ранее, должна быть пропорциональна x и разности C_0 и C_t , из чего следует: $\frac{dx}{dt} = -kx(C_0 - C_t)$, где k – коэффициент пропорциональности, подлежащий определению, причем $k > 0$. Знак минус в правой части обусловлен тем, что каждый множитель k , x , $C_0 - C_t$ положителен, а $\frac{dx}{dt} < 0$, так как с течением времени количество растворенного вещества убывает. C_t заменим через M , V , x и преобразуем произведение этих множителей получим:

$$kx(C_0 - C_t) = kx\left(C_0 - \frac{M - x}{V}\right) = \frac{kx}{V}(C_0V - M + x).$$

Пусть

$$\begin{cases} \frac{k}{V} = a; \\ C_0V - M = b. \end{cases} \quad (1)$$

Тогда $kx(C_0 - C_t) = ax(b + x)$ и дифференциальное уравнение примет вид:

$$\frac{dx}{dt} = -ax(b + x). \quad (2)$$

Начальное условие: при

$$t = 0, \quad x = M, \quad (3)$$

Условие для определения коэффициента a : при

$$t = 1 \text{ ч}, \quad x = \frac{M}{2}. \quad (4)$$

Разделим переменные в уравнении (2) и интегрируем, тогда получим:

$$\int \frac{dx}{x(b + x)} = -\int a dt + \ln C_1 \quad (5)$$

Разложив подынтегральное выражение первого интеграла на простейшие дроби и умножив обе части уравнения (5) на b , интегрируя и потенцируя, полагая $\ln C = b \ln C_1$ получим:

$$\frac{x}{b + x} = Ce^{-abt}. \quad (6)$$

Полагая в уравнении (6) $t=0$ и принимая во внимание начальное условие (3), запишем: $C = \frac{M}{b+M}$. Тогда уравнение (6) примет вид:

$\frac{x}{b+x} = \frac{M}{b+M} e^{-abt}$. Решая данное равенство относительно x получим

$$x = \frac{Mbe^{-abt}}{b+M(1-e^{-abt})}. \quad (7)$$

Выполнив проверку: полагая в уравнении (7) $t=0$, получим, что начальное условие соблюдается.

Составим с помощью (7) выражение $b+x = \frac{b(b+M)}{b+M(1-e^{-abt})}$.

По условию $M = 10$ г, $V = 90$ мл, $C_0 = \frac{1}{3}$, следовательно по второму из соотношений (1) $b = 20 > 0$. Равенство (7) при условии (4) примет вид: $x = \frac{20e^{-20at}}{3-e^{-20at}} = 5$.

Тогда $a = -\frac{\ln 0,6}{20} \approx 0,0255$, а попервому из соотношений (1), $k = 0,0255 \cdot 90 = 2,295$. При $V=180$ мл $a = 0,01275$; $b = 50$; $ab = 0,6375$. Используя формулу (7), найдём искомое количество оставшегося сахара $M - x \approx 5,2$ г.

Литература

1. Понаморов, К.К. Составление дифференциальных уравнений /К.К. Понаморов// Под ред. Ю.С. Богданов. Мн. «Вышэйш. школа», 1973. С. – 560.

УДК 621.350.11

**РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАДИЕНТНЫХ МЕТОДОВ
МИНИМИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ В ПАКЕТАХ MATHCAD
И МАТНЕМАТИСА**

студенты гр. 10602219 Вадейко В.С., Манько А.В.

Научный руководитель – канд. физ.-мат наук, доцент Рудый А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Рассмотрена задача нахождения минимума дифференцируемой функции $z = z(x, y)$ с помощью градиентных методов. В этом случае, рассматривая начальную точку $a_0(x_0, y_0)$, строим последовательные приближения к минимуму (точки $a_k(x_k, y_k)$), идя в направлении

$$-\nabla z : (x_{k+1}, y_{k+1}) = (x_k, y_k) - \alpha_k \cdot \nabla z(x_k, y_k), k = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

В примере используем метод наискорейшего спуска, который предполагает на каждом шаге решения задачи одномерную оптимизацию, а именно α_k выбираем, находя минимум по α функции:

$$z((x_k, y_k) - \alpha_k \cdot \nabla z(x_k, y_k)) \quad (2)$$

(∇z - градиент функции z)

Найдем минимум функции $z(x, y) = (x + y^2) \cdot e^{\frac{x}{2}} \rightarrow \min$ градиентным методом в пакетах Mathcad и WolframMathematica.

Используя ранее написанную программу, найдем минимум функции в Mathcad:

$$f(x, y) := (x + y^2) \cdot e^{\frac{x}{2}}$$

$$f(x) := \left[(x_0 + x_1^2) \cdot e^{\frac{x_0}{2}} \right]$$

$$v := \begin{pmatrix} -4 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$\text{optND}(v, f) = \begin{pmatrix} -2 \\ 1.253 \times 10^{-6} \end{pmatrix}$$

$$f(x, y) := (x + y^2) \cdot e^{\frac{x}{2}}$$

$$f(-2, 1.253 \times 10^{-6}) = -0.736$$

Подпрограмма выполняет последовательное вычисление частной производной функции, определение градиента функции в точке и значений его проекций на оси ординат. Поиск минимума функции при выборе шага α_k осуществляется по методу Фибоначчи.

Определим минимум функции в пакете WolframMathematica.

Линии уровня для заданной функции:

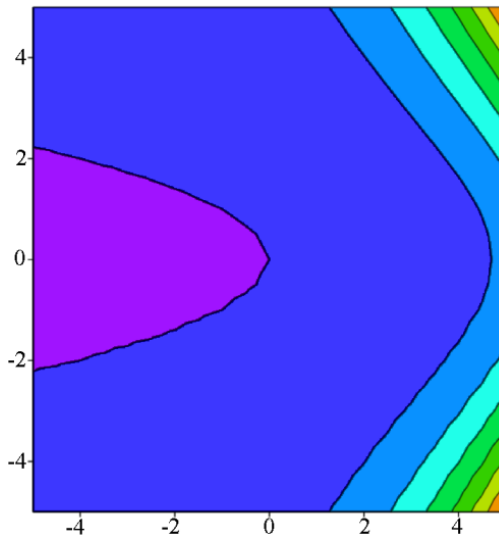


Рис.1. Изображение графика линий уровня функции в пакете Mathcad

Пусть $(x_0, y_0) = (-4, 3)$.

Структура программы:

```
z[x_,y_]:= (x+y^2)*exp^(x/2)
derzx[x_,y_]:= exp^(x/2)+(x*exp^(x/2)+y^2*exp^(x/2))/2
derzy[x_,y_]:= 2*exp^(x/2)*y
x:=-4
y:=3
```

Найдем минимум по λ функции:

```
FindMinimum[z[x - 1*derzx[x,y], y - 1*derzy[x,y]],{1}]
{-0.340, {l → 3.111}}
```

Используя формулу (1) построим таблицу:

k	x_k	y_k	λ_k
0	-4	3	3,11
1	-5.474	0.474	17.09
2	-3.675	-0.576	4.099
3	-3.237	0.176	5.665
4	-2.560	-0.219	2.272
5	-2.398	0.058	3.733
6	-2.176	-0.073	1.848
7	-2.123	0.018	3.265
8	-2.054	-0.023	1.727
9	-2.037	0.005	3.297

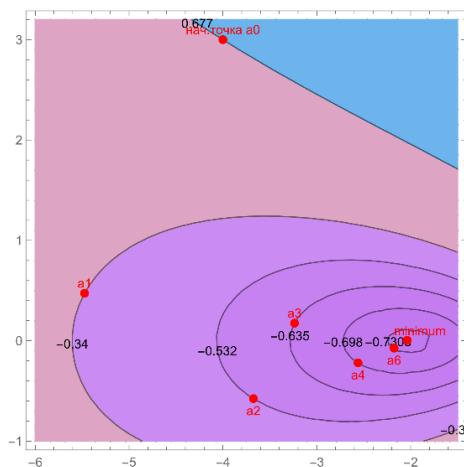


Рис. 2. Графическое изображение поиска минимума в пакете WolframMathematica

Таким образом, минимум функции: $z(-2.037, 0.005) = -0.736$

Литература

Безусловная минимизация функций многих переменных градиентным методом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.exponenta.ru>. – Дата доступа: 02.04.2021.

УДК 658.27

СТАТИСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ И СОСТОЯНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ

студенты гр. 10112120 Горнак И.В., Фаловский А.Р.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Чепелева Т.И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Статистика является важнейшим средством описания реальной деятельности предприятия, его экономического состояния, развития отдельных отраслей предприятия, отдельных секторов экономики, что весьма важно для прогнозирования развития экономики в целом.

Отцом политической экономики и в некоторой степени изобретателем статистики являлся К.Маркс. В свою очередь выделилось на территории Германии такое направление статистики, как «государство-ведение», основоположником которого был врач, видный государственный деятель, немецкий ученый ГерманКопринг (1606-1681). Позже появилось такое направление статистики, как статистика предприятия. Начали различать различные объединения предприятий в зависимости от форм собственности: государственная, частная, смешанная и иностранная. Таким образом, благодаря статистическим исследованиям, определилась кадровая, экономическая, инвестиционная политика государства со своими бюджетными средствами. Следует заметить, что предприятия всех отраслей образуют общую статистическую совокупность. Предприятия участвуют в производстве товаров и услуг, которые учитываются в формировании валового внутреннего продукта. Каждое предприятие имеет свои отличительные признаки. Такими признаками могут быть: форма собственности, вид производимой продукции, назначение продукции, квалификация и состав рабочих и др. Значения, которые принимают признаки, называются вариантами, а сами признаки называются варьирующими. При изучении статистики предприятия рассматривается вариация максимального числа признаков исследуемой совокупности и их классификация. Часто используется для систематизированного перечня различных объектов такое понятие, как «классификатор». В классификаторе каждому объекту, каждому значению сгруппированного признака присваивается определенный код, который заменяет название объекта и является идентификацией. Для предприятий имеется обязательный перечень производимой продукции для отчета перед государственными органами, т.е. каждое предприятие имеет свою статистическую номенклатуру.

Для предприятия обобщающими показателями могут быть такие, как количество произведенной продукции, фондоотдача, количество производственных активов, уровень рентабельности, количество рабочих и т.п. Разработаны статистические методы роста показателей работы предприятия, позволяющие изучать явления во взаимосвязи с использованием философских законов о поступательном развитии явлений и их всеобщей связи.

В работе проведены статистические расчеты основных средств

предприятия и проведены исследования. К основным средствам относятся средства труда с различными характеристиками. Характеристики средств труда зависят от видов группировок, от классификаций, зависящих от различных признаков. Для детального изучения средств труда использованы группировки и классификации по различным признакам. Для исследования взяты:

- отведенные земельные площади, сооружения, здания, машинный комплекс, оборудование, инструменты, инвентарь, транспортные средства;

- поступающие средства из других отраслей для производства товара, включая сельское, лесное, строительное хозяйства и промышленность;

- поступающие средства из других отраслей для оказания услуг – из сферы здравоохранения, образования, связи, торговли, общественного питания, материально-технического снабжения, вычислительной техники, сбыта и заготовок.

Расчеты основных средств проводились на начало и конец года и в среднем за год. Среднегодовая стоимость основных средств для отчетного периода рассчитывалась по формуле средней хронологической.

Показатели движения основных средств: коэффициенты поступления, ликвидации, выбытия и обновления рассчитаны на основании данных баланса по полной стоимости.

Исходные данные: наличие основных средств на начало года; поступило в отчетном году, в том числе новых; выбывало в отчетном году, в том числе ликвидировано; наличие основных средств на конец года; остаточная стоимость основных средств на начало года; остаточная стоимость основных средств на конец года.

При расчете показателей средств производства предприятия получены следующие данные: коэффициент поступления составил 7,6%, коэффициент ликвидации составил 5,1%, коэффициент выбытия составил 5,6%, коэффициент интенсивности обновления – 71,1%, коэффициент обновления основных средств составил 7%, коэффициент обновления, коэффициент годности на начало периода – 76,5%, коэффициент износа на начало периода равен 23,5%, коэффициент годности на конец периода равен 73,9%, коэффициент износа на конец периода – 26,1%. Кроме указанных показателей определён абсо-

лютный и относительный прирост средств. Абсолютный прирост составил 92 млн. руб. Относительный прирост составил 2%.

Проведены исследования. Наличие основных средств на начало года увеличим на 100млн. руб., а наличие основных средств на конец года увеличим на 200млн. руб. При изменении параметров можем наблюдать следующие изменения: коэффициент поступления основных средств оказался равным 7,2%, коэффициент обновления основных средств – 6,6%, коэффициент выбытия основных средств – 5,4%, коэффициент ликвидации основных средств – 4,9%, коэффициент годности основных средств на конец года – 74,7%, коэффициент годности основных средств на конец года – 70,6%, коэффициент износа основных средств на начало года – 25,3%, коэффициент износа основных средств на конец года – 29,4%.

Вывод: при изменении параметров, при увеличении основных средств на начало года на 100 млн. руб. и на конец года на 200 млн. руб. абсолютный прирост средств составит 192 млн. руб., а относительный прирост средств будет 4,4%.

УДК 519.254

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

студент Черевако М.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Кленовская И.С.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Теория вероятностей – область математики, суть которой заключается в исследовании случайных событий и функций. Случайность показывает огромное количество всевозможных реальных событий, имеющих общую связь.

Случайным событием является это явление, которое при множественном повторении воспроизводится по-разному и имеет разные результаты. В электротехнике и электроэнергетике данные события – параметры, отражающие состояние электрических цепей и их режимы работы: тока $I(t)$, напряжения $U(t)$, активной мощности $P(t)$,

реактивной мощности $Q(t)$, происходящие во времени. Любое воспроизведение определённой последовательности действий, направленных на получение определенного результата, называется опытом.

Также практические показатели при исследовании параметров систем электроснабжения редко совпадают с результатами расчёта, потому что данные случайные события не являются равновероятными. В электроэнергетике и электротехнике для расчётов параметров используется понятие «геометрической» вероятности, которое подразумевает отношение меры области вероятного попадания исследуемой точки к мере всей исследуемой области.

В задачах систему электроснабжения вместо невозможных и достоверных событий используются понятия практически невозможных с практически достоверных событий. Практически достоверным является событие с вероятностью близкой к 1. Практически невозможным является событие с вероятностью близкой к 0. Эти события вводятся согласно принципу практической уверенности: если вероятность A в опыте весьма мала, то можно быть практически уверенным в том, что при однократном воспроизведении опыта событие A не произойдёт. Принцип практической уверенности исключает из рассмотрения события с вероятностью меньше E_x .

E_x – показатель граничной вероятности, значение которого определяется из показаний оптимизации надёжности и эксплуатационных условий. При расчёте параметров система электроснабжения E_x принимается равной 0,05. Поэтому практически невозможным является событие с вероятностью меньше 0,05, а практически достоверным – событие с вероятностью больше или равной 0,95.

Обычно приходится изучать вероятности не простых случайных событий, а сложных – комбинаций ряда простых, элементарных событий. Определение вероятности сложного события через известные значения вероятности простых событий производится, исходя из законов вероятностей сложных событий. В электроэнергетике состояние любого элемента: нормальная работа, аварийный простой, профилактический ремонт – простое событие. Состояние всей системы в целом или её части – сложное событие.

В электротехнических расчётах подобные задачи решаются с использованием элементов теории вероятностей и математической статистики, так как теория вероятностей – наука, изучающая закономерности в случайных явлениях. С точки зрения теории вероятностей

пова, Т.А. Колодяжная. // Северо-Кавказский государственный технический университет, Ставропольский государственный аграрный университет. 2011. С. 278-281.

2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. // Учеб. Пособие для приборостроит. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк. 1991. – 622 с.

3. Долгополова А.Ф., Колодяжная Т.А. Международный журнал экспериментального образования. / А.Ф. Долгополова, Т.А. Колодяжная. // Руководство к решению задач по математическому анализу. Часть 1 - 2011. № 12. С. 62-63.

4. Костин В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики. / В.Н. Костин. // учебное пособие. СПб.: СЗТУ, 2003.

УДК 51:616.9

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ В ПАКЕТЕ МАТЛАБ
СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
МОДЕЛИ COVID-19 SEIR**

студентка гр. 10706119 Гайшун А.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Юринок В.И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В докладе описана математическая SEIR-модель прогнозирования коронавирусной инфекции COVID-19, а также на основе дифференциальных уравнений в системе Matlab построены графики прогнозирования распространения COVID-19 для Беларуси в период с 1 по 30 апреля 2021 года.

Математическая SEIR-модель позволяет приблизительно спрогнозировать процесс распространения коронавирусной инфекции COVID-19 на определенный промежуток времени. Благодаря этому можно уменьшить количество зараженных и минимизировать использование бюджетных и фармацевтических ресурсов.

Модель эпидемии SEIR относится к классу т.н. компартментальных моделей, суть которых состоит в том, чтобы разделить популяцию на несколько групп. Затем, численность каждой из групп сопоставляется с переменной в системе дифференциальных уравнений,

решая которую, можно спрогнозировать динамику развития эпидемии.

Дифференциальные уравнения модели SEIR имеют вид:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \frac{S(I + \theta E)}{N}, \quad \frac{dE}{dt} = \beta \frac{S(I + \theta E)}{N} - \kappa E, \quad \frac{dI}{dt} = \kappa E - \gamma I, \quad \frac{dR}{dt} = \gamma I$$

Здесь используются следующие обозначения:

$S(t)$ - восприимчивые (незараженные) индивидуумы, $I(t)$ - инфицированные индивидуумы с симптомами, $R(t)$ - вылеченные индивидуумы, $E(t)$ - число людей с болезнью в инкубационном периоде, β - скорость передачи инфекции, γ - скорость выздоровления, $1/\gamma$ - средняя продолжительность болезни, κ - скорость перехода болезни из инкубационной стадии в открытую, θ - степень заразности латентных носителей инфекции по сравнению с заболевшими, $N=S+I+R+E$ - общий размер популяции.

Начальные условия в момент времени t_0 :

$$S(t_0) = S_0 \geq 0, I(t_0) = I_0 \geq 0, R(t_0) = R_0 \geq 0$$

Для моделирования возьмем следующие параметры, ориентируясь на данные за 1 апреля 2021. Предполагая, что болезнь в среднем длится 14 дней (по крайней мере, сколько длится легкая форма, на которую приходится до 80% случаев), найдем значение $\gamma=1/14=0,0714$. Примем $\beta=3/14=0,2143$. Величина $\theta=0,6$. С учетом средней длительности инкубационного периода в 3 дня, возьмем $\kappa=1/3=0,33$. Население Беларуси примем равным $N = 9\,450\,000$ человек.

В качестве начальных условий используем данные по Беларуси на 1 апреля 2021 года:

$$S_0=9\,134\,115, I_0=1236, R_0=1384, E_0=0.5 I_0$$

По этим данным в программе Matlab построим графики прогнозирования распространения COVID-19 до 30 апреля.

Ниже представлены программы для численного решения и построения графиков в Matlab

```

figure('Color','w')
[s,t]= ode45(@(s,t) -0.2143*s*(1236 + 0.6*0.5*1236)/9450000, [1,30],
  9134115, odeset('Stats','on'));
plot(s,t)
figure('Color','w')
[e,t]= ode45(@(e,t) -0.2143*3500*(1236 + 0.6*0.5*e)/9450000 - 0.33*e,
  [1,30], 618, odeset('Stats','on'));
plot(e,t)
figure('Color','w')
[r,t]= ode45(@(r,t)0.33*1236, [1,30], 1384, odeset('Stats','on'));
plot(r,t)
figure('Color','w')
[i,t]= ode45(@(i,t)0.33*1617 - 0.0714*i, [1,30], 1236, odeset('Stats','on'));
plot(i,t)

```

Рис. 1. Фрагмент программы решения системы дифференциальных уравнений в системе Matlab

Графики прогнозирования распространения коронавирусной инфекции COVID-19 представлены на рисунке 2.

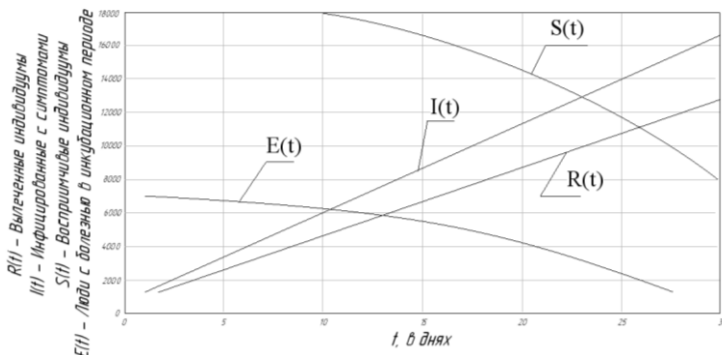


Рис.2. График прогнозирования числа людей с болезнью в инкубационном периоде, восприимчивых индивидуумов, инфицированных индивидуумов с симптомами, вылеченных индивидуумов

На данном графике мы можем наблюдать, что количество людей, у которых болезнь находится в инкубационном периоде, будет постепенно снижаться к концу месяца, число восприимчивых индивидуумов будет постепенно уменьшаться. Это связано с тем, что количество зараженных будет расти, как результат количество восприимчивых индивидуумов будет снижаться. Количество людей с

симптомами значительно возрастет к концу месяца, количество вылеченных постоянно возрастает и стремится к количеству заразившихся индивидуумов.

Исходя из полученных графиков, мы можем сделать следующий вывод: количество зараженных будет постоянно возрастать. Поэтому надо соблюдать все меры профилактики коронавирусной инфекции, чтобы снизить риск заражения. Недостатком модели является невысокая точность.

Литература

1. Шурыгин А.М. Математические методы прогнозирования/А.М. Шурыгин. – М.,2009.
2. Боев, Б.В. Прогнозно-аналитические модели эпидемий / Б.В. Боев. – М., 2005.