

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНСТРУИРОВАНИИ ЭС

Межвузовский сборник научных трудов

Рязань 2023

УДК 004

Информационные технологии в конструировании ЭС,
межвузовский сборник научных трудов. – Рязань: ИП Коняхин А.В.
(Book Jet), 2023. – 237 с.

ISBN 978-5-907568-64-8

Публикуются статьи о проблемах использования
информационных технологий в конструировании электронных
средств.

Сборник рассчитан на научных сотрудников, преподавателей,
аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф. В.П. Корячко (ответственный редактор),
д-р техн. наук, проф. В.А. Минаев (МУ МВД России им. В.Я. Кикотя),
д-р техн. наук, проф. А.О. Фаддеев (Московский государственный
технический университета имени Н.Э. Баумана), 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. Д.А. Перепелкин
(РГРТУ), канд. техн. наук, доц. 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. А.П. Карпенко (Московский государственный технический
университета имени Н.Э. Баумана).

ISBN 978-5-907568-64-8

©Рязанский государственный
радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина, 2023
©ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Андреанов И.А., Гостин А.М.

Дистанционное управление котлом с помощью протокола OpenTherm..... 7

Андреанов И.А., Миронов М.С.

Проектирование импульсного блока питания 28W на основе микросхемы TOP223Y 14

Анискина А.А.

Устройство для считывания файлов и воспроизведение на внешний носитель..... 22

Анискина А.А.

Разработка печатной платы пульта настройки модуля 26

Аронов Л.В.

Зависимость вероятности битовой ошибки от длины волны оптического передатчика в подводном беспроводном оптическом канале 30

Афанасьева М.Н.

Задача распределения печатных проводников в ограниченном пространстве..... 35

Афанасьева М.Н.

Логическое проектирование баз данных 39

Бережнов А.Д., Скворцов С.В.

Алгоритмы распределения проводников по слоям многослойных печатных плат 42

Боброва Д.В.

Организация блоков памяти в составе ПЛИС и СБИС 46

Бурка К.А., Федоров В.П.

О кодировании сообщений, передаваемых световыми сигналами 50

Былина А.Ю., Мананников Л.С.

Гироскоп. История создания. Виды. Использование 55

Былина А.Ю., Мананников Л.С.

Использование САПР в производстве. Преимущество применения информационных баз данных на современных предприятиях..... 63

Горбунов С.В., Суворов Д.В., Коростелев И.Н., Шевелёв В.А.

Ионно-плазменная технология формирования защитного покрытия 72

Грудовенко А.А.

Особенности и значимость проведения испытаний РЭА в процессе обучения с помощью программ эмуляторов 84

Даньков Д.С.

Диагностический контроль полупроводниковых структур на кристалле 91

Донцов Д.В.

Часы на основе семисегментных индикаторов с дистанционным управлением 95

Жилкин С.С.

Современные технологии гидроакустического и сейсмического мониторинга: анализ, задачи, структура комплекса..... 98

Ивлев А.И., Мурихин А.Е.

Основные виды пайки печатных плат 106

Капитанский В.С.

Комплекс измерения уровня заправки РКН 113

Кожиков В.Ю.

Прочностная характеристика стекла..... 119

Козловцева А.В.

Блок оценивания угловых координат источника радиоизлучения ... 122

Козловцева А.В.

Гидроавиационные системы радионавигации..... 130

Кочергин Э.Г., Трубицын А.А.

Уменьшение сферических аберраций в трехэлектродной линзе
Эйнцеля 133

Кулакова И.В., Борзенко А.Е.

Граничное представление моделей (метод B-REP в пакетах САПР). 139

Кулакова И.В.

Комбоусилитель звуковых частот 143

Кутыраева К.Е.

Использование машинного обучения нейросетей в лабораторно-
инструментальной диагностике в сфере здравоохранения 151

Кутыраева К.Е.

Перспективы конструирования фотоэлектрических солнечных
модулей 155

Маркин М.Н.

Герметизация и гидроизоляция электронных блоков
и проводников 162

Никушкина Е.А.

Система управления умным домом 168

Никушкина Е.А.

Устройства управления в электронике – контроллеры 171

Перепелкин Д.А., Ликучев В.Ю.

Программная сущность агента в реализации решения задачи
размещения радиоэлектронных компонентов на основе
мультиагентных систем 174

Перепелкин Д.А., Радучич Д.В.

Конструкция устройства приема, преобразования и передачи
телеметрической информации 179

Свинникова Т.С.

Модуль анализа спектра радиосигналов..... 183

Семилетов В.С.

Защита от несанкционированного доступа системы безопасности 187

Силкин А.В., Гусева А.С.

Управление движением основного ствола в аппаратах лазерной резки 194

Силкин А.В.

Динамическая фокусировка лазера в аппаратах лазерной резки 197

Степаниденко А.А.

Малогабаритный источник питания бортовой радиолокационной станции 201

Филиппов В.В.

Преимущества и недостатки использования беспилотных автомобилей в городском режиме движения 208

Фирсов Н.О., Скворцов С.В.

Анализ особенностей алгоритмов трассировки многослойных печатных плат 216

Шаповский С.В.

Проектирование персонального компьютера на основе имеющихся комплектующих на мировом рынке 220

Щелконогова С.Н.

Высоковольтные источники питания 225

Щелконогова С.Н.

Механизм защиты от перегрева процессоров..... 228

Яшкова В.В., Кошелева М.С.

О пользе кодирования целых слов 232

УДК 004.65

И.А. АНДРИАНОВ, А.М. ГОСТИН

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГАЗОВЫМ КОТЛОМ С ПОМОЩЬЮ ПРОТОКОЛА OPENTHERM

Рассматривается задача дистанционного управления газовым котлом путем создания адаптера на основе ESP8266.

Классификация термостатов по принципу работы

С каждым годом человек все чаще слышит об умных домах. О том, что недавно казалось далеким для человека постепенно входит в обиход, например: роботы пылесосы, умные розетки, голосовые помощники-станции и много другое.

При выборе термостата потребитель сталкивается с двумя группами устройств:

- 2-х позиционные термостаты (ВЫКЛ/ВКЛ);
- модулирующие термостаты с OpenTherm.

2-х позиционные термостаты

Термостаты первой группы (2-х позиционные) являются сравнивающими устройствами, измеряя текущую температуру помещения, в котором расположены, и сравнивая её с заданным значением (рисунок 1).

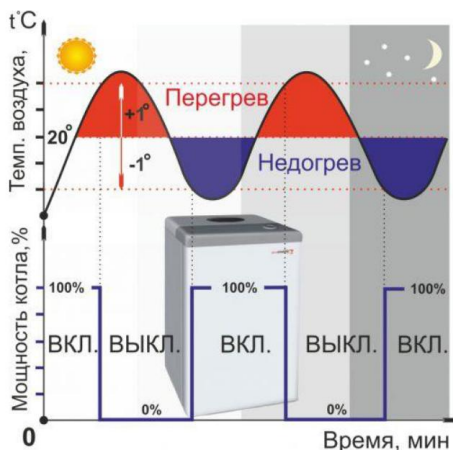


Рисунок 1 – График работы 2-х позиционного термостата

Главным недостатком таких устройств является заложенный гистерезис или зона нечувствительности – это температурный промежуток, откладываемый вверх и вниз от температуры заданной пользователем, в этом диапазоне термостат никак не реагирует на изменение температуры. Для большинства GSM-термостатов гистерезис настраиваемый и находится в диапазоне $0,1^{\circ}\text{C}$ - 2°C . А также коммутационный режим работы, не изменяя фактическую мощность котла отопления.

Недостатки устройств данного класса:

- снижение рабочего ресурса;
- низкий КПД;
- посредственное удержание заданного значения температуры.

Модулирующие термостаты с OpenTherm

Термостаты второй группы (модулирующие термостаты с OpenTherm) имеют абсолютно иной принцип работы. Термостат не просто включает и выключает нагревательный элемент, а регулирует его мощность, что позволяет ему точнее реагировать на теплопотери помещения (рисунок 2).

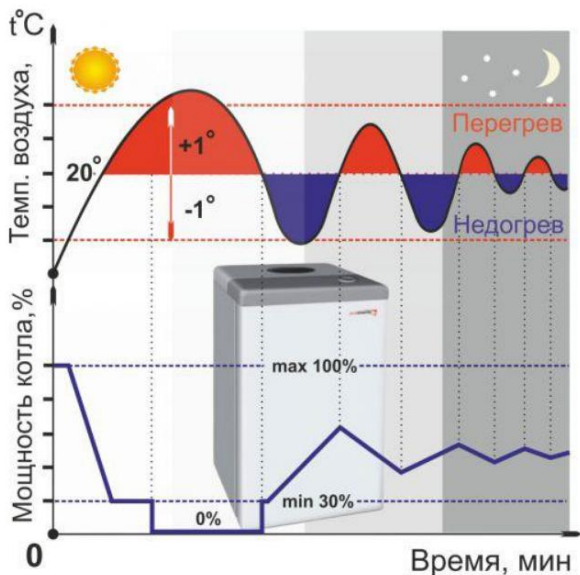


Рисунок 2 – График работы моделирующего термостата

Термостаты данного класса не имеют области нечувствительности и постоянно вычисляет разницу между

реальной и заданной температурой, реакцией на эту разницу является изменение мощности.

Преимущества устройств данного типа:

- повышенный КПД, в сравнении с 2-х позиционными термостатами;
- увеличенный ресурс работы;
- отсутствие зоны нечувствительности, а следовательно и лучший контроль и поддержание заданной температуры.

Разработка модулирующего термостата с дистанционным управлением

Основой проектирования был выбран контроллер ESP8266 (WeMos D1 Mini), оснащенный Wi-Fi. Схема подключения контроллера к котлу показана на рисунке 3.

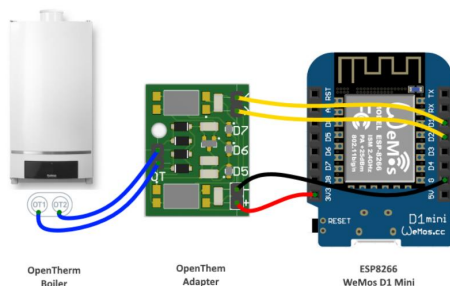


Рисунок 3 – Схема подключения контроллера к котлу

Проектирование печатной платы проводилось в среде EasyEDA (рисунок 4), монтаж элементов смешанный, питающие проводники и длинные информационные проводники – 1мм, остальные – 0,5мм, диаметр отверстий – 1мм, медного пояса – 2мм.

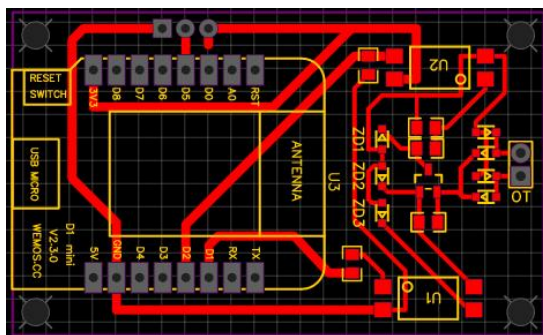


Рисунок 4 – Трассировка печатной платы

Перечень необходимых элементов для проектирования указан в таблице №1.

Таблица 1 – Электронные компоненты необходимые для проектирования

№ н/э	Наименование	Тип компонента	Количество
1	WeMos D1 mini	Контроллер	1
2	DS18B20	Термодатчик	1
3	PC817	Оптопара	2
4	BC858A PNP	Pnp транзистор	1
5	1N4148	Диод	4
6	Zener Diode 4v7	Стабилитрон 4,7 В	1
7	Zener Diode 15v	Стабилитрон 15 В	1
8	Zener Diode 4v3	Стабилитрон 4,3 В	1
9	0,25w 5% 100 Ohm	Резистор 100 Ом	1
10	0,25w 5% 220 Ohm	Резистор 220 Ом	1
11	0,25w 5% 330 Ohm	Резистор 330 Ом	1
12	0,25w 5% 1,5 kOhm	Резистор 1,5 кОм	1
13	0,25w 5% 4,7 kOhm	Резистор 4,7 кОм	1
14	8pin 2,54mm Female Pin	Коннектор	2
15	2pin 2,54mm Male Pin	Коннектор	1

Описание используемого контроллера

Wemos D1 mini – способна управлять всевозможными модулями, как и известная всем Arduino, но в отличии от конкурента, имеет больший объем программной и оперативной памяти, построена на базе 32-х разрядного микроконтроллера ESP8266, оснащена встроенным модулем WiFi, который может работать как клиент (STA), как точка доступа (AP), а также в двух режимах одновременно (STA+AP). Плата имеет один аналоговый вход (A0 – 10-битный АЦП) и 11 цифровых, с поддержкой внешнего прерывания, ШИМ и I2C.

Питание платы осуществляется от microUSB, либо от любого источника питания 5В, либо же 3.3В. Написание скетчей реализуется так же как и для плат Arduino, в среде Arduino IDE. Основные характеристики Wemos D1 mini, указаны в таблице №2.

Таблица 2 – Основные характеристики Wemos D1 mini

№	Название	Описание
1	Микроконтроллер	ESP8266
2	Разрядность	32 бит
3	Напряжение питания	3,3/5 В
4	Поддерживаемые шины	SPI, I2C, I2S, 1-wire, UART, UART1, IR Remote Control
5	Flash – память	4 МБ
6	RAM – память данных	80 КБ
7	Тактовая частота	80 МГц

Аналогичные решения, представленные на рынке

В нише дистанционного контроля за управлением отопительными системами укоренилась компания ZONT, она производит контроллеры и отопительные термостаты для газовых и электрических котлов.

Основные преимущества ZONT:

- использование протокола OpenTherm;
- простота подключения и эксплуатации;
- простое и удобное приложение.

Недостатки решений ZONT:

- нестабильная работа, проблемы с синхронизацией;
- проприетарные программные решения;
- необходимость использования специальной sim-карты;
- стоимость (цена термостата может достигать половины стоимости котла);
- регистрация в облачном приложении портала ZONT.

Описание программной части:

Программные библиотеки необходимые для создания программного скетча в среде Arduino IDE:

- ESP8266 Board Addon;
- Dallas Temperature Library;
- Arduino/ESP8266 OpenTherm Library.

Описание основных функций и переменных использованных, при создании термостата:

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266mDNS.h>
```

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <OpenTherm.h>
const int inPin = 4;
const int outPin = 5;
```

В данном фрагменте кода были подключены необходимые библиотеки, а так же проведена настройка: 4 пин контроллера на строен на вход, а 5 на выход.

```
float sp = 23,           //установка значения
pv = 0,                 //текущая температура
pv_last = 0,            //предыдущая температура
ierr = 0,               //интегральная ошибка
dt = 0,                 //время между измерениями
op = 0;                 //Выход PID-регулятора
unsigned long ts = 0,
new_ts = 0;             //временная метка
```

В данном фрагменте кода представлены переменные использованные в программе.

```
float pid(float sp, float pv, float pv_last, float&
ierr, float dt) {
    float Kc = 10.0;      // K / %Нагрева
    float tauI = 50.0;    // секунды
    float tauD = 1.0;     // секунды
    // PID коэффициенты
    float KP = Kc;
    float KI = Kc / tauI;
    float KD = Kc*tauD;
    // Верхняя и нижняя граница уровня обогревателя
    float ophi = 100;
    float oplo = 0;
    // Ошибка вычислений
    float error = sp - pv;
    // Вычисление интегральной ошибки
    ierr = ierr + KI * error * dt;
    // Вычисление производной измерения
    float dpv = (pv - pv_last) / dt;
    // Вычисление выхода PID – регулятора
    float P = KP * error;
    float I = ierr;
    float D = -KD * dpv;
    float op = P + I + D;
    if ((op < oplo) || (op > ophi)) {
        I = I - KI * error * dt;
        op = max(oplo, min(ophi, op));
    }
    ierr = I;
```

```
Serial.println("sp="+String(sp) + " pv=" + String(pv)
+ " dt=" + String(dt) + " op=" + String(op) + " P=" +
String(P) + " I=" + String(I) + " D=" + String(D));
return op;
}
```

Данная функция реализует обратную связь, необходимую для поддержания заданной температуры, реализованную с помощью описания PID – регулятора.

В результате проектирования был разработан модулирующий термостат, управляемый через web-приложение (рисунок 5). В дальнейшем планируется его подключение к умному дому (Yandex Smart Home).

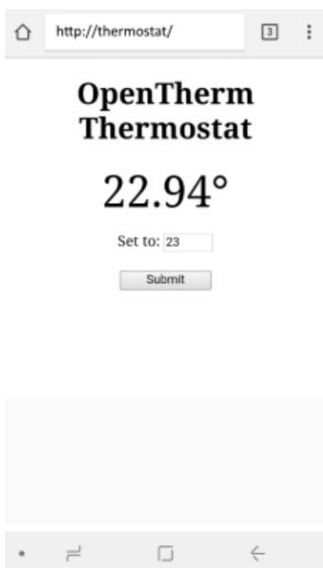


Рисунок 5 – Web-интерфейс

В заключении можно отметить, что рассмотренное решение является одним из самых экономичных, хотя и трудозатратных, ввиду необходимости практических навыков программирования и конструирования. Решения, спроектированные подобным образом, позволяют решить проблему управления газовым котлом с помощью алгоритма OpenTherm. Рассмотренный алгоритм управления, является одним из лучших, существующих на сегодняшний день. В сравнении с решениями представленными на рынке, например с продукцией ZONT, получившийся, в ходе проектирования, термостат является гораздо

более дешевым в исполнении и более надежным и ремонтпригодным, в связи с простотой конструкции и её модульной структурой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. OpenTherm Thermostat [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ihormelnyk.com/opentherm_thermostat.
2. Software | Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/software>.
3. Интерфейс OpenTherm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hvac-expert.ru/open.php?file=/upload/files/%C8%ED%F2%E5%F0%F4%E5%E9%F1%FB_Open_Therm.pdf0.

УДК 004.65

И.А. АНДРИАНОВ, М.С. МИРОНОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО БЛОКА ПИТАНИЯ 28W НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ TOP223Y

Рассматривается задача создания импульсного блока питания на основе микросхемы TOP223Y.

Классификация блоков питания по принципу работы

С каждым годом в жизнь человека проникает все больше электронных устройств, телефон, компьютер, телевизор и многое другое. Устройства, которые еще 20-30 лет назад казались исключительно стационарными, сейчас лежат в кармане у любого современного человека, что же объединяет каждое из этих устройств? Наличие блока питания, интегрированного в устройство или выполненного отдельно.

При выборе блока питания потребитель сталкивается с двумя основными группами устройств:

- линейные блоки питания (трансформаторные);
- импульсные блоки питания.

Линейные блоки питания

Блоки питания первой группы (линейные блоки питания) являются достаточно устаревшими, они используются в старых электронных устройствах или устройствах специального назначения, где их использование оправдано особенностями устройства, для

которого они предназначены. Принципиальная схема этого класса устройств представлена на рисунке 1.

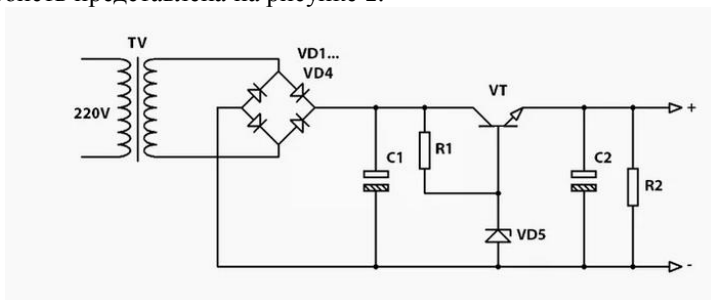


Рисунок 1 – Принципиальная схема линейного блока питания

Преимущества блоков питания данного класса:

- простота;
- надежность;
- малые помехи, в сравнении с импульсными БП.

Несмотря на простую и надежную схему, она не лишена недостатков:

- значительные габариты блока питания;
- большой вес;
- низкий КПД (высокие тепловые потери).

Импульсные блоки питания

Стремительно развивающаяся электронная промышленность в конце XX века начала нуждаться все в более мощных и миниатюрных блоках питания, тогда на смену линейным пришел импульсные блоки питания (рисунок 2).

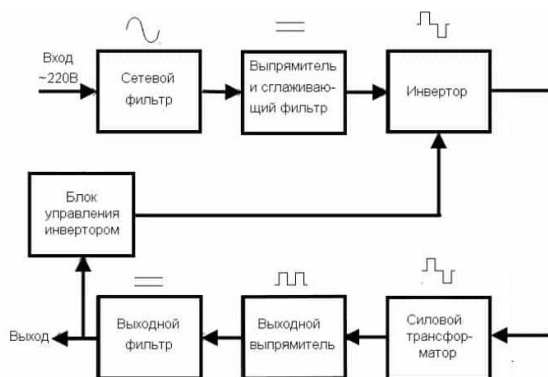


Рисунок 2 – Структурная схема импульсного БП

В отличие от линейного блока питания, в импульсном БП используется трансформатор меньших габаритов, что позволяет делать их более миниатюрными. Преимущества импульсных блоков питания:

- низкий вес;
- малые габариты;
- высокий КПД (достигает 80%-90%).

Несмотря на все преимущества, импульсные блоки питания не лишены недостатков:

- усложнение схемы;
- сложность производства импульсных трансформаторов;
- тяжело устранимые искажения.

Разработка импульсного блока питания на основе TOP223Y

Изучив все преимущества и недостатки блоков питания разных классов, для проектирования был выбран импульсный блок питания. За основу проектирования была выбрана микросхема TOP223Y (рисунок 3).

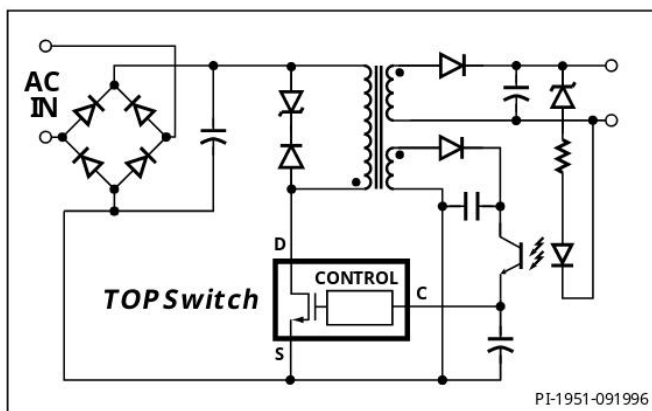


Рисунок 3 – Типичная Flyback схема на основе TOP

Характеристики блока питания выбранного для проектирования:

- входное напряжение: 230 В, переменное;
- выходное напряжение: 28 В, пульсирующие;
- выходной ток: 1 А;
- мощность: 28 Вт.

Причины выбора именно TOP223Y из всей линейки TOPSwitch-II Family (рисунок 4).

TO-220 (Y) Package ¹		
PART ORDER NUMBER	Single Voltage Input ³ 100/115/230 VAC $\pm 15\%$	Wide Range Input 85 to 265 VAC
	P _{MAX} ^{4,6}	P _{MAX} ^{4,6}
TOP221Y	12 W	7 W
TOP222Y	25 W	15 W
TOP223Y	50 W	30 W
TOP224Y	75 W	45 W
TOP225Y	100 W	60 W
TOP226Y	125 W	75 W
TOP227Y	150 W	90 W

Рисунок 4 – Таблица мощности микросхем семейства TOPSwitch

Из рисунка 4 видно, что для построения блока питания мощности 28-30 Вт, с небольшим запасом необходимо выбрать именно TOP223Y.

Проектирование схемы блока питания осуществлялось в среде EasyEDA. Принципиальная схема изображена на рисунке 5.

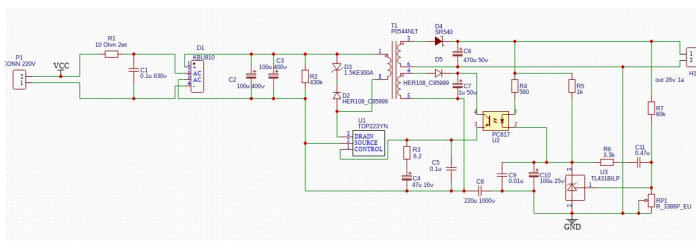


Рисунок 5 – схема электрическая принципиальная

Для данных технических характеристик проведем расчет импульсного трансформатора, имеем:

- число витков первичной обмотки: 92;
- диаметр провода в первичной обмотке: 0,183 мм $\approx$ 0,2 мм;
- материал провода первичной обмотки: Медь;
- число витков вторичной обмотки: 12;
- диаметр провода во вторичной обмотке: 0,25;
- количество проводов вторичной обмотки: 4.

Перечень элементов, необходимых для проектирования, указан в таблице №1.

Таблица 1 – перечень элементов, необходимых для проектирования

№ н/э	Наименование	Тип компонента	Кол-во
1	CONN 220V	Коннектор	2
2	Res 10 Ohm 2w	Резистор	1
3	Cap 0.1u 630V	Конденсатор	1
4	KBU 6M	Диодный мост	1
5	Cap 100u 400v	Конденсатор	1
6	Res 430 kOhm	Резистор	1
7	1.5KE300A	Диод	1
8	HER208	Диод	2
9	TOP223YN	Микросхема	1
10	EPSON tr	Трансформатор	1
11	SR540	Диод	1
12	Res 6.2 Ohm	Резистор	1
13	Cap 47u 16V	Конденсатор	1
14	Cap 0.1u	Конденсатор	1
15	Cap 220u 1000V	Конденсатор	1
16	Cap 0.01u	Конденсатор	1
17	Cap 100u 25V	Конденсатор	1
18	TL431BILP	Управляемый диод	1
19	Cap 470u 50V	Конденсатор	1
20	Cap 1u 50V	Конденсатор	1
21	Cap 0.47u	Конденсатор	1
22	PC817	Оптопара	1
23	R3386P	Переменный резистор	1
24	Res 560 Ohm	Резистор	1
25	Res 1 kOhm	Резистор	1
26	Res 60 kOhm	Резистор	1
27	Res 3.3 kOhm	Резистор	1

В связи с большими токами в высоковольтной части схемы, проводники имеют ширину 3мм, остальные 1мм, за исключением проводников с шириной 0,5мм, их ширина обусловлена особенностями трассировки печатной платы (рисунок 6). Высоковольтная часть схемы изолирована от низковольтной. Общий проводник (GND), выполнен сплошной областью, для улучшения теплоотвода и работы с большими токами.

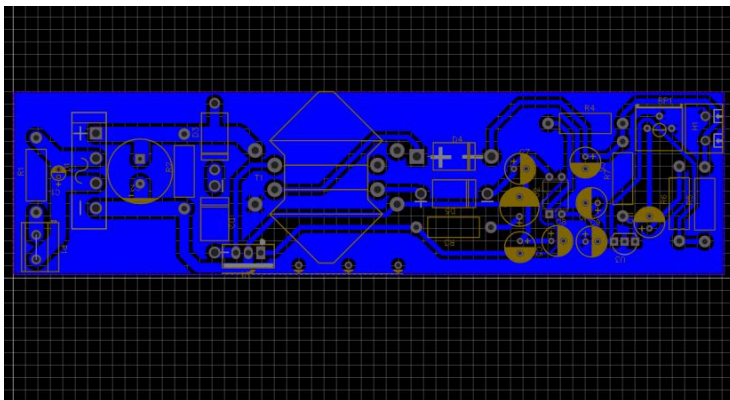


Рисунок 6 – Трассировка печатной платы

Микросхему TOP223YN желательно установить на радиатор, размер радиатора выберем, исходя из:

- $P_{\text{вых}} = 28\text{w} \approx 30\text{w}$;
- $\text{КПД} \approx 80\text{-}90\%$;
- 20% в тепло 6w, 3w TOP223YN, 3w трансформатор;
- получаем 2500мм² (25 * 100 мм).

При проектировании выделяем место для радиатора охлаждения (рисунок 7) . Для большей жесткости конструкции, сделаем несколько отверстий, для дальнейшего впаивания стоек радиатора.

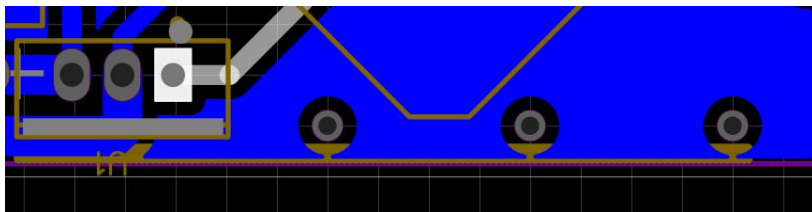


Рисунок 7 – Место для радиатора охлаждения

Для крепления печатной платы в корпус, предусматриваются крепежные отверстия диаметром 4мм (рисунок 8).

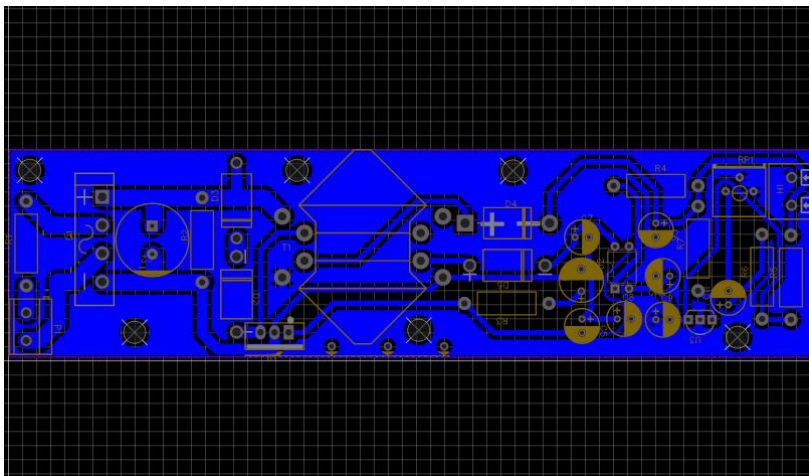


Рисунок 8 – положение крепежных отверстий

Трансформатор использованный при проектировании блока питания, не является стандартным изделием и наматывается самостоятельно, поэтому для него необходимо создать модель компонента (рисунок 9), а именно схемный компонент (размещается на принципиальной схеме) и посадочное место (на печатную плату).

Сервис EasyEDA позволяет производить предпросмотр спроектированной печатной платы, с установленными радиокомпонентами (рисунок 10), позволяет создавать свои компоненты, посадочные места и 3D модели компонентов, которых нет в стандартной библиотеке EasyEDA, а так же пользоваться моделями компонентов других авторов, загруженными в общий доступ.

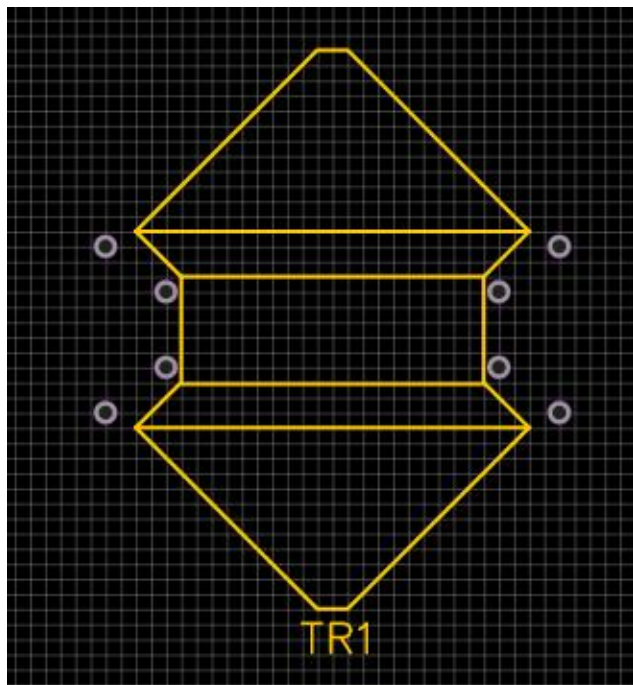


Рисунок 9 – Создание посадочного места для трансформатора

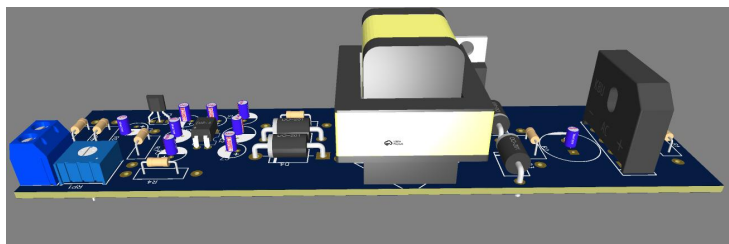


Рисунок 10 – 3D модель печатной платы

В результате проектирования, был разработан блок импульсный блок питания:

- мощность: 28 Вт;
- выходное напряжение: 28 В;
- выходной ток: 1 А.

В заключение можно отметить, что рассмотренное конструктивное решение является более экономичным и миниатюрным в сравнении с линейными блоками питания, но в связи с

относительной сложностью принципиальной схемы, требует от конструктора умения и опыта работы в программах по трассировке печатных соединений. Основная сложность совместить на плате силовые зоны, с большими токами и низковольтную часть, с миниатюрными радиокомпонентами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Линейные и импульсные источники питания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://supereyes.ru/articles/power_supply/laboratornyy_blok_pitaniya_impulsnyy_ili_lineyny_kakoy_vybrat/.
2. Выбор блока питания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://darxton.ru/wiki-article/impulsnyy-ili-lineyny-kakoy-istochnik-pitaniya-vybrat/>.
3. Datasheet TOP221-227 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/069/DOC000069888.pdf>.

УДК 004.65

А.А. АНИСЬКИНА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СЧИТЫВАНИЯ ФАЙЛОВ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ НА ВНЕШНИЙ НОСИТЕЛЬ

Рассматривается актуальность устройства, виды материалов плюсы и минусы, решение проблемы возникновения явления «земляная петля», а так же надежность и для чего она рассчитывается.

В настоящее время современные устройства и гаджеты играют важную роль в жизни человека. Сейчас невозможно представить жизнь без смартфонов, наушников, телевизоров со встроенным ПО, умными часами, компьютерами и т.д. Современные устройства помогают не только облегчить повседневную жизнь человека, но также оказывают и огромную поддержку в различных других сферах, например, в работе.

Также нельзя не отметить, что все чаще и чаще появляются новые современные устройства для проведения досуга и отдыха человека. Например, сейчас выпускают новые колонки, со встроенным голосовым помощником Алиса или капсула Нео в которые, встроены функция умный дом.

В данном случае рассмотрим устройство для считывания файлов с внешнего носителя и воспроизведения файлов на внешние динамики. Иными словами, это может быть mp3 плеер, музыкальный центр, автомобильная магнитола или портативная акустика (Bluetooth-колонка).

В наше время Bluetooth соединение очень актуально, на данной технологии работают более 90% устройств. Его основная функция это обмен данными. Благодаря беспроводному соединению современный человек может решить множество задач на расстоянии. С помощью Bluetooth соединения можно передавать файлы, музыку, а так же управлять различными устройствами, начиная от бытовых устройств, заканчивая современными гаджетами.

Плюсы портативных Bluetooth-колонок в их компактности для того чтобы брать с собой, небольшой вес, беспроводное соединение, а так же не смотря на размер хороший звук воспроизведения.

Одним из важнейших особенностью почти любого прибора является выбор материала для изготовления корпуса. Чаще всего при выборе материала преследуют несколько целей: минимизировать количество затрат и достижения установленных требований для изделия.

В настоящее время есть несколько вариантов материала подходящих для корпуса портативной Bluetooth-колонки, это может быть: ДСП (дерево-стружечные платы, МДФ (мелкодисперсная древесная фракция), пластик, металл.

При выборе материала требуется изучить все свойства и характеристики материала. Есть несколько основных характеристик материалов:

- 1) прочность;
- 2) теплоемкость;
- 3) жесткость;
- 4) устойчивость к коррозии;
- 5) плотность;
- 6) электропроводимость;
- 7) свариваемость.

Вероятнее всего, для корпуса устройства считывания файлов с внешнего носителя и воспроизведения на внешний динамик является достаточно прочный и легкий материал. Исходя, из данных характеристик и особенностей создания корпуса большая часть материалов не подходит, поскольку является, не достаточно легкой из-за чего прибор будет, трудно брать с собой.

Достаточно легким и удобным в работе материал подходящим для нас будет, является ABS пластик. Корпус и детали для портативной колонки можно изготовить на печати 3D – принтера или литьем через пресс-формы.

ABS пластик обладает высокой прочностью и хорошими химическими и физическими свойствами, такими как теплоемкость до 113 градусов, выдерживает низкие температуры до -40 градусов, хорошую химическую стойкость и пониженные электроизоляционные свойства, влагостойкость. Все перечисленные свойства данного материала удовлетворяют характеристикам для изготовления корпуса Bluetooth-колонки.

В наше время ABS пластик широко применяются в разных сферах, например для крупных деталей автомобиля, крупной бытовой техники, радиоаппаратуры, деталей медицинского оборудования и так далее.

В Bluetooth-колонок достаточно часто возникает такое явление как «земляная петля» из-за того что в конструкции используется усилитель мощности и Bluetooth-модуль, для устранения данного явления используют преобразователь напряжения.

Данное явление, чаще всего выражается в своеобразном звуковом искажении, а точнее – писк при включенном устройстве. При воспроизведении музыки, как правило этот эффект не наблюдается.

Эта проблема появляется, поскольку Bluetooth-модуль и усилитель подключен к одному питанию.

А именно, «земляная петля» – это явление, которое возникает, когда точки земли соединены два или более раз. Другими словами, это образование одного замкнутого витка или нескольких [1].

Именно для решения данной проблемы и используется преобразователь напряжения. Электротехническое устройство, которое преобразовывает входную энергию с одним параметром значения в энергию с другим параметром значения на выход, называется преобразователь напряжения [1].

Для того чтобы обойти «земляную петлю» надо подключить Bluetooth-модуль с усилителем к двум контактам преобразователя напряжения, а аккумулятор подключить к одному из оставшихся контактов, другой к – кнопке питания. Подобным способом станет, решена проблема возникновения «земляной петли» [1].

На данный момент подходящим преобразователем напряжения при разработке Bluetooth-колонки будет являться «MORNSUN B 1205S-1WR3». У данного преобразователя низкая стоимость и небольшие габариты. Он является DC-DC типа преобразователя.



Рисунок 1 – Преобразователь напряжения

Таблица 1 – Основные характеристики MORNSUN B 1205S-1WR3

Выходное напряжение, В	5
Номинальное входное напряжение, В	12
Максимальное входное напряжение, В	13,2
Минимальное входное напряжение, В	10,8
Вес, г	1,5
Максимальное КПД, %	83
Защита от КЗ	+

При анализе полученных данных можно сделать вывод о том, что данный преобразователь может использоваться при разработке устройства для считывания файлов с внешнего носителя и воспроизведения на внешние динамики.

Любое устройство должно проверяться на надежность. Надежность – это способность устройства (изделия) выполнять заданные функции, при этом, сохраняя значения всех параметров в заданных пределах и при заданных режимах работы, а так же в условиях хранения, транспортировки, применения и технического обслуживания [1].

Как известно, надежностью обладает любой технический объект (например устройство, машина, прибор и т.д.), поэтому Bluetooth-колонка так же должна рассчитываться на надежность.

Надежность состоит из следующих факторов: безотказность, долговечность, живучесть, ремонтпригодность. Так же она определяется следующими составляющими: конструктивной, производственной (технологической), эксплуатационной.

Нельзя не отметить, что на надежность изделия влияют внешние и внутренние воздействия, к ним относятся температура, условия и режим работы, влажность, атмосферное давление, биологические факторы (грибки, плесень). Так же основными качествами показателя надежности является средняя наработка до отказов, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы все это необходимо устройству для того чтобы знать сколько оно проработает.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шустов М.А. Практическая схемотехника. Преобразователи напряжения. Книга 3. – Альтекс-А, 2002. – 190 с.

УДК 004.65

А.А. АНИСЬКИНА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф.Уткина

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ПУЛЬТА НАСТРОЙКИ МОДУЛЯ

Рассматривается актуальность устройства, его разработка и методы изготовления печатных плат.

В настоящее время распространяется дистанционное управление приборов и гаджетов. Это могут быть приборы, от бытового назначения, используемые в нашей повседневной жизни до более узкого применения, например в радиоаппаратуре для изменения частоты прибора или переключения режима.

Разведение печатной платы настройки модуля в программе P-CAD-2006. Программа является с обеспечением САПР, которая предназначена для проектирования сложных схем, трассировке, а так же разработке печатных плат. Так же P-CAD-2006 предоставляет возможность отображения различными цветами электрические цепи, благодаря данной особенности пользователю легче ориентироваться в контексте платы. Система обеспечивает полный цикл разработки печатной платы – от создания символов элементов до разработки печатных плат, а так же оформление и выпуска конструкторской документации. [1]

При проектировании печатной платы первым в P-CAD-2006 надо сначала ознакомиться с принципиальной схемой (принципиальная схема пульта настройки модуля представлена на рисунке 1).

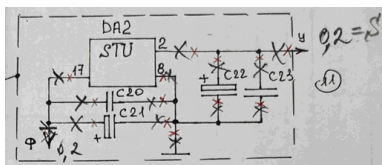


Рисунок 1 – Принципиальная схема

Рассчитаем диаметр отверстия под провода входа, выхода и заземления, зная при этом сечения провода $S=0,2$. Используя формулу радиуса окружности, выводим значения диаметра $D = 0,8$.

Из спецификации предоставленной нам находим нужные элементы по принципиальной схеме и создаем корпуса элементов в программе САПР P-CAD-2006.

Для того чтобы создать элементы в программе находим допустимые размеры в технических условиях и по заданным характеристикам разрабатываем элементы. Посадки находим в «Электронные модули первого уровня РЭС. Установка изделий электронной техники на печатные платы».

Конденсаторы C20 и C23 одинаковые K10-17a-H50-0,22мкФ-B. Спроектированный элемент в программе представлен на (рисунок 2). Полярные конденсаторы C21 K52-1БМ-63В-1022мкФ-B и C22 K52-1БМ-32В-1022мкФ-B отличие данных элементов заключается в номинале емкости, которое мы указываем непосредственно в программе при сохранении элементов в базу данных (рисунок 3). Следующим элементом мы создаем интегральную микросхему DA2 142ЕН8В 6K0.347.098ТУ7 (рисунок 4). Так же в программе непосредственно создается отверстие под провода входа, выхода и заземления (рисунок 5). В программе так же уточняется при создании отверстия металлизировано оно или нет. По электрической принципиальной схеме создаем файл с цепями, чтобы на плате все элементы были связаны между собой в правильной последовательности. После того как все цепи и наличие элементов были проверены переходим на создания платы. Первым действием задаем размеры платы с крепежными отверстиями, так как наша плата для пульта настройки модуля является двусторонней, то на первом слое размещаем все элементы с маркировкой и контактные площадки с отверстиями входа, выхода и заземления (рисунок 6), а на втором слое соединения (рисунок 7). Следующим действием будет проходить проверка печатной платы на DGC, узкие места, зазоры и не разведенные цепи, эту возможность предоставляет программа САПР P-CAD-2006. При необходимости исправляем ошибки, если таковых нет, то переходим к созданию фотошаблонов и маски на первом и втором слоях печатной платы. Последним действием будет проверка совпадения печатной платы с фотошаблоном. Окончательный результат работы представлен на (рисунок 8).



Рисунок 2

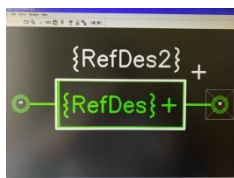


Рисунок 3

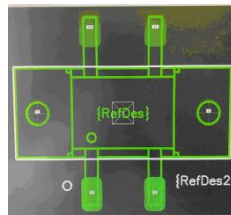


Рисунок 4



Рисунок 5

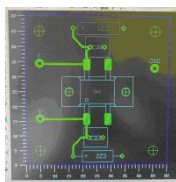


Рисунок 6

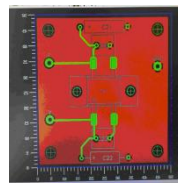


Рисунок 7

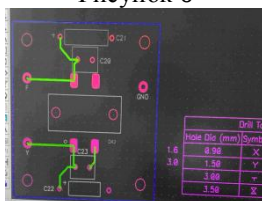


Рисунок 8

Есть четыре метода для изготовления печатных плат: аддитивный, субтрактивный, полуаддитивный, комбинированный.

Субтрактивный метод используется чаще всего для сложных в конструкции печатных плат, а так же простых печатных плат. Именно с этого метода началось производство печатных плат. Изолированным материалом, используемым в данном методе, является фольгированным, чаще всего медью. Затем рисунок печатных проводников в виде пленки устойчивой к растворам травления переносится на фольгированную основу. Защитную пленку наносят методом полиграфии, используя фотополиграфию или трафаретную печать.

Аддитивный метод изготовления печатной платы предлагает использовать нефольгированную диэлектрическую основу, на которую наносят токопроводящий рисунок. Данный метод определяется способами и избирательностью металлизации.

Есть несколько способов обеспечения избирательностью осаждения металла: использование через фотошаблон

фотолитографию фоторезиста, он закрывает в необходимых местах поверхности основания, которые не должны подлежать металлизации (этот способ применяют для толстослойной химической металлизации); трафаретной печатью, которая предназначена для паст и красок; применение фотошаблона или сканирующим лучом катализатора, они заранее наносятся на всю поверхность основания; метод масочной защиты.

Есть несколько возможностей создать токопроводящие рисунки: напылением вакуумным или ионно-плазменным; переносом рисунка, который был создан на металлическом листе с диэлектрической подложкой; выштамповыванием проводников; метод который использует восстановительное вжигание металлических паст в поверхность устойчивого к температурам диэлектрического основания, его можно изготовить из керамики или похожих материалов; нанесение токопроводящих красок или паст; метод толстослойной химической металлизации, которое представляет собой химическое восстановление металлов на катализированных участках диэлектрического основания.

Полуаддитивный метод вобрал в себе основные преимущества субтрактивного и аддитивного метода. Данный метод был создан для того чтобы устранить неустойчивый процесс толстослойной химической металлизации который к тому же достаточно долгий, его заменил высокопроизводительный и надежный метод электрической металлизации. Для него нужен токопроводящий подслоя, который можно создать следующими способами: вакуумным напылением металла, так же магнетронный; процессам газотермической металлизации; химическим осаждение тонного слоя металла (до 1 мкм.); процессом термоллиза металлоорганических соединений. Но в данном методе нельзя использовать прямую металлизацию, так как используется большой расход катализатора, что приводит к возникновению проблемы удаления проводящего подслоя из пробельных мест.

Комбинированный метод включает в себя все методы изготовления печатных плат, которые необходимы для печатных проводников и изготовления металлизированных отверстий.

Комбинированный метод использовал в себе все представленные до этого методы изготовления печатных плат, необходимые для того чтобы изготовить металлизированные отверстия и печатные проводники. В зависимости от последовательности проведения операции различают: комбинированный позитивный метод и комбинированный негативный метод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванова Н.Ю. Технология проектирования печатных плат в САПР P-CAD-2006: учебное пособие / Иванова Н.Ю., Петров А.С., Поляков В.И., Романова Е.Б. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 168 с.

УДК 621.371.391.1

Л.В. АРОНОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕРОЯТНОСТИ БИТОВОЙ ОШИБКИ ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ОПТИЧЕСКОГО ПЕРЕДАТЧИКА В ПОДВОДНОМ БЕСПРОВОДНОМ ОПТИЧЕСКОМ КАНАЛЕ

В статье исследован беспроводной подводный оптический канал передачи данных на основе полупроводниковых диодов NDB4116, NDG4216 и NDA4116. Получены зависимости вероятности битовой от расстояния между оптическими приёмником и передатчиком для различных типов морской воды. Определены предельные расстояния, на которые возможна передача видеопотоков стандартной чёткости 720x480@15 со скоростью 4 Мбит/с.

Эксплуатация подводной инфраструктуры, в том числе нефте- и газопроводы, опоры мостов, бурильные установки и т.д., связана с использованием автономных подводных необитаемых аппаратов. Роботизированные системы позволяют снизить риски для персонала и затраты на обслуживание водолазного оборудования. К аппаратуре связи таких систем предъявляются строгие требования: низкое энергопотребление, возможность передачи в реальном масштабе времени потока видеоданных с чёткостью не ниже стандартной (720x480@15), минимально возможные масса и габариты. Данным требованиям соответствуют подводные беспроводные оптические каналы передачи информации на основе полупроводниковых лазеров.

Принятая фотоприёмником мощность $P_{\text{прм}}$, поступает на чувствительную площадку фотодетектора. С учётом коэффициентов передачи приёмной и передающей оптических систем, а также геометрических потерь, $P_{\text{прм}}$ рассчитывается по выражению [1]:

$$P_{\text{прм}} = P_{\text{прд}} \frac{D_{\text{прм}}^2}{(D_{\text{прд}} + 2L_m \cdot \operatorname{tg}(\theta_{\text{div}}))} 10^{\left(\frac{-c_{\text{об}}(\lambda)L_m}{10}\right)} \tau_{\text{прд}} \tau_{\text{прм}}, \quad (1)$$

где $P_{ПрД}$ – мощность излучения оптического передатчика, Вт; $D_{ПрМ}$ – диаметр приемной апертуры, м; $D_{ПрД}$ – диаметр передающей апертуры, м; L_m – расстояние между приемником и передатчиком, м; θ_{div} – угол рассеяния лазерного излучения в морской воде, °; $c_{dB}(\lambda)$ – суммарный коэффициент ослабления, дБ/м; $\tau_{ПрД}$ – коэффициент передачи передающей оптической системы; $\tau_{ПрМ}$ – коэффициент передачи приёмной оптической системы.

Предельная дальность связи в цифровых системах передачи данных определяется, как расстояние, на котором обеспечивается вероятность битовой ошибки (BER) не превышающая требуемого значения. В системах передачи потоков видеоданных в реальном масштабе времени эта величина составляет $P_e^B \leq 10^{-8}$. Свойства воды в глубоком океане достаточно стабильны, поэтому состояние среды распространения подводного беспроводного оптического канала передачи данных можно считать квазистационарным в пределах времени функционирования. При этом функция плотности вероятности (ФПВ) аддитивных шумов имеет вид [2]:

$$W_n(i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \exp\left(-\frac{(i - \langle i_n \rangle)^2}{2\sigma_n^2}\right), \quad (2)$$

с дисперсией фототока равной:

$$\sigma_n^2 = B\left(2q_e(S_\phi P_{ПрМ} + I_D) + 4kT/R_L\right), \quad (3)$$

и средним значением

$$\langle i_n \rangle = \sqrt{2q_e B(S_\phi P_{ПрМ} + I_D)}, \quad (4)$$

где i – фототок, А; B – электрическая ширина полосы частот оптического канала передачи информации; Гц; $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – элементарный заряд; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана; T – температура фотодетектора, К; R_L – сопротивление нагрузки (входное сопротивление трансимпедансного усилителя), Ом.

ФПВ смеси сигнала и шума равна [2]

$$W_{s+n}(i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_n^2 + \sigma_s^2)}} \exp\left(-\frac{(i - (\langle i_s \rangle + \langle i_n \rangle))^2}{2(\sigma_n^2 + \sigma_s^2)}\right), \quad (5)$$

где $\langle i_s(t) \rangle = S_\phi P_{\text{прм}}(t)$ – средний фототок принятого сигнала, А.

Мощность полезного сигнала на выходе фотоприемника зависит от сопротивления трансимпедансного усилителя R_L . И пропорциональна квадрату фототока. Подставляя формулы (2) и (3) в выражение из работы [3] для беспроводного оптического канала с модуляцией КИМ-ИМ получим:

$$P_e^B = \frac{1}{2} \left(1 - \int_{I_{\text{п}}}^{\infty} (W_{s+n}(i) + W_n(i)) di \right), \quad (6)$$

где $I_{\text{п}}$ – оптимальный порог обнаружения зависящий от протяженности трассы распространения оптического сигнала.

В качестве лазерных диодов для анализа подводной беспроводной оптической системы передачи данных выберем: NDB4116 ($P_{\text{прд}} = 100 \text{ мВт}$, $\lambda = 445 \text{ нм}$), NDG4216 ($P_{\text{прд}} = 80 \text{ мВт}$, $\lambda = 515 \text{ нм}$) и NDA4116 ($P_{\text{прд}} = 100 \text{ мВт}$, $\lambda = 473 \text{ нм}$). Основным критерием выбора здесь выступают различные длины волн и близкие мощности оптического излучения.

В качестве приёмника оптического излучения выбран фотодиод S5973-02, обладающий относительно равномерной кривой чувствительности во всём видимом диапазоне длин волн при температуре чувствительной площадки $T = 25^\circ \text{C}$. Данный фотодиод способен обеспечить электрическую ширину полосы принятого сигнала до 1 ГГц и обладает наименьшим темновым током среди фотодиодов семейства S597х ($I_D \leq 0,1 \text{ нА}$).

Коэффициенты пропускания оптической системы прием равными 0,9, сопротивление нагрузки $R_L = 10 \text{ кОм}$, а диаметр линз оптических приёмника и передатчика – 0,05м.

Скорость передачи данных R_0 связана с электрической шириной полосы пропускания оптического канала B по формуле:

$$R_0 \leq \frac{B}{3}. \quad (7)$$

Для передачи видеопотоков стандартной чёткости 720x480@15 (разрешение 720x480 точек, максимальное количество кадров в секунду – 15) необходима пропускная способность канала не менее 4 Мбит/с. В соответствии с выражением (6), передача видеопотока стандартной чёткости потребует электрической ширины полосы пропускания оптического канала передачи данных не менее $B \geq 12 \text{ МГц}$.

Расчёт зависимости BER от расстояния между приёмником и передатчиком проведём для трёх типов морской воды по классификации Н.Г. Жерлова [3]: «прозрачное море», «чистый океан» и «прибрежные воды» (рисунки 1-3).

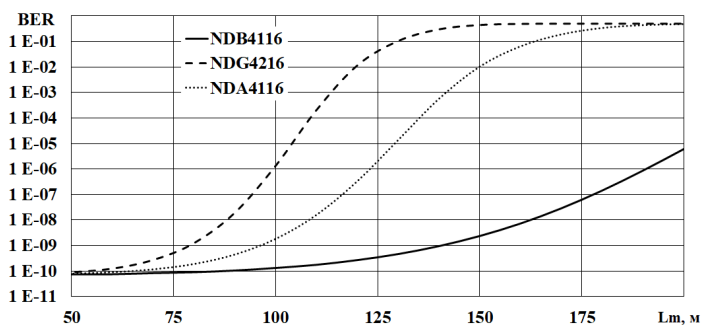


Рисунок 1 – Зависимости BER от расстояния в воде типа «прозрачное море» для лазерных диодов NDB4116, NDG4216 и NDA4116

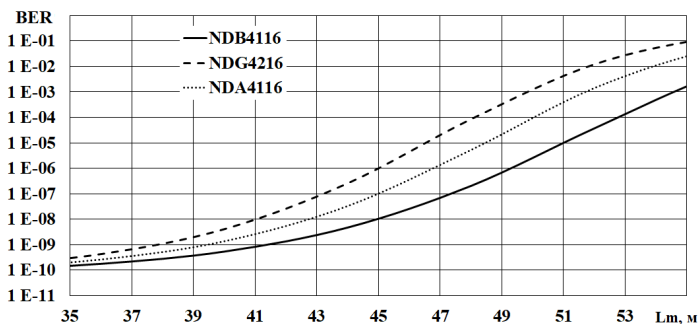


Рисунок 2 – Зависимости BER от расстояния в воде типа «чистый океан» для лазерных диодов NDB4116, NDG4216 и NDA4116

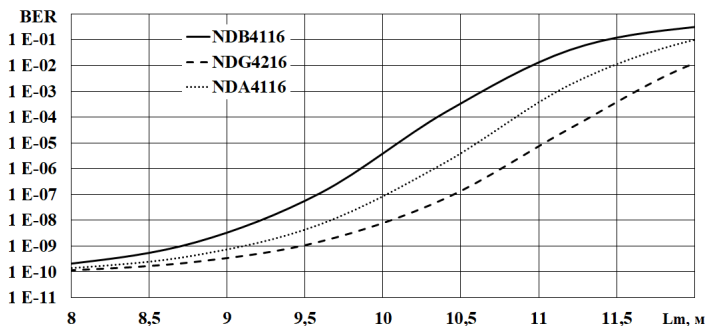


Рисунок 3 – Зависимости BER от расстояния в воде типа «прибрежные воды» для лазерных диодов NDB4116, NDG4216 и NDA4116

Расчеты показывают, что выбор светодиода в диапазоне длин волн от 445 до 515 нм не оказывает значимого влияния на дальность передачи данных в мутной воде («чистый океан» и «прибрежные воды» по классификации Н.Г. Жерлова). В воде типа «прозрачное море» применение длины волны 445 нм обеспечивает выигрыш по дальности до 54% по сравнению с длиной волны 515 нм. Однако в случае мутной воды возможно одновременное использование полупроводниковых лазеров различных длин волн с целью увеличения суммарной пропускной способности канала передачи данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mazin A.A.A. Characteristics of optical channel for underwater optical wireless communication system // IOSR Journal of electrical and electronics engineering – 2015. – Vol. 10. – P. 9.
2. Кириллов С.Н. Пропускная способность подводного оптического канала передачи информации с кодоимпульсной модуляцией по интенсивности / С.Н. Кириллов, Л.В. Аронов // Вестник РГРТУ. – 2020. – № 4 (74). – С. 3-13.
3. Пратт В.К. Лазерные системы связи. Пер. с англ. под ред. А.Г. Шереметьева. – М.: Радио и связь, 1993. – 232 с.

УДК 519.854.64

М.Н. АФАНАСЬЕВАРязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина**ЗАДАЧА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПРОВОДНИКОВ
В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Описывается метод ветвей и границ. Рассматривается эвристический метод решения задачи определения расположения проводников в монтажном пространстве.

Метод ветвей и границ относится к комбинаторным методам. Он применяется для решения задач на минимум или максимум целевой функции при наличии ограничений на значения переменных. Он основан на построении дерева решений, в котором каждый узел соответствует выбору значения одной из переменных. При этом значения переменных выбираются из допустимых интервалов, определяемых ограничениями. Ветви дерева соответствуют разбиению интервалов на более мелкие подинтервалы, а листья дерева соответствуют конечным решениям задачи.

Метод ветвей и границ позволяет быстро находить оптимальное решение задач с большим числом переменных и ограничений. Его применение особенно эффективно в задачах логистики, производства, транспортировки и других областях, где необходимо оптимизировать сложные процессы с учетом множества ограничений.

Алгоритм метода ветвей и границ состоит из следующих шагов:

1. Инициализация. Начинаем с некоторой начальной точки, например, с нулевых значений всех переменных.

2. Выбор переменной для разветвления. Выбираем переменную, которую будем изменять, чтобы получить новую комбинацию значений.

3. Разветвление. Разделяем текущую задачу на две подзадачи, каждая из которых соответствует одному возможному значению переменной, выбранной на предыдущем шаге. Таким образом, мы получаем две новые задачи, каждая из которых является подзадачей для решения.

4. Оценка границ. Для каждой из двух подзадач вычисляем нижнюю границу оптимального значения, которое может быть достигнуто этой подзадачей. Это позволяет отсеять те подзадачи, для которых нижняя граница больше, чем текущее лучшее решение.

5. Проверка. Если одна из подзадач является оптимальной, то сохраняем ее решение.

6. Обновление текущего лучшего решения. Если решения из подзадач лучше, чем текущее лучшее решение, то обновляем текущее лучшее решение.

7. Отсечение. Если нижняя граница одной из подзадач больше, чем текущее лучшее решение, то отсекаем эту подзадачу.

8. Повторение. Повторяем шаги 2-7 для каждой из созданных подзадач до тех пор, пока не будет найдено оптимальное решение.

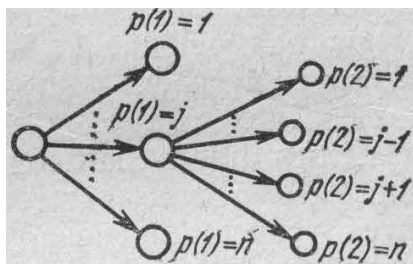


Рисунок 1 – Пример построения дерева решений

Задача эвристического метода – сокращение перебора на основе метода ветвей и границ. Эвристический метод позволяет найти допустимые и оптимальные решения. Суть метода заключается в сокращении ветвлений, т.е. продолжать ветвление в одном направлении необходимо до тех пор, пока комбинация закрепленных элементов будет допустима. А если закрепленные элементы составят такую комбинацию, что их набор без всех других элементов будет недопустим или заведомо неудовлетворяющий условиям, то ветка заканчивается.

Для наглядности эвристического метода рассмотрим его на примере.

На рисунке 2 изображена монтажная панель блока, на которой требуется уложить в жгуты 12 проводов таким образом, чтобы суммарная длина соединений была минимальна, и не нарушались ограничения на пропускные способности каналов, а именно: $w_1^B = w_1^H = w_3^B = 8$, $w_2^B = w_2^H = 12$, $w_3^H = 9$.

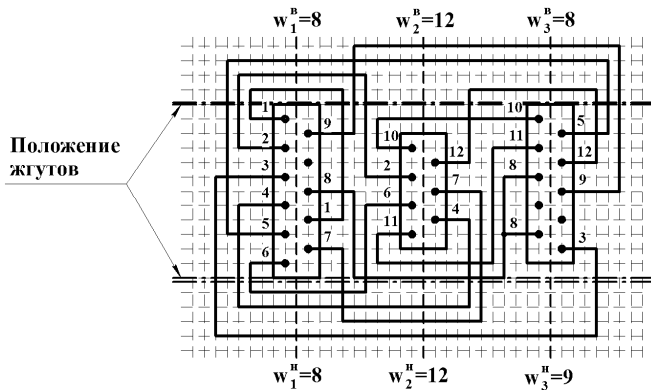


Рисунок 2 – Пример

Таблица 1 – Исходное задание для решения задачи

i	10	9	2	12	1	5	11	8	3	4	7	6	индекс провода
l_i^e	2	4	4	4	4,5	5,5	6	5,5	7,5	7,5	8	9	верт. длина
l_i^n	10	8	8	8	7,5	6,5	6	4,5	4,5	4,5	4	3	верт. длина
Δ	(-)8	(-)4	(-)4	(-)4	(-)3	(-)1	0	1	3	3	4	6	разность $ l_i^e - l_i^n $
v_i	2	3	2	1	1	3	1	2	4	3	1	2	объем провода
l_i	1	2	1	1	1	3	1	1	3	2	1	1	горизонт. длина

Вначале проверяем ограничение на пропускную способность для всех сечений. В результате получаем что $w_1^H = 9 > 8$; следовательно, смотрим, какой провод влияет на w_1^H из нижнего жгута – это 3, 4, 6. Также при этом обращаем внимание на разность длин для меньшего влияния на пропускные способности нижнего жгута. В результате выбираем 3 провод.

2. Москвитин А.А. Информатика. Решение задач: учебное пособие для СПО. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 184 с.

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

4. Горин В.С. Задача распределения печатных проводников в ограниченном пространстве / Информационные технологии, межвузовский сборник научных трудов. – Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2022. – 388 с.

УДК 004.652.6

М.Н. АФАНАСЬЕВА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ

Рассматривается ER-метод проектирования баз данных и их логическая структура.

Логическое проектирование баз данных является важным этапом в разработке любого приложения, особенно тех, которые работают с большим объемом данных. Корректное проектирование базы данных может улучшить производительность приложения, уменьшить вероятность ошибок и упростить поддержку и обслуживание базы данных в будущем. Разработку логической модели модно осуществлять различными методами. Наиболее формализованным и простым для понимания является метод «сущность-связь», или ER-метод.

ER-метод (Entity-Relationship method) – это метод проектирования баз данных, который использует диаграммы сущность-связь (ER-диаграммы) для представления структуры и связей данных. ER-метод был разработан в 1970-х годах и является одним из наиболее распространенных методов проектирования баз данных.

ER-диаграммы могут быть использованы для создания логической модели данных, которая описывает структуру и отношения данных в базе данных. Эти диаграммы могут быть использованы для определения таблиц, полей, ключей и связей, которые будут использоваться в физической базе данных.

ER-метод является широко используемым методом проектирования баз данных, и многие СУБД поддерживают создание

баз данных на основе ER-диаграмм. ER-диаграммы могут быть использованы для создания баз данных различных масштабов, от простых баз данных для малых приложений до сложных баз данных для крупных корпоративных систем.

Ниже приведена логическая структура базы данных.

- Таблицы и их имена, также называемые сущностями (entities).

- Имена полей, также называемые атрибутами (attributes) каждой таблицы.

- Характеристики полей, например, уникальность их значения и допустимость значений NULL, а также тип данных, хранимых в поле.

- Первичный ключ (primary key) – это уникальный идентификатор записи в таблице базы данных. Он используется для идентификации каждой записи в таблице и предотвращения дублирования данных в этой таблице. При создании таблицы в базе данных, необходимо указать поле, которое будет выступать в качестве первичного ключа. Обычно это целочисленное поле, которое автоматически увеличивается при добавлении новой записи в таблицу.

- Связи между таблицами. Связи позволяют связывать данные из разных таблиц и использовать их для выполнения запросов и анализа данных. При создании связей между таблицами необходимо убедиться, что используемые поля имеют соответствующий тип данных и связанные поля имеют одинаковый формат данных. Важно также установить правильный тип связи, чтобы избежать ошибок при запросах и обработке данных. Связи между таблицами определяются путем указания внешних ключей в одной таблице, которые ссылаются на первичные ключи других таблиц. Внешний ключ – это поле в таблице, которое ссылается на первичный ключ в другой таблице.

На основе вышеописанных рассуждений введем следующие сущности и их атрибуты:

- справочник (Название, Тип элемента, Базовая интенсивность отказов);

- механическое воздействие (Условия эксплуатации, Коэффициент при вибрации, Коэффициент при ударной нагрузке, Коэффициент, учитывающий суммарное воздействие).

База данных, составленная по этой информационной модели, обладает избыточностью, отношения не нормализованы.

Нормализация – это процесс разбиения таблиц на более мелкие и связанные таблицы, чтобы устранить избыточность данных и уменьшить возможность ошибок. Наиболее важной особенностью

считается наложение отдельных ограничений и правил на состав таблиц в базе данных.

В теории реляционных баз данных выделяют следующие нормальные формы:

- первая нормальная форма (1NF);
- вторая нормальная форма (2NF);
- третья нормальная форма (3NF);
- нормальная форма Бойса – Кодда (BCNF);
- четвертая нормальная форма (4NF);
- пятая нормальная форма (5NF).

Рассмотрим первые три формы. Связанно это с тем, что переход базы данных к 3НФ, в частности, считается достаточным условием. Вследствие чего база данных соответствует главным принципам построения качественной базы данных: масштабируемость, доступность, совместимость, интероперабельность.

Если все атрибуты таблицы включают в себя только данные простых типов, то такая таблица находится в 1НФ. Таблица не должна иметь повторяющихся записей, групп полей, необходимо наличие, по крайней мере, одного уникального индекса.

В рассматриваемой базе данных все отношения (таблицы) находятся в 1НФ, т.к. имеют ключевые поля, которые по определению являются уникальными индексами.

Если таблица располагается в 1НФ и все её неключевые атрибуты целиком зависят от первичного ключа, а не от какой-то его части, то такая таблица находится во 2НФ. Это подразумевает, что если таблица содержит составной первичный ключ, то каждый неключевой атрибут должен зависеть от обоих атрибутов составного ключа, а не только от одного из них. Если же таблица имеет простой первичный ключ, то каждый неключевой атрибут должен зависеть только от этого ключа.

Основной идеей 3НФ базируется на понятии нетранзитивной зависимости. Нетранзитивная зависимость – это свойство таблицы в базе данных, при котором каждый неключевой атрибут зависит только от первичного ключа, а не от других неключевых атрибутов. То есть, если в таблице есть два неключевых атрибута А и В, и В зависит от А, а третий атрибут С зависит от В, то имеет место транзитивная зависимость и таблица не находится в 3НФ. В этом случае следует выделить связь между А и В в отдельную таблицу, чтобы получить две независимые таблицы в 3НФ. Если таблица располагается во 2НФ и любой неключевой атрибут нетранзитивно зависит от первичного ключа, то такая таблица находится в 3НФ.

Для создания логической и физической структуры базы данных можно использовать пакет PhpMyAdmin 2.6.1.

PhpMyAdmin – это бесплатный пакет программного обеспечения с открытым исходным кодом, который позволяет управлять базами данных MySQL через веб-интерфейс. С помощью PhpMyAdmin можно создавать, изменять и удалять таблицы, индексы, ключи и другие объекты баз данных.

PhpMyAdmin предоставляет удобный пользовательский интерфейс для работы с базами данных, что делает его популярным инструментом для разработчиков и администраторов баз данных. Он поддерживает множество функций, таких как создание и редактирование таблиц, импорт и экспорт данных, создание отчетов, управление пользователями и многое другое.

PhpMyAdmin также позволяет создавать связи между таблицами и устанавливать внешние ключи, что является важным аспектом при проектировании баз данных. Однако, помимо PhpMyAdmin, существует множество других инструментов и пакетов программного обеспечения для работы с базами данных MySQL.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Морозов, Е.А. Логическое проектирование баз данных: учебное пособие / Е.А. Морозов. – Москва: МИСИС, 2003. – 67 с.
2. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных – 8-е изд. – М.: «Вильямс», 2006. – 1328 с.
3. Волк, В.К. Базы данных: учебное пособие / В.К. Волк. – Курган: КГУ, 2018 – Часть 1: Проектирование и программирование. – 2018. – 178 с.

УДК 004.048

А.Д. БЕРЕЖНОВ, С.В. СКВОРЦОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

АЛГОРИТМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ПО СЛОЯМ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Рассматриваются алгоритмы распределения проводников по слоям многослойных печатных плат, а также их особенности, учитывающие различные аспекты при производстве плат.

Многослойные печатные платы (МПП) широко применяются в современной электронике для создания сложных электронных устройств, таких как компьютеры, смартфоны, телевизоры и другие. Одним из важных аспектов проектирования МПП является оптимальное распределение проводников по слоям платы, что влияет на электрические характеристики, надежность и стоимость изготовления устройства [1, 2]. В данной статье рассматриваются различные алгоритмы, используемые для распределения проводников по слоям МПП, а также их особенности, непосредственно влияющие на качество решения задачи трассировки в целом.

Многослойные печатные платы состоят из нескольких слоев проводников, разделенных диэлектрическими слоями. Проводники на различных слоях соединены между собой через переходные отверстия (Vias), которые позволяют электрическому сигналу переходить с одного слоя на другой. Распределение проводников по слоям МПП должно быть оптимальным с точки зрения электрических, механических и производственных требований. Оптимальное распределение проводников позволяет снизить электромагнитные помехи, улучшить электрическую производительность, снизить затраты на изготовление и сборку МПП, а также повысить надежность устройства.

Одним из важных аспектов распределения проводников по слоям МПП является минимизация числа Vias, так как они вносят дополнительные затраты на производство и могут ограничить максимальную плотность размещения проводников. Алгоритмы распределения проводников по слоям МПП должны учитывать различные ограничения, такие как минимальное расстояние между проводниками, максимальное число Vias на единицу площади, электрические требования и тепловые условия.

Одним из распространенных алгоритмов распределения проводников по слоям МПП является алгоритм размещения (placement algorithm). Такой алгоритм [3, 4] определяет оптимальное положение проводников на слоях МПП с учетом заданных ограничений и множество факторов, таких как электрические требования, минимальные расстояния между проводниками, уровень сигналов, допустимая плотность размещения и другие параметры.

Одним из популярных алгоритмов размещения является алгоритм на основе графов (graph-based placement algorithm). В этом алгоритме проводники рассматриваются как узлы графа, а ограничения и требования представлены в виде ребер графа

маршрутизации и использования различных техник разделения сигналов на разных слоях.

Еще одним важным аспектом алгоритмов распределения проводников по слоям МПП является учет физических ограничений производства, таких как ограничения на минимальную ширину и расстояние между проводниками, ограничения на размещение определенных компонентов и т.п. Эти ограничения могут варьироваться в зависимости от технологии производства и специфических требований проекта.

Кроме того, алгоритмы распределения проводников по слоям МПП также могут включать оптимизацию других параметров, таких как длина проводников, количество слоев, площадь платы и др. Оптимальное решение может быть достигнуто путем компромисса между различными требованиями и ограничениями, чтобы создать эффективное и экономически выгодное решение.

В заключение, следует отметить, что алгоритмы распределения проводников по слоям МПП играют важную роль в проектировании многослойных печатных плат. Они помогают оптимизировать расположение проводников на различных слоях, учитывая электрические, производственные и другие ограничения. Выбор оптимального алгоритма зависит от конкретных требований проекта и доступных ресурсов, включая постоянно развивающиеся технологии производства печатных плат.

Несмотря на сложности и ограничения, алгоритмы распределения проводников по слоям МПП являются эффективным инструментом в проектировании многослойных печатных плат. Они позволяют создавать эффективные и надежные МПП, учитывая требования электрической производительности, ограничения производства и другие факторы. Современные алгоритмы и технологии продолжают развиваться, причем все больше внимания уделяется автоматизации с использованием искусственного интеллекта и машинного обучения. Это обеспечивает более эффективный учет различных ограничений и возможность оптимизации процесса размещения проводников на слоях МПП.

В конечном итоге, выбор оптимального алгоритма распределения проводников по слоям МПП зависит от конкретных требований проекта, доступных ресурсов и уровня сложности проектирования. Эффективное использование алгоритмов распределения проводников по слоям МПП может существенно повысить качество и производительность многослойных печатных плат, что является важным фактором в современной электронике.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Селютин В.А. Машинное конструирование электронных устройств. – М.: Советское радио. – 1977. – 384 с.
2. Федулова А.А., Устинов Ю.А., Котов Е.П., Шустов В.П., Явич Э.Р. Технология многослойных печатных плат. – М.: Радио и связь, 1990. – 208 с.
3. Kahng A.B., Lienig J., Markov I.L., Hu J. VLSI Physical Design: From Graph Partitioning to Timing Closure. – Springer, 2011. – 310 p.
4. Пичутин А.В., Горелик А.А., Непомнящих А.В. Алгоритм размещения соединений в многослойных печатных платах // Вестник Удмуртского университета. Серия 1: Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2015. – № 25(2). – С. 243-255.
5. Venkatraman R., Patnaik L.M. An evolutionary approach to timing driven FPGA placement // Proceedings of the 10th ACM Great Lakes Symposium on VLSI, 2000.
6. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы и их применение. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – 242 с.
7. Лебедев Б.К., Воронин Е.И. Генетический алгоритм распределения соединений по слоям при многослойной глобальной трассировке СБИС // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2012. – № 7. – С. 14-22.

УДК 665.9

Д.В. БОБРОВА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

**ОРГАНИЗАЦИЯ БЛОКОВ ПАМЯТИ
В СОСТАВЕ ПЛИС И СБИС**

Данная статья посвящена обзору блоков памяти в составе ПЛИС.

При проектировании любых вычислительных и телекоммуникационных устройств, где используются регистры и элементы комбинационной логики, встаёт задача внедрения универсальных ресурсов кристалла – блоков оперативной памяти (RAM, рисунок 1). Примером являются буферы приёма и передачи данных контроллеров интерфейсов, КЭШ-память процессоров, память ОЗУ в составе микроконтроллеров и множество других блоков памяти для временного хранения данных. В контексте проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС и СБИС следует рассматривать

блоки памяти в объёме кристалла. Такие блоки памяти строятся на триггерных ячейках, не нуждающихся в регенерации (восстановлении заряда). Такую память относят к классу статической SRAM (StaticRAM). Микросхемы внешнего по отношению к кристаллу ПЛИС ОЗУ имеют объём на 3-5 порядков больше объёма блоков памяти на кристалле ПЛИС и в большинстве случаев строятся по технологии DRAM (Dynamic RAM). DRAM требует регулярной процедуры регенерации (Refresh) для сохранности данных в течение 8-128 мс. Память класса DRAM в большинстве случаев реализуется в виде отдельных микросхем и не встраивается в кристаллы совмещённой функциональности (обработка + хранение).

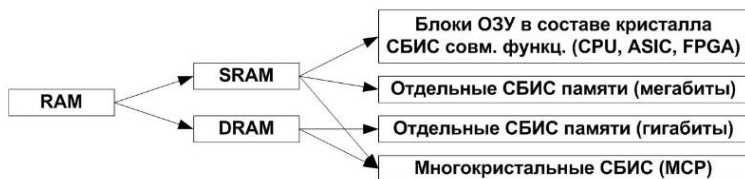


Рисунок 1 – Классификация оперативной памяти.

Память класса SRAM имеет более широкий круг применений чем DRAM. На SRAM основаны отдельные микросхемы и блоки ОЗУ: с малым временем доступа; многопортовые микросхемы ОЗУ; ОЗУ со сверхнизким потреблением энергии; блоки памяти кристаллов совмещённой функциональности. Блоки памяти в составе кристалла могут различаться не только по объёму, но и по протоколу взаимодействия: асинхронный SRAM; SRAM с синхронной записью и асинхронным чтением; синхронный SRAM. И по организации доступа: однопортовый SRAM; двухпортовый SRAM, с независимым портом для записи и портом для чтения. Три основных типа SRAM, различающихся протоколом взаимодействия, представлены на рисунке 2 (слева направо: 1 – асинхронная запись, асинхронное чтение, 2 – синхронная запись, асинхронное чтение, 3 – синхронная запись, синхронное чтение).

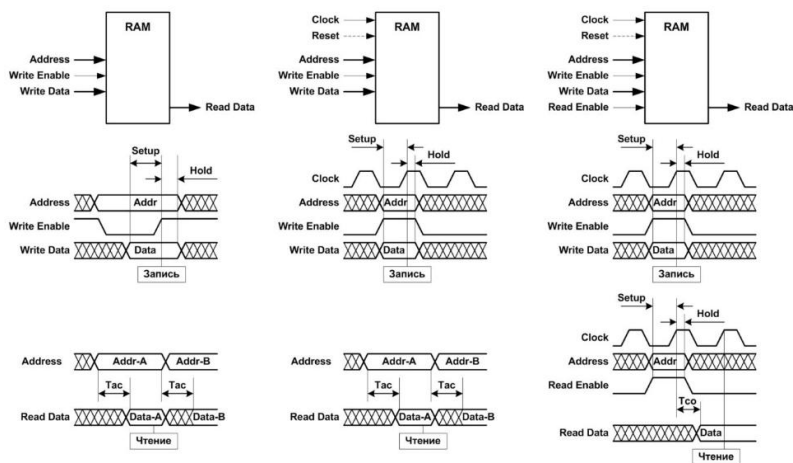


Рисунок 2 – Типы памяти SRAM

Память типа ОЗУ гарантировано реализуется только на блоках пользовательской памяти архитектуры FPGA, либо на регистрах общего назначения. Возможность использовать в качестве ОЗУ примитивы LUT имеется только в ПЛИС фирмы Xilinx. В любом случае, выбор конкретных примитивов памяти лучше оставить на усмотрение средств синтеза, а описание памяти выполнять на языке Verilog. Глобально модели памяти можно разделить на однопортовые и двухпортовые. Однопортовая память имеет одну шину адреса, вследствие чего в каждом такте возможно одно обращение к массиву. Двухпортовая память имеет две шины адреса, что позволяет одновременно обращаться к массиву памяти двум независимым запросчикам. При этом двухпортовая память может быть выделенные порты для записи и чтения, либо иметь симметричный интерфейс с двумя идентичными портами, поддерживающими как запись, так и чтение.

Организация однопортовой памяти. Перечислим самые распространённые отличия типов памяти по организации тракта чтения:

- 1) память с прямым чтением;
- 2) память с регистровым чтением с записью вперёд;
- 3) память с регистровым чтением с чтением вперёд;
- 4) память с конвейерным чтением.

Память с прямым чтением имеет простейшую организацию и предусмотрен на небольшие объёмы с минимальной задержкой

доступа по чтению, составляющей 0 тактов. В базисе ПЛИС FPGA фирмы Xilinx память с прямым чтением реализуется, как в ОЗУ RAM16X1S и RAM32X1S, но на упрощённом уровне. Достоинством памяти с прямым чтением выступает минимальная задержка чтения. Недостатком применения этого типа памяти вызвана малым объёмом и задержкой в основе шины при использовании схем с несколькими банками памяти. Память с регистровым чтением с записью вперёд поддерживается большинством библиотек ПЛИС и не имеет существенных ограничений по объёму. Исключительность памяти с регистровым чтением является задержка тракта чтения в 1 такт. В памяти с записью вперёд задержка формируется на входном регистре адреса чтения, так же зафиксированные данные будут выданы на выход после рабочего фронта синхросигнала. Память с регистровым чтением с чтением вперёд поддерживается множеством библиотек современных ПЛИС и не имеет каких-то важных ограничений по объёму. Память с регистровым чтением с чтением вперёд имеет такую задержку, составляющую 1 такт, как и память с регистровым чтением с записью вперёд, но операция чтения выполняется раньше операции записи. В памяти с чтением вперёд задержка формируется на выходном регистре тракта чтения. При записи в память в режиме чтения вперёд, после рабочего фронта тактового генератора, на выходе данных чтения будут не записанные данные, а значение, сохранённое по адресу, выбранному перед записью. Преимущество памяти с регистровым чтением заключается в поддержке большинством примитивов современных ПЛИС независимо от объёма. Минусом же является задержка в один такт, следовательно, требуется конвейеризация адреса и механизма предвыборки, чтобы получать режим чтения в каждом такте. Память с конвейерным чтением сочетает регистр на входе адреса с регистром на выходе данных чтения. Данная схема даёт задержку чтения в два такта синхросигнала, что иногда требуется при повышении тактовых частот работы устройства. Данный тип памяти обычно называют «память с конвейерным чтением». Память с конвейерным чтением в базисе ПЛИС FPGA реализуется совмещением элементарных единиц памяти с регистрами общего назначения. Примитив памяти с регистровым чтением и записью вперёд дополняется выходным регистром в тракте чтения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование систем на кристалле [Электронный ресурс]
URL: http://www.bmstu-sm5.narod.ru/puchkov/puchkov_lec.pdf.

2. Основы микроэлектроники [Электронный ресурс] URL: <http://cchgeu.ru/upload/iblock/0cd/svistova-t.v.-osnovy-mikroelektroniki.pdf>.

3. Проектирование и разработка систем на базе программируемых логических интегральных схем : учебное пособие / Н. В. Борисенко, А. С. Боронников. – Москва : РТУ МИРЭА, 2022 – Часть 2 – 2022. – 199 с.

УДК 621.382.2

К.А. БУРКА, В.П. ФЕДОРОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

О КОДИРОВАНИИ СООБЩЕНИЙ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ СВЕТОВЫМИ СИГНАЛАМИ

Рассматривается способ кодирования сообщений для их передачи по беспроводному оптическому каналу связи. Показано, что кодирование блоков информации (например, команд) цифрами десятичной системы и их представление световыми сигналами двух разных длин волн повышает надежность передачи.

Для определения информация, как известно [1, 2], исходят из концепции уменьшения неопределенности, что достигается путем выбора из множества вариантов. В основе цифровой вычислительной техники и теории связи лежит идея применения последовательности элементарных дихотомических процедур для выбора нужного варианта из большого числа взаимоисключающих возможностей. С помощью двоичных элементов, представленных цифрами 0 и 1, кодируются любые сообщения. Данный принцип применяют для представления как числовой информации, так и текстовой информации. Во втором случае цифрами 0 и 1 кодируют буквы и складывающиеся из них слова.

Между тем, задачи кодирования числовой информации и текстов существенно различаются. В первом случае должна обеспечиваться возможность выбора любого из всех возможных чисел, а во втором такой необходимости нет. Действительно, если допустить, что любая из букв алфавита кодируется шестью битами, а средней длины слово в тексте состоит из пяти букв, получится 2^{30} различных битовых комбинаций (в предположении, что слова могут быть составлены из любых сочетаний букв).

Однако реальных слов в языке (для конкретности в русском) содержится, по крайней мере, на четыре порядка меньше.

Другое существенное различие в задаче кодирования букв и слов (образов) кроется в том, что слова (образы) могут группироваться по различным признакам; группирование полезно в плане поиска нужного слова из их множества. Данное обстоятельство также должно быть учтено при выборе идеологии кодировки.

Представим, что с целью повышения информационной емкости и надежности при передаче кодируются не символы, а слова, причем для кодирования слов (образов) применяются n -значные числа, построенные в m -ричной системе счисления. Иерархия структуры поиска слова (группа, подгруппа и т.д. вплоть до конкретного слова) отражается в этом случае в иерархии разрядов числа. Такие числа позволяют кодировать общее количество слов (образов), равное

$$N = (m^{n-1} + m^{n-2} + \dots + m + 1) \cdot (m - 1). \quad (1)$$

Например, при $m = 10$, $n = 4$

$$N = (10^3 + 10^2 + 10 + 1) \cdot 9 = 9999.$$

Предлагаемый способ кодирования может быть особенно эффективен при передаче с помощью оптических сигналов с заполнением разными длинами волн. Тогда цифры такого 4-хзначного десятичного числа при наличии источников, например, двух разных длин волн могут формироваться комбинациями импульсов на двух тактах передачи, например, как это показано на рисунок 1.

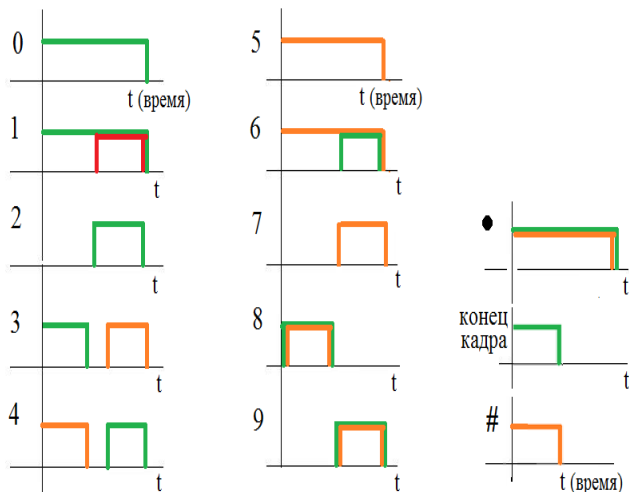


Рисунок 1– Соответствие световых комбинаций цифрам десятичной системы

Кодируемые цифры указаны слева. В интервалах, обозначенных зелеными /красными рамками, передаются соответствующего цвета посылки. Высокий уровень сигнала означает активность излучателя в данном промежутке времени. Жирной точкой обозначен знак разделения целой и дробной частей; знак # указывает на принадлежность цифр к коду слова.

Встречающиеся в тексте десятичные цифры должны кодироваться с неким отличием от тех же цифр, комбинациями которых кодируются слова. Принадлежность цифр к коду слова (а не к числу) указывается символом #. А именно: перед блоком цифр, относящимся к слову речи (команде, обозначению и т.д.) и после него предлагается ставить знак #, кодируемый импульсом света большей длины волны (красный цвет, рисунок 1).

Принципиально важным является оформление каждого информационного кадра сигналами «начало кадра» и «конец кадра». Импульс «конец кадра» задается на первом такте передачи знака световым импульсом меньшей длины волны (зеленый цвет, рисунок 1). Сигнал же «начало кадра» может также обозначаться импульсом меньшей длины волны, но растянутым на три такта, что фактически представляется следующими друг за другом сигналами цифры «0» и «конец кадра» (рисунок 1).

Передаваемый информационный кадр состоит из нескольких входящих в базовый набор слов (обозначающих команды, физические величины и др.) и нескольких десятичных цифр, в общем случае разделенных знаком разделения целой и дробной частей (десятичной запятой). Каждое из слов кадра представлено несколькими десятичными цифрами (если объем словаря 100, то цифр должно быть 2, если 1000, то 3). То есть в передаваемом кадре информации есть некоторое число десятичных цифр, а также признаки их отношения к слову или числу.

Любое из слов, принадлежащих словарю объемом $N(m, n)$ при $m = 10$, передается не более, чем за $(2n + 2)$ тактов передачи, равных длительностям коротких импульсов (см. рисунок 1) с учетом дополнительных интервалов для указания знака #.

Рассмотрим пример передачи слова и следующего за ним числа: {«слово» 467.32}. Предположим, что слово берется из словаря в 100 слов, то есть представляется двумя десятичными цифрами (например, 35). Тогда кадр информации вида {#35# 467.32} кодируется световыми посылками, укладывающимися в 18 тактов (6 тактов – с учетом сигналов принадлежности # – для кодировки слова и 12 тактов – для передачи числа).

Передача рассмотренного кадра с учетом сигналов его начала и окончания требует не более, чем 22 интервалов, равных длительностям коротких импульсов (см. рисунок 1). Для передачи же слова средней длины двоичными кодами букв (в среднем 30 бит) даже при передаче с неполной самосинхронизацией потребуется интервал существенно большей длительности; ещё не менее 20 битовых интервалов потребуется для передачи числа. Требуются также биты начала и окончания передаваемой команды.

Очевидно, что в предлагаемом способе кодирования при его безусловной самосинхронизации уменьшается требуемое для передачи информационного кадра число информационных импульсов по сравнению с традиционной передачей последовательностью битов. Это означает, что при одинаковой скорости передачи длительность T информационного импульса будет больше. Этот фактор способствуют увеличению базы сигнала $B = F \cdot T$ (произведения длительности T на ширину полосы частот F сигнала), что, как известно [3] положительно сказывается на помехоустойчивости канала передачи.

Следует также обратиться к отношению сигнал/шум, являющемуся важным параметром систем цифровой связи [4]:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S \cdot T_b \cdot \omega_n}{N}, \quad (2)$$

где E_b – энергия бита, определяемая как мощность сигнала S , умноженная на время передачи бита T_b ; N_0 – спектральная плотность мощности шума, которую выражают как мощность шума N , деленную на ширину полосы частот ω_n .

Увеличение длительности информационного импульса в предлагаемом способе кодирования (при заданной скорости передачи) согласно (2) способствует повышению отношения сигнал/шум и надежности передачи.

Реализация идеи передачи текста посредством цифр десятичного числа с комбинаций импульсов двух разных длин волн, то есть с лазерными источниками излучения двух разных цветов особенно подходит для систем беспроводной передачи данных, работающих на сравнительно больших дистанциях передачи (до нескольких сот метров). Важной особенностью схемы является использование на приемной стороне матрицы фотоприемников КМОП (CMOS), использующей массив цветных фильтров. В этих матрицах считывание каждого пиксела может производиться параллельно, а это позволяет создать два параллельных канала считывания световых импульсов двух разных длин волн. Такое решение позволяет избежать в схеме

устройства разделения лучей, использование которого могло бы снизить надежность считывания.

Структурная схема такой СПД приведена на рисунке 2.

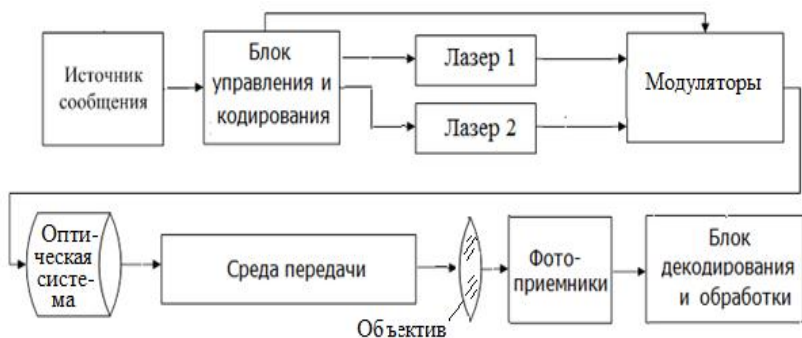


Рисунок 2 – Структурная схема системы передачи сообщений посредством двух лучей с разными длинами волн; фотоприемники представляют матрицу КМОП (CMOS), использующую массив цветных фильтров

Предлагаемый способ кодирования и передачи текстово-цифровой информации световыми посылками двух разных длин волн имеет следующие достоинства: безусловную самосинхронизацию, более высокое отношение сигнал/шум и большую базу сигнала по сравнению с передачей последовательностью битов. Такая технология передачи может быть рекомендована для построения канала передачи сообщений из ограниченного набора слов при высоких требованиях к надежности передачи в условиях шумов.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вернер М. Основы кодирования: учеб. для вузов / М. Вернер; пер. с нем. Д. К. Зигангирова. – Москва: Техносфера, 2004. – 286 с.
2. Костров Б.В. Основы цифровой передачи и кодирования информации / Б. В. Костров. – М. : ТехБук, 2007. – 192 с.
3. Ясько С.А. Методы передачи информации в информационных системах. Учебное пособие по дисциплине «Информационноуправляющие технологии в технике связи». – СПб.: РГТМУ, 2007. – 257 с.
4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

УДК 004.65

А.Ю. БЫЛИНА, Л.С. МАНАННИКОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ГИРОСКОП. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ. ВИДЫ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В статье рассмотрены различные виды гироскопов и для чего они применяются.

Гироскоп – это устройство со свободной осью вращения, способное реагировать на изменение угла ориентирования тела, в котором оно закрепляется. Главная особенность данного прибора в сохранении неизменного положения, что даёт возможность его применять как датчик для определения перемещения и поворота объекта, в котором он установлен.

История создания

До изобретения первых гироскопов люди использовали различные методы определения места положения и направления в пространстве. Сначала люди ориентировались по предметам, находящимся вдалеке, как пример-по Солнцу.

Уже в древности изобрели первые приборы, принцип работы которых основывался на гравитации: отвес и уровень.

В средние века в Китае был изобретён компас, использующий магнетизм Земли, данное устройство актуально и на сегодняшний день.

В Древней Греции изобрели астролябия и другие приспособления, которые работали благодаря определению положения относительно звёзд.

Устройства, похожие на современный начали появляться в 19-ом веке.

Первое устройство, которое напоминало гироскоп, изобрёл Иоганн Боненбергер. В 1817 году он обнародовал описание своей разработки. А математик Пуассон, живший во Франции в 1813 году упомянул Иоганна Боненбергера и назвал его изобретателем данного устройства. Основным механизмом гироскопа Боненбергера являлся вращающийся с большой скоростью шар с большой массой, который был закреплен на кардановом подвесе.

В 1832 году американцу Уолтеру Р. Джонсону пришла идея механизма гироскопа с вращающимся диском.

В 1852 году французский учёный Жан Фуко улучшил похожее устройство, и назвал его «гироскоп».

Жан Фуко придумал название «гироскоп». Стоит упомянуть, что Фуко и Боненбергер, применяли в своих гироскопах карданный подвес.

Главным аспектом карданового подвеса является то, что при монтаже в него вращающегося тела, оно будет способно сохранять направление оси вращения, при этом неважно направление относительно положения самого подвеса. Это свойство стало применяться в гироскопах и похожих приборах.

Начало использования гироскопов

В первых гироскопах главной проблемой была сила трения, а именно из-за неё быстро уменьшалась скорость вращения. После второй половины 19-го века пришла идея применять электродвигатель, для разгона и поддержания скорости вращения гироскопа.

Достоинством гироскопа и гироскопических приборов перед другими более старыми приборами явилось то, что он корректно работает в сложных условиях, таких как: плохой видимости, разного рода колебаниях, тряске, и электромагнитного воздействия.

Благодаря инженеру Л. Обри произошло первое применение гироскопа в 1880-х годах, с помощью гироскопа она стабилизировал курс торпеды.

Следующее внедрение гироскопа также было связано с морской отраслью. Гироскоп использовали при конструировании корабельного указателя курса, который называли гироскопом. Прототип современного гироскопа создал Герман Аншютц-Кэмпфе, вскоре похожее устройство сконструировал американский инженер Э. Сперри.

В 20-м веке гироскопы стали устанавливаться на самолётах, вертолётах, ракетах, подводных лодках.

Классификация гироскопических датчиков и анализ принципов их построения.

На раннем этапе главной идеей введения новых технологий была необходимость улучшения точности и надёжности. В последние 30 лет, главным мотиватором стала необходимость достижения той же точности за более низкую цену. Поэтому и сегодня новые технологии

подобных датчиков развиваются в целях удовлетворить дальнейшие требования рынка. В системах наведения и навигации, ранее считавшиеся неосуществимыми. Эти новые и набирающие оборот технологии дают возможность незначительно, улучшить точностные характеристики, но при этом ориентированы на низкую стоимость обслуживания при эксплуатации, малые габариты, малую себе стоимость изготовления и высокие объёмы производства.

Со времен Леона Фуко на протяжении десятков лет выдвинутый им термин гироскоп обозначал устройство, включающее в себя симметричный тяжелый ротор, который быстро вращается, а также подвешенный без трения так, чтобы его центр масс совпадал с центром подвеса. Но при этом в точном переводе «гироскоп» обозначает «указатель вращения». Поэтому в последнее время все чаще под понятие гироскоп подводят и другие устройства, основанные на других принципах действия, но предназначенные для обнаружения вращения в инерциальном пространстве. Это связано, прежде всего, с поиском методов совершенствования гироскопических устройств и привлечения принципиально новых средств и методов для решения задач.

На сегодняшний день данный термин используется для названия устройств, содержащих материальный объект, который может совершать быстрые циклические движения. Благодаря этим движениям устройство становится чувствительным к вращению в пространстве.

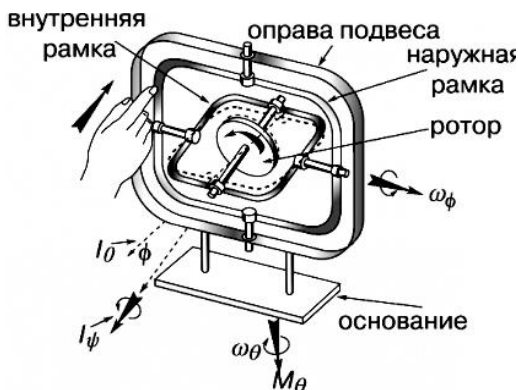


Рисунок 1 – Модель традиционного гироскопа

Чтобы разделить многообразие гироскопов, рассмотрим классификацию датчиков по их устройству.

По устройству гироскопические датчики разделяют на четыре группы: механические, вибрационные, оптические и ядерные. Каждая группа, может быть разбита на подгруппы:

1) Механические гироскопы с ротором в виде вращающейся инерционной массы:

- двухстепенной роторный вибрационный гироскоп (РВГ);
- с внутренним кардановым подвесом – динамически настраиваемые гироскопы (ДНГ);

- поплавковые гироскопы, в которых сила тяжести карданова подвеса вместе с гидродвигателем скомпенсирована выталкивающей силой жидкости;

- гироскопы, в которых в качестве опор быстро вращающегося ротора используется магнитный (ГМП) или электростатический (ЭСГ) подвесы.

2) Вибрационные гироскопы, это те, где в качестве чувствительного элемента используется инерционная масса вибрирующая с высокой частотой.

- Волновые твердотельные гироскопы (ВТГ), в которых при помощи вынужденных колебаний создаётся стоячая волна в пространстве кольцеобразного чувствительного элемента.

- Микромеханические гироскопы, в которых и начало работы чувствительного элемента, и съём с него информации осуществляются с помощью вибрационных колебаний. В микромеханических гироскопах механический чувствительный элемент и сервисная электроника находятся на одной подложке и представляют собой единый функциональный узел.

3) Оптические гироскопы, где луч света используется в качестве чувствительного элемента:

- лазерные гироскопы (ЛГ) с оптическим резонатором;
- волоконно-оптические гироскопы (ВОГ) – с оптическим контуром в виде многовиткового волокна;

4) Ядерные гироскопы, в которых в качестве чувствительного элемента используются вращающиеся электроны и ядра атомов.

Механические гироскопы

Среди перечня механических гироскопов принять выделять роторный гироскоп – это вращающееся с большой скоростью твёрдое, массивное тело, ось вращения которого может легко изменять ориентацию в пространстве. Стоит отметить, что количество оборотов гироскопа значительно превышает скорость поворота оси вращения. Важным свойством такого гироскопа является возможность сохранять в пространстве неизменное направление оси вращения при отсутствии воздействия внешних сил. Данное свойство определяется угловой скоростью собственного вращения гироскопа.

Впервые этим свойством воспользовался Фуко в 1852 г. для экспериментальной демонстрации вращения Земли. Благодаря этому эксперименту гироскоп получил данное название от греческих слов «вращение», «наблюдение».

Вибрационные гироскопы

1) Волновой твердотельный гироскоп.

ВТГ с позиций технологичности, систем настройки, управления, и точностных характеристик имеют ряд достоинств по сравнению с другими гироскопами: полностью отсутствуют вращающиеся части, поэтому его ресурс довольно большим (15 000 часов и более); возможность переносить большие перегрузки; малые габариты и небольшая масса; сохранение инерциальной информации при коротком отключении электропитания; низкая энергоемкость; малое время готовности; слабая зависимость от температуры окружающей среды при выполнении определенных условий; стойкость к ионизирующему излучению. Таким образом, разработка ВТГ является одним из лучших направлений развития гироскопических датчиков. ВТГ с металлическим резонатором благодаря доступности простоте изготовления и высоким характеристикам, привлекает внимание разработчиков гироскопов

2) Микромеханические гироскопы.

Одним из векторов построения конструктивных схем является разработка ММГ с ИТ в виде упругого кольца. Принцип работы такого гироскопа идентичен ВТГ.

При возбуждении вибрации в не вращающемся кольцевом резонаторе образуется стоячая поперечная волна, которая характеризуется неизменным положением узлов и пучностей. При вращении основания кольцевого резонатора вокруг оси происходит прецессия узлов и пучностей стоячей волны. При этом угол поворота картины распределения амплитуд волн резонатора зависит от угловой скорости, т.е. эффект может использоваться для измерения угловой скорости. В кварцевом исполнении резонатор обычно изготавливается в виде полусферы. В кремниевом варианте волновой гироскоп содержит резонатор в виде деформируемого гибкого кольца, внутренний упругий подвес, допускающий прецессию стоячей волны, исполнительные элементы для возбуждения и поддержания волн в резонаторе и датчики для измерения углов поворота системы волн в упругом кольце.

Оптические гироскопы

1) Лазерный гироскоп.

Большая часть новых бесплатформенных систем ориентации (БСО) и навигации (БИНС) основаны на принципе лазерного гироскопа (ЛГ) с использованием виброподставки. Комплекс точностных, эксплуатационных и экономических характеристик существующих приборов в большой степени выполняют все

представленные требования БИНС и БСО. Главный минус ЛГ является большая зависимость точностных характеристик от величины габаритов резонатора L , что в итоге, ухудшает массогабаритные свойства ЛГ в сравнении с другими гироскопами. Особенностью ЛГ с виброподставкой является высокий уровень собственных шумов, возникающих из-за режимов и параметров виброподставки, а также качеством выполнения зеркал резонатора. Это требует, наравне с модернизацией технологии изготовления зеркал, поиска эффективных методов сортировки и обработки информации в измерительном канале ЛГ, так и других способов обработки информации в системе (БСО или БИНС).

2) Волоконно-оптические гироскопы.

Оптические гироскопы строятся на базе пассивного кольцевого интерферометра и активного интерферометра.

Гироскопы ядерного типа

Ядерные гироскопы объединяют значительную группу гироскопов. В основе их работы лежит принцип использования механических и магнитных моментов ядер атомов. В справочных материалах эти гироскопы называют по-разному (спиновые, корпускулярные, магнитно-резонансные, магнитно-индукционные, молекулярные и т. п.).

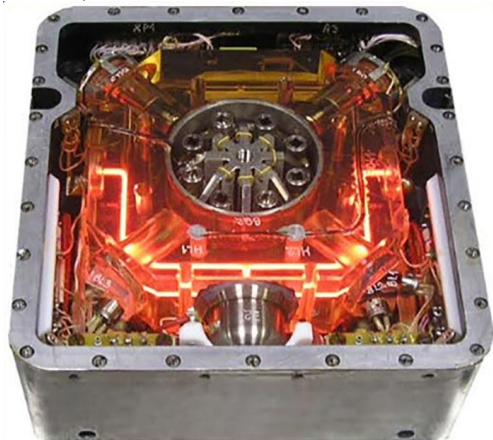


Рисунок 2 – Лазерный гироскоп

Внимание к ядерным гироскопам связано с тем, что используемые в них моменты количества движения являются не результатом принудительного вращения тел, а являются неотъемлемым свойством микрочастиц (протонам и нейтронам), входящим в состав ядер. Благодаря этому есть возможность

избавиться от трудностей технологического порядка по изготовлению, подвесу и обеспечению питанием основной детали обычных гироскопов – вращающейся механической массы.

Применение гироскопов

Игра-волчок – это простой гироскоп, который вращается вокруг оси. Эффект гироскопа проявляется во всех телах с большой скоростью вращения, таких как лопасти вертолета, турбина двигателя самолета, колеса мотоцикла.

Игрушечный волчок и вертолет. Несмотря на изменения угла основания гироскопа, начальное положение оси вращения ротора не меняется. И это свойство стало применяться в приборах, которые спроектировали для навигации самолетов, ракет, кораблей. Электронный гироскоп может быть даже в вашем современном телефоне.

Может использоваться аэродинамический подвес или электромагнитный вместо карданова подвеса в механических гироскопах

Гирокомпас. Ось ротора гироскопа автоматически выравнивается относительно юга и севера из-за вращения Земли. Намагничивающие силы металла или электрической проводки, имеющихся на кораблях и самолетах не могут влиять на компас.

Авиагоризонт – это бортовой прибор самолета, основанный на гироскопическом эффекте, который применяют для определения углов тангажа (нос-хвост) и крена (левое-правое крыло) летательного средства. Это очень важное устройство, для управления самолетом в условиях нулевой видимости.

Прибор «Авиагоризонт» устанавливается на каждом самолете и находится в кабине экипажа.

Гиростабилизатор на космическом корабле или спутнике дает информацию электронной системе управления о положении корабля относительно Земли. С помощью такого гироскопа система управления может среагировать и начать процесс корректирования курса благодаря двигателям.

Гиростабилизатор позволяет установить систему координат для управления кораблем «Союз».

Гиродины (control moment gyroscope) – это силовые гиростабилизаторы, которые устанавливаются на космические корабли или ракеты для их выравнивания в пространстве. Свойство крутящегося волчка оставаться в вертикальном положении можно использовать для отталкивания от него. Гиродины намного больше и тяжелее гироскопов, нужны они для корректирования курса в

пространстве. Благодаря им изменяется положения корабля из-за большой скорости вращения и большой массы, что дает большой момент инерции. Космический корабль может оттолкнуться от такого гироскопа без использования двигателей ориентации. Четыре таких гиродина установлены на МКС и позволяют осуществить поворот станции, не используя реактивных двигателей.

Перспективы развития гироскопического приборостроения

Система навигационных спутников разрабатывается и на сегодняшний момент. С помощью её определяют координаты объектов на поверхности Земли, при этом с большой точностью при нахождении в зоне покрытия корректирующего сигнала DGPS. Использование курсовых гироскопов отходит на второй план. Например, при установке на крылья самолета двух приёмников спутниковых сигналов, можно получить информацию о повороте самолёта вокруг вертикальной оси. При плохой видимости спутников в городских условиях или лесистой местности нельзя точно определить положение с помощью систем спутниковой навигации. От процессов в атмосфере, препятствий и переотражения сигналов зависит эффективность прохождения сигналов навигации систем. Автономные же гироскопические приборы могут работать в любом месте. В самолётах спутниковая навигационная система оказывается точнее инерциальной навигационной системы на длинных участках. Однако использование двух спутниковых навигационных - приёмников для измерения углов наклона самолета даёт погрешности до нескольких градусов. Подсчёт курса путём определения скорости самолёта с помощью этой системы также не является достаточно точным. Поэтому, в современных навигационных системах оптимальным решением является комбинация спутниковых и гироскопических систем, называемая интегрированной системой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пешехонов В.Г. Гироскопы начала XXI века // Гироскопия и навигация. – 2003. – №4. – С. 5-18.
2. Брозгуль Л.И. Смирнов Е.Л. Вибрационные гироскопы. М.: Машиностроению. – 1970. – 213 с.
3. Новиков Л.З., Шаталов М.Ю. Механика динамически настраиваемых гироскопов. – М.: Наука. – 1985. – 245 с.

УДК 004.65

А.Ю. БЫЛИНА, Л.С. МАНАННИКОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР В ПРОИЗВОДСТВЕ. ПРЕИМУЩЕСТВО ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ НА СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В статье рассмотрены причины внедрения технологий «больших баз данных» на современные предприятия. Приведены различные достоинства работы этой технологии на предприятиях различных отраслей.

При глобальной информатизации общества, элементы экономики создают и накапливают большой объем данных различного рода. Предприятия, рынки, банки непрерывно производят и обрабатывают потоки технической, и статистической информации. Стало ясно то, что на данный момент информация представляет собой актив каждого субъекта, от качества работы, с которым зависит конечный результат его деятельности.

Из-за развития информационных и коммуникационных технологий возрастают возможности обработки больших объемов данных, что кардинально меняет процессы и бизнес-среду, например, взаимодействие с агентами и клиентами часто полностью переведено в дистанционную форму. Ещё, для узла экономики одним из важных критериев является разработка технических, а также программных средств, которые могут не только быстро обрабатывать возрастающие информационные потоки, но удешевлять процедуры обработки, сбора, хранения и передачи. Безусловно, технологии «Big Data» удовлетворяют требованиям нынешней экономики.

Термин «Big Data» вызывает множество разногласий. Для большинства специалистов – это тренд в информационных технологиях современного мира. И с этим трудно поспорить. Для остальных – это полноценная, хоть и практическая категория, определяющая не только объём массива информации, который больше, чем возможности обычных БД по занесению, хранению, управлению и анализу, но и неструктурированную информацию, перед обработкой и анализом, с которым не справятся привычные алгоритмы. Определение «Big Data» можно сформулировать как «технологии и архитектуры нового поколения для экономичного изъятия ценности из разных данных большого объема путем их быстрой, обработки и анализа».

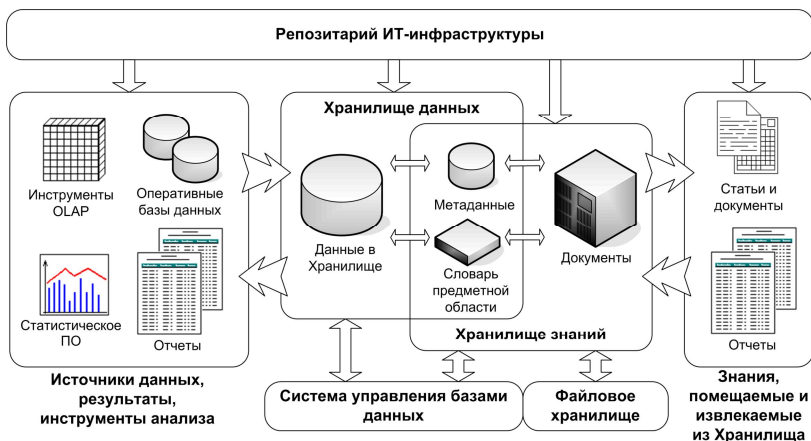


Рисунок 1 – Структура базы данных

Для подтверждения данной формулировки понятие «Big Data» часто представляют через совокупность свойств объема, разнообразия, скорости, достоверности и обоснования. Иногда специалисты выделяют также шестое свойство – ценность (с стороны важности экономической целесообразности обработки данных в соответствующих рамках).

«Объем» должен составлять не менее 100 ТБ информации, который можем владеть. Объем собираемой информации удваивается в среднем за год или два. По прогнозу к 2020 объем цифровой информации увеличится до 40 зетабайт, что, будет требовать прирост количества нужных для ее хранения серверов в 10 раз.

«Разнообразие» обозначает свойство, при котором данные копятя из разных источников в любых форматах. Истоком Big Data являются не только БД и массив пользовательского интернета, но и объем информации от разных средств измерения, а также датчиков. Big Data хорошо дополняет устоявшиеся источники, но не может заменить их.

Определение «Скорость» трактуют по-разному. Это величина, характеризующая скорость получения и обработки данных в реальном времени, а также это скорость сбора данных, подлежащих разбору и анализу.

Свойство «Достоверность» устанавливает порог «достоверности» данных, используемых при анализе, т.е. скорость изменения данных и их разнообразие не говорит о их правдивости для потребителя. Верификация данных имеет очень важное значение в зависимости от сферы, где будет происходить применение.

Современные предприятия характеризует сложная структура, связанная с большим количеством подразделений, их удаленностью друг от друга и разным производственным потенциалом, при этом используемые базы данных должны отвечать необходимым требованиям. Такие решения дают возможность удешевить разработки ПО и улучшить качество конечного продукта.

Из списка причин, сильно влияющих на порядок организации необходимо отметить правила рынка, потому что они диктуют спрос на продукцию. Под тенденциями рынка понимают следующие факторы:

1) высокую скорость обновления продукции и сокращение жизненного цикла изделий;

2) уменьшение затрат, связанных с эксплуатацией готовой продукции;

3) расширение номенклатурного списка изготавливаемых изделий с целью удовлетворения возросших требований потребителей;

4) ужесточение технических требований к точности производимых деталей, особенно с наступлением эры «нанотехнологий»;

5) ужесточение требований к качеству обрабатываемых поверхностей деталей;

6) повышение конкурентоспособности оборудования по критерию цена/качество;

7) дороговизна квалифицированного труда (особенно при 24 часовом производственном цикле);

8) глобальное внимание к необходимости выполнения требований охраны окружающей среды, утилизация отходов и т.д.

Как видно из выше перечисленных требований, программное обеспечение для АЛ, а особенно возможность его быстрой и безболезненной для процесса производства адаптации, масштабирования или вообще полной замены программного обеспечения при корректировке, либо полной смене технологических процессов, играет одну из ключевых ролей, как при обеспечении эффективности производства, так и при учете тенденций рынка.

Мы подбираемся к выводу, что, с учетом рыночных традиций, для лучшего решения задачи выполнения запросов потребителей производительное оборудование должно обеспечивать переналадку и замену объектов производства, что прямо связано с разработкой нового ПО, либо адаптацией имеющегося ПО под новые техпроцессы. В связи с этим решение данной проблемы в условиях большой

конкурентной среды требует не только эффективного использования ресурсов, но и инновационных методик.

Эффективная эксплуатация таких систем возможна только с помощью АСУП. При анализе структуры АСУП необходимо брать во внимание, что управление предприятием это процесс обмена информацией между всеми подразделениями предприятия, различными системными узлами, контроллерами, а также между каким-либо предприятием и его подрядчиками. Массив технической информации, отправляемый в какие-либо промежутки времени по каналам связи, характеризует материальные процессы, происходящие на различных предприятиях. Также необходимо обратить внимание, что данные процессы охватывают большое количество производственных мощностей.

Также необходимо иметь в виду, что АСУП организуется как иерархическая система на основе автоматизированных мест для работников, ЭВМ различного класса, контроллеров, относящихся к Гибким производственным модулям, относящимся к устройствам связи с объектами и БД предприятия. Поэтому, информационно-телекоммуникационные сети, а также, УСО и БД играют большую роль в функционировании АСУП и являются одними из ее главных компонентов.

Также необходимо использовать алгоритмы машинного обучения для решения задачи поиска оптимального расписания и оптимизации производственных процессов. Для этого можно использовать генетические алгоритмы, методы оптимизации и прогнозирования.

Важно отметить, что в процессе интеграции систем ЧПУ станочного парка и периферийных устройств в единые сети в рамках предприятия необходимо учитывать многокритериальные задачи управления производствами, такие как скорость адаптации производства при изменениях характеристик изготавливаемых образцов и деталей, загрузка малосерийных или нетиповых деталей в общую производственную картину, комплексные задачи составления, оптимизации и корректировки расписания и загрузки производственных линий, сбор метрик производств для дальнейшего анализа и пр.

В целом, для успешной автоматизации производственных процессов необходимо использовать современные технологии баз данных и алгоритмы машинного обучения, а также учитывать множество факторов, таких как изменение требований к производству, сложность производственных процессов и т.д. При этом необходимо

стремиться к созданию унифицированных баз данных, способных быстро адаптироваться к изменяющимся требованиям и интегрироваться в разрабатываемые программные средства.

Data Mining используется в различных сферах бизнеса, например, в маркетинге, финансах, здравоохранении, производстве и т.д. С помощью Data Mining можно выявить скрытые закономерности и зависимости, определить группы потребителей с определенными характеристиками, прогнозировать спрос на товары или услуги, оптимизировать производственные процессы и многое другое.

Одним из наиболее популярных методов Data Mining является машинное обучение. Машинное обучение – это процесс обучения компьютерных систем на основе анализа больших объемов данных. С помощью машинного обучения можно создавать модели, которые могут предсказывать будущие события на основе имеющихся данных.

Внедрение Data Mining и машинного обучения в технических процессах позволяет увеличить результативность деятельности предприятия, улучшить качество продукции, уменьшить затраты на производство. Например, с помощью машинного обучения можно создать модель, которая будет предсказывать вероятность возникновения аварий на производстве и принимать меры по их предотвращению.

Однако для успешной реализации Data Mining и машинного обучения необходимо иметь квалифицированных специалистов, которые могут анализировать и интерпретировать полученные данные, а также разрабатывать и внедрять соответствующие программные средства. Кроме того, для использования этих технологий необходимо иметь доступ к большим объемам данных, что может быть проблемой для некоторых предприятий.

Отсюда следует, что применение «BigData» в производстве влияет на значительное улучшение эффективности производственных процессов, также улучшает качество получаемой продукции, также уменьшает затраты на ТО и хранение запасов, оптимизирует бизнес-процессы и многое другое. Однако для успешной реализации этой технологии необходимо иметь доступ к большим объемам данных, высококвалифицированных специалистов и горизонтально масштабируемую систему хранения данных. Примерами успешной апробации «больших данных» в России являются Антипинский нефтеперерабатывающий завод и Ильский нефтеперерабатывающий завод.

При этом полученные данные (или знания), должны отвечать следующим концептуальным положениям.

1. Знания нужны новые, до этого неизвестные. Потраченные силы и средства на открытие существующих знаний, не окупаются, поэтому ценными являются только новые, ранее неизвестные знания.

2. Знания должны быть представлены в упрощенной форме. Результаты должны отражать неочевидные закономерности, т.е. скрытые знания. Результаты, полученные более простыми путями, не оправдают привлечение методов Data Mining.

3. Знания должны быть полезными, а также применимы, в том числе и для других данных, с довольно высокой степенью достоверности. Полезность их в том, чтобы эти знания могли принести пользу при применении.

4. Знания должны быть просты для понимания человека, закономерности должны быть понятно объяснены, в ином случае есть вероятность, что они являются случайными. Т.е. обнаруженные знания должны быть понятны для человека.

Поэтому, методы Data Mining решают многие задачи, с которыми сталкивается работник предприятия:

- спрогнозировать цены и выработать оптимальные контракты для поставки сырья и деталей;
- просчитать вероятность популярности товара;
- рассчитать, загруженность оборудования;
- выяснить, причины брака;
- рассчитать время работы станков и оборудования при определенных нагрузках;
- обеспечить управление финансами;
- оценить проекты и идеи по развитию производств, их прибыльность и возможность инвестировать в них.

Кроме того, важно учитывать, что технологии Data Mining и машинного обучения требуют постоянного обновления и адаптации к изменяющимся условиям производства. Поэтому необходимо иметь высококвалифицированных специалистов, способных проводить анализ данных и внедрять новые технологии в производственные процессы.

Применение Data Mining и машинного обучения в производственных сферах позволяет улучшить результативность производства, повысить качество продукции и уменьшить затраты. Однако для успешной реализации этих технологий необходимо иметь доступ к большим объемам данных и квалифицированных специалистов, а также использовать нереляционные подходы к построению хранилищ данных.

Таким образом, использование технологий Data Mining и машинного обучения в производственном процессе может значительно улучшить эффективность работы предприятия и повысить качество продукции. Однако для успешной реализации этих технологий необходимо иметь доступ к большим объемам данных и высококвалифицированных специалистов, а также использовать горизонтально масштабируемую систему хранения данных, интегрированную в единую информационно-телекоммуникационную сеть. Только такой подход позволит получить полную картину производственных процессов и применить алгоритмы Data Mining для анализа данных и оптимизации производства.

1. Увеличение качества продукции и оказываемых услуг. Анализ больших объемов данных позволяет выявлять скрытые закономерности и зависимости, что помогает улучшать качество продукции и услуг, а также оптимизировать производственные процессы.

2. Уменьшение издержек на ТО и хранение запасов. Анализ больших данных позволяет точно прогнозировать спрос на продукцию, что помогает сократить затраты на хранение запасов, а также оптимизировать процессы технического обслуживания оборудования.

3. Оптимизация бизнес-процессов. Анализ больших данных позволяет выявлять узкие места в бизнес-процессах и оптимизировать их, что помогает повысить эффективность работы предприятия.

4. Увеличение производительности. Анализ больших данных позволяет выявлять факторы, влияющие на производительность, и оптимизировать производственные процессы, что помогает увеличить производительность предприятия.

5. Развитие новых бизнес-направлений. Анализ больших данных позволяет выявлять новые возможности для развития бизнеса и создания новых продуктов и услуг, что помогает предприятию оставаться конкурентоспособным на рынке.

6. Более эффективное взаимодействие с потребителями. Анализ больших данных позволяет понимать потребности и предпочтения потребителей, что помогает создавать более эффективные маркетинговые стратегии и улучшать качество обслуживания клиентов.

7. Повышение уровня безопасности. Анализ больших данных позволяет выявлять потенциальные угрозы безопасности и принимать меры для их предотвращения, что помогает обеспечить более высокий уровень безопасности на предприятии.

Также стоит отметить примеры использования «больших данных» в других сферах деятельности. Например, в медицине анализ больших данных помогает выявлять новые методы лечения и диагностики заболеваний, а также оптимизировать работу медицинских учреждений. В образовании анализ данных помогает улучшать качество обучения и создавать индивидуальные программы для каждого ученика. В государственном управлении анализ данных помогает принимать более эффективные решения и оптимизировать бюджетные расходы.

Таким образом, использование технологии «большие данные» имеет огромный потенциал для повышения эффективности работы предприятий и улучшения качества продукции и услуг, а также для развития новых бизнес-направлений.

В рамках исследования, проведенного компанией MPI Group, респондентами которого являлись руководители 350 крупных предприятий, 76% опрошенных выразили намерение уже в ближайшее время расширить использование технологии «больших данных». На настоящий момент на рынке имеется класс продуктов, дающий возможность решать трудности обработки «больших данных». Рассмотрим основные из них.

- Electron Data Solutions – система, предназначенная для обеспечения других приложений необходимыми данными в нужное время. С ее помощью происходит изучение, а также размножение данных для проведения сделок;

- Electron Community Solutions – система, с эффективным и динамичным торговым процессом на глобальных площадках, для общения с партнерами, а также для введения рыночных данных;

- MapReduce – модель обработки данных на компьютерных кластерах, разработанная компанией Google, содержащая в себе функции: map, разбивающая данные на группы, которые после обрабатываются параллельно, и reduce, объединяющую результаты в варианты ответов;

- HADOOP – ПО для разработки различных программ, это довольно мощный инструмент для обработки данных. Файловая система, позволяющая хранить информацию неограниченного объема для параллельной обработки больших объемов информации на множестве узлов оборудования;

- MPP (массово-параллельная архитектура), аналогично технологии MapReduce, преобразует данные, распределяя их по множеству узлов, которые выполняют обработку данных одновременно, но, благодаря более тесной работе с Hadoop, данные

можно обработать одним запросом. С помощью полученных данных собирается конечный результат;

- NoSQL – технология, дающая встроенные возможности горизонтального масштабирования и параллельной обработки, быстрого получения результатов, но при этом структура данных максимально простая. Используется для сбора и хранения информации в соц.сетях, решающих задачи с «трудными» запросами или бизнес-аналитике.

На основе этих платформ разрабатывается ПО для решения различных задач, работающего или в режиме реального времени и потоковых данных с принятием решения на основе выбора дальнейших шагов, либо по запросу на основе анализа и предсказания каких-либо событий.

В заключение следует сказать, что «большие данные» предлагают предприятию неограниченные возможности в плане принятия более обоснованных решений, оптимизации и повышения эффективности деятельности, а также создания новых продуктов и услуг, т.е. буквально создают предприятие «реального времени». Но, при решении вопроса о введении технологии, нельзя забывать о информационной безопасности, энергетической полезности, корректном толковании информации в условиях ее перетасовки, неоднозначности и неполноты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Big Data и блокчейн – это прорыв в области анализа данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forklog.com/big-data-i-blokchejn-proryv-v-oblasti-analiza-dannyh/>.

2. Cisco прогнозирует почти четырехкратный рост облачного трафика к 2020 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cisco.com/c/ru_ru/about/press/press-releases/2016/11-14.html.

3. Rob Petersen, 38 big facts on Big Data every business leader should know [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bamraisersnc.com/2012/12/38-big-facts-big-datacompanies/>.

УДК 667.637.2

**С.В. ГОРБУНОВ, Д.В. СУВОРОВ,
И.Н. КОРОСТЕЛЕВ, В.А. ШЕВЕЛЁВ****Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина****ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ**

Ионно-плазменная технология формирования защитных покрытий герконов является будущим технологического процесса изготовления герконов. Нитродосодержащие покрытия образованные ионно-плазменной обработкой являются более конкурентоспособными по отношению к традиционным гальванопокрытиям на основе редких и благородных металлов. Газовое наполнение герконов позволяет зажигать разряд между контактами и использовать его для дополнительной обработки. Исследованы характеристики разряда для одного из наиболее распространённых типов герконов – МКА 14103. Найден оптимальный режим ионно-плазменной обработки (ИПО). Разработана установка, позволяющая выполнять ИПО одновременно в 104 герконах.

Геркон (магнитоуправляемый герметизированный контакт) – электромеханическая система, состоящая из контактов, изготовленных из пермаллоя (сплава никеля и железа), запаянных в герметичный стеклянный баллон, заполненный защитным газом, в качестве которого используют азот, аргон, водород или их смеси. Для получения малого по величине и стабильного во времени переходного электрического сопротивления, обеспечения длительной безотказной работы герконов на поверхность контактов наносят защитные покрытия. В традиционной технологии производства герконов используют покрытия из благородных и драгоценных металлов (золота, палладия, родия, рутения), которые получают гальваническим способом [1].

Используемый технологический приём имеет ряд существенных недостатков:

- трудоёмкость, токсичность и нестабильность процесса;
- дороговизна оборудования и используемых электролитов;
- электро и материалоёмкость;
- расход и потери драгоценных материалов;
- разброс параметров получаемых покрытий.

В связи с этим актуальным является поиск альтернативных способов нанесения защитных покрытий, позволяющих уменьшить трудоёмкость изготовления, исключить использование дорогостоящих материалов и снизить себестоимость герконов.

С учётом особенностей конструкции герконов особый интерес представляют покрытия, содержащие нитриды железа и никеля, которые обладают высокой эрозионной, коррозионной стойкостью и электропроводимостью. Нитридосодержащие покрытия могут быть получены методом ионно-плазменного азотирования (ИПА) или ионно плазменного напыления [2]. Наибольшее распространение получил метод ИПА поверхности металлов. Он представляет собой химико-термическую обработку металлов в газовом разряде, обеспечивающую насыщение их поверхностного слоя азотом. Разряд образует активную среду (ионы и атомы азота), формирующие в поверхностном слое металлов азотированный слой, состоящий из нитридной и диффузионной зон [3 – 5].

Особый интерес представляет вариант ИПА поверхности контактов, который может быть выполнен без использования дорогостоящего оборудования внутри каждого геркона на финишной стадии его изготовления. Контакты герконов в этом случае выполняют функцию электродов (катода и анода), а заполненный азотом стеклянный баллон представляет собой миниатюрную реакционную камеру.

Принципиальное отличие предлагаемой технологии формирования нитридосодержащих покрытий от известных способов ИПА заключается в том, что обработку контактных поверхностей герконов необходимо осуществлять в особых условиях: давление азота 300 мм рт. ст., межэлектродный зазор 30 – 200 мкм, длина стеклянного баллона 14 – 50 мм, температура контактов не превышает 500°C (температура размягчения материала стеклобаллона). В связи с этим разнообразный опыт применения ИПА не может быть «механически» использован для решения поставленной задачи.

Оборудование для ионно-плазменной обработки контактов герконов

Как отмечено выше, азотирование поверхности контактов может быть осуществлено путем возбуждения газового тлеющего разряда индивидуально в каждом герконе. В процессе ИПА требуется поддерживать оптимальную температуру контактов и пропускать через разрядный промежуток определенный суммарный заряд. При этом покрытие должно быть сформировано на поверхностях обоих электродов.

Как отмечено в [3–5], в тлеющем разряде наиболее интенсивно происходит азотирование поверхности катода. В связи с этим целесообразно использовать следующие варианты обработки контактов герконов:

- в разряде постоянного тока при периодической смене полярности приложенного внешнего напряжения;
- в импульсно-периодическом разряде.

Последующие исследования выполнены на промышленных герконах МКА–14103, изготовленных без гальванических покрытий.

В работе [6] установлено, что при приложении к герконам постоянного напряжения в них возникал периодический разряд в виде коротких (150 нс) импульсов с фронтом нарастания 60 нс, амплитудой порядка 1.0 мА и периодом следования 10 мкс.

Наблюдаемый эффект обусловлен тем, что стационарное значение тока разряда при напряжении зажигания разряда в герконе не обеспечивается разрядной цепью в непрерывном режиме из-за большого (68 МОм) ограничительного сопротивления. Ток лишь кратковременно поддерживается зарядом, накопленным в межконтактной и внешней паразитной емкости (около 1 пф). В результате напряжение на ней быстро уменьшается, становится недостаточным для поддержания разряда, ток прекращается, емкость вновь заряжается до напряжения зажигания разряда и процессы повторяются. Снижение же величины ограничительного сопротивления приводило к интенсивному разрушению поверхности контактов.

С учетом данного обстоятельства особый интерес для ИПА контактов герконов представляет импульсно-периодический тлеющий разряд. Кроме удобства реализации и простоты управления процессами ИПА в этом случае достигается высокая концентрация атомарного азота в паузе между импульсами в результате интенсивной диссоциативной рекомбинации молекулярных ионов и метастабильных атомов азота [7].

Первоначально импульсный режим поддержания разряда в герконах исследовался с помощью схемы генератора, представленного на рисунке 1. Он обеспечивал формирование электронным ключом на высоковольтном биполярном транзисторе однополярных импульсов напряжения амплитудой 500–1000 В, длительностью 20–300 мкс при частоте следования 0.1–3.0 кГц. Величина ограничительного сопротивления в цепи геркона составляла 10–100 кОм, амплитудное значение тока разряда находилось в диапазоне 3–60 мА.

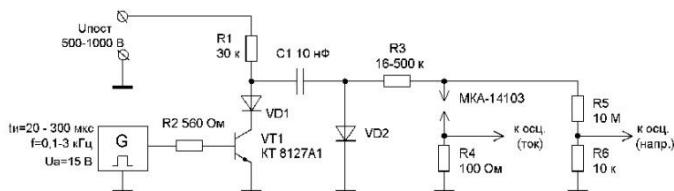


Рисунок 1 – Электрическая принципиальная схема генератора импульсного напряжения

Осциллограммы импульсов напряжения на разрядном промежутке и тока разряда в герконе при двух значениях ограничительного сопротивления представлены на рисунке 2. Начальный участок импульса напряжения соответствует статистическому запаздыванию разряда (t_z), составляющему ~ 5 мкс при частоте следования импульсов в 3 кГц. После этого ток резко увеличивается и формируется тлеющий разряд (горизонтальные участки на осциллограммах). Напряжение возникновения самостоятельного разряда (U_v) в герконах составляло 350–400 В.

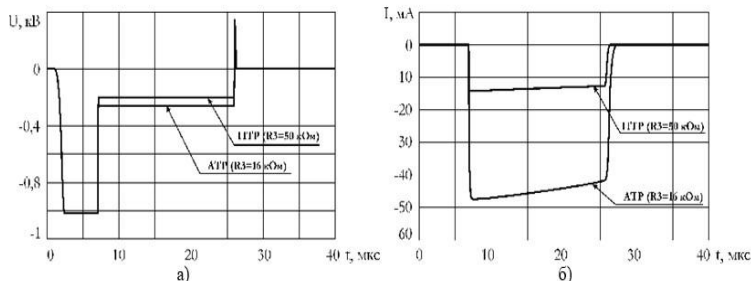


Рисунок 2 – Осциллограммы напряжения (а) и тока (б) при амплитуде импульсов 1 кВ, частоте следования 3 кГц и двух значениях ограничительного сопротивления (16 кОм и 50 кОм)

В случае использования ограничительного сопротивления в 50 кОм формировался нормальный тлеющий разряд, амплитуда тока составляла 12 мА, а напряжение поддержания разряда $U_p \approx 200$ В. При уменьшении сопротивления до 16 кОм ток возрастал до 50 мА и устанавливался аномальный тлеющий разряд при $U_p \approx 240$ В.

При среднем значении разрядного тока, превышающем 1.0 мА, уже после 10 минут наблюдалось ионное распыление контактной поверхности геркона, находящейся под отрицательном потенциалом.

Из полученных результатов следует, что эффективное использование импульсно-периодического разряда для обработки контактов герконов возможно при выполнении следующих условий:

- регулируемая амплитуда импульсов должна превышать напряжения пробоя разрядного промежутка обрабатываемого геркона;
- для снижения тз целесообразно использовать частоту следования импульсов в диапазоне 10–30 кГц;
- для предотвращения разрушения поверхности контактов в герконе необходимо поддерживать слабо аномальный тлеющий разряд при среднем токе, меньшем 1.0 мА;
- импульсный источник должен обеспечивать формирование симметричных разнополярных импульсов напряжения, а также мощность достаточную для одновременного возникновения и поддержания тлеющего разряда в нескольких сотнях параллельно подключенных герконов;
- последовательно с каждым герконом включено ограничительное (балластное) сопротивление.

Разнополярные импульсы переменной длительности и частоты следования могут быть сформированы разными способами. Один из таких способов предполагает использования формирователя с коммутируемым электронными ключами трансформатором. Однако указанные требования к параметрам импульсов приводят к значительным сложностям при конструировании мощного импульсного трансформатора с жесткой магнитной связью между обмотками и минимальными паразитными параметрами.

Другой способ формирования разнополярных импульсов напряжения прямоугольной формы основан на использовании регулируемого источника постоянного напряжения и коммутатора, выполненного по мостовой схеме на высоковольтных транзисторах. В одну диагональ коммутатора включается источник питания, в другую – нагрузка. К нагрузке через диагонально открываемые ключи подключается источник питания. Полярность подключения источника к нагрузке определяется тем, какая из пар ключей в данный момент открыта.

Амплитуда импульса, независимо от его полярности, устанавливается напряжением на выходе источника. Длительность импульсов, частота их повторения и количество импульсов каждой полярности регулируется алгоритмом управления ключами. Длительность фронтов импульсов определяется, в основном, способностью источника питания перезаряжать паразитные емкости нагрузки. При таком построении генератора форма импульса,

подаваемого на герконы, не зависит от количества параллельно включенных ветвей.

Формирования разнополярных импульсов напряжения переменной длительности и частоты следования осуществлялось по следующей схеме:



Рисунок 3 – Функциональная схема импульсного генератора: ВИП – высоковольтный источник питания; ИНП – низковольтный источник питания

Последовательно с каждым герконом включены балластные сопротивления, ограничивающие ток, и форсирующие емкости, облегчающие пробой герконов.

Электрическая схема генератора представлена на рисунке 4. Он состоит из двух полевых транзисторных высоковольтных каскадов, включенных по Push – Pull схеме.

Первый каскад – каскад «А», второй каскад – каскад «В». Стоки верхних транзисторов подключены к положительному полюсу фильтра «+U», истоки нижних транзисторов – к отрицательному полюсу фильтра «-U». Выход первого каскада, условно названный статическим, подключен к шине «Корпус». На выходе второго каскада, условно названного динамическим, формируется импульс амплитудой U_m . Схема управления затвором (СУЗ) обеспечивает заряд ёмкости затвора транзисторов выходных каскадов и его сохранение при положительном импульсе на вторичной обмотке трансформаторов и разряд этой ёмкости при отрицательной полярности импульса.

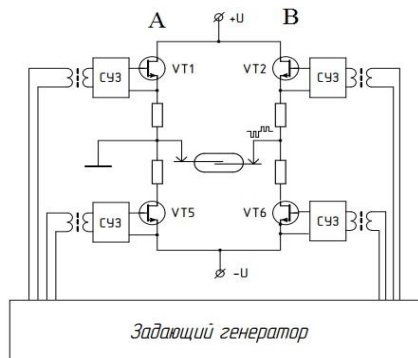


Рисунок 4 – Электрическая принципиальная схема формирования импульсов напряжения.

Управление каскадами осуществляется от задающего генератора через трансформаторную развязку следующим образом. Первый каскад подключает один из полюсов фильтра, допустим «+U», к шине «Корпус», для чего открывается транзистор VT1. А во втором каскаде одновременно открывается на заданную длительность транзистор VT6, формируя таким образом относительно «Корпуса» полку импульса амплитудой U_m . Затем в этом каскаде VT6 закрывается и открывается VT2. В результате выход каскада оказывается подключенным к цепи «Корпус». Напряжение на выходе второго каскада становится равным нулю. С заданным периодом переключением транзисторов второго каскада может быть сформирован второй и все последующие импульсы. При подключении первым каскадом к корпусу через транзистор VT5 отрицательного полюса фильтра «-U» во втором каскаде полка импульса будет формироваться транзистором VT2, а нулевой потенциал будет обеспечиваться открыванием транзистора VT6. Очевидно, что в пачке будет формироваться знакопеременная последовательность импульсов. Учитывая, что падение на открытом транзисторе мало, амплитуда импульсов практически будет равна напряжению источника питания.

По схемам, представленным на рисунках 3-4, изготовлен образец установки, позволяющей осуществлять ИПА контактов 104 герконов.

Конструктивно установка имеет две самостоятельные составные части – силовой модуль и высоковольтный источник питания. Силовой модуль содержит восемь контактирующих узлов для подключения 104 герконов, формирователь высоковольтных импульсов и панель управления.

Эпюры импульсных напряжений, формируемых генератором, и токов, проходящих через герконы в режиме азотирования, приведены на рисунке 5.

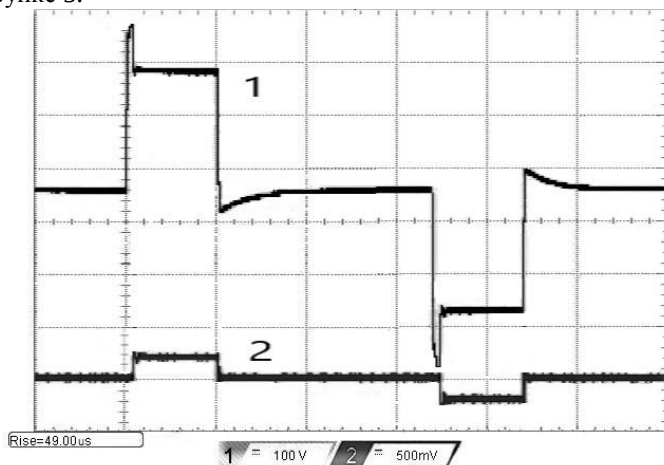


Рисунок 5 – Эпюры рабочих напряжений (1) и токов (2)

Технология ИПА поверхности контактов герконов

При выборе оптимальных режимов ИПА контактов герконов по методикам, используемым в производстве герконов, контролировались следующие параметры: R_n – статическое переходное электрическое сопротивление, $F_{ср}$ – магнитодвижущая сила срабатывания, $F_{от}$ – магнитодвижущая сила отпускания, K_v – коэффициент возврата и $U_{пр}$ – напряжение пробоя.

После обработок в разряде опытные образцы герконов подвергались коммутационным испытаниям на безотказность и долговечность [1].

На первой стадии работ были определены условия существования устойчивого тлеющего разряда в герконах, не приводящие к интенсивному катодному распылению поверхности контакт-деталей. Затем эмпирическим путем были определены режимы ИПА контакт-деталей герконов, которые обеспечивают снижение их переходного электрического сопротивления до значений $R_{н\leq} 0.1$ Ом:

- ограничительные сопротивления 100–180 кОм;
- амплитуда импульсов напряжения 580–650 В, длительность 20–30 мкс при частоте следования 20–25 кГц;
- амплитуда импульсов тока разряда 1.0–3.0 мА,
- время ИПА поверхности контактов герконов 2–3 часа.

В этих условиях формируется слабо аномальный тлеющий разряд, в котором $U_{\text{в}}=360$ В, $U_{\text{п}}=240$ В, а $t_{\text{з}}$ не превышает 1 мкс (рисунок 5).

В тлеющем разряде поверхность контактов герконов подвергается периодической ионной бомбардировке, которая сопровождается двумя конкурирующими процессами – катодным распылением и ИПА поверхности контактов. Данное обстоятельство позволяет использовать оба полезных свойства разряда для обеспечения воспроизводимого процесса ИПА [8].

На первом этапе ИПА осуществлялась обработка контактов герконов при амплитуде разрядного тока, равной 3.0 мА. В этом случае преобладало катодное распыление поверхности контактов, которое приводило к очистке их поверхности от различных загрязнений (окислов, продуктов термического разложения стекла и др.), которые препятствует поступлению атомарного и ионизированного азота на поверхность контактов. На втором этапе амплитудное значение тока снижается до 1.0 мА, что приводит к началу ИПА поверхности контактов.

Продолжительность первого и второго этапов обработки поверхности контактов герконов составляет соответственно 30–90 и 90–120 минут.

Топография и состав поверхности контактов после ИПА, полученные с помощью рентгеновского микроанализатора JSM 6610LV, представлены на рисунках 6-7.

Из полученных данных следует, что нитридосодержащее покрытие образуется в локальных участках поверхности контактов, непосредственно участвующих в поддержании тлеющего разряда в режиме ИПА. Содержание атомов азота в этих участках составляет 9.0 – 20.0%.

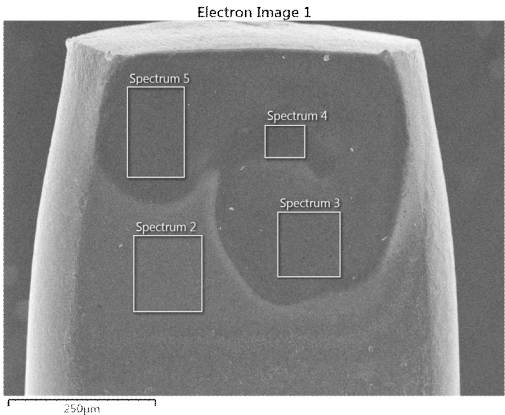


Рисунок 6 – Электронное изображение контакта геркона

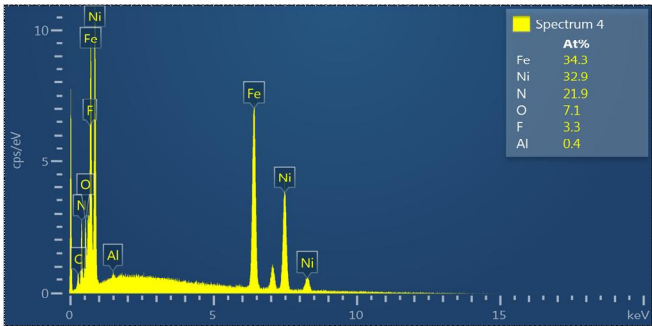


Рисунок 7 – Элементный состав защитного покрытия контакта

Типичные результаты ионно-плазменной обработки герконов в тлеющем разряде представлены в таблице 1.

Таблица 1. Ионно-плазменная обработка герконов в тлеющем разряде

№ образца	МДС _{сраб.} (А)	МДС _{отп.} (А)	K_B	R_{II} , Ом	U_{II} , В
Исходное состояние					
1	13	8	0.62	0.14	300
2	13.5	5	0.48	0.12	295
3	13	6	0.46	0.14	300
4	11.5	7	0.61	0.19	270
5	13	4.5	0.35	0.15	290
6	14	5	0.39	0.11	300
7	14	6	0.50	0.105	295
8	14.5	7	0.48	0.17	310
9	14	5.5	0.43	0.14	295

10	13.5	7	0.52	0.12	305
После азотирования					
1	13	8	0.62	0.12	190
2	13.5	7	0.48	0.08	250
3	13	5	0.46	0.07	240
4	11.5	7	0.61	0.12	220
5	13.5	5	0.37	0.08	240
6	14	5	0.39	0.10	240
7	14	7	0.50	0.08	230
8	14.5	7	0.48	0.10	245
9	14	5.5	0.43	0.09	230
10	13.5	7	0.52	0.07	235

Из таблицы 1 следует несколько важных выводов:

- у 80% герконов РП не превышает 0.1 Ом;
- КВ герконов находится в диапазоне допустимых значений, равных 0.37–0.61;
- после ионно-плазменной обработки УПР герконов снижается, что свидетельствует об убыли азота в их объеме.

Результаты коммутационных испытаний (КИ) герконов на безотказность приведены в таблице 2.

Таблица 2. КИ герконов на безотказность

№ образца	Переходное сопротивление, Ом	Коэффициент возврата	Наработка (n)
Режим КИ: 100В-10мА-50Гц (норма $n=5.0 \cdot 10^5$ срабатываний)			
1	0.10	0.42	норма
2	0.09	0.43	норма
3	0.09	0.33	$4.2 \cdot 10^5$
4	0.09	0.47	норма
5	0.09	0.41	норма
6	0.10	0.38	норма
Режим КИ: 50В-50мА-50Гц (норма $n=5.0 \cdot 10^5$ срабатываний)			
7	0.10	0.46	норма
8	0.15	0.58	норма
9	0.12	0.53	норма
10	0.09	0.43	норма
11	0.13	0.5	норма
12	0.09	0.57	норма
Режим КИ: 24В-400мА-50Гц (норма $n=5.0 \cdot 10^5$ срабатываний)			
13	0.12	0.42	норма
14	0.13	0.43	норма

15	0.13	0.42	норма
16	0.13	0.35	норма
17	0.11	0.46	норма
18	0.13	0.4	норма

Из таблицы 2 следует, что герконы успешно выдерживают все предусмотренные регламентами производства режимы коммутационных испытаний. Незначительные отклонения наблюдаются только при выполнении первого режима (100В-10мА-50Гц): отдельные герконы теряют работоспособность при n , несколько меньшей чем $5 \cdot 10^5$ срабатываний.

В результате выполненных исследований разработана технология ИПА поверхности контактов герконов в импульсном периодическом тлеющем разряде. Она осуществляется непосредственно внутри каждого геркона на финишной стадии его изготовления. При этом вначале осуществляется очистка поверхности контактов импульсами тока с повышенной амплитудой, затем амплитуда снижается и производится непосредственно азотирование данной поверхности.

Технология ИПА позволяет получать нитридосодержащие защитные покрытия поверхности контактов герконов, которые обеспечивают их работоспособность во всех используемых коммутационных режимах.

Использование данной технологии позволяет снизить себестоимость герконов и исключить все негативные аспекты применяемых в настоящее время гальванических методов нанесения защитных покрытий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Карабанов С.М., Майзельс Р.М., Шоффа В.Н. Магнитоуправляемые герметизированные контакты (герконы) и изделия на их основе. – М.: Интеллект, 2011. – 408с.
2. Чаттерджи-Фишер Р., Эйзелл Ф.В. Азотирование и карбонитрирование / Под ред. Супова А.В. – М.: Металлургия. – 1990. – 280 с.
3. Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах / Б.Н. Арзамасов. – М.: Машиностроение. – 1979 г. – 224 с.
4. Бабад-Захряпин А.А. Химико-термическая обработка в тлеющем разряде / А.А. Бабад-Захряпин, Г.Д. Кузнецов. – М.: Атомиздат. – 1975. – 175 с.
5. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. – М: Машиностроение. – 1976. – 256 с.

6. Коротченко В.А. Исследование газового разряда в герконах / В.А. Коротченко, Д.В. Суворов, Е.И. Панкратов // Магнитоуправляемые контакты (герконы) и изделия на их основе: сборник трудов первой международной научно-практической конференции. – Рязань. – 2005 г. – С. 122-125.

7. Гаврилов А.С., Мамаев А.В. Азотирование нержавеющей стали в плазме импульсного электронного пучка. – Письма в ЖТФ. – 2016. – Т. 42, вып. 9. – С. 97-98.

8. Горбунов С.В., Колесова С.А., Крютченко О.Н., Орлов А.В. Способ изготовления защитного покрытия контакт-деталей герконов. – Патент РФ №2751790. – 2021.

УДК 004.65

А.А. ГРУДОВЕНКО

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ОСОБЕННОСТИ И ЗНАЧИМОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ РЭА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММ ЭМУЛЯТОРОВ

Рассматриваются вопросы о различных видах испытаний РЭА, необходимости их проведения и применения макетов испытаний в ходе проведения лабораторных работ.

Разработка и внедрение радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) не обходится без испытаний, проводимых на разных этапах производства. В процессе испытаний проверяется работоспособность и точность выходных значений или требуемых показателей как отдельных элементов РЭА, так и комплексное опробование самого прибора. В программе испытаний (ПИ) приводится информация об объекте испытания (срок его изготовления, номер паспорта, особенность конструкции и технологии изготовления), а также параметры, подлежащие прямому или косвенному измерению, критерии годности изделия, требования к внешнему виду и электрические параметры. В результате проведенных испытаний устанавливаются сроки службы, гарантия качества, периодичность технического обслуживания РЭА. Так же одной из важных целей испытаний является обнаружение случайных дефектов материалов и элементов конструкций, необнаруженных при техническом контроле.

Виды испытаний, в соответствии с ГОСТ 16504-81 (редакции 2003), зависят от разновидности продукции, условий проведения, применяемых средств испытаний и систематизируются по основным признакам контроля. Рассмотрим некоторые из них.

1. Испытания на ударную прочность – это тестирование материалов и конструкций на их способность выдерживать ударные нагрузки и сохранять свои механические характеристики после удара. Цель таких испытаний – определить прочность и деформируемость материалов, поставить вопрос об их возможных вариантах применения с технической и экономической точек зрения, и оценить возможность их использования в условиях, которые ранее были недостижимыми. Результаты испытаний на ударную прочность помогают существенно расширить сферу применения материалов конструкций, определить их технические характеристики, оценить их прочность и долговечность в сложных эксплуатационных условиях

Такие испытания проводятся одним из следующих методов:

- при верхнем рабочем значении пикового ударного ускорения. Это основной метод проведения испытаний на ударную прочность.

- ускоренное испытание при значении пикового ударного ускорения, превышающем верхнее рабочее значение. Его допускается применять при периодических испытаниях.

На ударную прочность испытывают изделия, которые предварительно испытывали на ударную устойчивость, если данный вид испытания предусмотрен в ГОСТ и ТУ. Испытательная установка (ударный стенд) должна обеспечивать получение механических ударов многократного действия с амплитудой ускорения, соответствующей заданной степени жесткости.

2. Испытания на надежность. Проводятся для определения показателей надежности в заданных условиях.

Под надежностью принято понимать совокупность свойств, обеспечивающих безотказность, ремонтпригодность и долговечность приборов и систем. Безотказность предусматривает свойство системы сохранять работоспособность в течение заданного времени в определенных условиях эксплуатации. Понятие надежности тесно связано с другим важнейшим понятием теории надежности – отказом, определяющим полную или частичную утрату работоспособности приборов и систем.

Для определения надежности приборов и систем устанавливают данные об отказах, анализируют причины их возникновения, оценивают запасы прочности и устойчивости систем, их способность к нормальному функционированию при отдельных ошибках

обслуживающего персонала, а также при различных внешних воздействиях.

3. Разрушающие испытания. Проводятся для проверки соответствия параметров и свойств объекта контроля или материала, из которого он изготовлен, определенным требованиям. В момент проведения испытаний определяется поведение материала при воздействиях, вызывающих его разрушение. Преимуществом таких испытаний является возможность получения качественных характеристик исследуемого материала. Разрушающий контроль применяется для выборочных испытаний отдельных образцов изделия, по результатам которых с помощью статистической обработки, делается заключение о качестве продукции.

4. Электрические испытания. Проводятся для проверки соответствия РЭА требованиям ГОСТ и ТУ и определения его работоспособности и безопасности. В зависимости от типа и назначения прибора, могут проводиться следующие виды испытаний.

4.1. Испытания на прочность изоляции – проводятся для определения степени надежности изоляционных материалов и соединений, предотвращения коротких замыканий и повреждений оборудования. В ходе испытаний производится подача высокого напряжения (например, до 3000 В) на поверхность изоляции или между проводниками. Это позволяет обнаружить дефекты изоляции, такие как трещины, протечки или деформации.

4.2. Испытания на сопротивление изоляции – проводятся для определения степени изоляции проводников от земли и других проводников. Они проводятся путем подачи постоянного или переменного напряжения на проводники и измерения сопротивления изоляции, используя специальные измерительные устройства.

4.3. Испытания на работоспособность – проводятся для проверки нормальной работы электроаппаратуры и ее соответствия требованиям нормативной документации. В ходе испытаний обычно производится подача определенного напряжения и тока на аппарат, а затем проводится анализ его работы и измерение характеристик.

4.4. Испытания на безопасность – проводятся для определения соответствия РЭА требованиям электробезопасности и защиты от поражения электрическим током. В ходе испытаний аппарат подвергается воздействию различных условий, таких как высокое напряжение, перегрузки, короткие замыкания и т. д. Важно отметить, что подобные испытания должны проводиться только квалифицированными специалистами, которые обладают необходимыми знаниями и опытом в области электротехники.

5. Климатические испытания. Климатические испытания РЭА являются необходимым этапом перед ее внедрением в эксплуатацию. Они позволяют определить устойчивость электроаппаратуры к воздействиям различных климатических условий: температуры, влажности, солнечного излучения и др. Рассмотрим подробнее различные виды климатических испытаний.

5.1. Испытание на воздействия инея и росы.

Представляют собой один из методов, используемых для определения устойчивости поверхностей к повреждению в условиях формирования и нанесения ледяных образований.

Иней и роса представляют собой конденсированную влагу, которая образуется на поверхностях в результате изменения температуры и влажности окружающей среды. Для проведения испытания на воздействие инея и росы используется специальное оборудование, которое позволяет создавать условия для образования льда на поверхности испытуемой детали. В зависимости от условий эксплуатации и требований, предъявляемых к поверхностям, испытание может проводиться при различных температурах и влажностях. Во время испытания иней и роса наносятся на поверхность испытуемой детали в течение определенного времени. После этого производится оценка состояния поверхности, включающая определение величины и характера повреждений. Более тщательная оценка может быть проведена с помощью оптического микроскопа или сканирующего электронного микроскопа. Испытания на воздействие инея и росы являются важным этапом в разработке и тестировании материалов и покрытий, которые будут использоваться в условиях, связанных с образованием ледяных образований.

5.2. Испытание на воздействия изменения температур.

Испытания на воздействие изменения температур проводятся с целью определения устойчивости и надежности изделий, материалов или конструкций при изменении температуры. Испытания на воздействие тепла проводятся в соответствии с требованиями стандартов и методик испытаний. Испытания могут проводиться как на повышение, так и на понижение температуры. Диапазон температур зависит от типа и назначения изделия. При проведении таких испытаний испытуемый объект помещается в камеру, которая соответствует стандартам и методикам испытаний. Затем температура в камере изменяется, и объект подвергается воздействию этой температуры в течение установленного интервала времени. Испытания на воздействие холода проводятся по аналогии с испытаниями на воздействие тепла.

5.3. Испытание на воздействие солнечного излучения.

Они позволяют определить устойчивость электроаппаратуры к солнечному излучению и проверить, насколько оно способно выдерживать его в течение длительного времени.

Данному виду испытаний подвергаются РЭА или применяемые в них конструктивные элементы и покрытия, выполненные из органических материалов, которые не подвергались другим видам испытаний. Облучение изделий или деталей осуществляют в камере солнечной радиации источниками ультрафиолетового (УФ) излучения. По окончании испытания изделия достают из камеры и проводят осмотр их внешнего вида и измерение параметров, указанных в ТУ или ПИ.

5.4. Испытания на воздействие повышенной влажности.

Определяют способности материалов, компонентов и изделий противостоять влиянию влаги и сохранять свои свойства и функциональность в условиях высокой влажности. Для этого проводятся различные испытания. Рассмотрим некоторые из них.

1. Хранение в условиях высокой влажности. Изделия ставят в специальные камеры, где создают высокую влажность. В таких условиях они хранятся определенное время, обычно несколько часов или дней, и затем проверяют на изменения своих свойств.

2. Конденсационные тесты. Изделия ставят в камеру со сменным воздухом, где воздух охлаждается до точки росы, что вызывает конденсацию влаги на поверхности. Такие тесты могут использоваться для проверки герметичности материалов и компонентов. Все эти тесты проводятся в соответствии с промышленными и научными стандартами и требованиями. Результаты испытаний воздействия высокой влажности позволяют определить стойкость материалов и изделий к воздействию влаги и разработать эффективные меры для улучшения их защиты.

5.5. Испытание на ветроустойчивость.

Ветроустойчивостью называют способность РЭА сохранять, при воздействии ветра, свои характеристики в пределах норм, установленных в ГОСТ, ТУ или ПИ.

После измерений характеристик в нормальных условиях, заданных для испытаний данного вида, изделие устанавливают в рабочем положении в аэродинамической трубе или под вентиляционной установкой. Далее изделие включают и обдувают воздушным потоком под различными углами (через 45°) по 5-10 мин в каждом положении (в направлении наибольшей парусности продолжительность обдува должна быть 20 мин). При воздействии

воздушного потока проверяют требуемые характеристики, потом прекращают подачу воздуха и выключают изделие. Затем изделие второй раз обдувают воздушным потоком со скоростью не менее 50 м/с под углами через 45° по 5-10 мин в каждом положении. После пребывания в нормальных условиях эксплуатации в течение времени, установленного в ГОСТ или ТУ, изделие включают и в рабочем режиме проверяют требуемые характеристики.

Рассмотрев некоторые из видов испытаний, можно сделать вывод, что большинство из них проводятся в специальных камерах или стендах таких, как вибростенд, камера тепла и холода, динамической пыли, тепла и влажности, глубокого вакуума, дождя, солевого тумана и многих других. Благодаря применению такого оборудования получается в достаточно короткий срок и максимально приближенно к реальным условиям воздействия провести необходимые испытания.

В программу обучения различных специалистов входят не только теоретические, но и практические занятия. Практическое изучение материала не обходится без проведения лабораторных работ. Для улучшения качества обучения будущих инженеров-испытателей и тестировщиков важно не только подробное изучение теории, но и наглядность проведения испытаний, которую они получают на практических занятиях. Как было сказано ранее, многие из испытаний проводятся в камерах или на стендах. Лабораторные работы должны максимально детально описывать процесс их работы, а также порядок проведения испытаний. Оборудование для реальных испытаний объемное и дорогостоящее, его использование в обучающем процессе нерационально. В век высоких технологий более целесообразным является применение программ эмуляторов различных видов испытаний.

Программные эмуляторы – это компьютерные программы, которые создают виртуальный аппаратный образ, который полностью имитирует условия реального оборудования. Таким образом, программный эмулятор является удобной и более дешевой альтернативой оборудованию. Программы-эмуляторы доступны на различных операционных системах. Каждый эмулятор имитирует виртуальное окружение и работает как реальное устройство. Отличительная особенность программ-эмуляторов – это возможность создания необходимых условий для проведения тестирования без реального оборудования.

Создание подобных программ может производиться в различных средах графического программирования, например **LabVIEW**.

Среда **LabVIEW** (сокращение от Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) – это программное обеспечение, разработанное компанией National Instruments для создания высокопроизводительных систем управления, контроля и измерений в научных и промышленных областях. Она представляет собой современную, высокоэффективную среду графического программирования и позволяет создавать гибкие и масштабируемые приложения измерений и тестирования с минимальными временными и денежными затратами. Благодаря этим особенностям, и новички, и эксперты могут легко и быстро создавать приложения в LabVIEW. Интуитивно понятный процесс графического программирования позволяет уделять больше внимания решению проблем, связанных с измерениями и управлением, а не программированию.

Основные плюсы LabVIEW.

1. Простота использования: графический интерфейс программы позволяет создавать визуальные блок-схемы, что делает разработку и отладку процессов программы намного проще и быстрее.

2. Универсальность: LabVIEW используется в различных областях, включая научные исследования, медицину, энергетику, автомобильную промышленность и многие другие.

3. Интеграция: LabVIEW позволяет интегрировать данные из разных источников, таких как датчики, контроллеры, камеры и другие устройства.

4. Поддержка большого количества аппаратного обеспечения: LabVIEW поддерживает различное аппаратное обеспечение, что позволяет использовать его для контроля и управления различными системами.

5. Большое количество готовых компонентов: LabVIEW содержит множество готовых компонентов и инструментов, которые позволяют существенно ускорить процесс разработки.

6. Мощный язык программирования: LabVIEW использует уникальный язык программирования, который позволяет легко описывать сложные процессы и алгоритмы.

7. Широкие возможности для визуализации данных: LabVIEW позволяет визуализировать данные в удобном для пользователя виде, включая графики, диаграммы, таблицы и многое другое.

Программа, созданная в среде LabVIEW, называется виртуальным прибором, потому что ее вид и функционирование будут имитировать работу физического прибора.

Благодаря своей гибкости и масштабируемости, она может использоваться на всех этапах технологического процесса: от

моделирования и разработки прототипов продуктов до широкомасштабных производственных испытаний. LabVIEW в промышленности позиционируется как среда разработки приложений для контрольно-измерительных и вычислительных комплексов, а также систем аппаратно-программного моделирования.

Учитывая наглядность и простоту использования среды LabVIEW, я считаю, что она является наиболее подходящей для создания программ эмуляторов, используемых в процессе изучения видов испытаний РЭА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Испытания радиоэлектронной аппаратуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infopedia.su/17x39d7.html>.

2. ГОСТ 16504-81 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200005367>.

3. Методы и средства испытаний и контроля приборов и систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cchgeu.ru/upload/iblock/238/zaomsqauakeqkkgkxbx6jxj6aj3d9jy07/MiSlIKPiS_posobie2.pdf.

4. Суранов А.Я. LabVIEW 7: справочник по функциям / А.Я. Суранов – М.: ДМК Пресс, 2005. – 512 с.

УДК 621.315

Д.С. ДАНЬКОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР НА КРИСТАЛЛЕ

Данная статья посвящена диагностическому контролю полупроводниковых структур на кристалле.

В середине 80-х годов начало развиваться новое направление в диагностике качества и надежности полупроводниковых изделий, а именно, развитие методов диагностики качества структур на пластине или отдельных кристаллов со структурами (чипов), позволяющих отбраковывать потенциально ненадежные изделия по нестабильности электрических параметров, появляющейся со временем в эксплуатации.

Ионные загрязнения часто содержатся в химикатах, применяемых в производственных процессах, газах, жидкостях,

используемых при травлении, промывках и др. При этом они могут осаждаться на поверхности структур кристалла. В присутствии атмосферной влажности загрязнения могут растворяться и формировать пленки электропроводящих растворов. Результатом этого может быть появление или увеличение токов утечки. Наличие влажности, загрязнений и электрических полей с высокой напряженностью на внешней изолирующей поверхности изделия вызывает перемещение ионных зарядов по поверхности, появление поверхностных зарядов одной из полярностей. Для этого достаточно наличие плотностей ионов на поверхности порядка 10^{10} ионов на 1 см^2 , т. е. меньше, чем одного иона на 100 000 поверхностных атомов. Такие количества ионов накапливаются не сразу, не сразу появляются и дефекты, они развиваются со временем. Поэтому необходимо разработать методы испытаний, которые могли бы эффективно отбраковывать изделия с поверхностными загрязнениями. Процент выхода годных полупроводниковых изделий, их качество и надежность зависят в первую очередь от качества исходных полупроводниковых пластин, т.е. от концентрации точечных дефектов, вакансий и дислокаций, поэтому заданы технические требования к технологическому процессу при аттестации производства по максимальной плотности дислокаций и дефектов упаковки. Если плотность дислокаций можно определить прямым подсчетом их после травления, то наиболее трудно определить концентрацию вакансий.

Известен способ определения концентрации вакансий с использованием электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Но данный способ требует очень сложного оборудования и практически неприменим для многих материалов: германия, арсенида галлия и других. Линии ЭПР в этих материалах являются очень широкими и их трудно обнаружить. Известен способ определения качества полупроводниковой пластины (кристалла) путем его нагрева с постоянной скоростью при одновременном облучении ультрафиолетовым светом с энергией фотона, равной фотоэлектрической работе выхода электрона бездефектного кристалла, измерения интегрального тока экзоелектронной эмиссии и определения количества дефектов. Этот метод позволяет дифференцированно определить концентрацию точечных дефектов и дислокаций. Концентрацию вакансий можно определить только приблизительно. В работе предлагается определять концентрацию вакансий следующим образом. Образцы полупроводниковых кристаллов линейно нагревают при одновременном облучении ультрафиолетовым светом с энергией фотона, равной

фотоэлектронной работе выхода электрона бездефектного кристалла, измеряя интегральный ток экзоэлектронной эмиссии. Регистрируют ток экзоэлектронной эмиссии при максимальной температуре отжига точечных дефектов, по которому определяют плотность дислокаций, а концентрацию точечных дефектов определяют по отношению интегрального тока к току при минимальной температуре отжига точечных дефектов T_k , при которой на кривой зависимости тока экзоэлектронной эмиссии от температуры имеется второй перегиб, т. е. когда $\frac{d^2I}{dT^2}$ изменит знак, нагревание прекращают (рисунок 1).

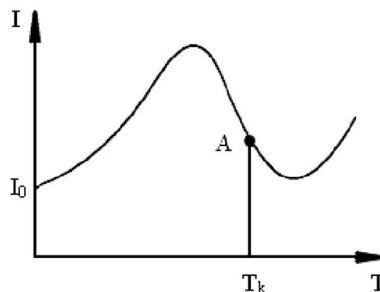


Рисунок 1 – Зависимость тока экзоэлектронной эмиссии I от температуры T_k

Затем осуществляют облучение светом с энергией фотона, равной энергии, необходимой для эмиссии электронов с вакансионных уровней, и измеряют зависимость тока от экзоэлектронной эмиссии от времени достижения постоянного значения тока (рисунок 2).

Концентрация вакансий определяется площадью под кривые зависимости тока экзоэлектрической эмиссии при постоянной температуре T_k , ограниченной осями абсцисс и ординатой, при которой значение тока становится постоянным.

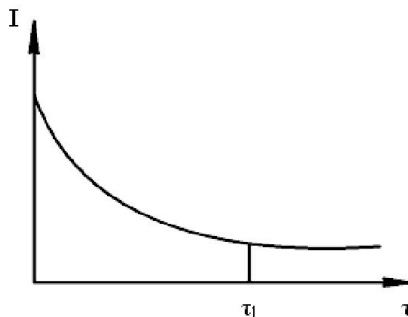


Рисунок 2 – Зависимость тока экзоэлектронной эмиссии I от времени τ

Например, образец монокристаллического кремния в виде пластин толщиной 0,5 мм нагревали со скоростью 2,5 К в секунду, одновременно облучая его ультрафиолетовым светом с энергией фотона 4,5 эВ и регистрируя ток экзоэлектронной эмиссии. Эта температура составила 500 К. Затем нагрев образца прекратили, но температуру поддерживали постоянной и регистрировали изменение тока эмиссии во времени τ . В момент времени τ_1 , когда достигается условие $\frac{dI}{dT} = 0$, регистрацию экзоэлектронной эмиссии прекратили и определяли величину площади S под кривой: $S = \int_0^{\tau_1} I(\tau) d\tau$. По величине S оценивали концентрацию N_v вакансий, используя при этом градуировочную кривую, построенную по эталонным образцам. Таким образом, предложенный способ позволяет достоверно определить качество полупроводникового кристалла. Зарядовая нестабильность – один из основных механизмов, определяющих надежность и качество полупроводниковых структур. Однако до недавнего времени в серийном промышленном производстве полупроводниковых структур не существовало достаточно эффективного метода, альтернативного, например ЭТТ, для диагностирования структур с потенциальной зарядовой нестабильностью. В настоящее время с этой целью активно развивается и внедряется высокопроизводительный и чувствительный метод диагностирования полупроводниковых структур по реакции ВАХ при воздействии плазмы коронного разряда

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Полупроводниковая электроника: учебное пособие. – Москва: ДМК Пресс, 2015. – 592 с.
2. Черемухина, Ю.Ю. Управление качеством и сертификация радиоэлектронных средств: монография / Ю.Ю. Черемухина. – Москва: РТУ МИРЭА, 2019. – 211 с.
3. Позднов, М.В. Контроль и эксплуатация электронных приборов и устройств: лабораторный практикум: учебное пособие / М.В. Позднов. – Тольятти: ТГУ, 2022. – 61 с.

УДК 004.65

Д.В. ДОНЦОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ЧАСЫ НА ОСНОВЕ СЕМИСЕГМЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Рассматривается задача дистанционного управления часами на основе семисегментных индикаторов путем создания адаптера на основе ESP8266.

Принцип работы семисегментного индикатора

Семисегментные индикаторы – это электронные дисплеи, которые состоят из семи отдельных сегментов, которые могут быть включены или выключены для создания цифр и других символов. Их можно найти во многих бытовых устройствах, таких как микроволновые печи, телевизоры и автомобильные приборные панели. Они также могут быть использованы для создания часов.

Создание часов на основе семисегментных индикаторов может быть интересным проектом для любителей электроники. Для это нужно будет использовать микроконтроллер, который будет управлять индикатором, а также резисторы и транзисторы для управления каждым сегментом. На рисунке 1 схематично изображен единичный индикатор.

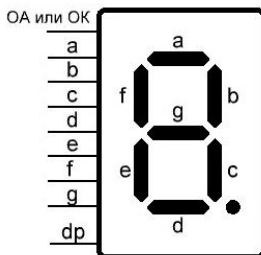


Рисунок 1 – Схематичное изображение семисегментного индикатора

Проектирование печатной платы

Первым шагом в создании часов на основе семисегментных индикаторов является выбор микроконтроллера. Для нашего проекта был выбран контроллер ESP8266, оснащенный Wi-Fi. Схема подключения контроллера к плате показана на рисунке 2.

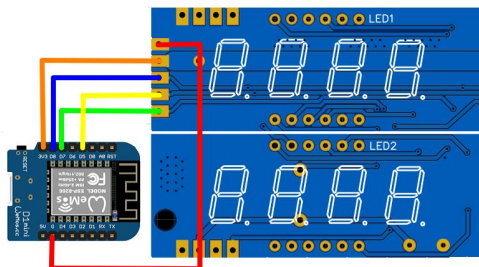


Рисунок 2 – Схема подключения контроллера к плате

Проектирование печатной платы проводилось в среде EasyEDA (рисунок 3), монтаж элементов смешанный, разнесенный, питающие проводники – 2,8мм и 0,6мм, остальные – 0,4мм, диаметр отверстий – 0,75мм, медного пояса – 1,5мм.

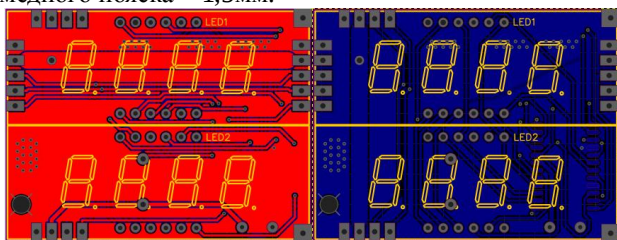


Рисунок 3 – Трассировка верхнего и нижнего слоя печатной платы

Перечень необходимых элементов для проектирования указаны в таблице №1.

Таблица 1 – Электронные компоненты необходимые для проектирования

№ н/э	Наименование	Тип компонента	Количество
1	WeMos D1 mini	Контроллер	1
2	MAX7219EWG	Микросхема	18
3	0,25w 5% 10 kOhm	Резистор 10 кОм	18
4	7-segment 4 bit 0.56 common cathode	Семисегментный индикатор	36

Программная реализация

Важной особенностью разрабатываемого проекта, является возможность реализации любого доступного шрифта понравившегося пользователю, путем перевода его в байтовый массив. Пример записи цифры «0», фрагментом кода:

```

const uint8_t dig0_23x36[] PROGMEM = {
  0x00, 0x0F, 0x80,
  0x00, 0x7F, 0xF0,
  0x00, 0xFF, 0xF8,
  0x01, 0xFF, 0xFC,
  0x03, 0xFF, 0xFC,
  0x07, 0xF0, 0xFE,
  0x0F, 0xC0, 0x7E,
  0x0F, 0x80, 0x7E,
  0x1F, 0x00, 0x3E,
  0x1F, 0x00, 0x3E,
  0x1F, 0x00, 0x3E,
  0x1E, 0x00, 0x7E,
  0x3E, 0x00, 0x7C,
  0x3E, 0x00, 0x7C,
  0x3E, 0x00, 0x7C,
  0x7C, 0x00, 0xFC,
  0x7C, 0x00, 0xF8,
  0x7C, 0x00, 0xF8,
  0x7C, 0x00, 0xF8,
  0xF8, 0x01, 0xF8,
  0xF8, 0x01, 0xF0,
  0xF8, 0x01, 0xF0,
  0xF8, 0x01, 0xF0,
  0xF8, 0x01, 0xF0,
  0xF0, 0x03, 0xE0,
  0xF8, 0x03, 0xE0,
  0xF8, 0x07, 0xE0,
  0xFC, 0x0F, 0xC0,
  0xFE, 0x1F, 0x80,
  0xFF, 0xFF, 0x80,
  0x7F, 0xFF, 0x00,
  0x3F, 0xFC, 0x00,
  0x1F, 0xF8, 0x00,
  0x07, 0xC0, 0x00,
};

```

Также реализована возможность выбора стиля изменения теска, выводимого на индикаторы: бегущий текст, мигающий и статичный. Реализация функции бегущего текста, представлена в следующем фрагменте кода:

```

void running() {
  disp.setScale(3);
  char* txt = "Лайк, подписка, колокольчик! =)
AlexGyver Show";

```

```
int w = strlen(txt) * 5 * 3 + disp.W();  
for (int x = disp.W(); x > -w; x--) {  
    disp.clear();  
    disp.setCursor(x, 6);  
    disp.print(txt);  
    disp.update();  
    delay(10);  
}  
}
```

В ходе проектирования были сконструированы часы на основе микроконтроллера Esp8266, дисплей реализован с помощью набора 4-х разрядных семисегментных индикаторов. В дальнейшем возможна модификация, спроектированного устройства, планируется добавить: вывод уведомлений со смартфона, вывод погоды, а также полной информации о дате(день недели, месяц и год). Спроектированный дисплей способен быть масштабирован, возможно увеличение количества семисегментных индикаторов, но тогда требуется выбирать другой микроконтроллер, например Mega 2560, со значительно большей производительностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Часы из часов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alexgyver.ru/disp-clock/>.
2. Software | Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/software>.
3. Arduino Mega 2560 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://compacttool.ru/arduino-mega-2560-pro-embed>.
4. WeMos D1 mini [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://compacttool.ru/wemos-d1-mini-kontroller-wifi-na-chipe-esp8266ex>.

УДК 622.013

С.С. ЖИЛКИН

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО И СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА: АНАЛИЗ, ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА

В данной статье рассматривается современное состояние технологии гидроакустического и сейсмического мониторинга. Приведены основные задачи,

решаемые при создании систем гидроакустического контроля, обобщенная структура комплекса.

Современные подходы в обеспечении безопасности и конкурентного освоения ресурсов Мирового океана наиболее полно выражаются в переходе от точечного к сетцентрическим принципам построения систем комплексного мониторинга, сбора и распределения геоморфской информации, что обуславливает практическое развитие и внедрение следующих основных направлений:

1) разработка и развёртывание территориально распределенных волоконно-оптических мультисенсорных систем гидроакустического и сейсмического контроля реального времени;

2) реализация сетевых принципов сбора, обработки и распределения геоморфской информации;

3) формирование комплексной картины гидроакустической обстановки в стратегически важных районах в реальном масштабе времени.

В США на смену громоздкой и дорогостоящей стационарной системы дальнего гидроакустического наблюдения SOSUS принята концепция интегрированной системы оснащения подводной обстановки IUSS (Integrated Undersea Surveillance System), объединяющей позиционную систему прибрежного гидроакустического наблюдения FDS и оперативно применяемые, в том числе скрытно, системы контроля подводной обстановки ADS, развёртываемые для многократного использования в заданных районах.

FDS является стационарным элементом и предназначена для обнаружения подводных целей в шельфовых районах моря и состоит из подводного элемента UWS (Underwater Segment) и береговых центров обработки и анализа информации SSIPS (Shore Signal Information Processing Segment). Основу подводного элемента составляют протяженные волоконно-оптические линии гидрофонов.

Для оперативного наращивания возможностей системы разработан быстрый развёртываемый вариант FDS-D (Deployable), предназначенный для решения задач во вновь назначенных передовых прибрежных районах.

Оперативно применяемая система освещения подводной обстановки ADS, предназначена для обнаружения в заданных морских и океанских районах малозумных, в том числе сверхмалых подводных лодок и аппаратов противника, а также для вскрытия скрытых минных постановок.

Рынок производителей волоконных акустооптических систем насчитывает целый ряд зарубежных компаний и находится на этапе бурного развития. Наиболее крупными из них являются компании Paulsson Inc., Northrop Grumman (США) и Wavefield Inseis (Норвегия). В своих системах гидроакустического и сейсмического мониторинга данные производители применяют интерферометрические методы измерений с использованием лазерного опроса массивов фазовых интерферометрических датчиков на брэгговских решетках.[1]

Приоритетной задачей американских разработчиков является создание быстрого развертываемого и реконфигурируемой объединенной системы освещения подводной обстановки в прибрежной морской зоне, а также заданных морских и океанских районах.

Комплект средств подводного наблюдения представляет собой массив волоконно-оптических антенных решеток диапазона частот 20-1000 Гц общей длиной до 20 км каждая, имеющих оптический вывод на программно-аппаратный комплекс, располагающийся на береговом посту или специальном судне, оснащенный программно-аппаратными средствами приема и обработки информации.

Масштабность и территориальный размах районов и необходимость снижения общих затрат на построение систем контроля подводной обстановки обусловили принятие ВМС США концепции COTS (Commercial Off-The-Shelf). Результатом внедрения стала разработка протяженных мультисенсорных волоконно-оптических систем двойного назначения в интересах комплексного контроля шельфовых зон и мониторинга состояния месторождений углеводородов. Реализация робототехнического подхода в нефтегазовой отрасли предполагает создание и развертывание гибридных мультисенсорных систем геофизического мониторинга и реализацию на этой основе роботизированного, в том числе безлюдного, управления морскими нефтегазовыми месторождениями и подводными добычными комплексами в режиме реального времени.

К настоящему времени развернуты две крупные иностранные волоконно-оптические системы контроля, мониторинга и управления морскими нефтегазовыми месторождениями, включающие донные районы, морские платформы, подводные добычные комплексы. Созданные системы являются системами двойного назначения, в том числе для осуществления гидроакустического контроля за объектами на значительном расстоянии от береговой линии до 1000 км и более.

Системы разработаны для получения высокочастотных сейсмических и низкочастотных акустических измерений при гораздо

более низком энергопотреблении, высокой доказанной надежности, и более низкой стоимости компонентов по сравнению с другими разработками. Увеличивающаяся повторяемость измерений, достигающаяся применением постоянно установленной системой, позволяет работающим на месторождениях нефтяным компаниям обеспечивать непрерывное 4D моделирование подповерхностных сред и осуществлять адаптированное управление производством, существенно увеличивая количество нефти, получаемой из коллекторов.

В Российской Федерации системных работ по разработке протяженных волоконно-оптических сенсорных систем не проводится. Однако, проводится, ряд опытно конструкторских разработок (ОКР), направленных на импортозамещение оборудования сейсморазведки:

1) разработка и создание регистрирующего комплекса с геленаполненной буксируемой сейсмозонной и источниками упругих колебаний;

2) разработка мобильного аппаратно-программного комплекса морской сейсморазведки и мониторинга в транзитных зонах и на шельфе на основе 4-х компонентных автономных донных сейсмических станций нового поколения;

3) создание мобильного компьютеризованного аппаратно-программного комплекса морской электроразведки в диапазоне глубин 0-500 метров для оказания сервисных услуг по морской разведке углеводородов с высокой селективностью;

4) разработка систем акустического и механического позиционирования для буксируемых и донных сейсмокомплексов.

Данные работы базируются на традиционной элементной базе и направлены на импортозамещение устаревших иностранных аналогов до настоящего времени использующихся отечественными промышленными компаниями при проведении геологоразведочных работ. Следуя таким путём можно восполнить пробелы в производственной деятельности отечественных геологоразведочных и производственных компаний, преодолеть сложившееся технологическое отставание и достичь лидирующих позиций на рынке информационных технологий в нефтегазодобыче.

Традиционно гидроакустические и сейсмические сенсорные системы строились на основе пьезоэлектрических преобразователей с применением электронных мультиплексоров и усилителей. Основными их недостатками являются сложность их мультиплексирования, недостаточная чувствительность в

низкочастотной области, высокое энергопотребление, а также большие массогабаритные характеристики антенных систем.

Как показывает современный опыт проблема создания новых эффективных систем гидроакустического контроля может быть решена на базе реализации следующих основных направлений:

1) создание технологичных, максимально простых, надежных акустических приемных элементов с низким уровнем собственных шумов и высокой технологичностью мультиплексирования в протяженные измерительные системы;

2) обеспечение чувствительности приемных систем на уровне не хуже -6 дБ по отношению к собственным шумам моря, позволяющее выделять слабые сигналы на фоне естественных помех;

3) разработка и применение протяженных и сверх протяженных мультисенсорных систем гидроакустического и сейсмического мониторинга;

4) разработка и применение мобильных, оперативно развертываемых протяженных систем гидроакустического контроля с фазированными антенными системами в целях обеспечения безопасности в заданных районах и объектах (нефтегазовые месторождения, платформы и т.д.);

5) перевод гидроакустического контроля в область низких частот (5-1000 Гц), позволяющий значительно повысить возможности по дальностям обнаружения и слежению за малозумными подводными объектами.

Анализ зарубежного опыта, а также последние достижения в области лазерной физики и волоконной оптики показывают, что наиболее перспективным направлением совершенствования систем гидроакустического контроля и геофизического мониторинга является разработка и применение протяженных волоконно-оптических мультисенсорных систем и комплексов.

Применение волоконно-оптических датчиков (ВОД) и протяженных антенных систем на их основе имеет ряд существенных конкурентных преимуществ.

1. Высокая чувствительность и стабильность характеристик в низкочастотном диапазоне. Возможность поднятия чувствительности ВОД интерферометрического типа до необходимых значений путем намотки оптоволокна на сердечники.

2. Высокая технологичность мультиплексирования ВОД в протяженные мультисенсорные фазированные системы.

3. Высокая надежность, обусловленная полностью пассивной подводной частью и отсутствием в конструкции кабельной антенны механических деталей.

4. Малое энергопотребление, на порядок меньше, по сравнению с системами на традиционных пьезоэлектрических элементах.

5. На порядок лучше массогабаритные характеристики по сравнению с традиционными акустическими системами. Вес акустооптического кабеля в несколько раз меньше веса медного кабеля той же длины и сечения.

6. Перенос значительной части процессов обработки информации на оптический уровень преобразования сигналов, с возможностью применения стандартных, разработанных при построении связанных систем модулей и узлов усиления и обработки оптических сигналов и обеспечением передачи больших объемов информации по магистральным оптическим каналам.

7. Высокая помехоустойчивость. Волоконно-оптические системы используют оптические сигналы и не подвержены влиянию электромагнитных помех.

8. Более низкие стоимости изготовления и эксплуатации по сравнению с традиционными системами на пьезоэлектрических чувствительных элементах.

Эффективная техническая реализация сетевых сенсорных систем может быть обеспечена на базе единой технологической платформы волоконной оптики и лазерной техники, обеспечивающей достижение максимальных значений по чувствительности и динамическому диапазону сенсорных элементов, технологичности мультиплексирования в протяженные системы, высокую энергоэффективность и живучесть, а также значительный выигрыш по технико-экономическим показателям при изготовлении и эксплуатации.

Обобщенная структура морского геофизического комплекса (МГК) в части приема и регистрации сейсмоакустической информации представлена на рисунке 1.

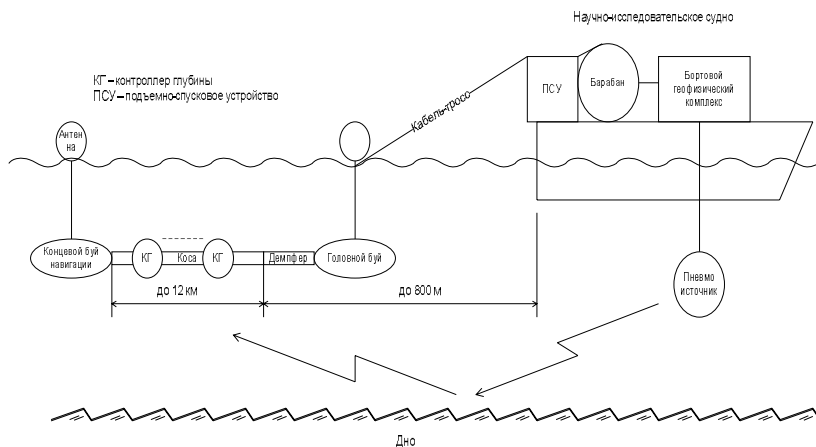


Рисунок 1 – Обобщенная структура МГК

На рисунке показана конфигурация комплекса при проведении морских сейсмоакустических исследований.

Коса принимает отраженные эхо сигналы дна и его слоев, источником которых является пневмоисточник (источник упругих колебаний) научно-исследовательского судна (НИС). Преобразованная в цифровой код, принятая аналоговая сейсмоакустическая информация передается в бортовой геофизический комплекс для ее регистрации, обработки, анализа и отображения.

Коса представляет собой многоканальную распределенную цифровую систему сбора сейсмоакустических данных, источником которых являются гидрофоны (приемники гидроакустического давления), физически размещаемые равномерно по длине косы. Уменьшение расстояния между приемными гидрофонами с одновременным расширением полосы частот спектра принимаемого гидроакустического сигнала увеличивает разрешающую способность результирующего разреза. Полосу частот спектра принимаемого сигнала выбирают от единиц Гц до десятков кГц (обычно – от 3 Гц до 400 Гц для морской сейморазведки). Перемещение НИС при буксировании косы на расстояние равное расстоянию между гидрофонами является признаком начала нового цикла сбора сейсмоакустических данных – момента срабатывания пневмоисточника. Периодичность цикла определяется скоростью передвижения НИС и входит в состав исходных данных процесса сбора, которые исходят от навигационного оборудования.

Цикл сбора сейсмоакустических данных включает в себя следующую последовательность.

1. Оценка наличия факта смещения НИС на требуемое расстояние. Формирование и выдача команды на срабатывание пневмоисточника. Прием сигнала фактического срабатывания пневмоисточника – отметка момента;

2. Формирование, относительно момента, интервала задержки (по исходным данным от измерителя длины) начала приема отраженного сигнала, равного величине удвоенного времени прохождения воздействующих колебаний до дна, не более;

3. Прием и аналого-цифровое преобразование отраженного сигнала синхронно всеми каналами косы в течение заданного времени (по исходным данным), но не более длительности всего цикла сбора данных. Передача принятой и преобразованной в цифровой код информации по каналу связи коса – бортовой геофизический комплекс. Прием информации бортовым геофизическим комплексом, ее регистрации и обработка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гармаш В.Б., Егоров Ф.А. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении // Спецвыпуск «Фотон-экспресс». – Наука, 2005. – №6. – 63 с.

2. Животкевич И.Н., Смирнов А.П. Надежность технических изделий. // М.: Олита, 2003. – 473 с.

3. Кульчин Ю.Н. Распределенные волоконно-оптические измерительные системы // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 272 с.

4. Краев А.Г. К черному золоту шельфов // М.: Издательство Московского государственного университета, 2003.

5. Лукашков А.В., Матвеев Ю.И., Биржаков М.Б. Использование глубоководных аппаратов для геологоразведочных работ в океане (по зарубежным данным) // Морская геология и физика. – М., ВИЭМС, 1985.

УДК 621.791.3

А.И. ИВЛЕВ, А.Е. МУРИХИНРязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина**ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПАЙКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ***Рассматриваются основные виды пайки печатных плат, описываются их особенности.*

Пайка компонентов, установленных на печатной плате, может проводиться с помощью метода оплавления паяльной пасты в печи, волной припоя, а также методом селективной пайки.

Пайка оплавлением

Пайка оплавлением подразделяется на различные методы нагрева, где самым используемым является конвенционный нагрев горячим воздухом. Пайка оплавлением проводится в специальных печах, с конвейерным методом подачи. Припой поверхностно монтируемых изделий (в дальнейшем ПМИ) производится с помощью постепенного нагрева внутри печи и перемещением платы с помощью конвейера по различным температурным зонам внутри печи: зона предварительного нагрева, зона пайки и зона охлаждения. Каждая из зон имеет свой диапазон температур, что обеспечивает равномерное прогревание платы и ПМИ и препятствует возникновению брака изделия. Пайка в печи может осуществляться как свинцовым, так и безсвинцового припоя, разница между припоями заключается лишь в температурном профиле. Однако иногда могут потребоваться дополнительные технологические операции из-за отличий в типах припоя и флюсов. В определенных случаях может использоваться пайка в инертной среде (впуск азота в зону нагрева). Это необходимо для уменьшения окисления в процессе пайки.

Классификация печей по способу нагрева:

- конвенция;
- ИК-излучение;
- теплопроводность;
- конденсация.

При конвенционном способе нагрева перенос энергии происходит на границе с поверхностью платы. Это является преимуществом данного способа, т.к. максимальная температура платы и ПМИ является температура воздуха, что позволяет свести к минимуму возможность перегрева ПМИ, чувствительных к высоким температурам. При таком методе все элементы платы нагреваются до

одной температуры. Данный метод является самым распространенным в пайке плат и ПМИ.

Нагрев ИК-излучением характеризуется высокой интенсивностью. Однако данный метод имеет отличительный недостаток. Из-за того, что излучения различной длины по-разному воздействуют на ПМИ. Все зависит от типа корпуса и его цвета. Темные корпуса нагреваются быстрее светлых. По итогу плата нагревается неравномерно с достаточно большим разбросом температур на разных участках. В печах, использующих такой вид нагрева, происходит тщательный подбор процента мощностей нагревателей, т. к. плата может иметь теневые зоны. Температура в рабочей зоне печи замеряется с помощью термопар. Однако температура на плате может кардинально отличаться от показаний термопар.

Нагрев с помощью теплопроводности используется достаточно редко, т.к. большинство современных печатных плат являются двусторонними и подвержены короблению (вид деформации, возникающий из-за действия внешних сил, приводящий к нарушению геометрической формы изделия), однако данный метод обладает высокой эффективностью.

Метод нагрева с помощью конденсации (более известный как пайка в паровой зоне). Данный способ также используется редко. Способ основан на том, что плата попадает в камеру с насыщенным паром, нагретым до 240°C. При конденсации теплота, которой достаточно для расплавления паяльной пасты. Данный процесс отличается достаточно высокой стоимостью и чаще используется для пайки плат очень больших размеров. Печь оплавления представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Печь оплавления

Температурный профиль пайки

Температурный профиль пайки-зависимость изменения температуры от времени пайки. На формирование температурного профиля влияют следующие факторы:

- оборудование;
- компоненты;
- печатные платы.

Температурный профиль состоит из четырех стадий: стадия предварительного нагрева, зоны температурного выравнивания, оплавление изделия и охлаждение. Разделяют традиционный и линейный профили пайки. Отличия заключаются в более длинной стадии предварительного нагрева и более короткой стадии выравнивания, что обеспечивает более низкую скорость нагрева компонентов. График традиционного и линейного (нового) температурного профиля изображены на рисунке 2.

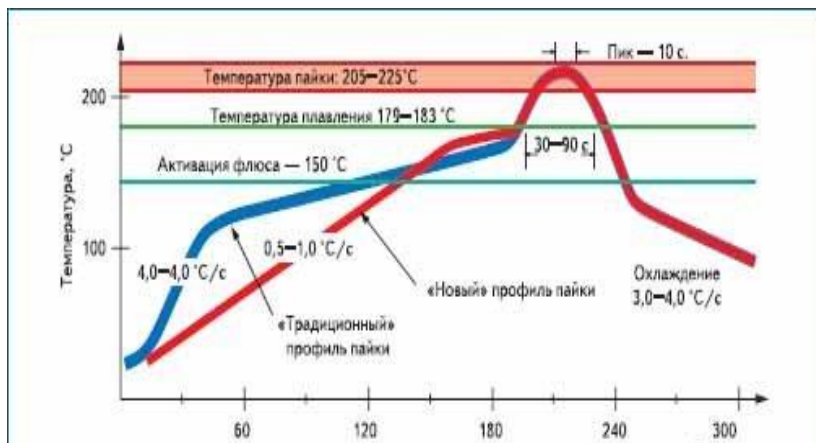


Рисунок 2 – График традиционного и линейного (нового) температурного профиля

Остановимся подробнее на каждой из стадий. Стадия предварительного нагрева необходима для снижения теплового удара по печатной плате и компонентам. На этой стадии происходит испарение растворителя из паяльной пасты. Температура данного процесса лежит в диапазоне 95-130°C. Высокая скорость предварительного нагрева может привести к повреждению компонентов. Затем на стадии температурного выравнивания температура равномерно распределяется по печатной плате. Повышение температуры происходит очень медленно. В конце зоны

стабилизации температура достигает 150-170°C. На стадии оплавления температура достигает порядка 230°C. Однако необходимо учитывать конструкторские особенности платы и виды припоя, чтобы выставить необходимую температуру в этой зоне. Стадия охлаждения необходима для обеспечения максимальной прочности паяных соединений. В данной зоне необходимо также соблюдать скорость перепада температур. Слишком высокая скорость охлаждения может привести к термоудару компонентов. Однако и слишком медленное охлаждение может привести к хрупкости паяных соединений. Рекомендуется проводить охлаждение со скоростью примерно в 3-4°C/сек. Исходя из вышесказанного конечный выбор температурных режимов и их интенсивности производится технологом, исходя из конструкции платы, ее материала и ПМИ, которые на нее установлены.

Пайка волной

Данный вид пайки может использоваться как для выводного монтажа, так и для смешанного монтажа. Схема изображена на рисунке 3.

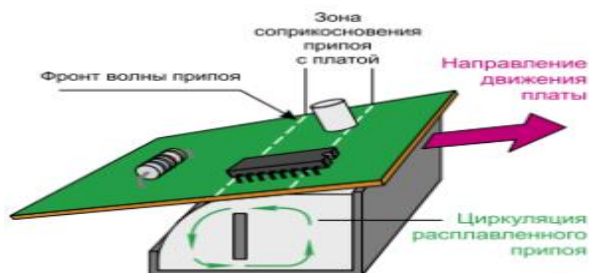


Рисунок 3 – Схема пайки волной

Для осуществления паяльного соединения необходим флюс, подогрев и припой. Флюс необходим для очистки окисленных поверхностей. Нагрев служит для удаления основы флюса и его активации, уменьшения термоудара. Время контакта платы с волной припоя зависит от ширины области контакта нижней стороны платы и волной припоя. Термопрофиль метода пайки волной указан на рисунке 4.

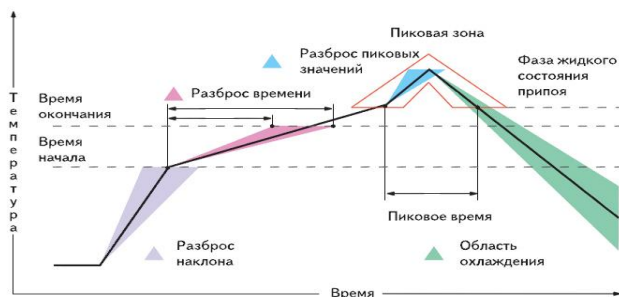


Рисунок 4 – Термопрофиль метода пайки волной

На сегодняшний день сборка печатной платы достаточно сложный технологический процесс, поэтому пайку волной пришлось усовершенствовать. В наше время чаще используется двойная пайка волной. Большинство современных плат могут иметь близкорасположенные выводы элементов, приводящих к возникновению перемычек между выводами, что делает пайку волной затруднительной. Пример перемычек указан на рисунке 5. Несмотря на это, пайка волной имеет ряд преимуществ: непрерывный процесс, позволяющий добиться высокой производительности, несущественные ограничения на длину печатной платы, хорошо подходит для пайки плат с металлизированными отверстиями. Однако данный способ имеет и ряд других недостатков: не подходит для пайки большинства печатных плат (т. к. большинство элементов устанавливаются операцией поверхностного монтажа), высокая стоимость обслуживания и необходимость регулярных чисток установки, достаточно устаревшая технология.



Рисунок 5 – Пример перемычек

Селективная пайка

На данный момент, селективная пайка подразделяется на технологию одновременной и пайкой микроволной (последовательной

пайки). В первом случае пайка осуществляется только для тех участков печатного узла (в дальнейшем ПУ), которым необходим именно этот метод пайки. При использовании данного метода возможен подъем волнообразователя до уровня ПУ, с последующим подъемом уровня припоя в волнообразователе. Существует и другой способ: при неподвижном волнообразователе опускать ПУ и поднимать уровень припоя. Данный вид пайки имеет несколько технологических особенностей, на которые стоит обращать внимание:

- волнообразователь необходимо нагреть до температуры припоя;
- перед началом процедуры необходимо удалить слой окислов с поверхности припоя;
- не допускается деформация и прогиб ПУ.

Данный вид пайки применим в условиях достаточно крупного производства, т.к. обеспечивает высокую эффективность. Схематичное изображение селективной пайки показано на рисунке 6.

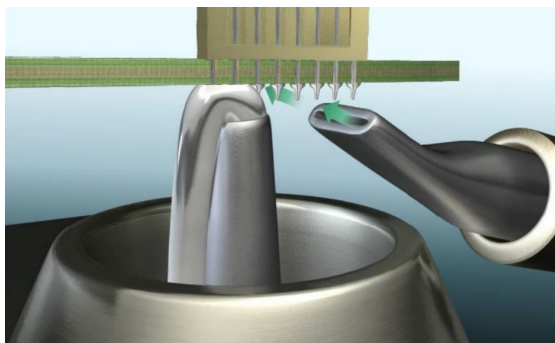


Рисунок 6 – Схематичное изображение селективной пайки

При пайке микроволной, волна маленького размера формируется в специальной форсунке. Форсунка изображена на рисунке 7.

После чего пайка происходит либо за счет перемещения форсунки по поверхности ПУ, либо за счет перемещения ПУ, что позволяет обеспечить доступ к каждому соединению. Сами форсунки подразделяются на два типа: с предпочтительным стеканием припоя и без предпочтительного стекания припоя. При использовании форсунок с предпочтительным стеканием припоя необходимо осуществлять пайку в одном направлении, что усложняет программирование данного оборудования и снижает производительность. Форсунки без предпочтительного направления стекания припоя обеспечивают меньшее количество переключений. Преимуществом данного типа

форсунка является повышенное качество паяных соединений и уменьшение количества перемычек. Также значительно облегчается программирование оборудования. Однако и имеется недостаток в том, что данные форсунки имеют пониженный срок службы из-за взаимодействия расплавленного припоя с форсункой.

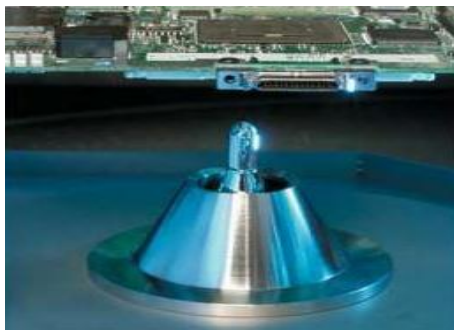


Рисунок 7 – Изображение форсунки

В отличие от пайки волной, при селективной пайке припой касается только отдельных участков ПУ. Следовательно и флюс необходимо наносить только на участки ПУ, которые подлежат пайке. Если нанести флюс на всю поверхность ПУ, то это может вызвать коррозию ПУ.

Существует три основных способа флюсования при использовании селективной пайки:

- капельное флюсование;
- ультразвуковое флюсование;
- флюсование распылением.

В современных ПУ категорически недопустимы остатки флюса из-за достаточно малого шага компонентов. Поэтому популярностью пользуется капельный метод флюсования, при котором флюс распыляется до мелких капель и равномерно распределяется по всей поверхности. Соседние участки ПУ не загрязняются, а сам флюс полностью удаляется при взаимодействии с припоем.

Таким образом, выбор пайки печатной платы зависит от множества факторов. Необходимо учитывать виды монтажа компонентов платы, их температурные и технологические особенности. Также нельзя оставлять без внимания тип печатной платы, ее материал, плотность заполнения компонентами, конструкторские особенности расположения элементов, размеры платы. Именно поэтому на большинстве крупных производств как правило используется несколько видов установок для пайки изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виды пайки печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electronicaplus.ru/blog/77-vidy-pajki-pechatnykh-plat-preimushchestva-i-nedostatki>.

2. Пайка печатных плат – окончательное руководство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ourpcb.ru.%D0%BF%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82-2.html>.

3. Виды монтажа печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://magnetron.su/info/articles/dizayn-interera/vidy-montazha-pechatnykh-plat/>.

УДК 004.65

В.С. КАПИТАНСКИЙ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

КОМПЛЕКС ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЗАПРАВКИ РКН

Статья посвящена комплексу измерения уровня заправки РКН, который является важным элементом для эффективного управления производственными процессами и обеспечения безопасности на нефтяных и газовых объектах. В статье рассмотрены особенности работы комплекса, принципы измерения уровня заправки РКН.

Комплекс измерения уровня заправки РКН – это система, которая используется для определения уровня заправки реактивных двигателей в РКН (ракетно-космических кораблях и спутниках). Она состоит из нескольких измерительных датчиков, которые расположены внутри бака с топливом и позволяют точно измерять уровень заправки. Комплекс также может включать в себя систему мониторинга давления и температуры топлива, которая помогает обеспечить безопасность и эффективность работы РКН. Важно отметить, что точный контроль уровня заправки РКН является критически важным для безопасной и успешной работы РКН в космической среде.

Комплекс измерения уровня заправки является составной частью ракеты космического назначения (РКН). Проблема измерения уровня компонентов топлива на борту жидкостных ракет решали еще в начале 50-х годов прошлого века в связи с созданием С.П. Королевым первой межконтинентальной ракеты Р-7. Система измерения уровня заправки

(СИУЗ) для них базировалась на емкостном принципе измерения, т.е. на использовании различия в значениях диэлектрической проницаемости жидкого топлива и газовой подушки в баках ракет.

Впоследствии были предложены и апробированы различные способы измерения уровня жидких компонентов топлива в баках ракет: манометрические, емкостные, ультразвуковые, поплавково-индуктивные и др. Созданные на их основе непрерывные и дискретные СИУЗ прошли экспериментальную отработку в условиях близких к штатным в крупнейших испытательных центрах страны (ЦНИИмаш, НИИ ХимМаш, РКК «Энергия»). Это позволило выделить поплавково-индуктивный метод среди других.

Однако проблема совершенствования СИУЗ вновь остро встала в середине 70-х годов прошлого столетия, когда было принято решение о создании многоуровневой транспортно-космической системы (МТКС) «Энергия-Буран». Обусловлено это было тем обстоятельством, что в качестве компонента топлива ракеты-носителя «Энергия» использовался жидкий водород, который обладал очень низкой плотностью и, практически, исключал возможность применения поплавково - индуктивного метода.

Системой измерения уровня заправки были оснащены стартовые комплексы космодромов Байконура и Плесецка, ракетно-космического комплекса морского базирования «Морской старт» и полигона Куру. Были некоторые недостатки СИУЗ второго поколения при пусках ракет «Союз-2». Настоятельно требовались автоматизация процедуры учета текущего значения диэлектрической проницаемости и температуры контролируемой жидкости, расширение функциональных возможностей системы, уменьшение погрешности измерений, сокращение объема подготовительных операций, снижение металлоемкости, трудовых затрат, стоимости изготовления и обслуживания системы, увеличение быстродействия и надежности функционирования ее – вот тот, далеко не полный перечень задач, которые необходимо решить разработчикам СИУЗ нового поколения.

Своего рода предпосылками для решения обозначенного круга задач могут служить появление современной высокоточной и динамичной датчиковой аппаратуры, возможностей цифровых методов преобразования, передачи и обработки информации, широкое применение оптоэлектронных линий связи. Примечательным в этом плане является разработка в последнее время терморезистивных преобразователей, быстродействие которых за счет новых материалов и современных технологий удалось повысить в сотни раз, а разрешающую способность довести до 0.5 мм. Дальнейшее развитие в

последнее время получили бесконтактные радарные и микроволновые контактные уровнемеры, которые хорошо зарекомендовали себя в условиях огромных перепадов температуры контролируемой среды. Современные средства передачи и обработки сигналов позволяют размещать преобразовательную технику в непосредственной близости от датчиковой аппаратуры, производить передачу, обработку и преобразование информации в цифровом виде, практически, на всех этапах формирования информационных потоков.

Как правило, вещество из бака окислителя и ёмкости горючего попадает в камеру сгорания ракетного двигателя. Единовременная подача топлива в определенной пропорции гарантирует правильную и эффективную работу ракетного двигателя.

Эффективная работа зависит от точного измерения уровня вещества в резервуаре. Для этой цели резервуар с веществом имеет определенный метод взаимодействия и управления этим веществом. Данный метод представляет собой вертикальный измерительный канал с датчиками внутри канала для крепления свободного уровня вещества в канале (рисунок 1).

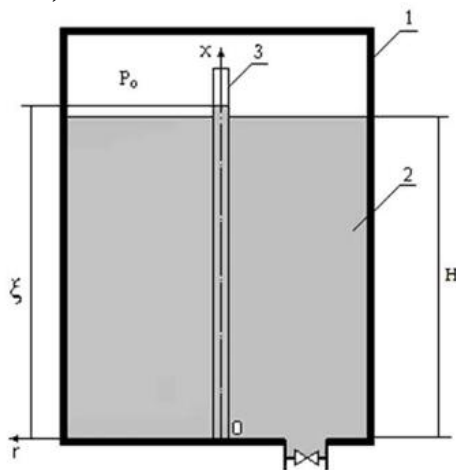


Рисунок 1 – Схема топливного резервуара

1 – резервуар, 2 – вещество, 3 – измерительный канал, P_0 – давление газа, x – уровень жидкости в канале, H – уровень жидкости в баке, r, x – координатные оси.

Вертикальный канал и топливный резервуар значатся сообщающимися сосудами. При понижении уровня вещества в резервуаре, снижается и уровень вещества в измерительном канале.

При достижении уровня вещества в канале датчика, выходит активация датчика. Сигнал достигает систему управления веществом. В итоге расхода вещества, его уровень в резервуаре изменяется. Так, уровень вещества в канале должен определять уровень вещества в резервуаре.

В момент полёта t уровень вещества H в топливном резервуаре изменится согласно соотношения:

$$H = H_0 - V \cdot t,$$

где H_0 – изначальный уровень вещества в резервуаре; V – скорость изменения уровня вещества.

При введенной системе координат, уравнение для нестационарного движения вязкой несжимаемой жидкости в измерительном канале будет иметь вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\nu}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right),$$

где: $u(r, t)$ – скорость вещества в канале; p – давление; ρ – плотность; время – t ; ν – кинематическая вязкость; g – ускорение силы тяжести.

Получим соотношение для средней скорости в измерительном канале:

$$\begin{aligned} \int_0^R r \frac{\partial u}{\partial t} dr &= \frac{d}{dt} \int_0^R r u dr = \frac{R^2 d \langle u \rangle}{2 dt}; \\ \int_0^R r g dr &= \frac{g R^2}{2} = \frac{g R^2}{2}; \\ \int_0^R r \frac{\partial p}{\partial x} dr &= \frac{\partial p}{\partial x} \frac{R^2}{2} = \frac{R^2 \partial p}{2 \rho \partial x}; \\ \int_0^R \nu \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) dr &= \frac{1}{\rho} \int_0^R \partial \left(r \mu \frac{\partial u}{\partial r} \right) = \frac{1}{\rho} \int_0^R \partial (rt) = \frac{R t_w}{\rho}, \end{aligned}$$

где τ – трение; трение стенки; μ – динамическая вязкость; R – радиус цилиндрического канала.

Возьмем уравнения и запишем уравнение в виде (скошенные скобки со средней скоростью в дальнейшем опущены):

$$\frac{R^2 du}{2 dt} = -\frac{g R^2}{2} - \frac{R^2 dp}{2 \rho dx} + \frac{R t_w}{\rho}$$

или

$$\frac{du}{dt} = -g - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} + \frac{t_w}{R \rho}.$$

Выберем в цилиндрическом канале объем жидкости двумя поперечными сечениями. После нескольких несложных вычислений получаем окончательное дифференциальное уравнение для уровня вещества в измерительном канале:

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -g - \frac{g(H_0 - Vt)}{\xi} - \frac{\lambda}{4R} \left(\frac{d\xi}{dt} \right)^2.$$

С начальными условиями Коши, вида:

$$t = 0, \xi = H_0, \frac{d\xi}{dt} = 0.$$

Ниже представлена диаграмма измерения уровня топлива при отсутствии помех (рисунок 2).

Выводя наши исследования на тему "Комплекс измерения уровня заправки РКН", можно сделать следующие выводы, что создание комплекса измерения уровня заправки РКН для космического назначения, который анализирует и формирует интегрированную информацию о ходе технологического процесса заправки РКН, отображает эту информацию и передает управляющие сигналы на технологическое оборудование заправочного агрегата.

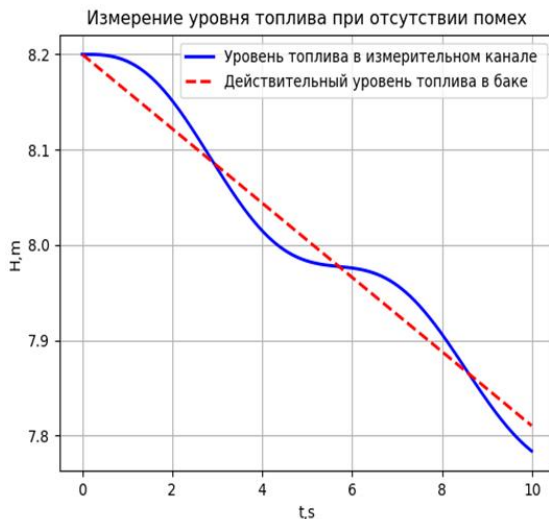


Рисунок 2 – Измерения уровня топлива при отсутствии помех

Операция измерения уровня является ключевой для организации контроля и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, в том числе в аэрокосмическом комплексе.

Существует широкая номенклатура средств контроля и измерения уровня, использующих различные физические методы: поплавковый, буйковый, ёмкостный, электроконтактный, гидростатический, ультразвуковой, радиоволновый. В Российской Федерации свыше 160 поставщиков предлагают уровнемеры одного или более типов. Это многообразие методов и средств позволяет контролировать уровень разных сред: жидких (чистых, загрязнённых), пульп, нефтепродуктов, твёрдых сыпучих различной дисперсности. При выборе датчика уровня, реализующего определённый метод, необходимо учитывать такие физические и химические свойства контролируемой среды, как температура, абразивные свойства, вязкость, электрическая проводимость, диэлектрическая проницаемость, химическая агрессивность и т.д. Кроме того, следует принимать во внимание рабочие условия в резервуаре или около него: давление, нагрев/охлаждение, способ заполнения/опорожнения (пневматический или механический), огнеопасность, взрывобезопасность и другие. До сих пор в промышленности используются визуальные средства измерения уровня, в частности – уровне мерные стекла, принцип действия которых основан на использовании закона сообщающихся сосудов. Недостатками данного метода являются – небольшой диапазон измерения уровня, что объясняется низкой механической прочностью уровнемерных стекол, и невозможность автоматизации процесса измерения.

Широко используются поплавковые уровнемеры, принцип действия которых основан на изменении сопротивления потенциометра при перемещении по нему движка, механически связанного с поплавком, передвигающимся по жидкости по мере заполнения/опорожнения емкости. Недостатком поплавковых уровнемеров является наличие механического подвижного контакта, что снижает надежность работы прибора.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инструкция по эксплуатации комплекса измерения уровня заправки РКН. – ОАО «Газпромнефть-Технологии», 2021.
2. Булатов А.И., Гапонов С.П., Шеберстов В.Б. Измерение уровня и давления в резервуарах. – М.: Недра, 2003. – 376 с.
3. Зайдель Л.М. Электронные и электромеханические системы измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 312 с.
4. Харисов Р.Н. Оптимизация работы комплекса измерения уровня заправки РКН. Нефтегазовое дело, 2018. – №7. – С. 82-85.

5. Якушев М.А., Рыжкова Г.К. Комплекс измерения уровня заправки РКН как инструмент повышения безопасности нефтяной промышленности. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2016. – №4. – С. 141-144.

6. Хабибуллин И.Ф., Стрункин В.И. Комплекс измерения уровня заправки РКН: преимущества и перспективы. Международный журнал приборов и автоматизации, 2019. – №3. – С. 73-77.

7. Потапов И.П. Определение объема нефти в резервуарах с помощью комплекса измерения уровня заправки РКН. Нефтегазовая вертикаль, 2020. – №1. – С. 54-59.

8. Макаров В.В., Кравченко С.В. Комплекс измерения уровня заправки РКН для систем мониторинга нефтепродуктов // Материалы V Всероссийской конференции «Современные технологии в нефтяной и газовой промышленности». – Москва, 2017. – С. 84-87.

УДК 666.1.001.5

В.Ю. КОЖИКОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ПРОЧНОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТЕКЛА

Рассматриваются вопросы надежности и эффективности использования стекла в современной аппаратуре.

В настоящее время изделия из стекла широко применяются при разработке современной аппаратуры, служащей для промышленного, домашнего и военного использования.

При использовании стекла была выявлена одна ключевая проблема – это его относительно невысокая прочность. Необходимо учитывать, что прочность изделия также зависит от характера механического воздействия, оказываемого на него. Также нужно различать техническую и теоретическую прочности стекла.

Техническая прочность – это прочность реального изделия из стекла. Реальная прочность определяется дефектами на поверхности стекла, такими, как микротрещина. Все поверхностные дефекты снижают прочность стекла, и прочность изделия составляет всего одну сотую часть от теоретической прочности.

В свою очередь, теоретическая прочность – это условная величина, которая находится с помощью расчетов для идеального стекла. Величина теоретической прочности зависит от прочности

химических связей и их природы в структуре стекла. К примеру, чтобы рассчитать теоретическую прочность силикатного стекла необходимо знать структуру тела и потенциал межатомного взаимодействия, но в современных реалиях наука и техника еще не достигли того уровня, чтобы определить данные параметры. Но чтобы получить примерный результат, используют приближенные методы, поэтому прочность силикатного стекла связана с прочностью химической связи Si-O-Si.

Стоит помнить, что прочность стекла, как и прочность других твердых тел зависит от такого важного фактора, как деформация. Чаще всего стекло разрушается при воздействии на него разрывным напряжением на изгибе.

На рисунке 1 проиллюстрирована зависимость прочности стекла на разрыв при наличии на нем каких-либо дефектов:

- а) прочность при быстрой скорости приложения нагрузок;
- б) долговременная прочность.



Рисунок 1 – Зависимость прочности стекла на растяжение от размера дефектов (а – быстрая скорость приложения нагрузок; б – долговременная прочность)

Существует три модели прочности стекла:

- 1) модель Гриффитса;
- 2) статический подход к прочности стекол;
- 3) модель Вейбулла.

Самой популярной моделью является модель Гриффитса, которая и будет рассмотрена. Ее основу составляет рассмотрение энергетических аспектов процессов разрушения тела, если на его поверхности имеются микротрещины (рисунок 2).

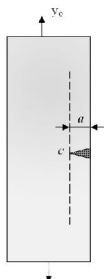


Рисунок 2 – Схема микротрещин длиной a и радиусом кривизны у вершины C на поверхности стекла, находящейся под действием растягивающих напряжение y_0 .

Гриффитсом было установлено, что рост трещины может происходить, если высвобождаемая энергия упругих сил будет превосходить энергию, которая тратится на создание новых поверхностей.

$$\frac{dU}{dS} \geq \frac{dW}{dS}, \quad (1)$$

где U – уменьшение упругой энергии, W – энергия образования поверхностей трещины с площадью поверхности S .

Зависимость значение U и W от длины трещины a различны. На рисунке 3 продемонстрировано, как зависят величины U и W от длины трещины. Если трещина достигнет критической длины $a_{кр}$, то будет выполняться критерий (1) и будет происходить рост трещины, что приведет к разрушению стекла.

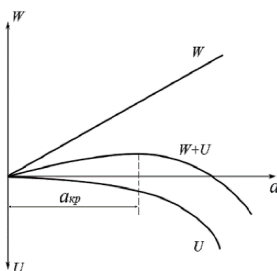


Рисунок 3 – Энергетический баланс при росте трещин

Гриффитсом была установлена зависимость критической длины $a_{кр}$ от приложенного механического напряжения y :

$$y\sqrt{a_{кр}} = C. \quad (2)$$

Данное соотношение позволяет узнать, какие области напряжения не будут вызывать увеличения длины трещины.

Чтобы выяснить величину напряжения на вершине трещины Гриффитс вывел формулу, выражающую связь между напряжением y_0 , которое было приложено к одной стороне стекла, и длиной a и радиусом кривизны вершины микротрещины C , которые были с другой стороны (рисунок 2).

$$y_{\max} = y_0 \left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{c}} \right). \quad (3)$$

Формула (3) показывает, что величина напряжений в вершине микротрещины много больше, чем значения напряжений, которые приложены к образцу стекла.

Из изложенного выше можно сделать вывод, что количество и сила нагрузки на поверхность стекла влияет на время процесса разрушения зеркальной поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Качалов Н.Н. Стекло. М.: издательство Академии наук, 1959. – 467с.
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М., Энергия, 1973. – 320 с.
3. Краснощекова Г.Ф. Анализ конструкций приборов РЭС: Метод. указ. – ИПО СГАУ, 2007. – 20 с.
4. ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам». – 2002.

УДК 004.65

А.В. КОЗЛОВЦЕВА

Рязанский государственный радиотехнический университет имени
В.Ф.Уткина

БЛОК ОЦЕНИВАНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Рассматриваются перспективы, актуальность и сложность конструирования блока оценивания угловых координат источника радиоизлучения. Постановка задачи определения угловых координат источников радиоизлучения их достоинства и недостатки.

Во многих практических задачах радиолокации, радионавигации и радиосвязи необходима высокая точность измерения координат источников излучения (ИИ), которые формируют сигналы с одинаковыми несущими частотами. Такими сигналами, является преднамеренная активная помеха, создаваемая противником, и естественная помеха, возникающая вследствие особых характеристик распространения сигналов в околосреднем промежутке. Так же, увеличивая количество активных радиосредств, применяемых в повседневной жизни общества, вызывает сильную загруженность рабочего радиодиапазона. Наиболее высокая загруженность находится в коротковолновом диапазоне длин волн, в котором в данный момент времени осталось очень мало частот, свободных от посторонних источников сигналов. Перспективным способом модернизации информационных систем, для увеличения пропускной способности управления данных, является внедрение степени свободы, которая связана с управлением диаграммы направленности в пространстве. Для реализации данного способа необходимо получить информацию о местоположении абонента и источнике помехи. Чем выше точность данной информации, тем выше корректность установки нулей и максимумов диаграммы направленности антенной системы и отношение сигнал-шум на входах приемников абонентов. В процессе изучения данного вопроса стало известно, что для формирования достоверной оценки угловых координат источника излучения помогут спектральные методы оценивания на основе данных, получаемых при помощи антенных решеток (АР). При применении классического метода спектрального оценивания актуальны эффекты маскировки спектральной линии слабого сигнала при помощи боковых лепестков более сильного сигнала. Помимо этого, разрешающая (максимальная) способность ограничивается значением, равным обратному по величине раскрытия антенной системы (АС), а также разрешающая способность, ограничивается длиной получения последовательности необходимых данных, на основании которых принимаются решения. Но, применяя альтернативные методы спектральных оценок, которые получили название «современные методы спектрального оценивания» или «алгоритмы сверхразрешения», в некоторых условиях дает возможность преодолевать имеющиеся у классических методов недостатки. Применяя современные алгоритмы сверхразрешения, дает возможность решить задачи по увеличению точности получения координаты источника излучения, расположенных на любое возможно малое угловое расстояние, если соблюдается условие, при котором отношение сигнал-шум достаточно велико, но отклонение

амплитудно-фазовых распределений мало. Применяя, современные методы спектрального оценивания считается действительно оправданным для дальнейшей обработки сигнала в системе, которые используют пространственное распределение пользователей в радиопеленгаторах. Но в процессе использования алгоритма сверхразрешения в настоящих системах появляется несколько сложностей, которые связаны: с необходимостью выбора геометрии системы, которая используется антенной, а также относительно большими затратами вычисления, необходимо обеспечивать высокое значение отношения сигнал-шум и требуемой точности оценивания полученных координат ИИ и т.д.

Помимо этого, достаточно часто пеленгация ИИ проводится в таких условиях, где вмешивается воздействие посторонних сигналов. Вследствие чего, актуальным считается вопрос повышения эффективности методов адаптивной пространственной обработки сигналов применительно к задаче разрешения источников радиоизлучения.

При направлении антенны помех на угловые координаты радиоэлектронных устройств можно определить их местоположение.

При формировании источником излучения нормали, направленной к волне, происходит определение местоположения источников радиоизлучения направления сигнала, сравнимые с пеленгатором. Нормалью определения этого направления является отличие классических способов определения угловых координат.

При условии, что большое соотношение сигнал/шум (ОСШ), а амплитудно-фазовое распределение в диапазоне реальной системной антенны меньше, чем у модели, методы и алгоритмы в настоящее время определяют нахождение под малым углом множественные цели.

Такие алгоритмы имеют значительное преимущество за счёт того, что определяют количество источников излучения и угол прихода без перемещения антенны, с использованием алгоритмических методов обработки сигналов. А также к входным данным адаптируются инновационные спектральные методы. Эти методы позволяют использовать корреляционную матрицу сигналов, которые принимаются в качестве источника антенны.

В адаптивной ФАР и в методах пеленгации источников случайных сигналов со сверхразрешением лежит одинаковый эффект - когерентное накопление (подавление) сигналов мешающих источников. Под мешающими будем понимать, источники, не совпадающие по направлению с остальными источниками.

Термин «сверхразрешение» является отражением высокой разрешающей способности (по угловым координатам) по сравнению в релейском пределе.

Увеличение ранга сигнальной составляющей корреляционной матрицы на единицу, происходит при добавлении каждого следующего независимого источника сигнала.

В определении размерности сигнального подпространства корреляционной матрицы очевиден алгоритм оценки числа источников, он заключается в определении числа собственных значений корреляционной матрицы, которые превышают шумовые собственные значения.

Задача сводится к оценке числа собственных значений, являющихся больше мощности собственных шумов, потому что оценки всех собственных значений, вычисляемые по выборочной корреляционной матрице, случайны

Постановка задачи определения угловых координат источников радиоизлучения

Задача оценивания угловых координат источников радиоизлучения можно изложить таким образом. Пусть имеется линейная эквидистантная антенная решётка, которая представляет собой решётку, состоящую из N одинаковых элементов, с равным расстоянием, принимающая сигналы от M точечных источников, которые расположены под углом φ к нормали плоской волны (рисунок 1).

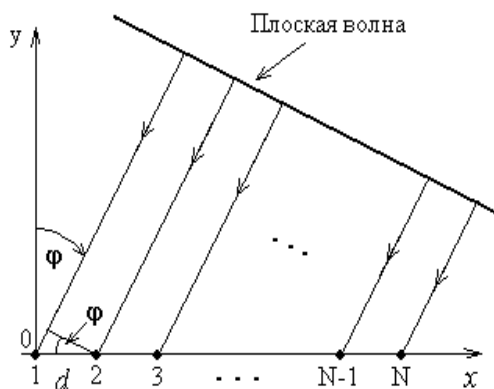


Рисунок 1 – Линейная эквидистантная антенная решётка с падающей на неё плоской волной.

Модель принятого сигнала мы можем представить через формулу:

$$X = AS + N \quad (1)$$

где: $A = [a(\varphi_1), a(\varphi_2), \dots, a(\varphi_M)]$ – матрица направляющих векторов антенной решётки, $a(\varphi_k) = [1, z^{-1}, \dots, z^{N-1}]^T$ – матрица, определяющая фазы сигналов с углом прихода φ_k , $z = \exp[-j(2\pi/\lambda)\sin(\varphi)]$, $S = [s_1, \dots, s_M]^T$ – полезный сигнал от M источника, N – шумовой вектор (белый гауссовский шум), X – вектор принятого сигнала элементами антенной решётки.

Разработка структурной (функциональной) схемы устройства

Радиопеленгатор, в основе построения которого лежат алгоритмы нелинейного спектрального анализа (алгоритмы сверхразрешения), имеет вид, представленный на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структурная схема радиопеленгатора

В состав такого радиопеленгатора входят следующие блоки:

- антенная система;
- модуль первичной обработки сигналов;
- модуль вторичной обработки сигналов.

В радиолокации, радиосвязи и других областях техники, интерес к антенным системам в последние годы значительно вырос. Их широкое применение обусловлено многими преимуществами перед другими типами антенн. Наиболее важным из этих преимуществ является относительная простота создания и изменения диаграммы направленности. Благодаря этим свойствам удалось создать качественно новый тип устройств пространственной обработки сигналов – решетки адаптивных антенн.

Адаптивная антенная решетка – это система, состоящая из антенной решетки и связанного с ней устройства обработки сигналов (процессора), которое изменяет свои параметры на основе информации, содержащейся в принимаемых сигналах.

Антенная система выполняет следующие функции:

- прием полезного сигнала;
- обеспечение предварительного выделения радиосигнала по

рабочему диапазону;

- передача принятого радиосигнала от маломощного усилителя (МШУ) на приемные каналы.

Модуль первичной обработки сигналов необходим для приема сигналов с высокой частотой, также обеспечивает преобразование входных ВЧ сигналов в рабочем диапазоне частот в промежуточные частоты, служит для усиления сигнала промежуточных частот, аналого-цифровое преобразование ПЧ. В пеленгаторах многоимпульсного типа количество каналов радиоприемного устройства равно количеству элементов антенной решетки, что повышает скорость пеленгования.

Структурная схема модуля первичной обработки сигналов для параллельного подключения к антенному блоку представлена на рисунке 3.

Модуль первичной обработки сигналов, в котором происходит процесс преобразования частот рабочих диапазонов при помощи сигналов управления модуля вторичной обработки сигналов, подключение к одному из N каналов антенной системы происходит последовательно. По окончании процесса преобразования частот сигнала, принятого одним из антенных элементов, начинается подсоединение модуля первичной обработки сигналов к другому антенному элементу с помощью высокочастотного коммутатора.

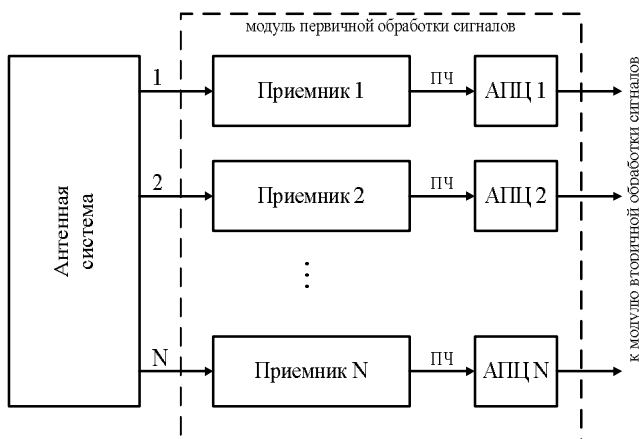


Рисунок 3 – Структурная схема N-канального модуля первичной обработки

С выхода модуля первичной обработки сигналы поступают на модуль вторичной обработки сигналов, на нем осуществляется

обработка, на основании выбранного алгоритма пеленгации, вычисление направления на ИИ, формирование синхронных сигналов частоты.

Модернизация устройства осуществляется за счет аппаратной реализации функционального модуля вторичной обработки. Функциональный модуль вторичной обработки сигналов строится на базе программируемых логических интегральных схем большой ёмкости и микросхем оперативной памяти. Общая структурная схема модуля вторичной обработки сигналов изображена на рисунке 4.

С выхода модуля первичной обработки сигналы поступают на модуль вторичной обработки сигналов, на нем осуществляется обработка, на основании выбранного алгоритма пеленгации, вычисление направления на ИИ, формирование синхронных сигналов частоты.

В настоящее время во всем мире особое внимание уделяют развитию информационных технологий, новейших систем коммуникации и связи. Ценность радиопеленгации в современном мире, окутанном новым витком научно-технического прогресса, по-прежнему актуально, точное и своевременное определение местонахождения источника того или иного сигнала иногда бывает крайне важно. Типичным примером могут являться навигационные транспортные системы и поисковые системы спасательных и аварийных служб, системы космического и наземного мониторинга. В связи с чем появляется необходимость в развитии средств пеленгации.

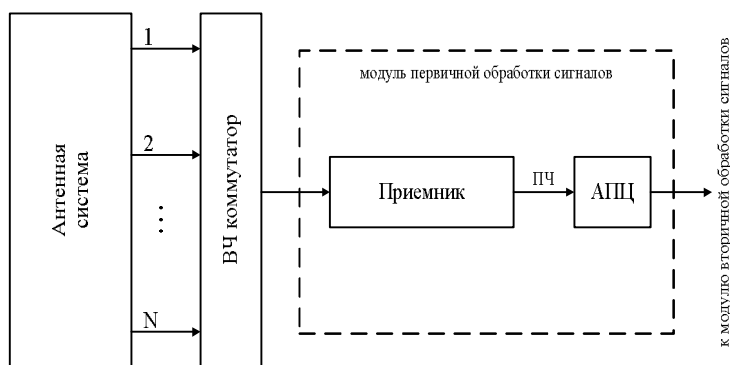


Рисунок 4 – Структурная схема одноканального модуля первичной обработки сигналов

В данной работе нам необходимо использовать антенные решетки. По принципу расположения излучателей в раскрые решетки делят на эквидистантные и неэквидистантные фазированные антенные решетки (ФАР). В эквидистантных ФАР расстояния между ближними элементами идентичны по всему раскрытию. Расстояние от излучателя к излучателю в эквидистантных ФАР в основном выбирают достаточно малыми (обычно меньше рабочей длины волны), это дает возможность создавать в секторе сканирования диаграммы направленности (ДН) с одним главным лепестком (без побочных дифракционных максимумов – т. н. паразитных лучей) и небольшим уровнем боковых лепестков. В неэквидистантных ФАР элементы расположены на неодинаковых расстояниях друг от друга.

Антенные решетки подразделяются по конфигурации на круговые, линейные, прямоугольные и так далее. В работе используется линейная антенная решетка, ее лучше реализовать на активной фазированной антенной решетке (АФАР). Поэтому можно менять адаптивное межэлементное расстояние, либо число элементов, в зависимости от числа источников. К ряду достоинств АФАР относятся:

- высокий уровень технологичности;
- надежная конструкция многоэлементной антенны;
- максимальное понижение длины трактов СВЧ между излучателями и приемопередающей аппаратурой.

Достижение наилучших результатов происходит путем применения в решетках цифровых методов, реализуемых в цифровых ФАР (ЦФАР). При реализации цифровых каналов происходит оптимизация технических характеристик, при этом добавляется еще одно преимущество – возможность осуществления адаптивных методов.

Таким образом, в рамках данной статьи предлагается разработать конструкцию блока оценивания угловых координат источника радиоизлучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сафонова А.В. Исследование возможностей углового разрешения источников излучения // Методы и устройства формирования и обработки сигналов в информационных системах: межвузовский сб. научн. тр. – Рязань: РГРТУ, 2013.
2. Godara L.C. Smart Antennas. – CRC Press, 2004. – 448 p.

УДК 004.65

А.В. КОЗЛОВЦЕВАРязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина**ГИДРОАВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОНАВИГАЦИИ**

Рассматриваются перспективы, актуальность и сложность задач разработки проектных технологий в авиационной навигации. Разработка и применение подобных моделей технологий радионавигации, их достоинства и недостатки.

Авиационная навигация является неотъемлемой частью российской авиации. Она является одним из основных направлений для разработки новых проектных технологий. Это навигационная технология, которая используется летающими аппаратами над поверхностью морей. Интересы к морскому мониторингу океана доказывают необходимость развития нашей отечественной авиакосмической системы мониторинга. Оперативная информация на глобальном и региональном уровне позволяет решать научные и практические задачи океанографии, разработать достоверные прогнозы погоды, определять оптимальные пути плавания судов, оценивать, контролировать и прогнозировать водные ресурсы.

Современные приборы для наблюдения за океаном недостаточно. Они находятся на поверхности водной поверхности, а также на бортах специального судна. Использование этих приборов ограничивается метеорологическими погодными условиями, временем суток и техническими сложностями исследования морей. Ознакомиться с океанами, морями и различными водоемами можно с помощью специального технического оборудования. Электромагнитные волны, используемые для дистанционного анализа, они имеют широкий диапазон частот, от радиоволн до оптических. Возможность получения данных о параметрах слоя океана определяется тем, что механизм отражения радиоволн, а также собственное излучение радиоволн определяются электрофизическими характеристиками, а также водной геометрией. Для дистанционного анализа используются радиоволны различных частот, от оптических до радиоволн. Это позволяет получить информацию о параметрах морского слоя. Для того чтобы получить данные о поверхностном слое океана, необходимо определить электрофизические параметры, геометрию водной поверхности. Для решения таких задач необходимо аналитическое решение проблемы рассеяния электромагнитных волн на статистической неровной поверхности, а также исследование

пространственной структуры этих полей и их взаимосвязи с пространственными структурами отражений. Но, несмотря на это, ученые продолжают изучать особенности рассеяния волн в волнующейся морской поверхности, анализ статистическую структуру электромагнитного поля рассеяния и синтез радиолокационных методов измерения ее параметров. На данный момент эти исследования являются незавершенными. В первую очередь, это связано с многосторонним характером радиолокации морской поверхности. Используя адекватные электродинамические модели и учитывая тонкость структуры волн, можно разработать теорию рассеяния электрических волн, позволяющую устранить отмеченные проблемы.

Направление, в котором распространяются радиоволны, обычно определяется на основе знания фазовых фронтов. Фазовый фронт - это плоскость, на которой электромагнитные волны находятся в фазе. Фазовый фронт можно считать плоским на расстоянии от точки излучения радиоволны. На рисунке 1 показан вид фазового фронта в поперечном сечении. Рассматривая точки A_1 и A_2 , которые разделены расстоянием a . Фаза электрического поля в этих точках различна. Если в этих точках разместить антенны, то фаза индуцированной электродвижущей силы будет разной. Этот сигнал является гармоническим колебанием. Тогда сдвиг фаз между индуцированной ЭДС у антенны A_1 и индуцированной ЭДС у антенны A_2 определяется как:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi a}{\lambda_s} \cos \alpha,$$

где a – угол между линией расположения точек A_1 и A_2 и направлением на излучатель.

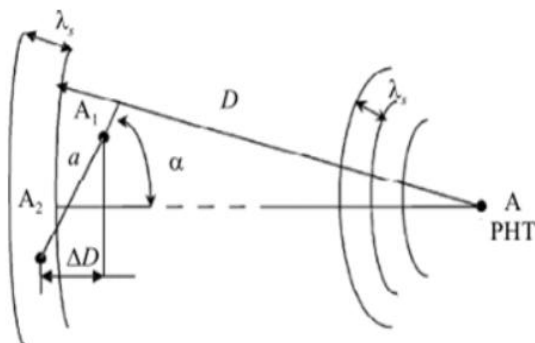


Рисунок 1 – Сечение фазового фронта электромагнитной волны

Разработка и применение подобных моделей позволили получить аналитические решения, связывающие пространственные и частотные энергетические спектры, статистические характеристики радиолокационного сигнала с аналогичными спектрами морской поверхности и с параметрами волнения.

Эти модели дают новые результаты по исследованию особенностей, отраженных от морской поверхности сигналов в движущейся и неподвижной системах координат.

Такая работа требует знания свойств морской поверхности. Задачи разработки проектных технологий в авиационной навигации решаются при условии измерения ограниченного числа параметров. Таких как: высота, длина, период, наклонение, направление распространения морской волны, скорость и направление ветра. Между этими параметрами существует функциональная связь. Такое волнение в реальном мире редкость. Поэтому для получения наиболее полной информации об уровне моря необходимо одновременно измерять несколько фундаментальных параметров независимыми методами. Накопленный за последние десятилетия опыт измерения свойств электромагнитных полей, рассеянных водными поверхностями, повысил интерес к радиолокационным методам измерения параметров волн как на национальном, так и на международном уровне.

В анализе тенденций развития методов радиолокационного обнаружения малоконтрастных целей можно отметить, что известные работы по радиолокационному обнаружению неоднородностей морской и земной поверхности основываются обычно только на оценке статистических характеристик отраженного сигнала конкретного радиолокационного устройства с последующей интерпретацией их соответственно условиям наблюдения неоднородностей радиолокационного изображения.

Задача повышения надежности идентификации контрастов на радиолокационных изображениях должна решаться на основе оптимальных процедур обработки, которые могут быть получены с помощью методов статистической теории принятия решений. Такой статистический подход позволяет объективно оценить потенциал существующих радиолокационных систем и определить возможности их модернизации. Такие методы и технические средства позволяют повысить помехоустойчивость радиолокационных средств обнаружения малоконтрастных объектов и повысить точность определения координат объектов. Также повышается эффективность радиолокационного обнаружения объектов.

Тема гидроавиационных систем радионавигации очень актуальна, так как навигация в современном мире играет большую роль. Необходимость повышения точности местоположения источников радиоизлучений в районах боевых действий и других, при сопровождении особо важных грузов. Развитие радионавигации очень важно для более эффективных и быстрых принятых решений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гернет Е.С. Навигационные морские и авиационные карты с добавочными замкоординатами // Записки по гидрографии. – 1933.
2. Beckman P., Spizzichino A. The Scattering of Electromagnetic Waves from Rough Surfaces. – Pergamon Press. – 1963. – 503 p.

УДК 537.533.331

Э.Г. КОЧЕРГИН, А.А. ТРУБИЦЫН

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

УМЕНЬШЕНИЕ СФЕРИЧЕСКИХ АБЕРРАЦИЙ В ТРЕХЭЛЕКТРОДНОЙ ЛИНЗЕ ЭЙНЦЕЛЯ

Рассматриваются сферические aberrации в осесимметричных электростатических линзах, в частности в трехэлектродной линзе Эйнцеля, также рассматриваются методы уменьшения их. Приведено моделирование в программе «FocusPro».

1. Краткие теоретические сведения

Перед рассмотрением aberrаций в электростатических линзах, необходимо отметить, что существует аналогия между электронной (ионной) оптикой и светоптикой. Следовательно, как и светоптическим линзам, электронным линзам присущи искажения изображения или же aberrации.

Аберрации в обоих этих разделах науки носят одинаковые названия, а именно: сферическая, хроматическая, кома, астигматизм, дисторсия.

Хроматическая aberrация в светоптических системах фокусировки наблюдается вследствие присутствия зависимости между показателями преломления и длины световой волны, другими словами лучи света, имеющие разные цвета, фокусируются в разных точках. Учитывая выше упомянутую аналогию, можно сказать, что в электронно-оптических системах, в дальнейшем ЭОС, так же

наблюдается хроматическая аберрация из-за наличия разброса электронов по скоростям. На рисунке 1 продемонстрирован пример возникновения хроматических аберраций.

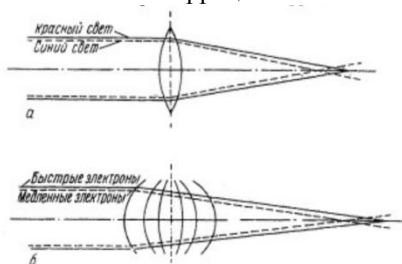


Рисунок 1 – Хроматические аберрации

а) в светооптических линзах, б) в электронных линзах

Суть сферической же аберрации заключается в том, что чем больше удаление от главной оптической оси заряженных частиц (электроны или ионы), тем ближе фокусируются эти самые частицы.

Пример сферической аберрации продемонстрирован на рисунке 2.

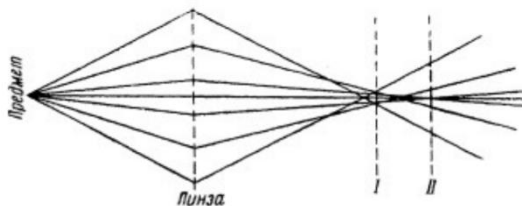


Рисунок 2 – Сферическая аберрация

Плоскость I расположена таким образом, чтобы увеличить четкость изображения. Круг рассеяния в рассмотренном случае имеет наименьший размер, а плоскость II необходима для получения изображения только параксиальными лучами, т.е. при отсутствии сферической аберрации [1].

2. Моделирование трехэлектродной линзы Эйнцеля в программе «FocusPro»

Небезызвестно, что от сферических аберраций аксиально-симметричных линз невозможно полностью избавиться, но их возможно минимизировать. Для достижения этого необходимо изменить расположения электродов линзы.

Конкретно для трехэлектродной линзы Эйнцеля необходимо увеличить длину линзы посредством увеличения длины зазора между вторым и третьим электродом.

Схема исследуемой линзы представлена на рисунке 3.

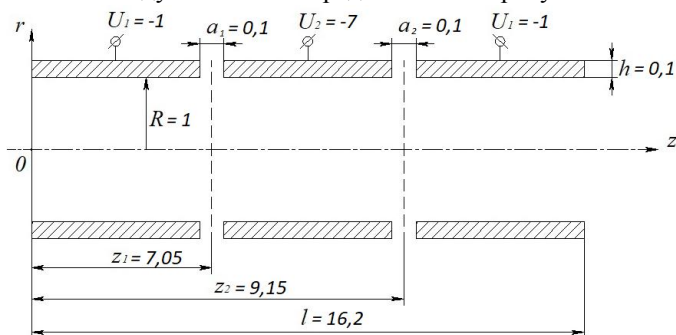


Рисунок 3 – Конструкция исследуемой одиночной линзы

2.1. Исследование влияния расстояния между вторым и третьим электродом одиночной линзы на параметры фокусировки

Для моделирования одиночной линзы использовалась программа моделирования статистических и динамических систем корпускулярной оптики «FocusPro».

Изменяемый параметр – a_2 , значения которого лежат в интервале $[0,1, 0,2, \dots, 1] \cup (1, 2, \dots, 10]$.

В модуле «Design» были сформированы 15 схем линзы Эйнцеля, соответствующих рисунку 3.

После формирования конструкций линз был осуществлен расчет матричных коэффициентов с помощью функции «Compute_matrix» в модуле «Field_E». Так же, в последствие были рассчитано распределение потенциала во всей области одиночной линзы «inDomain».

На рисунке 4, продемонстрированы два крайних случая распределения потенциала в области одиночной линзы. На рисунке 4(а) показано распределение потенциала в линзе с симметричным расположением электродов, на рисунке 4(б) показано же распределение потенциала с асимметричным расположением электродов.

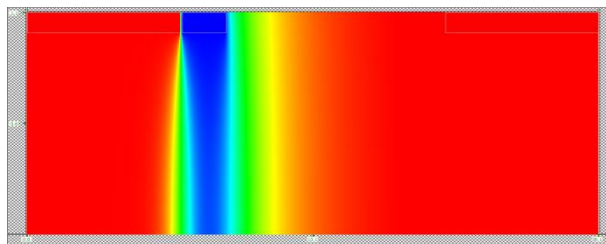
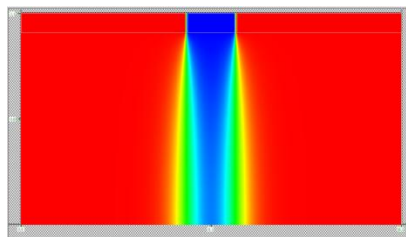


Рисунок 4 – Расчет потенциала во всей области одиночной линзы
а) при $a_2 = 0,1$, б) при $a_2 = 10$

Рассчитав распределение потенциала аксиально-симметричного поля, появляется возможность провести траекторный анализ. Для расчета траекторий параллельного пучка положительно заряженных частиц необходимо воспользоваться модулем «Path S».

Результат траекторного анализа для двух крайних случаев с симметричным и асимметричным расположением электродов представлен на рисунках 6а и 6б.

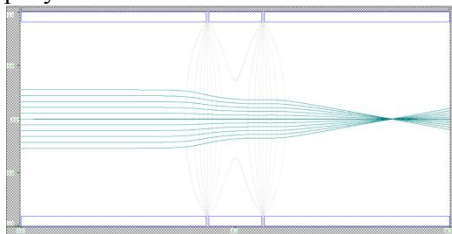


Рисунок 6а – Результат построения траекторий движения заряженных частиц при $a_2 = 0,1$

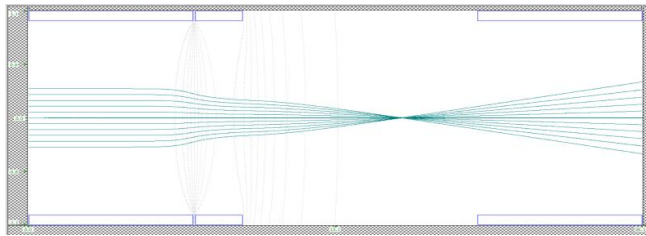


Рисунок 6б – Результат построения траекторий движения заряженных частиц при $a_2 = 10$

При помощи функции «Zoom», рисунок 7, позволяющей приблизить область фокусировки и измерить радиус кружка (пятна) рассеяния, были получены результаты, представленные в таблице 1.

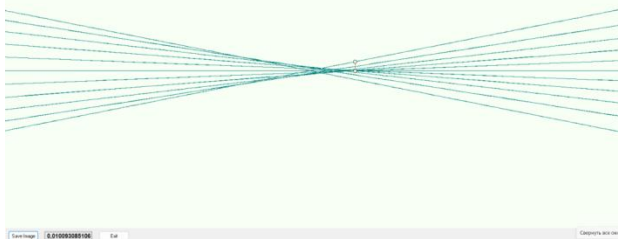


Рисунок 7 – Область фокусировки при $a_2 = 0,1$

Таблица 1 – Экспериментальные данные

Расстояние зазора	Радиус кружка рассеяния	Диаметр кружка рассеяния	Продольная абберрация	Координата фокуса
0,1	0,010093085106	0,020186170212	0,198633297242	14,2141
0,2	0,010093085106	0,020186170212	0,199858940972	14,2353
0,4	0,009215425531	0,018430851062	0,196940104166	14,3001
0,6	0,009215425531	0,018430851062	0,190266927083	14,3932
0,8	0,009654255319	0,019308510638	0,196215070511	14,5076
1	0,009654255319	0,019308510638	0,200390625000	14,6361
2	0,009215425531	0,018430851062	0,202289972507	15,2934
3	0,009215425426	0,018430850851	0,242480468749	15,7392
4	0,008776595744	0,017553191488	0,239908854166	15,9674
5	0,008337765957	0,016675531914	0,238107638888	16,0711
6	0,007460106382	0,014920212764	0,213422309027	16,1154
7	0,008337765957	0,016675531914	0,248144919272	16,1335

8	0,008776595744	0,017553191488	0,253656684027	16,1404
9	0,009215425531	0,018430851062	0,256011284722	16,1442
10	0,009215425531	0,018430851062	0,257715217363	16,1468

Анализируя полученные данные, можно заметить что минимальное значение радиуса кружка рассеяния наблюдается при $a_2 = 6$.

Для более точного результата необходимо уточнить значение минимума, для этого необходимо повторить выше описанный алгоритм в окрестностях значения $a_2 = 6$, с шагом 0,1.

Результат представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Уточнение минимального значения радиуса кружка рассеяния

Расстояние зазора	Радиус кружка рассеяния	Диаметр кружка рассеяния	Продольная абберрация	Координата фокуса
5,7	0,007826145125	0,015652290250	0,243641930550	16,1059
5,8	0,007021276595	0,014042553190	0,206228765499	16,1096
5,9	0,007415984318	0,014831968636	0,229167086822	16,1125
6	0,007460106382	0,014920212764	0,213422309027	16,1154

На рисунке 8 показан график зависимости радиуса пятна рассеяния от длины второго зазора a_2 .



Рисунок 8 – График зависимости радиуса кружка рассеяния от длины второго зазора a_2

Анализируя полученные данные, можно заметить что при увеличении длины зазора наблюдается уменьшение пятна рассеяния до определенного минимума, в данном случае при $a_2 = 5,8$. Далее же, с ростом расстояния зазора наблюдается рост значения радиуса пятна рассеяния до определенного момента, где затем становится постоянной вследствие уменьшения влияния третьего электрода на фокусировку пучков заряженных частиц.

По результатам эксперимента удалось уменьшить радиус пятна рассеяния приблизительно в полтора раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шерстнев Л.Г. Электронная оптика и электроннолучевые приборы: учебник для студентов высш. техн. учеб. Заведений. – М.: Энергия, 1971. – 367 с.
2. Yavor M.I. Optics of charged particle analyzers // Advances in imaging and electron physics. – Academic Press, Elsevier, 2009. – Vol. 157. – 381 p.
3. Трубицын А.А., Кочергин Э.Г. Моделирование систем параксиальной электронной оптики: учеб. пособие. / Рязан. гос. радиотехн. ун-т им. В.Ф. Уткина. Рязань, 2022. – 80с.
4. FocusPro [Электронный ресурс]. URL: <https://focuspro-soft.com/ru/>.

УДК 004.94

И.В. КУЛАКОВА, А.Е. БОРЗЕНКО

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ГРАНИЧНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ (МЕТОД В-REP В ПАКЕТАХ САПР)

Рассматривается использование метода граничного представления моделей в системах автоматизированного проектирования (САПР), разбираются базовые понятия, а также проводится сравнение данного метода с конструктивной блочной геометрией и рассматриваются их достоинства и недостатки.

На сегодняшний день в САПР применяется твёрдотельное параметрическое моделирование, которое позволяет сделать высококачественную геометрию за малый промежуток времени. Современные «твёрдотельные» системы построены на поверхностном

моделировании с использованием граничного представления твёрдых тел [1].

Граничным представлением в компьютерном проектировании и твёрдотельном моделировании называют способ представления фигур при помощи границ. Во многих случаях сокращают как BREP или B-REP, т.к. происходит от английского словосочетания «Boundary representation», что как раз и переводится как «граничное представление».

Твёрдое тело является совокупностью взаимосвязанных элементов поверхности, т.е. границ между телом и окружающим пространством [2].

В граничном представлении твёрдое тело описывается как набор поверхностей, с заданной точностью соединённых по границам и образующих замкнутый объём. Такое представление позволяет определить объём тела и его массово-инерционные характеристики, а также упрощает его разбиение на конечные элементы для инженерного анализа.

Так же как и метод конструктивного представления, имеющий обозначение C-REP, метод граничного представления может оперировать с примитивами, созданными с помощью булевых операций. В модели B-REP хранится точное описание границ объекта, а все его рёбра, вершины и грани присутствуют в ней явно.

Граничное представление состоит из 2-х частей, а именно из геометрии и топологии [2].

Геометрия модели подразумевает под собой кривые, точки и поверхности и определяется координатами этих точек (вершин), а топология описывает рёбра и грани, а также является разновидностью геометрии и отношениями между точками.

Главными топологическими элементами считаются рёбра, грани и вершины, т.к. ребро представляет собой ограниченную часть кривой, грань – поверхности, а вершина – точку. Они показаны ниже на рисунке 1:

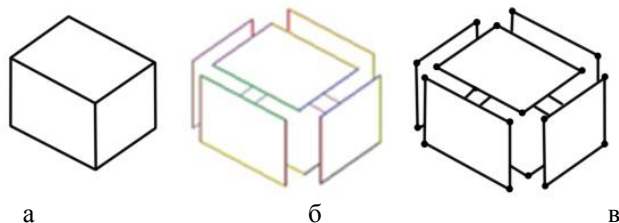


Рисунок 1 – Главные топологические элементы:
а – общий вид, б – грани и рёбра, в – вершины (точки)

Другими элементами являются оболочка (набор смежных граней), петля (контур рёбер, которые ограничивают грань) и контурные сноски или же сноски крылатого края (полурёбра) для построения контура из рёбер. [2]

Далее рассмотрим и сравним два метода: граничного представления (B-REP) с конструктивной блочной геометрией (C-REP).

Конструктивная блочная геометрия (КБГ) заключается в применении примитивных твёрдых объектов и выполнении с ними логических (булевых) операций для создания окончательной формы. К таким операциям относятся пересечение, вычитание (разность) и слияние (объединение) [3].

Пример того, как именно работает процесс конструктивной блочной геометрии, представлен на рисунке 2.

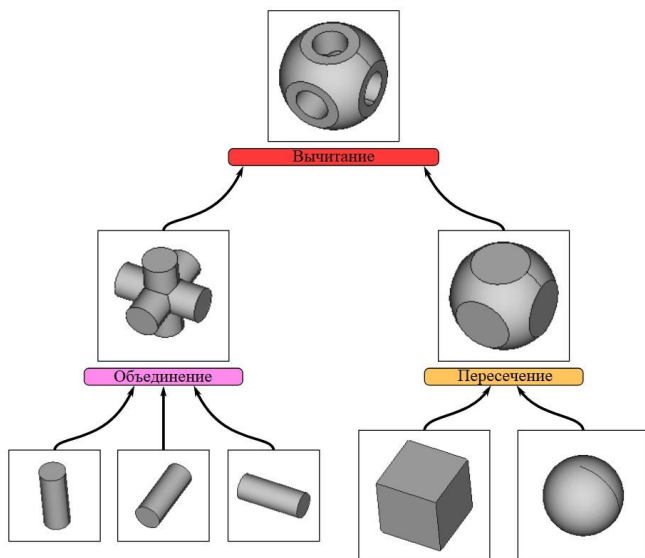


Рисунок 2 – Пример создания 3D модели при методе C-REP с использованием булевых операций

Если при создании модели в КБГ применяются только примитивные объекты и логические операции для их объединения, то граничное представление более гибкое и имеет более широкий набор операций (например, смешивание, создание фасок, экструзия, настройки и т.д.), что делает его лучшим выбором для САПР. Конструктивная блочная геометрия первоначально применялся

несколькими коммерческими системами, т.к. его реализация была проще. Но возникновение надёжных ядер BREP-моделирования стало причиной того, что граничное представление начало широко внедряться в системы автоматизированного проектирования [2].

Пакеты моделирования, применяющие C-REP, распознают сложную форму в терминах, составляющих её 3D примитивов, а пакеты с использованием B-REP оперируют с моделью в терминах вершин, рёбер и граней, которые образуют граничную поверхность объёмного тела.

Также каждый метод имеет свои достоинства и недостатки.

У метода C-REP одним из них является то, что можно легко и быстро построить объёмную модель правильной формы из примитивов с применением булевых операций. Также обеспечивается компактное описание модели в базе данных и требуется мало памяти и большой объём вычислений при воспроизведении модели.

КБГ применяется во многих программах. Например, на её применении основана технология Geo Mod, а также она используется в таких программах, как BRL-CAD, AutoCAD, FreeCAD, SolidSorks, Feature Manipulation Engine, GtkRadiant, POV-Ray, sgCore, UnrealEd, 3D World Studio, Vectorworks, OpenSCAD и т.д. [4]

Метод B-REP, наоборот, требует много памяти и мало вычислений при воспроизведении модели, а также удобен при проектировании сложных форм (например, корпусов автомобилей, самолётов, кораблей и т.д.), создавать которые методом C-REP очень трудозатратно.

Пример кузова, сделанный при помощи B-REP модели, представлен ниже на рисунке 3.

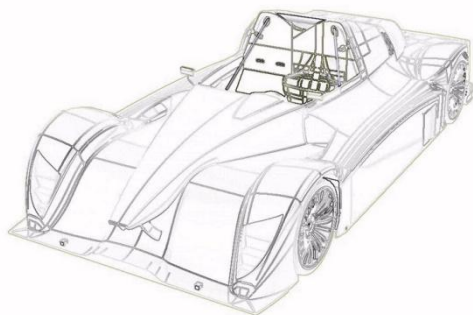


Рисунок 3 – Корпус, созданный с помощью B-REP модели [2]

Удобство использования данного метода заключается в возможности быстрой модификации граничной поверхности. Другим

же достоинством является относительная простота преобразования граничного представления этого метода в каркасную модель и обратно.

Стоит отметить, что из-за относительного характера преимуществ и недостатков методов C-REP и B-REP разработаны так называемые гибридные системы, совмещающие в себе оба метода. К ним относятся CATIA, CADD5, PTC Creo, EUCLID, UnitGraph/Solid Modeling и другие. Такие системы позволяют применять каркасные, поверхностные и твёрдотельные методы моделирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Граничное представление твёрдого тела [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://infopedia.su/9x46c.html> (дата обращения: 09.04.2023).

2. Граничное представление [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Граничное_представление (дата обращения 09.04.2023).

3. Конструктивная блочная (твёрдотельная) геометрия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://wiki.freecadweb.org/Constructive_solid_geometry/ru (дата обращения 09.04.2023).

4. Конструктивная сплошная геометрия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Конструктивная_сплошная_геометрия (дата обращения 09.04.2023).

УДК 004.65

И.В. КУЛАКОВА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф.Уткина

КОМБООСИЛИТЕЛЬ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ

Рассматриваются перспективы, актуальность и сложность задач усиления звука. Разработка и применение технологий усиления звука, их достоинства и недостатки комбоусилителей.

Усилители звуковых частот – это устройства, используемые для увеличения мощности звуковых сигналов. Они являются неотъемлемой частью аудиоаппаратуры в наше время. Различные виды усилителей звуковых частот предназначены для различных целей и имеют свои особенности.

Одним из самых распространенных типов усилителей звуковых частот является стереоусилитель. Он используется для увеличения мощности звука стереосистемы и усиления двух каналов звука одновременно. Обычно он имеет два входа и два выхода. Стереоусилитель может быть аналоговым или цифровым.

Несмотря на то, что усилители звуковых частот могут отличаться по конструкции и функциональности, их цель заключается в том, чтобы повысить качество звука и увеличить его громкость. Будь то стереоусилитель, моноусилитель, триодный усилитель или усилитель для наушников, он всегда играет важную роль в создании прекрасного звучания музыки.

Усилители звуковых частот являются неотъемлемой частью аудио систем. Они позволяют усиливать звук с источника и передавать его на колонки. В данной статье мы рассмотрим основные типы усилителей звуковых частот и их применения.

Первый тип усилителей – ламповые усилители (рисунок 1). Они используют выпрямительные лампы и лампы предварительного усиления. Ламповые усилители имеют большой аудио диапазон и могут создавать теплый звук с насыщенной гармоникой. Но у них есть и свои недостатки: они довольно громкие и потребляют много энергии.



Рисунок 1 – Ламповый усилитель

Второй тип – транзисторные усилители (рисунок 2). Они используют транзисторы в качестве ключевых элементов. Транзисторные усилители более эффективны, громкость их легче регулируется и они потребляют меньше энергии, чем ламповые. Но их звук может быть менее теплым и насыщенным.



Рисунок 2 – Транзисторный усилитель

Третий тип – гибридные усилители (рисунок 3). Они используют как лампы, так и транзисторы. Гибридные усилители объединяют лучшие качества ламповых и транзисторных усилителей, компенсируя их недостатки. Они более эффективны, менее громкие и имеют более теплый звук.



Рисунок 3 – Гибридный усилитель

Усилители звуковых частот могут также разделяться на моно и стерео. Моно усилители используются для одного канала звука, а стерео усилители для двух каналов. Стерео усилители чаще всего используются в домашних аудио системах и дискотеках.

Некоторые усилители могут быть мультиканальными, то есть иметь несколько каналов для звуковой дорожки: два фронтальных канала, задний канал и центральный канал.

Важной характеристикой усилителя является его мощность. Мощность усилителя определяет, насколько громко можно воспроизводить звук на колонках. Чем выше мощность усилителя, тем громче можно раздавать музыку.

И даже если вы не имеете богатой музыкальной коллекции или не интересуетесь аудио техникой, хороший усилитель звуковых частот могут изменить ваше представление о качественном звучании музыки.

Комбоусилитель звуковых частот – это устройство, которое используется для увеличения громкости звука и обработки его частот. Этот тип усилителя используется как в качестве домашней

аудиосистемы, так и в профессиональном оборудовании для музыкальных студий и концертных залов.

Комбоусилитель звуковых частот состоит из двух основных компонентов: усилителя и динамика. Система усиления расположена внутри корпуса устройства и отвечает за усиление аудиосигнала. Динамик предназначен для преобразования электрического сигнала в звуковые волны.

Одним из основных преимуществ комбоусилителей звуковых частот является их портативность. Они имеют компактный дизайн и могут быть использованы в качестве переносных аудиосистем, например, на открытом воздухе или на пикнике. Кроме того, в некоторых моделях встроены Bluetooth и Wi-Fi, что позволяет осуществлять беспроводную связь со смартфонами и другими устройствами.

В комбоусилителях звуковых частот также присутствуют различные функции обработки звука, такие как эквалайзеры, эффекты реверберации и дисторшн. Эти возможности позволяют настраивать звук в соответствии с предпочтениями слушателя, а также использовать устройство для игры на гитаре или других музыкальных инструментах.

Для тех, кто любит хороший звук, комбоусилитель звуковых частот является важным компонентом в системе домашней аудио. Он предоставляет чистый и мощный звук, который усиливает эмоциональный контакт между музыкой и слушателем. Комбоусилитель звуковых частот также используется на концертах и в студиях звукозаписи, где они играют ключевую роль в обеспечении качественного звучания.

Наконец, комбоусилитель звуковых частот – это не только инструмент для профессионального использования, это также отличный подарок для любителей музыки и звука. С его помощью можно создавать атмосферу любимых концертов и наслаждаться музыкой в высоком качестве прямо в своей комнате.

Перспективы усиления звука обещают быть очень интересными в ближайшее время. Мы уже видим ряд прорывных технологий, которые обеспечивают лучшее качество звука, более эффективное энергопотребление и более надежную работу.

Одной из таких технологий является усиление звука в концертных залах и театрах. С помощью специальных акустических систем можно создавать невероятно мощный звук, который может превосходить даже самые сильные громкоговорители. Более того, эта

технология может быть использована не только для концертных залов, но и для домашних кинотеатров и других подобных мест.

Другой технологией, которая обещает изменить будущее звукового усиления – это беспроводные наушники. Все больше людей отказываются от стандартных проводных наушников в пользу беспроводных, которые могут использоваться в любых условиях, в том числе и на улице. Беспроводные наушники уже обладают отличным качеством звука, но мы можем ожидать еще большего совершенствования в ближайшее время.

Третьей технологией, которая обещает изменить будущее звукового усиления, являются искусственный интеллект и машинное обучение. Благодаря этим технологиям можно создавать уникальные звуковые эффекты, изменять звук в режиме реального времени и многое другое. Например, алгоритмы машинного обучения уже используются для усиления звука в ресторанах и кафе, а также для создания индивидуальных настроек звука для каждого клиента.

В целом, перспективы усиления звука обещают быть очень интересными. Мы можем ожидать еще большего улучшения качества звука, более эффективного использования энергии и создания уникальных звуковых эффектов. Эти технологии уже меняют нашу жизнь, и это только начало.

Усиление звука – это процесс увеличения громкости звукового сигнала. В наше время актуальность усиления звука набирает все большую популярность. Это связано в первую очередь с тем, что музыка является неотъемлемой частью нашей жизни.

Музыка сопровождает нас повсюду – в магазинах, на работе, в транспорте. Она улучшает настроение и душевное состояние людей. Также она является стимулом для занятий спортом и физической активности. Поэтому очень важно услышать музыку в полном объеме и насладиться ее звучанием.

Усиление звука позволяет получить лучшее качество звука при прослушивании музыки или просмотре фильмов. Это особенно актуально в тех случаях, когда не хватает громкости звукового сигнала. Также усиление звука помогает создать настоящую атмосферу на вечеринках или других мероприятиях, где звуковое сопровождение играет важную роль.

Современные системы усиления звука обладают высокой мощностью и обеспечивают качественное звучание звукового сигнала. Они имеют разные функции и настройки, которые позволяют настроить звук под конкретные условия.

Однако не стоит забывать о том, что усиление звука может негативно сказаться на здоровье человека. Постоянное прослушивание музыки на высокой громкости может привести к травмам ушей и потере слуха. Поэтому необходимо использовать системы усиления звука с осторожностью и соблюдать правильный режим прослушивания музыки.

Таким образом, усиление звука является важным аспектом в нашей жизни. Оно позволяет наслаждаться качественным звуком и создавать настоящую атмосферу на мероприятиях. Однако необходимо помнить о возможных последствиях для здоровья и использовать системы усиления звука с осторожностью.

Задача усиления звука является одной из самых распространенных и важных задач в проектировании устройств, связанных со звуком. Однако, не смотря на то, что существует множество способов усиления звука, решение этой задачи часто оказывается сложным.

Одной из причин сложности решения задачи усиления звука является высокая чувствительность звуковых сигналов. Входной сигнал может быть очень слабым, а выходной – очень сильным, что требует применения довольно сложных устройств усиления. Более того, звуковые сигналы имеют очень широкие диапазоны частот, то есть могут включать в себя как низкочастотные, так и высокочастотные компоненты. Из-за этого устройства усиления должны быть способны обрабатывать широкий диапазон частот, что может также усложнять решение задачи.

Еще одной сложностью является снижение качества сигнала при усилении. При увеличении амплитуды звукового сигнала качество может снижаться из-за различных дисторсий. Кроме того, при усилении могут возникать шумы и помехи, которые также могут негативно сказаться на качестве сигнала.

Для получения высококачественного усиления звука необходимо провести тщательный анализ и выбор оптимальных параметров всех элементов устройства усиления. Это касается их частотных характеристик, линейности и стабильности во времени. Для достижения наилучшего результата также необходима тщательная настройка устройства при помощи специального оборудования.

Таким образом, задача усиления звука, несмотря на свою простоту на первый взгляд, может оказаться довольно сложной. Однако, существует множество способов эффективного усиления звука, а также специализированные компоненты и устройства, способные справиться с этой задачей. Главное – это тщательно

продумать и выбрать оптимальный подход и весь необходимый компонентный базис.

Усиление звука – это процесс увеличения громкости звуковой волны. В современной эпохе это необходимо в различных сферах, как в музыке, так и в технике. Разработка и применение технологий усиления звука прошли непростой путь от создания простых усилителей до создания новых форматов и стандартов.

Процесс усиления звука становится возможен благодаря работе устройств, называемых усилителями. Они работают с помощью электрических сигналов, увеличивая мощность звука на уровень, который может легко слышаться человеческим ухом.

Технология усиления звука существует уже долгое время и претерпела множество изменений в связи с новыми требованиями к качеству звука и новыми возможностями техники. Но одно неизменное свойство, которое сохраняется уже много лет, это аналоговый процесс усиления, пока не было создано цифровых усилителей.

С одной стороны, цифровые усилители представляют собой значительный шаг вперед в области технологии усиления звука. Они работают с помощью цифровых сигналов, что обеспечивает более точную передачу и хранение информации, а также усиленный звук с меньшей искаженностью.

С другой стороны, стандартный аналоговый усилитель до сих пор является предпочтительным выбором многих профессионалов в музыке и в других областях, где качество звука играет ключевую роль. Это связано с тем, что аналоговые устройства обладают более плавным звучанием и более естественным прочтением звучания инструментов.

Сегодня существует множество технологий усиления звука и различных устройств, способных реализовать этот процесс. Это и различные усилители, и колонки, и наушники. Также применение технологий усиления звука распространено в сфере видео и игр, где создание эффектов звука играет ключевую роль.

Техника усиления звука постоянно развивается, и сегодня на рынке появляются все новые и новые устройства. Они становятся более компактными, эффективными и удобными в использовании. Но важно помнить, что качественное воспроизведение звука, независимо от выбранной технологии, всегда важно и необходимо любому профессионалу и любителю музыки. Комбоусилители являются популярным выбором для музыкантов, особенно для тех, кто играет на электрической гитаре. Они объединяют в себе усилитель и динамик в

одном устройстве, что делает их компактными и легкими в транспортировке. Однако, как и любое другое оборудование, комбоусилители имеют свои достоинства и недостатки.

Достоинства комбоусилителей

1. Компактность и портативность. Комбоусилители являются идеальным выбором для тех, кто играет в нескольких местах и часто перемещается с места на место, так как они легкие и компактные.

2. Экономичность. Комбоусилители являются более экономичным выбором, чем отдельные усилители и динамики. Кроме того, они позволяют экономить место и деньги при покупке оборудования.

3. Удобство использования. Комбоусилители просты в использовании и не требуют дополнительных настроек или настройки, что делает их идеальным выбором для начинающих музыкантов.

Недостатки комбоусилителей

1. Ограниченная мощность. Комбоусилители имеют ограниченную мощность, что может стать проблемой для музыкантов, которые нуждаются в более мощных звуках или играют на больших сценах.

2. Ограниченный выбор звуков. Комбоусилители имеют ограниченный выбор звуков, что может быть проблемой для музыкантов, которые хотят достичь определенного звучания.

3. Ограниченные возможности обновления. Комбоусилители не всегда могут быть обновлены или модифицированы в соответствии с потребностями музыканта, что также является проблемой для тех, кто хочет изменить звук своего инструмента.

Таким образом, комбоусилители имеют свои достоинства и недостатки, и выбор между ними и представителями отдельных усилителей и динамиков должен осуществляться с учетом индивидуальных потребностей музыканта и характеристик конкретных устройств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Даниленко Б.П. Отечественные и зарубежные усилители, радиоприемники, схемы и ремонт: справочное пособие / Б.П. Даниленко. – Беларусь, 2000. – 212 с.

2. Ежков Ю.С. Справочник по схемотехнике усилителей. – ИП «РадиоСофт», 2002. – 272 с.

3. Хлупнов А.И. Любительские усилители низкой частоты. – Энергия, 1976. – 83 с.

4. Баширов С.Р. Современные усилители. – НТ Пресс, 2007. – 107 с.

УДК 004.65

К.Е. КУТЫРАЕВА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф.Уткина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В ЛАБОРАТОРНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

В данной статье анализируется актуальность применения машинного обучения нейросетей, а также методика данного обучения. Приводится пример работы нейросети для анализа злокачественных новообразований молочной железы.

Использование нейросетей в сфере здравоохранения в 2023 году становится все популярнее и полезнее. Особенно актуально этот вопрос встал в 2020 году, когда весь мир охватила пандемия COVID-19. Так же такая система будет помогать в принятии решений специалистам, которые работают в фельдшерско-акушерских пунктах в удаленной местности или в местах с сильной нагрузкой на врачей и большим потоком пациентов. Система нейросетей может справиться с вопросами, когда речь идет о редких заболеваниях, с которыми врачи встречаются нечасто, не обладая при этом необходимым опытом, или схожей симптоматике различных заболеваний.

Специалисты, а также команды ученых на протяжении многих лет вдохновлялись процессами, работающими в строении нашей нервной системе, пробовали создать реверс-инжиниринг центральной нервной системы и попробовать воспроизвести работу человеческого мозга. На основании проделанной работы, а также долгому изучению всех областей нашей нервной системы, сформировалось огромное ответвление в машинном обучении, которое получило название - нейронные сети. На рисунке 1 продемонстрировано сходство между устройством на основе биологического нейрона и математическим представлением нейрона, которое использует машинное обучение.

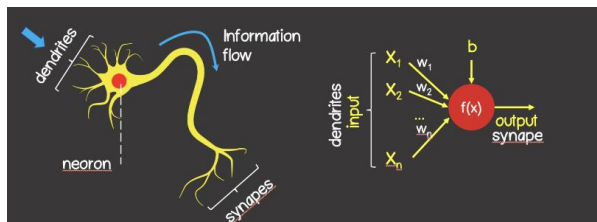


Рисунок 1 – Математическое представление нейрона

Нейрон, в своем биологическом представлении, принимает электрические сигналы с различной силой, которые при этом возбуждают нейрон при достижении определенного порогового значения, что приводит к передачам электрических сигналов следующим нейронам через синапсы.

Базовая математическая модель на основе нейронной сети, которая состоит из единственного нейрона, и которая осуществляет две последовательные стандартные процедуры показана на рисунке 2.

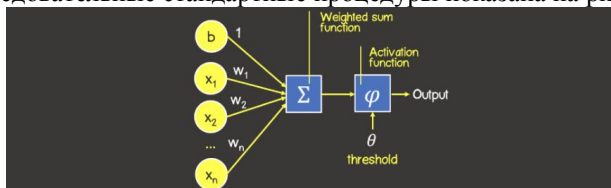


Рисунок 2 – Математическая модель персептрона

1) вычисляют сумму входных сигналов с учетом их весов (проводимости или сопротивления) связи:

$$\text{sum} = \vec{X}^T \vec{W} + \vec{B} = \sum_{i=1}^n x_i w_i + b \quad (1)$$

2) применяет активационную функцию к общей сумме воздействия входных сигналов:

$$\text{out} = \varphi(\text{sum}) \quad (2)$$

В роли активационной функции может быть использована любая дифференцируемая функция. Активационная функция выбирается опытным инженером, и, как правило, этот выбор основывается методом подбора или на имеющемся опыте решения аналогичных задач.

Решения на основе искусственного интеллекта (ИИ) органично встраиваются в формирование цифрового контура в здравоохранении:

- 1) быстрая обработка и передача информации;
- 2) частичная автоматизация исследования;

3) возможность восполнить недостаток квалифицированных кадров.

Существуют три основные составляющие того или иного процесса машинного обучения нейросетью.

1) Данные. Большие пакеты данных в машинном обучении называют датасетами. Они включают в себя примеры расчетов и решений, статистические данные, анализ и другая информация, которая помогает в обучении нейросети.

2) Алгоритмы или способы решения задач. Задача представляет несколько вариантов решения, а машина, анализируя, выбирает лучший из них.

3) Признаки. Это тот список вещей и предметов, на которые модель должна в первую очередь обратить внимание во время своего обучения. Обучение пройдет быстрее, если признаков этих вещей будет меньше и они будут конкретнее. Сложные модели могут включать в себя миллионы параметров.

Одним из важных критериев машинного обучения служит существование математической связи между входными и выходными данными. Нейросеть не обладает данными об этой взаимосвязи, но получает их из загруженных в неё датасетов. Представим, что существует большое количество типовых задач, в которых даны условие и правильный вариант ответа (или более двух ответов). Это может быть набор исследований с патологией и без патологий. Нейросеть принимает на вход условие задачи – нахождение патологического процесса, пропускает данные сквозь чёрный ящик и даёт на выходе заключение исследования.

Обучение нейросети в лучевой диагностике происходит таким образом: прежде чем начать использование программы, необходимо было проанализировать свыше 200 000 рентгеновских снимков. Даже после проделанной работы, систему продолжают совершенствовать, загружая новые снимки. Система рассчитывает ошибки, а далее специалисты по машинному обучению производят настройку сети. В работе с машинным специалистом также принимают участие опытные врачи КТ, врачи УЗИ, рентгенологи и другие узкие специалисты. Каждый рентгеновский снимок, используемый для обучения предварительно размечают, а далее его анализируют 3 эксперта, независимо друг от друга. При совпадении результатов исследований у всех рентгенологов, снимки впоследствии использует нейросеть. После всех испытаний и анализов, обученная нейросеть подключается к диагностическим системам. Получив снимок пациента, искусственный интеллект, на основании ранее полученных и

откорректированных данных об исследованиях, делает свое заключение. Полученное заключение врач анализирует и при необходимости делает правки и дополнения. Пример работы нейросети для анализа злокачественных новообразований молочной железы показан на рисунке 3.

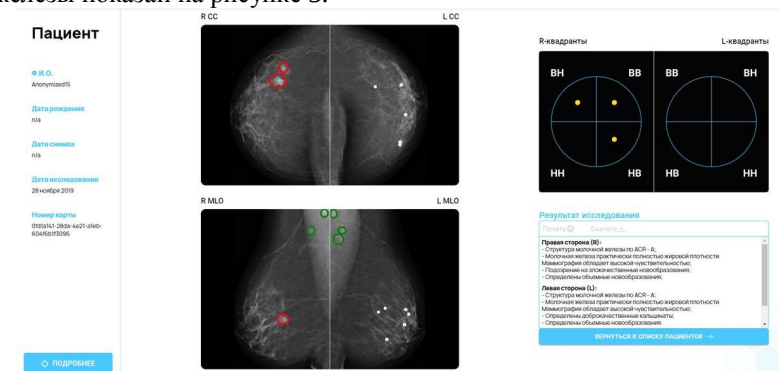


Рисунок 3 – Пример работы нейросети для анализа злокачественных новообразований молочной железы

По мнению ученых, подобные системы в ближайшее время внедряться в современных клиниках, лабораториях и медицинских центрах, тем самым смогут облегчить работу врачей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васенков Д.В. Методы обучения искусственных нейронных сетей // Компьютерные инструменты в образовании, 2007. – №1. – С.20-29.
2. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем. – М.: Финансы и статистика, Инфра-М, 2010. – 432 с.
3. Издание о новых технологиях в здравоохранении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zdrav.expert>.

УДК 004.65

К.Е. КУТЫРАЕВАРязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина**ПЕРСПЕКТИВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ**

Рассматриваются перспективы, актуальность и сложность конструирования фотоэлектрических солнечных модулей наведения в настоящее время. Приведены виды трекеров ФСМ, их достоинства и недостатки.

Производство солнечной энергии в 2021 году в мире выросло на 23%, а ветровой – на 14%. В совокупности только этими источниками получилось произвести более 10% мировой электроэнергии. Все чистые источники электроэнергии вместе вырабатывали 38% мировой электроэнергии в 2021 году, что сравнительно больше, чем уголь (36%). По прогнозу доля производства солнечной и ветровой энергии в общем объеме в 2030 году достигнет 40%.

В настоящее время около 50 стран преодолели 10-процентный рубеж ветровой и солнечной энергии, и только в 2021 году появилось семь новых стран: Япония, Китай, Монголия, Вьетнам, Венгрия, Аргентина и Сальвадор. Всего три страны – Нидерланды, Австралия и Вьетнам за последние два года – перевели более 8% своего общего спроса на электроэнергию с ископаемого топлива на энергию ветра и солнца.

Реальный рост по-прежнему приходится на Азию, в значительной степени в связи с бурным экономическим ростом. Самый большой рост наблюдался в Китае: спрос на электроэнергию в 2021 году вырос на 14% по сравнению с 2019 годом. Процентное изменение спроса на электроэнергию в годовом исчислении представлено на рисунке 1.

Международные стандарты предъявляют очень жесткие требования к качеству фотоэлектрических солнечных модулей (ФСМ). В части электрических требований, в частности, указывается, что ФСМ может за 10 лет эксплуатации потерять не более 10% пиковой мощности; за 20 лет – не более 20%. Наличие таких стандартов делает основным показателем эффективности ФСМ на рынке – его стоимость. Стоимость ФСМ оценивается в виде показателя удельной стоимости, которая представляет собой отношение цены ФСМ к его пиковой мощности (\$/W). Цена современных ФСМ в настоящее время варьируется в пределах 0,4-0,5 \$/W. Это означает, что современный

ФСМ, состоящий из 60 солнечных элементов стандартного размера 158x158мм и имеющий пиковую мощность 360 Вт, будет стоить на оптовом рынке $0,4\$/W \times 360W = 144\$$ без НДС. Или по курсу на 01.01.2023г (70,33руб/\$) – 10127 без НДС.

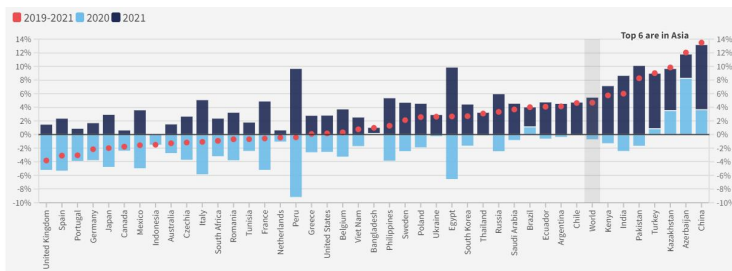


Рисунок 1 – Процентное изменение спроса на электроэнергию в годовом исчислении

Для проектирования и ориентации ФСМ важно знать две величины: угол возвышения и полярный угол в солнечный полдень. Полярный угол – это направление в ту сторону по компасу, откуда движется Солнце. Полярный угол может отклоняться при изменении широты местоположения, а также течение года. На рисунке 2 изображено, как меняется полярный угол в течение дня. Во время равноденствия Солнце садится на западе и восходит на востоке независимо от широты. На восходе Полярный угол равен 900, а на закате при этом 2700.

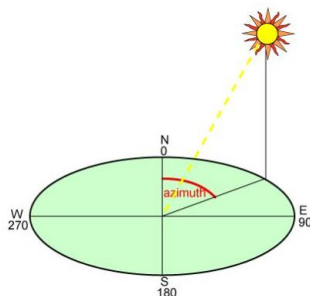


Рисунок 2 – Изменение полярного угла в течение дня

Угол возвышения (т.е. угол высоты) – находится, как высота Солнца, измеренная в градусах от горизонтального положения. Когда Солнце находится выше всего на небе угол возвышения равен 90°, а утром на восходе 0°. Зенитный угол = 90°, что указывает на аналогичность угла возвышения, с исключением, что он отсчитывается

не от горизонтальной оси, а от вертикальной. Схематично это можно наблюдать на рисунке 3.

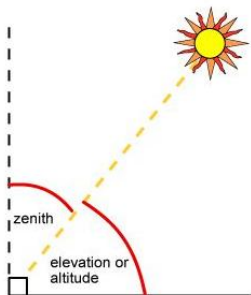


Рисунок 3 – Угол возвышения

Угол возвышения также зависит от широты местоположения и времени года, а также изменяется в течение дня.

Для того, чтобы рассчитать положение Солнца в течение всего дня нужно знать значение двух этих углов в течении дня.

Все производители солнечных энергетических установок (СЭУ) и ФСМ постоянно работают над снижением себестоимости ФСМ и СЭУ. Одним из направлений такой работы является снижение косинусных потерь, которые обусловлены движением солнца по небосклону в течение суток и года, рисунок 4.

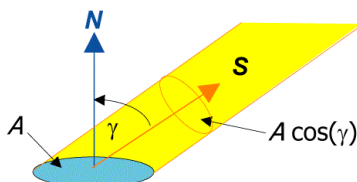


Рисунок 4 – Использование векторов для вычисления направления на Солнце

Свет, падающий на поверхность под углом занимает большую площадь, чем свет, падающий перпендикулярно. Уменьшение интенсивности солнечного излучения равно скалярному произведению S на N .

$$S_{\text{mod}} = S_{\text{incident}} \cos \gamma = S_{\text{incident}} S \cdot N \quad (1)$$

На следующем интерактивном графике (рисунок 5) представлен характер падающей солнечной энергии в течение суток на горизонтально расположенный ФСМ (зеленый), ФСМ расположенный

под углом широты места (красный) и ФСМ, который следит за Солнцем в течение суток (фиолетовый). Как видно из этого графика слежение ФСМ за солнцем позволяет более чем на 30% увеличить вырабатываемую энергию.

Устройство СЭУ, осуществляющее слежение установки за Солнцем называется трекером (от англ. to track «проследживать, намечать курс»). По своему функциональному назначению трекеры делятся на три группы:

- трекеры, осуществляющие слежение по одной оси – вертикальной или горизонтальной (одноосевой трекер);
- трекеры, осуществляющие слежение по двум осям – вертикальной и горизонтальной (двухосевой трекер);
- трекеры, осуществляющие слежение в полярной системе координат.

Каждый из этих трекеров имеет свои преимущества и свои недостатки.

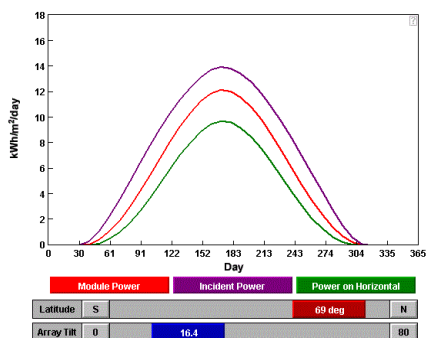


Рисунок 5 – Характер падающей солнечной энергии в течение суток на ФСМ

Одноосевые трекеры представляют из себя сравнительно простую и дешевую конструкцию, просты в обслуживании. Недостатком данного одноосевого трекера является увеличение, вырабатываемой энергии за счет слежения, которое не превышает 20%. На рисунке 3 приведена СЭУ китайской компании Huangshan Runsol New Energy Technology Co., Ltd. с одноосевым трекером со слежением по высоте солнца.

Двухосевые трекеры имеют существенно более высокую стоимость, которая отличается в 5-8 раз, и они очень дороги в обслуживании. Недостатком является следующее: так как точки приложения усилия вращения трекером СЭУ располагаются очень

близко к центру масс СЭУ, то в большинстве случаев при монтаже и установке требуется привлечение на длительное время специальной строительной техники, например, крана. Однако двухосевой трекер позволяет получить максимальное увеличение вырабатываемой энергии за счет слежения до 32%, рисунок 6.

Трекеры, осуществляющие слежение в полярной системе координат сопоставимы по стоимости и затрат на обслуживание с одноосевыми трекерами и при этом позволяют получить увеличение вырабатываемой энергии за счет слежения сопоставимое с двухосевыми трекерами до 28%. На рисунке 7 представлена СЭУ компании Traxle Solar, Чехия с трекером в полярных координатах.

Помимо вида слежения за Солнцем к основным параметрам, определяющих качественные показатели трекера относятся точность слежения и потребляемая энергия.

Скорость перемещения солнца по небосклону, в среднем, составляет 0,3 град/мин. Все существующие сегодня трекеры с большим запасом обеспечивают эту скорость слежения.



Рисунок 6 – СЭУ компании Huangshan Runsol New Energy Technology Co., Ltd

Таким образом, этот параметр не является значимым.

Косинус 5° составляет 0,996, то есть при точности наведения ± 5 градусов потери в вырабатываемой солнечной энергии не будут превышать 0,6%, что можно считать приемлемой величиной.



Dual Axis Tracker has two adjustment mechanisms for automatic sun tracking

Рисунок 7 – СЭУ с двухосевым трекером

Существенное конкурентное преимущество играет величина потребляемой трекером энергии и является ли эта энергия частью вырабатываемой СЭУ или она берется из какого-то дополнительного источника энергии.



Рисунок 8 – СЭУ компании Traxle Solar, Чехия с трекером
в полярных координатах

В ближайшие 20 – 25 лет больше половины солнечной энергии в солнечном модуле будет по-прежнему теряться в виде тепла, и поэтому задача утилизации тепла в ФСМ останется актуальной и на данный период времени.

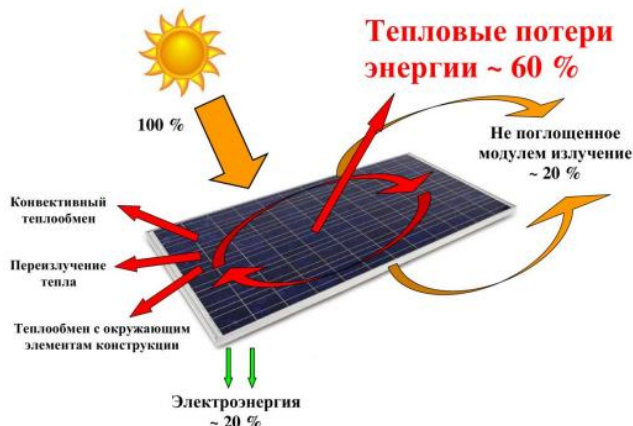


Рисунок 9 – Тепловые потери энергии в солнечном модуле

Таким образом, в рамках данной статьи предлагается разработать конструкцию солнечного модуля наведения, который отвечал бы следующим требованиям:

1. ФСМ должен обеспечивать слежение за положением Солнца в полярных координатах.
2. Солнечная энергия ФСМ должна обеспечивать работу актуатора без использования других источников питания.
3. ФСМ должен иметь степень защиты от воздействия окружающей среды не хуже IP65.
4. Рабочая температура окружающей среды ФСМ $-40...+55^{\circ}\text{C}$.
5. Тепловые потери должны быть минимальны.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jones, D. Global Electricity Review 2022 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ember-climate.org/insights/research/global-electricity-review-2022/> (дата обращения: 15.04.2023).
2. Патент РФ № 2426954 «Фотоэлектрический солнечный модуль с системой плоских зеркальных концентраторов для управления положением солнечных фотоэлектрических станций». – 2010.

УДК 004.65

М.Н. МАРКИН

Рязанский государственный радиотехнический университет имени
В.Ф.Уткина

ГЕРМЕТИЗАЦИЯ И ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ И ПРОВОДНИКОВ

Рассматриваются перспективы, актуальность и сложность задач герметизации. Разработка и применение технологий герметизации, их достоинства и недостатки.

Герметизация электронных блоков – это важный процесс, который позволяет защитить электронные устройства от воздействия различных внешних факторов, таких как влага, пыль, грязь, химические вещества и другие опасные элементы. Герметизация существенно повышает надежность работы электронных устройств и продлевает их срок службы.

Существует несколько методов герметизации электронных блоков. Одним из наиболее распространенных является использование герметических соединений, таких как клеящие составы, герметики, ленты и другие материалы, которые предотвращают проникновение влаги и пыли внутрь электронного устройства. Правильно выбранные герметические материалы обеспечивают качественную герметизацию, в том числе и при высоких температурах, агрессивных средах и в условиях повышенной влажности.

Наиболее распространенными технологиями являются оболочки по форме, герметичные соединения, безвоздушная герметизация, аэрозольная герметизация и вакуумная герметизация.

Оболочки по форме – это самый простой метод герметизации, который применяют при производстве электронных устройств. Они представляют собой корпуса, созданные вокруг электронного блока, который далее функционирует как защитный щит от атмосферных факторов (рисунок 1).

Герметичные соединения – это более продвинутый метод, который используется в промышленном производстве уже много лет. Этот метод герметизации основан на присоединении разной техники и технологии для создания безопасного и герметичного замыкания вокруг электронного блока. Это может быть выполнено с использованием различных материалов, таких как силиконовые уплотнители или жидкое стекло.



Рисунок 1 – Влагозащитающий разборный корпус

Безвоздушная герметизация – это метод герметизации, который используется при высоких температурах и с высокой концентрацией кислорода. Этот метод включает нагревание вакуумной камеры, чтобы добиться эффективной герметизации электронных устройств.

Аэрозольная герметизация – это метод герметизации, при котором изоляционные материалы исходят из аэрозольного контейнера. Это обычно используется в производстве электроники, так как он предоставляет быстрый и эффективный способ герметизации.

Вакуумная герметизация – это самый сложный метод герметизации, который используется при создании сложных и больших электронных устройств. Он включает в себя герметизацию вакуумной камеры и использование специальных материалов, чтобы создать безопасное и герметичное замыкание вокруг электронного блока.

Неразъемные корпуса в свою очередь делаются по средствам пайки, склейки и сварки. Такие корпуса используют для устройств весьма редко ведь после нарушения герметичности, например, с целью замены какого-нибудь элемента, навсегда получится ее восстановить

Также используется способ защиты с помощью изоляционных материалов. Изоляционные материалы – это специальные вещества, которые могут выступать в качестве барьера, предотвращая проникновение влаги внутрь устройства. Традиционно для этой цели используются пластиковые пленки, резины, силиконы и другие материалы, которые подвергаются различным тестам и испытаниям на прочность и устойчивость к воздействию влаги и температуры.

Одним из самых популярных материалов является полиуретан (ПУ), который широко используется в различных отраслях промышленности, включая электронику. Он отличается высокой устойчивостью к воздействию влаги и химических веществ, а также является гибким и довольно легким материалом, что позволяет

использовать его для различных нужд. Кроме того, ПУ прекрасно взаимодействует с другими материалами, что делает его универсальным решением для изоляции электронных устройств.

Другим важным материалом является силикон. Он обладает такими же свойствами, что и ПУ, но при этом отличается более высокой термостойкостью и устойчивостью к ультрафиолету. Силиконовые материалы могут использоваться как для изготовления герметичных штекеров и разъемов, так и для создания защитных покрытий на печатных платах (рисунок 2).



Рисунок 2 – Печатная плата, защищенная слоем силикона

Кроме того, существуют специальные гидрофобные покрытия, которые не образуют видимых слоев на поверхности устройств и позволяют им свободно дышать. Такие покрытия обеспечивают эффективную защиту от влаги и позволяют устройствам работать в условиях повышенной влажности (рисунок 3).

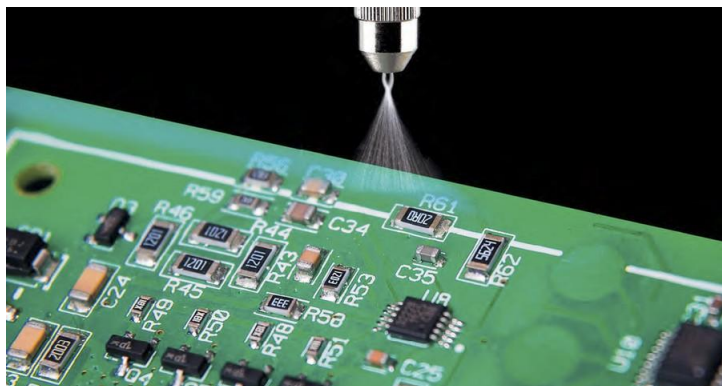


Рисунок 3 – Нанесение гидрофобного покрытия на печатную плату

В целом, изоляционные материалы играют важную роль в защите электронных устройств от воздействия влаги и других посторонних факторов. С их помощью производители могут создавать более надежные и долговечные устройства, способные работать в самых разных условиях.

Еще одним способом герметизации является использование покрытий, которые могут быть нанесены на поверхность электронных устройств. Эти покрытия могут быть изготовлены из различных материалов, таких как полимеры, керамика или металлы, и способны обеспечить надежную герметизацию в различных условиях эксплуатации.

Примерами изоляционных покрытий, которые используются для герметизации электронных устройств, являются эмали, лаки, клеи, пленки и жидкости на основе силикона или эпоксидных смол.

Изоляционные покрытия создают тонкую, но прочную барьерную пленку, которая защищает электронные компоненты от влаги, абразивных материалов и других факторов окружающей среды. Такие покрытия помогают снизить риск возникновения электрических проблем или выхода из строя электронных устройств.

Одним из примеров использования изоляционных покрытий является производство электронных компонентов, используемых в автомобильной промышленности. Защитные покрытия могут предотвратить коррозию печатных плат и компонентов, что обеспечит более надежную работу автомобильных систем и снизит расходы на ремонт и обслуживание.

Также изоляционные покрытия широко используются в промышленности и военном производстве, где электронные системы работают в экстремальных условиях и требуют повышенной защиты от воздействия окружающей среды.

В целом, герметизация электронных устройств с помощью изоляционных покрытий – это необходимый процесс для обеспечения их длительного и надежного функционирования.

Важно отметить, что герметизация электронных блоков должна производиться с использованием специальных технологий и методов, чтобы предотвратить повреждение устройства в процессе герметизации. Необходимо также учитывать, что герметизация может привести к некоторому ухудшению транспортных свойств устройства, что может отразиться на его производительности.

В целом, герметизация электронных блоков – это важный процесс, который может обеспечить высокую надежность работы электронных устройств. Однако, выбор оптимального метода

герметизации должен осуществляться в соответствии с особенностями работы конкретного устройства и в зависимости от условий эксплуатации.

Герметизация проводников является одним из самых важных этапов при проектировании и изготовлении электронной техники. Это связано с тем, что неправильная герметизация может привести к короткому замыканию, повреждению устройства, или даже критическому сбою в работе всей системы. Правильная герметизация является необходимым шагом для обеспечения безопасности, надежности и долговечности работы электронной техники.

Герметизация проводников осуществляется с использованием различных материалов и технологий. Одним из наиболее распространенных методов является применение герметизационных крышек и уплотнительных устройств. Герметизационные крышки подходят для защиты проводников от окружающей внешней среды и позволяют сохранять их работоспособность в любых условиях. Они часто применяются для защиты электронных схем от влаги, пыли и других агрессивных факторов окружающей среды.

Для более сложных систем герметизация проводников осуществляется при помощи уплотнительных устройств. Они обеспечивают полную герметизацию объекта, защищая его от повреждений и коррозии. Уплотнительные устройства могут быть выполнены из различных материалов, например, резины, силикона, полиуретана и других. Кроме того, они могут быть изготовлены как с применением клеев, так и без.

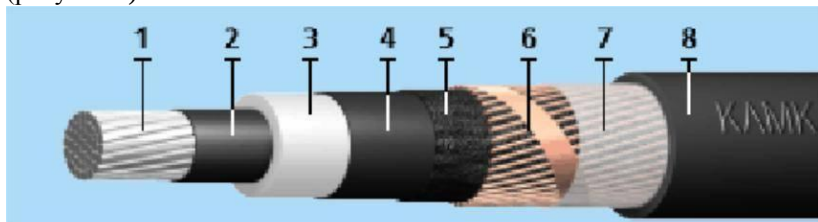
Процесс герметизации проводников включает несколько этапов. Сначала необходимо определить наиболее важные точки, которые требуют герметизации, и выбрать подходящий материал и метод. Затем проводники должны быть очищены и подготовлены для герметизации. Материал уплотнительного устройства или крышки наносится на область герметизации и равномерно распределяется по поверхности. После этого объект должен быть покрыт и оставлен для высыхания и закрепления материала.

Важно отметить, что герметизация проводников не только важна для защиты электронной техники, но и требует регулярного обслуживания и тестирования. Это позволяет обнаружить возможные дефекты и проблемы до того, как они приведут к серьезным последствиям. Регулярное обслуживание и тестирование также помогают увеличить срок службы объекта и повысить его надежность.

Гидроизоляция проводов – это процесс обработки проводов специальным составом, который защищает их от воздействия воды и

влаги. Это особенно важно для проводов, которые используются во влажных условиях или при работе с жидкостями.

Гидроизоляция проводов может происходить различными способами, например, путем нанесения специального покрытия, пропитки, использования специальных рукавов или трубок (рисунок 4).



КОНСТРУКЦИЯ

1. Круглая многопроволочная уплотнённая токопроводящая жила из алюминия сечением от 50 до 800 кв.мм. (А);
2. Экран по жиле из экструдированного полупроводящего сшитого полиэтилена;
3. Изоляция из сшитого полиэтилена (Пв);
4. Экран по изоляции из экструдированного полупроводящего сшитого полиэтилена;
5. Разделительный слой из электропроводящей водоблокирующей ленты (Г);
6. Экран из медных проволок, скреплённых медной лентой;
7. Разделительный слой;
8. Оболочка

Рисунок 4 – Гидроизоляция проводов

Основной целью гидроизоляции проводов является предотвращение коррозии и короткого замыкания проводов во влажных условиях. Также это поможет увеличить срок службы проводов и улучшить качество работы оборудования, которое они питают.

Без гидроизоляции проводов могут происходить серьезные проблемы, которые в конечном итоге могут привести к повреждению электрооборудования и его выходу из строя, что может привести к значительным финансовым затратам.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Карташов Ю.А. Технология защиты электронных устройств. – 2016.
2. Кардашев С.В. Защита электронных компонентов от воздействий окружающей среды. – 2011.
3. Русаков А.А. Герметизация и защита электронных устройств. – 2014.

УДК 004.65

Е.А. НИКУШКИНАРязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ ДОМОМ**

Рассматриваются перспективы, актуальность и сложность задач управления умным домом. Разработка и применение подобных моделей умных домов, их достоинства и недостатки.

Умный дом – это концепция автоматизации домашней жизни с помощью специальных устройств, которые контролируют и управляют всеми системами дома, включая освещение, отопление, кондиционирование, безопасность и развлечения. Технология умного дома позволяет домашним пользователям легко контролировать все устройства через мобильные приложения или голосовые помощники, такие как Siri, Amazon Alexa или Google Assistant.

Система умного дома состоит из нескольких компонентов: контроллера, сенсоров, устройств управления и интернет-подключения. Контроллер – это устройство, которое управляет всеми остальными устройствами, сенсоры запускают автоматические действия, когда появляются определенные условия, устройства управления могут включать или выключать свет, устройства отопления и охлаждения, а интернет-подключение позволяет контроллеру управлять домом из любой точки мира.

Однако, управление умным домом не только экономит время и деньги, но также очень удобно, когда владелец находится вне дома. При помощи приложения можно включить свет, отопление, климат-контроль и другие устройства. Также, для людей с ограниченными возможностями, это становится реальным благом, которое значительно облегчает жизнь. Система управления домом позволяет работать с самыми разными устройствами – от замков и камер наблюдения до умных кофемашин и посудомоечных машин.

Управление светом – это не только новые технологии, но и стиль жизни. Оно позволяет персонализировать внутреннее освещение под свое настроение, работу или отдых, и это, безусловно, помогает сделать жизнь ярче и комфортнее.

Установив специализированное оборудование, пользователь может не только управлять яркостью и цветом света, но и создавать разные сценарии включения и выключения, в том числе с помощью голосовых команд, приложений на смартфоне или датчиков движения.

Это не только удобно, но и позволяет сократить расходы на электроэнергию.

Современные системы климат-контроля в умном доме могут контролировать температуру, влажность и даже качество воздуха внутри помещения. Они могут быть установлены в спальни, гостиные, кабинеты и любое другое помещение.

Одним из основных элементов управления климатом в умном доме является термостат. Умный термостат может контролировать и регулировать температуру внутри помещения, а также контролировать потребление энергии. Некоторые термостаты подключены к Интернету, что позволяет управлять температурой и энергопотреблением удаленно, при помощи планшета или смартфона.

Также некоторые умные системы могут автоматически регулировать температуру. Они могут учитывать время суток, солнечную активность и погодные условия, чтобы поддерживать комфортный климат внутри помещения.

Управление влажностью также является важным аспектом управления климатом в умном доме. Высокая влажность может привести к появлению плесени и других проблем здоровья, в то время как низкая влажность может вызвать раздражение глаз и сухую кожу. Управление влажностью может происходить при помощи гигрометра и обогревателей или увлажнителей воздуха.

Качество воздуха также можно контролировать и управлять им в умном доме. Некоторые устройства могут обнаруживать уровень загрязнения воздуха, а затем автоматически регулировать работу системы вентиляции и фильтрации, чтобы улучшить качество воздуха в помещении.

В целом, управление климатом является важной составляющей умного дома. Современные умные системы позволяют контролировать температуру, влажность и качество воздуха, что дает возможность создать комфортную и здоровую обстановку для жильцов. Важно выбирать надежные и современные системы управления климатом, чтобы обеспечить максимальный комфорт и удобство в умном доме.

Кроме того, технологии управления умным домом предоставляют защиту от взломов и нарушений конфиденциальности данных. Чтобы обеспечить полную защиту, система должна включать несколько мероприятий. Важным элементом является контроль доступа к системе – это может быть пароль, отпечаток пальца или RFID-метка. Также могут применяться датчики движения, дверной контакт, камеры наблюдения и сигнализация.

Датчики движения используются для обнаружения движения внутри дома. Камеры наблюдения обеспечивают видеонаблюдение и запись. Сигнализация может быть разного типа – звуковая, визуальная или с помощью мобильного приложения. Элементы системы безопасности должны работать вместе, чтобы обеспечить полную защиту умного дома.

С помощью системы безопасности можно контролировать поток данных в домашней сети, отслеживать подозрительную активность в Интернете и использовать программное обеспечение для блокировки вирусов и хакерских атак. Также можно использовать элементы физической защиты, например, решетки на окнах, чтобы предотвратить доступ злоумышленников к дому.

Система безопасности в умном доме должна быть управляемой и масштабируемой. Управление системой должно осуществляться с помощью надежного приложения, доступного как на смартфоне, так и на ПК. Масштабируемость системы означает, что она должна быть готова к расширению в случае увеличения площади дома, смены жильцов или приобретения новых устройств.

Система безопасности в умном доме – это важная составляющая в общей системе управления домом. Она обеспечивает защиту от взломов и нарушений конфиденциальности данных, а также контроль над домашней сетью и физическую защиту. Важно использовать надежные элементы системы и управлять ею с помощью доступного приложения.

Недостатком системы умного дома является ее стоимость. Некоторые компоненты, такие как контроллеры и сенсоры, могут быть довольно дорогими, и требуется установка специальной инфраструктуры в доме. Кроме того, система умного дома может быть уязвима к кибератакам, поэтому необходимо принимать меры для защиты системы.

В целом, технология умного дома представляет собой перспективную концепцию для будущего, которая может значительно повысить комфорт, безопасность и экономию энергии в домашней жизни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сопер М.Э. Практические советы и решения по созданию « Умного дома » / Сопер М. Э. – М.: НТ Пресс, 2007. – 421 с.
2. Тесля Е.А. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире / Тесля Е.А. – Санкт Петербург, 2008. – 360 с.

3. Харке В.Н. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве / Харке В.Н. – М.: Техносфера, 2006. – 287 с.

4. Элсенпитер Т.Р., Велт Дж. Умный Дом строим сами / Элсенпитер Т. Р., Велт Дж / КУДИЦ-ОБРАЗ, 2005. – 381 с.

5. Гололобов В.Н. «Умный дом» своими руками. / Гололобов В.Н. – М.: НТ Пресс, 2007. – 414 с.

УДК 004.65

Е.А. НИКУШКИНА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф.Уткина

УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ – КОНТРОЛЛЕРЫ

Рассматриваются перспективы, актуальность и сложность задач контроллеров. Разработка и применение подобных моделей, их достоинства и недостатки.

Контроллеры – это специально разработанные устройства, которые используются для управления системами автоматизации и управления в рамках технологических процессов. Они представляют собой мини-компьютеры, которые обладают искусственным интеллектом и способны выполнять сложные алгоритмы и функции.

Разработка контроллеров представляет собой многопроцессорный процесс, который включает в себя несколько этапов. Первым этапом является анализ технических требований заказчика, определение цели и составление задания на разработку контроллера. Затем происходит проектирование аппаратной части и написание программного обеспечения, включая тестирование и отладку.

После завершения разработки контроллеров, они используются в широком спектре технологических процессов, например, в автоматических системах управления производством, в системах управления автомобилями, в системах контроля качества продукции, в системах управления охраной и т.д.

Контроллеры являются важным инструментом для повышения эффективности производственных процессов и управления системами. Они обеспечивают точное и надежное выполнение задач, а также позволяют значительно повысить эффективность и

производительность систем управления и контроля. В современном мире контроллеры имеют огромное применение и являются неотъемлемой частью многих отраслей промышленности.

Кроме того, контроллеры обеспечивают возможность мониторинга и управления процессами удаленно, что значительно увеличивает комфорт и эффективность их применения. Они также позволяют уменьшить затраты на трудовые ресурсы, обеспечивая автоматический контроль и управление производственными процессами.

Контроллеры можно найти в различных областях, начиная от производства и энергетики и заканчивая бытовой автоматикой и интеллектуальным домом. Контроллеры используются для автоматизации процессов, управления и мониторинга технологических объектов, контроля систем безопасности, управления освещением, отоплением, кондиционированием воздуха и других устройств.

Среди видов контроллеров можно выделить две основные категории: программные и аппаратные. Программные контроллеры представляют собой программное обеспечение, которое выполняет функции контроллера на обычном компьютере или промышленном компьютере. Аппаратные контроллеры – это специализированные устройства, которые часто используются в промышленности.

Одна из самых популярных форм контроллеров – это ПЛК (программируемый логический контроллер), который является аппаратным устройством, специально разработанным для управления различными процессами. ПЛК имеет различное количество выходов и входов и может быть запрограммирован для выполнения требуемых функций в процессе автоматизации.

Различные контроллеры могут использоваться с различными языками программирования. Циклограммы, логические уравнения и блок-схемы часто используются при программировании контроллеров. Контроллеры также могут быть настроены для работы с различными интерфейсами и протоколами связи, такими как Ethernet, RS-232 и другими.

Достоинства контроллеров.

1. Высокая надежность – контроллеры работают в тяжелых условиях и обеспечивают стабильное управление техническими процессами.

2. Простота использования – благодаря интуитивно понятному интерфейсу, контроллеры легко настраиваются и обслуживаются.

3. Гибкость настройки – контроллеры обладают множеством настроек, которые позволяют настроить их под конкретную задачу.

4. Возможность удаленного управления – контроллеры могут управляться из любой точки мира, что делает их очень удобными для управления распределенными системами.

5. Высокая производительность – контроллеры работают быстрее и точнее, чем аналогичные устройства, что позволяет улучшить эффективность технических процессов.

Недостатки контроллеров.

1. Высокая стоимость – контроллеры стоят довольно дорого и могут быть недоступны для небольших предприятий.

2. Сложность настройки – хотя контроллеры являются гибкими в настройке, некоторые параметры настройки могут быть сложными в понимании для неопытных пользователей.

3. Ограниченность возможностей – контроллеры могут иметь ограниченное количество функций и возможностей, что может быть недостаточно для определенных задач.

4. Необходимость постоянной поддержки и обслуживания – контроллеры требуют регулярного обновления программного обеспечения и технического обслуживания, чтобы гарантировать их надежную работу.

5. Опасность утечки данных – контроллеры могут стать объектом хакерских атак, что может привести к утечке конфиденциальных данных и нарушению безопасности технических процессов.

Контроллеры – это важная часть автоматизированных систем. Благодаря им процессы могут быть автоматизированы и управляемы с помощью одного устройства или программного обеспечения. Их использование ведет к увеличению производительности, оптимизации процессов и снижению ошибок.

В целом, контроллеры представляют собой технологические инструменты, которые обеспечивают комфорт, экономию ресурсов, эффективность и безопасность в различных индустриях и приложениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кангин В.В., Козлов В.Н. Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры: Учеб. пособие. – М.: БИНОМ: Лаб. базовых знаний, 2010. – 423 с.

2. Брокеров Л.Ж., Петров И. В. Программируемые логические контроллеры, МЭКсистемы программирования и CoDeSys // Автоматизация и производство. – 2006. – № 1.

3. Сальников И.И. Микропроцессорные контроллеры. – Пензенский государственный университет, 2011. – 170 с.

4. Медведев, М.Ю. Программирование промышленных контроллеров / М.Ю. Медведев, В.Х. Пшихопов. – М.: Лань, 2011. – 288 с.

УДК 004.896

Д.А. ПЕРЕПЕЛКИН, В.Ю. ЛИКУЧЕВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ПРОГРАММНАЯ СУЩНОСТЬ АГЕНТА В РЕАЛИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

Рассмотрена программная сущность агента в реализации решения задачи размещения радиоэлектронных компонентов на основе мультиагентных систем и в контексте парадигмы объектно-ориентированного программирования. Определен объектно-ориентированный класс Agent, рассмотрены его основные поля и методы.

Автоматизация топологического проектирования модулей радиоэлектронных средств, в частности, выполнения процедуры размещения компонентов на печатной плате, остается актуальной проблемой в сфере разработки математического обеспечения и инструментальных средств САПР.

Несмотря на большое число существующих на данный момент методов и алгоритмов размещения, функциональное и конструктивное усложнение модулей требует продолжать исследования по данной проблематике для дальнейшего создания средств автоматизированного проектирования качественных изделий в наукоемкой промышленности. В основе создаваемых методов должны лежать системный подход и новые модели представления объекта задачи, то есть принципиальной схемы устройства и его конструкции (компонентов и платы). В этой связи, одним из перспективных направлений является использование мультиагентного подхода, суть которого заключается в представлении объекта задачи как самоорганизующейся системы автономных интеллектуальных сущностей. Главная особенность подхода – сочетание проверенных, усовершенствованных теоретико-множественных и графовых математических моделей с принципами объектно-ориентированной концепции. Это позволяет учитывать физическую сущность объекта

задачи, а также максимальное число ее требований и условий, что является важным при проектировании прецессионных устройств. Кроме того, возможности многопоточного программирования, применение которого укладывается в контекст рассматриваемого подхода, позволят распараллелить поисковые процессы при решении задач большой размерности.

В работах [1-3] были предложены подход и модель, согласно которым объект задачи размещения представляется как мультиагентная система. Каждому радиоэлектронному компоненту (РЭК) ставится в соответствие агент – программная сущность с набором параметров, характеризующих его состояние в пространстве размещения и набором допустимых операций изменения этих параметров, характеризующих его поведение. Цель агента – обнаружить свое оптимальное состояние путем изменения собственных параметров, опираясь на оценку состояния окружающей среды, а также состояний связанных агентов (связи устанавливаются принципиальной схемой). Обработка ситуаций и выбор операции осуществляется согласно списку правил (регламенту), заложенному в вычислительной части (ВЧА) структуры агента [1]. В результате происходит самоорганизация системы, выраженная в поиске оптимальных состояний всеми агентами системы. Модель, описывающая такую МАС, называется модель «Цель-Регламент» или ЦР-модель [1].

В контексте программной реализации решения задачи размещения такую МАС целесообразно задавать в терминах объектно-ориентированного программирования (ООП). Это позволит наглядно описывать агентные сущности, гибко и безопасно управлять множеством таковых.

Так, агент определяется объектом – экземпляром класса **Agent**, поля которого соответствуют параметрам агента, а методы – операциям изменения параметров.

Подробнее опишем программную сущность агента в реализации. Диаграмма класса представлена на рисунке 1.

Агент характеризуется вектором параметров, которые условно можно разделить на четыре группы:

- параметры-идентификаторы;
- параметры физической сущности;
- параметры состояния;
- параметры структурного положения.

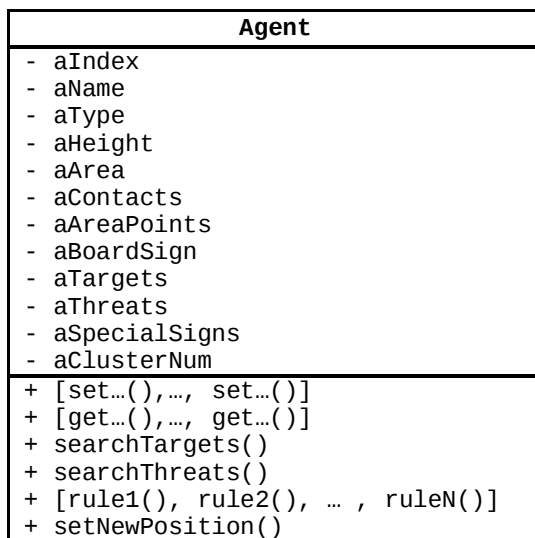


Рисунок 1 – Диаграмма класса Agent

Значения параметров первых двух групп остаются неизменными в течение всего процесса размещения. Они отвечают за идентификацию агента в структуре системы и определяют его объектно-физическую сущность. Поля класса, отвечающие за хранение значений этих параметров, имеют следующие идентификаторы.

- aIndex – номер позиции агента (РЭК) в упорядоченном списке, создаваемом препроцессором модуля размещения из входного файла схемы. Параметр используется для быстрой связи с другими сущностями, а также с препроцессором и механизмом структурирования МАС.

- aName – имя агента, соответствующее обозначению РЭК (например, микросхема D1).

- aType – тип агента, соответствующий типу РЭК (например, микросхема 533ЛА13). Используется в процедуре типизации подграфов схемы.

- aHeight – высота агента (высота РЭК). Используется для проверки возможности размещения РЭК на обратной стороне платы.

- aArea – площадь, занимаемая агентом (площадь РЭК). Используется для оптимизации размещения по критерию минимальной площади, занимаемой всеми агентами.

Параметры состояния агента описывают положение его физической сущности в пространстве размещения. Значения этих параметров изменяются в процессе поведения агентов. Их идентификаторы:

- **aContacts** – список контактов РЭК. Представляет собой список векторов, каждый из которых содержит номер контакта, его координаты в двумерном пространстве размещения и имя подключенной цепи. Векторы отсортированы в порядке возрастания номера контакта.

- **aAreaPoints** – вектор координат концов прямых, описывающих габариты агента.

- **aBoardSign** – признак размещения на одной из сторон платы. Принимает 0 (начальное значение), если агент размещен на верхней стороне, и 1 – если на обратной.

Параметры структурного положения агента хранят множества связанных с ним агентов. Определены два характера связей и соответственно два множества: цели – агенты, с которыми нужно максимально сблизиться, и угрозы – агенты, от которых нужно максимально отдалиться. Наполнение этих множеств для каждого агента, выраженное в инициализации полей-списков **aTargets** и **aThreats**, происходит в процессе структурирования MAC: целями становятся, например, центры функциональных узлов схемы, или агенты, связанные наибольшим числом связей с данным агентом, а угрозами – агенты со специальными признаками (источники повышенных электромагнитных помех и тепловыделения). Наличие у агента специальных признаков определяется полем **aSpecialSigns** – вектором, содержащим три флага: признак фиксированного положения, признак повышенных электромагнитных помех и признак повышенного тепловыделения.

Список **aTargets** упорядочен по приоритету целей, который устанавливается в процессе структурирования MAC. Отношение к той или иной иерархической группе (кластеру) устанавливается в поле **aClusterNum**.

Кроме стандартных методов доступа к полям (геттеров и сеттеров) интерфейс класса **Agent** содержит методы анализа и изменения состояния агента, которые, по сути, реализуют его поведение.

Методы **searchTargets()** и **searchThreats()** проверяют положение целей и угроз относительно положения агента, тем самым формируя некоторую ситуацию размещения. Последняя прогоняется через блок

правил регламента [**rule1()**, **rule2()**, ... , **ruleN()**] – булевы функции, возвращающие двоичный признак срабатывания.

Функция **setNewPosition()** в зависимости от сработавших правил изменяет содержимое полей **aContacts**, **aAreaPoints**, **aBoardSign**, производя линейные преобразования координат контактов и концов габаритных линий агента, и таким образом агент совершает перемещение.

Описанные методы составляют ВЧА агента – автомат, на вход которого поступает информация о состоянии целей и среды. Там она соотносится с данными о положении агента, и это отношение проверяется правилами регламента. В оконечном звене, в зависимости от набора признаков срабатывания правил на выходе формируется определенное управляющее воздействие, побуждающее агента совершить действие и, следовательно, изменить свое состояние. Схема автомата в реализации представлена на рисунке 2.

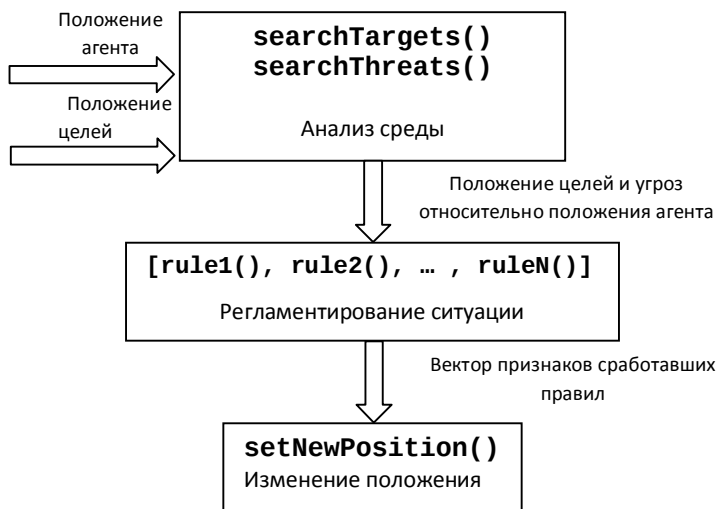


Рисунок 2 – Схема ВЧА

В данной работе перечислены только основные параметры и методы класса **Agent** без уточнения их типов (они будут уточняться в процессе разработки программного комплекса автоматизированного размещения на конкретном языке). Для оптимальной и эффективной реализации в дальнейшем в класс могут добавляться некоторые служебные параметры и функции.

Структура класса **Agent** реализует программную сущность агента в соответствии с ЦР-моделью и наглядно отражает ее сущность

на всех уровнях представления: поля **aTargets** и **aThreats** хранят идентификаторы целей, а значит и знания о них, а методы блока ВЧА, включающие знания о регламенте, реализуют интеллектуально-поведенческий механизм агента. Класс включает и инкапсулирует все необходимые объектно-ориентированные характеристики и функции агента, определяя данную программную сущность как автономную и самодостаточную, что отвечает основным свойствам сложных систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МД-3201.2022.1.6.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корячко В.П., Перепелкин Д.А., Ликучев В.Ю. Математическая модель представления мультиагентных систем и ее применение в задачах топологического проектирования модулей радиоэлектронных средств // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2023. – №83. – С. 48-61.

2. Перепелкин Д.А., Ликучев В.Ю. О многоагентном подходе к решению задач размещения радиоэлектронных компонентов // Информационные технологии, межвузовский сборник научных трудов. – Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2021. – 207 с.

3. Перепелкин Д.А., Ликучев В.Ю. Мультиагентный подход автоматизированного проектирования модулей радиоэлектронных устройств на основе анализа инженерных стратегий // V Международный научно-технический форум СТНО-2022. – 2022. – Т. 3.

УДК 621.396

Д.А. ПЕРЕПЕЛКИН, Д.В. РАДУЧИЧ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ПРИЕМА, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассматривается конструкция устройства приема, преобразования и передачи телеметрической информации. Отмечены способы защиты деталей от коррозии.

Выбор конструкции

Для начала необходимо отметить, что устройство планируется изготавливать в условиях мелкосерийного производства. С учетом

этого, в качестве корпуса для устройства был выбран корпус производства ФГУП ЭЗАН – российского предприятия, производящего оборудование для науки, промышленности, телекоммуникаций, транспорта и энергетики. Использование покупного конструктива позволяет значительно удешевить устройство, повысить его унификацию при высоком качестве получаемого изделия.

Устройство спроектировано согласно иерархическому принципу построения ЭС. Так, присутствуют первый и второй структурный уровень иерархии ЭС: ячейки и блок. Данное устройство представляет собой блок стеллажного типа, выполненный по стандарту «Евромеханика». Это модульный конструктив, служащий для размещения стандартных кассет, плат и конструкций, которые унифицированы по высоте, ширине и глубине.

Размер 19 дюймов (482,6 мм), базовый параметр в евроконструктивах, указывает на ширину панели блока. Единицы U указывают на высоту блока, в свою очередь U равна 1,75 дюйма (44,45 мм). Ширина задается в специальных единицах НР. 1НР равен 0,2 дюйма, что составляет 5,08 мм. У изделий, выполненных по стандарту «Евромеханика» множество достоинств, таких как универсальность, ремонтпригодность и т.д. Ширина каркаса устройства составляет 84НР – стандартная ширина для блоков, выполненных по стандарту «Евромеханика».

Каркас служит для крепления 4-х ячеек высотой 6U. К передним стяжкам каркаса ячейки крепятся невыпадающими винтами, сверху и снизу зафиксированы пластиковыми легкосъемными направляющими.

В каркасе предусмотрены места для дополнительных ячеек, что позволяет расширить возможности устройства. На данных местах установлены панели-заглушки. Вертикальное расположение ячеек в каркасе обеспечивает хороший отвод тепла. Тепловой расчет показал, что рекомендуемое охлаждение – естественное воздушное.

Кожух оснащен ручками для переноски, направляющими для крепления каркаса, а также легкоснимаемой крышкой с затемненным стеклом.

Панель для крепления соединителей изготовлена из листа алюминия марки Д16 ГОСТ 21631-2019.

Рассмотрим основные виды защитных и защитно-декоративных покрытий.

Металлические покрытия

В зависимости от электроотрицательности металла покрытия и основного металла, различают анодные и катодные покрытия.

Анодные покрытия получают следующим образом: на основной металл наносят покрытие из более активного металла. В катодных покрытиях же наоборот, основной металл более активен, чем металл покрытия. К одним из распространенных анодных покрытий можно отнести оцинкованное железо, а катодным – луженое железо (олово на железе). При нарушении покрытия и попадании электролита, покрытие и основной металл начнут разрушаться, но анодное и катодное покрытие ведут себя по-разному. Анодное покрытие разрушается первым и тем самым защищает основной металл от коррозии. В катодном покрытии наблюдается растворение основного металла. То есть, данное покрытие защищает только механически, и к качеству такого покрытия применяют особо строгие требования, так как при нарушении целостности катодное покрытие будет только ускорять коррозию основного металла.

Гальванический способ нанесения металлических покрытий является самым распространенным. В нем происходит осаждение металла при электролизе водных растворов соответствующих солей. Металл покрытия подключается к аноду (положительному полюсу), а покрываемая деталь – к катоду (отрицательному полюсу). Металлические покрытия в данном способе наносятся в гальванических ваннах.

Оксидные покрытия

Оксидные покрытия получают при оксидировании металла. Они являются слоем оксидов на поверхности металла и служат ограничению контакта металла с окружающей средой. Могут применяться в отдельных случаях как самостоятельное покрытие, так и служить основой для лакокрасочных и других покрытий. Стоит отметить, что оксидные пленки появляются на металлах и в естественных условиях, однако они тонкие и неравномерные, поэтому данные методы получения стойких оксидных покрытий применяются довольно часто.

Химическое оксидирование обычно проводят растворах едкой щелочи без применения электрического тока.

Анодное оксидирование схоже с гальванизацией, однако покрытием выступает оксид металла детали.

Лакокрасочные покрытия

Применяют для защиты деталей от коррозии и придания декоративного внешнего вида. Не рекомендуется применять для трущихся, подвергающихся нагреву поверхностей, а также для деталей с точными допусками. Нанесение покрытия может выполняться кистью, окунанием и распылением. После следует процесс

полимеризации. Самый технологичный способ нанесения лакокрасочных покрытий – окраска в электростатическом поле. Данный процесс не требует дополнительной обработки, практически не вреден для рабочих, позволяет создавать самые качественные покрытия.

Рассмотрим покрытия, примененные для задней панели устройства.

Покрытие Хим.Окс.э (химическое окисное электропроводное) служит для защиты от коррозии основного металла. Данное покрытие не изменяет токопроводности основного металла, обладает стабильным переходным сопротивлением, хорошим сцеплением с основным металлом, служит хорошей основой под лакокрасочные покрытия. Из недостатков можно выделить механическую непрочность покрытия, однако, учитывая то, что данная деталь не работает на трение и удар, данное покрытие подходит для задней панели устройства.

Эмаль МЛ-12 обеспечивает дополнительную защиту от воздействия окружающей среды, а также эстетичный внешний вид панели.

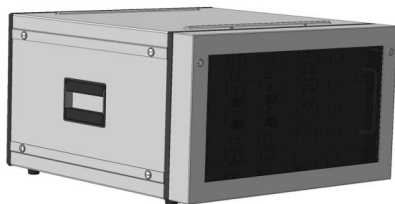


Рисунок 1 – Внешний вид устройства

На рисунке 1 изображен возможный внешний вид устройства. Обратим внимание, что корпус устройства изображен условно и может отличаться от реального.

Итак, в данной статье была показана и описана конструкция устройства приема, преобразования и передачи телеметрической информации, выбрано покрытие для задней панели устройства. Можно сделать вывод о том, что использование покупного конструктива, выполненного по международному стандарту «Евромеханика» позволяет существенно повысить унификацию, облегчить и удешевить производство средств вычислительной техники.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Радио и связь, 1982. – 240 с.
2. Медведев В.А. Конструирование и технология производства электронных устройств: учеб. пособие / В.А. Медведев. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 70 с.

УДК.621.317.39

Т.С. СВИННИКОВА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

МОДУЛЬ АНАЛИЗА СПЕКТРА РАДИОСИГНАЛОВ

Данная статья посвящена обзору существующего оборудования для анализа спектра сигналов.

При анализе спектра радиосигналов необходимо специализированное оборудование. В данной статье будет рассматриваться сканирующие приемники, ранее применяемые на АО «Рязанский Радиозавод».

1. Сканирующий приемник WHISTLER TRX-2

Мультисистемный цифровой сканер типа WHISTLER TRX2 – сканирующий приемник, который поддерживает широкий спектр систем и стандартов.

У данного стационарного автомобильного сканирующего приемника имеются следующие основные возможности:

- фиксация даты и времени и функция «будильник», что позволяет заранее программировать сканер на периодический радиомониторинг;
- поддержка карт памяти MicroSD с объемом до 32 ГБ, на которую идет аудио-запись с приемника;
- создание до 200 scan-листов, позволяющих группировать найденные сохраненные частотные каналы;
- «наборы сканирования», позволяющие расширить функциональные возможности scan-листов;
- программируемая подсветка приемника, обеспечивающая визуальный способ оповещения оператора приемника о важном для него радиообмене;
- возможность подключения в сеть Ethernet (разъем LAN:RG45) для удаленного управления.

На рисунке 1 изображен внешний вид устройства.



Рисунок 1 – WHISTLER TRX-2

В таблице 1 описываются краткие технические характеристики изделия.

Таблица 1. Основные технические характеристики WHISTLER TRX-2

Наименование	Параметры
Тип	Супергетеродин с тройным преобразованием частоты PLL-синтезатором (ФАПЧ)
Промежуточные частоты	I: 380,8 МГц II: 21,4 МГц III: 455 кГц
Диапазон частот	25-1300 МГц (41 поддиапазон) (исключая частоты мобильной связи: 824-849 МГц и 869-894 МГц)
Режимы, стандарты	AM, FM-Mot, FM, DCS, CTCSS, P25 (Фаза 1 и 2), LTR (EF Johnson), NAC (на P25), X2-TDMA, DMR, EDACS (широкий/узкий, GE/Ericsson/HARRIS), NXDN (4800/9600)
Скорость сканирования (в диапазоне 138-147.9 МГц)	70 каналов/сек (интервал 100 кГц)
Скорость поиска (в диапазоне 162.25 – 167.25 МГц)	80 шагов/сек
Антенна	Импеданс: 50 Ом

	Разъем: BNC
Дисплей	LCD: 132×65 точек
Встроенный динамик	D36мм, импеданс 8 Ом
Диапазон рабочих температур	-10 ... +60°C
Выходная мощность НЧ	0.5 Вт (на 8 Ом)
Питание	DC 13.8 В (12-14.4 В)
Габариты (высота×ширина×глубина)	45×180×135 мм
Вес	950 г (без антенны)

2. Сканирующий приемник AOR AR-8600MK2

AOR AR-8600MK2 – широкодиапазонный сканирующий приемник от известной японской фирмы AOR Ltd. Данный приемник относится к типу чрезвычайно универсальных, профессиональных приемников, использующийся практически в любом месте из-за наличия в нем огромного количества инструментов, предназначенных для решения различных задач анализа.

Ниже представлены следующие основные возможности данного приемника:

- задаваемый шаг каналов в диапазоне от 50Гц до 999кГц, что позволяет организовать сканирование сигналов на любом участке принимаемого диапазона с шагами 5, 12.5, 1,25 кГц;
- удобная система питания;
- наличие функции автоматической подстройки частоты;
- наличие нескольких способов настройки частоты: с клавиатуры, кнопками $\uparrow$, $\downarrow$, кнопками $\uparrow$ с шагом $\times 10$ или с помощью ручки настройки;
- малые габариты и вес;
- функция панорамы, позволяющая наблюдать на дисплее спектр в полосе обзора 100кГц-10МГц;
- широкий диапазон частот.

На рисунке 2 представлен внешний вид изделия.



Рисунок 2 – Внешний вид сканирующего приемника AOR AR-8600MK2

В таблице 2 указаны основные параметры приемника.

Таблица 2. Основные технические характеристики сканирующего приемника AOR AR-8600MK2

Наименование	Параметры
Тип	Супергетеродин с тройным преобразованием частоты PLL-синтезатором (ФАПЧ)
Шаг подстройки частоты	Программируемый от 50 Гц до 999 кГц, включая авиационный 8.33
Диапазон частот	100 кГц-3000МГц
Виды модуляции	AM, NFM, WFM, USB, LSB, FM
Скорость сканирования	12 каналов/сек
Скорость поиска	26 шагов/сек
Антенна	Разъем: BNC
Диапазон рабочих температур	-5 ... +50 °C
Напряжение питания	10.8-16В
Ток потребления	400 мА (типичное)
Габариты (высота × ширина × глубина)	155×57×197 мм
Вес	1,5 кг

Два вышеупомянутых приемника в настоящее время сняты с производства. По этой причине необходимо разработать виртуальный прибор анализатора спектра для осуществления функционала данных устройств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. AOR AR-8600Mk2 Широкополосный сканирующий приемник [Электронный ресурс]. URL: <http://aor.ru/priemniki/ar-8600-mark-ii.html> (дата обращения: 09.04.2023).
2. Whistler TRX-2 Сканирующий приемник автомобильный [Электронный ресурс]. URL: <https://whistlergroup.com/products/trx-2-digital-scanner-radio-mobile-desktop> (дата обращения: 02.04.2023).

УДК 004.65

В.С. СЕМИЛЕТОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф.Уткина

ЗАЩИТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Статья рассматривает важность информационной безопасности и подходы к обеспечению этой безопасности через системный подход построения средств защиты информации. Также обращается внимание на необходимость развития систем аппаратной защиты и анализирует технико-экономические показатели криптографических систем, такие как затраты на разработку, трудоемкость процесса шифрования и стоимость шифрующих устройств.

На данном этапе, информационная безопасность является важным стратегическим фактором развития любой компании, что ведет к неразглашению своих разработок/информации конкурентам. Многие ведущие компании на данном этапе применяют в своих исследованиях дополнительные инициативы, которые направлены на обеспечение и повышение устойчивости и стабильности работы корпоративных систем для поддержания безотказности и непрерывности бизнеса в целом.

В наше время, в информационных источниках все чаще можно встретить понятие системного подхода построения СЗИ(средств защиты информации). Понятие системности представляется не просто в создании механизмов защиты повышенной степени, а описывает собой процесс, который осуществляется практически на всех этапах ЖЦ(жизненного цикла) систем. Средства, методы и мероприятия, которые используются для защиты информации, можно объединить в единый механизм - систему защиты. Необходимость такого подхода к данному вопросу обеспечения безопасности информационных технологий пока еще не получило должного внимания у пользователей таких систем, как информационных.

Сейчас важно, чтобы специалисты из различного рода их деятельности занимались вопросами обеспечения информационной безопасности. А определяется это тем, что в ближайшие время мы будем жить в обществе информационных технологий, где важнейшим вопросом будет, вопрос информационной безопасности.

Взять любого специалиста, каждый по своему решает вопрос обеспечения информационной безопасности и применяет свои методы ее обеспечения. На данном этапе нашего общества рассматривается вопрос именно обеспечения защиты извне, но никто не рассматривает вопрос о защите аппаратного обеспечения, поэтому можно считать, что система безопасности работает неэффективно.

Можно сделать вывод, что различие вариантов построения систем создает потребность развития/построения систем аппаратной защиты, одним из главных принципов является то, что всем необходим индивидуальный подход к каждой из систем. Необходимо учитывать, что уже ряд созданных систем смогут сформулировать представление, как именно нужно подойти к созданию той или иной новой системы защиты.

Сейчас не сложно заметить, что практически вся информация, будь то книга, рабочие документы, фото- и видео-файлы хранятся на жестких дисках или различных носителях, допустим, тогда можно ставить вопрос а как же нам добиться сохранения данных от несанкционированного доступа злоумышленника или же посторонних лиц. А ответом на этот интересующий нас вопрос является шифрование данных.

В числе криптографических программных средств можно отметить продукты eToken и ruToken, их необходимо будет покупать для личного использования, среди свободно распространяемых программ – PGP, TrueCrypt. Но как и многих программ, у них есть ряд недостатков – во-первых, некоторые платные, во-вторых, являются продуктами зарубежного производства. Важно отметить, что и бесплатные программы будут функционировать на русском языке. Так же проблема использования бесплатных программ является то, что алгоритм шифрования данных устарел и не является таким актуальным, как несколько лет назад.

В теоретической и аналитической части работы будет рассмотрены теоретическая база различных способов шифрования данных, а так же их достоинства и недостатки.

Технико-экономические показатели криптографических систем

Затраты на разработку криптографических систем защиты формулируются сложностью алгоритмов преобразований. Затраты определяются так же, как и на другие компоненты производства. Главное иметь в виду, что преобразование прямого и обратного метода происходит по одному и тому же алгоритму. В расходах на аппаратную часть определяются стоимостью шифрующих устройств. На данный момент, поступают в продажу и выходят на открытый рынок такие шифрующие методы, как DES. Одной важной технико-экономической характеристикой является трудоемкость процесса шифрования одного символа исходного текста, а точнее затраченных сил и времени на его шифрование. Если шифрование реализуется методом подстановки, то необходимо учитывать, что для замены символа исходного текста, его необходимо найти в списке заменяемых.

При полиалфавитной подстановкой понимается совокупность шифров элементарной замены, где используется последовательная замена каждого символа из алфавита шифрования. Трудоемкость данного алгоритма шифрования заключается в последовательном поиске определенного места символов в 2 алфавитах. Реализуется перемножение матрицы и вектора шифрования символа, где необходимо выполнить t умножений и $t - 1$ суммирования, где t – размер матрицы.

Под шифрованием методом гаммирования главной чертой которого является трудоемкость с формированием гаммы, так как в данном методе используется наложение последовательности, которая состоит из чисел, которые накладываются на исходный текст. Основой для реализации служит линейный рекуррентный генератор, для формирования определенного символа гаммы нужно выполнить не менее трех итераций.

Можно сделать вывод, что самыми кропотливыми оказываются аналитические преобразования, далее идут по снижению трудоемкости такие методы как, гаммирование, перестановка и замена.

Общие сведения о криптографии, шифрование информации

Потребность обеспечить защиту информации появилась еще до изобретения интернета. Необходимо помнить, что защита ценной информации и важных данных люди занимались в течении всей истории, а особенно важными моментами являлись военные действия.

Во всем мире рассматривается 3 основных способа защиты информации:

- стенографическая защита;
- физическая защита;
- криптографическая защита.

Физическая защита. Смысл данного метода состоит в создании секретного канала связи. В основу метода входит защита материального носителя. Этот канал связи заключался в секретном курьере, голубе-посыльном. Главная задача была доставить данные, чтобы никто не знал об их существовании, а тем более их транспортировке. Данный метод используется и в наши дни, но реализуется другими способами, например какие-либо охранные агентства.

Стенографическая защита. Защита такого метода подразумевает защиту не только материального носителя, но сам факт того, что существует эта информация. В основу метода взят такой алгоритм засекречивания, что, к примеру, данные прячут среди незасекреченных данных (в стопке документов, которые должны быть переданы по незасекреченным каналам связи, но внутри имеют секретные данные).

В связи с развитием технологий метод значительно изменился или усложнился. Например: засекреченная информация может быть спрятана в документе с изображением, где в описании пикселей младший бит заменяется битом сообщения.

Криптографическая защита. Самый надежный способ защиты информации считается именно криптографический. Для того, чтобы скрыть данные их кодируют, то есть они проходят через шифрование специальными символами, знаками.

Криптография и криптоанализ занимаются следующими вопросами:

- оценка надежности сообщений;
- стойкость шифра;
- изменение информации от НСД.

Такой метод шифрования является очень сложным для обычного пользователя сети и для того, чтобы взломать шифр, необходимо найти человек узконаправленного профиля.

Теория криптографической защиты данных

Криптография (от др.-греч. *κρυπτός* «скрытый» + *γράφω* «пишу») – наука, изучающая методы обеспечения конфиденциальности, сохранности информации, аутентификации.

Данными, подлежащие шифрованию и дешифрованию, являются тексты, написанные на определенном алфавите. Под этими терминами воспринимается следующее.

Алфавит – множество знаков, используемых для кодирования данных.

Текст – упорядоченные элементы алфавита.

Шифрование – для преобразования необходимо иметь: исходный текст, являющимся "открытым текстом", заменяется шифрованным.

Расшифрование – обратный процесс шифрованию. На основе ключа зашифрованный текст изменяется в исходный.

Ключ – важный элемент, который необходим для преобразования текстов из зашифрованного в «открытый» и обратно.

Информационная безопасность в Интернете

Под информационной безопасностью понимается информационный обмен, где обеспечиваются секретность, единство и открытость информации.

Секретность информации: обязательное условие обмена информации, где доступ к необходимой информации получают только авторизованные лица.

Открытость информации: обязательное условие обмена информации, где каждый авторизованный пользователь может получить доступ к конфиденциальной информации. И получение всей необходимой информации.

Единство информации: достоверность и полнота информации, ее обработка в процессе преобразования в шифровании.

На данном этапе очень важно понимать, что конфиденциальность информации очень важный аспект нашей жизни. Соответственно, чтобы злоумышленники не смогли получить доступ не к самому обмену информации, а именно к самой информации хранящейся где-то на сервере.

Кодирование главным образом служит для шифрования, а именно информации, передающейся по незащищенным каналам. Криптография служит для преобразования передаваемой информации, а если точнее, чтобы человек, не разбирающийся в шифровке, смог получить доступ к закодированной информации. Кодировать можно так же любую из видов информации будь то звуки, тексты и многое другое.

Кодирование – это изменение данных в форму, которая не будет читаться на каких-либо комплексах без ключа шифрования-дешифрования, а так же человека, не имеющего доступа к ключу.

Алгоритм шифрования могут изучить все желающие, если необходимо, но у каждого предприятия или даже человека имеется свой пароль/ключ, без которого послание невозможно раскодировать.

Ключ предполагает собой буквенную или числовую последовательность символов, знаков.

Каждое преобразование дешифруется ключом и представляется алгоритмом шифрования. Чтобы обмен зашифрованными данными произошел успешно, то необходимо чтобы получатель знал ключ, для успешного преобразования успешного выполнения дешифрирования полученной информации, а так же хранил его в тайне, чтобы злоумышленник не получил к нему доступ

Познакомимся с основными видами шифрования данных: симметричное и несимметричное.

1. Симметричное шифрование (криптография с симметричным ключом, симметричные криптосистемы).

Традиционный механизм шифрования состоит в том, что к файлу с данными используется такой метод шифрования, который построен на применении ключа, после использования ключа документ не может быть использован для чтения обычным пользователем сети. В данном методе шифрования для дешифрования и шифрования должен быть использован один и тот же ключ доступа для упаковки и распаковки данных, следовательно, ключ должен сохраняться в тайне обеими сторонами, для того, чтобы передаваемая информация не попадала в руки злоумышленников.

Достоинство симметричного шифрования – высокая степень функционирования. Что способствует передачи документов не только малого размера и полноценных проектов, обхватывающих большой объем передаваемой информации.

Основные недостатки использования симметричного метода:

- во-первых, чтобы передать ключ, необходимый для дешифрирования информации, второй стороне, необходимо использовать защищенный канал связи.
- во-вторых, не может быть как такового автора проекта или создателя, так как ключ имеет обе стороны, следовательно, идентификация как автора, произойти не сможет.

2. Несимметричное шифрование (криптография с открытым ключом, асимметричные криптосистемы).

Недостатки выше рассмотренного метода исправлены в несимметричных криптографических системах, основанных на использовании двух ключей. Эти системы получили применение широкого профиля в Интернете. Те данные, которые были зашифрованы одним ключом, возможно расшифровать другим, но ни каким более. Создатель создает 2 ключа, один из которых оставляет

себе и он носит название «закрытый», а второй ключ «открытый» отправляет партнерам.

Если необходимо отправить сообщению владельцу ключей, то связь с ним происходит через сообщение по каналам связи через «открытый» ключ, данное сообщение видно всем, но расшифровать его может, только владелец «закрытого» ключа.

Достоинства несимметричного метода шифрования исправляет недостатки, которые имеются у шифрования симметричного:

- во-первых, для обмена сообщений не нужно использовать закрытый канал связи, а так же для передачи там 2 ключа, поскольку.
- во-вторых, появляется возможность для однозначной идентификации автора документа, так как никто кроме владельца «закрытого» ключа, не способен изменять и подготавливать документ.

Недостаток несимметричного метода – минимальная производительность программных средств, выполняющих данную технологию. Выполняющие производительность средства симметричного шифрования во много раз выше.

Во многих странах этот вопрос использования алгоритмов шифрования данных существует в сфере на законодательном уровне. В России к применению в государственных органах разрешены только программные средства шифрования данных, которые прошли государственную сертификацию.

На данный момент считается, что криптография предназначена решать такие задачи как:

- шифрование данных с целью защиты от несанкционированного доступа;
- проверка на подлинность: получатель способен проверить его источник;
- поддержка невозможности отказа.

Насчитывается более двадцати проверенных алгоритмов шифрования, которые способны обеспечивать высокую степень защиты. Например, одни из самых известных программных утилитов:

1. Симметричные DES, AES, ГОСТ 28147-89, Camellia, IDEA, RC4 и др.

2. Асимметричные RSA и Elgamal (Эль-Гамаль) и др.

В заключение, защита систем безопасности является одной из наиболее важных задач в обеспечении безопасности как частных, так и коммерческих помещений. Решение этой задачи позволит предотвратить несанкционированный доступ к конфиденциальной информации, а также защитить людей и имущество от различных видов преступной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аграновский А.В., Хади Р.А. Практическая криптография: алгоритмы и их программирование. – М.: СОЛЮН-Пресс, 2009. – 256 с.
2. Тычинин Е.В. Сравнительный анализ защищенных ключевых носителей // «Директор по безопасности», 2010.
3. Панасенко С.П. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник. – Спб.: БХВ-Петербург, 2009. – 576 с.
4. Фергюсон Н., Шнайер Б. Практическая криптография. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 424 с.
5. Тычинин Е.В. Сравнительный анализ защищенных ключевых носителей // «Директор по безопасности», 2010.

УДК 621.373.8

А.В. СИЛКИН, А.С. ГУСЕВА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ОСНОВНОГО СТВОЛА В АППАРАТАХ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

Рассматривается проблема управления сложным движением основного ствола аппарата лазерной резки.

Свойства лазерного излучения уникальны и это превратило их в незаменимый инструмент для самых различных областей науки и техники. Одним из направлений, в которых применяются лазеры, является промышленная лазерная резка.

Лазерная резка – это технология разделения, позволяющая разрезать металл и неметаллические материалы различной толщины. Направляемый лазерный луч фокусируется в пучок и контактирует с заготовкой. Из-за этого в той точке, в которую направлен лазер, происходит нагревание заготовки, вследствие чего материал плавится или испаряется. Диаметр этой точки обычно не превышает 0.5 миллиметра.

Аппараты лазерной резки способны обеспечить наиболее высокую скорость и точность резки металла, но характеристики традиционных промышленных лазерных установок с единственным массивным координатным столом не дают возможности использовать весь потенциал современных лазеров для создания более эффективных лазерных технологий. Лазер, при этом, даёт возможность выполнения

более высокой скорости процесса резки, но типовая кинематическая схема установки не может их обеспечить. Обыкновенные кинематические системы, в которых у координатного стола имеется лишь две степени свободы, не позволяют достигать высокой скорости резки. Если увеличивать скорость резки, не прибегая к адаптации системы координатного стола, то качество выполнения деталей существенно упадёт. Из-за инерционности массивного координатного стола достаточно тяжело обеспечить требуемые скорость и точность лазерной резки, так как для этого требуются мощные приводы двигателей. Если же попробовать увеличить мощности двигателей, то, вероятнее всего, усилятся колебания установки, в связи с возрастанием массы всей системы. Предотвращение и устранение возникновения колебаний и вибраций являются одной из наиболее важных проблем при реализации аппарата. В связи с этими причинами, а также по причине возрастающих энергозатрат нужно искать иные способы увеличения скорости. Для того, чтобы решить данную проблему можно ввести в комплекс дополнительный координатный стол. В дополнение к большому координатному столу, отвечающему за основные оси, устанавливается дополнительный малый координатный стол, который отвечает за реализацию дополнительных осей. Такая лазерная установка с дополнительными кинематическими осями может называться многокоординатной машиной лазерной резки с дополнительными кинематическими осями.

В данной статье предложено описание проблемы и потенциальное ее решение путем синхронного управления координатными осями (основными и дополнительными), что обеспечивает разложение сложного движения на разные оси.

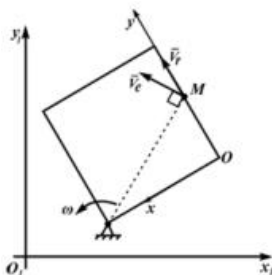


Рисунок 1 – Сложное движение

На рисунке 1 изображен квадрат, который вращается вокруг неподвижной точки. Точка M движется по стороне этого квадрата по оси Oy . Получается, что точка M участвует сразу в двух движениях. В связи с этим можно ввести две системы отсчета: подвижную Oxy ,

связанную с квадратом, по оси которого Оу движется точка М, и неподвижную О₁Х₁У₁, по отношению к которой вращается квадрат. Точка М движется по стороне квадрата со скоростью V_r , это движение является относительным. Переносным движением точки М будет являться её вращение вместе с квадратом, скорость которого можно обозначить как V_e . Геометрическая сумма скоростей обоих вышеуказанных движений (V_r и V_e) будет обозначать абсолютную скорость движения точки М:

$$\overline{V} = \overline{V_r} + \overline{V_e}; \quad (1)$$

Слагаемые в данной формуле определяются независимо друг от друга, как исходит из соответствующего закона движения. Как видно из рис. 1 относительная скорость V_r определяется на основе закона движения точки М по оси Оу. При этом переносная скорость определяется как скорость точки М при вращении вместе с квадратом вокруг оси. Для того, чтобы определить абсолютную скорость точки М, необходимо обратиться к теореме косинусов:

$$\sqrt{V_e^2 + V_r^2 + 2V_e \cdot V_r \cos \alpha}; \quad (2)$$

V_r – скорость движения точки М по оси Оу; V_e – скорость движения точки М при вращении с квадратом вокруг оси его вращения.

Необходимо определить вектор абсолютной скорости. Для этого мы спроецируем на выбранные оси равенство (1), найдём проекции и величину абсолютной скорости, а также углы, составляемые выбранными осями и вектором скорости. Также мы определим ускорение точки как сумму относительного, переносного и поворотного ускорений:

$$\overline{a} = \overline{a_e} + \overline{a_r} + \overline{a_k}; \quad (3)$$

При помощи законов относительного и переносного движений определяются соответствующие слагаемые. В случае неравномерных криволинейных движений эта формула имеет вид:

$$\overline{a} = \overline{a_e^n} + \overline{a_e^r} + \overline{a_r^n} + \overline{a_r^r} + \overline{a_k}; \quad (4)$$

Поворотное ускорение определяется по формуле:

$$\overline{a_k} = 2\omega e * \overline{V_r}; \quad (5)$$

Величина этого ускорения:

$$a_k = 2\omega e * V_r \sin \alpha; \quad (6)$$

где α – угол между векторами линейной относительной и переносной угловой скоростями.

С помощью сложения траекторий движения большого и малого стола можно преобразовать траекторию основной оси так, чтобы она

была более плавной и сглаженной. Для этого необходима установка дополнительного точечного координатного стола, благодаря которому управление движением основного массивного и инерционного стола будет проще реализовать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кондратенко В.С., Комов В.Г., Миленький М.Н., Третьякова О.Н., Шевченко Г.Ю. Разработка прикладного программного обеспечения для создания лазерного технологического оборудования с вспомогательными кинематическими осями. Журнал «Приборы», 2013, №5, С.26-35.

2. Кондратенко В.С., Комов В.Г., Третьякова О.Н., Шевченко Г.Ю. Разработка универсального программного обеспечения для управления различными лазерными технологическими системами. В сб.: Материалы XVIII Международная конференция по Вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2013), г. Алушта, 22-31 мая 2013.– М.: Изд-во МАИ, 2013. С.768-769.

3. Григорьев А.С., Нежметдинов Р.А., Обухов А.И., Соколов С.В. Расширение функциональных возможностей систем ЧПУ для управления механо-лазерной обработкой. Журнал «Автоматизация в промышленности», 2011, №5.

УДК 621.373.8

А.В. СИЛКИН

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ДИНАМИЧЕСКАЯ ФОКУСИРОВКА ЛАЗЕРА В АППАРАТАХ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

Рассматривается проблема управления фокусировкой лазера в аппаратах лазерной резки.

Уникальные свойства лазерного излучения используются во всевозможных отраслях науки и промышленности. Одним из наиболее востребованных направлений использования лазеров является промышленная лазерная резка.

Лазерная резка – это технология разделения, позволяющая разрезать металл и неметаллические материалы различной толщины. Направляемый лазерный луч фокусируется в пучок и контактирует с

заготовкой. В той точке, куда направлен лазер, поверхность заготовки нагревается, в связи с чем материал плавится или испаряется. Диаметр этой точки обычно не превышает 0.5 миллиметра.

При операциях лазерной резки одним из важнейших этапов является этап фокусировки лазера – установка оптимального фокусного расстояния между лазерной головкой и разрезаемым материалом. От того, насколько правильно и точно будет настроен фокус, зависит качество реза, его ширина, скорость резки, а также образование грата – расплавленного материала, застывающего в виде потеков на краях реза.

В общих чертах фокусное расстояние это расстояние от лазерной головки с линзой до некоторой плоскости, называемой фокусной. Такой плоскостью при операциях лазерной резки выступает заготовка. В случае, если сфокусированное пятно расположено над заготовкой, такое положение называется положительным. Если же пятно сфокусировано под заготовкой, то такое положение называется отрицательным. Также возможно положение, при котором фокус резания находится непосредственно на заготовке, такое положение называется нулевым фокусом. От значения фокусного расстояния зависит размер пятна на поверхности или же внутри заготовки. Выбор фокусировки, как правило, определяется методом резки.

При положительном фокусе луч лазера фокусируется выше поверхности заготовки. В связи с этим диаметр пятна, как и ширина реза, увеличиваются. Чаще всего такое положение применяется для резки заготовок из углеродистой стали методом кислородной резки. При таком способе шлак удаляется, а кислород достигает нижней поверхности заготовки, что способствует полной реакции окисления.

При отрицательном фокусе пятно лазера находится непосредственно внутри заготовки. Данный метод часто применяют для перфорации материала перед резкой. Размер пятна на поверхности заготовки меньше, чем ширина реза, это обеспечивает максимальную плотность энергии вместе с наименьшим диаметром пятна. Такой фокус зачастую применяется при резке нержавеющей стали, тогда поверхность реза имеет хорошее поперечное сечение и достаточно однородную структуру.

При нулевом фокусе луч лазера фокусируется на поверхности заготовки. Чаще всего такой метод используют для резки тонких пластин или слоев металлической фольги методом лазерного испарения с высокой пиковой мощностью.

Регулировка фокусного расстояния (рисунок 1) может производиться как вручную, так и с помощью датчика

автофокусировки. Способ регулировки выбирается в зависимости от сложности работы, её точности и бюджета.

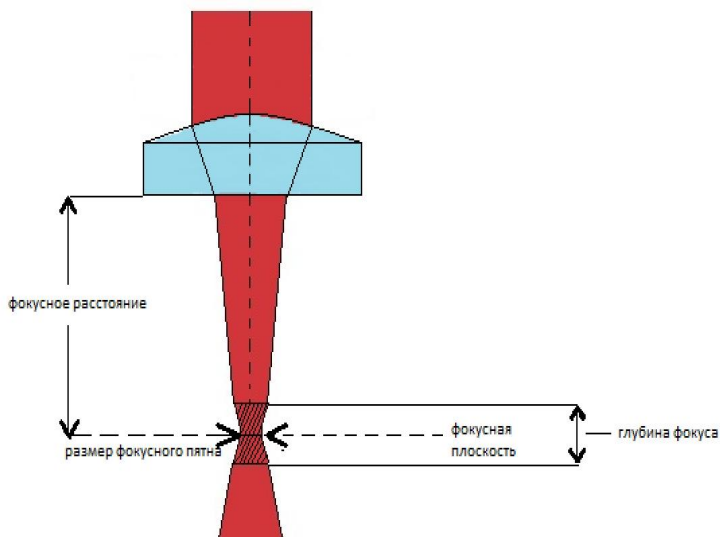


Рисунок 1 – Фокусное расстояние

При ручной настройке фокусного расстояния регулируется высота рабочего стола, на котором расположена заготовка. Головка лазера остаётся неподвижной. Такой способ регулировки подходит для операций резки, не требующих высокой точности. Он занимает какое-то количество времени, а также, в связи с ошибками оператора аппарата, возможен брак заготовки.

В станках, в которых присутствует датчик автофокусировки, достигается высокая скорость и точность настройки фокусного расстояния. Зачастую принцип работы таков: линза перемещается внутри лазерной головки по вертикали до того момента, пока необходимое расстояние не будет найдено. Фокусные расстояния, материалы и их толщины заносятся в запоминающее устройство, для того, чтобы в следующих подобных операциях станок настраивался автоматически. Также могут использоваться станки с датчиком автофокусировки, в которых регулируется высота плоскости рабочего стола. Подобно ручной настройке, в них подбирается расстояние от линзы до заготовки, но делается это автоматически (рисунок 2).

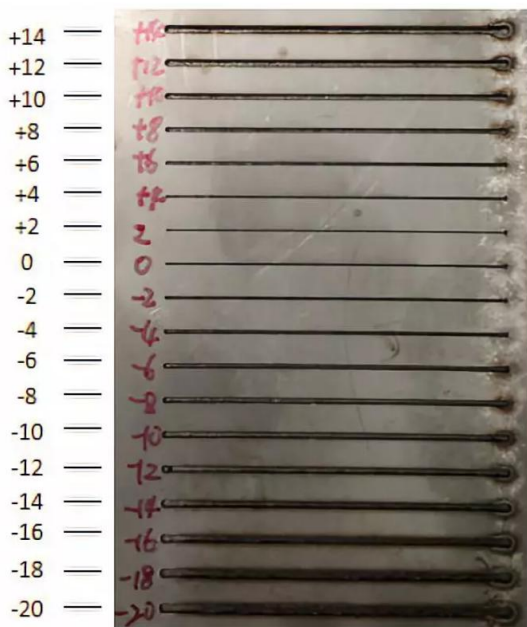


Рисунок 2 – Поверхность заготовки при различных значениях фокуса

Для обработки заготовок с разными толщинами и свойствами в станках лазерной резки используются режимы фокусировки. От того, насколько правильно настроен и сфокусирован лазер зависит качество и точность обработки. В зависимости от фокуса лазерного пятна можно достичь различных эффектов, что зачастую необходимо как для материалов, разных по своим свойствам, так и для различных толщин реза. Настройка фокусного расстояния может быть произведена как вручную, так и с помощью датчика автофокусировки. При наличии такого датчика существенно увеличивается точность работы и сокращается время на настройку фокуса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьев А.С., Нежметдинов Р.А., Обухов А.И., Соколов С.В. Расширение функциональных возможностей систем ЧПУ для управления механолазерной обработкой // Автоматизация в промышленности, 2011. – №5.

2. Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие. Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с.

3. Эстерзон М.А. Технология обработки на станках с программным управлением / М.А. Эстерзон и др. – М.: НИИМаш, 1974. – 152 с.

4. Кондратенко В.С., Комов В.Г., Третьякова О.Н., Шевченко Г.Ю. Разработка универсального программного обеспечения для управления различными лазерными технологическими системами // Материалы XVIII Международная конференция по Вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2013). – М.: Изд-во МАИ, 2013. – С.768-769.

УДК 004.65

А.А. СТЕПАНИДЕНКО

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Рассматриваются перспективы, актуальность и сложность задач разработки блока питания для бортовой радиолокационной станции. В процессе разработки производится анализ условий эксплуатации изделия, выбирается его конструкция.

Разрабатываемое устройство должно отвечать технико-экономическим, конструктивно-технологическим, эксплуатационным, надёжностным требованиям. Каждое требование имеет свои специфические характеристики и ограничения, которые должны учитываться при разработке системы или устройства. Оптимальное удовлетворение всех требований требует компромиссов и балансировки между ними. Инженерам необходимо учитывать все требования и находить оптимальное решение, учитывающее их взаимосвязь и совместимость. Технико-экономический анализ конструкторской разработки имеет огромную значимость, так как с помощью такого анализа получают необходимую информацию для анализа уже существующих изделий и разрабатываемого устройства. В настоящее время стоит задача обеспечения интенсивного развития, при котором уменьшаются затраты труда, энергии, материалов и т.п. на изделие и в то же время улучшаются технические характеристики.

Из выше сказанного следует, что основным в технико-экономическом анализе является установление технико-экономического эффекта, обусловленного внедрением новой техники, с учётом дополнительных затрат на проектирование и подготовку производства.

Нужно отметить тот факт, что более 50% выпуска микропроцессорных систем данного типа составляют приборы и системы, с помощью которых осуществляется питание. Но приборы такого типа обычно поставляются из зарубежных стран.

Существуют и русские аналоги такого оборудования, но, как говорилось раньше, они не сочетают в себе большой функционал.

С целью экономии оборудования и снижения стоимости устройства, для отображения оперативной информации о состоянии используют стандартный дисплей. В настоящее время предпочтение отдаётся применению жидкокристаллических дисплеев.

В ходе разработки должны соблюдаться принципы производственной технологичности. Одновременно с этим необходимо сконцентрировать своё внимание на технологии обслуживания, эксплуатации и ремонте. Как известно, принцип технологичности очень важен. Что бы не создавал конструктор, он всегда должен представлять как это можно сделать с малыми затратами труда, энергии, материалов и времени, ориентируясь на определённое оборудование, сравнивая разработку с ранее имеющимися аналогом.

Технологичная конструкция также учитывает возможность упрощения обслуживания и ремонта, позволяет снизить затраты на производство и сократить время на производственный цикл. При создании технологичной конструкции необходимо также учитывать экономические, функциональные и эргономические параметры, а также требования к безопасности и качеству изготовления. В целом, технологичность конструкции является важным и неотъемлемым условием успешного и эффективного производства. Важно как можно меньше выполнять операций по доводке регулировки изделия после окончательной сборки

Для правильного конструирования необходимо учесть, как влияют на экономические показатели такие качества разрабатываемого устройства, которые в значительной мере определяются разработчиком (влияние срока морального старения, серийности и объёма производства).

Разрабатываемый блок питания удовлетворяет основным эксплуатационным требованиям. К таким требованиям относят:

- лёгкость в управлении и обслуживании;
- различные меры оповещения опасных режимов работы (обрыв заземления, выход из строя, и т.д.);
- наличие приборов, обеспечивающих профилактический контроль и наладку конструктивных элементов.

С требованиями эксплуатации тесно связаны требования обеспечения удобной работы оператора. Важна также такая организация органов управления ЭВА, которая бы отвечала актуальным эргономическим требованиям инженерной психологии. Разрабатываемая система также удовлетворяет тактико-техническим требованиям, которые обычно содержатся в техническом задании на аппаратуру и включают в себя такие характеристики, как вид измеряемой физической величины, диапазон измерений, точность измерений, быстродействие, объем памяти для регистрации данных, точность выполнения вычислительных операций и т.д.

В основном данные требования удовлетворяются на ранних этапах разработки аппаратуры, когда определяется состав изделия, его структура, математическое обеспечение, основные требования к отдельным устройствам. Довольно неплохие результаты, как надёжности так и тепловые характеристики и не высокая по сравнению с зарубежными аналогами стоимость прибора питания позволит различным предприятиям в России приобрести данное оборудование.

Блок питания предназначен для обеспечения изделия питающими напряжениями постоянного тока.

Технические характеристики: блок запитывается от трехфазной сети переменного тока с линейным напряжением ($200 + 6 - 14$) В частотой (400 ± 25) Гц и источника постоянного тока “+27 В БС” с напряжением ($27 + 2,4 - 3,0$) В.

Ток потребления по каждой фазе питающей сети 200 В не превышает 5,5 А, по цепи “+27 В БС” – не превышает 0,5 А. Блок расположен в контейнере.

Конструктивно блок выполнен на сварном каркасе из алюминиевого сплава.

К каркасу блока крепится лицевая панель, а с боковых сторон – две панели, на которых размещаются самые теплонагруженные элементы, установленные на радиаторы, и платы с элементами выпрямителей мощных каналов и стабилизаторов. Внутри каркаса имеется перегородка для придания блоку дополнительной прочности. На перегородке и во внутренних отсеках блока располагаются трансформаторы, дроссели фильтров, сетевые реле, платы с

элементами выпрямителей и фильтров. Съём тепла осуществляется с помощью вентилятора, который работает на вытяжку горячего воздуха из блока.

На лицевой панели блока находятся выходные соединители, шина для заземления, фирменная планка, выходное отверстие вентилятора, закрытое меткой, а также ручка для удобства установки и съёма блока в составе контейнера. Здесь же находится крепёжные лапки с отверстиями диаметром 6 мм.

В торцевой части блока находится вентиляционное отверстие для принудительного внешнего обдува и полые втулки для стыковки с направляющими штырями в контейнере. Установка блока осуществляется с помощью винтов и направляющих пластин.

Габаритные размеры блока 442х150х253 мм. Масса – (10,7 ± 0,6) кг.

Схема блока можно условно разделить на четыре функциональных канала: два канала нестабильных напряжений, формируемых выпрямителями (Вп) AU1 и AU2, канал стабильных выходных напряжений “± 5,2 В ЦСН 1”, “± 5,2 В ЦСН 2”, формируемых стабилизатором (Ст) AU4, и устройство контроля AU3, куда входят, помимо элементов функционального назначения, два выпрямителя, формирующих нестабильные выходные напряжения.

Выпрямители нестабильных каналов выполнены по трёхфазной и однофазной мостовым схемам с индуктивно-ёмкостными и ёмкостными фильтрами.

Выпрямители формируют выходные напряжения положительной и отрицательной полярности.

Выпрямители для питания стабилизаторов “± 5,2 В ЦСН 1”, “± 5,2 В ЦСН 2” выполнены по трёхфазным схемам включения с вольт добавкой. Сглаживания осуществляется однозвенными индуктивно-ёмкостными фильтрами.

Каждый из стабилизаторов “± 5,2 В ЦСН” выполнен на базе микросхемы 142ЕНЗ с одним согласующим и пятью умушнующими транзисторами 2Т819Б. Регулировка выходного напряжения осуществляется с помощью делителя. В каждом стабилизаторе имеется защита от короткого замыкания в нагрузке и от перегрузок по току, а также защита потребителя от перенапряжения на выходе стабилизатора. Ток короткого замыкания составляет 0,5 – 0,7 величины номинального тока, а порог срабатывания защиты от повышения напряжения каждого канала “± 5,2 В ЦСН” составляет (6,0 ± 0,5) В.

Блок работает следующим образом.

На сетевой соединитель из блока Н11-0-05И подаётся постоянное напряжение +27В БС и трёхфазное напряжение 200 В 400 ГЦ.

Далее питающее напряжение 200 В поступает на нормально замкнутые контакты сетевых реле, затем подаётся на понижающие трансформаторы, после чего выпрямляется, сглаживается фильтрами, входящими в состав выпрямителей, подвергается дальнейшей стабилизации для формирования каналов “ $\pm 5,2$ В ЦСН 1”, “ $\pm 5,2$ В ЦСН 2”, и потребителю выдаются напряжения требуемой величины и стабильности.

При наличии выходных напряжений блок выдаёт сигнал “ $\perp$ Исправно 0-08”, который поступает в блок Н11-0-01М. Контроль наличия выходных напряжений, кроме “ ± 25 В контр.” и “ ∓ 25 В контр.”, осуществляется устройством АУ3, которое записывается от напряжения “+27 В БС”. На вход устройства контроля подаётся сигнал “Корпус” из блока Н11-0-05И, и для работы схемы контроля “нулевые” провода контролируемых напряжений должны быть заземлены у потребителя, т.к. выходные напряжения с блока выдаются потребителю двумя полюсами. Выходные напряжения выведены также на контрольный соединитель.

При отсутствии напряжения на выходе какого-либо из каналов, контролируемого с помощью устройства АУ3, сигнал “ $\perp$ Исправно 0-08” пропадает, и от внутреннего источника “+5 В контр.” выдаётся сигнал высокого логического уровня 2,5 – 4,5 В блок Н11-6-01М.

При увеличении напряжения на выходе любого из каналов “ $\pm 5,2$ В ЦСН” до величины порога срабатывания защиты от повышения напряжения открывается исполнительный транзисторный элемент, и устройство защиты в составе стабилизатора выдаёт сигнал на срабатывание сетевого реле KV2 по истечении времени задержки порядка 10 мс. Реле становится на самоблокировку, прекращается подача питающего напряжения на трансформатор TV3, стабильное напряжение не выдаются, и пропадает сигнал “ $\perp$ Исправно 0-08”.

Срабатывание сетевого реле KV1, отключающего каналы нестабильных выходных напряжений, происходит при появлении на выходном соединителе сигнала “ $\perp$ Откл. 0-08”, поступающего из блока Н11-0-05И, в случае аварийного повышения напряжения на выходе стабилизаторов, входящих в блоки изделия.

При разработке конструкции устройства необходимо обеспечить выполнение требований технического задания, эксплуатационных и конструкторских требований при высокой технологичности и экономической эффективности.

Для повышения технологичности конструкции необходимо стремиться к ее простоте, сократить номенклатуру деталей, максимально использовать стандартные детали и узлы.

В настоящее время получили широкое распространение такие принципы конструирования, как моносхемный, функционально-узловой, каскадно-узловой, схемно-узловой и модульный.

Моносхемный принцип конструирования заключается в том, что на одной ПП размещается вся принципиальная схема ЭВМ. Чаще используется для ЭВМ невысокой сложности при их массовом производстве (одноплатные ЭВМ).

Недостаток заключается в низкой ремонтопригодности. Поломка одного элемента приводит к сбою всей системы. Мгновенная замена вышедшего из строя элемента затруднена из-за не лёгкого и долгого обнаружения. ЭВМ, созданная по этому примеру, должна быть смонтирована из нескольких БИС, в которых надёжность имеет больший коэффициент, благодаря аппаратурной и информационной избыточности. Достоинство в том, что отсутствуют межплатные соединения, т.е. достигается максимальное быстродействие и высокая надёжность.

При схемно-узловом принципе принципиальная схема делится на узлы с точно выраженными входными и выходными характеристиками, каждый из которых располагают на различных платах. Все узлы, как правило, являются функционально законченными единицами (процессор, память, контроллер ввода – вывода и т.д.).

Применяются для создания ЭВМ на ИМС с большой степенью интеграции. По этому принципу разработаны бортовые и настольные ЭВМ, где различные устройства ЭВМ выполняют на одной или нескольких (небольшом числе) платах, а соединение их между собой производят с помощью проводных жгутов и коммутационной платы.

При каскадно-узловом принципе принципиальная схема делится на функционально законченные узлы, которые, в свою очередь, делятся на каскады, каждый каскад реализуется на отдельной плате. (Отдельные каскады не могут выполнять самостоятельных функций).

Блочный вариант конструктивной иерархии занимает промежуточное положение между каскадно-узловым и схемно-узловым принципами. ЭВМ с относительно сложной и большой структурой строится по каскадно-узловому принципу, а ЭВМ с более простой структурой – по схемно-узловому принципу.

При функционально-узловом принципе принципиальная схема разбивается на не большие функциональные узлы с учётом

обеспечения унификации их применения. Этот принцип конструирования нашёл широкое распространение при разработке больших ЭВМ. Базовым элементом конструкции здесь является ТЭЗ. Имея необходимый набор ТЭЗов, можно построить целый ряд вычислительных машин с различными техническими характеристиками. Количество типов ТЭЗов можно насчитать несколько десятков. Достоинством является высокая ремонтпригодность ЭВМ. ЭВМ имеет программные средства диагностирования, которые позволяют локализовать неисправность ЭВМ с точностью до ТЭЗа. Для ЭВМ, построенной по каскадно-узловому принципу, а также по схемно-узловому принципу (в отличие от функционально-узлового принципа) используются дорогостоящие ТЭЗы. Ремонт их является очень сложным, дорогостоящим и производится на заводах-изготовителях и специальных предприятиях.

При модульном принципе конструирования предполагают, что основные функциональные узлы ЭВМ связаны между собой с помощью одного канала (предполагают организацию ЭВМ с общей шиной). При этом могут использоваться все из рассмотренных ранее принципов конструирования. Под модулем в данном случае подразумевается функционально-структурная, а не конструктивная единица машины. Модуль – функционально-законченное устройство ЭВМ. Модуль может быть реализован на одной, на 2-3 платах или в отдельном блоке. Чтобы установить связь с модулем-приёмником, модуль-передатчик посылает нужный сигнал вместе с адресом по одной шине. Сигналы поступают на входы всех подключённых к общей шине модулей, однако отвечает шина только запрашиваемым. Применяя этот принцип, можно построить ЭВМ с высокой производительностью и сложностью, сохраняя при этом гибкость в ее организации, так как разработчик использует ровно столько модулей, сколько ему нужно. По этому принципу могут строиться многопроцессорные системы, т.е. в машине работают параллельно несколько процессоров. Заказчик, исходя из своих нужд, может определять объем оперативной памяти и нужный набор контроллеров ввода – вывода для подключения внешних устройств. Таким образом, разработчик ЭВМ может также легко усовершенствовать конструкцию, меняя или добавляя отдельные модули и получая при этом необходимые параметры ЭВМ.

Проведя соответствующий анализ можно сделать вывод, что лучшим вариантом конструирования при разработке вычислительного комплекса является функционально-узловой. Применение этого принципа конструирования позволяет автоматизировать процессы

изготовления и контроля конструктивных единиц, упростить их сборку, наладку и ремонт. Узлы будут представлять собой плоские конструкции на платах. Устройство будет состоять из 5 плат. Между платами осуществляется синхронизация их работы. Платы подключены к блоку питания, защиту от внешних воздействий гарантирует металлический корпус. Поскольку в настоящее время выпуск отечественных микросхем и микропроцессорных комплексов не осуществляется, то для разработки микроконтроллера будем использовать зарубежные аналоги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беклешов В.К., Астерина Л.А., Балдесов В.В. Технико-экономическое обоснование дипломных проектов. – М.: учебник, Высшая школа, 1991. – 176 с.
2. Гавриленко В.И., Комиссаров С.А., Таганов А.И., Франк Е.Б. Конструирование электронно-вычислительной аппаратуры. – РРТИ, 1988.
3. Таганов А.И., Таран Ю.А. Конструирование и технология производства ЭВМ. – Р.:РРТИ, 1992.

УДК 656.025.226

В.В. ФИЛИПШОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В ГОРОДСКОМ РЕЖИМЕ ДВИЖЕНИЯ

Рассматриваются принципы работы беспилотных автомобилей, преимущества и недостатки их использования, а также применение беспилотных систем в современном городском режиме.

Беспилотные автомобили способны передвигаться самостоятельно, с помощью специального программного обеспечения (ПО) и сенсоров. ПО управляет работой всех систем автомобиля: сменой передач, поворотом руля, тормозом и газом. Основой для действий автомобиля служит информация окружающей обстановки, которую собирают датчики.

- Лидар – лазерный дальномер, который ставится на крышу автомобиля. Лидар является сердцем беспилотника, потому что при

помощи лазеров может сгенерировать 3D-карту в радиусе до 100 метров. Данные синхронизируются с картами (Google, Bing, 2ГИС) для того, чтобы соблюдать ПДД и знать, куда ехать.

- Радар – пока что на беспилотники ставят от четырёх радаров как минимум. Они устанавливаются по 2 штуки спереди и сзади. Радары необходимы для определения дальности объектов, траектории и скорости их движения. Радар излучает радиоимпульсы, которые отражаются от объектов и передаются на принимающую антенну. По сути радары – это глаза автомобиля.

- Датчик положения – GPS-приёмник, который позволяет машине понимать, где она вообще находится.

- Видеокамера – необходима для обнаружения сигналов светофоров, приближающихся на опасное расстояние объектов и другой визуальной информации. Обычно устанавливают как минимум одну камеру у зеркала заднего вида. В среднем в машинах бывает от 1 до 3 видеокамер.

- Собранные данные передаются на компьютеры:

- Управляющий компьютер. Принимает основные решения о поведении авто на дороге, после обработки данных с датчиков.

- Компьютер визуального интерфейса и датчиков. Отвечает за работу установленных на машину датчиков.

- Контроллер рулевого управления, привода. Приводит в действие команды по движению, торможению и так далее.

Некоторые системы полагаются на инфраструктурные комплексы (встроенные в дорогу или рядом с ней), но более продвинутые технологии также могут двигаться автономно, контролируя положение руля и скорость на основе данных датчиков в тех же условиях, что и люди.

Современные беспилотные автомобили используют алгоритмы, основанные на методе Байесского метода одновременных локализаций и создания карт SLAM, одновременных локализаций и математического управления. Суть работы программ заключается в комбинировании данных с датчиков машины и данные карты. TDM – это метод обнаружения движущихся объектов; DATMO – обратный отсчет движения или отслеживание перемещения подвижной поверхности. Google подавал в суд на Uber за кражу новейших технологий компании. Однако в 2017 году компания выпустила библиотеку SLAM, которую может бесплатно использовать любая сторонняя компания.

Беспилотным можно сделать большинство автомобилей с современной CAN-шиной. Контроллерная сеть CAN является

стандартом промышленной сети, который ориентируется на соединение устройств с датчиками машины. К шине подключаются система беспилотного управления рулем, тормозами и акселерационному автомобилю; к ней подключаются сенсоры с функцией автономного управления двигателем, а также электронные устройства. При этом наличие систем помощи водителю весьма желательно. На них можно возложить часть функций, связанных с движением автомобиля (например, на скользком покрытии).

Процесс движения беспилотника – это непрерывное выполнение нескольких подзадач в реальном времени.

1. Локализация – определение местоположения беспилотника с сантиметровой точностью осуществляется при помощи данных сенсоров и высокоточных карт. В них уже заложена масса полезной информации: например, данные о разметке на зимней трассе.

2. Восприятие – беспилотник фиксирует окружающие объекты, определяет скорость и направление движения.

3. Предположение – программа пытается прогнозировать движение иных участников дорожной деятельности. Наверно самый трудный этап в настоящее время: действия водителей живых часто не подходят логике.

4. Планирование – по трем предыдущим задачам беспилотные алгоритмы «определяют» свою деятельность и дают команды системам управления. И все это должно составлять миллисекунды. Некоторые компании имеют свою специфику, укладывающуюся в основную концепцию. Например, у компании Waymo к стандартному набору сенсоров добавляют ещё и микрофоны для распознавания сирен полиции или служб экстренного реагирования. Они призваны улавливать сигнальные сигналы полицейских машин и службы экстренной помощи. Правда, у других производителей микрофоны не очень популярны.

Уровни автономности

Сообщество автомобильных инженеров (SAE) предлагает шесть уровней автоматизации автомобилей:

Нулевой уровень. К нему относятся машины с АБС и круизного контроля.

На первом уровне машина уже несколько помогает водителям: например, появляется адаптивный круизный контроль и управление рулем или торможением, но это только одно из двух вариантов.

На втором уровне система может управлять и рулем, и тормозом, но как и на предыдущем уровне, только в определенных условиях: так, например, водителю нужно вмешиваться на шоссе. Если просто –

машина может идти сама, но водитель должен быть готов к любому моменту взять на себя управление.

На третьем уровне автономности у машины чуть больше, а значит, у водителя больше времени, чтобы среагировать и взять контроль над автомобилем в любой непонятной ситуации. Если второй уровень предполагает, что водитель всегда следит за дорогой и готов включиться в любой момент, то на третьем роль водителя - быть в резерве.

На четвёртом уровне система берет на себя полный контроль и позволяет водителю отдохнуть, однако для этого должны быть созданы все условия, например высоко детализированные трехмерные карты, чтобы система с высокой точностью знала, где находится. Большинство разработчиков пытаются создать системы именно четвёртого уровня.

На пятом уровне предполагается полная автоматизация. В этой теоретической модели водительское кресло даже не имеет руля. Согласно последнему отчету Autonomous Vehicle Technology Report 2020, в мире не существует работающих технологий пятого уровня автономности, и эксперты не ожидают появления таких технологий даже в будущем: высоко автоматизированные системы будут применяться только в качестве продвинутых помощников водителя.

Тестирование беспилотных автомобилей происходит в различных режимах, которые можно разделить на три основные группы:

- тестирование алгоритмов в виртуальном симуляторе;
- тестирование на закрытых треках и полигонах;
- тестирование на дорогах общего пользования.

В настоящее время одним из способов оценить готовность технологии являются примеры её применения для бизнеса, в частности беспилотного такси. Как дополнительный способ оценки можно выделить степень участия человека при управлении автономным автомобилем.

- Водитель находится за рулём и имеет непосредственный доступ к органам управления автомобиля.

- Водитель находится в салоне, но не за рулём и может только экстренно остановить автомобиль.

- Водителя в салоне нет, оперативная помощь водителя невозможна. Если система потребует вмешательства человека и он не сможет управлять автомобилем непосредственно – управление может осуществляться удаленно.

Преимущества беспилотных автомобилей

1. Сокращение количества аварий. В большинстве случаев виновниками ДТП становятся люди, а не их транспортные средства. Водители могут не справиться с управлением, отвлечься, быть уставшими, нарушить правила дорожного движения и т.д. Беспилотные автомобили не способны попасть в аварию по причине человеческого фактора, так как их движение управляется системой камер, электроникой, датчиками и сенсорами. На них не влияет темнота, также скорость реакции у них гораздо выше, чем у человека. Беспилотники на расстоянии распознают объекты и заранее рассчитывают траекторию движения.

2. Меньше пробок. Частая проблема крупных городов - это пробки, которые образуются по вине водителей, и лишь иногда из-за их транспортных средств. Беспилотники движутся по заранее прописанному алгоритму, что способствует оптимизации городского движения. Также количество пробок снизится благодаря уменьшению количества ДТП.

3. Нет проблем с парковкой. Парковка постепенно становится всё большей проблемой в крупных городах. Беспилотники могут решить этот вопрос. В случае недостатка свободного места, они просто продолжают ездить по городу в ожидании хозяина или других пассажиров. С другой стороны, это повысит расхода топлива.

4. Снижение затрат на транспортировку. Топливо можно сэкономить за счёт оптимизации режима движения транспорта. Также сроки перевозок сократятся на более чем в два раза за счёт экономии времени, которое люди тратят на отдых и сон.

5. Развитие дизайна. Беспилотные автомобили обретут совершенно новый внешний вид, отличающийся от современных привычных автомобилей. Изменения коснутся как внешней стороны, так и внутренней. Из-за отсутствия рулевого управления сократится подкапотное пространство.

Недостатки

1. Цена. Производство и обслуживание автомобилей, начиненных сложной электроникой, обходится весьма дорого. Позволить себе могут подобное далеко не все, и не каждый будет в восторге доверить свою жизнь бездушной самоходной железке, несмотря на её высокую эффективность.

2. Человеческий фактор. Конечно, беспилотному автомобилю не требуется полноценный водитель, однако его разработкой занимаются все равно люди, которые способны допустить ошибку. Программы создаются обычными программистами, детали выпускают работники

заводов. По мере распространения таких машин их качество постепенно станет снижаться. Кроме того, программное обеспечение способно взломать, что может привести к увеличению количества угонов автомобилей.

3. Лишение работы. Серьёзным минусом беспилотного транспорта можно назвать то, что их массовое внедрение лишит работы множество людей. Под угрозу попадают такие профессии как таксисты, дальнобойщики и другие водители. Число безработных вырастет на четыре миллиона, если перевозки станут автоматизированной сферой деятельности. То же самое касается и грузового транспорта.

4. Нет законодательной базы. При возможном ДТП с беспилотным транспортом определить, кто виноват с юридической точки зрения будет сложно по причине отсутствия законодательной базы по регулированию беспилотных машин. В настоящее время большинство стран запрещает использование такого средства передвижения, потому что работа над законодательством не завершена.

5. Риск увеличения вреда экологии. Машины с двигателями внутреннего сгорания вырабатывают выхлопные газы. В случае отсутствия парковочного места, беспилотные автомобили могут кружить по улицам длительное время. При этом выхлоп будет естественным образом попадать в воздух и загрязнять его вредными веществами больше, чем это происходит на данный момент. Существуют беспилотные автомобили, работающие на топливных ячейках и электричестве, однако их стоимость значительно выше.

6. Нулевая приватность. Люди привыкли видеть в автомобиле свободу передвижения, они не ограничены алгоритмами и сами выбирают маршрут, при этом не опасаясь слежки. Беспилотники имеют неразрывную связь со службами, которые корректируют их поведение на трассе и отслеживают местонахождение. То есть информация о геолокации автомобиля, а значит и водителя, постоянно будет находиться у посторонних.

«Умная» инфраструктура

Беспилотным автомобилям нужна интеллектуальная транспортная система (ИТС). В такой системе автомобили могли бы взаимодействовать не только с дорожными устройствами, но и с другими машинами. Пример такой инфраструктуры – ИТС (рисунок 1). Их разрабатывают по всему миру для решения таких задач: контроля допуска автомобилей к парковкам, управления движением и оплаты паркинга; а ещё регулирования трафика, ведения статистики о

между автомобилями – тем самым помогает другим машинам снизить скорость».

В то же время в Яндексе не считают такую инфраструктуру для беспилотников критичной. «В большинстве ведущих производителей не требуется дополнительная коммуникация автомобилей с дорожной инфраструктурой. Например, беспилотным автомобилям Яндекса не нужно получать дополнительный сигнал светофора или он может видеть его обычный световой сигнал через камеры».

В Яндексе добавили, что в будущем технологии обмена информацией автомобилей с «умной» инфраструктурой дадут много новых возможностей водителям. Например: водители смогут получать дополнительную информацию раньше – это может послужить оптимизации транспортных потоков.

Нехватка полигонов для тестирования беспилотников – одна из основных проблем, с которой сталкивается большинство разработчиков, говорит Константин Кайсин из РВК. Вторая проблема, с которой столкнулся весь мир, юридически-философская и звучит следующим образом: «кто должен нести ответственность за действия беспилотника?»

Первый случай ДТП со смертью по вине беспилотника произошел в 2016 году во Флориде, США. Tesla Model S врезалась в трактор, который незаконно пересекал шоссе. Единственная жертва этой аварии – водитель. Он находился за рулем автомобиля, однако машиной управлял автопилот. Через два года тестовый беспилотник Uber насмерть сбил пешехода. В России законов о регулировании поведения беспилотников пока нет, поэтому в машине всегда должен находиться человек (инженер-испытатель), который и контролирует автомобиль. США является самой первой страной, где двадцать девять штатов и округ Колумбия уже прописали в местном законодательстве правила использования беспилотников. Правила отличаются в разных штатах; в самом прогрессивном законе, во Флориде, ответственность могут возложить на человека, который запустил автомобиль по маршруту (в законе он именуется оператором), производителя системы помощи водителю или на обоих сразу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Грек А. Пандемия как катализатор прогресса // Популярная механика. – 2020. – № 10. – С. 58-61.
2. O'Toole, R. Gridlock: why we're stuck in traffic and what to do about it // Cato Institute, 2009.

3. Davies A. How Self-Driving Car Makers Measure Their Own Progress [Электронный ресурс] // Wired. – 2020. – Режим доступа: <https://www.wired.com/story/how-self-driving-car-makers-measure-progress/>.

4. Tyler C. Regulations Hinder Development of Driverless Cars [Электронный ресурс] // NYTimes: официальный сайт. – 2011. – Режим доступа: <https://www.nytimes.com/2011/05/29/business/economy/29view.html>

5. Каланов Г. Как устроены беспилотные автомобили и кто их делает [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://auto.ru/mag/article/selfdrivingsetup/>.

УДК 004.048

Н.О. ФИРСОВ, С.В. СКВОРЦОВ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ АЛГОРИТМОВ ТРАССИРОВКИ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Рассматривается задача трассировки многослойных печатных плат и анализируются известные алгоритмы определения топологии печатных проводников, которые могут использоваться для решения указанной задачи с учетом конкретных особенностей проекта, производства и применяемых критериев качества.

Многослойные печатные платы (МПП) являются основным элементом в современной электронике и широко применяются во множестве устройств, от мобильных телефонов до компьютеров и промышленных систем (рисунок 1). Процесс трассировки МПП, т.е. размещения проводников на разных слоях печатной платы, является критическим этапом в проектировании электронных устройств, поскольку эффективность этого процесса влияет на производительность, надежность и стоимость конечного изделия [1, 2].

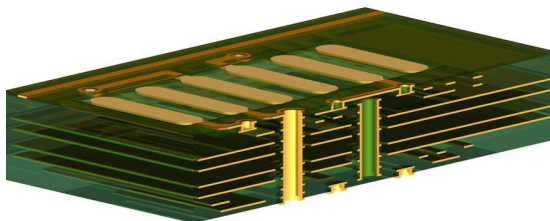


Рисунок 1 – Многослойная печатная плата

Одним из ключевых аспектов в процессе трассировки МПП является выбор алгоритма трассировки, который определяет способ разводки проводников на печатной плате. В данной статье рассматривается алгоритм A^* [3] и приводится его сравнение с классическим волновым алгоритмом Ли [4].

Алгоритм A^* является одним из наиболее популярных алгоритмов в области трассировки МПП. Он основан на поиске пути в графе, вершины которого соответствуют позициям контактов на печатной плате, а ребра определяют возможные маршруты проводников между этими позициями. Алгоритм A^* использует эвристическую функцию для оценки стоимости перемещения между вершинами и выбирает оптимальный путь, опираясь на эту оценку. Это делает алгоритм A^* эффективным и быстрым в поиске оптимального пути.

Алгоритм Ли является другим распространенным алгоритмом трассировки МПП. Он основан на распространении волны из начальных и конечных точек трассировки, с последующим восстановлением пути между ними. Алгоритм использует маркировку и обход вершин графа волнами, распространяющимися из начальных и конечных точек, и выбирает наименьшее количество шагов для трассировки между этими точками. Алгоритм Ли отличается простотой реализации и относительно низкими вычислительными затратами, особенно на практике, когда рассматриваются большие и сложные МПП с множеством проводников и ограничениями на их размещение на плате.

Однако при сравнении эффективности алгоритмов A^* и Ли в контексте трассировки МПП, следует учитывать различные аспекты процесса проектирования печатных плат, такие как сложность МПП, количество слоев, наличие ограничений дизайна и требования к производительности. Важные критерии для сравнения алгоритмов трассировки МПП включают время выполнения, занимаемую память, качество трассировки и удовлетворение ограничений дизайна.

Алгоритм A^* обладает высокой точностью в нахождении оптимального пути и может демонстрировать хорошие результаты в сложных МПП с множеством ограничений. Однако, он может быть вычислительно более затратным, особенно при работе с большими МПП, из-за необходимости оценки эвристической функции и поиска оптимального пути в графе. Также алгоритм A^* может иметь трудности с учетом ограничений производства, таких как минимальная ширина проводников и величина межслойных зазоров, что может потребовать дополнительных модификаций.

Алгоритм Ли имеет преимущество в скорости выполнения и занимаемой памяти. Он может быть особенно эффективным для простых МПП с небольшим количеством слоев и незначительными ограничениями. Он также позволяет достичь хорошего качества трассировки, удовлетворяя ограничениям дизайна и производства. Однако, алгоритм Ли может быть менее точным в нахождении оптимального пути, особенно в сложных условиях, и может потребовать дополнительных эвристик или оптимизаций для улучшения качества трассировки.

Таким образом, выбор между алгоритмами А* и Ли в процессе трассировки МПП зависит от специфических требований проекта и сложности МПП. Если проект имеет сложные ограничения дизайна, большое количество слоев и требует высокой точности в нахождении оптимальных путей, то алгоритм А* может быть предпочтительным выбором, несмотря на вычислительные затраты. С другой стороны, если проект имеет небольшое количество слоев, ограниченные требования дизайна и приоритет на быстроту выполнения, то более подходящим выбором может быть алгоритм Ли.

Следует отметить, что существуют другие методы трассировки основанные на использовании известных алгоритмов, таких, как алгоритм Дейкстры [5], алгоритм Флойда-Уоршелла [6] и др., которые также могут быть эффективными в определенных условиях. Выбор алгоритма трассировки МПП должен быть основан на анализе требований проекта, сложности МПП и доступных ресурсов компьютерной системы. Например, алгоритм Дейкстры основан на поиске кратчайшего пути в графе с весами на ребрах и может быть применен для трассировки МПП, где требуется определение оптимального пути с учетом определенных критериев, таких как минимизация длины трассы или избегание перекрытий между проводниками. Алгоритм Флойда-Уоршелла предназначен для поиска всех кратчайших путей между всеми парами вершин в графе и может быть применен в случаях, где требуется определение оптимальных маршрутов между всеми парами точек на плате. Кроме того, существуют и другие алгоритмы трассировки, такие как алгоритмы на основе эволюционных алгоритмов, генетических алгоритмов, искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (рисунок 2), которые также могут быть использованы в определенных сценариях проектирования МПП.

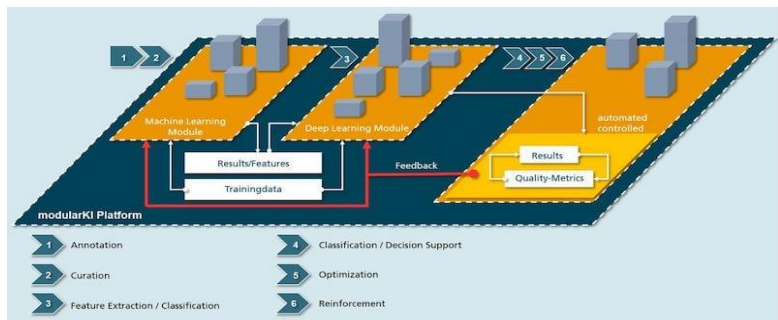


Рисунок 2 – Платформа с модулями для машинного обучения и ИИ

Таким образом, выбор алгоритма трассировки МПП должен быть основан на тщательном анализе требований проекта и доступных ресурсов, чтобы обеспечить эффективное и оптимальное проектирование МПП. При этом эффективность алгоритма трассировки также может зависеть от качества реализации и оптимизации самого алгоритма, включая использование эвристик, оптимизация памяти, распараллеливание и др. Поэтому важно проводить тщательное исследование и сравнение различных алгоритмов, а также их реализаций, на конкретных примерах МПП, чтобы определить наиболее эффективное решение для конкретного проекта.

В заключение следует отметить, что анализ эффективности алгоритмов трассировки многослойных печатных плат является важным и сложным заданием. В частности, алгоритмы А* и Ли представляют различные подходы к реализации трассировки и имеют свои преимущества и ограничения. Выбор между ними должен быть основан на специфических требованиях проекта и характеристиках МПП, а также должен учитывать качество реализации и оптимизации алгоритма. Дополнительные исследования и сравнительные эксперименты могут быть полезными для принятия решения о наилучшем выборе алгоритма трассировки МПП в конкретном контексте.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Селютин В.А. Машинное конструирование электронных устройств. – М.: Советское радио, 1977. – 384 с.
2. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирование с применением САПР. – М.: Радио и связь, 1990. – 352 с.

3. Hart, P. E., Nilsson, N. J., Raphael, B. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths // IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics. – 1968. – № 2. – Pp. 100-107.

4. Lee C.Y. An algorithm for path connections and its applications // IRE Transactions on Electronic Computers. Vol. EC-10. – 1961. – № 2. – Pp. 346-365.

5. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 432 с.

6. Левитин А. Алгоритмы: введение в разработку и анализ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 576 с.

УДК.004.382.7

С.В. ШАПОВСКИЙ

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА НА ОСНОВЕ ИМЕЮЩИХСЯ КОМПЛЕКТУЮЩИХ НА МИРОВОМ РЫНКЕ

Данная статья посвящена актуализации персональных компьютеров (далее ПК) как предметов для решения сложнотехнических и досуговых задач.

При проектировании ПК в основу всегда входит проектирование электронно-вычислительных машин (далее ЭВМ), в состав которого входят основные элементы цифровой и аналоговой электроники. Главной задачей усовершенствования ЭВМ является увеличение быстродействия и уменьшения времени для выполнения логических задач. В истории развития электронно-вычислительных систем выделяют закономерность увеличения компонентов электронных схем, уменьшение времени для выполнения, габаритов и места на печатной плате (ПП). Эта закономерность известна как поколения ЭВМ, скольких уже 5.

Переход к ЭВМ пятого поколения подразумевался как переход к новым видам архитектуры, ориентированным на создание искусственного интеллекта. Новые виды архитектуры задумывались как новые пути решения сложнотехнических и технических задач, направленных на более точное представление и воплощение интерфейса и структуры искусственного интеллекта. В основу искусственного интеллекта должны быть заложены основы существующих знаний-базисов для увеличения разветвлений

изучаемых направлений в различных областях науки и техники с целью получения больших знаний о представлении нашего мира. Для создания и использования обширных баз данных необходим огромный объем памяти и высокая производительность и быстродействие вычислительных систем. Универсальные ПК способны выполнять данную функцию, но, к сожалению, они не способны решить проблему выполнения большого количества операций сравнения с одновременной сортировкой больших объемов записей, хранящихся на физических носителях. К тому же для решения задачи о представлении искусственного интеллекта необходимо осуществить переход от традиционной архитектуры ПК к архитектурам, учитывающим требования задач искусственного интеллекта.

Для создания программ, обеспечивающих заполнение и обновление имеющихся баз данных, учёные смогли создать специальные объектно-ориентированные и логические языки программирования с целью расширения функциональных возможностей по сравнению с привычными процедурными языками.

С учётом увеличения человеческих достижений в различных областях науки и техники люди непроизвольно выработали привычку переноса текстовой, графической и других типов информации на физические носители. И если раньше найти определённую информацию было довольно просто, то сейчас эта задача усложнилась ввиду увеличения занимаемого объема памяти. Для решения данной проблемы нужны компьютеры с увеличенными по сравнению с предыдущей версией характеристиками. Поэтому специалисты во всём мире взялись за решение данной проблемы путём создания вычислительных машин нового поколения. На данный момент существует различные варианты решения данной проблемы; экспериментальная разработка квантового компьютера (рисунок 1), нейрокompьютера, оптического компьютера (рисунок 2) и так далее.



Рисунок 1 – Внешний вид квантового компьютера

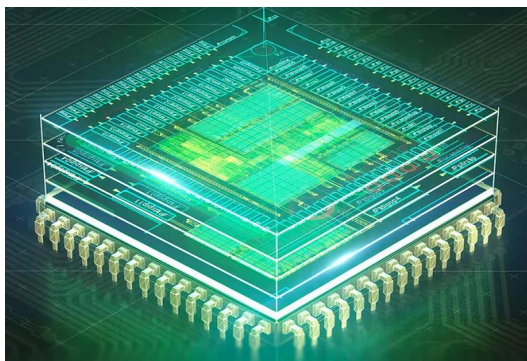


Рисунок 2 – Внешний вид оптического компьютера

Развитие ПК началось с 1970 года, когда появились 8-ми разрядных микропроцессоры. Это позволило учёным из Hewlett-Packard в 1972 создать микрокалькулятор, способный выполнять логарифмические и тригонометрические функции и хранить большой объем данных, выстроенных в последовательном порядке, состоящим в виде промежуточных результатов. Позже появился ПК на основе процессора 8080 компании Intel. Значительность самого события полностью перекрывала многочисленные технические неувязки, из-за которых мучительно трудно было заставить аппаратуру работать. Первый ПК, применяемый в научной сфере, разработала компания Scientific Electronic and Biological Computer Consulting в марте 1974 года на базе процессора Intel 8008. На тот момент данный ПК имел объем памяти в размере 1 кбайт программируемой памяти, но, к сожалению, объем продаж был слишком мал, поэтому предприятию пришлось прекратить производство.

В 1976 году компания Apple смогла создать самый производительный на тот момент ПК, названный Apple, а вскоре и Apple-2. Apple-2 представлял собой компьютер, реализованный на минимально возможном количестве микросхем на одной ПП, имел зашитое в ПЗУ программное обеспечение – операционную систему и алгоритмический язык Basic, 4 кбайт ОЗУ, два игровых электронных пульта, интерфейс для подсоединения к кассетному магнитофону и систему цветной графики для работы с цветным монитором или обычным телевизором.

Прародителем современного ПК, на котором множество людей выполняют различные задачи, является ПК, разработанным Apple, под названием Lisa. Его особенностью является то, что это первый офисный компьютер, управляемый манипулятором компьютерная мышь.

Ни для кого не является секретом, что наибольший работоспособный контингент нашей страны (люди в возрасте 22-35 лет) проводят относительно большое свободное время за ПК для удовлетворения своих досуговых потребностей. В момент, пока учёные и узконаправленные специалисты заняты увеличением вычислительной способности ЭВМ, пользователь ПК задаётся вопросом о состоянии внешнего вида ЭВМ.

Современные ПК чрезвычайно разнообразны. Требования к ним очень высоки, возможности – тоже. Используя обучающие программы, можно легко освоить необходимые программы и выполнять с помощью ПК задачи по проектированию, моделированию, программированию, черчению и многое другое. Если обратить внимание на среднестатистическую конфигурацию современного ПК, то можно заметить, что она существенно отличается от тех ПК, которые необходимы для выполнения конкретных задач.

На основе современных ПК появилась возможность создания виртуальной реальности, переносящей пользователя в искусственно-созданные миры. Современный ПК больше походит на мультимедиа-систему, позволяющую одновременно слушать музыку, смотреть обучающие видео, работать в определённой программе, читать информацию из сети интернет и так далее. Такой ПК больше напоминает аудио-, стереокомплекс, объединённый с дисплеем-телевизором. Он укомплектован стереофоническими колонками, микрофоном, дисководом для оптических дисков.

В разряд инструментальных средств, широко используемых для обработки информации, наряду с ПК вошли портативные компьютеры различных видов. Людям мобильных профессий информация

необходима для самосовершенствования и бесконечного процесса обучения, позволяющая их разум и мысли держать в тонусе. Специально для них учёные разработали портативные ПК, которые можно брать с собой всюду и работать, ставя их на колени. Такие компьютеры называются лэптоп, и по своим характеристикам они не уступают офисным или домашним ПК.

В нынешнем обществе люди сильно зависимы от скорости выполнения сложнотехнических задач, но, к сожалению, никого сейчас уже не удивить только вычислительной мощностью. Человек, благодаря свободе выбора во многих сферах жизнеобеспечения, стал слишком жадным, поэтому для удовлетворения его потребностей художники и промышленные дизайнеры активно продвигают в массы оригинальное оформление ПК для повышения продаж.

Моя выпускная квалификационная работа связана с представлением ПК для людей, готовых на оригинальные технические решения, основанные на предпочтениях каждого. Наиболее важные из них:

- 1) предпочтения клиента;
- 2) вычислительная способность ПК;
- 3) ценовой сегмент.

Для решения данных задач я буду использовать программы:

- SolidWorks Professional 2019;
- Z-Brush;
- Blender;
- КОМПАС-3D;
- T-Flex.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дорфман В.Ф. Микроэлектроника: Технологический процесс // Вычислительная техника и её применение, 1989. – 63 с.

2. Ланина Э.П. История развития вычислительной техники: Иркутск, ИрГТУ, 2001. – 166 с.

УДК 004.65

С.Н. ЩЕЛКОНОВАРязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина**ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ**

Рассматривается функционирование схемы высоковольтного источника питания.

Сегодня наука, медицина и промышленность не могут обойтись без применения высоковольтных источников питания в своей аппаратуре. Такие источники питания являются неотъемлемой частью электронных и ионных пушек ускорителей заряженных частиц, источников рентгеновского излучения и промышленных ускорителей. Высоковольтные источники питания также могут использоваться в установках напыления материалов, сварочном оборудовании, установках дефектоскопии и неразрушающего контроля.

Высоковольтный источник питания (рисунок 1) является сложной электрической цепью, которая выполняет преобразование низкого напряжения в высокое.



Рисунок 1 – высоковольтный источник питания АКТАКОМ

Стандартными элементами такой цепи являются:

- 1) источник входного напряжения;
- 2) предохранитель;
- 3) силовой каскад;
- 4) инвертор;
- 5) высоковольтный трансформатор;
- 6) умножитель напряжения;

7) узел управления.

Рассмотрим функционирование схемы высоковольтного источника питания.

Входным сигналом может быть напряжение как постоянного, так и переменного тока. В первом случае напряжение может меняться от 5 до 300 В, во втором случае частота сигнала может находиться в диапазоне $(50 \div 400)$ Гц, а значение напряжения – $(24 \div 480)$ В.

На входе высоковольтного источника питания могут находиться цепи защиты от перегрузки, а также цепи подавления радиопомех. Применяется предохранитель в виде резистора нулевого сопротивления, которое сгорит, если потечёт ток больше 5А, тем самым отключив цепь питания.

Силовой каскад может выполнять различные функции:

- 1) функцию выпрямления и фильтра в цепи переменного тока;
- 2) функцию защиты и фильтрации в цепи постоянного тока.

Кроме того, входной силовой каскад может быть вспомогательным источником питания цепи управления, обеспечивающей выдачу сигналов контроля напряжения и тока.

Инвертор предназначен для преобразования постоянного напряжения в переменное. Инверсия – функция обратная выпрямлению. Так, функция выпрямителей – преобразование переменного напряжения в постоянное, а функция инверторов – преобразование постоянное напряжение в переменное. Таким образом, в схеме высоковольтного источника питания инвертор преобразует постоянное напряжение в высокочастотное переменное. Существует множество схем инверторов.

Высоковольтный повышающий трансформатор преобразуют переменное напряжение в более высокое. Преобразуемый переменный ток, который проходит по первичной обмотке, создаёт в сердечнике переменное магнитное поле. Чтобы магнитное поле было сконцентрировано главным образом внутри сердечника трансформатора, сердечник изготавливают из материала с высокой магнитной проницаемостью (в тысячи раз больше проницаемости воздуха), чтобы основная часть магнитного потока первичной обмотки замыкалась внутри сердечника. Магнитное поле, перемещаясь во вторичную обмотку, индуцирует в ней переменный ток. У повышающего трансформатора вторичная обмотка имеет больше витков, чем первичная. Так, выходным сигналом данного устройства является повышенное в несколько раз переменное напряжение.

Умножители напряжения позволяют значительно снизить вес и габариты аппаратуры, что является несомненным достоинством для

любого устройства. Высоковольтный умножитель выполняет сразу несколько важных функций: выпрямление и умножение напряжения вторичной обмотки трансформатора. В умножителе применяются высоковольтные диоды и конденсаторы, собранные по схеме удвоителей напряжения. Схематехнических реализаций умножителей напряжения достаточно много. Частными случаями являются:

- 1) утроитель напряжения;
- 2) умножитель на 4;
- 3) умножитель на 6;
- 4) умножитель на 8.

Для предотвращения электрического (дугового) разряда высоковольтные элементы следует изолировать от земли. В качестве изоляции используют различные материалы, такие как воздух, гексафторид серы (элегаз или SF₆), трансформаторное масло, твердые герметики. Выбор материала изоляции является важным параметром, определяющим надёжность высоковольтной схемы.

Узел управления (УУ) – сложное устройство для обработки информации. Рассмотрим функции УУ.

1. Определение моментов времени, в которые должны быть включены определенные вентили, отвечающие за различные узлы. Эти моменты времени задаются некоторым управляющим сигналом, который подается на вход УУ и определяет его работу, а далее задает значение выходных параметров. Например, это могут быть средние значение тока или напряжения на выходе выпрямителя.

2. Осуществление запуска и остановки устройства.

3. Осуществление защиты от аварийных режимов и другие.

Узел управления обеспечивает работу всех каскадов как работу единой системы. Сложность схемы управляющего узла может быть различной – от единственной аналоговой интегральной схемы (ИС) до их большого количества и даже микропроцессора, регулирующего и контролирующего параметры высоковольтного выхода. Основным требованием, которому должна удовлетворять любая цепь управления, – точная стабилизация выходного напряжения и тока, соответствующая техническим условиям.

Следует учитывать, что высоковольтные источники питания нуждаются в соответствующей проводке. Это могут быть, например, провода ПВМФО-4 0,75, имеющие изоляцию из фторопласта и оплётку из оксалоновых нитей.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачев Г.Н. Промышленная электроника: учебник для вузов/ Г.Н. Горбачев, Е.Е. Чаплыгин; под ред. В. А. Лабунцова. – М.: Энергоатом-издат, 1988. – 320 с.
2. Монк С. Электроника. Сборник рецептов: готовые решения на базе Arduino и Raspberry Pi / Саймон Монк. – Москва-Санкт-Петербург, 2019. – 477 с.
3. Готтлиб И.М. Источники питания. Инверторы. Конверторы. Линейные и импульсивные стабилизаторы/ Ирвинг М. Готтлиб. – Москва: Постмаркет, 2002. – 544 с.
4. Сеньков Д.В. Разработка структуры и алгоритмов управления силовыми преобразователями для электрофизических установок. – Новосибирск, 2016. – 112 с.
5. Chambers D., Scapellati C. How to Specify Today's High Voltage Power Supplies, Electronic Products Magazine, 1994.
6. Chambers D., Scapellati C. New High Frequency, High Voltage Power Supplies for Microwave Heating Applications // Proceedings of the 29th Microwave Power Symposium, 1994.

УДК 004.65

С.Н. ЩЕЛКОНОГОВА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

МЕХАНИЗМ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕГРЕВА ПРОЦЕССОРОВ

Рассматривается работа механизма пропуска тактов.

Сегодня процессоры играют одну из самых главных ролей в электронных устройствах. Процессор – ядро любой ЭВС (электронной вычислительной системы), предназначенное для обработки информации и управления вычислительным процессом, а также работой других устройств. Процессоры используются в различной технике. Благодаря своим небольшим габаритам, они широко применяются при обработке изображений, в машинной графике, звуковых платах, модемах, сотовых телефонах, цифровых фотоаппаратах, видеокамерах. Процессоры позволяют решать прикладные задачи из различных сфер, таких как:

- 1) акустика;
- 2) гидроакустика;
- 3) радиолокация;

- 4) радионавигация;
- 5) медицина;
- 6) геофизика;
- 7) телерадиовещание;
- 8) вибродиагностика и другие.

Производители процессоров разделились на несколько категорий:

1) производители процессоров для ПК (персональных компьютеров), ноутбуков и серверов – Intel (рисунок 1), AMD;

2) производители процессоров для суперкомпьютеров (компьютеров, технические параметры и быстродействие которых во много раз превосходят другие ПК) – Intel, IBM;

3) производители процессоров для ускорителей компьютерной графики – NVIDIA, AMD;

4) производители процессоров для смартфонов и планшетов – Apple, Samsung и другие.



Рисунок 2 – процессор Intel для ПК

Технологии не стоят на месте, и мощность процессоров возрастает. Это приводит к росту тактовой частоты, а тактовая частота, в свою очередь, – это частота синхронизирующих работу ЭВМ (электронно-вычислительной машины) тактовых импульсов, задаваемых генератором тактовой частоты, которые регулируют выполнение циклов выборки и исполнения команд. При повышении тактовой частоты возрастает быстродействие ЭВМ, появляется возможность обработки больших объемов данных. Но при высокой тактовой частоте процессоры неизбежно нагреваются. Для борьбы с этой проблемой устанавливают дополнительные охлаждающие вентиляторы, либо используют механизм пропуска тактов. Последний метод в большинстве случаев применяется в персональных компьютерах, ноутбуках и смартфонах.

Механизм пропуска тактов – (*проф. жарг.* троттлинг, *от* *англ.* throttling) – механизм, который заключается в пропуске части машинных тактов с целью синхронизации работы или защиты от термического повреждения. Таким образом, при повышении тепловой нагрузки процессор начинает пропускать больше тактов, предотвращая возрастание температуры и снижая свою производительность.

Защита такого типа срабатывает автоматически при достижении определенной температуры, называемой критической. Критическая температура – это максимальная температура кристалла процессора, при которой он может работать. Данные о температуре получают от термодатчиков, расположенных по площади процессора. Температура, при которой начинает задействоваться механизм защиты при нагреве ядра процессора, лежит в диапазоне от 80 до 100°C.

Исходя из вышеперечисленного, механизм пропуска тактов – защитная реакция процессора на перегрев. Процессор не прекращает полностью свою работу, но его быстродействие значительно снижается. На рисунке 2 представлен сильный «троттлинг».

Участку, обозначенному цифрой «1», соответствует участок «а». На данном этапе процессор начинает использоваться на 100% (участок «1»), вследствие чего постепенно повышается температура процессора и его ядер. Поскольку процессор достигает определенного значения температуры (участок «а») - в данном случае свыше 80°C, начинается снижение нагрузки на ядра процессора, пропускаются такты и снижается частота (участок «2»). Уменьшается мощность и быстродействие процессора, что позволяет «остыть» системе (участок «б»). Достигнув средних значений температуры, процессор постепенно начинает увеличивать тактовую частоту и нагрузку. Данный этап показан на участке «3» и «с».

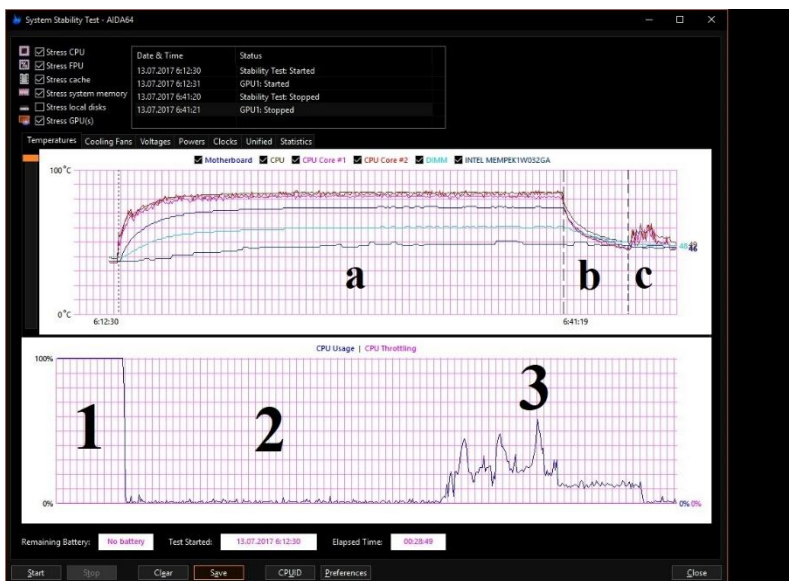


Рисунок 3 – тестирование на стабильность системы (центрального процессора и его ядер) с помощью утилиты AIDA64

Безусловно, снижение быстродействия и продуктивности устройства – это существенный недостаток. Перегрев стационарных компьютеров или ноутбуков можно также устранить следующими способами:

а) использование охлаждающих подставок. Существуют активные и пассивные подставки. Первые приподнимают устройство, например, ноутбук над столом, обеспечивая доступ к воздуху. Вторые охлажденным воздухом обдувают дно ноутбука, помогая отводить тепло.

б) чистка воздуховодов системы охлаждения. Пыль, шерсть животных и бытовая грязь могут забивать воздуховоды, из-за чего система охлаждения может не справляться.

в) обновление системы охлаждения. Для обеспечения теплопроводности между процессором и радиатором чаще всего используют специальное вещество, называемое термопастой. Со временем термопаста теряет свои свойства и нуждается в замене.

г) замена существующей системы охлаждения: установка более мощного вентилятора или более массивного радиатора. Также можно перейти с воздушной системы охлаждения на водяную. Это актуально для стационарных компьютеров.

Со смартфонами дела обстоят несколько иначе. Самые простые и доступные способы избежать «троттлинг» – не нагружать процессор во время зарядки и не использовать чехлы, препятствующие отводу тепла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брукс Ч. Дж. Устройство, настройка и обслуживание и ремонт ПК/ Чарльз Дж. Брукс. – Санкт-Петербург «БХВ-Петербург», 2010. – 1207 с.
2. Гук М. Процессоры Pentium III, Athlon и другие/ Гук М., Юров В. – СПб: издательство «Питер», 2000. – 478 с.
3. Полянин М., Ильяхов М. Что такое троттлинг и что с ним делать // Журнал Яндекс Практикума. – 2023.
4. Дросселирование тактов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дросселирование_тактов (дата обращения: 18.03.2023).

УДК 303.833.4

В.В. ЯШКОВА, М.С. КОШЕЛЕВА

Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина

О ПОЛЬЗЕ КОДИРОВАНИЯ ЦЕЛЫХ СЛОВ

Рассматриваются перспективы представления и передачи информации не цепочками «1» и «0», растянутыми во времени и пространстве, а одномерными сигналами, выражающими конкретные блоки информации, т.е. слова.

Предположим, что есть некое множество слов (всего их M). Каждое слово в среднем включает 5 символов. Число символов в алфавите равно p (напр., $p = 32$). То есть для представления символа нужно 5 бит, а с учетом наличия заглавных букв – 6. Существующие таблицы кодирования символов предусматривают представление каждого символа 8 битами.

Рассмотрим насколько эффективно применение подобного принципа кодирования слов.

При указанных выше условиях одно слово записывается с помощью 40 бит. Допустим, что составлены таблицы кодирования, где каждому из множества M слов поставлено в соответствие определенное число. Массив таких чисел определяется как $1, 2, \dots, M$. При двоичном представлении чисел получаем код длиной $\log_2 M$.

Например, если $M = 4096$, то одно слово представляется с помощью 12 бит. Следовательно, при таком количестве слов, вполне достаточном для многих практических задач, уменьшение длины кода получается более чем в 3 раза.

Другой аспект проблемы кодирования слов – выбор способа кодирования. В современных ЭВМ прочно утвердилась двоичная система представления чисел. Традиционное двоичное представление чисел предполагает последовательные (бит за битом) их прием и передачу. Таким образом, можно кодировать любую информацию, в том числе и слова. Между тем это не является единственным способом представления слов (и соответствующих им чисел).

Здесь необходимо учитывать классификацию и разделение слов по ряду признаков. В частности иерархический принцип основан на том, что слова и обозначаемые ими объекты, характеристики, понятия относятся к определенным категориям (верхний уровень иерархии), внутри которых слова делятся на классы, в классах выделяются группы и, наконец, на нижнем уровне иерархии находятся конкретные слова. Поэтому каждое слово рационально и удобно кодировать m -значным n -ричным числом, цифры, в разрядах которого идентифицируют соответствующий уровень иерархии классификационной системы. Кроме того идентифицирующие уровень иерархии цифры могут отображаться не последовательностью битов, а некоторыми целиком воспринимаемыми знаками (фигурами) [1].

В качестве примера, наглядно показывающего достоинства предлагаемого подхода к кодированию сообщений, можно предложить технологии оптических маркеров, которые нашли применение при управлении коллективами мобильных роботов.

В подобном аспекте актуальной задачей является надежное и быстрое распознавание высвечиваемой информации. Применяемые традиционные 2-D коды имеют в этом плане серьезные недостатки, устранить которые видится возможным при переходе от представления слов буквами, кодируемых последовательностями битов, к представлению слов целиком воспринимаемыми цифрами.

Рассмотрим простой пример представления цифр от 1 до 7 с помощью мозаики светящихся точек, отображенных на рисунок 1.

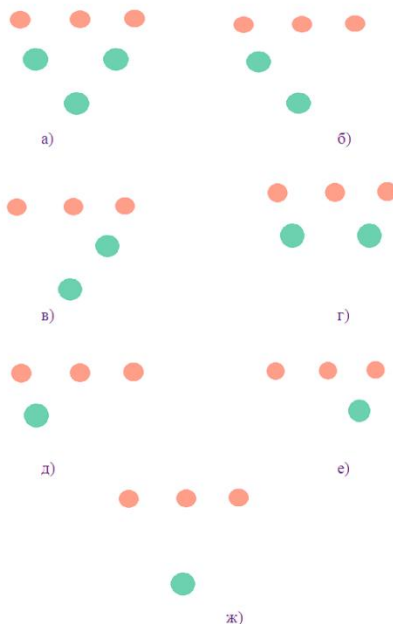


Рисунок 1 – Представление цифр от 7 до 1 комбинациями светящихся точек (зеленые точки – информационные, оранжевые – опорные)

Очевидно, что в отличие от традиционного битового представления цифры здесь идентифицируются не определенными строгими последовательностями «1» и «0», а взаимными расположениями светящихся точек. При считывании цифр важна именно высвечиваемая конфигурация, а не порядок точек. Так различие комбинаций на фигурах в) и г) выражается в различной ориентации линии информационных точек относительно линии опорных точек. Важным моментом здесь является возможность передачи указанных комбинаций (фактически цифр восьмеричной системы) параллельно, а не бит за битом.

Возникает вопрос о принципе распознавания этих цифр. Если данная информация представляется комбинациями светящихся точек, воспринимаемых матрицей фотоприемников (ФП), то можно рассмотреть следующие варианты.

Первый и широко ныне применяемый принцип считывания – последовательный опрос матрицы ФП (CCD-элементов), когда накопленные в них фотосигналы с помощью последовательных регистров сдвига конвертируются в серию аналоговых импульсов, а

затем – после оцифровки – в последовательность битов на выходе [2]. При проецировании световой картины показанного выше вида, алгоритм распознавания может быть основан на определении количества информационных точек и их расположении относительно линии опорных точек. Отметим, что различие цвета опорных и информационных точек является здесь существенным.

Рассмотрим подробнее на примере распознавания цифр «7» (рисунок 1а) и «6» (рисунок 1б). В первом случае в процессе сканирования выявляется одна отличительная особенность изображения: наличие 3 информационных точек (на рисунке 1 показаны зелеными).

Второй случай относится к применению матричного рецепторного поля фотоприемников, идентифицированных в матрице по номерам строк и столбцов, характеризуется следующим: наличием двух информационных точек, а также соответствием времени и порядка появления опорных точек и информационных [3]. Следовательно, анализ информации проводится согласно номерам фотоприемников, принявших сигнал об элементе изображения.

Для упрощения вычисления и анализа информации, получаемой с рецепторного поля фотоприемников, представим фотоприемники в виде структуры нескольких концентрических шестиугольников, число которых соответствует числу рядов фотоячеек, положение которых на поле считывания определяется номером ряда и номером ячейки в ряду (рисунок 2).

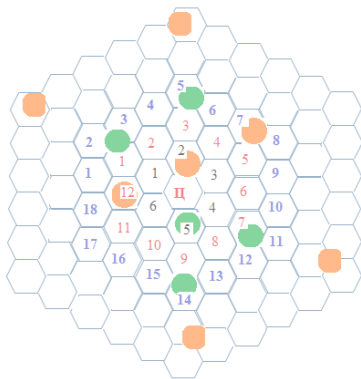


Рисунок 2 – Фотоприемное поле с нумерацией ячеек в каждом ряду

Здесь существенным моментом будет являться наличие одного центрального рецептора (центрального фотоприемного элемента), относительно которого позиционируются все остальные фотоприемные ячейки. Сканирование ячеек в этом случае – радиально-

круговое. Очевидно, должны быть опорные точки, обозначающие габариты поля считывания. Процесс считывания может начинаться только при наличии всех этих – обозначающих габариты – точек в поле зрения считывателя.

В статье была рассмотрена целесообразность применения способа представления и передачи информации не цепочками «1» и «0», растянутыми во времени и пространстве, а одномерными сигналами, выражающими конкретные блоки информации. Рациональность использования такого подхода обусловлена повышением информационной емкости (сокращением длины кода в 3 раза) и надежности, так как при передаче кодируются не отдельные символы, а целые слова.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акмаров П.Б. Кодирование и защита информации: учебное пособие / П. Б. Акмаров. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. – 136 с.
2. Березкин Е.Ф. Основы теории информации и кодирования: учебное пособие / Е. Ф. Березкин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 320 с.
3. Ляшева С.А. Теория информации и кодирования: учебно-методическое пособие / С.А. Ляшева. – Казань: КНИТУ-КАИ, 2020. – 120 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНСТРУИРОВАНИИ ЭС

Межвузовский сборник научных трудов

Компьютерная верстка: А.Н. Сапрыкин, А.А. Храмова
Изображение обложки сборника взято с сайта freepik.com

Подписано в печать 12.05.2023.
Формат 60х84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Гарнитура Times.
Печ. л. 14,87. Тираж 50 экз. Заказ № 6120.

ISBN 978-5-907568-64-8



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

