

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Межвузовский сборник научных трудов

Рязань 2020

УДК 004

Информационные технологии, межвузовский сборник научных трудов. – Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2020. – 188 с.

ISBN 978-5-6044440-2-3

Публикуются статьи о проблемах использования информационных технологий в науке и образовании.

Сборник рассчитан на научно-педагогических работников вузов и может быть использован студентами и аспирантами инфокоммуникационных и информационных специальностей.

Редакционная коллегия:

Д-р техн. наук, проф. В.П. Корячко (ответственный редактор), д-р техн. наук, проф. Ю.Л. Леохин (Московский технический университет связи и информатики), д-р техн. наук, проф. В.П. Кулагин (МИРЭА – Российский технологический университет), д-р техн. наук, проф. А.Д. Иванников (Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук), д-р техн. наук, проф. С.В. Скворцов (РГРТУ), д-р техн. наук, проф. А.П. Шибанов (РГРТУ), канд. техн. наук А.Н. Сапрыкин (ответственный секретарь).

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. А.И. Таганов (Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина), д-р техн. наук, проф. В.А. Минаев (Московский государственный технический университета имени Н.Э. Баумана).

ISBN 978-5-6044440-2-3

©Рязанский государственный
радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина, 2020
©ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Анисимова А.А., Калинин А.А., Шелехина Е.В.

Краткий анализ программных сред по проектированию печатных плат..... 7

Анисимова А.А., Калинин А.А., Шелехина Е.В.

Обзор сред по проектированию и программированию ПЛИС..... 11

Балабанов Н.Р.

Методы поиска лиц на изображениях с использованием свёрточных нейронных сетей 15

Васюков В.В.

Модернизация установки предварительного вспенивания полистирола..... 18

Горин В.С., Кузнецов И.М.

Задача формирования жгутов в блоке ЭВА сложной конструкции 23

Горин В.С.

Повышение эффективности алгоритма компоновки цепей 26

Грачев А.В.

Структура и принцип работы блока управления «Умный дом» 33

Данилов А.В., Сускин В.В.

Термоэлектрические устройства охлаждения 38

Дмитриева Т.А., Рябичев А.А.

Необходимость разработки прикладного программного обеспечения для создания интерактивных электронных технических руководств по обслуживанию и ремонту изделий 43

Журавлев Н.А.

Автоматизированное контрольно-испытательное устройство..... 46

Журавлев Н.А.

Конструктивное описание пульта включения и индикации..... 49

Заигров Н.С.

Повышение точности радиоволновых датчиков в автоматизированных системах контроля заполнения резервуаров..... 52

Зайлер А.В.

Структура и принцип работы альтернативных видов энергетики 59

Кожанов А.И.

Исследование интерфейсов взаимодействия с программно-конфигурируемыми сетями..... 63

Козлова Д.Д., Громов А.Ю.

Совершенствование бизнес-процесса принятия и рассмотрения претензий в сфере услуг с использованием КРІ..... 66

Конин П.А.

Сравнительный анализ алгоритмов трассировки соединений 71

Коночкин К.Н.

Создание искусственных нейронных сетей на языке Python 75

Кузьмин А.Н., Шашков М.А.

Распределение потока тепла через плоскую стенку 80

Мальцев Г.М.

Программа расчета температуры перфорированного блока 86

Маркова Н.А.

Электронный привод тренажера для разработки суставов 90

Машков Ф.В., Сапрыкин А.Н.

Эволюционный алгоритм для трассировки двухслойных каналов 93

Митрошин А.А., Никишин В.Е.

Конвейерная планировка методом ветвей и границ 97

Музюкин И.А., Сапрыкин А.Н.

Использование модифицированных операторов скрещивания для непрерывных генетических алгоритмов..... 100

Новиков И.С.

Разработка программных средств исследования конструкций ЭВС на механические воздействия 103

Пичиенко Я.Ю.

Ассоциативные правила в интеллектуальном анализе данных..... 107

Плотников Д.В., Богатов А.В.

Обзор алгоритмов машинного обучения 112

Подгорнова Н.А.

Применение нейронных сетей для оценки привлекательности регионов России для зарубежной трудовой миграции..... 115

Потапкина Н.С.

Перспективы использования программно-конфигурируемых сетей ... 119

Ромашин Р.С.

Алгоритмы построения кратчайших связывающих деревьев 122

Сапрыкин А.Н., Никишин В.Е., Петренко В.В.

Генетическая система оптимизации нагрузки программно-конфигурируемой сети..... 126

Субботкина А.С., Цедилина Т.А., Горин В.С.

Приближенный алгоритм трассировки проводных соединений..... 130

Тарасов В.А., Зайлер А.В.

Анализ программных комплексов по расчету надежности..... 134

Тарасов В.А., Таранов А.Э.

Применение модели «нагрузка-несущая способность» к потоку событий, обрабатываемых узлом с конечной пропускной способностью ... 138

Тарасов В.А., Федоров В.П.

Оценка вероятности безотказной работы по модели нагрузка-несущая способность 143

Трушина Е.А.

Человеко-машинный подход к проектированию систем дистанционного зондирования земли 147

Филькин К.Ф., Горин В.С.

Актуальность и необходимость применения схем ККМ в современных источниках питания 153

Хохлова А.С., Грачев А.В.

Структура и принципы работы системы «Умный дом» 157

Хохлова А.С.

Размерный анализ и его место в решении размерных цепей 160

Цепулин И.А.

Создание высококонформализованной базы данных методом якорного моделирования..... 164

Чудинин А.В., Сускин В.В.

Структура и принцип работы системы управления ДВС и устройством подачи водородного топлива 173

Шашков М.А., Кузьмин А.Н.

Теплопроводность через цилиндрическую стенку и многослойную цилиндрическую стенку..... 177

Шевяков М.В.

Программа расчета пластинчатого радиатора 182

Шевяков М.В.

Интерактивная программа тестового контроля при проведении занятий по курсу САПР МС 185

УДК 004.9

А.А. АНИСИМОВА, А.А. КАЛИНКИН, Е.В. ШЕЛЕХИНА
Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕД ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Данная статья посвящена обзору различных систем автоматизированного проектирования печатных плат.

В наше время при проектировании печатных плат используется большое количество различных САПР. Они позволяют повысить эффективность деятельности инженера, сократить сроки проектирования и уменьшить трудоёмкость процесса. Достигается это за счёт того, что автоматизируется весь процесс, начиная с создания принципиальной схемы и заканчивая получением конструкторской документации и информации для производства печатных плат на технологическом оборудовании.

Примерами таких САПР являются P-CAD, Altium Designer, Ki-CAD DipTrace, FreePCB и многие другие. Рассмотрим по подробнее каждую из них.

P-CAD - это многофункциональная, мощная система автоматизированного проектирования, способная выполнять весь цикл разработки ПП [3]. Данная система содержит в своём составе два основных автономных модуля - PCB (редактор печатных плат) и Schematic (редактор электрических принципиальных схем). Кроме основных, P-CAD так же имеет большое количество вспомогательных программ таких как, Symbol Editor (для создания символа компонента), Pattern Editor (для создания и редактирования посадочных мест), Library Executive (диспетчер библиотек), Autorouters (для автоматической трассировки или разводки проводников ПП), а так же ряд других. САПР печатных плат P-CAD имеет интерфейс на английском языке, но использование шрифтов True Type позволяет делать надписи на русском языке.

Основными достоинствами и недостатками рассматриваемой системы являются:

- 1) P-CAD одна из самых экономичных по требованиям для установки система;
- 2) Имеет низкую цену, а значит, она доступна многим предприятиям, что позволяет обеспечивать обмен данными между ними;

- 3) Важным недостатком является отсутствие автоматического возврата при наличии ошибок, к предыдущим этапам проектирования;
- 4) Могут возникать ошибки при копировании и вращении всего проекта в целом;
- 5) Так же замечалась неустойчивая работа на краях поля трассировки ПП.

В 2006 году австралийская компания Altium, являющаяся владельцем данной программы, сделала официальное заявление, что развитие P-CAD под её руководством заканчивается. Разработчикам предложили перейти на более мощный продукт компании Altium Designer. В связи с этим последней официальной версией стала P-CAD 2006 SP2, которая вышла в 2006 году.

Altium Designer (AD) - унифицированная система проектирования, представляющая широчайшие возможности по созданию устройств на базе печатных плат, от разработчиков легендарной САПР P-CAD [2]. Данная система содержит два продукта: редактор схем и редактор ПП. Редактор печатных плат включает в себя «умные» средства, для интерактивного и автоматического размещения компонентов. Программа AD содержит автотрассировщик Situs, который использует новый подход в трассировке печатных проводников. Он эффективно распределяет пространство для определения путей трассировки и затем преобразует эти пути в законченные трассы. Так же в рассматриваемой САПР имеется библиотека, содержащая более 90000 готовых компонентов. Почти каждый из них имеет 3D-модели и модели посадочных мест. Интерфейс системы на английском языке, но в интернете есть большое количество неофициальных русификаторов, которые идут, как правило, только на старые версии программы. Достоинств у Altium Designer довольно много, поэтому рассмотрим основные недостатки:

- 1) AD достаточно дорогая система проектирования для частного использования, но для крупных предприятий приобрести её не составит труда;
- 2) В меню редакторов очень много разных функций, поэтому новичкам будет довольно сложно разобраться;
- 3) Altium Designer очень требователен к ресурсам, поэтому для нормальной работы необходим мощный ПК с ОЗУ не менее 2 Гб.

KiCAD - это бесплатная САПР, позволяющая создавать печатные платы и электрические схемы и подготавливать для них выходные данные [1]. KiCAD состоит из нескольких подпрограмм: Pcbnew (редактор ПП), Eeschema (редактор электрических схем), Gerbview (для просмотра файлов формата gerber), Cvrpcb (для выбора посадочных мест в соответствии с компонентами на схеме) и Kicad (менеджер проектов).

Так же рассматриваемая САПР имеет много библиотек компонентов, для которых есть готовые 3D модели, сделанные в программе Wings 3D.

Основными достоинствами и недостатками KiCAD являются:

- 1) Многофункциональность;
- 2) Находится в свободном доступе, не требует покупки лицензии и имеет открытый исходный код;
- 3) Поддерживает большое количество языков;
- 4) Важным недостатком является тяжело воспринимаемый интерфейс, без справочной литературы сложно освоить программу;
- 5) Качество визуализации хуже, чем у платных аналогов.

DipTrace - это система автоматизированного проектирования печатных плат и принципиальных схем. Программа состоит из нескольких модулей: PCB Layout (для разводки плат, с помощью ручной и автоматической трассировки), Pattern Editor (для редактирования корпусов), Component Editor (редактор компонентов) и Schematic (для разработки принципиальных схем). Стандартные библиотеки компонентов имеют более 100 тысяч элементов и постоянно дополняются. DipTrace была разработана отечественными программистами и поэтому интерфейс полностью русифицирован.

Основными достоинствами и недостатками рассматриваемой системы являются:

- 1) Существует как платная, но не дорогая по сравнению с другими САПР такой направленности, так и бесплатная версия с ограничениями для простых любителей электроники;
- 2) Очень удобный и простой в освоении интерфейс;
- 3) Возможность построения 3D-изображения конечного изделия, которое можно вращать в пространстве;
- 4) Важным недостатком является то, что в программе отсутствуют компоненты по ГОСТу;
- 5) Так же отсутствует возможность печати в редакторе Pattern Editor и Component Editor.

FreePCB – это бесплатная программа для ручной разводки печатных плат. FreePCB в России известна довольно многим, но находится на пике популярности в США, там же программа и была разработана. Данная система очень удобна и проста в освоении, но в то же время даёт возможность профессионально разводить печатные платы. Несмотря на то, что программа имеет только ручную трассировку, она так же способна работать с сетевым автотрассировщиком FreeRouting.

Основными достоинствами и недостатками FreePCB являются:

- 1) Поддержка до 16 слоев;

- 2) Максимальный размер печатной платы 1524×1524 мм;
- 3) Используются как дюймовые, так и метрические единицы измерения;
- 4) Открытый исходный код;
- 5) Важным недостатком является то, что программа полностью на английском языке и не имеет русификаторов.

Ниже приведена сравнительная таблица различных САПР печатных плат:

Таблица 1

Название САПР	P-CAD	Altium Designer	Ki-CAD	DipTrace	FreePCB
1. Возможность автоматизированного размещения	+	+	+	+	-
2. Поддержка 3D-моделирования	-	+	+	+	-
3. Интерфейс на русском языке	-	-	+	+	-
4. Стоимость, (тыс.руб)	-	от 200	-	35	-
5. Открытый исходный код	-	-	+	-	+

В заключении, хотелось бы отметить, что все рассмотренные нами САПР являются современными системами, отличающиеся между собой не только функциональностью, но и стоимостью. Для выбора подходящей системы необходимо ориентироваться на несколько факторов, таких как потребности предприятия и задачи, стоящие перед пользователем, а также стоимость приобретения и содержание системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат / Е.В. Пирогова. М.: Форум, 2005. 559 с.
2. Сабунин А.Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств / А.Е. Сабунин. М.: СОЛОН-Пресс, 2009. 432 с.
3. Уваров А.С. P-CAD. Проектирование и конструирование электронных устройств / А.С. Уваров. М.: Горячая линия-Телеком, 2004. 760 с.

УДК 004.9

А.А. АНИСИМОВА, А.А. КАЛИНКИН, Е.В. ШЕЛЕХИНА
Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

ОБЗОР СРЕД ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРОГРАММИРОВАНИЮ ПЛИС

В данной статье будут рассмотрены различные среды по проектированию и программированию ПЛИС.

Как известно первые ПЛИС появились в середине 80-х годов прошлого века, но, несмотря на это процесс разработки новых идей и средств автоматизации, различных сред и САПР не стоит на месте. В современной электронике часто применяются ПЛИС. К примеру, раньше сложное изделие могло состоять из нескольких сотен микросхем и нескольких десятков печатных ячеек, то на сегодняшний день схему с аналогичными функциями можно разместить в одной ПЛИС. Для этого и были разработаны среды и САПР по проектированию ПЛИС. Эта разработка позволила значительно сократить время при создании и проектировании ПЛИС [1].

Давайте начнём с определения. Что же такое ПЛИС и для чего она нужна?

ПЛИС (Программируемая Логическая Интегральная Схема) - это электронный компонент, предназначенный для создания цифровых интегральных схем. Логика работы задается в процессе её программирования.

Теперь рассмотрим наиболее удобные и распространенные среды для создания программируемых логических интегральных схем, а именно это Altera – ModelSim (Quartus II), Xilinx - WebPACK ISE и Altium - Designer.

I. Altera - ModelSim (Quartus II)

Программный пакет Quartus II фирмы Altera может использоваться для проектирования систем на основе ПЛИС Altera. В Quartus II можно создавать проекты, при этом указывая тип используемой микросхемы, а также семейства. Данный программный пакет позволяет создавать исходные файлы проекта на таких языках как: Verilog HDL, VHDL, или Altera Hardware Description Language (AHDL) [3].

Процесс проектирования в данной среде включает в себя следующие этапы:

- 1) Синтез;

- 2) Размещение и трассировка, а именно:
 - 2.1) Анализ потребляемой мощности;
 - 2.2) Отладка;
 - 2.3) Внесение инженерных изменений;
- 3) Моделирование, то есть настройка временных параметров;
- 4) Временной анализ;
- 5) Программирование и конфигурирование.

На основе всего вышесказанного можно сделать вывод, что данная среда имеет достаточно разнообразный функционал и может подойти для решения различного рода задач.

II. Xilinx - WebPACK ISE

Компания Xilinx также занимает огромную нишу в области разработки и проектирования ПЛИС. В 1984 году Xilinx выпустила первую ПЛИС с архитектурой FPGA. Xilinx является ведущим мировым производителем ПЛИС.

В САПР WebPACK ISE есть возможность реализовать все этапы для проектирования цифрового устройства на базе ПЛИС. Также можно запрограммировать и сам кристалл.

Существуют следующие этапы проектирования в данной среде:

- 1) Создание нового проекта, в котором можно выбрать семейство и тип ПЛИС, а также средства синтеза;
- 2) Подготовка описания проектируемого устройства в схемотехнической, алгоритмической или текстовой форме;
- 3) Синтез устройства;
- 4) Функциональное моделирование;
- 5) Трассировка проекта в кристалл;
- 6) Временное моделирование;
- 7) Программирование ПЛИС, то есть непосредственно загрузка проекта в кристалл.

Хотелось бы отметить, что WebPACK ISE имеет достаточно удобный интерфейс и легкий к восприятию для пользователя. Управлять всеми процессами проектирования и программирования ПЛИС просто в данной среде благодаря её интерфейсу.

III. Altium – Designer

Хоть данная САПР и позиционируется как мощное программное средство для проектирования печатных плат, но в ней есть возможность проектирования и программирования ПЛИС [2]. Так как большое количество выводов в современных ПЛИС затрудняет разводку печатной платы, при программировании ПЛИС необходимо учитывать её топологию.

В Altium Designer можно создавать проекты ПЛИС. Сначала создается проект для печатной платы, а уже в нем проект для самой ПЛИС. Это сделано для того, чтобы пользователю был доступ к информации о связи программной части ПЛИС и ее расположении на печатной плате.

Хотелось бы отметить, что в этой САПР создавать различные модули можно как в виде кода, который представлен текстовым файлом, так и в виде электрической схемы. Соответственно данная среда позволяет создавать проекты ПЛИС, в которые могут входить и схемы, и код на одном из языков описания электронных схем.

Основные этапы в Altium Designer для проектирования и программирования ПЛИС:

- 1) Создание нового проекта;
- 2) Создание нового листа схемы внутри проекта;
- 3) Формирование схемы на новом листе с помощью элементов, которые находятся в библиотеках;
- 4) Создание отдельного файла, в котором описываются все входные и выходные сигналы и их параметры. Это делается для дальнейшего моделирования проекта;
- 5) Компиляция проекта;
- 6) Моделирование проекта.

Ниже приведена сравнительная таблица сред по проектированию ПЛИС.

Таблица 1

Наименование среды	Достоинства	Недостатки
Altera Modelsim	Моделирование и отладка проектов описанных на языках VHDL и Verilog; Бессрочная лицензия и бесплатный продукт.	Ориентация только на моделирование и отладку СБИС ПЛ; Использование на проектах, имеющих описание до 10000 строк.
Xilinx-WebPACK ISE	Использование проектов, подготовленных в других похожих системах проектирования; Удобный пользовательский интерфейс;	Может быть приобретен в качестве опции; Сложность в установке и распаковке архивов.

Продолжение Таблицы 1

Altium – Designer	Работа с проектами любой сложности и размерности; Обновляемая библиотека, имеющая более 90000 компонентов; Удобный пользовательский интерфейс; Возможность непосредственной работы с пакетом SolidWorks; Одновременный доступ нескольких пользователей к одной библиотеке.	Данный продукт является платным, цена которого зависит от выбранного пакета.
-------------------	--	--

В заключении хотелось бы еще раз подчеркнуть тот факт, что разработка и создание различных сред и САПР внесла огромный вклад в науку, а именно это очень сильно “облегчило” и ускорило процесс проектирования и программирования ПЛИС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Клайв Максфилд. Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы. – М.: Додэка XXI, 2007.
2. Сабунин А.Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. – М.: СолонПресс, 2009.
3. Стешенко В.Б. ПЛИС фирмы “Altera”. Элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры. – М.: ДМК Пресс, 2016.

УДК 004.852

Н.Р. БАЛАБАНОВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**МЕТОДЫ ПОИСКА ЛИЦ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЁРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ***В статье рассматриваются аспекты интерпретации результатов работы обученной свёрточной нейронной сети.*

Интерпретация результатов работы свёрточной нейронной сети это сложный и многоступенчатый процесс. Свёрточные нейронные сети предназначены для работы с изображениями, вернее с их матрицами цветов, как правило, сведённых в одну матрицу градиентов серого цвета – насыщенности. Этот тип сетей использует матрицы весов, с помощью которых сеть выделяет на изображении некоторые участки и сглаживает или убирает другие. К примеру резкие перепады цветов будут выделены, а плавные градиенты сведены к одному тону. Обучение сети тому, что она должна искать на изображении – сложный и многоступенчатый процесс. В данном случае, обучение производилось методом генетических алгоритмов, в котором весовые матрицы изменялись случай-но(мутировали), отбирались и мутировали снова.

Свёрточная нейронная сеть возвращает матрицу в качестве результата, если не подключена к полносвязной сети [1]. Именно такой случай будет рассмотрен здесь.

После получения кадра видео, сеть обрабатывает изображение, сжимая его и выделяя самые заметные детали. Эти детали могут быть различны, однако они должны выделяться одинаково на всём изображении [2, 3].

В данном случае, подобные детали будут являться в виде чёрных областей, которыми сеть выделяет резкие перепады и контрасты цвета, а также изменения в линиях(как на лице, так и иных – узоров или одежды). С помощью поиска по насыщенностям зон, можно выделить данные области и обозначить их красными маркерами. Учитывая небольшой размер выходной матрицы нейронной сети, подобный поиск весьма быстр и не требует больших ресурсов.

В приведённом примере поиск будет заключаться в поиске на изображении зон 4 на 4 пикселя с минимальным насыщением цвета – на рисунке им соответствуют чёрные области. Стоит обратить внимание на то,

что обработанное изображение на примере имеет в четыре раза меньшее разрешение, чем изначальное – работа свёрточной нейронной сети подразумевает многократное сжатие изображения для отсеивания ненужных деталей. Это можно заметить на примере узоров на заднем плане, которые, мелкие детали которого были отсеяны сетью.

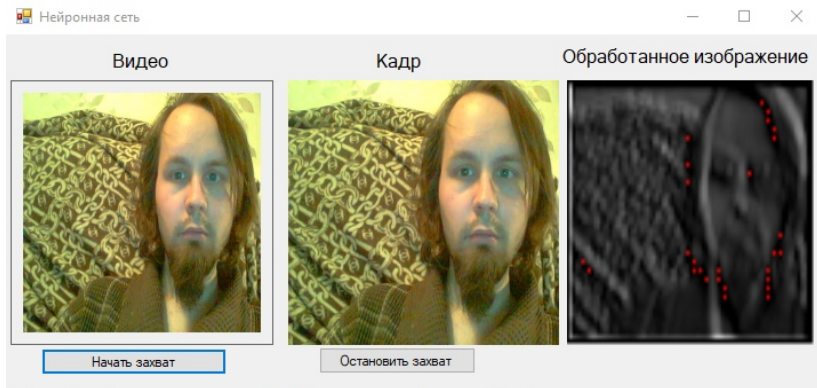


Рисунок 1 – Маркеры на изображении

Овал лица, в данном случае, окружён маркерами, однако из-за особенности нейронной сети, видно два маркера на заднем плане, а также маркеры на отдалении от лица. Вторая задача анализа сводится к отсеиванию неверных маркеров и поиску овала лица.

Для этого воспользуемся методом отсечения. Сначала анализ будет проводиться по оси x – программа будет искать область без маркеров или с их малым количеством слева от изображения, до тех пор, пока не дойдёт до области с большим количеством маркеров.

Затем программа будет искать конец области с большим количеством маркеров. Начало и конец этой области будут левой и правой стороной прямоугольника, заключающего в себе искомое лицо.

Затем поиск будет проводиться по оси y – в пределах ограниченной по оси x области будет проводиться аналогичный поиск зон с маркерами, границы которой образуют верх и низ прямоугольника.

Так как лицо всегда имеет большую высоту, чем ширину поиск по оси x приоритетнее, чем по оси y . Поиск по оси y также сильно зависит от правильности поиска по x . Если первый поиск нашёл неправильное положение лица, то поиск по оси y может вообще не дать результата.

Полученный результат можно увидеть на рисунке 2.



Рисунок 2 – Пример поиска области лица

Как итог можно отметить, что точный поиск лица требует уменьшения размера маркеров и увеличение их количества, что приведёт к увеличению требуемой вычислительной мощности, что может быть недопустимо в системах реального времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Уоссермен Ф., Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. / пер. с англ. Ю. А. Зуева, В. А. Точёнова. М.: Мир, 1992. 184с.
2. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. М.: Финансы и статистика. 2004. 176 с.
3. Демидова Л.А., Марчев Д.В. Применение рекуррентных нейронных сетей в задаче классификации отказов работы сложных технических систем в рамках проактивного технического обслуживания // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. № 69. С. 135 – 148.

УДК 004.51

В.В. ВАСЮКОВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО
ВСПЕНИВАНИЯ ПОЛИСТИРОЛА**

Рассматриваются вопросы модернизации установки предварительного вспенивания полистирола.

Повсеместное использование электроники и внедрение автоматизации преобразует понятие человеко-машинного интерфейса (HMI). Правильно настроенный промышленный HMI может стать центральной частью интеллектуального производства, дополнительным средством увеличения эффективности и производительности предприятия. Для рассматриваемой установки предварительного вспенивания полистирола сконструирован проект человеко-машинного интерфейса в виде древовидной структуры с использованием окон, выводимых на панель оператора. Выбор нужного окна производится из любого открытого окна с помощью программируемых сенсорных клавиш (Тех. параметры, Наладка, Экран, Цикл). На каждом экране присутствует верхняя строка (прямоугольная область экрана), предназначенная для отображения времени и даты. Внизу каждого экрана расположены надписи, которые относятся к нажимным клавишам с названиями экранов, предназначенных для управления установкой.

Упрощенную структуру окон панели оператора и переход между ними можно представить графически (рисунок 1):

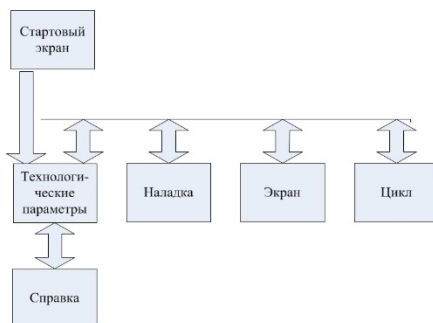


Рисунок 1 – Упрощенная структура окон панели оператора

Рассмотрим подробно каждое из окон человеко-машинного интерфейса.



Рисунок 2 – Окно «Стартовый экран»

После подачи питания и включения установки на панели оператора появляется окно «Стартовый экран» (рисунок 2). Затем необходимо нажать сенсорную кнопку «СТАРТ», чтобы перейти в следующее окно «Технологические параметры», из которого уже можно будет попасть в любое окно посредством нажатия одной из четырех сенсорных клавиш в нижней части экрана (Тех. параметры, Наладка, Экран, Цикл). На стартовом экране эти сенсорные клавиши неактивны.



Рисунок 3 – Окно «Технологические параметры»

Окно «Технологические параметры» (рисунок 3) выводится на экран при нажатии сенсорной клавиши «Тех. пар-ры» из любого окна, кроме «Справка». Также окно «Технологические параметры» выводится на экран при нажатии сенсорной клавиши «СТАРТ» в окне «Стартовый экран».

В окне «Технологические параметры» задаются такие параметры как плотность, время разгрузки, v_1 , v_2 , v_3 , P_1 , P_2 , P_3 , t_1 , t_2 , а также при-

существует сенсорная кнопка «Справка», которая открывает экран справки. Описание технологических параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Описание технологических параметров

Параметр	Описание
Плотность	Плотность пенополистирола, которую необходимо получить в результате вспенивания, кг/м ³
Время разгрузки	Устанавливается таймер на время открытия люка на выгрузку материала, с
v1 (v2, v3)	Скорость вращения активатора на 1 (2,3) этапе вспенивания, об/мин
P1 (P2, P3)	Давление пара в камере вспенивателя на первом (втором, третьем) этапе вспенивания, атм
t1 (t2)	Время 1(2) этапа вспенивания, с

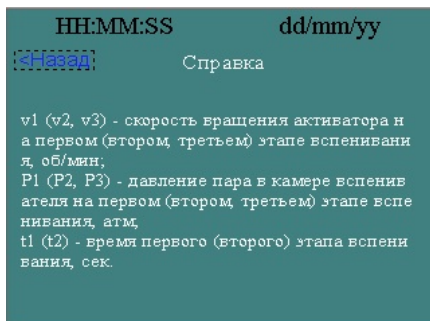


Рисунок 4 – Окно «Справка»

Окно «Справка» (рисунок 4) выводится на экран при нажатии соответствующей клавиши «Справка» в окне «Технологические параметры». Здесь описываются важные параметры технологического процесса. Поля ввода и вывода отсутствуют, т.е. окно используется как информационное. Выход из окна осуществляется путем нажатия сенсорной кнопки «Назад», расположенной в верхнем левом углу, после чего мы попадаем в окно «Технологические параметры».



Рисунок 5 – Окно «Наладка»

Окно «Наладка» (рисунок 5) выводится на экран при нажатии соответствующей клавиши «Наладка» из любого окна, кроме «Справка». В окне «Наладка» путем нажатия соответствующей сенсорной кнопки вручную можно включить любой механизм для проверки его работоспособности, а именно: Активатор (1 скорость), Сушка, Вентилятор загрузки материала, Пневмоклапан сброса конденсата, Пневмоклапан подачи пара, Пневмоклапан открывания люка, Пневмоклапан загрузки материала, Пневмоклапан подачи материала.



Рисунок 6 – Окно «Экран»

Окно «Экран» (рисунок 6) выводится на экран при нажатии сенсорной клавиши «Экран» из любого окна, кроме «Справка». В этом окне располагаются вспомогательные функции, не влияющие непосредственно на технологический процесс, а именно сенсорные клавиши «Калибровка» и «Чистка», а также сенсорные кнопки повышения/понижения уровня яркости.

Калибровка экрана производится по мере необходимости или в случае неполного соответствия точки касания пальца и области поля

окна вызываемой функции. При нажатии на сенсорную клавишу вызывается экран для калибровки. Калибровку производить в соответствии с описанием на панель оператора.

Для удобства очистки поверхности панели оператора данная кнопка отключает чувствительность экрана на 30 секунд.

Сенсорные кнопки «вверх» и «вниз» служат для прибавления (убавления) яркости панели оператора.



Рисунок 7 – Окно «Цикл»

Окно «Цикл» (рисунок 7) вызывается на экран при нажатии сенсорной клавиши «Экран» из любого окна, кроме «Справка». Окно служит для индикации режимов работы установки, а также для отображения температуры и давления пара в камере установки. На экране отображаются следующие режимы работы: Прогрев, Загрузка, Сброс, Вспенивание 1, Вспенивание 2, Вспенивание 3, Выгрузка, Сушка.

Таким образом, полученный в результате работы человеко-машинный интерфейс позволяет управлять работой установки при помощи современных средств автоматизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дельта электроникс www.deltronics.ru/product – (дата обращения: 27.02.2020).
2. Шуляк В.С. Литье по газифицированным моделям. – СПб., Профессионал, 2007.-408 с.

УДК 681.3.06

В.С. ГОРИН, И.М. КУЗНЕЦОВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ЗАДАЧА ФОРМИРОВАНИЯ ЖГУТОВ
В БЛОКЕ ЭВА СЛОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Рассматриваются возможные способы укладки жгутов, упрощающих проводной монтаж в блоке ЭВА.

В одном из конструктивных решений блока электронно-вычислительной аппаратуры (ЭВА) применяется плотная упаковка проводов в жгуты. При этом раскладка проводов осуществляется вручную с последующей вязкой жгутов хлопчатобумажной нитью (рисунок 1). Такой способ вязки жгутов очень трудоёмкий и ухудшает ремонтно-пригодность блока.

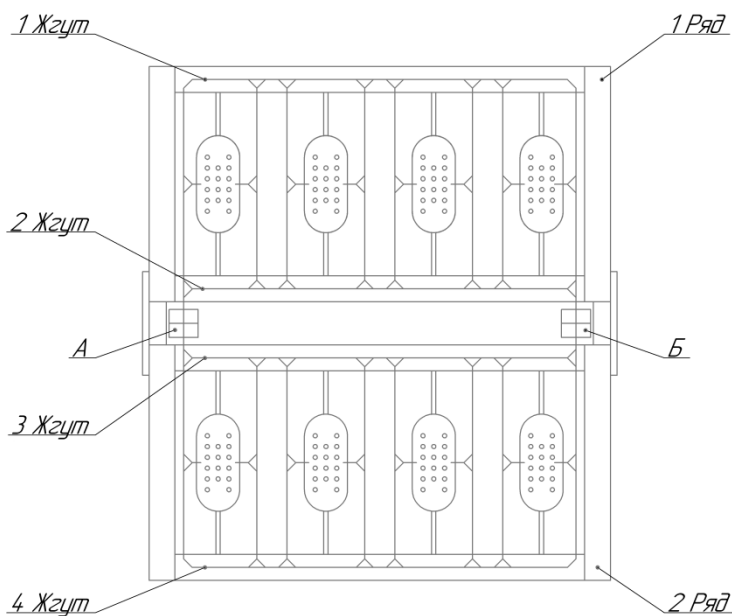


Рисунок 1 – Укладка жгутов в конструкции блока

В настоящей работе предлагается заменить используемый способ раскладки проводов и свести его к традиционному способу вязки жгутов на трафаретах.

Учитывая, что обычный жгут представляет собой независимый пучок проводов с отходящими от него концами, причём, любой провод не может одновременно находиться в двух и более жгутах, рассмотрим следующие варианты решения задачи:

1 вариант – распределим все провода в четыре отдельных горизонтальных жгута. Группа из первого и второго жгутов будет соединять контакты разъёмов первого ряда, а группа из третьего и четвертого жгутов – второго ряда. Необходимые соединения контактов первого и второго рядов разъёмов реализуем с помощью контактных колодок или дополнительных разъёмов, размещённых в точках А и Б блока. При этом на этапе формирования (вязки) второго и третьего жгутов необходимо следить за тем, чтобы количество проводов, подходящих к колодкам и помещаемых во второй и третий жгуты не превышало числа контактов колодок.

2 вариант – разделим соединительные провода на группы следующим образом:

- в первую группу поместим провода, соединяющие контакты разъёмов первого ряда;
- во вторую группу поместим провода, соединяющие контакты разъёмов второго ряда;
- в третью группу поместим провода, соединяющие контакты первого и второго рядов.

Провода третьей группы определим в дополнительные пятый и шестой вертикальные жгуты таким образом, чтобы концы жгутов укладывались в каналы второго и третьего жгутов (рисунок 2), а суммарная длина проводов была минимальной.

Это позволит при правильном распределении проводов по жгутам, с одной стороны, уменьшить суммарную длину проводов, а с другой – отказаться от разъёмов или контактных колодок между рядами разъёмов.

Выбор 1-го или 2-го варианта для реализации соединений будет зависеть от конструктивных или технологических ограничений, предъявляемых к блоку ЭВА.

Для решения непосредственно задачи распределения проводов в конкретные жгуты можно при соответствующей подготовке исходных данных использовать формальную постановку и метод решения задачи, изложенной в [1]. От выбора соединителей в первом варианте будет зависеть как способ подготовки исходных данных, так и алгоритм раз-

водки проводов, в качестве которого можно использовать алгоритм, изложенный в [2], основанный на методе расстановки пометок [3].

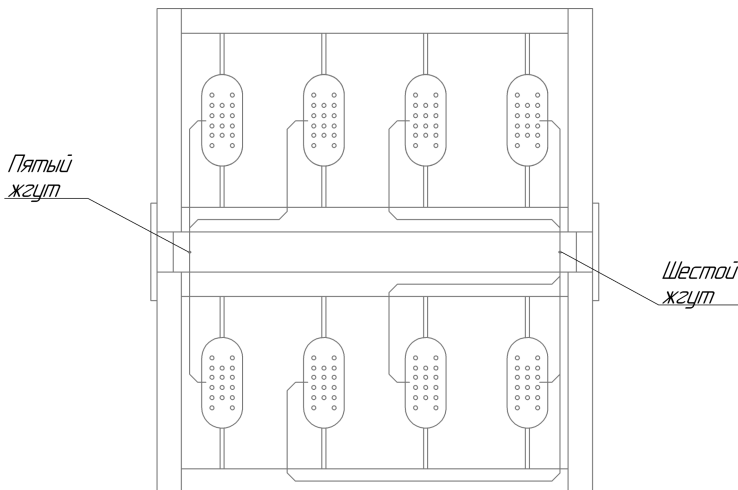


Рисунок 2 – Второй возможный вариант решения задачи

На наш взгляд, более удачным является второй вариант, так как он, во-первых, за счёт декомпозиции задачи существенно уменьшает трудоёмкость поиска решения, а во-вторых, при достаточных ресурсах памяти компьютера и времени позволяет найти оптимальный вариант решения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корячко В. П., Горин В. С., Черемухин Н. В. Оптимизация распределения электрических соединений при жгутовом монтаже электронно-вычислительной аппаратуры // Вестник Рязанского радиотехнического университета. 2012. № 3 (41). С. 60-64.
2. Деньдобренко Б.Н., Малика А.С. Автоматизация конструирования РЭА: Учебник для вузов. –М.: Высш. школа, 1980. – 384 с.
3. Форд Л.Р., Фалкерсон Д.Р. Потоки в сетях/Пер. с англ. – М.: Мир, 1966 – 276 с.

УДК 681.3.06

В.С. ГОРИНРязанский государственный радиотехнический университет им.
В.Ф. Уткина**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
АЛГОРИТМА КОМПОНОВКИ ЦЕПЕЙ**

Рассматривается усовершенствованный алгоритм компоновки, реализующий новый критерий для формирования сильносвязанных подсхем, полученный путем линейаризации релейного выражения оценки качества решения. Приведены трудоемкость алгоритма и словесное описание его работы.

При проектировании сложных электронных устройств необходимо решать задачу компоновки (разбиения) электрической схемы на малосвязанные блоки (подсхемы) с заданными контактными и модульными ограничениями. Эта задача относится к классу NP-полных задач, и поэтому для ее решения не существует точных алгоритмов, трудоемкость которых отличается от полного перебора. Применение же для этих целей эвристических алгоритмов, которые используют неформальные приемы лишь качественно характеризующие значение оптимизируемых критериев [1], часто оказывается неудовлетворительным. Поэтому на практике компоновка схем обычно производится вручную, основываясь на опыте и интуиции разработчиков.

Алгоритм компоновки цепей, представляющий собой процедуру последовательного закрепления за формируемым блоком не элементов, а цепей [2], за счет последовательного выбора которых минимизируется суммарное количество внешних выводов, позволяет улучшить качество автоматической компоновки. При этом критерием выбора очередной цепи – кандидата на включение в формируемый блок служит выражение, полученное путем линейаризации точного выражения для определения числа внешних выводов некоторой подсхемы:

$$P^j(t) = \sum_{q \in K_t^j} \text{sign} \left[\sum_{i \in I_q} c_{qi} \cdot \text{sign} \left(\sum_{k \in K^i} c_{ki} - \sum_{k \in K_t^j} c_{ki} \right) \right]. \quad (1)$$

Здесь j – индекс формируемого блока; K^j – множество индексов цепей схемы, инцидентных элементам с индексами из множества I^j , не распределенных в ранее сформированные блоки к моменту формирования j -го блока; K_t^j – множество индексов цепей, включенных в форми-

руемый блок к t -му шагу работы алгоритма; I_t^j – множество индексов элементов, инцидентных цепям с индексами из множества K_t^j ; I_q – множество элементов с индексами из I^j , инцидентных q -й цепи; c_{ki} – элемент матрицы инцидентности $C = (c_{ki})_{I \times N}$, определенный следующим образом:

$$c_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й элемент инцидентен } k\text{-й цепи;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

Приведенные обозначения соответствуют описанию схемы, содержащей N элементов и l цепей, представленной моделью гиперграфа.

Графическая интерпретация множества индексов цепей, закрепленных за блоком K_t^j , а также инцидентных им элементам I_t^j и элементам множества I_q , инцидентным цепи q , изображены на рисунке 1.

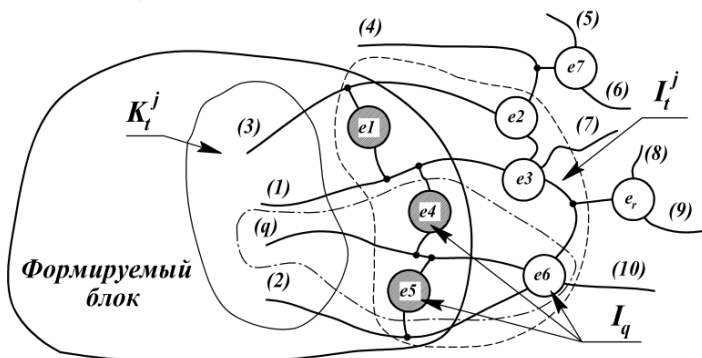


Рисунок 1 – Определение множеств K_t^j , I_t^j и I_q . Выделенные элементы $e1$, $e4$ и $e5$ включены в блок

Исследование рассматриваемого алгоритма показало, что в ряде случаев он допускает включение в формируемый блок не связанных между собой элементов (различных компонент связности). Пример подобного формирования блока, в который включаются не связанные элементы, приведен на рисунке 2. Так, если вычислять оценки по критерию, приведенному в работе [2], то за формируемым блоком последовательно будут закрепляться цепи и, соответственно, элементы: цепи 1, 4, 3, 5 (включается элемент $e2$); цепь 2 (включается элемент $e1$); цепи 6, 7 (включается элемент $e3$); цепь 10 (включается элемент $e4$); цепи 9, 8 (включается элемент $e7$); цепь 14 (включается элемент $e10$) и т.д.

Можно заметить, что последние два элемента $e7$ и $e10$ не связаны с ранее включенными.

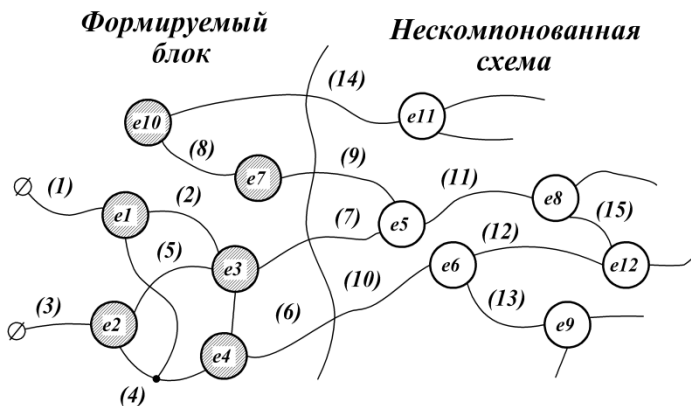


Рисунок 2 – Формирование блока алгоритмом компоновки цепей

Для устранения выявленного недостатка предлагается использовать другое выражение, тоже позволяющее точно определить число внешних выводов для любой подсхемы:

$$P^j(t) = \sum_{q \in K_t^j} \left\{ \text{sign} \left[\sum_{i \in I_q} \text{sign} \left(\sum_{k \in K^i} c_{ki} - \sum_{k \in K_t^j} c_{ki} \right) \right] \right\} \times \left. \left. \left. \text{sign} \left[\sum_{i \in I_q} \left[1 - \text{sign} \left(\sum_{k \in K^i} c_{ki} - \sum_{k \in K_t^j} c_{ki} \right) \right] \right] \right] \right\} \right\} \quad (2)$$

Обозначения в выражении (2) прежние.

Наличие релейных функций делает неудобным использование выражения (2) в качестве критерия оптимизации, поэтому так же, как в работе [2], осуществим его линеаризацию путем введения понятий о степенях включения элементов и цепей в формируемый блок.

Будем понимать под степенью включения элемента в блок отношение числа инцидентных ему и закреплённых за блоком цепей к общему числу цепей, инцидентных данному элементу. Если степень включения элемента равна 1, то данный элемент включается в блок.

Под степенью включения цепи в блок будем понимать отношение суммы степеней включения инцидентных цепи элементов, не распределённых в ранее сформированные блоки, к общему числу таких элементов.

Используя введенные выше обозначения, степени включения i -го элемента и q -й цепи в j -й блок к t -му шагу работы алгоритма можно соответственно определить так:

$$S_i = \frac{1}{C_i} \sum_{k \in K_i^j} c_{ki};$$

$$S_q = \frac{1}{C_q} \sum_{i \in I_q} \frac{1}{C_i} \sum_{k \in K_i^j} c_{ki},$$
(3)

где $C_i = \sum_{k \in K_i^j} c_{ki}$ – количество цепей, инцидентных i -му элементу;

$C_q = \sum_{i \in I^j} c_{qi}$ – количество элементов, инцидентных q -й цепи.

С учетом (3) выражение (2) можно приближенно записать так:

$$P^j(t) \approx \sum_{q \in K_i^j} \left[\left(1 - \frac{1}{C_q} \sum_{i \in I_q} \frac{1}{C_i} \sum_{k \in K_i^j} c_{ki} \right) \times \left(\frac{1}{C_q} \sum_{i \in I_q} \frac{1}{C_i} \sum_{k \in K_i^j} c_{ki} \right) \right] =$$

$$= \sum_{q \in K_i^j} \left[\frac{1}{C_q} \sum_{i \in I_q} \frac{1}{C_i} \sum_{k \in K_i^j} c_{ki} - \left(\frac{1}{C_q} \sum_{i \in I_q} \frac{1}{C_i} \sum_{k \in K_i^j} c_{ki} \right)^2 \right]$$
(4)

Если сопоставить выражения (2) и (4), то можно заметить, что выражение (2) для каждой цепи дает истинное значение числа внешних выводов, т.е. 0 или 1. Выражение (4) для каждой цепи, полностью включенной в формируемый блок, также дает истинное значение числа внешних выводов – 0; для цепи же, не полностью включенной в блок, выражение (4) определяет как бы требуемую часть внешнего вывода с учетом степени включения этой цепи.

Получим выражение для приращения числа внешних выводов формируемого блока $\Delta P_r^j(t)$ от закрепления за ним цепи с индексом r :

$$\Delta P_r^j(t) = P^j(t+1) - P^j(t).$$
(5)

Подставляя в (5) выражение (4) и учитывая, что

$$\sum_{i \in I_q} \frac{c_{ri}}{C_i} = \sum_{i \in I_r} \frac{c_{qi}}{C_r},$$

можно получить:

$$\Delta P_r^j(t) = \sum_{q \in K_i^j} \left[\frac{1}{C_q} \sum_{i \in I_q} \frac{c_{qi}}{C_i} + \frac{1}{C_r} \sum_{i \in I_r} \frac{c_{qi}}{C_i} - \frac{2}{(C_q)^2} \left(\sum_{i \in I_r} \frac{c_{qi}}{C_i} \right) \left(\sum_{i \in I_q} \frac{1}{C_i} \sum_{k \in K_i^j} c_{ki} \right) - \right.$$

$$\left. - \left(\frac{1}{C_q} \sum_{i \in I_r} \frac{c_{qi}}{C_i} \right)^2 \right] + \frac{1}{C_r} \sum_{i \in I_r} \frac{c_{ri}}{C_i} - \left(\frac{1}{C_r} \sum_{i \in I_r} \frac{1}{C_i} \sum_{q \in K_i^j} c_{qi} + \frac{1}{C_r} \sum_{i \in I_r} \frac{c_{ri}}{C_i} \right)^2.$$
(6)

Запишем выражение (6) в следующем виде:

$$\Delta P_r^j(t) = \sum_{q \in K_r^j} \left[P_{qr} + P_{rq} - 2P_{qr} \cdot S_q^t - (P_{qr})^2 \right] + P_{rr} - (S_r^t + P_{rr}^2).$$

Используя определения для степеней включения элементов и цепей и их формульные записи (3), физический смысл последнего выражения можно интерпретировать следующим образом: величины P_{qr} и P_{rq} характеризуют соответственно изменение степеней включения цепи q и r от закрепления за формируемым блоком цепи с индексом r ; S_q^t и S_r^t – соответственно степени включения цепей q и r на $t-1$ -м шаге работы алгоритма; P_{rr} – величина, характеризующая степень включения цепи r при условии включения ее в блок. Слагаемые с отрицательным знаком характеризуют как бы ту часть внешних выводов, на которую уменьшается их число в формируемом блоке при включении в него цепи с индексом r , а с положительным – ту часть, которая добавляется к общему числу внешних выводов при включении цепи с индексом r .

Выражение (6), минимизация которого обеспечивает выбор цепи r^* , дающей минимальное приращение числа внешних выводов, используется в качестве критерия связности при выделении блоков предлагаемым алгоритмом.

При практической реализации алгоритма целесообразно учитывать следующие особенности выражения (6), которые позволяют существенно ускорить процесс вычислений.

1. Выбор цепи r^* имеет смысл так же, как и в алгоритме компоновки цепей [2], производить из подмножества цепей $Q_i^j \setminus K_i^j$, где Q_i^j – множество индексов цепей, инцидентных элементам из множества I_i^j , в свою очередь, инцидентных цепям с индексами из множества K_i^j . Это обусловлено тем, что только для этих цепей изменяется значение критерия связности.

В то же время можно показать, что мощность множества $Q_i^j \setminus K_i^j$ не меньше мощности множества I_i^j элементов-кандидатов на включение в формируемый блок, из которого выбираются элементы другими известными эвристическими алгоритмами компоновки [1].

Действительно,

$$\Delta = \text{Card}(Q_i^j \setminus K_i^j) - \text{Card}(I_i^j) = \sum_{i \in I_i^j} \left(\sum_{k \in K_i^j} c_{ki} - \sum_{k \in K_i^j} c_{ki} \right) - \text{Card}(I_i^j).$$

Учитывая, что $\sum_{k \in K^j} c_{ki} - \sum_{k \in K_i^j} c_{ki} \geq 1$ (равенство соответствует только элементам, инцидентным одной цепи), $\Delta \geq 0$. Следовательно,

$$\text{Card}(Q_i^j \setminus K_i^j) \geq \text{Card}(I_r^j).$$

Это обстоятельство обуславливает увеличение «глубины» просмотра схемы и, тем самым, способствует повышению качества работы алгоритма.

2. Значение P_{qr} и P_{rq} связаны между собой соотношением $P_{qr} = P_{rq} \cdot C_q / C_r$, где C_q и C_r – постоянные величины для конкретной схемы.

3. Пересчет значений P_{qr} , S_r^t и S_q^t достаточно осуществлять лишь для цепей $q \in Q_i^j \setminus K_i^j$, которые содержат элементы, инцидентные цепи r^* .

4. Величины P_{rr} для всех цепей схемы постоянны и их имеет смысл вычислить перед работой алгоритма.

Оценим трудоемкость вычислений предлагаемым алгоритмом, для чего предположим, что среднее число элементов схемы, инцидентных одной цепи, равно m , а среднее число цепей, инцидентных одному элементу, равно n . тогда мощность множества $Q_i^j \setminus K_i^j$ к t -му шагу работы алгоритма не может быть больше величины:

$$\text{Card}(Q_i^j \setminus K_i^j) \leq t \cdot m \cdot (n-1).$$

Для выбора цепи $r \in Q_i^j \setminus K_i^j$ потребуется $t \cdot m \cdot (n-1)$ операций вычисления оценки (6) и $t \cdot m \cdot (n-1) - 1$ операций сравнения. Если предположить, что для формирования блока необходимо выбрать ρ цепей, то трудоемкость алгоритма можно оценить так:

$$O < (k_b + k_c) \cdot \sum_{t=1}^{\rho} t \cdot m \cdot (n-1) = (k_b + k_c) \cdot \rho \cdot (\rho+1) / 2 \cdot m \cdot (n-1),$$

т.е. трудоемкость алгоритма оценивается полиномом второй степени от ρ и не зависит от размеров исходной схемы. Здесь k_b и k_c соответственно трудоемкости операций вычисления выражения (6) и операций сравнения.

Практические и теоретические исследования алгоритма позволили уточнить и структурировать рабочую программу. Словесное описание ее выглядит следующим образом.

1. За формируемым блоком условно закрепляется некоторая цепь из числа цепей, не включенных полностью в ранее сформированные блоки (т.е. цепей, элементы которых только частично распределены по блокам), или цепей, выходящих на внешний разъем.

Цепь считается условно включенной в блок до тех пор, пока хотя бы один из инцидентных ей элементов не будет включен в блок. Если такого не произойдет, то по окончании формирования блока все условно включенные цепи будут исключены из блока.

2. По определенному ниже правилу за блоком последовательно условно закрепляются новые цепи. При этом если среди условно закрепленных цепей появляются совокупности цепей, инцидентных всем контактам каких-либо элементов, то данные элементы включаются в блок. В свою очередь, все цепи, инцидентные этим элементам, окончательно закрепляются за блоком.

Процесс продолжается до тех пор, пока не происходит заполнение или переполнение объема блока. Переполнение блока может возникнуть в случае одновременного включения в блок нескольких элементов или при специально заданном превышении ограничений на контактную и модульную емкости блока.

3. В случае переполнения блока производится последовательное исключение "лишних" элементов и цепей до выполнения требуемых ограничений на модульную и контактную емкости блоков.

Задача исключения из блока «лишних» элементов и цепей решается способом, аналогичным способу набора цепей. Формируется как бы новый блок из уже набранного.

При этом первоначально вне блока условно закрепляются все цепи, требующие в блоке внешнего вывода, и далее последовательно – цепи, наиболее «связанные» по критерию вида (б) с ранее исключенными и условно закрепленными вне блока цепями. При этом на каждом шаге проверяются модульные и контактные ограничения для расформируемого блока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Селютин В.А. Машинное конструирование электронных устройств. – М.: Сов. Радио, 1977. – 384 с.

2. Юсим Г.В. Алгоритм компоновки цепей // Автоматизированное проектирование в радиоэлектронике и приборостроении. – Л.: «Изв. ЛЭТИ», 1979. – Вып. 249. – С. 36–41.

Все системы Умный дом, которые предлагаются на российском рынке, можно разделить на 6 основных групп:

1. Децентрализованные/Распределенные системы;
2. Беспроводные;
3. Серверные;
4. Промышленные системы;
5. Узкопрофильные;
6. Гибридные решения.

Децентрализованные/Распределенные системы

Начнем с самой лучшей системы для домашней автоматизации – децентрализованной системы.

Преимущество данной системы:

- Нет центрального компьютера. Самое главное преимущество данной системы и почему она называется децентрализованная, у нее отсутствует центральный компьютер или сервер.

Это значит, весь дом или квартира не будет зависеть от какого то компьютера, который может зависать, глючить, перезагружаться или подвергаться вирусным атакам.

- Принцип данной системы: «Поставил и забыл», где после установки системы, будет виден комфорт, а не технические сложности системы;
- Особое внимание, заслуживает очень важный критерий, что на данных системах работают сотни инженеров и компаний, есть возможность оперативно найти специалиста к сервису;
- У данной системы каждый элемент независимый, к примеру, вышел из строя элемент системы, отвечающий за светильник в спальне, все остальные комнаты продолжают стабильную работу, не будет такого, когда вышел из строя 1 элемент, у вас перестало работать половина квартиры или несколько этажей в доме;
- У данных систем нет батареек, не нужно думать, что где-то села батарейка;
- У данных систем есть ручной режим, который не зависит от программы;
- Простой монтаж. Подключение может сделать каждый грамотный электрик.

Недостатки данных систем:

- Данная система ставится на этапе ремонта, так как предполагает определенный вид инженерии;

- К сожалению, на российском рынке много компаний, которые предлагают очень дорогие решения и их главной целью является заработок. Но на самом деле есть оборудование, равнозначное во всех отношениях, но ниже по цене в разы;
- В данных системах также существует ряд производителей весьма «узкопрофильных», подробнее в соответствующем разделе ниже.

Сразу обозначим, что данный раздел учитывает основные факторы создания надежной и долговечной системы.

Беспроводные системы

Исходя из названия – это системы, которые работают по беспроводным технологиям. Данные технологии появились относительно недавно, в них есть огромное количество «скрытых подводных камней».

Преимущества беспроводной системы:

- Данные системы изначально и появились, чтобы их могли использовать заказчики, у которых уже выполнена отделка. Система позволяет сделать из обычной электрики Умный дом, даже после выполненного ремонта;
- Меньше времени уходит на монтаж.

Недостатки беспроводной системы:

- Все элементы чаще всего работают на батарейках;
- Как и любая беспроводная технология, она может показывать нестабильность;
- Выбор выключателей и панелей небольшой;

Технические решения крайне ограничены по сравнению с другими системами и даже элементарные вещи сделать на данной системе нельзя.

Серверные системы

Данная система входит в тройку самых популярных систем, которые предлагают разные компании, уверяя в надежности и комфорте.

Преимущества системы:

- На ряд функций имеет мощный функционал;
- Есть много готовых решений, как поставить систему с готовой программой.

Недостатки системы:

- Главный недостаток системы, что она построена на главном компьютере/сервере, то есть вся инженерия квартиры, дома будет зависеть от 1 головного устройства.
- Цена. В основном такие решения крайне дорогие;

- Сервис данных систем крайне сложный, опять появляется зависимость от 1 компании;
- К описанию выше относится, что для серверных систем пишется индивидуальная программа под каждый объект.

Промышленные системы

Не будем углублять техническую сторону, что это контроллеры со свободной логикой и т.д.

Преимущества рассматриваемой системы:

- Высочайшая надежность, излишняя для домашней автоматизации.
- На данных устройствах можно делать сложнейший вид автоматизации, если вы делаете это для завода.

Недостатки рассматриваемой системы:

- Полностью отсутствуют дизайнерские панели комфорта Умный дом. Самое главное, что будет видеть, трогать каждый день хозяин;
- Сложнейшая система монтажа, даже инженер с высшим образованием не сразу разберется, что и как подключать. Если где-то отойдет кабель не 1 электрик и близко не подойдет к данной системе;
- Последующий сервис крайне сложный.

Узкопрофильные системы

Из всех существующих решений Умный дом, данное решение является самым плохим.

К данным решениям мы отнесли системы, с редкими программами и 1-2мя компаниями в России, которые разбираются в них.

Преимущества данной системы:

- Данные решения можно использовать, если вы инженер;
- Есть ряд решений, которые дешевле других систем на 15-20%.

Недостатки данной системы:

- Данные системы ограничены в выборе конечных элементов комфорта для клиента;
- В данных системах масса подводных камней, но компания-инсталлятор будет уверять клиентов, что система лучшая.

Гибридные системы

Гибридные системы – это результат, когда в жилье или доме ставится смешанное решение из разных систем Умного дома. К примеру,

свет и шторы делаются на одной системе, климат на другой системе Умного дома и т.д.

Преимущества такой системы:

- Есть единичные случаи удачной реализации гибридного решения.

Недостатки такой системы:

- Данные решения чаще всего получаются, когда изначально выбранная система является весьма ограниченной;
- Во время ремонта вы решили что-то добавить, к примеру, климат-контроль или музыку;
- И тут компания начинает создание смешанной системы, ставит различные шлюзы/переходники, усложняет систему, появляется масса компонентов. Шлюз сам по себе крайне не надежное решение.

При выборе системы автоматизации домашних процессов в первую очередь необходимо определиться, какие задачи должна выполнять схема. Для простой автоматизации квартиры нерационально покупать и устанавливать проводную схему. Напротив, полноценную систему для контроля, за всеми аспектами жизни нельзя построить на простой беспроводной конструкции с минимальным набором возможностей. Также не стоит выбирать оборудование по одной только стоимости – сначала необходимо просмотреть решения по функционалу и характеристикам, и уже потом по цене.

После проведенного анализа применения различных систем, можно с точностью сказать, что для домашней автоматизации лучше всего подходят децентрализованные системы. Из рассмотренных готовых программно-аппаратных решений функционально подходит децентрализованная система, так как она надежна и имеет большой выбор решений.

Подобные системы – одно из передовых достижений в технике. В России они пока не нашли широкого распространения из-за того, что стоимость иностранных систем значительно превышает экономию от ее применения, а системы отечественного производства практически отсутствуют на рынке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Умный дом / С. В. Богданов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб. : Наука и Техника, 2005 (ГП Техн. кн.). – 208 с.
2. Харке В.Е. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникации в жилищном строительстве. / Харке В.Н. – М.: Техносфера, 2006. -292с.

УДК 62-714.7

А.Д. ДАНИЛОВ, В.В. СУСКИН

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ОХЛАЖДЕНИЯ

Рассматриваются базисные аспекты теории термоэлектрического охлаждения, приводится описание конструктивно-технологического исполнения термомодулей. Выдвигаются предположения перспективы использования термоэлектрического охлаждения в устройствах с различной холодопроизводительностью, а также предполагается внедрение новых материалов для увеличения производительности термопреобразователей.

Данная работа является предварительным этапом дальнейшего исследования применения термоэлектрических модулей в системах охлаждения. Данная концепция основана на взаимобратных эффектах Зеебека и Пельтье, используемых для генерации электрической энергии или в качестве теплового насоса. [1]

Термоэлектрический эффект.

Эффект Пельтье — термоэлектрическое явление, принцип которого основан на том, что при прохождении тока через спаянный контакт двух полупроводников разной проводимости, на спае, кроме джоулева тепла, при одном направлении движения электрического тока происходит выделение дополнительного тепла Пельтье и его поглощение при другом.

Возникновение явления Пельтье заключается в том, что на контакте двух металлов образуется контактная разность потенциалов, создающая внутреннее контактное поле. При пропускании через контакт электрического тока это поле либо способствует протеканию тока, либо препятствует. При противоположном прохождении тока относительно контактного поля, внешний источник должен затратить дополнительную энергию, выделяющуюся в контакте, что является причиной его нагрева. Иначе, при движении тока сонаправленно контактному полю, он поддерживается этим полем, которое и совершает работу по перемещению зарядов. Необходимая для этого энергия забирается у вещества полупроводника, что приводит к охлаждению его в области контакта.

Данные конструктивные элементы могут использоваться с целью получения дополнительной холодильной мощности или выступать в качестве основного компонента системы охлаждения.

Таким образом, термоэлектрические модули (ТЭМ) — это конструктивно завершённые устройства, в которых активными элементами выступают термопары, состоящая из двух разнородных полупроводниковых элементов с p - и n -типами проводимости. Элементы связываются между собой с помощью коммутационных пластин последовательно, что придает им характерную П-образную форму, и помещаются между двух плоских керамических пластин на основе оксида или нитрида алюминия, при этом с точки зрения тепловых потоков все термоэлектрические элементы соединены параллельно. [2]

Одной из основных причин возрастающего интереса к применению термоэлектрического охлаждения связано с экологическими трудностями, предстающими при использовании классических способов получения холода (что приводит к разрушению озонового слоя, парниковому эффекту и т. д.)

Термоэлектрические холодильные установки не несут никакой опасности экологии, обладают высокой износостойкостью и надёжностью, не имеют в своём составе трущихся элементов, а значит бесшумны в процессе работы, характеризуются отсутствием вибраций, без необходимости обеспечения этого за счёт дополнительного оборудования, обладают устойчивостью к продолжительному периоду рабочего цикла, не нуждаются в техническом обслуживании.

Также, помимо указанных, существуют и другие ключевые преимущества термоэлектрических модулей:

- возможность как охлаждения, так и нагрева, при этом возможен быстрый переход из режима охлаждения в режим нагрева;
- особая надёжность компонентов, генерирующих холод;
- осуществление быстрого охлаждения;
- точная регулировка температуры и способность термостатирования за счёт изменения тока питания;
- устойчивость и невосприимчивость внешних факторов, таких как сила тяжести, ориентация в пространстве;
- отсутствие чувствительности к значительным механическим нагрузкам;
- не требуют дополнительных устройств очистки рабочих поверхностей.

Термомодуль – самостоятельный охлаждающий узел. Однако его работа невозможна без рассеивания теплоты с горячей стороны. Именно поэтому термоэлектрический холодильный блок всегда имеет в своём составе три основные части:

термоэлектрический модуль или их цепочка, соединённая последовательно-параллельным способом;

радиатор горячей стороны, часто со встроенным вентилятором для лучшего отвода тепла;

охлаждаемый объект на холодной стороне модуля. [3]

Объект, который необходимо охлаждать может быть в непосредственном тепловом контакте с холодной стороной модуля, но зачастую используется теплопроводник в виде пластины, либо воздушного или жидкостной теплообменного элемента.

Материалы для термоэлектрических преобразователей.

Материалы для термомодулей характеризуются добротностью Z полупроводникового элемента, от которой зависит эффективность преобразования энергии этих устройств. Добротность зависит от физических свойств вещества – электропроводности (σ), теплопроводности (k) и коэффициента термо-ЭДС (α). Данные коэффициенты определяют показатель термоэлектрической добротности $ZT = T \alpha^2 \sigma / k$, где T – температура.

Чем выше ZT , тем лучше показатели ТЭМ-а: эффективность, большее максимальное снижение температуры на спае, выше КПД устройства или достижимый перепад температур.

В металлах и металлических сплавах добротность Z незначительна из-за малого коэффициента термо-ЭДС, в диэлектриках этот показатель также мал из-за слабой электропроводности. В области полупроводниковых концентраций носителей заряда, Z достигает максимума по сравнению с другими металлами. Этим и объясняется столь широкое применение полупроводников в качестве термо-электриков. [1]

Величины, составляющие значение добротности, взаимосвязаны, поскольку имеют прямую зависимость от концентрации свободных электронов или дырок.

Электропроводность пропорциональна концентрации носителей n , а термо-ЭДС приближается к нулевому значению при возрастании n . Теплопроводность k имеет две составляющие ($k = k_p + k_s$): теплопроводность кристаллической решетки (k_p), не зависящей от n и электронной теплопроводности (k_s), пропорциональной n [2].

Не стоит забывать о том, что эффективность термоэлектриков зависит и от температуры T .

Махан [4] систематизировал требования, которым должны удовлетворять лучшие термоэлектрики:

1. Термоэлектрики должны быть многовалентными. Как минимум необходима 4-валентная связь.

2. Должны иметь в своем составе высокую подвижность электронов или дырок ($\mu \gg 1000 \text{ см}^2/\text{Всек}$).

3. Должны иметь высокую плотность (с целью достижения максимально возможного значения B - фактора).

4. Должны обладать низкой теплопроводностью. Теплопроводность кристаллической решетки должна находиться в диапазоне от 0.5 до 1.0 Вт/м К.

Слабыми теплопроводниками являются материалы с высоким атомным весом элементов, из которых они состоят. Подобные материалы имеют малую энергию кристаллической решетки и низкую собственную теплопроводность. Поэтому в настоящее время для изготовления термоэлектриков применяется висмут, теллур, свинец и аналогичные элементы.

Максимальная эффективность этих материалов при комнатной температуре составляет $ZT = 1$, что недостаточно для высокопроизводительной работы термоэлектрических преобразователей.

При достижении значения $ZT = 4$ термоэлектрические холодильные машины будут характеризоваться высокой эффективностью, и иметь неоспоримое преимущество перед остальными альтернативными способами исполнения холодильных установок не только в области малых холодопроизводительностей, но и средних, и даже больших.

Поэтому главная задача материаловедения в области термоэлектричества – это поиск или создание новых материалов с более высокой добротностью и реализация возможности их совместного применения.

Однако, даже решив данную задачу, конструктивное улучшение термоэлектрических элементов (ТЭЭ) невозможно без современных и инновационных предложений по осуществлению контакта полупроводников. Поскольку коэффициенты теплового расширения (КТР) высокодобротных разнородных элементов существенно различаются, то классический способ соединения с помощью коммутационных пластин неизбежно приведет к деформации термоэлектрического модуля, что в свою очередь может привести к разрушению ТЭЭ.

Керамические материалы

Материал, из которого изготавливаются параллельные пластины, зажимающие термоэлементы между собой, должны обладать хорошей электроизоляцией и теплопроводностью, сравнимой с теплопроводностью меди (386 Вт/мК), характеризоваться высокой механической прочностью.

Подходящими свойствами и весьма высокой теплопроводностью – 180 Вт/мК, характеризуется нитрид алюминия (AlN), широко применяющийся в настоящее время.

Стоит отметить, что эффективность ТЭМ зависит главным образом от качества материала полупроводника, и, в гораздо меньшей сте-

пени, от теплопроводности изоляционного материала, будь то керамическое его исполнение, или органическое.

Таким образом, несмотря на все значимые преимущества, описанные выше, у термоэлектрических модулей есть один, но весьма существенный недостаток – его сравнительно низкий КПД.

Для повышения данного показателя необходимо внедрение новых материалов и способов соединения полупроводников для увеличения эффективности их использования.

В данный момент уже ведутся исследования и эксперименты по замене жесткого электрического контакта, и использованию в качестве связывающего звена упругого электропроводящего слоя с возможностью эффективного теплоотвода.

Эластичный токопроводящий силикон и клей на его основе соответствуют требованиям к контакту термоэлемента. В процессе эксперимента было установлено, что динамика разрушения модулей после температурного циклирования фактически одинакова, а разница между рабочими характеристиками экспериментального и промышленного образца не более 10%, что лежит в пределах допустимой нормы.

Данная технология позволит применять в ветвях термоэлектрических модулей материалы с различными коэффициентами температурного расширения, что значительно повысит КПД модулей, до величины 10-15%, и улучшит их термоэлектрические свойства в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Булат Л.П., Бузин Е.В. Термоэлектрические охлаждающие устройства: Метод. указания для студентов спец. 070200 “Техника и физика низких температур”. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. – 41 с.
2. Иоффе А. Ф., Сильбанс Л. С., Иорданишвили Е. К., Ставицкая Т. С. Термоэлектрическое охлаждение. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1956.
3. Handbook of Thermoelectric – London, N.Y.: CRC Press, 1995.
4. G.D. Mahan. Good Thermoelectrics// Solid State Physics. 1998. Vol. 51, pp. 81–157.

УДК 004.9

Т.А. ДМИТРИЕВА, А.А. РЯБИЧЕВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ ПРИКЛАДНОГО
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ
РУКОВОДСТВ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ИЗДЕЛИЙ**

Рассматриваются необходимость и практическая значимость разработки программного обеспечения для образовательной платформы, включающей интерактивные электронные технические руководства по обслуживанию и ремонту изделий, обучение и тестирование пользователя, для использования на АО «Рязанский радиозавод».

В настоящее время большинство компаний, работающих с различными изделиями, занимаются обучением и тестированием своего коллектива работников на знания для последующей работы над изделиями. Однако процент обучаемости респондентов ниже значений, требуемых работодателем, в связи с такими факторами как недоступность технических руководств, их плохая информативность, а также отсутствие тестирования на наличие полученных знаний.

Обучение и тестирование пользователя [1] – неотъемлемая часть работы любого предприятия. Деятельность обучения считается завершённой, а цель её – достигнутой, если количество и качество учебного материала будут соответствовать цели обучения и составлять должный уровень. Это достигается в процессе взаимодействия обучающего, в данном случае образовательной платформы, и обучающегося, и требует от обеих сторон процесса обучения приложения усилий и действий, способствующих успешному достижению поставленных целей. Необходимо также совпадение поставленных целей, а в случае их несовпадения, приведение целей во взаимное соответствие всеми участниками процесса обучения в процессе общения. Уровень понимания обучающимся воспринятой информации зависит от затрачиваемых им усилий по овладению материала, а также от уже имеющегося уровня знаний, который был воспринят и понят учеником ранее.

Тестирование – это форма измерения знаний учащихся, основанная на применении педагогических тестов. Включает в себя подготовку качественных тестов, собственно проведение тестирования и последующую обработку результатов, которая даёт оценку обученности тестируемых [2]. Оценка тестирования будет заключаться в количестве

набранных баллов. Чем больше балл, тем выше вероятность получения разрешения на работу по выбранному изделию.

Для раскрытия потенциала двух вышеперечисленных терминов требуется создать такое программное обеспечение, которое позволит провести обучение и тестирование пользователя быстро и правильно.

Необходимо создать специальные технические руководства. Технические руководства – набор документов, используемый в строго специализированной части рабочего процесса, который включает знания, способные обучить, а в некоторых случаях и протестировать пользователя.

Рассмотрим несколько возможных вариантов составления технических руководств: составить документацию в бумажном виде; составить документацию в электронном виде без использования специальных средств разработки; составить документацию в электронном виде с использованием специальных средств разработки.

Для полного раскрытия потенциала создаваемого программного продукта требуется взять третий вариант составления технических руководств, который сможет раскрыть все аспекты и нюансы в обслуживании и ремонте изделий. Такой документацией будут интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) [3].

ИЭТР – технические руководства нового поколения, предназначенные для автоматизированной подготовки сопроводительной документации на сложные технические изделия в электронном виде. Сами ИЭТР могут содержать текстовые, графические, аудио и видео данные.

Существуют решения, позволяющие составить образовательную платформу для обучения и тестирования пользователя. Однако, как отмечалось ранее, для лучшего понимания технических руководств, недостаточно просто предоставить информацию в каком-то виде без использования специальных средств. Требуется продемонстрировать документацию в виде ИЭТР.

Таким образом, определена необходимость в создании образовательной платформы по обучению и тестированию пользователей с использованием интерактивных электронных технических для повышения обучаемости респондентов. Дополнительной задачей является получение учебного материала без использования других источников.

Для достижения поставленной цели реализованы следующие задачи: обеспечение пользователей понятной информацией по выбранному изделию; обеспечение пользователей понятной информацией по обслуживанию и ремонту изделий; обеспечение пользователей обучением с использованием интерактивных электронных технических руководств; обеспечение пользователей тестированием с обратной связью;

автоматизация системы подсчёта набранных баллов при тестировании; возможность наличия собственной информационной базы с учебным материалом.

Помимо указанных, функциональных требований к разрабатываемому ПО, выдвигается ряд требований: легкий в использовании пользовательский интерфейс; портативность, то есть отсутствие необходимости в установке программы; возможность внесения изменений в учебный материал; возможность разграничения прав различных пользователей программы; добавление, удаление пользователей; изменение данных пользователей; добавление, удаление тестов; изменение данных тестов.

Актуальность данной темы определяется: стремительными темпами развития интернет технологий за последние несколько лет; необходимостью появления средств, автоматизирующих процесс внедрения интерактивных электронных технических руководств в обучение и тестирование пользователей для более эффективного их выполнения обслуживания и ремонта изделий; повышением сервиса, предоставляемого образовательными платформами, более оперативным обслуживанием пользователей; необходимостью вести электронный каталог, автоматизировать процесс обучения и тестирования.

Разрабатываемый продукт будет предназначен для автоматизации процесса обучения и тестирования пользователей с помощью интерактивных электронных технических руководств и для сокращения затрачиваемого времени на подготовку, разработку и внедрение учебного материала. Так же данное решение позволит разграничить права пользователей системы, что увеличит скорость взаимодействия сотрудников между собой и понимание областей знаний, в которых они востребованы.

В результате в данной статье была рассмотрена проблема обучения и тестирования пользователя, сформулированы требования, выдвигаемые к разрабатываемому программному обеспечению по решению выявленной проблемы, была определена практическая ценность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабанова Т. А., Новиков В. А. Тестирование в современном образовании. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Батешов Е. А. «Основы технологизации компьютерного тестирования»: Учебное пособие. – Астана: ТОО «Полиграф-мир», 2011.
3. Веретехин В.В., Веретехина С. В. Информационные технологии. Программно-аппаратная организация ИЭТР. – М.: КноРус, 2018.

УДК 004.65

Н.А. ЖУРАВЛЕВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Назначение и область применения пульта. Основные технические характеристики пульта.

Автоматизированное контрольно-испытательное устройство разработано в виде пульта, который должен обеспечивать контроль систем пиротехники изделий объекта контроля (ОК).

Так как работа с системами пиротехники подразумевает особую опасность, конструктивное и схемотехническое построение пульта должно обеспечить максимальную безопасность как для обслуживающего персонала при контроле ОК, так и для ОК при проверках на пульте.

Пульт проектируется как защищенное от несанкционированного вмешательства автоматизированная система, т.е. пользователь может выполнять только те действия, которые регламентированы руководством по эксплуатации и установленными в пульте программами контроля ОК. Силами пользователя в процессе эксплуатации невозможно «реконфигурировать» пульт или модифицировать программы контроля, а тем более разрабатывать новые. Необходимые для разработки или модификации программ контроля системы программирования и документация в поставочный комплект пульта не входят. Все работы по «реконфигурации» пульта и разработке или модернизации программного обеспечения могут проводиться только с привлечением предприятия-разработчика.

Пульт реализована как легко перемещаемая малогабаритная аппаратура с минимальным количеством составных частей. Для ее подготовки к использованию в местах эксплуатации не требуется проведение специальных механических монтажных работ. Перевод пульта из состояния хранения в рабочее состояние состоит из простых операций по извлечению составных частей из упаковок многоразового использования и сборке их в единый конструктив без привлечения специальных инструментов и материалов, а также подключения кабелей для внешних соединений. После сборки пульт может легко перемещаться и обслуживаться одним человеком-оператором.

Для выполнения требований по функциональному назначению пульт должно обеспечивать:

- ввод оператором пульта данных, идентифицирующих объект контроля (тип изделия);
- оценку собственной работоспособности (самоконтроль) с формированием итоговой оценки технического состояния пульта («ГОДЕН» или «НЕ ГОДЕН») и предоставлением результатов оператору с помощью знаковинтезирующих индикаторов;
- получение и анализ данных из ОК в процессе работы встроенной системы контроля, формирование итоговой оценки технического состояния ОК («ГОДЕН» или «НЕ ГОДЕН») и предоставлением результатов оператору с помощью знаковинтезирующих индикаторов;
- безопасный заряд аккумуляторных батарей с помощью отдельного, входящего в состав пульта зарядного устройства, с индикацией завершения процесса заряда;
- возможность оперативной замены «севшей» аккумуляторной батареи на заряженную.

Пульт может применяться:

- при температуре окружающей среды $-40^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$ ($-56^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$ при хранении);
- при повышенной влажности окружающей среды (80% при 25°C);
- при пониженной влажности окружающей среды (20% при 30°C);
- при пониженном атмосферном давлении до 60 кПа (450мм рт.ст.);
- при наличии в местах эксплуатации биовредителей (грызунов), плесневых грибов, соляного (морского) тумана;
- при наличии в местах эксплуатации статической пыли (концентрация $5 \pm 2 \text{ г/м}^3$ при скорости воздуха 1 м/с); динамической пыли (концентрация $5 \pm 2 \text{ г/м}^3$ при скорости воздуха 15 м/с в течении 2 часов), снеговой нагрузки (давление до $0,5 \text{ кг/м}^2$), атмосферных конденсированных осадков (иней и роса); атмосферных выпадающих осадков (до 5 мм/мин.), солнечного излучения (интегральная плотность потока до 1120 Вт/м^2 , ультрафиолетовая плотность потока до 68 Вт/м^2);
- под действием синусоидальной вибрации (максимальная амплитуда ускорения 20 м/с^2 , диапазон частот 5-60 Гц), механического удара многократного действия (пиковое ударное ускорение 60 м/с^2 , длительность действия ударного ускорения 20-30 мс), акустического шума (диапазон частот 50 - 10000 Гц, уровень звукового давления 130 дБ), воздушного потока (максимальное значение скорости 50 м/с).

Основные технические характеристики.

Электропитание пульта осуществляется от двух литий-ионных аккумуляторов типоразмера 18650 емкостью 2,5 Ач выходным напряжением 3,7В. Зарядка аккумуляторных батарей осуществляется от внешнего зарядного устройства, входящего в комплектацию пульта.

Время непрерывной работы пульта ограничено емкостью аккумуляторов.

Время готовности пульта к использованию не более 30 секунд после подачи электропитания.

Работы по контролю ОК и техническому обслуживанию пульта проводится одним оператором, с образованием не ниже среднего, прошедшего специальную подготовку.

Транспортирование пульта осуществляется:

- автомобильным транспортом по всем видам дорог и местности на расстояние до 10000 км, со скоростями, принятыми для используемых транспортных средств;

- железнодорожным транспортом – без ограничений;

-воздушным транспортом на высотах до 11000 метров над уровнем моря в негерметичных кабинах транспортных самолетов без ограничения расстояний, скоростей и количества взлетов-посадок;

- водным транспортом – без ограничений.

Пульт обеспечивает следующие показатели надежности:

- средняя наработка на отказ не менее 200 часов;

- среднее время восстановления не более 1 часа (без учета времени доставки ЗИП);

- назначенный срок службы 25 лет;

- срок службы до первого капремонта 15 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богородицкий Н. П., Пасынков В. В. Материалы радиоэлектронной техники: Учебник для радиотехн. специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1969. 424 с.

2. Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1982. 240 с.

3. Несущие конструкции радиоэлектронной аппаратуры / Под ред. П. И. Овсищера. М.: Радио и связь, 1988. 232 с.

УДК 004.65

Н.А. ЖУРАВЛЕВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**КОНСТРУКТИВНОЕ ОПИСАНИЕ ПУЛЬТА ВКЛЮЧЕНИЯ И
ИНДИКАЦИИ***Описание расположения внешних разъемов, органов управления и индикации. Технические требования устройства.*

Конструкция пульта обеспечивает его монтаж на рабочее место оператора (РМО). Конструктивно пульт выполнен в виде одного устройства и монтируется без зазоров в столешницу РМО. Крепление пульта осуществляется под столешницей без вывода крепежа на поверхность столешницы. Расположение органов управления и индикации на лицевой панели пульта приведены на рисунке 1.

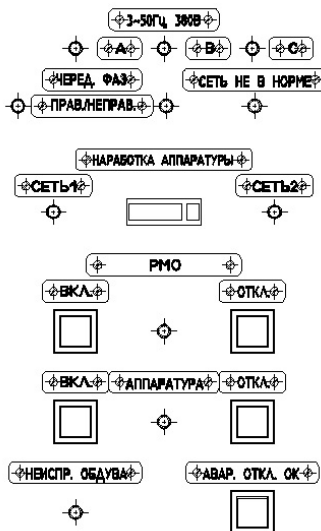


Рисунок 1 – Лицевая панель пульта

Комплектовка лицевой панели обеспечивает ее минимальные габариты. Разъемы X1 и X3 располагаются на задней части пульта, находящейся под столешницей РМО, разъемы X2, X4 - на нижней части пульта. Расположение разъемов не препятствует размещению другого

оборудования (ПЭВМ, выносные блоки и т.п.). Во избежание случайных нажатий кнопок на лицевой панели пульта в отжатом состоянии кнопки специально утоплены в устройстве. Панель с органами управления пульта расположена под углом к столешнице, удовлетворяя эргономике управления. Планки с наименованиями разъемов располагаются над разъемами. Маркировка органов управления и индикаторов выполнена в виде планок с надписью прописными буквами. В устройстве расположены две ячейки, выполненные в виде печатных плат.

Пульт предназначен для работы в следующих климатических условиях:

1. Пониженная рабочая температура окружающего воздуха – минус 10°C.
2. Повышенная рабочая температура окружающего воздуха – 50°C.
3. Пониженная предельная температура – минус 60°C.
4. Повышенная предельная температура – 60°C.
5. Относительная влажность – 98% при температуре окружающей среды 35°C.

Основные параметры и характеристики (свойства)

Пульт обеспечивает:

- а) коммутацию трехфазного напряжения 3 ~ 50Гц, 380В с суммарным током нагрузки по каждой фазе 25А, не более;
- б) контроль правильного чередования фаз и наличия всех фаз в трехфазной сети 3 ~ 50Гц, 380В;
- в) защитное отключение напряжения с выходов пульта и аварийная индикация «СЕТЬ НЕ В НОРМЕ» при напряжении сети более 438В и менее 324В;
- г) индикацию наличия напряжения трехфазной сети 3 ~ 50Гц, 380В;
- д) прием и индикация входных сигналов;
- е) коммутацию цепи аварийного отключения объекта контроля;
- ж) регистрацию времени наработки аппаратуры.

Номинальные значения и предельные отклонения напряжения электропитания пульта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование цепи	Напряжение, В		Частота, Гц	
	номин.	пред. откл.	номин.	пред. откл.
3~ 50Гц, 380В	380	±38	50	±1

Пульт имеет габаритные размеры 195x354x303мм. Масса пульта 9,6 кг. Средняя наработка на отказ 55000 часов.

Обеспечение требований по эргономике и технической эстетике пульта связано с решением ряда вопросов:

- рациональное распределение функций между аппаратурой и обслуживающим персоналом;
- выбор состава технических средств для обеспечения деятельности оператора;
- размещение органов индикации и управления;
- определением цветовой гаммы для средств индикации и органов управления;
- определение цветовой гаммы для средств пульта в целом;
- обеспечение удобной работы с устройствами;
- снижение шумов от средств пульта до допустимого уровня.

Размещение органов индикации и управления на пульте, определение цветовой гаммы для органов индикации и управления, а также другие конструктивные решения выполняются в соответствии с требованиями действующих стандартов на систему «человек-машина» и рабочее место оператора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волгов В. А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры. Изд. 2-е. – М.: «Энергия», 1977 г. – 656 с.
2. Ротхаммель К. Антенны: пер. с нем. 3-е изд., доп. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.
3. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов по специальности «Радиотехника» / 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2003. – 462 с.

УДК 621.396

Н.С. ЗАИГРОВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАДИОВОЛНОВЫХ ДАТЧИКОВ В
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ
ЗАПОЛНЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ**

Рассматривается метод компенсации, основанный на перестройке несущей частоты передатчика с частотной модуляцией зондирующего сигнала, позволяющий уменьшить влияние мешающих отражений при определении дальности до отражающей поверхности.

При автоматизации производственных процессов возникают ситуации, при которых необходимо с высокой точностью знать расстояние до некоторой отражающей поверхности, находящейся в замкнутом пространстве. В качестве примера можно указать измерение расстояния до содержимого группы резервуаров, образующих единую технологическую цепочку. Очень часто для измерения расстояния используют радиодальномеры с частотной модуляцией зондирующего сигнала. В отсутствие помех различные способы [1] обработки сигнала разностной частоты (сигнала на выходе смесителя радиодальномера) позволяет достаточно точно определять частоту, которая линейно связана с расстоянием. На практике ситуация, в которой отсутствуют помеховые составляющие, вызванные мешающими отражениями, невозможна. Причины возникновения таких мешающих сигналов могут быть разные, начиная от расположения радиодальномера в пространстве, отражений от дна, стенок резервуара, переотражениями в антенно-волноводном тракте и т.д. Влияние мешающих отражений всегда приводит к увеличению погрешности. Некоторые методы уменьшения влияния мешающих отражений рассмотрены в работах [1,2]. Однако предлагаемые в [1,2] методы требуют больших вычислительных затрат, поскольку обработка сигналов происходит в спектральной области. Поэтому и возникает необходимость для уменьшения вычислительных затрат рассмотреть возможности компенсации во временной области.

Сигнал на выходе дальномера с частотной модуляцией излучаемого сигнала учетом мешающих отражений можно представить в виде [1,2]:

$$s(t) = s_c(t) + s_m(t) + n(t) = S_c \cos(\omega_0 + \omega_{\bar{0}}t + \varphi_c) + \sum S_m \cos(\omega_0 + \omega_{\bar{0}m}t + \varphi_m) + n(t); \quad (1)$$

где ω_0 – минимальное значение частоты передатчика; $\omega_{\bar{0}} = \frac{2\Delta\omega_d\tau_{zc}e}{T_{mod}}$ –

частота биений, $\Delta\omega_d$ – диапазон перестройки частоты передатчика; T_{mod} – период модуляции; S_c и S_m – амплитуды полезного и помеховых сигналов; τ_{zc} – задержка сигнала, соответствующие расстояниям до измеряемого уровня и мешающего отражателя; $n(t)$ – белый гауссовский шум; φ_c и φ_m – фазы полезного и помехового сигналов, обусловленные фазовой характеристикой ЧМ дальномера и диэлектрическими свойствами отражающей поверхности и мешающих отражателей.

Оценка расстояния производится путём оценивания частоты $\omega_{\bar{0}}$, на которой находится максимальная спектральная составляющая, а потому по формуле

$$R = \omega_{\bar{0}}cT_{mod} / 4\Delta\omega_d, \quad (2)$$

где c – скорость света;

рассчитывается расстояние до отражающей поверхности [1].

Для примера рассмотрим частный случай, в котором известно, что существует одно мешающее отражение и расстояние до него известно. Рассматриваемый случай характерен для измерений расстояния при заполнении резервуаров с радио непрозрачным материалом. Такая ситуация возникает при измерении расстояния до уровня радиоактивной воды, бензина. В этом случае мешающие отражения будут оказывать влияние только в том случае, когда мешающий отражатель будет находиться над слоем содержимого резервуара.

На рисунке 1 показаны мгновенные погрешности измерения расстояния ΔR в зависимости от расстояния r между мешающим отражением и полезным. Имеется только одно мешающее отражение на расстоянии 3 метра и отношение сигнал/помеха 10дБ (несущая частота и диапазон перестройки соответственно 10 ГГц и 500 МГц). Из рисунка видно, что наличие даже одного мешающего сигнала приводит к существенной ошибке при измерении расстояния.

Оценка расстояния производилась в соответствии с методикой, изложенной в работе [1]. Для уменьшения влияния боковых лепестков спектра сигнал разностной частоты умножался на окно Блэкмана, вычислялся спектр результирующего сигнала, и производилась оценка частоты, на которой находилась максимальная спектральная составляющая.

Возникновение мешающих отражений приводит к дополнительным ошибкам измерения по следующим причинам.

1. Частота сигнала биений зависит от взаимного влияния основных и боковых лепестков полезного и мешающего сигнала.

2. За полезный сигнал возможно принять мешающий сигнал, что приводит к ошибке измерения расстояния.

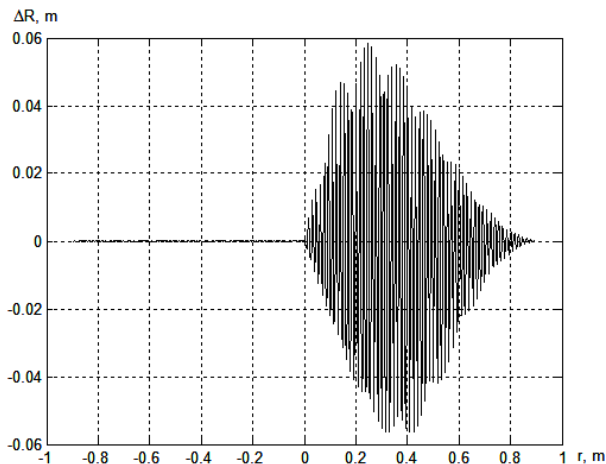


Рисунок 1 – Погрешность измерения расстояния при наличии одного мешающего отражения

Наиболее очевидным методом решения по уменьшению влияния мешающих отражений является метод, сводящегося к оценке параметров помехового сигнала и формированию на его основе полученных параметров компенсирующего сигнала. При использовании данного метода необходимо определение требований к точности оценки параметров помехового сигнала.

Для компенсации сигналов мешающих отражений во временной области достаточно точно знать частоту, начальную фазу и амплитуду каждого помехового сигнала, а затем на основе полученных данных сформировать сигнал, противофазный мешающему отражению. В результате компенсации получим, что

$$s_k(t, V_k) = s(t, V) - s_{kc}(t, V_{kc}), \quad (3)$$

где V_k, V, V_{kc} – вектора параметров (амплитуда, несущая частота, время задержки, диапазон перестройки и фаза) соответственно скомпенсированного s_k , исходного s и компенсирующего сигнала s_{kc} .

В [1] показано, что даже небольшие погрешности в определении начальной фазы компенсирующего сигнала исключают возможность компенсации отражений.

На практике проблематично определение начальной фазы во временной области. Поэтому для достижения требуемого уровня компенсации необходимо прибегнуть к методу с перестройкой несущей частоты ω_0 . Поскольку начальная фаза сигнала разностной частоты определится как:

$$\varphi_H = \omega_0 \tau_{zc} + \varphi_c, \quad (4)$$

то из (4) следует, что изменяя несущую частоту, можно управлять начальной фазой сигнала.

Представим энергию сигнала разностной частоты на одном полу-периоде модуляции частотного радиодальномера в виде:

$$E = (E_c + E_{mo} + E_{cm}), \quad (5)$$

где E_c – энергия полезного сигнала, E_{mo} – энергия сигнала мешающего отражения, E_{cm} – взаимная энергия полезного сигнала и сигнала мешающего отражения. Очевидно, что погрешности измерения дальности не будет, когда взаимная энергия будет равна нулю.

Взаимная энергия полезного сигнала и мешающего отражения, без учета составляющих второго порядка малости, будет определяться как:

$$E_{cm} = \frac{T_{mod}}{2} \{S_c S_m \cos[\omega_0(\tau_{zc} - \tau_{zm}) + \varphi_c] - \varphi_m\} \frac{\sin[\Delta\omega_d(\tau_{zc} - \tau_{zm})/2]}{\Delta\omega_d(\tau_{zc} - \tau_{zm})/2}, \quad (6)$$

где τ_{zc} , τ_{zm} – задержки полезного сигнала и мешающего отражателя соответственно.

Из (6) видно, что варьируя значение несущей частоты, можно определить такое ее значение, при котором взаимная энергия будет равна нулю. Поскольку энергия сигнала (5) будет иметь колебательный характер при изменении несущей частоты, то необходимо определить соседние минимальное и максимальное значения взаимной энергии. Оптимальное значение несущей частоты определится как:

$$\omega_{opt} = (\omega_{мин} + \omega_{мин})/2, \quad (7)$$

где $\omega_{мин}$, $\omega_{мин}$ – соседние значения несущей частоты, при которых взаимная энергия сигнала разностной частоты достигает своего минимума и максимума. На оптимальной несущей частоте взаимная энергия будет равна нулю.

На рисунке 2 показаны мгновенные погрешности измерения расстояния, полученные с помощью моделирования. При моделировании

предполагалось, что имеется один источник мешающего отражения, располагаемый на расстоянии 3 м. При анализе отношение сигнал/помеха равно 10 дБ. Частота и диапазон перестройки соответственно 10 ГГц и 500МГц

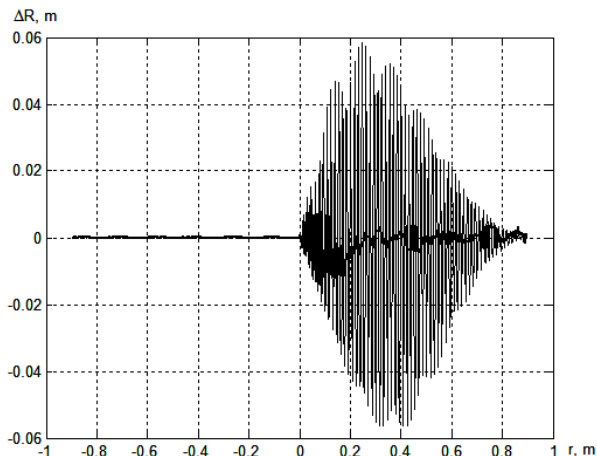


Рисунок 2 – Погрешность при измерении расстояния с компенсацией во временной области (толстая линия) и без компенсации (тонкая линия)

Из полученных графиков на рисунке 2 очевидно, что оценка расстояния при помощи перестройки на оптимальную частоту (выделенная кривая) позволяет существенно уменьшить погрешность.

Для анализа влияния отношения сигнал/помеха при моделировании будем изменять амплитуду мешающего отражения. Для оценки качества компенсации воспользуемся среднеквадратическим отклонением относительно длины волны:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2}{\lambda}} \quad (8)$$

где x_i , \bar{x}_i – измеренное и истинное расстояние на i -ом шаге измерения расстояния соответственно, λ – длина волны, n – число измерений на интервале расстояния, равном длине волны

На рисунках 3 и 4 представлены зависимости относительной среднеквадратической погрешности измерения дальности от расстояния между мешающим отражением и полезным при использовании окна Блэкмана [3] (рисунок 3) и без него (рисунок 4), при различных значениях отношения сигнал/помеха. Из рисунков видно, что с увеличением ам-

плитуды мешающего отражения увеличивается ошибка измерения дальности. Однако растет и ошибка измерения дальности без компенсации, так что величина выигрыша в точности измерений остается практически неизменной.

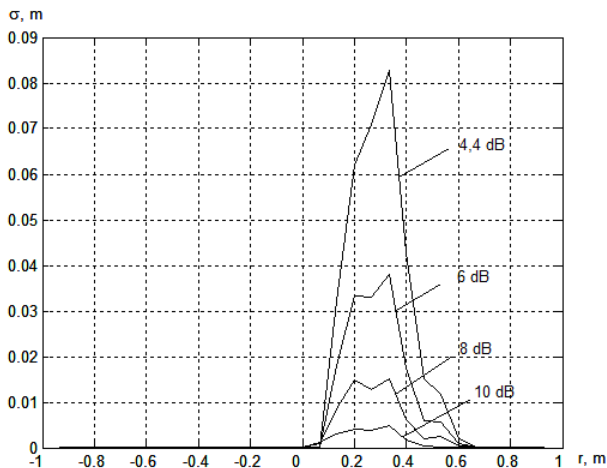


Рисунок 3 – Относительная среднеквадратическая погрешность при использовании окна Блэкмана

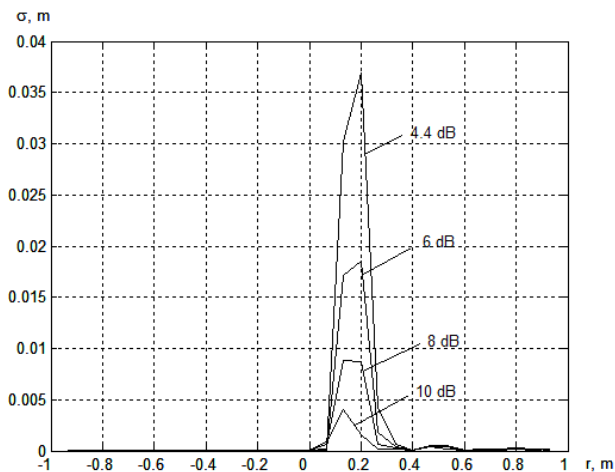


Рисунок 4 – Относительная среднеквадратическая погрешность при использовании окна Блэкмана

Из рисунков следует, что компенсация во временной области, которая основана на перестройке несущей частоты передатчика при сохранение ее девиации, позволяет существенно снизить погрешность измерения дальности до отражающей поверхности. Однако при этом возникают дополнительные аппаратные затраты. Однако, учитывая возможности современной элементной базы, такой метод компенсации вполне реализуем на практике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Б.А. Атаянц, В.М. Давыдочкин, В.В. Езерский, В.С. Паршин, С.М. Смольский. Прецизионные системы ближней частотной радиолокации промышленного применения. М.: Радиотехника, 2012. 514 с.
2. Паршин В.С., Багдадюлян А.А. Повышение точностных характеристик ЧМ дальномера при наличии мешающих отражений с помощью методов параметрического спектрального анализа // Вестник РГРТУ. – Вып. 16. – Рязань, 2006. – С.46-50
3. Хэррис Дж. Использование окон при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье // ТИИР. – 1978. –Т.66. – №1. – С. 60-96

УДК 620.9

А.В. ЗАЙЛЕРРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**СТРУКТУРА И ПРИНЦИП РАБОТЫ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ВИДОВ ЭНЕРГЕТИКИ**

Проводится рассмотрение и анализ видов альтернативной энергетики, как перспективных отраслей недалекого будущего.

Данная работа является предварительным этапом дальнейшего исследования энергетики, применимой в частности для комфортного проживания в мире обычного человека, потребностью которого является доступное электричество, необходимое для питания бытовых приборов, передачи информации на дальние расстояния, передвижения транспорта по улицам города, в промышленности, а также для хранения продуктов питания. В связи с этим назревает вопрос о получении электричества. Его получают путем преобразования различных видов энергии, таких как энергии ветра, воды, солнца, земли, распада мельчайших частиц и т.д.

Итак, альтернативная энергетика – отрасль, распространённая не так широко, как традиционная, однако представляет большой интерес из-за выгоды использования её, а так же низком риске причинения вреда окружающей среде.

Виды альтернативных источников энергии:

- солнечная энергетика – преобразует энергию солнца в электрическую энергию термодинамическим и фотоэлектрическим методами;
- ветроэнергетика – отрасль энергетики, специализирующаяся на использовании энергии ветра (кинетической энергии воздушных масс в атмосфере);
- энергетика волновая – получение электрической энергии преобразованием потенциальной энергии волн в кинетическую энергию пульсаций, тем самым образующая вращательные движения вала электрогенератора;
- энергетика биологической массы – энергия, которой выделяется при гниении биомассы. Газ с высоким содержанием метана используется для выработки электроэнергии, обогрева и пр.;
- геотермальная энергетика – способом получения такой электроэнергии служит преобразование внутреннего тепла Земли

(энергии горячих пароводяных источников) в энергию электрическую.

Каждый день происходят выбросы отходов в окружающую среду, и осуществляется загрязнение экологии, в связи с этим встаёт вопрос о поиске альтернативных источников энергии. Одним из таких источников можно выделить малую ГЭС.

Малая Гидроэлектростанция – ГЭС, которая вырабатывает сравнительно малое количество электроэнергии.

Принцип работы малой ГЭС простой: водный поток попадает на лопасти турбины, вращая тем самым гидропривод, который соединён с электрогенератором, обеспечивая выработку электроэнергии под управлением контролирующей системы.

Современные мини гидроэлектростанции оборудованы системой управления, которая даёт возможность осуществлять работу в автоматическом и полуавтоматическом режиме (с мгновенным переходом на ручное управление в случае возникновения аварийной ситуации). Система защиты такой ГЭС позволяет избежать перегрузок оборудования при изменении внешних условий. Конструкция станций позволяет минимизировать проведение строительных работ во время установки необходимого оборудования.

Преимущества малых гидроэлектростанций:

1. Работает практически бесшумно и не загрязняет атмосферу;
2. Не влияет никаким образом на качество воды, а при желании, на водоотводе можно устанавливать фильтры, что делает воду пригодной для питья;
3. Работа станции не зависит от погодных условий, электричество вырабатывается 24 часа в сутки;
4. Для работы установки ГЭС достаточно небольшого ручья;
5. Нет необходимости сбора справок и разрешения на установку малой ГЭС.

Типы гидроэлектростанций в зависимости от их принципа работы:

1. Водяное колесо, представляющее собой лопастной вращающийся элемент, который устанавливают, как правило, перпендикулярно движению воды, при этом погружают на половину или чуть меньше. Посредством давления воды на лопасти создается вращение колеса и преобразование в энергию;

2. Водяной генератор-пропеллер напоминает собой ветрогенератор, который оснащен ротором, но установлен он под водой. Ширина

лопастей имеет размеры, которые необходимы для создания максимальной скорости вращения при минимальной нагрузке сопротивления;

3. Ротор Дарье – это элемент, который вращается вертикально. Он приводится в движение за счет изменения давления на лопастях сложной конструкции. Обтекание потоком такой поверхности и создает перепад давления;

4. Гирлянда ГЭС. Конструкция такой ГЭС для водяного генератора представляет собой жёсткий трос с зафиксированными на нём роторами, который перекинут с одного берега реки на другой берег. Один конец троса прикреплен к генератору, а второй – закреплен подшипником. Погруженные в воду роторы вращаются под напором потока и вызывают вращение самого троса, в результате чего генерируется энергия.

Малая гидроэнергетика является прекрасной альтернативой централизованному энергоснабжению особенно для удаленных и труднодоступных районов и районов с ограниченной мощностью ЛЭП.

Возможность нескольких вариантов исполнения малых ГЭС:

1. Установка ГЭС на реках и горных ручьях, в специальных системах отводов, что позволяет задействовать значительные энергоресурсы малой гидроэнергетики.

2. Установка малой ГЭС в универсальную или ирригационную плотину, то есть использовать водосброс для генерации электричества. В зависимости от напора выходная мощность может варьироваться от нескольких десятков до нескольких сотен кВт.

3. Установка мини- или микро-ГЭС на станциях водоочистки и водоподготовки, что позволит проводить генерацию электричества на внутренних контурах станций. При этом вода не теряет своих свойств и продолжает использоваться для коммунального водоснабжения.

4. Установка малой ГЭС на линиях подачи промышленной воды. Позволяет получать электроэнергию, работая на трубопроводах подачи или циркуляции технической воды на промышленных предприятиях.

Одним из самых простых методов получения электроэнергии от гидроэлектростанции является метод отвода воды из реки в трубопровод, который транспортирует воду к турбине или водяному колесу. Потенциальная энергия воды приводит в движение турбину, которая вращает вал, соединённый с генератором, который вырабатывает электричество. Мощность, генерируемая гидроэлектростанцией, зависит от расхода воды и напора. После выработки электроэнергии вода обратно падает в реку.

Следует отметить положительные стороны такого метода: возможность герметизации внешней и внутренней полостей, а в связи с этим эксплуатация в условиях высокой влажности и повышенной запы-

лённости, относительная простота установки данного агрегата, лёгкая транспортировка, долговечность работы аппарата, и самое главное, простота конструкции.

Мини ГЭС в виде пропеллера-генератора, состоящая из гидротурбины с лопастной системой, электрогенератором и конструкцией для установки, при расчёте конструкции позволит минимизацию габаритных размеров при максимальном КПД с обеспечением оптимальной скорости вращения лопастной системы в среде минимальных нагрузок сопротивления водного потока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Орлова, И.Н. «Электротехнический справочник книга первая». Москва, Электроатомиздат, 1988.
2. Виллмс, Марио «Справочник по электроэнергетике». Мюнхен. 2012.
3. Неклепаев Б.Н., Крючков, И.П. «Электрическая часть электростанций и подстанций». Москва. Электроатомиздат, 1989.
4. Ковалев, О.П. Александрова Л.И. «Альтернативные источники энергии», 2000.
5. Богатырев Н.И., Винников А.В., Лихачев В.Л. «Альтернативные и возобновляемые источники энергии», 2016.
6. Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. «Электрооборудование электрических станций и подстанций», 2013.

УДК 004.732

А.И. КОЖАНОВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕСОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С
ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫМИ СЕТЯМИ**

Рассматриваются перспективные средства для разработки прототипов средств управления сетевыми ресурсами и потоками данных на основе программно-конфигурируемых сетей OpenFlow.

Традиционная архитектура компьютерных сетей (КС) уже сейчас перестает справляться с постоянным увеличением объемов и разнообразия передаваемых данных. Одна из технологий, способных вывести КС из кризиса, — программно-конфигурируемые сети (ПКС, Software Defined Networks, SDN) [3]

Центральной концепцией ПКС является снятие функций по управлению сетями с устройств, оставив им лишь функции по передаче данных. Использование такого подхода к построению архитектуры, позволяет использовать устройства от разных производителей, не сталкиваясь с проблемами несовместимости или долгими циклами обновлений корпоративного программного обеспечения. Основными преимуществами применения ПКС являются:

- снижение расходов на сетевое оборудование и его обслуживание за счёт унификации и упрощения;
- высокая степень автоматизации управления сетью;
- более высокие параметры защищённости;
- возможность реализации алгоритмов любой сложности для управления потоками данных в виде высокоуровневых программных компонентов.

Контроллер является наиболее важной частью ПКС. На него ложатся функции поддержания актуального состояния сети, конфигурирования оборудования и реализации политик маршрутизации [1].

Таким образом, контроллер служит связующим звеном между сетевыми устройствами и прикладными приложениями. Это подразумевает существование интерфейсов для обеих сторон.

Контроллер взаимодействует с сетевым оборудованием посредством протокола OpenFlow. Он разработан и стандартизирован международной организацией Open Networking Foundation (ONF) [1]. Данный протокол реализует унифицированное управление коммутаторами.

OpenFlow де-факто является стандартом так как в нём реализованы все функции, необходимые для решения задач, возникающих перед ПКС.

Однако, протокол связи контроллера ПКС с программными системами не стандартизирован. Это связано с тем, что ПКС применяются для решения широкого спектра задач, таких как, построение облачных сервисов, центров обработки данных, балансировка нагрузки и так далее. Поэтому, создание универсального интерфейса для связи с контроллером ПКС, представляет собой сложнейшую задачу.

Отсюда следует вопрос, есть ли шансы на появление стандартизированного интерфейса? Создатели OpenFlow при ответе на этот вопрос в [4], дают отрицательный ответ. Они считают, что раннее введение жёстких стандартов в такой быстроразвивающейся отрасли негативно скажется на эволюции всей технологии ПКС.

Однако, существуют базовые требования, предъявляемые к разработке интерфейса для контроллера ПКС. Они сформулированы рабочей группой I2RS (Interface to the Routing System) и изложены в [2]:

- множественные одновременные асинхронные операции;
- минимальное время блокировки данных при записи;
- дуплексные операции; высокая скорость операций;
- многоканальность;
- защищённый доступ к управлению маршрутизацией;
- масштабируемый доступ к фильтруемой информации.

Несомненно, разработка приложений, которые взаимодействуют с произвольным контроллером, с учётом текущих стандартов невозможна. Однако, создание собственного контроллера является довольно трудоёмким процессом. Поэтому, стоит обратить внимание на уже существующие разработки с открытым исходным кодом. Среди них в [1] выделяются контроллеры OpenDaylight, NOX и Floodlight.

Все вышеперечисленные контроллеры реализуют взаимодействие с прикладными приложениями через разновидность REST-интерфейса, что даёт возможность расположить контроллер на удалённом сервере.

В качестве основного достоинства контроллера Floodlight, выделяют работу с таблицей обработки потоков (Static Flow Pusher) [1]. Также при разработке контроллера особое внимание уделялось сбору статистики с сетевых устройств, работе с виртуальными соединениями, формированию информации о текущей топологии сети. Также контроллер обладает встроенным сетевым экраном. Данное решение разработано на Java и выпускается под лицензией Apache License 2.0.

Контроллер OpenDaylight архитектурно отличается от указанных выше решений. Его отличие заключается в использовании уровня абстракции сервисов. Данный уровень является ключевым в системе – по-

средством него производится взаимодействие между всеми её компонентами. Контроллер также разработан на Java и выпускается под лицензией EPL. В остальном, возможности OpenDaylight во многом похожи с Floodlight: контроллер может получать информацию о топологии сети, манипулировать с таблицами управления потоками и собирать статистику.

Контроллер NOX не может похвастаться проработанным интерфейсом взаимодействия с приложениями, однако он наиболее просто модифицируется для использования в собственных целях.

В недавнем прошлом, проект был разделён на два самостоятельных проекта. С целью повышения производительности, было решено выделить контроллер на Python в отдельный проект – POX, а контроллеру, реализованному на C++ оставить прежнее название. Оригинальный контроллер, поддерживающий оба этих языка так же доступен под названием NOX classic.

Данный контроллер довольно популярен в сообществе. Поэтому, в свободном доступе содержится множество примеров приложений и библиотек, которые обеспечивают полезные функции сети, такие как хост-отслеживание и маршрутизация.

Данные проекты полностью отвечают всем вышеперечисленным требованиям, а также могут быть свободно модифицированы, так как выпускаются под свободными лицензиями. Поэтому на их основе могут быть созданы узкоспециализированные контроллеры для решения конкретных задач.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чугреев Д.А., Шкребец А.Е., Шевель А.Е., Власов Д.В., Груднин В.А., Каирканов А.Б., Садов О.Л., Титов В.Б., Хоружников С.Э., Сомс Л.Н. Разработка интерфейса взаимодействия с контроллером программно-конфигурируемых сетей // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9538> (дата обращения: 14.04.2020).

2. Atlas A., Ward D. Interface to the Routing System Problem Statement [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://datatracker.ietf.org/doc/draft-atlas-i2rs-problem-statement/> (дата обращения: 14.04.2020).

3. Смелянский Р.Л. Программно-конфигурируемые сети // Открытые системы. СУБД. – 2012. - № 9.

4. Koponen T., Casado M. What Might an SDN Controller API Look Like? (and should we standardize it?) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://networkheresy.com/page/3/> (дата обращения: 14.04.2020).

УДК 004.9

Д.Д. КОЗЛОВА, А.Ю. ГРОМОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ И РАССМОТРЕНИЯ ПРЕТЕНЗИЙ В СФЕРЕ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРІ

Рассматривается подход к изменению процесса принятия и рассмотрения претензий в банковской сфере с помощью ключевых показателей эффективности КРІ.

Управление претензиями должно стать частью стратегии компании. Это важная точка контакта, которая позволяет удержать клиентов.

Хорошо поставленный процесс обработки жалоб может не только сохранить, но даже повысить репутацию компании.

Модель «как есть» отражает текущую деятельность в работе организации и позволяет исследовать, каким образом организован процесс.

Согласно документу «Порядок работы с обращениями клиентов Прио-Внешторгбанк (ПАО)», опубликованному на официальном сайте банка, клиент может подать обращение следующими прямыми способами:

- при личном визите, заполнив специальный бланк обращения;
- на адрес электронной почты;
- на официальном сайте банка в разделе «Обратная связь»;
- по телефону через специалиста контакт-центра;
- посредством дистанционных сервисов (в Личном кабинете ДБО для юридических и физических лиц).

Обращения должны содержать:

- информацию, позволяющую однозначно идентифицировать клиента (для физического лица — фамилию, имя, отчество, номер телефона, адрес для направления ответа; для юридического лица — полное наименование и регистрационный номер, адрес, должность, фамилию, имя, отчество представителя, номер телефона, адрес для направления ответа);
- суть обращения (описание ситуации, места и даты ее возникновения, указание получаемой услуги и т. п.);
- предпочтительный способ информирования о результатах рассмотрения обращения.

К обращению могут быть приложены копии документов, подтверждающие предъявляемые требования.

Общий срок рассмотрения обращения, от даты его регистрации и до отправки письменного ответа клиенту не должен превышать 30 календарных дней.

Большой срок обработки претензии вызывает недовольство клиентов, в связи с чем растут репутационные риски.

Процесс обработки претензий важно описывать и автоматизировать, так как в успешном разрешении проблемы важны 2 показателя: скорость ответа на обращение и скорость решения проблемы.

Дальнейшая работа с претензией на стороне банка: претензия, полученная по почте, регистрируется в системе электронного документооборота (СЭД) в общем потоке документов.

Далее работа над претензией маршрутизируется в подразделение, указанное в претензии, для рассмотрения деталей, воспроизведения ситуации и поиска дополнительной информации.

После обработки претензии ответственным подразделением информация поступает обратившемуся клиенту указанным в претензии способом.

Минусы данного процесса обработки – нет истории разрешений претензий, нет возможности собирать статистику, распределять претензии по категориям, долгий ответ от банка клиенту.

Модель «как должно быть» отражает представление о новых для предприятия технологиях организации деятельности (представлена на рисунке 1).

Определение ключевых параметров и детальное описание бизнес-процесса позволит установить показатели деятельности (KPI) для сотрудников, являющихся исполнителями процессов, составить должностные обязанности, внести коррективы в организационную структуру компании в части разграничения функций, ответственности и полномочий.

Исполнителями в исследуемом процессе являются сотрудники, ответственные за обработку претензий.

Для процесса обработки и анализа претензий выделим цели:

- увеличение степени удовлетворенности клиента;
- повышение качества обслуживания.

Для достижения поставленных целей, можно выделить следующие показатели KPI для исполнителей процесса с определенным значением веса (значимости) показателя (представлены в таблице 1).

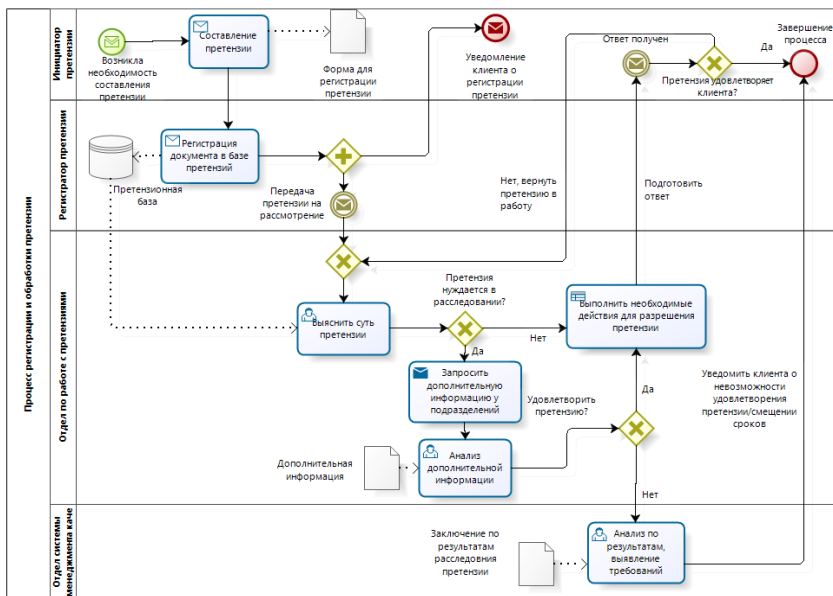


Рисунок 1 – Процесс регистрации и обработки претензии модели «как должно быть»

Таблица 1 – Цели и показатели KPI для исследуемого процесса

Цели процесса	KPI		Вес KPI
Увеличение степени удовлетворенности клиента	к.1	количество претензий обработанных в указанные сроки	35%
	к.2	процент удовлетворенных претензий с первого раза, то есть без возобновления со стороны клиента	20%
Повышение качества обслуживания	к.3	количество ошибок в работе ПО, переданных на доработку и анализ	15%
	к.4	количество просроченных претензий от общего числа	30%

При расстановке веса показателя важно соблюдать следующие принципы:

- у более важных показателей KPI больше вес;

- вес КРІ не должен быть меньше 5%, но и не больше 50%;
- общая сумма весов всех КРІ должна быть 100%;
- вес показателя определяется в зависимости от поставленной цели.

Вычисления индекса КРІ на основании целевого в фактического значений представлены в таблице 2.

Индекс КРІ = Вес*Факт/Цель

Таблица 2 – Подсчет индекса КРІ для выбранных показателей

КРІ	Вес	Целевое значение	Фактическое значение	Индекс КРІ
к.1	0.35	25%	21%	0.294
к.2	0.2	20%	24%	0.24
к.3	0.15	20%	18%	0.135
к.4	0.3	15%	17%	0.34
	1	Коэффициент результативности		1.009

Благодаря подсчету индекса КРІ, можно отследить направление, в котором в процессе деятельности наблюдается просадка и, исходя из результатов, производить корректировку показателей, методов и алгоритмов разрешения претензии.

Так, например, показатель к.1 (количество претензий, обработанных в указанные сроки) ниже целевого значения. Данный показатель имеет наибольший вес, в связи с этим стоит предпринимать дополнительные меры по регулированию процесса.

Пример схемы расчета премиальной части заработной платы сотрудника в зависимости от выполнения КРІ (таблица 3).

Таблица 3 – Схема расчета премиальной части заработной платы сотрудника

Индекс КРІ, %	Коэффициент премии
ниже 75	0
75-85	0.3
85-99	0.7
99-101	1
выше 101	1.2

Подводя итог, стоит отметить, что главная идея внедрения KPI заключается в оценке эффективности самого процесса. Благодаря анализу показателей можно ускорить выполнение задач за счет выявления и устранения замедляющих факторов на каждом этапе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Исаев, Р. А. Банк 3.0: стратегии, бизнес-процессы, инновации: монография / Р.А. Исаев. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 161 с. — (Научная мысль). — www.dx.doi.org/10.12737/18652. — ISBN 978-5-16-104656-2. — Текст: электронный. — URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/994352> (дата обращения: 18.04.2020)
2. Сафина Д.М. Управление ключевыми показателями эффективности: учебное пособие / Д.М. Сафина. — Казань: Казан. ун-т, 2018. — 123 с.
3. ГОСТ Р ИСО 10002-2007 Менеджмент организации. Удовлетворенность потребителя. Руководство по управлению претензиями в организациях

УДК 004.021

П.А. КОНИНРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ТРАССИРОВКИ
СОЕДИНЕНИЙ**

Рассматриваются алгоритмы трассировки на трудоемкость и точность результатов с целью определения наилучшего при решении конкретной задачи.

Введение. Задача трассировки – одна из наиболее трудоемких в общей проблеме автоматизации проектирования ЭВА [1].

Сложность трассировки печатных соединений, составляющих значительную долю в общем объеме соединений, связана с постоянным увеличением функциональной насыщенности электронных узлов при одновременном снижении их габаритов. Это вызывает нехватку площади для размещения соединений, а также большое количество пересечений, что приводит к резкому увеличению числа проводящих слоев и, естественно, отражается на таких параметрах ЭС, как надежность, габариты, стоимость.

При трассировке печатных соединений «ручным» способом невозможно быстро просмотреть различные варианты и выбрать наиболее приемлемый для конкретного узла вследствие зависимости действий на последующих шагах трассировки от проведенных ранее соединений. Поэтому на разработку эффективных алгоритмов автоматической трассировки соединений направлены в настоящее время основные усилия в области автоматизации конструкторского проектирования. [2]

Существует много алгоритмов трассировки: волновые, лабиринтные, эвристические, канальные, гибкие и графотеоретические. В данной статье мы рассмотрим волновой алгоритм (алгоритм Ли) и двухлучевой алгоритм, а также определим достоинства и недостатки указанных алгоритмов.

Постановка задачи трассировки. Имеются принципиальная схема соединений компонентов печатного узла и таблица их размещения. По этим данным вычисляются координаты подмножеств соединяемых точек. Кроме того, известны конструктивно-технологические ограничения.

Необходимо соединить точки каждого подмножества таким образом, чтобы соединения, принадлежащие различным цепям, не имели пересечений в одном слое и при этом оптимизировались следующие

показатели качества трассировки: суммарная длина соединений; количество проведенных соединений; число слоев платы; число пересечений проводников; количество поворотов соединения; равномерность распределения проводников на плате и т.д.

В общем случае задача трассировки печатного монтажа включает в себя четыре этапа:

- 1) определение списка соединений, т.е. пар непосредственно соединяемых между собой точек;
- 2) распределение соединений по слоям;
- 3) определение порядка трассировки всех цепей и отдельных (двухконтактных) соединений;
- 4) трассировку отдельных соединений. [2]

Алгоритм Ли. Принцип работы данного алгоритма можно описать следующим образом.

1. Плоскость трассировки разбивается на прямоугольные площадки (дискретны) заданного размера. Размер дискретной площадки определяется допустимыми размерами проводников и расстояниями между ними. Задача проведения трасс сводится к получению последовательности дискретов, соединяющих элементы x_i , x_j , соответствующих выводам (контактам) элементов схем.

2. Вводится весовая функция $F = F(f_1, f_2, \dots, f_r)$, которая является критерием пути, а f_i характеризует путь с точки зрения длины, числа пересечений, переходных отверстий, изгибов и т. п.

3. Начиная с элемента x_i , дискретам, соседним с ранее просмотренными, присваивается определенное значение весовой функции $F = m_i$. Этап 3 проводится итерационно и продолжается до тех пор, пока элементу x_j не будет присвоено некоторое значение веса m_j .

4. Начиная с элемента x_j , производится перемещение к элементу x_i по пройденным дискретам таким образом, чтобы значения весовой функции дискретов убывали монотонно. В результате получается трасса, соединяющая элементы x_i и x_j .

Пример работы алгоритма представлен на рисунке 1.

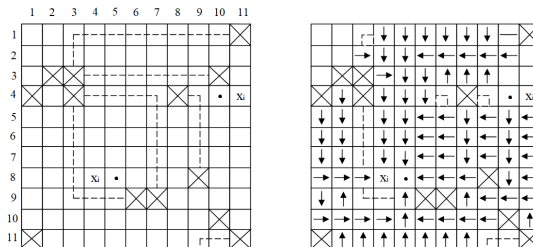


Рисунок 1 – Пример работы алгоритма (\rightarrow – найденный путь)

Алгоритм Ли считают наиболее универсальным среди алгоритмов окончательной трассировки соединений, так как соединение пары точек в ДРП, если оно осуществимо, всегда будет найдено с помощью этого алгоритма, при этом могут быть оптимизированы различные частные показатели качества трассировки либо комплексный показатель.

Однако алгоритм Ли имеет и весьма существенные недостатки: большой объем требуемой памяти ЭВМ и значительное время работы, связанное с просмотром большого количества ячеек ДРП при распространении волны. [2]

Двухлучевой алгоритм. Лучевые алгоритмы трассировки являются модификациями волнового алгоритма. Они применяются для «прокладки» трассы обычно внутри минимального прямоугольника, покрывающего соединяемые ячейки.

Наиболее часто используются так называемые двухлучевые алгоритмы, в которых из каждой ячейки распространяются по два луча во взаимно перпендикулярных направлениях. [2]

Рассмотрим пример проложения трассы для соединения площадок x_i и x_j (рисунок 2). Для источников x_i и x_j берут по два луча с противоположными направлениями: $x_i^{(1)}$ - вниз вправо; $x_j^{(1)}$ - вверх влево; $x_i^{(2)}$ - вправо вниз; $x_j^{(2)}$ - влево вверх. Если площадка x_j будет расположена не слева от x_i а справа, то путевые координаты влево и вправо надо поменять местами. После первого шага алгоритма занимают площадки с координатами $(t_3; s_2), (t_2; s_5)$. На третьем шаге встречаются лучи $x_j^{(2)}$ и $x_i^{(1)}$. [3]

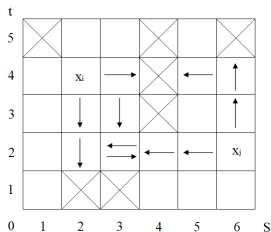


Рисунок 2 – Пример соединения ячеек x_i и x_j с помощью лучевого алгоритма

Для повышения эффективности алгоритма вводятся различные процедуры, обеспечивающие вывод луча из тупика. При выводе из тупика луч возвращается назад из заблокированной ячейки в соседнюю, по которой он прошел раньше. Заблокированной ячейке присваивается признак временного запрета, который удаляется после трассировки данного соединения, а затем, используя менее приоритетные направления, пытаются продолжить трассировку.

Основным недостатком лучевых алгоритмов является то, что они не всегда могут провести соединение даже тогда, когда это возможно. [2]

Закключение. Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что волновой алгоритм трассировки целесообразно применять при сложных соединениях в схемах ЭВА. Двухлучевой алгоритм наоборот выгоднее использовать для трассировки простых ненасыщенных плат либо для прокладки коротких проводников на начальном этапе трассировки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Селютин В. А. Машинное конструирование электронных устройств. М., «Сов. радио», 1977, 384 с.
2. Исследование алгоритмов трассировки печатных соединений: Методические указания к лабораторным работам №7, 8 / Рязан. гос. радиотехн. ун-тет; Сост.: В.С. Горин. Рязань, 2006. 16 с.
3. Курейчик В. М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1990 – 352 с.: ил.

УДК 004.852

К.Н. КОНОЧКИН

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

**СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА
ЯЗЫКЕ PYTHON**

Основная задача данной статьи - продемонстрировать молодым специалистам простоту и наглядность работы с искусственными нейронными сетями в специальной среде разработки.

Введение

Искусственная нейронная сеть (ИНС) представляет собой математическую модель, построенную по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей (сетей нервных клеток живого организма), а также её программную или аппаратную реализацию. Основной особенностью любой нейронной сети является ее способность к самостоятельному обучению и возможность действовать на основании предыдущего опыта, с каждым разом делая всё меньше ошибок [1].

Нейросети часто создают и обучают на языке Python, в основном из-за его простоты и обилия библиотек глубокого обучения. В данной докладе представлен пример создания искусственной нейронной сети на языке python с использованием фреймворка PyTorch.

Разработки в сфере искусственного интеллекта в настоящее время ведутся во многих отраслях промышленности. С повышением производительности компьютеров растет интерес к алгоритмам обработки больших объемов данных. Поэтому молодым специалистам очень важно понимать, с чего следует начинать изучение столь сложных дисциплин. В качестве примера ИНС будет представлена четырёхслойная нейросеть, предназначенная для классификации изображений рукописных цифр из базы данных MNIST.

Инструменты

База данных MNIST (сокращение от «Modified National Institute of Standards and Technology») — объёмная база данных образцов рукописного написания цифр. База данных была предложена Национальным институтом стандартов и технологий США в качестве стандарта калибровки и сопоставления методов распознавания изображений с помощью машинного обучения, в первую очередь, на основе нейронных сетей. Данные состоят из заранее подготовленных примеров изображений, на основе которых проводится обучение и тестирование систем. База дан-

ных была создана после переработки оригинального набора чёрно-белых образцов размером 20x20 пикселей NIST. Образцы из набора NIST были нормализованы, сглажены и приведены к серому полутоновому изображению размером 28x28 пикселей (см. Рисунок 1) [2].

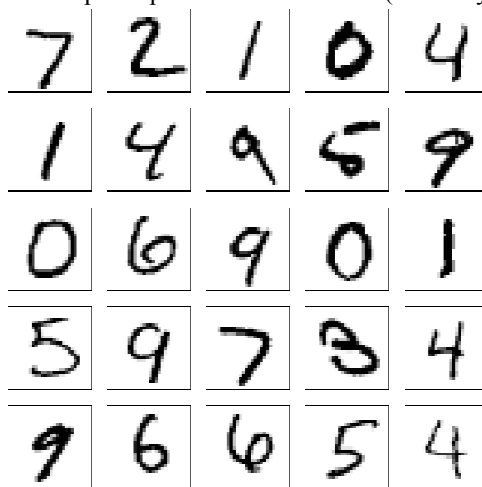


Рисунок 1 –Изображения из базы данных MNIST

Python представляет собой высокоуровневый язык программирования с широким функционалом. Его основными особенностями являются читаемость и высокая производительность кода. Синтаксис ядра Python минималистичен: названия команд и функций представляют собой английские слова или их сокращения, а блоки кода выглядят как предложения. Несмотря на кажущуюся простоту, стандартная библиотека включает большой объём полезных функций. Основные архитектурные черты языка — динамическая типизация, автоматическое управление памятью, полная интроспекция, механизм обработки исключений, поддержка многопоточных вычислений, высокоуровневые структуры данных [3].

PyTorch — современная библиотека машинного и глубинного обучения для языка Python с открытым исходным кодом, созданная на базе Torch (MATLAB-подобная библиотека). Используется для решения различных задач: компьютерное зрение, машинное обучение. Разрабатывается преимущественно командой искусственного интеллекта Facebook, при этом сторонние команды разрабатывают различные библиотеки, входящие в экосистему этого фреймворка. Основные высокоуровневые модели в PyTorch – это тензорные вычисления и глубинные нейронные сети [4].

Искусственная нейронная сеть

На рисунке 2 представлена схема ИНС для классификации изображений рукописных цифр. Входной слой состоит из 784 узлов, соответствующих пикселям изображения из набора MNIST размера 28x28 с оттенками серого. Входные данные далее проходят через два скрытых слоя, каждый из которых содержит 200 узлов, использующих линейную выпрямительную функцию активации (ReLU). За ними следует выходной слой с десятью узлами, соответствующими десяти рукописным цифрам: от 0 до 9. Для такой задачи классификации используется выходной слой с активационной функцией softmax. Выходные данные представляют собой логарифмическую вероятность, которую ИНС приписывает каждому выходному классу (вероятность того, что на картинке изображен тот или иной символ: от 0 до 9).

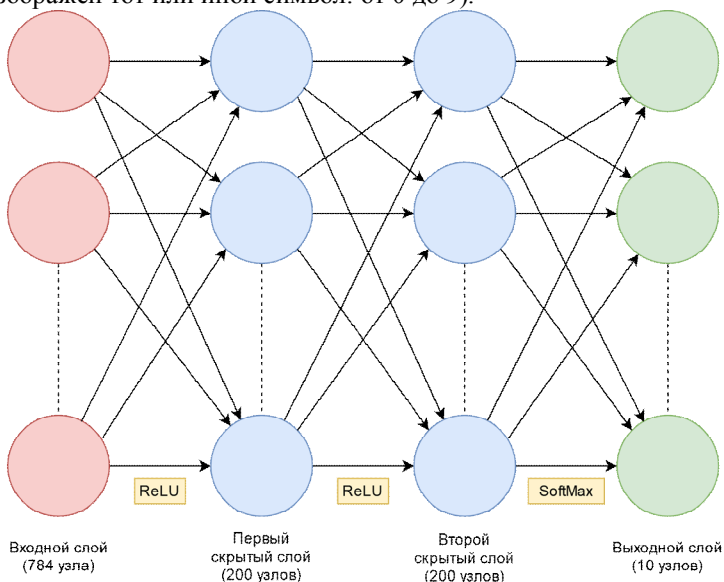


Рисунок 2 –Схема ИНС

Для реализации нейронных сетей в PyTorch, используется класс `nn.Module`. Определим класс-наследник `Net` – это позволит получить весь функционал базового класса `Module` (из модуля `torch.nn`), но при этом появится возможность переписать базовый класс для конструирования модели или прямого прохождение через сеть. Представленный на рисунке 3 код поможет объяснить сказанное:

```
class Net(nn.Module):
    def __init__(self): # конструктор
        super(Net, self).__init__() # конструктор класса nn.Module
        self.fc1 = nn.Linear(28 * 28, 200) # слой 1 (28*28) -> слой 2 (200)
        self.fc2 = nn.Linear(200, 200) # слой 2 (200) -> слой 3 (200)
        self.fc3 = nn.Linear(200, 10) # слой 3 (200) -> слой 4 (10)

    def forward(self, x): # переопределение метода forward()
        x = F.relu(self.fc1(x)) # Функции активации для переходов между слоями
        x = F.relu(self.fc2(x))
        x = F.log_softmax(self.fc3(x), dim=1)
        return x
```

Рисунок 3 – Реализация класса Net

С помощью переопределения метода *forward()* задаются принципы, по которым данные будут перемещаться по ИНС. Каждая строка данного метода представляет собой загрузку данных в новый слой сети и применение активационной функции к узлам этого слоя. Как и было описано в схеме, к узлам на первых двух слоях применяется функция ReLU, тогда как на последнем слое возвращаем логарифмическую активационную функцию softmax[5]. Наборы данных для обучения и тестирования ИНС можно загрузить с помощью специального класса *DataLoader*, который является частью библиотеки PyTorch.

Перед началом обучения необходимо задать функцию потерь, в данном случае это будет функция потерь отрицательного логарифмического правдоподобия (*NLLLoss* из модуля *torch.nn*). В комбинации с логарифмической функцией softmax на выходе ИНС такой вид функции дает эквивалентную перекрестно энтропийную потерю для 10 классов задачи классификации. Так же задается оптимизатор на основе стохастического градиентного спуска (*optim.SGD*). Основное отличие тестирования от обучения состоит в том, что при обучении используется алгоритм обратного распространения ошибки, во всем остальном они весьма схожи.

Результаты

Результатом работы описанной программы будет ИНС, предназначенная для классификации полутоновых изображений (размера 28x28 пикселей), содержащих рукописные цифры от 0 до 9. По данным на рисунке 4 для каждой эпохи обучения можно заметить тренд уменьшения скалярной потери точности (Loss). Данные тестирования так же представлены на рисунке 4.

Train Epoch: 0 [0/60000 (0%)]	Loss: 2.317198
Train Epoch: 0 [2000/60000 (3%)]	Loss: 2.217623
Train Epoch: 0 [4000/60000 (7%)]	Loss: 1.974154
Train Epoch: 0 [6000/60000 (10%)]	Loss: 1.470148
...	
Train Epoch: 9 [54000/60000 (90%)]	Loss: 0.035238
Train Epoch: 9 [56000/60000 (93%)]	Loss: 0.028300
Train Epoch: 9 [58000/60000 (97%)]	Loss: 0.018203

Test set: Average loss: 0.0003, Accuracy: 9780/10000 (98%)
--

Рисунок 4 – Вывод в консоль: обучение (сверху) и тестирование (снизу)

Точность достигла 98% за 10 эпох обучения, что является хорошим результатом для простейшей ИНС, работающей с сырыми данными

Заключение

В заключение заметим, что код всей программы, включающей в себя конструктор для нейронной сети, блок подгрузки данных, алгоритмы обучения, тестирования и оптимизации, занимает порядка 70 строк и является легко читаемым благодаря синтаксису языка python. Фреймворк PyTorch предоставляет удобный интерфейс для конструирования и обучения нейронных сетей. При времени обучения порядка 5 минут, простейшая нейросеть смогла классифицировать рукописные символы из тестового набора с точностью 98%, что является отличным результатом [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст] : 2-е издание / Саймон Хайкин; перевод с англ. Н. Н. Куссуль, А. Ю. Шелестова – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
2. Сайт создателей базы данных MNIST [Электронный ресурс] = The MNIST database of handwritten digits, [статья], 2020. – URL: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/> (Дата обращения: 20.03.2020).
3. Официальный сайт разработчиков языка python [Электронный ресурс] = Python documentation, [статья], 2020. – URL: <https://www.python.org/> (Дата обращения: 24.03.2020).
4. Официальный сайт разработчиков PyTorch [Электронный ресурс] = PyTorch documentation, [статья], 2020. – URL: <https://pytorch.org> (Дата обращения: 24.03.2020).
5. Сайт для изучающих нейронные сети на Python [Электронный ресурс] = Учебник, [статья], 2020. – URL: <https://neuralnet.info/book/> (Дата обращения: 27.03.2020).

УДК 536.212.3

А.Н. КУЗЬМИН, М.А. ШАШКОВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКА ТЕПЛА ЧЕРЕЗ ПЛОСКУЮ СТЕНКУ**

В этой статье рассмотрим: теплопроводность через плоские однослойные и многослойные стенки, а также эффект переменной проводимости.

1. Теплопроводность через плоскую стену.

Рассмотрим одномерную теплопроводность через однородную, изотропную стенку толщиной δ с постоянной теплопроводностью k и постоянной площадью поперечного сечения A . Стена изолирована на своих боковых поверхностях, и постоянные, но различные температуры t_1 и t_2 поддерживаются на ее граничных поверхностях. Очевидно, что температура изменяется только в направлении, перпендикулярном стенке, и температурный потенциал вызывает теплообмен в положительном направлении x .

Внимание сосредоточено на элементарной полосе толщиной dx , расположенной на расстоянии x от плоскости отсчета. Разница температур на полосе составляет dt , и, очевидно, градиент температуры составляет dt / dx . Поскольку Q является постоянным в стационарном состоянии, члены уравнений скорости Фурье $Q = -kA (dt / dx)$ могут быть разделены и интегрированы непосредственно между пределами $t = t_1$ при $x = 0$ и $t = t_2$ при $x = \delta$. Таким образом –

$$\begin{aligned}
 Q \int_x^\delta dx &= -kA \int_{t_2}^{t_1} dt; \\
 Q\delta &= kA(t_1 - t_2); \\
 Q &= \frac{kA(t_1 - t_2)}{\delta}. \quad (1)
 \end{aligned}$$

Выражение для стационарного распределения температуры может быть установлено путем интегрирования уравнения скорости Фурье между пределами:

- (i) $x = 0$, где температура указана как t_1 .
- (ii) $x = \delta$, где температура должна быть определена

Таким образом:

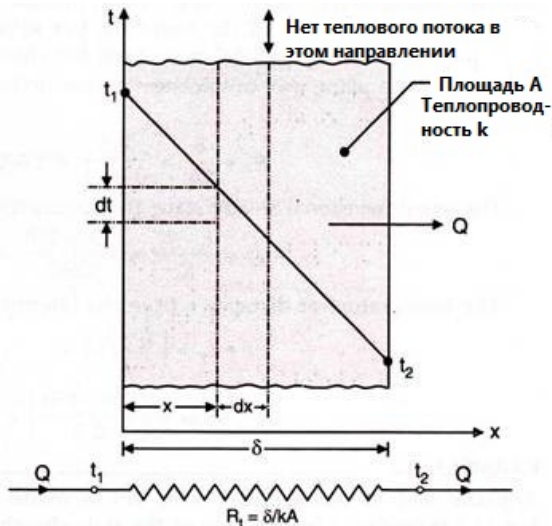


Рисунок 1 – Распределение тепла внутри плоской стенки

$$Q \int_0^x dx = -kA \int_{t_2}^t dt;$$

$$Qx = -kA(t - t_1);$$

$$Q = -\frac{kA(t - t_1)}{x}; \quad (2)$$

Сравним выражения 1 и 2

$$\frac{kA(t_1 - t)}{x} = \frac{kA(t_1 - t_2)}{\delta};$$

$$\text{или } t = t_1 + \frac{(t_2 - t_1)}{\delta} x;$$

$$\text{или } \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} = \frac{x}{\delta}. \quad (3)$$

Выражение для теплового потока, уравнение 1, можно записать в виде:

$$Q = \frac{(t_1 - t_2)}{\delta / kA} = \frac{t_1 - t_2}{R_t}; \quad (4)$$

где $R_t = \delta / kA$ - тепловое сопротивление тепловому потоку. Эквивалентный тепловой контур для теплового потока через плоскую стенку включен в рисунок 1.

2. Теплопроводность через многослойную стенку.

Многослойная стена относится к стене из нескольких неоднородных слоев, например, к стенам жилых домов, где кирпичи имеют слой штукатурки с обеих сторон. Аналогично, стенки печей, котлов и других теплообменных устройств состоят из нескольких слоев; слой для механической прочности или для высокотемпературных характеристик (огнеупорный кирпич), слой материала с низкой теплопроводностью для ограничения потока тепла (изолирующий кирпич) и еще один слой для конструктивных требований для хорошего внешнего вида (обычный кирпич).

На рисунке 2 показана одна такая композитная стенка, имеющая три слоя различных материалов, плотно прилегающих друг к другу. Слои имеют толщину δ_1 , δ_2 , δ_3 , а их теплопроводность соответствует средним температурным условиям. Температура поверхности стенки равна t_1 и t_4 , а температура на границах раздела равна t_2 и t_3 .

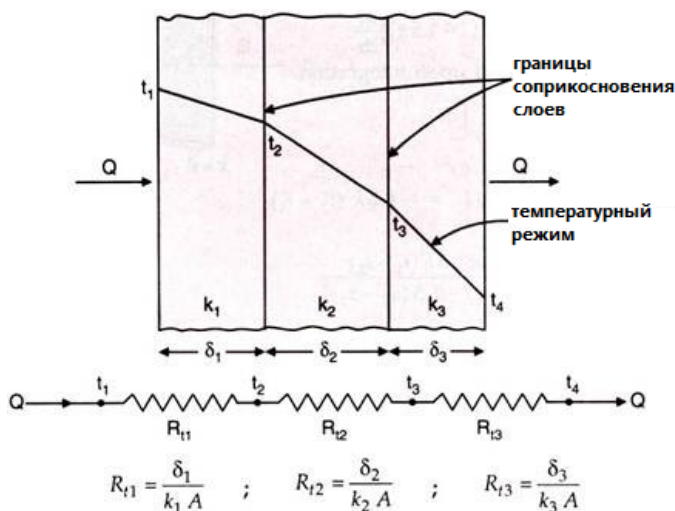


Рисунок 2 – Распределение тепла внутри многослойной стенки

В стационарных условиях тепловой поток не меняется через стенку, т. е. Он одинаков для каждого слоя. Таким образом –

$$Q = \frac{k_1 A}{\delta_1} (t_1 - t_2) = \frac{k_2 A}{\delta_2} (t_2 - t_3) = \frac{k_3 A}{\delta_3} (t_3 - t_4);$$

перепишем вышеприведенное выражение с точки зрения падения температуры на каждом слое,

$$t_1 - t_2 = \frac{Q\delta_1}{k_1 A}; t_2 - t_3 = \frac{Q\delta_2}{k_2 A}; t_3 - t_4 = \frac{Q\delta_3}{k_3 A};$$

Суммирование дает общую разницу температур по всей стене:

$$t_1 - t_4 = Q \left(\frac{\delta_1}{k_1 A} + \frac{\delta_2}{k_2 A} + \frac{\delta_3}{k_3 A} \right);$$

тогда-

$$Q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{k_1 A} + \frac{\delta_2}{k_2 A} + \frac{\delta_3}{k_3 A}} = \frac{t_1 - t_4}{R_{t1} + R_{t2} + R_{t3}}. \quad (5)$$

Распределение температуры в плоской многослойной стенке представлено ломаной (рисунок 2). Когда приведенный выше анализ распространяется на n-слойную композитную стенку, получается:

$$Q = \frac{(t_1 - t_{n+1})}{\sum_1^n \frac{\delta}{kA}}; \quad (6)$$

где $\sum_1^n \frac{\delta}{kA}$ сумма тепловых сопротивлений различных слоев, составляющих композитную стенку.

Анализ композитной стенки предполагает, что между слоями существует идеальный контакт и не происходит никакого падения температуры на границе раздела между материалами.

3. Влияние переменной проводимости.

Для большинства материалов зависимость теплопроводности от температуры практически линейна

$$k = k_0 (1 + \beta t); \quad (7)$$

где k_0 - теплопроводность при температуре 0°C , а β - постоянная, значение которой зависит от материала. Эта константа может быть положительной или отрицательной в зависимости от того, увеличивается или уменьшается теплопроводность с температурой. Коэффициент β обычно положителен для неметаллов и изоляционных материалов (за исключением магнезитового кирпича) и отрицателен для металлических проводников (за исключением алюминия и некоторых цветных сплавов).

При переменной теплопроводности закон теплопроводности через плоскую стенку Фурье можно выразить как:

$$Q = -k_0 (1 + \beta t) A \frac{dt}{dx}. \quad (8)$$

Разделение переменных и интегрирование в пределах $t = t_1$ при $x = 0$ и $t = t_2$ при $x = \delta$;

$$Q \int_0^{\delta} dx = -k_0 A \int_{t_1}^{t_2} (1 + \beta t) dt;$$

$$Q \delta = -k_0 A \left[\left(t_2 + \frac{\beta}{2} t_2^2 \right) - \left(t_1 + \frac{\beta}{2} t_1^2 \right) \right] = k_0 A (t_1 - t_2) \left\{ 1 + \frac{\beta}{2(t_1 + t_2)} \right\}. \text{Та-}$$

ким образом, тепловой потока-

$$Q = \frac{k_m A}{\delta} (t_1 - t_2). \quad (9)$$

Величина $k_m = k_0 (1 + \beta / 2 (t_1 + t_2))$ представляет среднюю теплопроводность, оцененную при средних арифметических температурах $1/2(t_1 + t_2)$.

Изменение температуры:

Закон индукции тепла Фурье через плоскую стенку:

$$Q = -k A dt / dx; \quad Q / A = - (k dt / dx).$$

Для стационарной теплопроводности в бесконечной стенке Q / A является постоянной величиной и поэтому должно быть параметром ($k dt / dx$). Тогда очевидно, что изменение температуры в стенке определяется условием того, что параметр ($k dt / dx$) является постоянным.

Случай I $\beta = 0$: имеем,

$$k = k_0 (1 + \beta t) = k_0 = \text{константа.}$$

Теплопроводность не изменяется с температурой и равна постоянному значению k_0 . Соответственно, чтобы параметр ($k dt / dx$) был постоянным, член dt / dx должен быть постоянным. Следовательно, наклон кривой температуры является постоянным, а профиль температуры - линейным.

Случай II $\beta > 0$: имеем,

$$k = k_0 (1 + \beta t) \text{ m.e. } k_0 \propto t$$

Теплопроводность материала стенок прямо пропорциональна температуре; k увеличивается с увеличением температуры или уменьшается с уменьшением температуры. Поскольку температура уменьшается в направлении x , теплопроводность также будет уменьшаться. Соответственно, чтобы поддерживать параметр ($k dt / dx$) постоянным, член dt / dx должен увеличиваться. Следовательно, значение наклона увеличивается от точек А и В, и это означает, что кривая должна идти круче от А до В. Очевидно, что при положительном значении β кривая изменения температуры имеет выпуклую природу.

Случай III $\beta < 0$: имеем,

$$k = k_0 (1 - \beta t) \text{ m.e. } k_0 \propto 1$$

Теплопроводность материала стенки обратно пропорциональна температуре; k уменьшается с увеличением температуры или увеличивается с уменьшением температуры. Поскольку температура уменьшается в направлении x , теплопроводность будет увеличиваться. Чтобы поддерживать параметр $(k dt / dx)$ постоянным, dt / dx должен уменьшаться. Следовательно, значение наклона температурного профиля уменьшается. Очевидно, профиль температуры будет вогнутым для отрицательного значения коэффициента β .

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М., «Энергия», 1973
2. Дульнев Г.Н., Тихонов С.В. Основы теории тепломассообмена. СПб., «СПбГУИТМО», 2010.
3. Орлов М. Е. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен. Ульяновск, УлГТУ, 2013.

УДК 004.422

Г.М. МАЛЬЦЕВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ПРОГРАММА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ
ПЕРФОРИРОВАННОГО БЛОКА**

В ходе данной работы было написание программного обеспечения для расчета температуры в нижней и верхней части перфорированного блока. Что позволит специалистам быстрее производить расчеты.

Практически все радиоэлектронные устройства, при работе используют не всю потребляемую мощность. В следствии чего, температура блока становится больше, чем температура окружающей среды, следовательно, будет происходить конвекция. Данный процесс может быть, как интенсивным, так и умеренный, все зависит от разности температур блока и окружающей среды. В современном мире все знают о том, что для разработки новых радиоэлектронных блоков помимо различных инновационных разработок, нужно не забывать про тепловые режимы аппаратуры. В прошлом, к данному вопросу больше относились интуитивно, что в современном мире просто невозможно, так как времени на разработку новой аппаратуры дается не так много. Следовательно, в довольно сжатые сроки требуется безошибочное решение, близкое к оптимальному. Как известно для каждого типа конструкции устанавливается предельная температура использования, в результате этого при повышении температурного режима эксплуатация аппаратуры становится не возможным, в связи с выходом его из строя. Поэтому очень важной задачей у конструктора радиоэлектронной аппаратуры состоит в том, чтобы создать правильные условия теплового режима для каждого элемента конструкции.

Обычно конструктору приходится решать задачи по причине удаления тепла от аппаратуры путем самонагрева. Без всяких сомнений, в окружающую среду передается теплота от нагретой аппаратуры, которая называется кондукцией, конвекцией и излучением.

Обычно для охлаждения аппаратуры приходится усложнять конструкцию аппарата. Объединение устройств и конструктивных элементов, применяемых для охлаждения, будем называть системой охлаждения блока. Используемые в радиоэлектронной аппаратуре системы охлаждения разобьем на испарительные, жидкостные, воздушные, кондуктивные и комбинированные.

Кондукция - процесс переноса тепловой энергией между находящимися в соприкосновении телами или частями тел за счет теплопроводности тел.

Конвекция — перенос энергии макрочастицами газа или жидкости.

Перенос теплоты излучением происходит за счет превращения тепловой энергии в энергию излучения (лучистая энергия).

В настоящих условиях теплообмен проводится сразу двумя или тремя видами, что делает сомнительным точный расчет температурного поля. Чаще всего выбирают наиболее эффективный теплообмен, который подойдет для данного конкретного блока и производят расчет. Теплопроводность, воздушное естественно или принудительное, или воздушное принудительно охлаждение с дополнительной охлаждающей жидкостью в трубках обычно используют в стационарной аппаратуре.

Естественное воздушное охлаждение считается самым легким и дешёвым способом охлаждения блока. Данный способ считается самым не эффективным среди охлаждения, но он самый не затратный. Путем обычной конвекции происходит обмен воздушной массы между окружающей средой и аппаратуры.

Проведя тепловой анализ радиоэлектронной аппаратуры разрабатываются системы охлаждения. Прежде необходимо составить список тепловыделяющих компонентов, установить рассеиваемые мощности и максимальную допустимую температуру. Эти данные показывают критичные перегреву компоненты.

Данное приложение было написано на языке Object Pascal, в среде программирования Lazarus IDE v.1.8.4.

В настоящее время в мире существует большое количество языков программирования. Но несмотря на это, каждый день разрабатываются новые языки. Уже не первый год были попытки создания универсального языка, например, PL/1. Но большая конкуренция на рынке в настоящее время, не дает в полной мере раскрыться данному языку.

Язык Pascal, пожалуй, считается самым универсальным языком программирования. Одно из главных преимуществ можно отметить то, что программы можно открывать на компьютерах с различной архитектурой, а также на разных операционных системах. Данный плюсы позволяют широко использовать данный язык программирования. Язык Object Pascal использует представление объектно-ориентированного программирования (ООП).

При запуске программы открывается окно, показанное на рисунке 1.

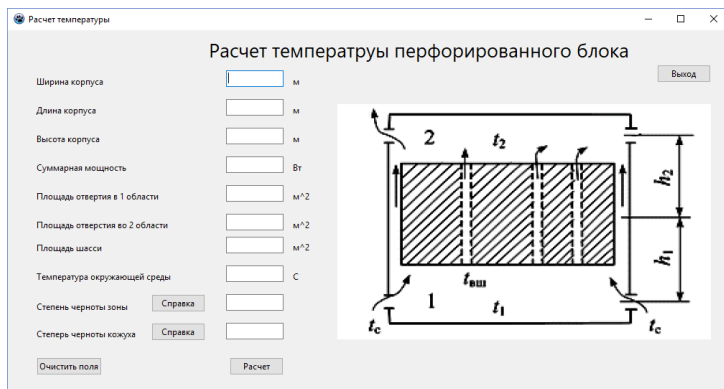


Рисунок 1 – Стартовое окно программы

Справка по степени черноты появляется при нажатии на кнопку «Справка» возле советующего пункта ввода данных, после которого откроется диалоговое окно, показанное на рисунке 2.

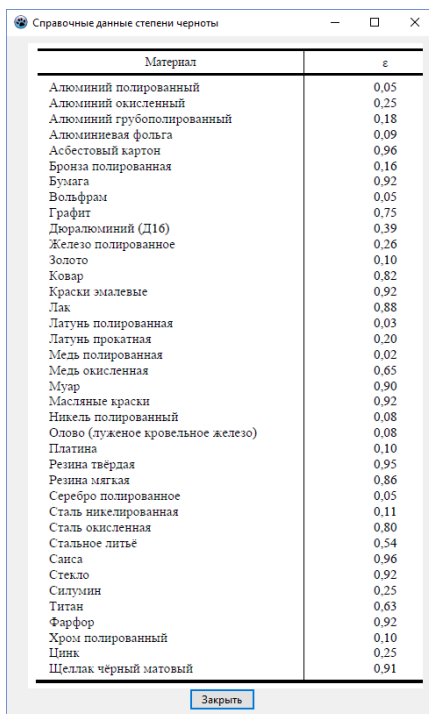


Рисунок 2 – Справочные данные степени черноты

После заполнения всех данных и нажатием кнопки «Расчет» нам выводиться результаты, как показано на рисунке 3.

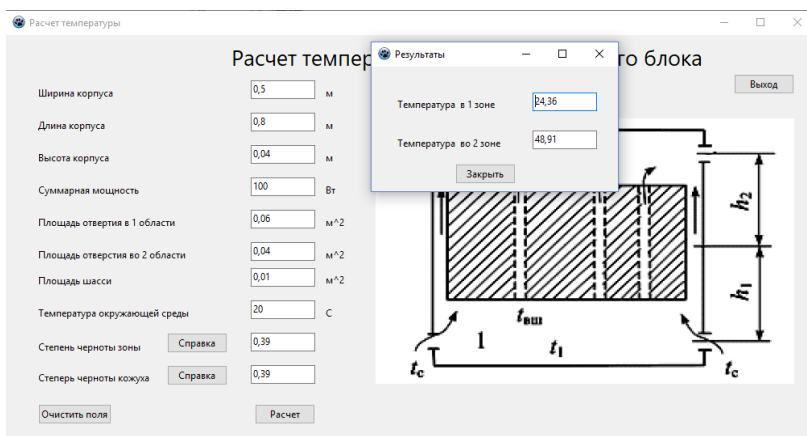


Рисунок 3 – Результат выполнения программы

Программа имеет достаточно простой и понятный интерфейс, обеспечивающий удобство в работе и доступ к необходимому пользователю информации с наименьшими затратами времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Компьютерные технологии для расчёта тепловых режимов и механических воздействий: учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, О.А. Белоусов – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 88 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-1063-6.

УДК 616.74

Н.А. МАРКОВАРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИВОД ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ
СУСТАВОВ**

Рассматриваются электронный приводы тренажеров для разработки подвижности изолированных суставов конечностей.

Следствием инсультов обычно являются нарушения подвижности суставов конечностей. Для их восстановления используют метод непрерывных пассивных движений (СРМ-терапия). При реализации этого метода были разработаны устройства, которые сгибают и разгибают суставы рук, ног, пальцев и не требуют активных сокращений околосуставных мышц, позволяя пациенту сохранять подвижность суставов, не вызывая у него ощущения боли и дискомфорта.

1. Актуальность: ежегодно около 10,3 млн граждан во всем мире страдают от инсульта, в частности примерно 400-450 тысяч в Российской Федерации [3; 4; 6]. Согласно статистике Министерства здравоохранения, в последние годы смертность от инсульта несколько снизилась. Однако число людей, перенесших инсульт, увеличивается с каждым годом, и что еще хуже — инсульт возникает и у очень молодых людей [6]. В общей структуре заболеваний сердечно-сосудистой системы нарушения мозгового кровообращения характеризуются наиболее тяжелыми медицинскими, социальными и экономическими последствиями [1; 2]. При реабилитации одной из главных задач является восстановление мелкой моторики пальцев рук, так как качество восстановления при сохранении работоспособности человека. Проблема реабилитации в России заключается в нехватке механотерапевтических аппаратов, которые имели бы конкурентную цену, для восстановления второстепенных суставов.

2. Основы метода СРМ-терапии (механотерапия). В современной медицине все большее значение приобретают механизированные и роботизированные устройства. Метод представляет собой лечение больных с использованием непрерывных пассивных движений, выполняемых с помощью различных механических устройств. В то же время при использовании некоторых из них пациент находится исключительно в пассивном положении [5]. Принцип метода заключается в следующем:

за счет дозированного растяжения тканей в условиях мышечной релаксации достигается подвижность в изолированном суставе. Пассивное движение в суставе выполняется по индивидуально подобранной программе реабилитации, которая определяет эффективность воздействия. СРМ-терапия помогает ускорить восстановление собственных движений в пораженной конечности, снять боль, снятию отеков, предотвратить образования контрактур и тромбоза, а также других заболеваний. Задача при разработке устройства: обеспечение физиологически естественного пассивного сгибания суставов рук или ног. Для обеспечения быстрого и безболезненного восстановления кривая движения суставов конечностей должна быть естественной. Это требует регулирование точки крепления сустава к подвижной части тренажера.

Чтобы правильно выбрать режим работы тренажера для пациентов на разных этапах восстановления необходимо реализовать регулирование основных параметров работы: амплитуда движения, скорость, силу и паузу на сгибание/разгибание сустава.

3. Устройство тренажера. Тренажер состоит из основания, рамы крепления конечности, подвижной рамы с ремнями для крепления суставов, электродвигателя для перемещения подвижной рамы, блока управления. Основание и рама могут быть выполнены из алюминиевого уголка, что позволит снизить вес устройства без потери жесткости и позволит сократить затраты. Основание должно быть покрыто мягким материалом для удобного расположения конечности. Подвижная рама приводится в движение электродвигателем, который имеет датчик положения для ограничения крайних положений. Ось подвижной рамы проходит через коленно-локтевые суставы, запястно-пястные суставы кисти. На подвижной раме закрепляются ремни с креплением под суставы, которые необходимо разрабатывать. Для того, чтобы не травмировать суставы если у пациента повышена жесткость мышц, блок управления может остановить движение тренажера при превышении допустимого потребления тока электродвигателя. Блок управления выполняется на микроконтроллере, а для уменьшения его массы и габаритов изготавливается двухсторонняя печатная плата.

4. Опыт использования различных тренажеров. Изучая различные модели тренажеров отечественного и зарубежного производства можно сделать выводы об эффективности этих разработок. Терапию желательно начинать проводить незамедлительно, однако, это не всегда возможно. Но и для «застарелых» случаев инсульта данные тренажеры эффективны. Стоит заметить, что в таких случаях для разработки требуется большее количество времени, нежели начать терапию сразу. Для восстановления подвижности суставов пациенты проводят ежедневные

занятия с тренажером по схеме, назначенной врачом. Кроме того, пациенты проходят физиотерапию и медикаментозную терапию на протяжении всего рассматриваемого периода. В первые дни занятий на тренажерах проявляется болезненное состояние в суставах, которое постепенно уменьшается с течением времени. Через определенный промежуток времени были подведены итоги занятий на тренажерах. У всех пациентов объем движений в пораженной конечности увеличился. Наблюдалось снижение мышечной спастичности. У многих пациентов значительно снизилась интенсивность болевого синдрома при пассивных движениях. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о значительном сокращении сроков реабилитации пациентов после перенесенного инсульта.

Предлагаемые устройства позволяют улучшить ситуацию в реабилитации больных инсультом в России. Они способны восполнить нехватку устройств для пассивной реабилитации суставов конечностей в медицинских учреждениях за счет более низкой стоимости и улучшенной функциональности. Данную разработку также можно отнести к программе импортозамещения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sarti C, RastenYTE D, Cepaitis Z, Tuomilehto J. International trends in mortality from stroke, 1968 to 1994. *Stroke* 2000; 31:1588-601.

2. Скворцова, В.И., Чазова, И.Е., Стаховская, Л.В. Вторичная профилактика инсульта. М.: ПАГРИ, 2002. –120 с.

3. Верещагин Н.В., Варакин, Ю.Я. Регистры инсульта в России: результаты и методологические основы проблемы // Журнал неврологии и психиатрии. Приложение «Инсульт». – 2001. – Вып. 1. – С. 34-40.

4. Снижение заболеваемости, смертности и инвалидности от инсультов в Российской Федерации / под ред. В.И. Скворцовой. – М.: Литерра, 2008. – 192с.

5. Гиниятуллин Н.И. Механотерапия: состояние и тенденции развития / Н.И. Гиниятуллин, И.Р. Гильманшина, В.А. Сулейманова // Медицинский вестник Башкортостана. – 2014. – Т. 9. – №5. – С. 164-169.

6. Инсульт в России - заболеваемость и смертность [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/infographics/8578>

УДК 004.021

Ф.В. МАШКОВ, А.Н. САПРЫКИНРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ЭВОЛЮЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ТРАССИРОВКИ
ДВУХСЛОЙНЫХ КАНАЛОВ**

Рассматривается актуальность применения эволюционных алгоритмов для трассировки двухслойных каналов и приводится пример генетического алгоритма для канальной трассировки.

Задача трассировки это один из важнейших этапов проектирования больших и сверхбольших интегральных схем. В общем смысле главная задача трассировки состоит в определении линий, соединяющих контактные площадки элементов и компонентов больших и сверхбольших интегральных схем. Нахождение решения, удовлетворяющего необходимым ограничениям в задачах трассировки возможно только путем полного перебора, отсюда возникает понимание, что вычисление оптимального решения будет иметь факториальную сложность.

Для уменьшения сложности нахождения решения применялись лучевые и волновые алгоритмы и их модификации, однако они также требовали большого расхода памяти и большого числа вычислений.

Наиболее оптимальным в данный момент является применение генетических алгоритмов с методом канальной трассировки для решения подобных задач. Для улучшения результата генетических алгоритмов целесообразно применять так называемые эволюционные стратегии, например, передавать в следующее поколение только положительные мутации. Оптимизация и улучшение генетических алгоритмов позволит сильно уменьшить затраты на трассировку больших плат.

Основными элементами всех канальных алгоритмов являются представления о каналах и магистралях. Магистралью называется отрезок, по которой может проходить соединение в некотором направлении, чаще всего в горизонтальной или вертикальной плоскости. Каналом называется ограниченная область прямоугольной или квадратной формы, на одной или нескольких сторонах которой располагаются контактные площадки с системой однонаправленных магистралей.

Алгоритмы канальной трассировки призваны обеспечить минимальный размер каналы и общей длины магистралей, находящихся в нём. Целью называют соединение контактов горизонтального сегмента

с вертикальными, которые соединяют горизонтальный сегмент с контактами цепи.

Горизонтальные и вертикальные сегменты располагаются физически в разных слоях, для недопущения их пересечения. Соединения между горизонтальными и вертикальными сегментами делаются через специальные переходные отверстия. Поэтому можно сформулировать задачу канальной трассировки, как задачу минимизации числа переходных отверстий, а также суммарной длины магистралей.

В постановке задачи опишем канал двумя последовательностями «Верх» и «Низ», в которых соответственно размещаются верхняя и нижняя линейки канала. Размерность обеих последовательностей совпадает и равна некоторому числу N – определяющему число колонок в канале. Множество цепей определим как последовательность $C = \{C_1, \dots, C_m\}$, где m – число цепей в канале.

Простейший пример канала приведен на рисунке 1.

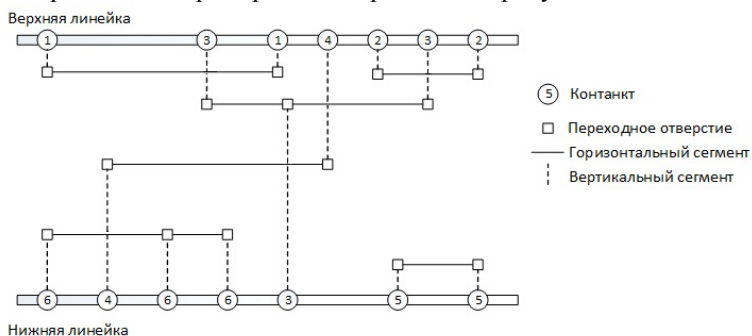


Рисунок 1 – Канал печатной платы

Генетический алгоритм – в общем случае является итерационным процессом, который обрабатывает группу хромосом (решений) называемую популяцией. Каждая популяция имеет некоторую размерность, определяемую числом хромосом X в ней. Каждая хромосома состоит из определенного набора генов. Гены размещаются не случайно в хромосоме, а в определенных её частях.

Терминологию, которую будем использовать для задачи канальной трассировки заимствуем из генетики и приведем в соответствие с контекстом задачи.

Хромосома – кодированное представление одного варианта топологии. Хромосома состоит из генов.

Ген – элемент хромосомы, задающий некоторый фрагмент топологии.

Популяция – набор хромосом (закодированных решений задачи трассировки).

Генерация – один цикл работы генетического алгоритма.

При использовании генетического алгоритма требуется, оценивать хромосомы с точки зрения некоторой целевой функции, определяемой условиями задачи. В рамках предметной области целевая функция должна оценивать некие метрики, соответствующие каждой хромосоме, такие как число магистралей, общая длина цепей, и т.д.

Генетический алгоритм во время работы обрабатывает популяцию или популяции решений, с закодированными в них хромосомами. В процессе работы к популяции применяются операторы, соответствующие генетическому алгоритму, такие как мутация с заданной вероятностью, отбор, наследование, кроссинговер. После генерации нового поколения популяции производится отбор лучших решений и уже среди них будут выбраны родители для следующего цикла. Число таких циклов при работе генетического алгоритма будем называть называется числом генераций G . Существует множество различных вариантов генетического алгоритма. Для простоты реализации выберем стандартную схему генетического алгоритма (Рисунок 2).

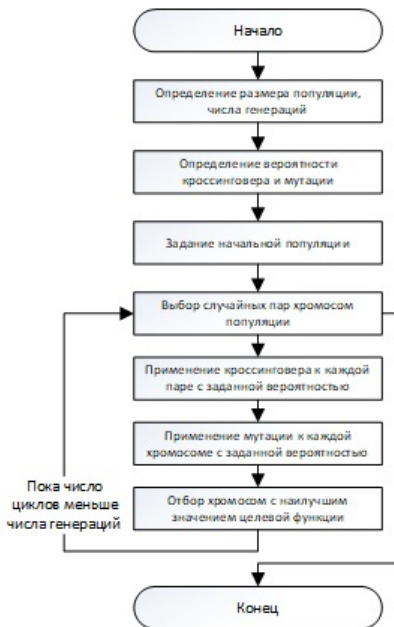


Рисунок 2 – Схема стандартного генетического алгоритма

Таким образом в данной статье рассматриваем эволюционный алгоритм и смысл его применения для задач канальной трассировки, в том числе двухслойных каналов печатных плат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Давиденко В.Н., Курейчик В.М. Журнал "Автоматизация проектирования"
2. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы и их применение в САПР, Интеллектуальные САПР. Межведомственный тематический научный сборник, Таганрог, 1995, с. 7-11.
3. Yoshimura, T. and Kuh, E.S. Efficient algorithms for channel routing, IEEE Trans. Comput.-Aided Des. Integrated Circuits & Syst., vol.1, no.1, pp.25-35,1982.
4. Burstein M. Channel routing, Layout Design and Verification, pp. 133-167, Elsevier Science, 1986.

УДК 004.42

А.А. МИТРОШИН, В.Е. НИКИШИНРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**КОНВЕЙЕРНАЯ ПЛАНИРОВКА МЕТОДОМ ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ**

В статье представлено описание программы, осуществляющей планировку задач для конвейера методом ветвей и границ, а так же моделирующую работу самого конвейера.

В современном мире во многих системах применяются конвейеры. Их можно встретить как на крупных производствах, так и на кристаллах современных процессоров. Широта применения делает необходимым применение эффективных алгоритмов при составлении расписаний конвейеров. Одним из таких алгоритмов является алгоритм планировки, основанный на методе ветвей и границ, который изучается в стандартном курсе теории расписаний.

Метод заключается в приближенной оценке времени обслуживания $T(\sigma, \sigma')$ для различных наборов требований (расписаний). На основе оценок выбираются самые перспективные наборы, после чего процесс повторяется до тех пор, пока не будут учтены все требования.

Для случая с конвейером из трех приборов оценка производится по следующей формуле:

$$\gamma(\sigma) = \max \begin{cases} T_A(\sigma) + \sum_{k \in N \setminus \tilde{N}} a_k + \min_{k \in N \setminus \tilde{N}} (b_k + c_k) \\ T_B(\sigma) + \sum_{k \in N \setminus \tilde{N}} b_k + \min_{k \in N \setminus \tilde{N}} c_k \\ T_C(\sigma) + \sum_{k \in N \setminus \tilde{N}} c_k \end{cases}$$

Здесь N – множество всех требований, \tilde{N} – множество требований уже распределенных в расписание. $T_A(\sigma)$, $T_B(\sigma)$ и $T_C(\sigma)$ соответственно моменты время в которые завершают обслуживание требований приборы А, В и С. Их можно определить следующим образом:

$$T_A(\sigma) = \sum_{k=1}^r a_{i_k}, \quad T_B(\sigma) = \max_{1 \leq u_1 \leq r} \left[\sum_{k=1}^{u_1} a_{i_k} + \sum_{k=u_1}^r b_{i_k} \right]$$

$$T_C(\sigma) = \max_{1 \leq u_1 \leq u_2 \leq r} \left[\sum_{k=1}^{u_1} a_{i_k} + \sum_{k=u_1}^{u_2} b_{i_k} + \sum_{k=u_2}^r c_{i_k} \right]$$

Где $a_{i_k}, b_{i_k}, c_{i_k}$ – соответственно продолжительности обслуживания i -го требования в k -ой очередности на приборах А, В и С.

Спроектированная программа наглядно демонстрирует работу конвейера из трех приборов. Она позволяет генерировать требования, запускать симуляцию конвейера, оптимизировать расписание описанным методом, а так же сохранять и загружать расписания:

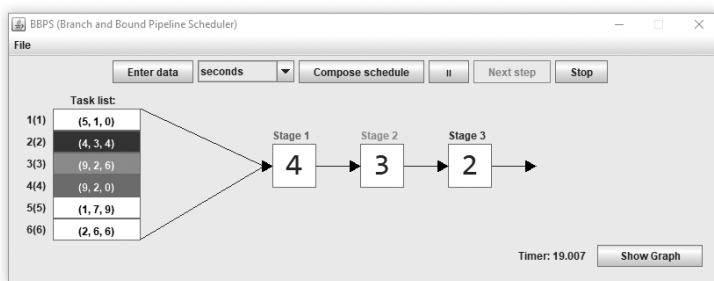


Рисунок 1 – Демонстрация работы конвейера

Список задач следует читать следующим образом: сначала идёт порядок исполнения задач, далее в скобках указан порядковый номер задачи, который может поменяться после составления расписания. В прямоугольниках указан кортеж из 3-х чисел – время выполнения задачи на каждом из 3-х устройств. Во время выполнения, задача подсвечивается цветом соответствующего устройства, вместе с этим номер задачи помещается в квадрат, соответствующий исполняющему устройству.

Составления оптимального расписания при помощи метода ветвей и границ осуществляется нажатием кнопки «Compose schedule». При этом откроется нижняя область, где построится граф, соответствующий результату работы алгоритма (рисунок 2).

В узлах графа находятся оценки оптимальности данного варианта расписания, которое располагается рядом. Алгоритм на каждом шаге выбирает наименьшую оценку из доступных, что в конечном итоге даёт оптимальное расписание для всего списка задач. Задачи перераспределяются в последовательности, установленные расписанием и теперь можно заново запускать конвейер и сравнивать время исполнения с предыдущим.

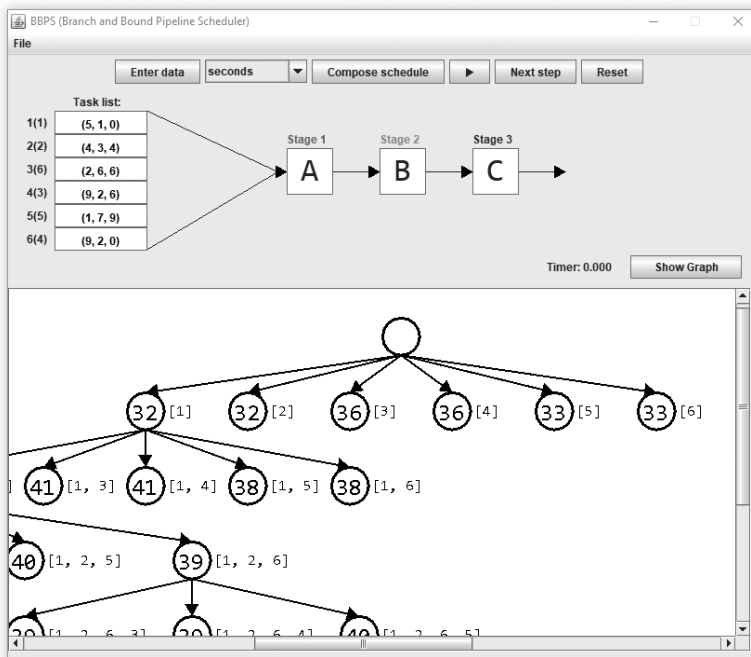


Рисунок 2 – Построенный граф с расписанием

Таким образом, метод ветвей и границ, являясь одним из методов построения расписаний конвейеров, позволяет эффективно организовывать работу реальных конвейерных устройств. Написанная программа может быть использована в обучающих целях, для наглядной демонстрации принципов данного подхода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В. С. Танаев, В. В. Шкурба Введение в теорию расписаний, главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М., 1975

УДК 004.023

И.А. МУЗИЮКИН, А.Н. САПРЫКИНРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОПЕРАТОРОВ
СКРЕЩИВАНИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ
АЛГОРИТМОВ**

Рассматриваются различные модификации операторов скрещивания для вещественных чисел в непрерывных генетических алгоритмах.

Генетические алгоритмы (ГА) – это эффективный инструмент, который используется для решения сложных задач, нашедших применение в сферах оптимизации, искусственного интеллекта, техники и других областях [1]. С самого начала развития теории ГА в ней преобладает метод фиксированной длины хромосомы и двоичного кодирования строк, однако не все задачи можно решать таким способом. Одной из таких задач являлось нахождение решений, представленных в формате вещественных чисел. Для этого, естественно, реализация специальных биологических операторов просто необходима. Новый тип генетического алгоритма получает название непрерывного ГА (real-coded GA), или генетического алгоритма с вещественным кодированием [2].

Научно доказано, что в появлении новых особей в популяции канонического ГА участвуют такие операторы как отбор, скрещивание и мутация. В роли таких операторов отбора особей в родительскую пару могут быть любые известные методы: рулетка, турнирный, случайный. Однако стандартные операторы скрещивания здесь не подходят, поскольку в классических реализациях они работают с двоичными строками, а значит, для этого требуются новые реализации, учитывающие специфику real-coded алгоритмов [3].

Пусть $P_1 = (p_1^1, p_2^1, \dots, p_n^1)$ и $P_2 = (p_1^2, p_2^2, \dots, p_n^2)$ – две родительские хромосомы, выбранные оператором селекции для скрещивания, где n – её длина. Рассмотрим различные модификации операторов скрещивания для вещественных чисел в непрерывных генетических алгоритмах.

1. Арифметическое скрещивание для вещественных векторов

При таком варианте скрещивания формируется два потомка - C_1 и C_2 . Гены первого формируются как сумма долей α генов первого и $(1 - \alpha)$ долей второго родителя. Второй потомок генерируется подобно

первому, но доли при этом меняются местами [4]. Скрещивание происходит по следующим формулам:

$$C_1 = (c_1^1, c_2^1, \dots, c_n^1), C_2 = (c_1^2, c_2^2, \dots, c_n^2), \text{ где} \quad (1)$$

$$c_k^1 = \alpha \times p_k^1 + (1 - \alpha) \times p_k^2, c_k^2 = \alpha \times p_k^2 + (1 - \alpha) \times p_k^1,$$

$$k = \overline{1, n}, \alpha \in [0; 1]$$

В результате данного процесса из них выбирается случайно один потомок, который и передается в качестве результата.

2. Плоское скрещивание для вещественных векторов

Создается один потомок, где гены потомка генерируются как случайное вещественное число в границах соответствующих генов родителей:

$$C = (c_1, \dots, c_k, \dots, c_n), \text{ где} \quad (2)$$

$$c_k - \text{случайное число из интервала } [p_k^1, p_k^2],$$

$$k = \overline{1, n}$$

3. BLX-скрещивание для вещественных векторов

Данный кроссовер похож на плоское скрещивание. В этом методе, как и в предыдущем, гены потомка аналогично выбираются как случайное число в границах, обозначенных генами родителей. Но при данном варианте кроссовера область скрещивания увеличивается [4]. Скрещивание происходит по следующим формулам:

$$C = (c_1, \dots, c_k, \dots, c_n), \text{ где}$$

$$c_k - \text{случайное число из интервала}$$

$$[p_{\min} - I \times \alpha, p_{\max} + I \times \alpha],$$

$$p_{\min} = \min(p_k^1, p_k^2), p_{\max} = \max(p_k^1, p_k^2) \quad (3)$$

$$I = p_{\max} - p_{\min},$$

$$k = \overline{1, n}, \alpha \in [0; 1]$$

При $\alpha = 0$ данный вид скрещивания превращается в плоский.

4. Геометрическое скрещивание для вещественных векторов

Используя такой вариант скрещивания, формируется два потомка C_1 и C_2 . Гены первого потомка формируются как произведение генов первого родителя в степени α и генов второго родителя в степени $(1 - \alpha)$. Второй потомок генерируется аналогично, но степени меняются местами. Из них выбирается случайно один потомок, который и является результатом оператора скрещивания [4]. Таким образом, скрещивание происходит по формулам:

$$C_1 = (c_1^1, c_2^1, \dots, c_n^1), C_2 = (c_1^2, c_2^2, \dots, c_n^2), \text{ где} \quad (4)$$

$$c_k^1 = (p_k^1)^\alpha \times p_k^2 \overline{(1-\alpha)}, c_k^2 = (p_k^2)^\alpha \times p_k^1 \overline{(1-\alpha)},$$

$$k = \overline{1, n}, \alpha \in [0; 1]$$

В результате, из них случайно выбирается один потомок, который и является результатом оператора скрещивания.

5. Линейное скрещивание для вещественных векторов

При данном варианте скрещивания формируется три потомка: один как среднеарифметическое генов родителей, второй и третий аналогичным способом, но с неравномерными долями. Из них выбирается случайно один потомок, который и передается в качестве результата оператора скрещивания. То есть скрещивание происходит по формулам:

$$C = (c_1^t, \dots, c_k^t, \dots, c_n^t), t = \overline{1, 3}, \text{ где} \quad (5)$$

$$c_k^1 = 0,5 \times p_k^1 + 0,5 \times p_k^2, c_k^2 = 1,5 \times p_k^1 - 0,5 \times p_k^2,$$

$$c_k^3 = -0,5 \times p_k^1 + 1,5 \times p_k^2, k = \overline{1, n}$$

Во время этапа отбора в данном методе кроссовера выделяют два наиболее сильных потомка, впоследствии из которых выбирается случайно один, который и передается в качестве результата.

Исследования показывают, что использование нескольких предложенных выше различных операторов скрещивания позволяет уменьшить вероятность преждевременной сходимости [5], т.е. появляется реальная возможность улучшить эффективность алгоритма оптимизации в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Эррера Ф., Лозано М., Вердегай Дж. Л. Решение real-coded генетических алгоритмов: операторы и инструменты для анализа поведения // Vol. 12, № 4, 1998. – с. 265-319.
2. Эррера Ф., Лозано М., Санчес А.М. Операторы гибридного кроссовера для вещественно-кодированных генетических алгоритмов: экспериментальное исследование. 9(4): 280-298 (2005).
3. Паклин Н.Б. Непрерывные генетические алгоритмы – математический аппарат [Электронный ресурс] URL: <https://basegroup.ru/print/1045> (дата обращения: 04.04.2020).
4. Описание множества операторов для алгоритмов оптимизации [Электронный ресурс] URL: <https://github.com/Harrix/Harrix-SetOfOperatorsAlgorithms> (дата обращения: 28.03.2020).
5. Wright A. Genetic algorithms for real parameter optimization // Foundations of Genetic Algorithms, V. 1. – 1991. – P. 205-218.

УДК 004.4

И.С. НОВИКОВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ИССЛЕДОВАНИЯ
КОНСТРУКЦИЙ ЭВС НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Рассматриваются методы расчета прочности конструкций ЭВС и программа расчета прочности конструкций ЭВС.

В процессе эксплуатации электронно-вычислительная аппаратура, устанавливаемая на подвижных объектах, подвергается различным механическим воздействиям – вибрациям, ударам, линейным перегрузкам. Это приводит к отказам аппаратуры за счет механического разрушения элементов конструкций. Поэтому при разработке необходимо принимать меры по защите конструкций от механических воздействий, оценивать качество принятых конструктивно-технологических решений для выбора оптимального варианта.

Расчет прочности конструкций электронно-вычислительных средств (ЭВС) может быть выполнен двумя способами:

1) определяют прочность её элементов по отдельности (крышек, стенок, каркаса, печатных плат и т.д.) и далее сравнивают полученные величины прогибов с допустимыми параметрами;

2) определяют прочность конструкции в целом [1].

Для оценки вибропрочности и ударопрочности конструкций необходимо для начала определить собственную частоту колебаний конструкции. Расчет собственной частоты колебаний обычно проводится аналитическими и численными методами.

К аналитическим методам относится метод Релея, Ритца, Брандона и др. На практике широко используются формулы для расчета собственной частоты колебаний печатных плат с разными способами крепления [2]:

$$\omega_i = (\alpha_i / a^2) \sqrt{D/m} \cdot K_{эпр}, \text{ рад/с};$$

$$f_i = (\alpha_i / 2\pi a^2) \sqrt{D/m} \cdot K_{эпр}, \text{ Гц},$$

α_i - коэффициент, который зависит от соотношения сторон платы и способа её крепления.

Для расчета собственной частоты колебаний блока ЭВС используют формулу [1]:

$$f_0 = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}},$$

где γ – коэффициент, который зависит от способа крепления блока, l – длина блока, m – приведенная погонная масса блока, E – модуль упругости материала, J – момент инерции сечения.

К численным методам расчета динамических параметров конструкций относятся: метод конечных элементов, метод конечных разностей, вариационные методы. Численные методы позволяют оценить прочность наиболее сложных конструкций с неклассическими способами крепления, для которых применение аналитических формул сопряжено с рядом трудностей.

Программа для расчета на прочность конструкций ЭВС разрабатывалась в среде Visual Studio 2019 на языке программирования C#. Разработанное приложение представляет собой достаточно простой визуальный интерфейс (см. рисунки 1, 2, 3). Программа позволяет определить собственную частоту колебаний, прочностные характеристики (механические напряжения и деформации) электрорадиоэлементов (ЭРЭ), печатных плат (ПП) и блоков ЭВС с различными вариантами крепления. При нажатии на кнопку «Крепление» появляется окно с эскизами различных вариантов закрепления (см. рисунок 4). Программа сравнивает расчетные показатели прочности с допускаемыми параметрами и выдает результат о соответствии или несоответствии техническим требованиям выбранного варианта крепления.

Расчет частот собственных колебаний ПП в случае точечного крепления методом Рейля-Ритца

Вид платы	Материал основания платы	Материальные свойства
Двусторонняя	Стеклоэпоксид СТЭФ	
$a = 0,15$ м	$E_0 = 3,3 \cdot 10^{10}$ Н/м ²	$E_n = 13,2 \cdot 10^{10}$ Н/м ²
$b = 0,1$ м	$\rho_0 = 2,47 \cdot 10^3$ кг/м ³	$\rho_n = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м ³
$h = 1 \cdot 10^{-3}$ м	$\epsilon_0 = 0,279$	$\epsilon_n = 0,3$
$M = 0,1$ кг	$h_0 = 0,9 \cdot 10^{-3}$ м	$h_n = 0,05 \cdot 10^{-3}$ м

Крепление Рассчитать Назад

Частота собственных колебаний платы (Гц): 177,147

Рисунок 1 – Расчет частоты собственных колебаний ПП

Расчет прочности конструкций ЭВС

Расчет деформаций в ПП при действии удара

Вид платы
Двухсторонняя

Материал
Стеклоэпоксидит

a = 0,15 м

b = 0,1 м

h = 1 · 10⁻³ м

Форма ударного импульса
Прямоугольная

f₀ = 177,1 Гц

τ = 5 · 10⁻³ с

N_y = 10 м/с²

Крепление **Расчитать**

Условная частота ударного импульса (с⁻¹): 628,319

Кэффициент передачи: 0,097

Ударное ускорение (м/с²): 0,97

Допустимое перемещение *10⁻³ (м): 0,495

Максимальное относительное перемещение *10⁻³ (м): 0,87171

Выбранный вариант крепления не удовлетворяет требованиям ТЗ

Назад

Рисунок 2 – Расчет ударопрочности ПП

Расчет прочности конструкций ЭВС

Расчет вибропрочности блока

Тип НК блока
Коробчатая

A = 0,6 м

B = 0,4 м

H = 0,4 м

h = H/10 м

m = 10 кг

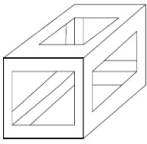
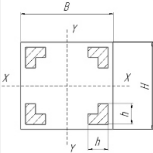
Материал
Бронза алюминиевая

E = 10,5 · 10¹⁰ Н/м²

f = 2000 Гц

Крепление **Расчитать**

Назад

Частота собственных колебаний (Гц) : 515,96

Выбранный вариант крепления удовлетворяет требованиям ТЗ

Рисунок 3 – Расчет вибропрочности блока

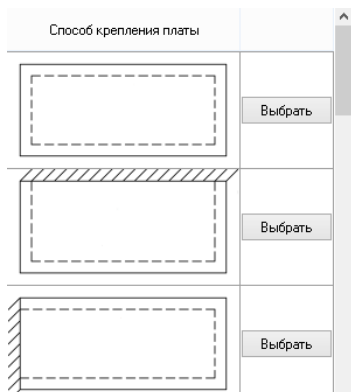


Рисунок 4 – Окно с эскизами различных вариантов крепления

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кольтюков Н. А., Белоусов О. А. Проектирование несущих конструкций радиоэлектронных средств. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 84 с.

2. Талицкий Е. Н. Защита электронных средств от механических воздействий. – Владимир: Владимир. гос. ун-т, 2001. – 256 с.

УДК 004.6

Я.Ю. ПИЧИЕНКО

МИРЭА – Российский технологический университет

**АССОЦИАТИВНЫЕ ПРАВИЛА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ
АНАЛИЗЕ ДАННЫХ**

В статье затрагивается тема ассоциативных правил в интеллектуальном анализе данных. Был проведен анализ набора транзакций, сформированного на основе чеков магазина компьютерной техники, и с помощью алгоритма Apriori найдены частые наборы данных.

Развитие компьютерных технологий привело к увеличению объема хранимой информации, из-за этого стало тяжело анализировать данные и выявлять скрытые в них связи. В настоящее время активно развивается сфера анализа данных. Для обработки больших объемов сведений и для количественного описания взаимной связи между двумя и более событиями стали использовать поиск ассоциативных правил.

Ассоциативное правило (АП) – механизм нахождения логических закономерностей между событиями, которые происходят совместно. При формировании АП описываются закономерности вида: «Из X следует Y», где под X понимается условие, а Y – следствие [1].

Для решения задачи поиска АП необходимо выполнить 2 шага.

1. Обнаружить частые наборы.
2. Сформировать из числа найденных ассоциативные правила [3].

Рассмотрим пример набора транзакций в таблице 1, сформированного на основе чеков покупок в магазине компьютерной техники и найдем наиболее частые по алгоритму Apriori [4], и, тем самым, снизим поиск до размеров, обеспечивающих приемлемые временные затраты.

Таблица 1 – Набор транзакций

№	Транзакция
1	Видеокарта, материнская плата, жесткий диск, контроллер, системный блок
2	Видеокарта, системный блок
3	Колонки, SSD, системный блок
4	Контроллер, колонки
5	Сканер, видеокарта
6	Системный блок
7	Контроллер, SSD

Продолжение Таблицы 1

8	Сканер, системный блок
9	Контроллер, клавиатура, жесткий диск, колонки
10	Принтер
11	Жесткий диск, клавиатура, системный блок
12	Принтер, сканер
13	Системный блок
14	Материнская плата, системный блок
15	SSD
16	Системный блок, сканер, материнская плата
17	Видеокарта, материнская плата, жесткий диск, системный блок
18	Жесткий диск, системный блок
19	Видеокарта, жесткий диск, системный блок
20	Сканер, видеокарта

Таблица 2 – Двухпредметные наборы данных

Набор	Количество
Материнская плата, жесткий диск	2
Материнская плата, контроллер	1
Материнская плата, системный блок	4
Материнская плата, видеокарта	2
Материнская плата, SSD	0
Материнская плата, колонки	0
Материнская плата, сканер	1
Жесткий диск, контроллер	2
Жесткий диск, системный блок	5
Жесткий диск, видеокарта	3
Жесткий диск, SSD	0
Жесткий диск, колонки	1
Жесткий диск, сканер	0
Контроллер, системный блок	1
Контроллер, видеокарта	1
Контроллер, SSD	1
Контроллер, колонки	2
Контроллер, сканер	0
Системный блок, видеокарта	4
Системный блок, SSD	1
Системный блок, колонки	1
Системный блок, сканер	2

Продолжение Таблицы 2

Видеокарта, SSD	0
Видеокарта, колонки	0
Видеокарта, сканер	2
SSD, колонки	1
SSD, сканер	0
Колонки, сканер	0

Будем считать частыми наборами те, которые встречаются 3 и более раз, то есть установим порог равным числу 3.

В ходе анализа было выявлено, что частыми однопредметными наборами являются наборы, вошедшие в множество F1: $F1 = \{\text{материнская плата, жесткий диск, контроллер, системный блок, видеокарта, SSD, колонки, сканер}\}$.

Найдем частые двухпредметные наборы и представим их в таблице 2.

Множество частых двухпредметных F2 будет иметь вид: $F2 = \{\{\text{жесткий диск, видеокарта}\}, \{\text{материнская плата, системный блок}\}, \{\text{жесткий диск, системный блок}\}, \{\text{системный блок, видеокарта}\}\}$.

Для поиска трехпредметных наборов свяжем двухпредметные и получим $\{\text{жесткий диск, видеокарта, системный блок}\}, \{\text{системный блок, жесткий диск, материнская плата}\}, \{\text{системный блок, материнская плата, видеокарта}\}$. Первый набор подходит, но так как во втором и третьем встречаются те данные, у которых порог меньше 3, то их можно сократить, а значит $F3 = \{\text{жесткий диск, видеокарта, системный блок}\}$.

Для того, чтобы выбрать правила, которые понадобятся людям для исследований, необходимо посчитать достоверность, поддержку и значимость. Те правила, которые превышают определенный заданный порог, называют сильными [2].

Достоверность – доля транзакций, содержащих одновременно и условие, и следствие, к числу транзакций, содержащих только условие.

Поддержка – доля транзакций, содержащих одновременно и условие, и следствие.

Значимость – произведение поддержки и достоверности.

Рассмотрим предметный набор $\{\text{жесткий диск, видеокарта, системный блок}\}$ – кандидат в ассоциативные правила. В него входят поднаборы $\{\text{жесткий диск}\}, \{\text{видеокарта}\}, \{\text{системный блок}\}, \{\text{жесткий диск, видеокарта}\}, \{\text{жесткий диск, системный блок}\}, \{\text{видеокарта, системный блок}\}$.

Таблица 3 – Подсчет характеристик и выявление ассоциативных правил

№	Если условие, то следствие	Поддержка	Достоверность	Значимость
1	{жесткий диск, видеокарта} -> {системный блок}	3/20=15%	3/3=100%	0,15
2	{жесткий диск, системный блок} -> {видеокарта}	3/20=15%	3/5=60%	0,09
3	{видеокарта, системный блок} -> {жесткий диск}	3/20=15%	3/4=75%	0,1125
4	{жесткий диск} -> {видеокарта}	Не является правилом	3/6=50%	Не является правилом
5	{видеокарта} -> {жесткий диск}	Не является правилом	3/6=50%	Не является правилом
6	{жесткий диск} -> {системный блок}	5/20=25%	5/6=83%	0,21
7	{системный блок} -> {жесткий диск}	Не является правилом	5/12=42%	Не является правилом
8	{видеокарта} -> {системный блок}	4/20=20%	4/6=67%	0,13
9	{системный блок} -> {видеокарта}	4/20=20%	4/6=67%	0,13

На примере данного набора найдем вышеуказанные характеристики и будем считать правилами те ассоциации, где достоверность больше или равна 60. Результат продемонстрируем в таблице 3.

Составим 2 базы ассоциативных правил:

– с уровнем минимальной достоверности 60%;

– с уровнем минимально достоверности 80%.

В данном случае ассоциации под номерами 1, 2, 3, 6, 8, 9 будут являться правилами для первой базы, а ассоциации под номерами 1 и 6 – для второй.

Таким образом, благодаря поиску ассоциативных правил можно обработать большие массивы неструктурированных данных и найти необходимую информацию. Преимущество заключается в том, что область их использования очень велика: медицина, торговля, Web Mining, Text Mining и другие сферы жизни. Применение этих правил увеличивает получаемую выгоду, сокращает временные затраты и позволяет оптимизировать основную производительную силу общества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Быкова В.В., Катаева А.В. Сжатое представление строгих ассоциативных правил в анализе данных // Программные продукты и системы. 2017. Т. 30. №2. С. 187-195.

2. Олянич И.А. Сравнение алгоритмов построения ассоциативных правил на основе набора данных покупательских транзакций // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. №6(2). С. 379-382

3. Шитиков В.К., Мастицкий С.Э. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R [Электронный ресурс] URL: <https://github.com/ranalytics/data-mining> (Дата обращения: 10.04.2020).

4. Agrawal R., Imielinski T., Swami A. IEEE Trans. Knowl. Data Eng. 5, 1993. pp. 914–925.

УДК 004.853

Д.В.ПЛОТНИКОВ, А.В.БОГАТОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Рассматриваются популярные алгоритмы машинного обучения

Решая пользовательские задачи, люди, в большинстве случаев, используют универсальные алгоритмы, но, к сожалению, данное мнение ошибочное, поскольку необходимо пробовать всевозможные варианты, проверяя эффективность каждого на определенном наборе данных, и затем выбрать лучший способ.

Как правило, основная задача машинного обучения заключается в предсказании значения в какой-либо момент времени. В связи с этим, возникает потребность в наиболее точном предсказании.

По этой причине, появляется огромное количество всевозможных алгоритмов и способов прогнозирования.

В данной статье приводятся наиболее популярные и оригинальные алгоритмы, используемые в машинном обучении на сегодняшний день.

1. Линейная регрессия

Наиболее простым и понятным алгоритмом является линейная регрессия. Он состоит в том, что всё множество точек плоскости планирования можно описать одной прямой, разделяющей все множество точек на две части. Хотя данный метод и кажется сомнительным в плане точности прогнозирования, но в некоторых случаях, может выдавать довольно точный результат при простоте своей реализации.

Для оценки коэффициентов регрессии может использоваться метод наименьших квадратов или метод максимального правдоподобия.

2. Логистическая регрессия

Часто в современной жизни требуется не просто спрогнозировать значение, а ответить да или нет. Эту задачу помогает решить логистическая регрессия. На входе данной функции могут быть любые значения, а на выходе всегда либо 0, либо 1.

Данная функция представляет собой вероятность события при заданном наборе рисков. Выбранная модель легко обучается и идеально подходит для задач бинарного выбора.

3. Деревья принятия решений

Данный алгоритм представляет собой обычное двоичное дерево, для принятия решений, в узлах которого используются входные переменные. Таким образом, каждый узел является точкой разделения для переменной.

Листья в данном случае являются выходными переменными, используемыми для прогнозирования. Прогнозирование осуществляется путём поиска по дереву нужного узла. Деревья точны для широкого спектра задач и не нуждаются в подготовке данных.

4. К-ближайших соседей (KNN)

KNN (K-nearest neighbors) является очень простым и эффективным алгоритмом, для обучения которого используется весь набор тренировочных данных.

Предсказание для точки осуществляется благодаря поиску К-ближайших соседей на плоскости планирования. В дальнейшем происходит суммирование выходной переменной для К экземпляров и вычисление среднего значения.

Данный метод может некорректно работать с пространством планирования большой размерности, что может сказаться на эффективности алгоритма при решении конкретной задачи.

5. Метод опорных векторов (SVM)

Данный алгоритм основан на выборе гиперплоскости, наилучшим образом, разделяющей точки в плоскости входных переменных по классу: 0 или 1.

Лучшая и оптимальная гиперплоскость строится на основании максимального расстояния между плоскостью и ближайшими к ней точками. Эти точки называются опорными векторами. Для определения значений коэффициентов, максимизирующих разницу, используются специальные алгоритмы оптимизации.

6. Случайный лес

Случайный лес является очень популярным алгоритмом машинного обучения. Тренировочные данные разбиваются на множество подвыборок, для каждой из которых используется отдельный алгоритм прогнозирования. Прогнозирование осуществляется путем вычисления каждым алгоритмом, с последующим усреднением результата.

Процесс обучения строится на отнесении выборки данных к определенному алгоритму на основе случайного признака. Полученные модели являются не очень точными по отдельности, но при их совместной работе результат значительно улучшается.

7. Бустинг и AdaBoost

Бустинг – это семейство алгоритмов, суть которых заключается в создании сильного классификатора на основе нескольких слабых. Для

этого сначала создаётся одна модель, затем другая модель, которая пытается исправить ошибки в первой.

AdaBoost используют вместе с короткими деревьями решений. После создания первого дерева проверяется его эффективность на каждом тренировочном объекте.

Модели создаются последовательно одна за другой, при этом, для каждого следующего дерева обновляются соответствующие веса. После построения всех деревьев делаются предсказания для новых данных, и эффективность каждого дерева определяется тем, насколько точным оно было на тренировочных данных.

Нужно понимать, что в этом алгоритме большое внимание уделяется исправлению ошибок моделей. Таким образом важно, чтобы в данных отсутствовали аномалии.

8. Наивный Байесовский классификатор

В данном случае, модель состоит из двух типов вероятностей, рассчитывающихся с помощью тренировочных данных:

1) Вероятность каждого класса.

2) Условная вероятность для каждого класса при каждом значении x .

После расчёта вероятностной модели её можно использовать для предсказания с новыми данными при помощи теоремы Байеса.

Наивный Байес называется наивным, так как алгоритм подразумевает, что каждый входной фактор – независимая переменная.

Этот алгоритм является весьма эффективным для ряда сложных задач вроде классификации спама или распознавания рукописных цифр.

Существуют и другие алгоритмы машинного обучения, но приведённые выше – наиболее популярные. Они являются хорошей отправной точкой для дальнейшего обучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Неделько, В. М. Основы статистических методов машинного обучения : учебное пособие / В. М. Неделько. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. – 72 с. – ISBN 978-5-7782-1385-2. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/45418.html>

2. Шалев-Шварц, Ш. Идеи машинного обучения : учебное пособие / Ш. Шалев-Шварц, Бен-Давид Ш. ; перевод с английского А. А. Слинкина. – Москва : ДМК Пресс, 2019. – 436 с. – ISBN 978-5-97060-673-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/131686>

УДК 338

Н.А. ПОДГОРНОВАРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНОВ РОССИИ ДЛЯ
ЗАРУБЕЖНОЙ ТРУДОВОЙ МИГРАЦИИ**

Рассматривается применения сетей Кохонена для выявления наиболее привлекательных регионов для иностранной рабочей силы.

В целом в сложившейся в большинстве регионов России демографической, социально-экономической ситуации привлечение иностранной рабочей силы должно рассматриваться в качестве одного из важнейших инструментов регулирования системы кадрового обеспечения региональной экономики. А миграционная политика, в том числе региональная, должна своевременно реагировать на изменяющиеся потребности экономики субъекта РФ [1, 2].

В целях выявления наиболее привлекательных регионов для иностранной рабочей силы проведем типологизация регионов РФ. Критериями для типологизации регионов могут служить оценки потенциальной интенсивности притока зарубежных трудовых мигрантов в экономику региона, взятые во взаимосвязи с демографическими показателями, показателями развития экономики и социальной сферы.

Показатели объединены в группы: демографические, экономические, социальной напряженности, уровня жизни, инфраструктуры [1, 2]. С помощью метода экспертных оценок знаком «*» мы выделили наиболее значимые показатели и присвоили им наибольшие веса.

Группа 1 «Демографические показатели»: доля зарубежных трудовых мигрантов в среднесписочной численности работников в регионе; удельный вес городского населения в общей численности населения (%)*; соотношение мужчин и женщин (на 1000 мужчин приходится женщин); доля населения в трудоспособном возрасте в общей численности населения (%); плотность населения (чел. на 1 км²)*.

Группа 2 «Экономические показатели»: валовой региональный продукт на душу населения (руб.)*; степень износа основных фондов (%); инвестиции в основной капитал на душу населения (руб.); уровень занятости (%); уровень экономической активности, (%)*.

Группа 3 «Показатели социальной напряженности»: уровень безработицы (%)*; доля населения по уровню образования – основное

общее (%); доля населения по уровню образования - среднее общее (%); доля населения по уровню образования - начальное профессиональное (%); доля населения по уровню образования - высшее (%); доля населения по уровню образования - среднее профессиональное (%); доля населения по уровню образования - ученая степень (%); доля населения по уровню образования - не имеют основного общего (%); доля занятых в неформальном секторе в общей численности занятого населения (%); дополнительная потребность в кадрах, (%)*; покрытие потребности за счет выпускников, (%)*; коэффициент напряженности на рынке труда с учетом зарубежных трудовых мигрантов, (%)*.

Группа 4 «Показатели уровня жизни»: среднедушевые денежные доходы в месяц, руб.*; соотношение среднедушевых денежных доходов с величиной прожиточного минимума, (%)*; соотношение среднемесячной начисленной заработной платы с величиной прожиточного минимума, (%)*.

Группа 5 «Показатели инфраструктуры»: число больничных коек на 10 000 человек населения (ед.); численность врачей на 10 000 человек населения (чел.).

В целях оценки потенциальной интенсивности притока трудовых мигрантов с помощью сетей Кохонена на основе сформированных показателей была осуществлена типологизация регионов.

Для автоматизации всех действий по поиску закономерностей используем метод анализа с использованием самоорганизующихся карт Кохонена.

Сети (слои) Кохонена (Kohonen T.) относятся к самоорганизующимся нейронным сетям. Самоорганизующаяся сеть позволяет выявлять кластеры (группы) входных векторов, обладающих некоторыми общими свойствами. Кластеризация — это разделение исследуемого множества объектов на группы "похожих" объектов, называемых кластерами. Кластеризация позволяет сгруппировать сходные данные, что облегчает решение ряда задач Data Mining.

Для реализации задачи применяем программу Deductor Academic 5. Результаты анализа приведены на рисунке 1 и рисунке 2.

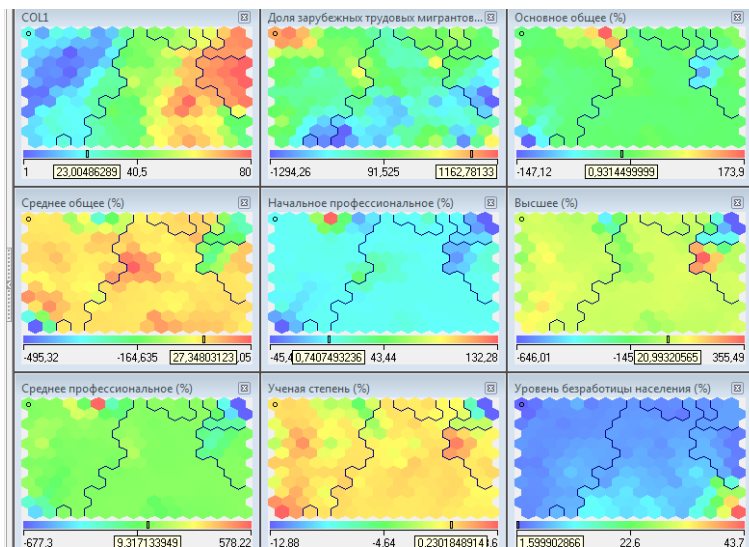


Рисунок 1 – Кластеры сети Кохонена

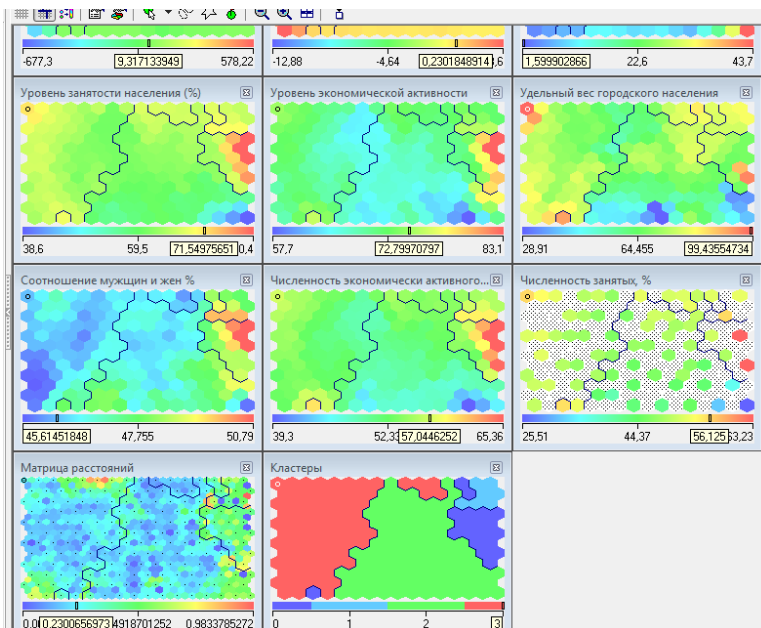


Рисунок 2 – Кластеры сети Кохонена

Выделены три типа регионов, которые обозначены как регионы с высоким, средним и низким потенциалом миграционной нагрузки.

Первый тип регионов с низким потенциалом миграционной нагрузки образовали 16 субъектов РФ - 20% от их общего числа. Ко второму типу регионов с высоким потенциалом миграционной нагрузки относятся 14 субъектов, в том числе г. Москва и г. Санкт-Петербург, что составляет 18,4% общего числа субъектов РФ. 11 из 14 регионов данного типа представляют собой субъекты РФ с максимальной долей иностранных работников в общей численности работников региона. К третьему типу регионов со средним потенциалом миграционной нагрузки отнесена большая часть регионов (50 ед., или 74,5% общего числа регионов). К этой группе относятся и Рязанская область.

Разрешение демографической ситуации в комплексе с другими мерами предполагает обеспечение экономического развития области, страны, как гарантии роста благосостояния населения. Экономическое развитие повлечет увеличение количества рабочих мест. В свою очередь, увеличение количества рабочих мест в купе с неизбежным сокращением внутренних трудовых ресурсов повысит потребность региона и страны в трудовых мигрантах.

Привлечение и использование труда зарубежных мигрантов должно служить эффективным инструментом регулирования рынка труда и миграционная политика должна своевременно реагировать на изменяющиеся потребности экономики. Но при этом следует исходить из действительной потребности российской экономики, не ущемляя при этом интересы российских граждан, так как по некоторым профессиям, по отдельным видам деятельности предприятий и организаций страны предложение иностранной рабочей силы превышает спрос.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Парикова Н.В. Оценка привлекательности регионов России для зарубежной трудовой миграции / Н.В. Парикова // Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011.

2. Парикова Н.В. Управление миграционными потоками иностранных работников / Н.В. Парикова // Экономика и управление, №4, 2012.

УДК 004.772

Н.С. ПОТАПКИНАРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ**

Рассматриваются достоинства и актуальность применения программно-конфигурируемых сетей, принцип их действия, а также коммутатор Zodiac FX, позволяющий использовать программно-конфигурируемые сети.

Программно-конфигурируемые сети (ПКС) — это современная, динамически развивающаяся архитектура, адаптируемая для постоянно изменяющихся современных систем и приложений.

ПКС систематизирует управление, отделяя его от функции передачи данных в дискретных сетевых устройствах, т.е. позволяет отдельно программировать управление сетью и отдельно программировать структуру приложений. В отличие от традиционной сетевой архитектуры, централизованный контроллер программно-конфигурируемых сетей направляет коммутаторы для организации сетевых функций в любое место, независимо от конкретных сетевых соединений между сервером и устройствами, отдельные устройства здесь не принимают решения о трафике на основе своих настроенных таблиц маршрутизации.

Вся архитектура ПКС разделена на 3 уровня: прикладной уровень, уровень управления и уровень инфраструктуры. Первый содержит стандартные функции и сетевые приложения, включающие системы регулирования нагрузки, системы обнаружения вторжений. Если в начальной сети используется брандмауэр, то сеть заменяет эту систему регулирования приложением на основе контроллера для управления поведением трафика данных.

Второй уровень является программным обеспечением централизованной программно-конфигурируемой сети, находится на сервере и управляет поведением и потоком трафика в сети. Третий уровень включает в себя физические коммутаторы в сети.

Эти три уровня обмениваются данными с помощью интерфейсов прикладного программирования (API). Так приложения соединяются с контроллером через один вид интерфейса, в то время как коммутатор и контроллер обмениваются данными через другие интерфейсы, такие как OpenFlow.

Изначально технология ПКС была ориентирована только на отделение уровня управления сетью от уровня данных, т.к. уровень управления определяет принцип прохождения пакетов через сеть, а уровень данных перемещает эти пакеты с одного места в другое.

Пакет программно-конфигурируемой сети поступает на сетевой коммутатор и на основе заложенных в прошивку коммутатора правил пересылает этот пакет в определенное место. Эти правила обработки пакетов отправляются на коммутатор с централизованного контроллера.

Принцип работы заключается в том, что коммутатор запрашивает у контроллера указания о работе и предоставляет ему информацию о трафике, который обрабатывается коммутатором. Коммутатор отправляет каждый пакет в одно и то же место по одному и тому же пути и одинаково обрабатывает все пакеты.

Помимо этого режима работы существуют и другие, например адаптивный или динамический, когда коммутатор отправляет запрос маршрута на контроллер для не имеющего определенного маршрута пакета. Однако это не является адаптивной маршрутизацией, в которой запросы на рутор выдаются маршрутизаторами и алгоритмами, основанными на топологии сети, а не посредством контроллера.

Основным достоинствами ПКС является то, что администратор может изменять правила любого сетевого коммутатора, в том числе расставлять и удалять приоритеты, блокировать определенные типы пакетов с детальным уровнем контроля и безопасности. Особенно это важно в архитектуре облачных вычислений, т.к. позволяет администратору эффективно и гибко управлять нагрузками на трафике, т.е. использовать менее дорогие коммутаторы и лучше контролировать поток сетевого трафика.

Другими преимуществами программно-конфигурируемых сетей являются управление сетью и сквозная видимость, т.е. администратор сети работает только с одним централизованным контроллером для распределения нагрузки на подключенные коммутаторы вместо настройки нескольких отдельных устройств. При этом контроллер может отслеживать трафик и реализовывать политику безопасности, например, если посчитает трафик подозрительным, то сможет перенаправить или удалить пакеты.

Множество исследований программно-конфигурируемых сетей и протоколов управления процессом обработки данных OpenFlow основаны на теоретических данных, моделировании возможных ситуаций. Однако при этом появляется задача практической проверки данных моделирования, физической реализации исследования. Независимо от цели исследования, будь то безопасность, производительность или монито-

ринг трафика, необходимо получать результаты на реальном оборудовании, а не в симуляции.

Одним из устройств, дающих возможность работать с программно-конфигурируемыми сетями, является коммутатор Zodiac FX. Чаще всего возможности ПКС доступны только администраторам крупных корпоративных сетей. Основным достоинством Zodiac FX являются его малые габариты и, следовательно, мобильность разработчиков.

Данная плата позволяет даже обычному пользователю отслеживать мониторинг использования своей домашней сети, предоставлять гостевой допуск друзьям и семье, защищать домашнюю сеть от вторжений.

Zodiac FX обладает функциями коммутатора OpenFlow стоимостью в тысячи долларов, имеет 4 порта Fast Ethernet 10/100 со встроенными магнитами, поддерживает OpenFlow 1.0, 1.3, 1.4, VLAN 802/1q для 64 групп из 4096 идентификаторов и многие другие важные при работе с современными устройствами и приложениями функции.

При этом прошивка данного коммутатора является полностью открытой, т.е. любой пользователь может загрузить исходный код, бесплатно скачанный с официального веб-сайта, и использовать Atmel Studio для создания собственной пользовательской версии. Также, несмотря на наличие официальных прошивок, разработчик может создать другую версию прошивки и совершенно новую среду вокруг нее.

Таким образом, программно-конфигурируемые сети открывают возможности как для промышленности и бизнеса, так и для простых пользователей, интересующихся сетевыми технологиями. ПКС позволяют решать задачи повышения пропускной способности каналов, упрощения управления сетью, перераспределения нагрузки сетей. Основным их достоинством является гибкость, поэтому в зависимости от конкретных потребностей доступно решение, соответствующее поставленным задачам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коннов А.Л., Анализ и проектирование программно-конфигурируемых сетей: учебное пособие / А.Л. Коннов – Оренбург: ОГУ, 2016. – 115 с.
2. Максимов Н.В., Компьютерные сети / Н.В. Максимов – Москва: Форум, 2013. – 464 с.
3. Кузьменко Н.Г., Компьютерные сети и сетевые технологии / Н.Г. Кузьменко – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2013. – 368 с.

УДК 004.021

Р.С. РОМАШИН

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ КРАТЧАЙШИХ СВЯЗЫВАЮЩИХ ДЕРЕВЬЕВ

В статье кратко разобраны распространённые методы построения кратчайших связывающих деревьев.

В современном мире появилось множество задач, связанных с необходимостью отыскания кратчайших связей между элементами, будь то города на карте или отверстия на печатной плате.

Существует несколько алгоритмов для нахождения минимального остовного дерева. Некоторые наиболее известные из них перечислены ниже:

- Алгоритм Прима
- Алгоритм Краскала (или алгоритм Крускала)
- Алгоритм Борувки
- Алгоритм Штейнера

Алгоритм Прима - алгоритм построения минимального остовного дерева взвешенного связного неориентированного графа. Как работает алгоритм Прима? Он подпадает под класс алгоритмов, называемых «жадными» алгоритмами, которые находят локальный оптимум в надежде найти глобальный оптимум.

Начинается алгоритм с одной произвольной вершины, затем новые вершины добавляются к остовному дереву по одному. На каждом шаге к уже построенному фрагменту дерева добавляется одна новая вершина, соединенная ребром с какой-то вершиной, уже включенной в дерево. При этом выбирается ребро с минимально возможным весом из всех таких подходящих ребер.

Шаги для реализации алгоритма Прима следующие:

1. Инициализируйте минимальное остовное дерево с произвольно выбранной вершиной.

2. Найдите все ребра, которые соединяют дерево с новыми вершинами, найдите минимум и добавьте его в дерево.

3. Продолжайте повторять шаг 2, пока не получите минимальное остовное дерево.

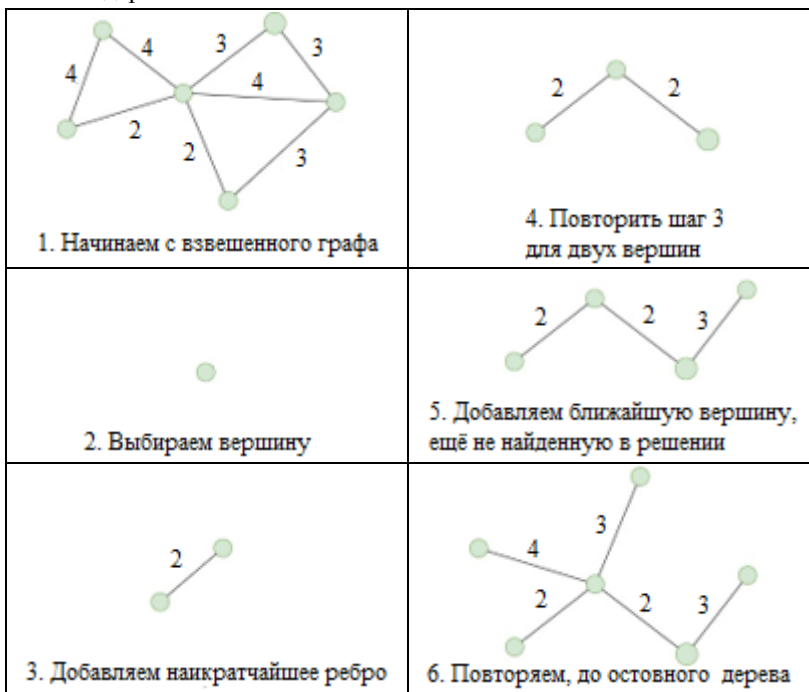


Рисунок 1 – Пример алгоритма Прима

Алгоритм Прима и алгоритм Краскала имеют определенную схожесть в реализации. Однако если исходными данными для построения дерева связности является матрица, то стоит отметить, что в алгоритме Прима вычеркивание столбцов исключает образование циклов, которое нужно контролировать на каждом шаге Алгоритма Краскала. Ещё одним минусом является возможное возникновение несвязных компонент во время построения дерева методом Краскала.

Алгоритм Борувки. Алгоритм состоит из нескольких шагов:

1. Изначально каждая вершина графа — тривиальное дерево, а ребра не принадлежат никакому дереву.

2. Для каждого дерева T_i найдем минимальное инцидентное ему ребро. Добавим все такие ребра.

3. Повторяем шаг 2 пока в графе не останется только одно дерево T .

Данный алгоритм может работать неправильно, если в графе есть ребра равные по весу. Например, полный граф из трех вершин, вес каждого ребра равен один. В Г могут быть добавлены все три ребра. Избежать эту проблему можно, например, выбирая в первом пункте среди ребер, равных по весу, ребро с наименьшим номером.

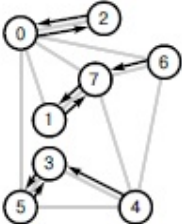
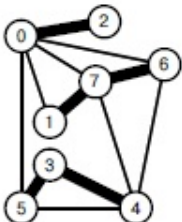
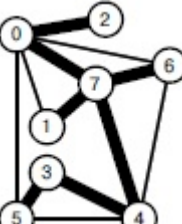
Изображение	Описание
	<p>Изначально каждая вершина является деревом (компонентой).</p>
	<p>На первой итерации добавляем минимальные сопряженные ребра для каждой компоненты. Некоторые ребра могут быть добавлены больше одного раза.</p>
	<p>Добавляем минимальное ребро чтобы связать полученные деревья в одно.</p>

Рисунок 2 – Пример алгоритма Борувки

Алгоритм Штейнера. Рассмотрим эвристическую процедуру построения дерева, основанную на «столбах» Штейнера. Из каждой вершины, которую требуется соединить с помощью ДШ, проводится вертикальный столб Штейнера, а затем из остальных вершин проводятся перпендикулярные отрезки на этот столб.

Горизонтальные столбы можно проводить в любом месте плоскости, но в прямоугольнике, ограничивающем заданные вершины. Аналогично строятся и вертикальные столбы Штейнера.

Задача Штейнера относится к классу NP-полных задач, алгоритмы, дающие точные решения, как правило, не могут быть использованы в САПР из-за временной сложности. Наибольший практический интерес представляет алгоритм последовательного введения дополнительных вершин в дерево Прима-Краскала.

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов

Алгоритм	Сложность	Возможность организовать параллельные вычисления
Прима	Алгоритм Прима имеет временную сложность (V^2), где V - число вершин.	Требует строгой последовательности выполнения итераций алгоритма. Параллельно вычислять отдельные итерации алгоритма не представляется возможным.
Краскала	Временная сложность алгоритма Краскала составляет $O(\log V)$.	Каждое ребро в списке должно быть обработано после того как будут обработаны все предыдущие. Организовать параллельную обработку ребер нельзя.
Борувки	Временная сложность алгоритма составляет $- E \lg E$.	На каждой итерации алгоритма необходимо найти для каждой компоненты минимальное соединяющее ребро. Поиск для каждой компоненты выполняется независимо
Штейнера	Временная сложность $O(n^2)$.	Параллельность можно организовать на этапе построения деревьев, до их сравнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ерзин А. И. Задачи маршрутизации: учеб. пособие / А. И. Ерзин, Ю. А. Кочетов; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014.
2. Лисин А.В., Файзуллин Р.Т. Эвристический алгоритм поиска приближённого решения задачи Штейнера – Омский государственный технический университет. – 2013

УДК 004.89

А.Н. САПРЫКИН, В.Е. НИКИШИН, В.В. ПЕТРЕНКО
Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ НАГРУЗКИ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОЙ СЕТИ

В статье представлено описание программной симуляции системы, осуществляющей оптимизацию нагрузки SDN сети при помощи генетических алгоритмов.

В современном мире все больше возрастает потребность в эффективном использовании ресурсов. Данная тенденция прослеживается и в области сетевых технологий. Возрастающая потребность в пропускных способностях сетей предварила появление технологии SDN (Software Defined Networks). SDN отделяет уровень управления сети от устройств передачи данных, что позволяет реализовать его программно. Функция управления сетью выносится в отдельное устройство, называемое контроллером, который при помощи протокола OpenFlow предоставляет программам, запущенным на нём, управление устройствами в сети.

В такой системе появляется проблема грамотной маршрутизации пакетов. Для оптимизации нагрузки на сеть можно применить генетические алгоритмы. Рассмотрим каким образом это может быть осуществлено.

Представим в качестве входных данных алгоритма топологию сети в виде массива узлов и массива связей между ними, массив пропускных способностей связей и массив потоков. Поток представим в виде кортежа из трех значений: номер узла источника, номер узла назначения и потребляемая потоком пропускная способность.

В качестве выходных данным необходимо получить массив путей, по которым нужно направить потоки, где путь – массив узлов сети.

Рассмотрим алгоритм оптимизации:

1. Найти все возможные пути для каждого потока;
2. Вычислить число бит в геномном хромосоме;
3. Выполнить генетический алгоритм;
4. Декодировать геном лучшей особи;

Первый шаг алгоритма очень трудозатратный, но на неполносвязных графах время выполнения такого алгоритма достаточно мало, по сравнению со временем выполнения генетического алгоритма, поэтому им можно пренебречь. Так же применяя амортизационный анализ и

техники динамического программирования можно существенно сократить объем работ с каждой последующей итерацией алгоритма.[1,2]

Кодирование путей в генотипе хромосомы осуществляется следующим образом. Сначала найденные пути для каждого потока нумеруются. После, находится максимальное число возможных путей прохождения потока и на основе него определяется количество бит для хранения номера выбранного маршрута. Таким образом, хромосома представляет собой следующий вид:

Таблица 1

	№ пути для потока 1	№ пути для потока 2	...	№ пути для потока N
Пример генотипа	00001010	01011110	...	10110110
Фенотип	10	94	...	182

Причем необходимо заметить, что для простоты декодирования количество цифр у всех двоичных чисел будет одинаковым и равным количеству цифр в номере, соответствующему потоку с наибольшим числом возможных путей. Если при работе генетического алгоритма сгенерируется число большее количества возможных путей для данного потока, тогда за выбранный путь принимается путь с наибольшим номером.

Декодирование генотипа осуществляется путём извлечения из хромосомы и переводом в десятичный вид номеров выбранных путей. В итоге на основе данных номеров составляется массив из результирующих путей.

Приведем пример работы алгоритма. Предположим, что сеть представляет собой граф следующего вида (рисунок 1):

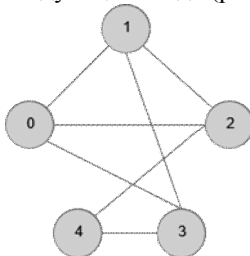


Рисунок 1 – Топология сети

Допустим, что нужно оптимизировать заданный список потоков, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

№	Номер узла источника	Номер узла назначения	Потребляемая пропускная способность
0	0	4	17
1	2	3	7
2	1	2	43
3	1	2	10

Тогда, получив все возможные пути для каждого из них (таблица 3), вычислим, что число бит в генотипе хромосомы будет равно 12. Каждый номер будет кодироваться 3 битами.

Таблица 3

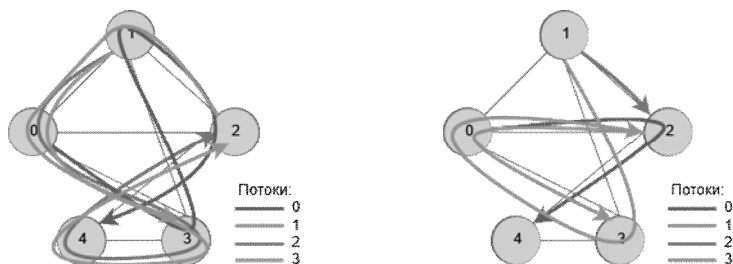
№ потока	Список путей					
	0	1	2	3	4	5
0	0,3,1,2,4	0,3,4	0,1,2,4	0,2,1,3,4	0,2,1,3,4	0,2,4
1	2,1,0,3	2,1,3	2,4,3	2,0,3	2,0,1,3	
2	1,0,3,4,2	1,0,2	1,2	1,3,0,2	1,3,4,2	
3	1,0,3,4,2	1,0,2	1,2	1,3,0,2	1,3,4,2	

Допустим, генетический алгоритм дал в результате следующую хромосому: 110011010011. Декодируя генотип получаем набор путей, показанных в таблице 4.

Таблица 4

№ потока	Часть генотипа	№ пути	Путь
0	110	5	0, 2, 4
1	011	3	2, 0, 3
2	010	2	1, 2
3	011	3	1, 3, 0, 2

Результат оптимизации можно показать на графе сети (рисунок 2).



(а) – случайная генерация потоков. Нагрузка на сеть: 97,4%

(б) – результат оптимизации. Нагрузка на сеть: 39,1%

Рисунок 2 – Результат работы алгоритма

Таким образом, оптимизация составила 58,3%.

Особенностью генетического алгоритма является его нестабильность в получаемом результате.[1] Поэтому примерно в 30% результатов оптимизации итоговая особь хуже лучшей особи из первого поколения. В таких случаях можно перезапустить генетический алгоритм и заново получить результат. Среднее количество требуемых перезапусков равно 2÷3. Если прекращать выполнение тех вариантов генерации, которые никогда не станут лучше первого поколения особей, то процент некорректных результатов снизится примерно до 12÷20%.

Приведём некоторую статистику. В результате работы алгоритм позволяет уменьшить нагрузку на сеть в среднем на 20÷30%, по сравнению с лучшим результатом из случайных решений первого поколения. Время выполнения подготовительного этапа состоящего из вычисления путей и длины хромосомы составляет 1÷20 миллисекунд. Время выполнения самого генетического алгоритма 1÷3 секунды без перезапуска в случаях некорректных результатов. Если учитывать перезапуски, то генетическому алгоритму требуется в среднем 3÷9 секунд для получения корректного результата.

Таким образом, можно заключить, что генетический алгоритм в общем случае вполне справляется с оптимизацией. Однако из-за больших затрат процессорных ресурсов и нестабильности даваемого результата не применим на практике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия –Телеком, 2006. – 452 с.
2. Daniel Shiffman The Nature of Code: Simulating Natural Systems with Processing / Daniel Shiffman – The Nature of Code, 2012. – 520 p.

УДК 004.021

А. С. СУББОТКИНА, Т. А. ЦЕДИЛИНА, В. С. ГОРИН
Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

ПРИБЛИЖЕННЫЙ АЛГОРИТМ ТРАССИРОВКИ ПРОВОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Рассматривается приближенный алгоритм трассировки проводных соединений, реализуемых с помощью жгутов.

Введение. Жгут – это пучок проводов, которые связываются шпагатом и укладываются в специальные кабельные каналы, расположенные по периметру печатных узлов или по стенкам панелей.

На рис. 1 представлена схема укладки жгутов. Для укладки жгутовых соединений выделено два канала (условно верхний и нижний), расположенных вдоль противоположных стенок блока. Ограничения на объем жгутов в подобных конструкциях, как правило, существенны лишь на отдельных участках, показанных на рисунке и названных сечениями.

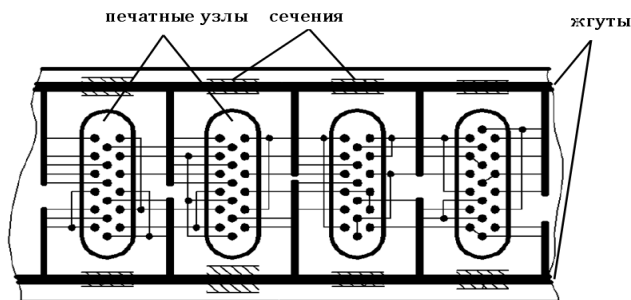


Рисунок 1 – Схема укладки жгутов

Практическая постановка задачи. Будем считать, что каждый провод, помещаемый в жгут, имеет П-образную конфигурацию. Задача формулируется следующим образом: необходимо распределить соединения между жгутами таким образом, чтобы суммарная длина соединений была минимальна и соблюдались ограничения на пропускные способности каналов. Переход провода из одного жгута в другой не допускается.

Математическая постановка задачи. Обозначим через $I = \{i\} = \{1, 2, \dots, n\}$ множество индексов проводов, которые необходимо распределить в два жгута. Через v_i ($i \in I, i = 1, 2, \dots, n$) зададим толщину или объем (площадь сечения) i -го провода. Будем считать, что координаты точек распайки проводов известны или вычислены.

Введем обозначения для минимальных длин реализующего провода, соединяющего i -ю пару контактов и проходящего через верхний канал, l_i^g и через нижний – l_i^h (рисунок 2).

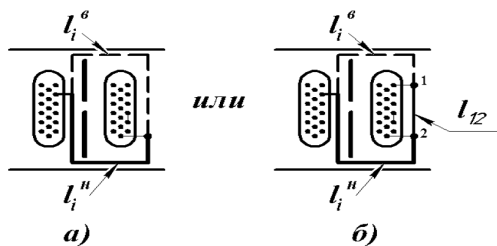


Рисунок 2 – Обозначение минимальных длин

Составим матрицу $A = \|a_{ij}\|_{n \times f}$, где n – число пар контактов, соединяемых через жгут, а f – число сечений на монтажном поле. Элемент матрицы a_{ij} определяется следующим образом:

$$a_{ij} = \begin{cases} \text{объему провода, проходящего через } j\text{-е сечение;} \\ 0, \text{ если провод в сечении отсутствует.} \end{cases}$$

Отметим, что величина пропускной способности не постоянна по длине канала и определяется пропускной способностью сечений w_j^g и w_j^h ($j = 1, 2, \dots, f$) соответственно для верхнего и нижнего каналов. Необходимыми условиями реализуемости схемы будут следующие:

$$w_j^g \approx w_j^h, \quad (1)$$

$$w_j^g + w_j^h \geq \sum_{i=1}^n a_{ij}; j = 1, 2, \dots, f. \quad (2)$$

Введем булевы переменные y_i ($i = 1, 2, \dots, n$), которые будут принимать значение «единица», если i -е соединение реализовано в верхнем канале, и «нуль» – если в нижнем. Тогда задачу определения оптимального распределения проводов для подобной конструкции можно сформулировать следующим образом:

Минимизировать

$$\sum_{i=1}^n [l_i^g \cdot y_i + l_i^h \cdot (1 - y_i)] \quad (3)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot y_i \leq w_j^g, \quad j = 1, 2, \dots, f; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot (1 - y_i) \leq w_j^h, \quad j = 1, 2, \dots, f; \quad (5)$$

$$a_{ij} \geq 0; \quad y_i = \{0, 1\}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

Выражение (3) определяет суммарную длину соединений, а ограничения (4) и (5) проверяют допустимый суммарный объем проводов в каждом из сечений.

Сформулированная задача относится к задачам линейного целочисленного программирования. Точное решение можно получить методом ветвей и границ [1].

Однако данный метод из-за своей трудоемкости не позволяет найти точное решение за приемлемое время, поэтому рассмотрим приближенный алгоритм решения поставленной задачи.

Приближенный алгоритм трассировки проводных соединений.

Дадим словесное описание предлагаемого алгоритма.

1. Вычисляем длины каждого провода при укладке его в верхний l_i^g и нижний l_i^h жгуты. Учитываем, что длина горизонтальных составляющих длины проводов не влияет на значение целевой функции.

2. Формируем верхний и нижний жгуты путем включения в них проводов с минимальной длиной.

3. Проверяем ограничения на пропускные способности сечений w_j^h и w_j^g , $j = 1, 2, \dots, f$. Если ограничения выполняются, то задача решена и переходим к п. 7.

4. Для каждого провода вычисляем разность $\Delta_i = |l_i^g - l_i^h|$. Если $\Delta_i = 0$, то перенесение i -го провода из одного жгута в другой не влияет на значение целевой функции.

5. Упорядочиваем индексы проводников по убыванию их объемов v_i , а при одинаковых объемах – по разности длин Δ_i . Если

же несколько проводов будут иметь одинаковые объемы и разности длин, то их упорядочим по убыванию длин горизонтальных участков.

6. Последовательно выбираем сечения с максимальным превышением допустимого значения. Из проводов, пересекающих это сечение, последовательно переносим в другой жгут провода, совокупность которых имеет требуемый объем и минимальную сумму разности длин Δ , а при одинаковых Δ выбираем провода, имеющие минимальную длину горизонтальных участков. При переносе проводов из одного жгута в другой стараемся ликвидировать превышения допустимых значений в расформировываемом жгуте и не превысить ограничений на пропускные способности в другом жгуте.

7. Конец.

Заключение. Рассмотренный приближенный алгоритм трассировки проводных соединений достаточно прост в реализации и при «слабых» ограничениях на пропускные способности каналов позволяет найти близкое к оптимальному решение за приемлемое время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корячко В. П., Горин В. С., Черемухин Н. В. Оптимизация распределения электрических соединений при жгутовом монтаже электронно-вычислительной аппаратуры // Вестник Рязанского радиотехнического университета. 2012. № 3 (41).

УДК 004.052

В. А. ТАРАСОВ, А. В. ЗАЙЛЕР

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО РАСЧЕТУ НАДЕЖНОСТИ

Проводится сравнительный анализ комплексов по расчету надежности электронных средств.

Введение

Изучение теории надежности давно и прочно вошло в учебные планы подготовки инженеров по широкому кругу специальностей. Весь спектр задач, связанный с расчетами показателей надежности электронных средств с момента проектирования и до момента их утилизации, можно решить при помощи комплексов автоматизированного расчета. Они также определяют показатели свойств стойкости, живучести, устойчивости, технического риска, ожидаемого ущерба и эффективности, а также помогают решать задачи оптимизации надежности. Для того, чтобы определить все вышеперечисленные параметры, необходимо собрать большое количество информации для анализа, а также выполнить множество расчетов и проверок.

Примером таких комплексов являются следующие системы:

- отечественные программные продукты: АРБИТР, АСРН, АСОНИКА-К, AnyGraph;
- зарубежные: BlockSim, ITEM Software, RAM Commander.

АРБИТР

Данный программный комплекс позволяет построить математические модели, а также рассчитать надежность, эффективность и другие параметры. Система разрабатывалась для решения задач в самых разных сферах деятельности. Например, моделирование и расчет вероятности возникновения аварий, данный вопрос актуален на любом опасном производстве, особенно когда идет вопрос об атомной энергии. Система имеет множество функций, подтвержденных аттестационной комиссией. Особенностью является применение нового графического средства - схемы функциональной целостности (СФЦ), которая позволяет представить новый класс структурных моделей надежности и безопасности.

Как мы видим, данный программный комплекс позволяет производить подробный расчет показателей надежности, но одним из недос-

татков программного комплекса АРБИТР является необходимость использования дополнительных утилит для нахождения входных параметров, что ограничивает использование данной системы в учебном процессе.

Автоматизированная система расчета надежности (АСРН)

Данный программный комплекс предназначен для расчета суммарной интенсивности отказов. Имеет четыре варианта системы для расчета надежности.

1) АСРН-2000 - автоматизированная система расчета надежности элементов и РЭА отечественного производства.

2) АСРН-1 - автоматизированная система расчета надежности радиоэлектронной аппаратуры технического назначения.

3) АСН-F - автоматизированная система расчета надежности элементов зарубежного производства, содержащая базу данных о надежности 15 классов элементов.

4) АСРН ЭРИ-2002. Автоматизированная система расчета надежности разработана на базе справочника "Надежность ЭРИ" и MIL-HDBK 217 F.

Отличием является визуализация схемы расчета, объединение разработчиков по информационному признаку, защита информации. АСРН довольно сложная в освоение система, все расчеты в данной системе проводятся максимально автоматически и в множество итераций, что не всегда положительно сказывается на результате работы.

АСОНИКА-К

Система, разработанная для расчета надежности и расчетов реконфигурируемых изделий. Данная система позволяет проводить расчеты показателей надежности ЭС. Также в системе есть резервирование, чего нет в аналогах. АСОНИКА-К является единственной системой моделирования, которая сертифицирована Министерством обороны России. По публикациям разработчиков система успешно используется в Ракетно-космической корпорации "Энергия"; КБ информатики, гидроакустики и связи "Волна".

Посредством данной системы можно заменить испытания электронной аппаратуры компьютерным моделированием. Система создавалась для использования на предприятиях-разработчиках электронных средств, поэтому упор был сделан именно на расчет параметров надежности. Недостатком системы является сложность найти ряд исходных данных, и еще нужны хорошие машинные ресурсы. В АСОНИКЕ есть небольшая иностранная база данных.

RAM Commander

Система позволяет решить большой спектр задач по надежности. Одним из важнейших преимуществ является соответствие международным стандартам: Основными функциями является анализ отказов и расчет надежности. Основным этапом является создание дерева изделия. В современное время, когда системы слишком усложнены, данный метод является очень популярным. Он предполагает графическое представление событий в иерархической структуре типа дерева. Метод используется для определения различных схем сбоев аппаратного и программного обеспечения и ошибок, вызванных пользователем, которые выливаются в определенный риск или отказ системы. С использованием дерева отказов можно проводить два вида анализа:

1. Качественный анализ — основывается на методе построения минимальных сечений.
2. Количественный анализ — предназначен для вычислений вероятностей отказов системы.

После проведения анализа разработчику необходимо дописать корректирующие действия и оценить преимущества с недостатками. Для решения задач такого рода существует модуль принятия решений.

Такая структура предназначена для пользователей разного уровня, но быстро овладеть данным комплексом не получится. Недостатком данного программного пакета является его высокая стоимость и ориентированность на зарубежный рынок.

Расчет надежности с учетом вероятностного характера

Из анализа приведенных выше систем, их возможностей можно сделать главный вывод. Несмотря на несомненные возможности применения названных систем для расчетов надежности электронных средств, ни одна из них не подразумевает стохастический характер значений. Для такого случая может быть применена, например, модель «нагрузка - несущая способность». В литературе по надежности технических устройств достаточно хорошо разработана теория расчета надежности по модели нагрузка – несущая способность на основе аналитических зависимостей плотностей вероятностей нагрузки на элемент и его прочности.

Существует класс объектов, работоспособность которых зависит от неперевышения случайным процессом нагрузки случайного же процесса несущей способности. Под несущей способностью понимается способность объекта противостоять внешним нагрузкам. Такими объектами могут быть трос, подверженный растягивающему усилию, или транзистор, выдерживающий некоторый допустимый ток через, на-

пример, переход коллектор–эмиттер или электрический конденсатор, обладающий определенным напряжением пробоя.

Модель «нагрузка – прочность» может рассматриваться для любых систем. В общем случае несущая способность любого объекта (системы) и действующие нагрузки являются случайными функциями времени. При этом для любого момента времени прочность и нагрузка представляют собой случайные величины. Хотя нагрузки на элементы рассчитывают, совершенно точно предсказать их нельзя, но можно рассчитать функциональную надежность с помощью данной модели.

Качество и эффективность готовых решений, рассмотренных в статье, является неоспоримым критерием при выборе методики расчетов надежности, но из-за большой стоимости они недоступны персональным пользователям. Иногда пользователям нужны только некоторые функциональные возможности пакета, поэтому нет необходимости покупать пакет полностью. В данной статье были рассмотрены большие комплексные системы, посредством которых можно решать разнообразные и сложные задачи, каждый из комплексов имеет преимущества, но у всех есть один недостаток — невозможность расчета при стохастическом характере системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kit-e.ru/articles/device/2007_5_183.php, свободный – (05.01.2020).

2. АСОНИКА: определение показателей надёжности РЭС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://asonikaonline.ru/products/asonika-b/>, свободный – (20.02.2020).

3. Обзор программных комплексов по расчету надежности технических систем.

4. Шаламов А.В. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docplayer.ru/30954919Obzorprogrammnyhkompleksov%20raschetanadezhnosti-tehnicheskikh-sistem.html>, свободный - (05.01.2020).

5. А.В. Юров, Леонов С.В. Методология расчета надежности программного обеспечения. XV Международная научно-практическая конференция студентов аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и современные информационные технологии».

УДК 004.052

В.А. ТАРАСОВ, А. Э. ТАРАНОВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ «НАГРУЗКА-НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ» К ПОТОКУ СОБЫТИЙ, ОБРАБАТЫВАЕМЫХ УЗЛОМ С КОНЕЧНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ***В настоящей работе ставится задача применить к моделированию вероятности работоспособности системы массового обслуживания известную в теории надежности модель «нагрузка – несущая способность».*

Исследование случайных процессов давно стало серьезной наукой, имеющей выходы в различные сферы деятельности человека. К таким исследованиям безусловно относится моделирование систем массового обслуживания. В таких задачах рассматривается обычно «марковский» случайный процесс поступления заявок на обработку (например, поступления на прием в травмпункт больных или на сборку сложного изделия отдельных узлов), когда промежутки времени между моментами поступления являются случайными величинами, распределенными по какому-то закону. Также случайно время обслуживания (обработки) заявок. При этом реальный вид распределения можно установить лишь в результате наблюдений и сбора статистической информации.

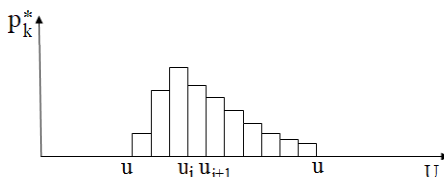
Характеристикой рассматриваемого потока событий (прихода заявок) является номинальный интервал между событиями и разброс этого интервала. Характеристикой узла обработки этих событий является время обработки события $t_{обр} \pm \Delta t_{обр}$. Таким образом, можно ввести в рассмотрение скорость $V_{пс}$ потока событий и скорость $V_{обр}$ обработки этих событий. Бесперебойная работа системы обслуживания будет иметь место при $V_{пс} > V_{обр}$. Если $V_{пс} > V_{обр}$, то нагрузочная способность окажется превышенной.

В этой теории надежности вероятность не превышения данной нагрузкой ψ величины несущей способности ρ узла определяется следующей формулой:

$$P(\rho > \psi) = \int_{-\infty}^{\infty} f_2(s) \left[\int_s^{\infty} f_1(\rho) d\rho \right] ds, \quad (1)$$

полученной для заданных в самом общем виде плотностей распределения нагрузки и прочности. Вычисление интеграла (1) может быть проведено путем численного интегрирования функций, которые не будут заданы аналитически, а представлены в виде статистических рядов значений прочности данного элемента и нагрузки на него, а также распределений этих значений по интервалам определенных диапазонов. Задача состоит в том, чтобы на некотором интервале времени получить сигналы, у которых распределение амплитуд подчинено определенному закону и соответствует определенной гистограмме (рисунок 1а). Например, сигнал величиной от 1 до 2 В появился в 0,15 части данного временного диапазона, сигнал величиной от 2 до 3 В – в 0,4 части и т.п. (рисунок 1б).

а)



б)

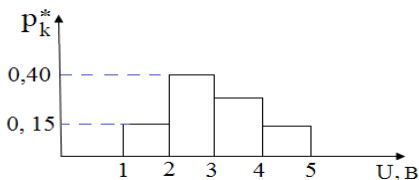


Рисунок 1 – Гистограммы случайного воздействия U:
а) общий случай; б) упрощенный пример.

То есть должен быть сформирован случайный сигнал, плотность дисперсии которого $dS(\omega)$ соответствует определенному интервалу значений $[U_i; U_{i+1}]$, в течение именно того интервала, длительность которого определяется требуемой по гистограмме частотой появления сигнала такой величины. Если представить, что сформированные таким образом случайные сигналы выражают меняющиеся во времени величины нагрузки ψ и несущей способности ρ , то указанным путем можно получить временную функцию разности этих величин. Далее можно оценить вероятность $P(\rho > \psi)$ как отношение суммы отрезков времени t , в течение которого случайный сигнал $\rho(t)$ был больше сигнала $\psi(t)$ к общему времени наблюдения.

Задачу генерации случайного сигнала с заданным распределением амплитуд можно решать следующим образом. Известны генераторы шума, позволяющие получить на выходе напряжение с некоторой спектральной характеристикой $S(\omega)$. Здесь надо отметить, что на данном этапе вид единственным требованием к зависимости $S(\omega)$ является выраженность её максимума в той же степени, который соответствует диапазону амплитуд формируемой случайной величины U ; сам вид зависимости $S(\omega)$ при этом не существен. При известной тогда функции $S(\omega)$ становятся известными её выборки на отдельных частотах, представляющие значения дисперсий $D = dS(\omega)$ случайного сигнала. Такой ряд дисперсий, характеризует, как известно, распределение мощности сигнала по частотам; при этом дисперсия пропорциональна квадрату случайной амплитуды сигнала. Если по имеющейся зависимости $S(\omega)$ отобразить частоты, где значения дисперсии D соответствуют средним интервальным значениям амплитуд сигнала U , формируемого по заданной гистограмме, то, применив резонансные фильтры, можно получить на их выходах сигналы, мощность которых (пропорциональная плотности дисперсии dS и квадрату амплитуды A^2 соответствует определенному интервалу значений $[U_i; U_{i+1}]$.

Далее необходимо распределить эти случайные значения по интервалам, длительность которых определяется требуемой по гистограмме частотой появления сигнала соответствующей величины. Для этого каждый из множества временных отрезков (тактов) существования и наблюдения сигнала должен быть разбит на несколько интервалов, ширина которых соответствует частотам появления на гистограмме. Такие интервалы могут быть сформированы с помощью таймера.

После того, как временные интервалы сформированы, сигналы полученных длительностей можно использовать для нужного распределения амплитуд. Как это сделать? Например, открывая ключ, пропускать на выход схемы часть спектра $S(\omega)$, где плотность дисперсии соответствует определенному интервалу значений $[U_i; U_{i+1}]$, в течение именно того интервала, длительность которого соответствует требуемой по гистограмме частоте появления сигнала такой величины. Прошедшие на выход ключей сигналы далее суммируются. Функциональная схема устройства, реализующего предлагаемый способ генерации случайного сигнала по заданной гистограмме, приведена на рисунке 2.

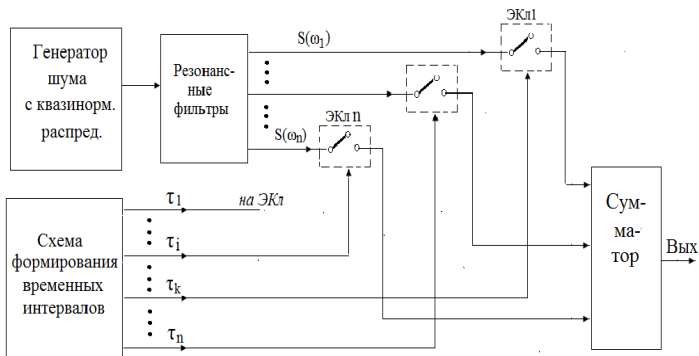


Рисунок 2 – Схема генерации случайного сигнала по заданной гистограмме

Конечно лучше, чтобы длительность полученных импульсов была не жестко заданной, а соответствовала вероятностям появления сигнала в интервалах $[U_i; U_{i+1}]$. Задавать случайные длительности сигналов с определенными вероятностями появления можно, например, по схеме, приведенной на рисунке 3.

Схема включает генератор белого шума (ГБШ), детектор, интегратор, задатчик сигнала постоянной величины и устройство сравнения (обозначено \equiv). Сигнал сброса интегратора появляется при достижении напряжением с выхода интегратора величины напряжения уровня C .

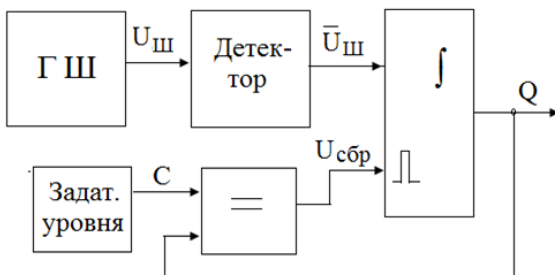


Рисунок 3 – Схема формирования временных интервалов с заданным распределением длительностей

Временные диаграммы, поясняющие работу этой схемы, показаны на рисунке 4.

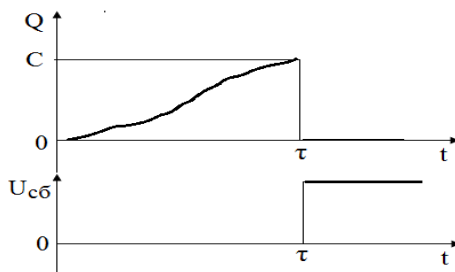


Рисунок 4 – Диаграммы формирования интервала длительностью τ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Могилев А.В., Пак Н.И., Хённер Е.К. Информатика / Учебное пособие – М.: Изд центр Академия, 2003.
2. Рыжиков Ю.И. Численные методы теории очередей. Изд. Лань, 2019
3. Шишмарев В.П. Надежность технических систем. – М.: Изд. «Академия», 2010. – 304 с.
4. Малофеев С.И., Копейкин А.Н. Надежность технических систем. – СПб.: Изд. «Лань», 2012. – 320 с.
5. Бабий С.М., Желтухин А.В. Генератор случайных сигналов с заданным распределением амплитуд. Авторское свидетельство СССР № 1735 847. 1992.

УДК 004.052

В.А. ТАРАСОВ, В.П. ФЕДОРОВРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ПО
МОДЕЛИ НАГРУЗКА-НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ**

Рассматривается расчет надежности с учетом вероятностного характера на основе модели «нагрузка-несущая способность», приводится численный пример расчета вероятности безотказной работы электростатического подвеса.

Решение вопросов надежности и долговечности современных электронных средств, объектов автоматизации и технических систем осуществляется на всех стадиях их жизненного цикла, начиная с проектирования, разработки, создания, производства, до эксплуатации, использования и заканчивая утилизацией. В процессе эксплуатации ЭС, вследствие износа и необратимых процессов, деградации характеристик аппаратуры, а следовательно, и ее качество будет изменяться. Изменение качества во времени характеризует один из наиболее важных его показателей – надёжность.

Расчет надежности

Расчет надежности с учетом вероятностного характера конструктивных параметров особенно важен применительно к механическим узлам и элементам, в частности соединениям деталей, механическим передачам, опорам-направляющим вращательного движения. Именно к расчету надежности перечисленных узлов наиболее применима модель «нагрузка – несущая способность». В общем случае несущая способность любого объекта и действующие нагрузки являются случайными функциями времени. При этом для любого момента времени прочность и нагрузка представляют собой случайные величины. Хотя нагрузки на элементы рассчитывают, совершенно точно предсказать их нельзя. Расчет надежности по модели «нагрузка – прочность», представляет особый вид расчетов надежности; в то же время по такой модели в ряде случаев можно рассчитывать функциональную надежность.

Расчет надежности с учетом вероятностного характера

Для весьма распространенного случая нормального (Гауссового) распределения величин прочности и нагрузки с плотностями вероятности $f_p(x)$ и $f_\psi(x)$ соответственно вероятность безотказной работы узла определяется зависимостью [1]:

$$P = \Phi^* \left(\frac{m_p - m_\psi}{\sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_\psi^2}} \right) \quad (1)$$

где m_p , m_ψ – математические ожидания прочности (несущей способности) и нагрузки соответственно;

σ_p , σ_ψ – средние квадратические отклонения указанных величин;

Φ^* – нормальная функция распределения или интеграл вероятностей.

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (2).$$

В практических расчетах квантиль распределения $z = U_p$ удобно выразить через запас прочности $n = m_p / m_\psi$.

$$U_p = \frac{n-1}{\sqrt{(nv_p)^2 + v_\psi^2}} \quad (3)$$

где v_p , v_ψ – коэффициенты вариации прочности и действующей нагрузки соответственно; $v_p = \sigma_p / m_p$; $v_\psi = \sigma_\psi / m_\psi$.

Выражение (3) после введения обозначения $v_\psi/v_p = \chi$ может быть преобразовано после, возведения в квадрат обеих частей, к виду

$$U_p^2 \cdot v_p^2 \cdot (n^2 + \chi^2) = n^2 - 2n + 1. \quad (4).$$

Данное квадратное уравнение относительно запаса прочности n записывается в канонической форме как

$$n^2 \cdot (1 - U_p^2 \cdot v_p^2) - 2n + 1 - U_p^2 \cdot v_p^2 \cdot \chi^2 = 0. \quad (5).$$

Имеющий реальный смысл корень уравнения (5) выражается в виде

$$n = \frac{1 + \sqrt{1 - (1 - U_p^2 \cdot v_p^2)(1 - U_p^2 \cdot v_p^2 \cdot \chi^2)}}{(1 - U_p^2 \cdot v_p^2)}. \quad (6).$$

Результаты расчета

Вычисленные по формуле (6) при $U_p = 3,0$ даются в таблице 1. Значения запаса прочности, обеспечивающего вероятность безотказной работы $P = 0,9986$ в зависимости от коэффициентов вариации прочности и нагрузки.

Таблица 1.

ν_p	$\chi = 1$	$\chi = 2$	$\chi = 3$
0,05	1,2388	1,3630	1,503
0,10	1,5545	1,8090	2,098
0,15	2,0104	2,4089	2,867
0,20	2,7631	3,3314	4,000
0,25	4,3411	5,1285	6,095
0,30	10,4304	11,5473	13,061

Из таблицы 1 видно, что увеличение вариации несущей способности требует для высокой надежности возрастающего запаса прочности. Существен при этом параболический характер такого возрастания. Практика показывает, что разброс несущей способности конструкции (выражаемый коэффициентом ν_p) может быть весьма значительным, например, из-за большого разброса механических характеристик используемых конструкционных материалов.

Для некоторых конструкций увеличение коэффициента ν_p обусловлено неточностью реализации влияющих на несущую способность параметров. Примером конструкции такого рода является электростатический подвес шарового гироскопа. Ротор этого прибора, выполненный из электропроводящего материала, помещается в герметичную камеру, внутри которой поддерживается достаточно высокий вакуум, и удерживается во взвешенном состоянии силами регулируемых электрических полей.

Несущая способность описываемого подвеса существенно определяется напряженностью электрического поля, максимальная величина которой ограничена опасностью пробоя в рабочем зазоре. Вероят-

ность пробоя уменьшается с понижением давления внутри камеры прибора; это давление поддерживается на уровне $10^{-7} - 10^{-9}$ мм рт. ст. Помимо вариации величины давления, вариация несущей способности электростатического подвеса определяется неточностью реализации его геометрических параметров.

Как следует из полученных выше результатов, при разбросе параметров электростатического подвеса, соответствующих, например, значениям $\nu_p = 0,25$ и $\chi = 2$, высокая вероятность безотказной работы (ВБР) $P = 0,9986$, может быть достигнута повышением запаса прочности до $n \approx 5$. Это означает, что при ограниченной величине несущей способности подвеса (создаваемой им центрирующей силы $F_{ц}$) средняя его нагрузка должна быть в 5 раз меньше математического ожидания силы $F_{ц}$. Если же точность реализации рассматриваемой конструкции будет соответствовать коэффициенту вариации $\nu_p = 0,05$, то при тех же условиях средняя нагрузка может быть увеличена в 3,8 раза.

С другой стороны, снижение запаса прочности до $n = 1,36$ при $\nu_p = 0,25$ и $\chi = 2$, уменьшает ВБР, как следует из формул (1) и (3), до недопустимого значения $P = 0,73$.

Приведенный пример весьма наглядно иллюстрирует положительное влияние точности на надежность.

Помимо этого общего вывода, результаты данной работы позволяют производить численную оценку влияния точности конструкций на их несущую способность и надежность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Острейниковский В.А. Теория надежности. – М.: Высш. шк., 2008. 463 с.
2. Малафеев С.И., Копейкин А.И. Надежность технических систем: примеры и задачи. – СПб.: Лань, 2012. -320 с.
3. Шишмарев В.П. Надежность технических систем. – М.: Изд. «Академия», 2010. 304 с.
4. Васюков С.А. Теория и применение электростатических подвесов: Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2009. 336 с.

УДК 004.94

Е.А. ТРУШИНАРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ
СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Рассматривается применение человеко-машинного подхода к проектированию систем дистанционного зондирования Земли и использование обобщенно-структурного метода функционально-структурной теории для формального описания и оценки процесса функционирования этой системы при поиске оптимального проектного решения.

Введение. Космический проект системы дистанционного зондирования земли (СДЗЗ) представляет собой проектирование сложной человеко-машинной системы (ЧМС), реализующей информационные технологии. Создание таких сложных систем как СДЗЗ, процедуры их анализа и синтеза требуют системного подхода, который обеспечивает компромисс между удовлетворением требований к техническим средствам, программному и информационному обеспечению, к персоналу. Наличие во всем информационном тракте СДЗЗ процедур, выполняемых техникой (машинами) и человеком, неизбежно требует рассматривать систему как человеко-машинно-программный комплекс, функционирующий в определенных условиях рабочей среды. Это обстоятельство вызывает необходимость иметь ряд специальных методов формального описания (построение моделей системы). При этом системотехнический подход к проектированию не учитывает «человеческий фактор» в деятельности персонала, наличие как алгоритмических, так и эвристических компонентов в алгоритмах деятельности персонала, наличие элементов стохастичности в виде отказов техники, ошибок персонала и сбоев программных и информационных средств, воздействия внешних факторов (магнитные бури, космический мусор и пр.). Каждому человеку-оператору, работающему в контуре СДЗЗ, свойственна двойственная роль – «генератора» и «корректора» своих ошибок, а также последствий отказов техники и сбоев программного обеспечения [1].

При проектировании СДЗЗ как сложной ЧМС можно использовать человеко-машинный подход к проектированию и, в частности, функционально-структурную теорию формального описания и оценки процессов функционирования ЧМС. На базе этой теории разработана методология исследования, проектирования и испытаний ЧМС. Реше-

ны прикладные задачи в интересах: проектирования пилотируемых космических кораблей [2], АСУТП [3;4], ВМФ [5].

Для анализа проектируемой космической СДЗЗ как человеко-машинной системы необходимо проведение системно-эргономического анализа [3], включающего: компонентный, морфологический, эволюционный анализ ЧМС, а также анализ специальных функций данной ЧМС. В результате анализа разрабатываются компонентные, морфологические, эволюционные и специальные модели, все вместе представляющие интегральную модель ЧМС. Интегральная модель системы (*IMS*) несет наиболее полную информацию о человеко-машинной системе и позволяет полнее учесть особенности и взаимосвязи элементов СДЗЗ.

Интегральную модель проектируемой СДЗЗ можно представить кортежем: $IMS = \langle CMS_i, MMS_i, EM_i, SMS_i \rangle$, где CMS_i – компонентная модель *i*-ой системы; MMS_i – морфологическая модель *i*-ой системы; EM_i – эволюционные модели *i*-ой системы; SMS_i – специальные модели *i*-ой системы; *i* – номер подсистемы СДЗЗ.

Компонентный анализ выявляет состав основных компонентов системы ЧМС. Компонентные модели, получаемые в результате компонентного анализа, включают компонентно-системные, компонентно-элементные и компонентно-функциональные модели. Набор компонентных моделей можно представить в виде кортежа: $CMS = \langle CSM, CEM, CFM \rangle$, где CMS – компонентная модель системы; CSM – компонентно-системная модель; CEM – компонентно-элементная модель; CFM – компонентно-функциональная модель.

Проектировщики, проводя компонентно-системный анализ, выявляют локальные ЧМС, структуру ЧМС и место ЧМС по отношению к метасистеме.

Важно отметить, что компонентный анализ для СДЗЗ может проводиться по двум вариантам.

Первый вариант необходимо использовать при проектировании ЧМС СДЗЗ, уже имеющей аналоги-прототипы. В этом случае сначала проводится компонентно-объектный анализ с построением CSM и CEM , а затем компонентно-функциональный анализ с построением CFM .

Второй вариант компонентного анализа целесообразно применить при разработке ЧМС СДЗЗ нового типа, не имеющего аналогов-прототипов. В этом случае проводится компонентно-функциональный анализ с построением CFM , а затем назначаются системы и элементы, выполняющие выявленные функции, и строятся модели CSM и CEM .

Морфологические модели ЧМС отображают различного вида взаимосвязи (организационные, технологические, временные и др.), существующие между системами и компонентами.

$$MMS = \langle SOM, FOM, FTM \rangle,$$

где MMS – морфологическая модель системы; SOM – субъектно-организационная модель; FOM – функционально-организационная модель; FTM – функционально-временная модель.

Морфологический анализ можно разделить на две части: статистический и динамический анализ. При статистическом морфологическом анализе выявляются неизменные во времени связи между компонентами ЧМС, а динамический анализ позволяет исследовать процесс функционирования ЧМС.

К статистическим моделям относятся субъектно-организационная и функционально-организационная модели. Функционально-временная модель является динамической моделью, разрабатывается в виде алгоритма с выделением функций, выполняемых человеком, машиной, отдельными знаками выделяются функции контроля.

Эволюционные системы – это динамический граф, т.е. граф, вершинами которого являются имена одной и той же модели ЧМС (компонентной или морфологической), а дугами – временные моменты. Эволюционные модели строятся только в том случае, когда важно отметить возможные варианты компонентных или морфологических структур ЧМС [3]. Это характерно для СДЗЗ, где состав специалистов в сменах отличается. Эволюционные модели можно разрабатывать также для мирного и военного времени, для чрезвычайных ситуаций.

$$EM_k(N) = \langle EM_k(\tau), R_\tau \rangle,$$

где $EM_k(N)$ – эволюционная модель; $EM_k(\tau) = EM_k(\tau_i)$ – множество конкретных возможных структур; R_τ – интервал времени.

Специальные модели ЧМС СДЗЗ могут отличаться в каждом отдельном проекте и включают в себя модели, связанные с решением отдельных задач сквозного информационного тракта СДЗЗ. Сюда можно отнести модели работы оптико-телескопического модуля, модель состояния атмосферы, модель работы средств формирования и преобразования целевой и служебной информации, модель работы средств приема и обработки данных, модели резервирования отдельных подсистем для случаев аварий и отказов и др.

На основе интегральной модели появляется возможность проводить системно-эргономический синтез [3], включающий:

1. Разработку общетехнических и эргономических требований в ЧМС.

2. Принятие решений о технически и экономически целесообразных вариантах организационно-проектных решений по совершенствованию ЧМС (из числа реально возможных).

3. Оценка интегральных показателей (эффективности, надежности, интеллектуальности, эргономичности) для конкурирующих вариантов построения ЧМС на основе интегральной модели и выбор на основе этих показателей окончательного варианта построения ЧМС.

При рассмотрении космической системы ДЗЗ как сложной ЧМС, несмотря на широкую автоматизацию процессов, встречаются ошибочно принимаемые решения и вырабатываемые рекомендации, что ведет порой к дорогостоящим и необратимым последствиям. Это определяет экономическую, экологическую, военную и социальную значимость проблемы эффективности сложных СДЗЗ.

Качество – один из самых важных факторов проектирования космических СДЗЗ. Среди критериев качества таких систем, наряду с надежностью, живучестью, степенью автоматизации и помехозащищенностью, важными являются безошибочность и быстродействие процесса функционирования сложной системы.

Целью априорного вычисления показателей, характеризующих эффективность функционирования СДЗЗ, может являться вычисление количественных значений показателей безошибочности (B) быстродействия реализации процесса функционирования (\bar{T} – математическое ожидание в секундах, $D(T)$ – дисперсия времени выполнения процесса функционирования).

Все вычисленные значения можно использовать для:

- проверки соответствия уровня проектируемого процесса функционирования СДЗЗ установленным требованиям заказчика;
- проведения организационно-технических мероприятий, повышающих эффективность эргатических элементов и системы в целом;
- определения лучшего из конкурирующих вариантов процесса функционирования системы в целом и отдельных подсистем.

В целях априорного вычисления показателей эффективности СДЗЗ, согласно справочника [3], можно использовать методы и математические модели функционально-структурной теории ЧМС. Ядром этой теории является обобщенно-структурный метод.

Общая методика вычислений показателей функционирования СДЗЗ условно делится на две части: методику подготовки математических моделей и методику расчетов [5].

Первая используется на этапе исследований системы, а вторая – при практических расчетах значений показателей, характеризующих свойства процесса функционирования СДЗЗ.

Методика подготовки математической модели состоит в следующем:

1. Анализируется модель *FTM* из состава интегральной модели СДЗЗ. Эта модель представляет процесс функционирования ЧМС и является исходным материалом для оценки показателей качества функционирования ЧМС.

2. В *FTM* выявляются типовые функциональные структуры (ТФС), описанные в справочнике [3].

3. Анализируется, какие из ТФС имеют готовые математические модели, то есть формулы для расчета значений показателей $B, \bar{T}, D(T)$.

4. Для ТФС, у которых отсутствуют расчетные формулы, они выводятся на основе методов, описанных в [3,4].

5. Из ТФС создается библиотека ТФС с условным графическим отображением и соответствующими расчетными формулами.

Методика расчета показателей $B, \bar{T}, D(T)$ заключается в следующем:

1. Каждую операцию в модели процесса функционирования (*FTM*) заменяют типовой функциональной единицей (ТФЕ) [3].

2. Для представления функций (действий) ТФЕ связывают композиционерами:

- стартерами «И», «ИЛИ вкл.», «ИЛИ искл.»;
- финишерами «И», «ИЛИ вкл.», «ИЛИ искл.».

Полученная функциональная сеть из ТФЕ и связующих их композиционеров является базой для проведения расчетов.

3. Для каждой ТФЕ подготавливаются исходные количественные характеристики $B, \bar{T}, D(T)$. Они выбираются из справочника или рассчитываются самостоятельно по методике, предложенной в [3].

4. В функциональной сети выявляют типовые структуры (ТФС) как типичные, повторяющиеся комбинации из ТФЕ. ТФС выбираются из ранее подготовленной библиотеки ТФС.

5. Для каждой ТФС по ранее подготовленным формулам (из библиотеки ТФС) рассчитываются соответствующие показатели качества.

6. Далее проводится преобразование («сворачивание») первоначальной функциональной сети путем замены ТФС на эквивалентные ТФЕ [5].

7. Проводится вторичный анализ функциональной сети («свернутой» функциональной сети) с выявлением новых ТФС и заменой их на эквивалентные ТФЕ («вторичное сворачивание»).

8. Процедуры анализа функциональной сети, выявления ТФС, замены их на эквивалентные ТФЕ повторяются до тех пор, пока структура исследуемой сети не будет приведена к одной обобщенной ТФЕ, показатели качества которой и будут представлять обобщенную характеристику всего процесса функционирования ЧМС.

Выводы:

1. СДЗЗ необходимо рассматривать как сложную ЧМС и, исходя из этого, проектировать с учетом человеческого фактора.

2. При проектировании СДЗЗ можно использовать человеко-машинный подход функционально-структурной теории формального описания и оценки процессов функционирования ЧМС.

3. Процесс функционирования удобно представить функциональной сетью в виде модели *FTM* из состава интегральной модели ЧМС. Интегральная модель позволяет всесторонне анализировать проектируемую систему и разработать более качественную *FTM*.

4. Используя обобщенно-структурный метод функционально-структурной теории ЧМС, априорно рассчитываются показатели безошибочной работы и быстродействия процесса функционирования, как подсистем, так и всей СДЗЗ.

5. Априорный расчет показателей качества СДЗЗ для конкурирующих проектных моделей позволяет еще на уровне проектирования найти оптимальное и компромиссное проектное решение, исходя из противоречивых критериев безошибочной работы, быстродействия, стоимости изделия и участия человека-оператора как возможного «генератора ошибок».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Меньшиков В.А. [и др.]. Основы анализа и проектирования космических систем мониторинга и прогнозирования природных и техногенных катастроф – М.: Машиностроение, 2014. – 732 с.

2. Попович П.Р., Губинский А.И., Колесников Г.М., Савиных В.П. Системный анализ комплексов космонавт-техника. – М.: Машиностроение, 1994. – 192 с.

3. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашероф, И.Л. Бердников и др.; Под общ ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.

4. Ротштейн А.П., Кузнецов П.Д. Проектирование бездефектных человеко-машинных технологий. – К.: Тэхника, 1992. – 180 с.

5. Гвоздик М.И., Евграфов В.Г., Цой Е.Б. Оптимизация организационно-технических систем ВМФ. Методы, алгоритмы, программы. – Л.: ВВМУРЭ им. А.С. Попова, 1997. – 223 с.

УДК 621.311.62

К.Ф. ФИЛЬКИН, В.С. ГОРИНРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**АКТУАЛЬНОСТЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СХЕМ
ККМ В СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКАХ ПИТАНИЯ**

Рассматриваются особенности применения одного из устройств проектируемого мощного источника вторичного электропитания — корректора коэффициента мощности (ККМ.).

Введение. Источники вторичного электропитания (ИВЭП) — преобразователи энергии, необходимой для электропитания устройств, которые выполняют различные функции. ИВЭП дает типовой системе жизнь, обеспечивая ее питающими напряжениями с требуемыми параметрами от систем энергоснабжения промышленной частоты или автономных первичных источников питания. На сегодняшний день, применение ККМ в схеме ИВЭП является одним из эффективных решений проблемы потребления электроэнергии [1].

Коэффициентом мощности (КМ) мы называем параметр, характеризующий искажения, создаваемые нагрузкой (в нашем случае – ИВЭП) в сети переменного тока. КМ можно охарактеризовать как отношение активной мощности P к полной S :

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}.$$

КМ в источнике питания может принять значения от 0 до 1. Необходимо стремиться достигать идеального значения, т. е. единицы. (к примеру, источник питания без каскада коррекции будет принимать значения около 0,62 и немного выше). Полученным значениям дают точную оценку: 0,95 – хорошее значение; 0,9 – удовлетворительное; 0,8 – неудовлетворительное [2]. Можно достичь результата коэффициента порядка 0,97 и выше. Если представить ситуацию, что коэффициент мощности равен единице, то форма потребляемого тока — чистая синусоида, сдвига фазы не происходит (вольт-амперная характеристика будет иметь линейное представление, нагрузку посчитаем исключительно активной) [1,2].

Разработка мощного ИВЭП, путем включения каскада ККМ, наделяет устройство таким преимуществом, как разгрузка сети (снижение пиковых токовых перегрузок). Они возникают из-за того, что

мощность отбирается из сети только в короткие промежутки времени, когда конденсатор заряжается на пиках выпрямленного напряжения. Это приводит к тому, что по сетевым проводам протекает очень большой ток, и этот ток в несколько раз превышает ток, который потребляет нагрузка. Следующее преимущество – это уменьшение потерь, снижение количества импульсных помех как в сеть, так и в питаемое устройство, снижение нагрева проводов. Кроме того, можно поддерживать довольно стабильное напряжение на конденсаторе. При этом если при падении или повышении сетевого напряжения будет меняться напряжение на сглаживающем конденсаторе, то схема ККМ за счет обратных связей будет работать в широких пределах: от 90 до 260 В.

В схеме управления ККМ лежит такой же принцип, как и в основной преобразовательной части источника питания: ШИМ-модуляция с использованием соответствующего контроллера. Процесс формирования импульсов управления иллюстрируется временными диаграммами, приведенными на рисунке 1:

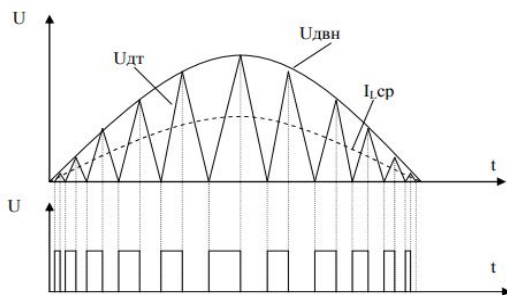


Рисунок 1 – Временные диаграммы ККМ

Существует активная и пассивная коррекция КМ. Нас интересует именно активная коррекция, поскольку мы проектируем сложный, мощный источник питания. Пассивная коррекция чаще всего применяется в недорогих малопотребляющих устройствах, к которым не предъявляются строгие требования к интенсивности младших гармоник тока.

Схема построения и метод управления ККМ. Структурно ККМ можно реализовать несколькими схемотехническими способами. Мы остановились на наиболее применяемой и известной — бустерной (повышающей). Эта реализация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к современным источникам питания, в частности, она позволяет работать на широких диапазонах входного сетевого напряжения (от 85 до 270 В), при этом никаких ограничений не возникает и никаких регулировок не требуется. Кроме того, она менее чувстви-

тельна к отклонениям параметров сети (кратковременное пропадание напряжения или его скачки). Не менее важное преимущество – более простая реализации защиты от перенапряжений. Упрощенная структурная схема активного корректора представлена на рисунке 2.

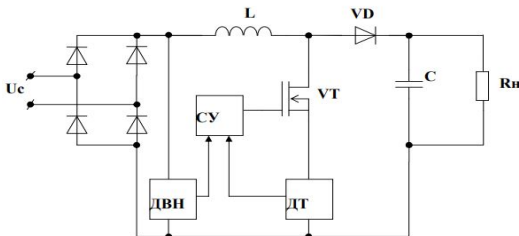


Рисунок 2 – Структурная схема активного ККМ

Она включает в себя выпрямитель на входе, датчик выпрямленного напряжения (ДВН), схему управления (СУ), дроссель (L), датчик тока (ДТ), силовой транзистор (VT), силовой диод (VD) и конденсатор (C) на выходе.

При добавлении каскада ККМ в структуру источника питания надежность может упасть, КПД также может понизиться. Эти моменты стоит учитывать при проектировании его структуры, учитывая множество других сложных факторов.

Кроме того, необходимость ККМ в мощных сетевых источниках вторичного электропитания регламентируется требованиями по электромагнитной совместимости ГОСТ Р 51317-2000. Нормы по гармоническим составляющим потребляемого тока и коэффициенту мощности для систем электропитания мощностью более 50 Вт и всех видов осветительного оборудования определяет стандарт МЭК IEC 1000-3-2 [3].

В общей структурной схеме проектируемого нами источника питания ККМ стоит практически на входе (после синфазного фильтра), так как это дополнительная начальная стабилизация для ИВЭП и равномерный отбор мощности из сети (рисунок 3).

Так как корректор представляет собой по сути бустерную схему, то для проектируемого ККМ большой мощности (порядка 500-700 Вт) мы исследовали один из способов управления ККМ – при режиме непрерывной работы дросселя. При этом был выбран метод управления по среднему значению тока. Этот способ позволяет обеспечить постоянную частоту переключения силового ключа, режим безразрывных токов (что для больших мощностей является благоприятным), устойчивость к коммутационным помехам.



Рисунок 3 – Схема активного контроллера ККМ между входным выпрямителем и накопительным конденсатором.

Заключение. Предложенная структура и метод решения позволяют эффективно реализовывать схему ККМ в современных источниках питания. Для реализации корректора мы рассматривали такие микросхемы, как FAN4822, IR1150, LT1248, TDA4815, ML4821. Даташиты на эти ШИМ-контроллеры можно найти в интернет-источниках. Однако нашей задачей является усовершенствование этих схем. Работа ведется в следующих направлениях:

- создание схемы облегчения запуска ККМ;
- исследование схемной реализации питания микросхемы ККМ;
- обеспечение защиты от превышения напряжения на выходе ККМ;
- выбор защиты входов контроллера от бросков напряжения и перегрузок;
- увеличение КПД устройства;
- снижение амплитуды пульсаций выходного напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мэк, Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению / Пер. с англ / Р. Мэк. – М.: Издательский дом «Додэка – XXI», 2008. - 272 с.
2. Гейтенко, Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие / Е.Н. Гейтенко. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 448 с.
3. ККМ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://khomovelectro.ru/korreksii-koeffitsienta-moshchnosti.html>

УДК. 004.384

А.С. ХОХЛОВА, А.В. ГРАЧЕВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

СТРУКТУРА И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»

Проводятся рассмотрение и анализ структуры и принципов работы системы «Умный дом»

В наше время, информационные технологии широко используются во всех отраслях экономики. Ярким примером этого можно назвать создание автоматизированной системы управления зданием, более известная под названием «умный дом».

В России это новшество появилось не так давно. На сегодняшний день такими инновационными системами управления оснащаются высококласные офисные здания, гостиницы, некоторые здания общественного назначения, жилые дома и комплексы. Так же по оценкам отечественных аналитиков рынок данных систем будет расти и составит 34% в год.

На сегодняшний день «умный дом» это автоматическая система управления зданием (АСУЗ), организованная для удобства проживания, в нем людей при помощи высокотехнологичных гаджетов. Новейшая концепция «умного дома» основывается на трех главных составляющих:

- Комфорт;
- Безопасность;
- Экономичность.

Эта «интеллектуальная разработка» представляет собой комплекс автоматизированных систем управления (таких систем, как системы отопления, системы видеонаблюдения, датчиками задымления, протечки воды, утечки газа) оснащенный, как правило одной из операционных систем (Microsoft или Linux).

Итак, в состав «умного дома» входят множество различных компонентов, но они все делятся на 3 основных типа:

- Контроллер (блок управления);
- Умная техника;
- Сенсоры (датчики).

«Мозгом» системы является блок управления всеми системами, который ещё называют шлюзом. К нему по кабелю или беспроводным потокам связи подключаются различного рода датчики, кнопки в том числе и сенсорные, камеры и другие гаджеты для дома.[2]

Рассмотрим систему умный дом на схеме:

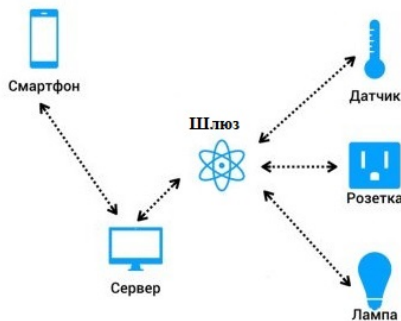


Рисунок 1 – Упрощенная схема управления «Умный дом»

В свою очередь, блок управления соединяется с главным сервером, на котором хранятся все данные с устройств и выполняются заранее заготовленные сценарии. Серверы бывают двух основных видов:

- Локальные, требующие установки на персональный компьютер;
- Облачные, не имеющие дополнительного звена в цепи, но зависящие от наличия интернета.

Управление «умным домом» производится с помощью сенсорного монитора компактного энергосберегающего сервера, который подключен к источнику бесперебойного питания. Во всех помещениях располагаются датчики, передающие информацию на главный модуль, который позволяет изменить «настройки» дома в зависимости от воздействия внешних факторов. Например, система освещения управляется при помощи сенсоров, реагирующих на движение.[1] Это позволяет автоматически выключать свет, если в помещении отсутствуют люди, и тем самым экономить электроэнергию или перекрывать сантехнические трубы во избежание протечек воды.

Новейшие разработки науки и техники позволяют модернизировать «умный дом» до более безопасного. Например, реализована функция, которая позволяет обнаруживать подозрительную активность на территории дома, во время отсутствия хозяев. Также эта функция позволяет имитировать присутствие в доме (в комнатах мо-

жет периодически включаться свет на определенные периоды времени и т.д.).

Главной тенденций, сейчас, на рынке систем «Умного дома» стал переход пользовательских интерфейсов управления на мобильные гаджеты. Это позволило собственнику «умного дома» иметь доступ к панели управления системой, даже если он находится за пределами своего владения. Бонусом можно считать то, что сервер оснащен установкой базы данных, что дает возможность вести протокол событий, а так же подстраивать те или иные параметры дома еще на подходе. Также необходимо отметить, что интеграция серверного web-приложения в систему управления домом позволяет управлять помещениями из любой точки, где имеется доступ к интернету.

Как и любое современное новшество, технология «умного дома» не лишена недостатков. Существует ограничение для количества подключаемых устройств, так как это оказывает непосредственное влияние на скорость работы обслуживаемой системы. Как любая другая система, АСУЗ необходимо постоянно обновлять и корректировать программы для повышения эффективности работы, а также для возможности подключения новых программных модулей.

Еще одной немаловажной чертой является высокая стоимость оборудования, датчиков и некоторых комплектующих, необходимых для установки системы, а также её ремонта. Однако средний срок окупаемости на территории Российской Федерации не большой, и составляет порядка 3–4 лет.

В итоге можно заметить, что развитие современных технологий позволяет максимально эффективно внедрять новейшие разработки прогресса в строительную отрасль. Отличным примером такого внедрения можно считать систему «умный дом».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жукова М. «Умные дома»: или нужное, или всего лишь ставшее возможным? [Текст] / М. Жукова. //Смена. – 2007. – № 11. – С. 70-75.
2. Серикова М.В., Атрощенко В.А., Чигликова Н.Д. К вопросу модульного построения систем обеспечения умного дома // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 10-1. – С. 45-50;

УДК 621.01

А.С. ХОХЛОВАРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО МЕСТО В РЕШЕНИИ
РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ**

Рассматривается важность размерного анализа при расчёте размерных цепей, а так же предлагаются конкретные приёмы для усовершенствования процесса.

При разработке нового или усовершенствовании уже существующего технологического процесса разработчику каждый раз приходится сталкиваться с расчетом размерных цепей и размерным анализом. Этот процесс является неотъемлемой частью любой технологии и позволяет согласовывать чертежные размеры детали и узла с операционными размерами, припусками, размерами необходимых заготовок и др.

Для осуществления расчета размерных цепи существуют определенные программные средства, позволяющие произвести решение разными способами и методами, в то время как процесс размерного анализа на сегодняшний день автоматизировать пока не удалось. А ведь этот этап, предшествующий непосредственному поиску рациональных допусков звеньев, так же важен. Для того, что бы корректно рассчитать размерную цепь, описывающую какой либо узел или деталь, необходима правильно её составить. Поэтому необходимость рационального размерного анализа очевидна.

Размерная цепь представляет собой совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении обозначенной задачи и образующих замкнутый контур. Среди размерных цепей выделяют следующие типы: основные, конструкторские, производные, измерительные, технологические, измерительные, пространственные, линейные, угловые. Не давая точных определений всех перечисленных видов размерных цепей, можно отметить, что на практике их следует разделять на простые (все звенья, входящие в состав данной цепи, являются частью только одной размерной цепи) и сложные (в этом случае, звенья могут входить в состав других размерных цепей или даже выполнять роль замыкающего звена в другой размерной).

Решение задачи расчёта размерных цепей производится в два этапа:

- осуществляется размерный анализ, при котором определяются составляющие звенья цепи и производится составление схемы размерной цепи;

- производится расчет выявленной ранее размерной цепи, в процессе которого определяются все необходимые размерные параметры всех звеньев данной цепи.

Необходимо обратить внимание, что при решении размерных цепей по наиболее распространённому методу большее внимание уделяется второму этапу, а точнее, расчету размерной цепи, и весьма небольшая часть непосредственно размерному анализу [1, 2, 3]. Существует методика, согласно которой для решения поставленной задачи предлагается найти исходное звено и исполнительные поверхности системы станок-приспособление-инструмент-деталь (СПИД), ограничивающие его. При таком подходе исходным звеном будет являться требуемое расстояние между исполнительными поверхностями системы СПИД... Затем после нахождения исходного звена необходимо найти размерную цепь, образующую это звено, включая в нее только те размеры, которые непосредственно участвуют в образовании исходного звена. Для этого, начиная от одной из исполнительных поверхностей, ограничивающих исходное звено, находят все расположенные по замкнутому контуру составляющие звенья, дойдя до второй исполнительной поверхности, ограничивающей исходное звено [1].

Однако возникает вопрос: как определить, является ли указанный размер составляющим звеном данной размерной цепи, т.е. как исследуемое нами звено зависит от указанного размера. Ответа на этот вопрос ни в цитате, ни во всем разделе не даётся. Такая же ситуация складывается и при обращении к другим источникам, которые рекомендуют для избегания ошибок при определении составляющих звеньев размерной цепи, использовать довольно распространенную методику. Она заключается в следующем: требуется определить составляющие звенья, двигаясь последовательно в одном направлении, начиная с исходного звена, от одной сборочной базы к другой. При выявлении составляющих звеньев рекомендуется сразу же выяснять, как качественно влияет рассматриваемое звено на замыкающее звено, т.е. является ли оно увеличивающим или уменьшающим [2]. Можно заметить, что здесь также не содержатся рекомендации, как максимально точно установить, оказывает ли влияние рассматриваемый нами размер на имеющееся замыкающее звено.

Может сформироваться мнение, что существует только один приём, следуя которому можно выявить все составляющие звенья необходимой размерной цепи, и это руководство по определению вида

каждого из составляющих звеньев: т.е. выявлению к кому типу относится каждое звено. Следовательно, если при увеличении указанного размера замыкающее звено увеличивается (уменьшается), то этот размер является составляющим звеном размерной цепи, соответственно, увеличивающим или уменьшающим. Предлагается процесс размерного анализа следует дополнить и расширить следующими пунктами:

1. Размерный анализ должен начинаться с рассмотрения исходного чертежа конструкции, при котором находится не только исходное звено, но так же устанавливается порядок работы рассматриваемого механизма в целом, а так же его отдельных частей; выявляется назначение всех деталей; определяется корректная последовательность сборки-сборки выбранного узла и момент появления замыкающего звена, чтобы конкретно выявить влияющие звенья, примыкающие к замыкающему звену.

2. Классифицировать составляющие звенья не только как увеличивающие, но и через любое их изменение в принципе, т.е. учитывать как увеличение, так и уменьшение данного размера, доходя до его искусственного исключения из данного узла.

3. Выявить и зафиксировать разменные связи звеньев, входящих в состав узла, далее воспроизвести схему размерной цепи, сохранив необходимую последовательность расположения размеров в узле и их пространственную ориентацию, соответствующую действительному расположению.

4. Заключительным пунктом размерного анализа узла является качественный анализ звеньев, входящих в состав размерной цепи. В случае если все звенья исследуемой размерной цепи являются размерами реальных деталей (например, длина вала, толщина какой-либо шайбы), то такую цепь классифицируют как простую. Если в состав этой размерной цепи входят размеры деталей мнимых (например, зазоры, натяги), то данная цепь называется сложной.

При предложенном подходе практически полностью исключается вероятность появления ошибки, и решение задачи на этапе размерного анализа характеризуется определенностью и однозначностью. Установление корректного порядка функционирования механизма (п. 1) предоставляет разработчику максимально полно изобразить узел в физическом исполнении, а как следствие, и соответствующую размерную цепь. Применение п. 2 описанной методики даёт возможность определить существуют ли связи между звеньями в пространстве. И самое важное: на основе проводимого качественного анализа (п. 4) получается конкретное решение о том, к какому типу сле-

дует отнести данную размерную цепь: классифицировать ее как простую или все же отнести к сложным.

Программная реализация данной расширенной методики позволит исключить возможность появления ошибок при решении размерной цепи, а вследствие, и установление приемлемых зазоров и натягов в деталях узлов и конструкций при их работе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении. Под ред. К. И. Абаджи и Б. П. Тимофеева. М.: Машиностроение, 1972. С. 616.
2. Иванов А.И. Основы взаимозаменяемости и технические измерения. М.: Колос, 1975. 496 с.
3. Саранча Г.А. Стандартизация, взаимозаменяемость и технические измерения: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во стандартов, 1991. 444 с.

УДК 004.042

И.А. ЦЕПУЛИН

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОНОРМАЛИЗОВАННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ МЕТОДОМ ЯКОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассматривается технология создания базы данных, подходящая для информации, которая со временем изменяется как по структуре, так и по содержанию.

Хранилища данных, работающие в динамичном бизнес-окружении, подвержены изменениям, которые могут происходить быстрее или медленнее, но происходят постоянно. Также меняются и цели использования данных – задачи анализа и используемые алгоритмы их решения, формы отчётности и так далее. Поэтому модели данных в хранилище данных должны быть модульными, гибкими и отслеживать изменения в обрабатываемых данных. Говоря о методах моделирования структур данных для хранилищ данных необходимо рассмотреть метод анкерного моделирования или якорного моделирования.

В основе якорного моделирования лежит идея, что изменения в среде хранилища данных требуют только его расширения, а не модификации существующих структур данных. Это значит, что все существующие версии схемы данных хранилища данных являются подмножествами текущей версии. Таким образом, якорная модель позволяет разделить жизненный цикл хранилища данных на две фазы: создание и эволюцию. На фазе создания хранилища данных создаётся модель данных, максимально учитывающая все объекты и зависимости предметной области в её текущем состоянии. В процессе эволюции создаются новые схемы, присоединяемые к начальной и учитывающие изменения в бизнес-окружении.

Эволюция модели данных через расширения, а не через модификацию, приводит к модульности, что позволяет разбивать модели данных на небольшие, стабильные и управляемые элементы. Если изменения в данных часто повторяются, то ранее выполненные расширения могут использоваться повторно. Таким образом даже значительные изменения в бизнес-окружении могут быть отражены сравнительно небольшими изменениями в хранилище данных.

Метод якорного моделирования в настоящее время находит широкое применение в страховании, логистике и розничной торговле, в

рамках проектов, охватывающих развитие ведомственных и корпоративных хранилищ данных.

Основными компонентами якорной модели данных являются якоря, узлы, атрибуты и связи (рисунок 1).

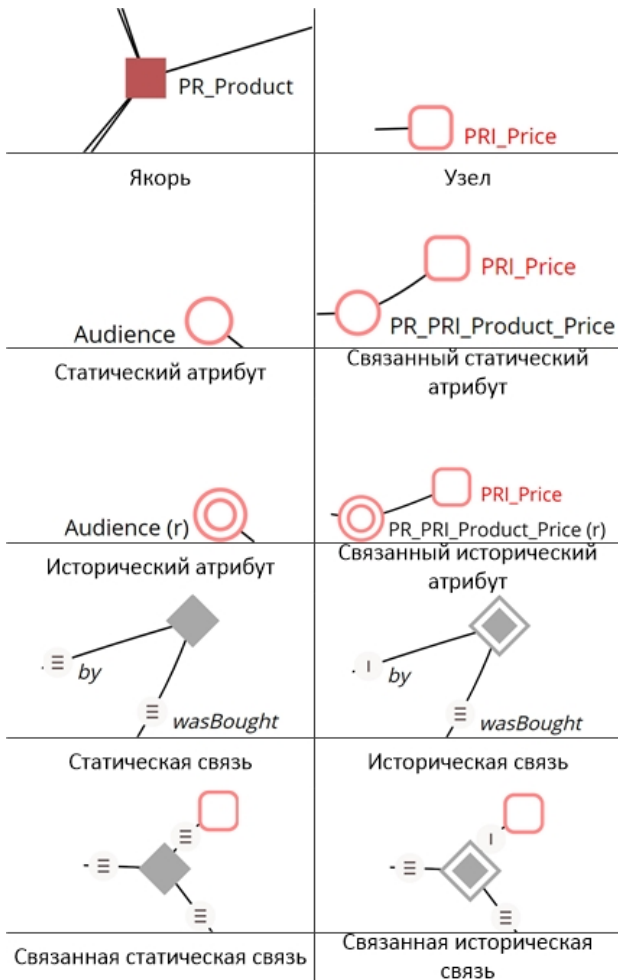


Рисунок 1 – Основные компоненты метода якорного моделирования

Якорь представляет собой множество сущностей, представляющих бизнес-объекты или события.

Узлы используются для представления статичных, обычно, небольших наборов сущностей, которые не изменяются с течением времени. В то время как якоря используются для представления произвольных сущностей, узлы используются для управления свойствами, которые разделяемы по многим экземплярам некоторого якоря. Например, свойство «Пол» может быть представлено узлом `GEN_Gender`, который включает два значения: «Male» и «Female». Это свойство, пол, разделяется многими экземплярами якоря `AC_Employee`, поэтому использование узла сводит к минимуму избыточность: вместо повторения строк оказывается достаточно один бит на один экземпляр.

Атрибуты используются для представления свойств якорей. Выделяют четыре типа атрибутов: статические (*static*), исторические (*historized*), связанные статические (*knotted static*) и связанные исторические (*knotted historized*). Статические атрибуты используются для представления свойств (якорей), где не требуется сохранять историю изменений значений атрибута. Примером статического атрибута является дата рождения. Историческими атрибутами являются те, изменения значений которых должны сохраняться (например, возраст, рост, цена и так далее). Привязанные статические атрибуты используются для представления связи между якорями и узлами, то есть для связи якоря со свойствами, которые могут принимать только фиксированные, обычно небольшие количества значений. И, наконец, связанные исторические атрибуты используются, когда связь со значением узла слабая, но может изменяться во времени.

Связи представляют отношения между двумя или более сущностями в якорях и необязательными сущностями узла. Аналогично атрибутам, связи могут быть четырех типов – статические, исторические, связанные статические и связанные исторические [1].

Поскольку один и тот же объект может появляться в связи более одного раза, вхождения должны быть идентифицированы с помощью понятия роли – идентификатора, имеющего тот же тип, что и якорь или узел, к которому она относится.

Что касается имен элементов схемы данных, то, в принципе, никаких формальных ограничений на имена объектов в схеме данных якорной модели нет. Но наличие некоторого неформального соглашения об именах с описанием того, каким требованиям они должны удовлетворять, делает схему более понятной и упрощает работу с моделью. Хорошее соглашение об именах должно соответствовать ряду критериев, некоторые из которых могут оказаться противоречивыми. С одной стороны, имена должны быть короткими, но при этом хорошо

интерпретируемыми. Они должны быть уникальными и недвусмысленными, но иметь общие черты с соответствующими объектами.

Возможный пример соглашения об именах представлен в таблице 1.

Таблица 1

Сущность	Мнемоника/шаблон	Дескриптор/шаблон	Имя
Якорь	$A_m [A-Z]\{2\}$	$A_d ([A-Z][a-z]^*)^+$	$A_m_A_d$
Узел	$K_m [A-Z]\{3\}$	$K_d ([A-Z][a-z]^*)^+$	$K_m_K_d$
Атрибут	$B_m [A-Z]\{3\}$	$B_d ([A-Z][a-z]^*)^+$	$A_m_B_m_A_d_B_d$
Роль		$r ([a-z][A-Z]^*)^+$	r
Связь			$A_m_r_... (K_m_r)$

Соглашение предполагает использование только латинских букв, цифр и символа подчеркивания. Это гарантирует, что одни и те же имена могут использоваться во множестве представлений, например, в реляционной базе данных.

В предлагаемом соглашении об именах используется синтаксис с несколькими семантическими правилами, позволяющий связывать сущность с ее именем. Синтаксис использует три примитива: мнемоника, дескриптор и роль. С использованием комбинаций этих примитивов создаются имена элементов схемы. Мнемоники якорей и узлов уникальны в модели, в то время как мнемоники атрибутов должны быть уникальными в наборе атрибутов, ссылающихся на один и тот же якорь. Названия связей построены из мнемоники смежных якорей и узлов вместе с ролями, которые они играют в отношениях. Мнемоники якорей содержат две заглавных буквы, мнемоники остальных атрибутов и узлов – 3 буквы. В таблице несложно увидеть следующие правила (все элементы имени разделяются подчёркиваниями):

– имя якоря строится из мнемоники и дескриптора якоря, например, PR_Product (PR – мнемоника, Product – дескриптор);

– имя узла строится из мнемоники и дескриптора узла, например, PRI_Price (PRI – мнемоника, Price – дескриптор, «Цена» – свойство бизнес-сущности «Товар»);

– имя атрибута строится в виде последовательности мнемоник и дескрипторов якоря и узла, например, PR_PRI_Product_Price (интерпретировать такую запись можно как «якорь Продукт имеет атрибут Цена»);

– дескриптор роли строится на основе действия, которое выполняется над якорем или атрибутом, указывается курсивом, например, *wasPay* – был куплен;

– дескриптор связи формируется как список якорей, между которыми эта связь устанавливает отношения. После каждого якоря указывается его роль в данной связи, например, PR_by_CU_wasPay (Товар был Клиентом куплен).

Для лучшего понимания метода якорного моделирования полезно рассмотреть с точки зрения аналогии с методом моделирования Свод данных (Data Vault) [2]. Действительно, в основе обоих методов лежит идея декомпозиции сложной схемы данных на множество более простых компонентов, которыми проще манипулировать при необходимости изменить структуру данных или сами данные.

Рассмотрим аналогии между компонентами моделей.

Якорь-Концентратор. И якорь, и концентратор (hub) содержат наиболее важные с точки зрения бизнеса сущности. Однако, в отличие от концентратора, который хранит как суррогатный (технический), так и естественный (бизнес-ключ) ключи, якорь хранит только суррогатный ключ, а бизнес-ключи содержатся в таблице атрибутов. Данный подход обеспечивает дополнительную гибкость, особенно когда бизнес-ключ извлекается из системы оперативной обработки данных. Такие ключи, как правило, имеют короткий срок жизни по сравнению с бизнес-ключами, взятыми из корпоративной среды. Сохранения бизнес-ключа за пределами концентратора позволяет разработчику не задумываться о том, как будет изменяться состояние ключа в будущем. Добавление нового бизнес-ключа в якорном моделировании приводит всего лишь к появлению новой таблицы атрибутов.

Атрибут-Сателлит. Атрибут в якорном моделировании аналогичен понятию сателлита (спутника) в своде данных. Оба содержат контекстные (описательные) данные, которые по своей природе зависят от времени. Однако, чтобы сохранить временную целостность в шестой нормальной форме в якорном моделировании каждый атрибут помещается в отдельную таблицу. В то же время свод данных позволяет хранить любое количество атрибутов в одном сателлите. Якорное моделирование поддерживает либо временной (исторический) атрибут, либо статический, для которого не требуется период временной актуальности. Моделирование методом свода данных предполагает историзацию по умолчанию и требует хранения полного временного сегмента с временными метками: «актуально-от» и «актуально-до».

Связь-Ссылка. Связь в якорном моделировании похожа на ссылку в своде данных: и та, и другая представляет отношения между объектами якорь/концентратор. Однако связь в якорном моделировании не поддерживает атрибуты, в то время как ссылка свода данных может иметь собственные сателлиты.

Рассмотрим пример построения якорной модели.

Выделим три бизнес-объекта: Товар, Категория и Клиент. При этом свойства товара будут Цена и Количество (исторические атрибуты), свойство клиента Имя клиента (статический атрибут), свойство категории – Имя категории. На основе бизнес объектов в, соответствии с неформальным соглашением об именах в таблице 1, формируем якоря PR_Product, CA_Category и CU_Customer.

Наличие таких свойств как Цена, Количество, Имя товара и Имя клиента и категории отражается узлами:

- цена товара - PRI_Price;
- количество товара - AMT_Amount;
- имя товара - PNM_Pname;
- имя клиента - NAM_Name;
- имя категории CAT_Name.

Тогда атрибуты узлов будут:

- PR_PRI_Product_Price– цена товара;
- PR_AMT_Product_Amount– количество товара;
- PR_PNM_Product_Pname– имя товара;
- CU_NAM_Customer_Name– имя клиента;
- CA_CAT_Category_Name – имя категории.

Теперь рассмотрим отношения между якорями, которые представляются с помощью связей (tie). Объект Товар связан с обоими другими якорями по следующим правилам:

- товар относится к категории PR_in_CA_refersTo;
- товар приобретается клиентом PR_by_CU_wasBought.
- клиент приобретает товар CU_to_PR_wasBought.

Таким образом, основные объекты предметной области должны быть представлены в виде якорей. Свойства объектов моделируются как атрибуты при соответствующем якоре. Отношения между объектами моделируются как связи. Свойства отношения представляются как узлы или как атрибуты при якорях, связанных с помощью связей.

Одной из проблем концептуального моделирования является определение того, следует ли рассматривать транзакцию как отношение или как сущность. В якорном моделировании эта проблема решается по следующему правилу: если транзакция имеет некоторое свойство, то она должна быть смоделирована как связь, в противном случае – как якорь.

Теперь построим граф якорной модели (рисунок 2).

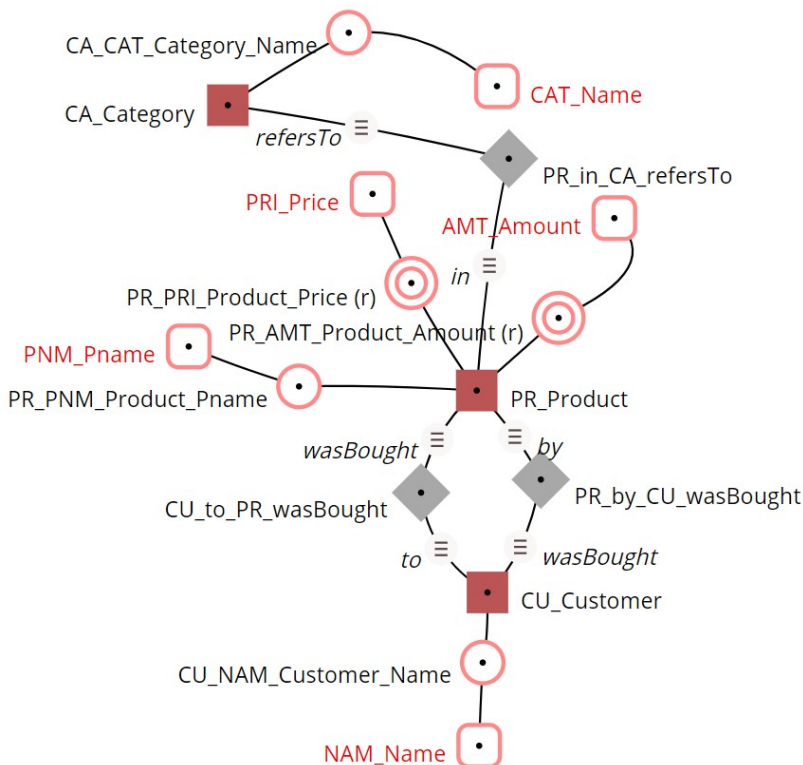


Рисунок 2 – Общая схема якорной модели

Формализованная нотация якорной схемы позволяет автоматически преобразовывать её в схему реляционной базы данных с помощью некоторого набора преобразующих правил. Отношения в полученной схеме будут находиться в шестой нормальной форме [3]. Здесь же будет рассмотрено “ручное” преобразование.

Каждый якорь преобразуется в таблицу, содержащую единственный столбец – первичный ключ. Имя таблицы формируется из имени якоря и имени ключевого поля (с префиксом имени якоря и суффиксом ID). Например, для якоря клиента PR_Product, имя таблицы будет (PR_ID). Узел трансформируется в таблицу из двух столбцов. Один столбец содержит значения узла, а второй столбец является первичным и внешним ключом.

Атрибут преобразуется в таблицу, содержащую ключевое поле и поле значений. Если атрибут исторический, то в таблицу добавляется поле интервала актуальности значения.

Первичный ключ в таблицах атрибутов ссылается на ключевое поле в таблице якоря, к которому относится атрибут. Если статический атрибут связан с узлом (knotted attribute), то второе поле в нём будет внешним ключом, ссылающимся на первичный ключ узла.

И, наконец, связи преобразуются в таблицы с первичными и внешними ключами якорей, на которые ссылается связь. Число столбцов в таблицах связей соответствует числу связываемых с помощью данной связи, якорей и их ролей.

Полные результаты преобразования схемы якорной модели в схему базы данных представлены в таблице 2.

Таблица 2

Схема якорей	Поля таблиц
PR_Product	(PR_ID*)
CA_Category	(CA_ID*)
CU_Customer	(CU_ID*)
Схема узлов	Поля таблиц
PRI_Price	(PRI_ID*,PRI_Price)
PNM_Pname	(PNM_ID*,PNM_Pname)
AMT_Amount	(AMT_ID*,AMT_Amount)
CAT_Name	(CAT_ID*,CAT_Name)
Схема атрибутов	Поля таблиц
PR_PRI_Product_Price	(PR_ID*,PRI_ID,Product_Price)
PR_PNM_Product_Name	(PR_ID*,PNM_ID,Product_Name)
CU_NAM_Customer_Name	(CU_ID*,CU_NAM_Name_Customer)
CA_CNM_Category_Name	(CA_ID*,CA_CNM_Name_Category)
PR_AMT_Amount_Product	(PR_ID*,PR_AMT_Amount_Product,PR_A MT_ValidForm*)
Схема связей	Поля таблиц
PR_in_CA_RefersTo	(PR_ID_in*,CA_ID_RefersTo*)
CU_to_PR_wasBought	(CU_ID_to*,PR_ID_wasBought*)
PR_by_CU_wasBought	(PR_ID_in*,CU_ID_wasBought*)

Символ «*» указывает, что поле является ключевым.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Rönnbäck L. Anchor Modeling. Agile Information Modeling in Evolving Data Environments / L. Rönnbäck, O. Regardt, M. Bergholtz, P. Johannesson, P. Wohed – URL: <http://www.anchor modeling.com/wp->

content/uploads/2011/05/Anchor-Modeling.pdf (Preprint submitted to DKE 05.10.2010).

2. Туманов, В. Е. Проектирование хранилищ данных для приложений систем деловой осведомленности (Business Intelligence Systems): учебное пособие / В. Е. Туманов. — 2-е изд. — Москва: ИНТУИТ, 2016. — 957 с. — ISBN 978-5-9963-0353-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100389> (дата обращения: 05.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Дейт К. Дж, Введение в системы баз данных — 8-е издание — М.:Издательский дом "Вильямс", 2005. - 1328 с. - ISBN 5-8459-0788-8.

УДК 625.29

А.В.ЧУДИНИН, В.В.СУСКИНРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**СТРУКТУРА И ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ДВС И УСТРОЙСТВОМ ПОДАЧИ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА**

Проводится описание структуры и принципа работы системы управления, а также анализ существующих аналогов.

Использование водорода в качестве топлива для двигателя внутреннего сгорания (ДВС) в последнее время вызывает немалый интерес. Различные компании, от автомобильных концернов до менее заметных частных предприятий, ищут идеи приспособления ДВС под данный вид топлива. Некоторые из них заключаются в использовании поршневых ДВС на газообразном водороде, в других используют газотурбинные двигатели на водороде, обеспечивающие работу электродвигателей, которые, в свою очередь, являются приводом автомобиля.

Существуют также идеи, заключающиеся в получении газообразного водорода на борту транспортного средства и его последующего использования в качестве топлива. Все рассмотренные случаи показательны и уникальны. Но в них не упоминается возможность переключения между двумя видами топлива, т.е. гибридность, а также не упоминается устройство, которое могло бы контролировать подачу топлива в камеры сгорания. Скорее всего, эти функции обеспечивает бортовой компьютер транспортного средства, который немногим отличается от штатного устройства бензиновых и дизельных автомобилей. Но адаптировать данное устройство под свои нужды невозможно, так как необходимо вносить изменения в его принципиальную схему, а следовательно, и в конструкцию устройства.

Из всей вышеуказанной информации следует выделить две основные идеи, на которых основывается описываемая в данной статье разработка:

1. получение газообразного водорода на борту транспортного средства;
2. устройство, обеспечивающее переключение между разными видами топлива и контроль подачи топлива в камеры сгорания.

Ранее была разработана конструкция устройства, преобразующего напряжение бортовой сети до нужных значений, необходимых для протекания реакции электролиза в специальной емкости (электроли-

зер). Разработка конструкции электролизера является более трудоемкой и требует проведения реальных экспериментов, поэтому данная проблема требует дополнительных временных ресурсов.

В данной статье рассматривается устройство, которое обеспечивает контроль подачи топлива и переключение между альтернативными видами топлива. Иными словами, данное устройство является полноценной системой управления двигателем, а также системой подачи топлива.

Рассматриваемая система является системой автоматического управления релейного действия и с обратной связью. Управляющие воздействия, в данном случае, дискретного типа.

Данная система построена на основе микроконтроллера Arduino с использованием унифицированных модулей. По сравнению с классическим проектированием устройства, построенного из отдельных электрорадиоэлементов (ЭРЭ), мы существенно минимизируем расходы на разработку конструкции и производство печатной платы, на закупку ЭРЭ, на настройку устройства. Также система, построенная из унифицированных модулей, имеет лучшие показатели надежности по сравнению с системой, созданной из «рассыпных» элементов. Но главным преимуществом такой системы является наличие портов ввода/вывода, с помощью которых можно подключить к устройству большое количество периферийных устройств – датчиков и т.д. На основе показаний датчиков осуществляется управление подачей топлива в двигатель и косвенно самим двигателем. То есть, благодаря открытой архитектуре системы можно построить на ее основе устройство любой сложности.

Рассматриваемая система осуществляет подачу водородного топлива в камеры сгорания, а также позволяет переключаться между бензиновым и водородным видами топлива. Устройство имеет следующие составные части:

1. устройство повышения напряжения (УПН) – данный модуль обеспечивает повышение напряжения бортовой сети транспортного средства (12 В) до значений, необходимых для реакции электролиза воды (100-110В). Полученное на выходе данного устройства напряжение подается на электроды электролизера. В УПН встроено устройство коммутации, которое может включать и отключать данный модуль.

2. водяной бак – емкость с водой, заготовленной для электролизера. Бак оснащен датчиком уровня заполнения и специальным клапаном, который открывает или закрывает данную емкость.

3. электролизер – в данном устройстве происходит реакция электролиза воды, состоящая в разложении воды на газообразные водород

и кислород. Электролизер оснащен датчиком уровня воды. С его помощью в данном устройстве обеспечивается поддержание постоянного уровня жидкости.

4. промежуточная емкость – данная емкость предназначена для подачи газообразного водорода под давлением (с помощью насоса) в следующее устройство – резервуар. Емкость оснащена клапаном, который предохраняет от возврата водорода в электролизер. Когда клапан закрыт, насос начинает нагнетать водород в резервуар. Данная промежуточная емкость необходима для того, чтобы под давлением в резервуар закачивался исключительно газообразный водород, и чтобы вслед за ним в резервуар не попала вода (так как система герметична, под давлением из электролизера будут перемещаться по системе и вода (в жидком агрегатном состоянии), и водород (в газообразном агрегатном состоянии)).

5. резервуар – емкость, в которую закачивается водородное топливо и содержится там под давлением. Резервуар оснащен двумя клапанами (впускным и выпускным), а также датчиком давления. Из данной емкости происходит питание ДВС водородным топливом.

Теперь следует привести краткое описание принципа работы всей системы. Из водяного бака вода поступает в электролизер, где под действием напряжения 100-110 В, полученного в УПН, происходит реакция электролиза воды. Полученные в результате реакции газообразные водород и кислород поступают сначала в промежуточную емкость, а потом и в резервуар, откуда далее расходуются для питания ДВС. Работа системы зависит от показаний датчика давления в резервуаре. Если датчик сигнализирует об опустошении резервуара, то в системе начинается активная выработка водородного топлива: устройство коммутации включает УПН, с которого повышенное до 100-110 В напряжение поступает на электроды электролизера. Как было ранее сказано, в электролизере поддерживается постоянный уровень воды. Если уровень падает ниже нужных значений, в водяном баке открывается клапан, и электролизер наполняется. Полученная в ходе реакции электролиза водородная смесь попадает в промежуточную емкость. Данная емкость заполняется смесью газов из-за разности давлений. Далее происходит закрытие клапана, и газообразная смесь с помощью насоса заполняет резервуар. Этот цикл повторяется до тех пор, пока давление в резервуаре не достигнет определенного значения. Когда резервуар заполнен, его впускной клапан закрывается, а выпускной открывается. Происходит расход водородного топлива двигателем. При этом устройство коммутации отключает УПН, и реакция электро-

лиза прекращается. Клапан промежуточной емкости открывается. Таким образом, происходит возвращение системы в исходное состояние.

Отдельно следует упомянуть состояние, которое обеспечивает попеременную работу двигателя на разных видах топлива, т.е. гибридность. Когда водяной бак, электролизер и резервуар опустошены, или когда напряжение на выходе УПН оказывается ниже значений, необходимых для реакции электролиза, датчики это фиксируют, и система переходит в состояние работы на бензине. Для этого в системе предусмотрены два клапана – для основного и альтернативного топлива. В данном случае, бензин – основное, водород – альтернативное топливо. Если система может работать на водороде, основной клапан оказывается закрытым, а альтернативный – открытым. Если отсутствует возможность работы системы на водороде, то наоборот.

Более подробно данная конструкция будет описана в дальнейших работах на эту тему.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чудинин А.В., Сускин В.В., Структура и принцип работы двигателя внутреннего сгорания на водороде / Информационные технологии, межвузовский сборник научных трудов. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2019 – с.249-254.
2. Первозванский А.А., Курс теории автоматического управления: Учеб. пособ., - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. –616с.

УДК 536.212.3

М.А. ШАШКОВ, А.Н. КУЗЬМИНРязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ЧЕРЕЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКУЮ СТЕНКУ
И МНОГОСЛОЙНУЮ ЦИЛИНДРИЧЕСКУЮ СТЕНКУ**

В этой статье мы обсудим порядок проведения тепла через цилиндрическую стенку и многослойную цилиндрическую стенку.

1. Теплопроводность через цилиндрическую стенку.

Цилиндрические металлические трубы являются неотъемлемым элементом электростанций, нефтеперерабатывающих заводов и большинства перерабатывающих отраслей. В котлах есть трубы, конденсаторы содержат ряд труб, теплообменники трубчатые, и все эти узлы соединены трубами. Очевидно, что тогда радиальная скорость теплопередачи через трубу или любую изоляцию, которая может ее окружать, весьма важна.

Рассмотрим теплопроводность через цилиндрическую трубу с внутренним радиусом r_1 , внешним радиусом r_2 и длиной l . Внутренняя и внешняя поверхности трубки имеют постоянные температуры t_1 и t_2 , и теплопроводность k материала трубки постоянна в данном температурном диапазоне. Если оба конца полностью изолированы, тепловой поток ограничивается только радиальным направлением. Кроме того, если температура t_1 на внутренней поверхности больше, чем температура t_2 на внешней поверхности, тепло течет радиально наружу.

Рассмотрим бесконечно тонкий цилиндрический элемент на радиусе r . Пусть толщина этого элементарного кольца будет равна dr , а изменение температуры через него будет dt . Затем, используя закон теплопроводности Фурье:

$$Q = -kA \frac{dt}{dr} = -k(2\pi rl) \frac{dt}{dr}.$$

Разделяя переменные и интегрируя в заданных граничных условиях, получим:

$$\frac{Q}{2\pi kl} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = - \int_{t_1}^{t_2} dt,$$
$$\frac{Q}{2\pi kl} \log_e \frac{r_2}{r_1} = t_1 - t_2;$$

$$Q = 2\pi kl \frac{t_1 - t_2}{\log_e r_2/r_1} = \frac{t_1 - t_2}{R_t} \quad (1).$$

Очевидно, что для проводимости в полом цилиндре тепловое сопротивление принимает вид:

$$R_t = \frac{\log_e r_2/r_1}{2\pi kl}.$$

Выражение для стационарного распределения температуры в цилиндрическом потоке может быть установлено путем интегрирования уравнения скорости Фурье между пределами:

$r = r_1$, где температура указана как t_1 ;

$r = r$, где температура должна быть определена.

Таким образом:

$$Q = -kA \frac{dt}{dr} = -k(2\pi rl) \frac{dt}{dr};$$

$$Q \int_{r_1}^r \frac{dr}{r} = -k2\pi l \int_{t_1}^t dt,$$

$$Q \log_e \frac{r}{r_1} = -2\pi kl(t - t_1);$$

$$Q = -2\pi kl \frac{t - t_1}{\log_e r/r_1}.$$

Сравнивая его с уравнением 1, получим:

$$\frac{-2\pi kl(t - t_1)}{\log_e r/r_1} = \frac{2\pi kl(t_1 - t_2)}{\log_e r_2/r_1}.$$

Что дает:

$$\frac{t - t_1}{t_1 - t_2} = \frac{\log_e r/r_1}{\log_e r_2/r_1}. \quad (2).$$

Довольно часто считается полезным написать уравнение теплового потока через цилиндр в той же форме, что и для теплового потока через плоскую стенку. Тогда толщина δ будет равна $(r_2 - r_1)$, а площадь A будет эквивалентной площадью A_m таким образом:

$$Q = \frac{kA}{\delta} (t_1 - t_2) = kA \frac{t_1 - t_2}{r_2 - r_1}. \quad (3).$$

2. Теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку.

Многослойные цилиндрические стенки часто используются для уменьшения потерь тепла от металлических труб, предназначенных для работы с горячей жидкостью. Труба обычно обернута в один или

несколько слоев теплоизоляции, например, паровая труба, используемая для транспортировки пара высокого давления в паровой электростанции, может иметь цилиндрическую металлическую стенку, слой изолирующего материала и затем слой защитной штукатурки.

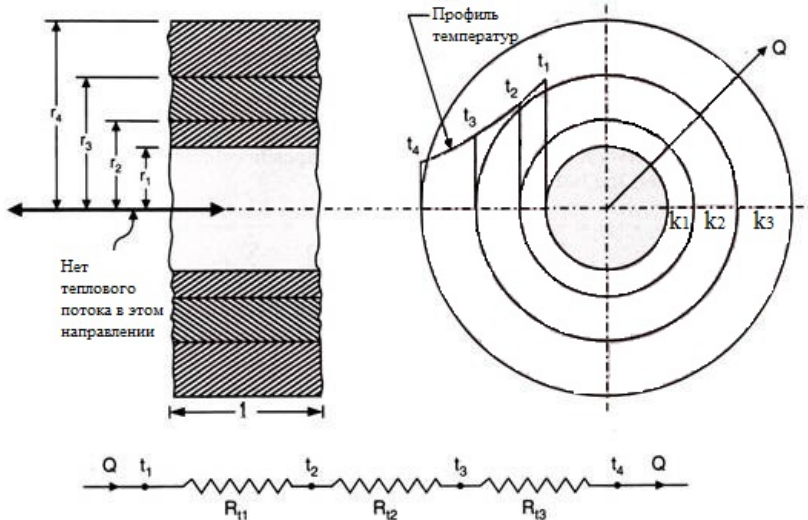


Рисунок 1 – Проводимость через композитную цилиндрическую стенку

На рисунке 1 показана теплопроводность через композитную цилиндрическую стенку, имеющую три слоя разных материалов. Существует идеальный контакт между слоями и, следовательно, одинаковая температура поверхности раздела для любых двух соседних слоев.

Для стационарной проводимости тепловой поток через каждый слой одинаков и может быть описан следующим набором уравнений:

$$Q = 2\pi k_1 l \frac{t_1 - t_2}{\log_e r_2 / r_1};$$

$$Q = 2\pi k_2 l \frac{t_2 - t_3}{\log_e r_3 / r_2};$$

$$Q = 2\pi k_3 l \frac{t_3 - t_4}{\log_e r_4 / r_3}.$$

Эти уравнения помогают определить разность температур для каждого слоя составного цилиндра, т.е.:

$$t_1 - t_2 = \log_e \frac{r_2}{r_1} \frac{Q}{2\pi k_1 l};$$

$$t_2 - t_3 = \log_e \frac{r_3}{r_2} \frac{Q}{2\pi k_2 l};$$

$$t_3 - t_4 = \log_e \frac{r_4}{r_3} \frac{Q}{2\pi k_3 l}.$$

Суммируя эти уравнения, можно получить:

$$t_1 - t_4 = Q \left(\frac{1}{2\pi k_1 l} \log_e \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{2\pi k_2 l} \log_e \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{2\pi k_3 l} \log_e \frac{r_4}{r_3} \right).$$

Таким образом, скорость теплового потока через композитную цилиндрическую стенку составляет:

$$Q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{1}{2\pi k_1 l} \log_e \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{2\pi k_2 l} \log_e \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{2\pi k_3 l} \log_e \frac{r_4}{r_3}}. \quad (4)$$

Количество в знаменателе является суммой теплового сопротивления различных слоев, составляющих составной цилиндр.

Когда вышеуказанное соотношение распространяется на полый составной цилиндр из n -концентрических оболочек, охватывающих друг друга, скорость теплового потока определяется как:

$$Q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi k_i l} \log_e \frac{r_{i+1}}{r_i}} = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n R_{t_i}}. \quad (5)$$

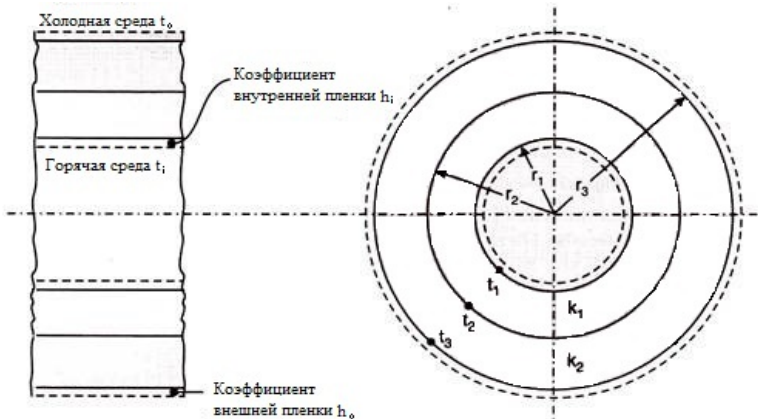


Рисунок 2 – Проводимость через композитную цилиндрическую стенку: тепло через рассматриваемые коэффициенты

Если внутренние и внешние коэффициенты теплопередачи для составного цилиндра, изображенного на рисунке 2, равны h_i и h_o соответственно, то общее тепловое сопротивление тепловому потоку будет:

$$R_i = \frac{1}{2\pi r_1 h_i} + \frac{1}{2\pi k_1 l} \log_e \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{2\pi k_2 l} \log_e \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{2\pi r_3 h_o}.$$

И тогда:

$$Q = \frac{t_i - t_o}{\frac{1}{2\pi r_1 h_i} + \frac{1}{2\pi k_1 l} \log_e \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{2\pi k_2 l} \log_e \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{2\pi r_3 h_o}} \quad (6).$$

Вводя понятие общего коэффициента теплопередачи U , скорость теплового потока можно записать как:

$$Q = UA(t_i - t_o).$$

Так как площадь потока изменяется для цилиндрической трубы, становится необходимым указать область, на которой основан U . Таким образом, в зависимости от того, указана ли внутренняя или внешняя область, для U определены два разных значения, т.е.:

$$Q = U_{in} A_{in} (t_i - t_o) = U_{out} A_{out} (t_i - t_o). \quad (7).$$

Сравнение уравнений 6 и 7:

$$U_{in} A_{in} (t_i - t_o) = \frac{t_i - t_o}{\frac{1}{2\pi r_1 h_i} + \frac{1}{2\pi k_1 l} \log_e \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{2\pi k_2 l} \log_e \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{2\pi r_3 h_o}};$$

$$U_{in} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{r_1}{k_1} \log_e \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_2}{k_2} \log_e \frac{r_3}{r_2} + \frac{r_1}{r_3 h_o}};$$

$$U_{out} = \frac{t}{\frac{r_3}{r_1 h_i} + \frac{r_3}{k_1} \log_e \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_3}{k_2} \log_e \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{h_o}}.$$

Так мы разобрали полный порядок проведения тепла через цилиндрическую стенку и многослойную цилиндрическую стенку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М., «Энергия», 1973.
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С., Теплопередача. М., «Энергия», 1975.
3. Дульнев Г.Н., Тарновский Н.Н. Тепловые режимы электронной аппаратуры. Л., «Энергия», 1971.

УДК 536.24.083

М.В. ШЕВЯКОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПЛАСТИНЧАТОГО РАДИАТОРА

Рассматривается методика выполнения расчетов параметров и характеристик пластинчатого радиатора и программа расчета пластинчатого радиатора.

Микроминиатюризация приборов электроники привела к потребности ещё более концентрировать интерес к термическим системам техники. Специалисты в сфере формирования новейших радиоэлектронных агрегатов понимают, что вычисления термических систем агрегатов настолько же нужны, насколько и вычисления, сопряженные с их многофункциональным направлением, так как термические системы в значительной степени устанавливают безопасность и надежность их деятельности.

В этой статье мы рассмотрим алгоритм, который оправдал себя на практике и годится для того, чтобы рассчитывать пластинчатые, а также другие разновидности радиаторов.

Трудности теплообмена в РЭС обусловлены, во-первых, долей доставляемой к РЭС конечной силы входного сигнала и ключей питания, акцентируется в перегрузке в виде нужной силы, а доля данной энергии акцентируется в облике теплоты изнутри корпуса РЭС, инициируя увеличение температуры внутри корпуса и вспомогательное нагревание ЭРК, собственно это уменьшает их безопасность и время работы РЭС в общем. Подобным способом:

В первую очередь, постоянно имеется трудность отвода теплоты с внутренних зон корпуса РЭС во внешнюю среду.

Во вторую очередь, единичные ЭРК (к примеру, кварцевые резонаторы) с целью собственной стандартной эксплуатации призывают к удерживанию непрерывного термического строя в весьма ограниченном промежутке единиц исчисления в закрытой сфере пространства и при существенном изменении температуры внешней среды. В виду этого, существует проблема статирования термического порядка РЭС.

В третью очередь, единичные ЭРК требуют остывания вплоть до колоссально низких температур с целью уменьшения степени их личных шумов, что допустимо исключительно с применением специализированных устройств криогенной техники.

Ключевой интерес к действиям теплообмена обуславливается трудностями микроминиатюризации РЭС, так как акцентирование существенных термических потоков в небольших размерах мешает увеличению плотности компоновки РЭС и приводит к возникновению ненужных термических взаимосвязей.

В виду того, что любая материальная система самостоятельно устремляется к термическому балансу со средой (минимальному количеству энтропии), то вопросами проектирования систем РЭС с целью постановления отмеченных трудностей, считаются:

1) Увеличение производительности перенесения теплоты с внутренних областей системы РЭС в окружающее пространство из-за популярные устройства теплообмена;

2) Снабжение установленного температурного порядка в закрытой области пространства системы РЭС, вне зависимости значимости температуры окружающей среды;

3) Создание и применение малогабаритных и успешных охлаждающих приборов.

Механизмы теплообмена.

Известны 3 устройства теплообмена:

- кондуктивный – за счет особенности теплопроводимости физических тел, влияние которого допустимо в различных средах, помимо вакуума;

- конвективный – за счет омывания теплоносителем подогретого корпуса, влияние которого допустимо в водянистых и газовидных средах;

- излучением – за счет испускания корпусом энергии электромагнитных волн в инфракрасном спектре, влияние которого допустимо в каждой прозрачной сфере, как и в вакууме.

Простейшая корректная форма для отображения данных элементов теплообмена содержит вид $P = aS T$; где P – отводимый тепловой поток, Вт; a – показатель, определяющий результативность теплообмена, Вт/(м²–град);

На базе данной модели и еще более сложных моделей выполняют технические вычисления характеристик термических действий в РЭС в целях установления:

–параметров термического поля;

–конструктивных (S) и теплофизических (a) характеристик компонентов системы РЭС, участвующих в ходе теплообмена, минимизирующих либо поддерживающих постоянную значимость ΔT при установленном смысле сбрасываемого термического потока P и установленной модели среды, в которой данный поток разносится.

Программа для расчета параметров пластинчатого радиатора разрабатывалась на языке программирования C++, в свободной среде программирования Qt Creator.

Разработанное приложение представляет собой достаточно простой визуальный интерфейс (рисунок 1) и обладает высокой производительностью.

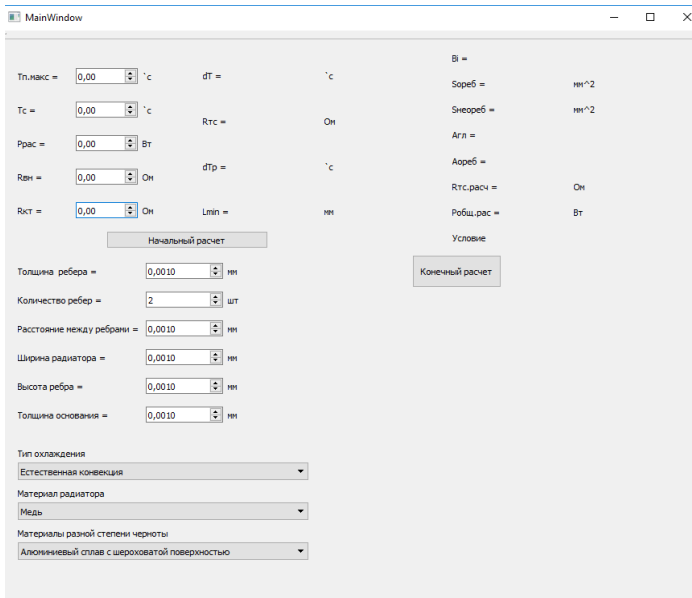


Рисунок 1 – Интерфейс приложения

Результатами расчетов являются параметры пластинчатого радиатора необходимые для расчета тепловых режимов блоков РЭС. В последствии конструктор может использовать их при последующей проектировки РЭА, а также микроминиатюризация приборов электроники и решением связанных с этих проблем в области ТМО.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Книга. Однотомник. Дульнев Г.Н., Тепловые режимы электронной аппаратуры : [учебное пособие для вузов] / Г. Н. Дульнев, Н.Н. Тарновский. – Ленинград: Энергия, Ленингр. отд–ние, 1971. – 248 с. : ил. ; 22 см.

2. Книга. Однотомник. Давидов П.Д., Анализ и расчет тепловых режимов полупроводниковых приборов / П. Д. Давидов. М.: «Энергия», 1967. – 144 с.

УДК 378.147

М.В. ШЕВЯКОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина

**ИНТЕРАКТИВНАЯ ПРОГРАММА ТЕСТОВОГО
КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЙ
ПО КУРСУ САПР МС**

Рассматривается методика выполнения тестового контроля при проведении занятий по курсу САПР МС.

Обучение с помощью интерактивных возможностей ЭВМ начали использовать достаточно давно. Первые попытки были осуществлены к концу 50-х годов и продолжали развиваться следующие 20 лет. С появлением и широким распространением персональных компьютеров перспектива интерактивного обучения выросла до мировых масштабов.

На сегодняшний день престиж учебного заведения невозможно однозначно определить, как общий уровень преподавания и наличие первоклассных учёных в среде обучения. Разумеется, что его наиболее объективным представлением является обучение и тестовый контроль в электронном варианте. Интерактивное тестирование отличается рядом достоинств:

- быстрое получение результатов и освобождение преподавателя от трудоёмкой и долгой работы по оценке результатов тестирования;
- объективность в проверке знаний;
- конфиденциальность при тестировании;
- тестирование на компьютере создаёт у студентов положительную мотивацию и вызывает заинтересованность.

Особую актуальность для преподавателей учебных заведений имеют программы для разработки компьютерных обучающих систем. Применение таких программ предоставляет немало преимуществ, к которым обычно относят:

- комбинирование разных форм представления информации в систему простого взаимодействия пользователя с компьютером (текстовой, графической, видео, аудио, анимации);
- обеспечение технологической основы для быстрого и лёгкого взаимодействия между обучаемыми и преподавателями;
- возможность обучаемого получать информацию порциями и устанавливать их конкретный объём для изучения материала;

- продуктивное выполнение «механических» операции.

В этой статье мы рассмотрим описание создания обучающей программы, которая используется для обучения и тестового контроля студентов по курсу САПР МС. Она создана в визуальной среде Macromedia Authorware.

Актуальность данной работы связана с стремительным развитием технологий а так же с сложившейся эпидемиологической обстановкой во всем мире, связанной с вирусом Covid-19. В настоящее время практически все вузы оснащены компьютерами, имеют свои локальные сети и доступ к сети Internet, что позволяет совместить традиционные формы подачи материала и обучение с применением интерактивных возможностей компьютера.

В этой статье реализован следующий алгоритм контроля знаний (рисунок 1):

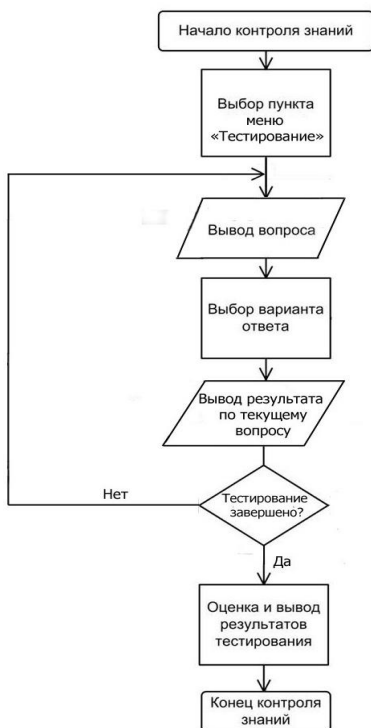


Рисунок 1 –Алгоритм контроля знаний

В приобретении этого продукта могут быть заинтересованы учебные учреждения технического профиля для проведения текущего контроля в компьютерных классах.

Данная тестирующая система в большей степени предназначена для использования преподавателями, имеющими отношение к информационным технологиям. Интерфейс системы показан на рисунке 2.

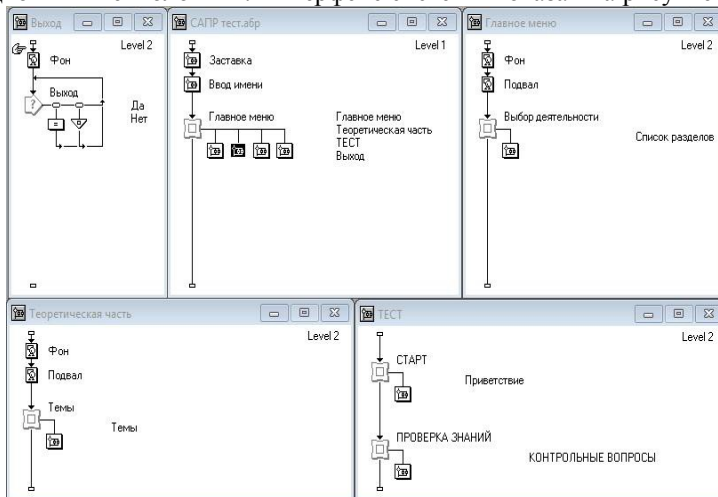


Рисунок 2 – Схема модуля

Тестирующая система поддерживает следующих пользователей: Тестируемый (студент) и Проверяющий (преподаватель).

Тестирующая система обладает широким спектром настроек и позволяет расширять возможности системы в зависимости от типов решаемых задач и требуемой функциональности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гульяев А. К. Macromedia Authorware 6.0. Разработка мультимедийных учебных курсов. СПб.:Учитель и ученик: КОРОНА принт, 2002 – 400 с.

2. ГОСТ 50949-96 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности».

Информационные технологии

Межвузовский сборник научных трудов

Компьютерная верстка: А.Н. Сапрыкин,
А.С. Субботкина, Т.А. Цедилина

Подписано в печать 18.05.20. Формат бумаги 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать струйная. Усл. печ. л. 11,75.
Тираж 100 экз. Заказ № 3116.

Издательство ИП Коняхин А.В. (Book Jet)

Отпечатано в типографии Book Jet
390005, г. Рязань, ул. Пушкина, д. 18

Сайт: <http://bookjet.ru>

Почта: info@bookjet.ru

Тел.: +7(4912) 466-151

ISBN 978-5-6044440-2-3



9 785604 444023