

СЕКЦИЯ 2
НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
Среда, 21 апреля 2004 г., ауд.278 (гл. корпус МГТУ).

Начало в 10.00.

Председатель: профессор, д.т.н. Шахнов В.А.

Руководитель экспертной комиссии: профессор Парфенов Е.М.

Ученый секретарь: Соловьев В.А.

Экспертная комиссия: БЕЛОВ Б.И., ЧЕКАНОВ А.Н., МЫСЛОВСКИЙ Э.В., БИЛИБИН К.И., ГРИГОРЬЕВ В.П., ГРИДНЕВ В.Н., ИВАНОВ Ю.В., МАРКЕЛОВ В. В., ПАРФЕНОВ О.Д., МАКАРЧУК В.В., ШЕРСТНЕВ В.В., РЕЗЧИКОВА Е.В., КУРНОСЕНКО А., КОВАЛЕВСКИЙ Ю.А., ГЛАЗУНОВА Г.П., КУЗНЕЦОВ А.С.

1. УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ.

Миронов С.В.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

2. МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Садердинов Р.А..

МЭИ (ТУ).

3. РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ

Контарев А. С.

школа № 132, 10 «Б» класс.

4. УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАСТРОЙКИ И КОНТРОЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ: ТЕРМИНАЛ МИДА-ТК-403

Бакомчев И. В., Бушуев Н. А.

ЗАО «Мидаус»

5. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРА И УГЛА ПОВОРОТА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

Курносенко А. Е.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

6. НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧИ

Рассказова С.И.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

7. РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ БИБЛИОТЕКИ

Захарова М. А.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

8. СМЕШИВАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ЯЗЫКОВ В ПРОГРАММИРУЕМОМ КОНТРОЛЛЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНДАРТА GRAFSET

Братков М.В.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

9. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ УНИФИКАЦИИ

Аверин А.И.

МЭИ (ТУ)

10. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОНТЕКСТНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КАТЕГОРИЙ

Цыганов И.Г.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

10

11. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ В ЗАДАЧЕ КАТЕГОРИЗАЦИИ

ИНТЕРАКТИВНЫХ ПОТОКОВ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Цыганов И.Г.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

12. КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Смирнов А.С.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

13. ЛАЗЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ СНАЙПЕРОВ

Синельникова Е.Н.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

14. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАССИРОВКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

Степанов П.В.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

15. АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ЗНАНИЙ АБИТУРИЕНТОВ

Мигунов В.О., Сидоренко И.И.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

16. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ В ОБЪЕМЕ БЛОКА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Колосков С.В.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

17. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

Князев В.С.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

18. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКИ КАФЕДРЫ ИУ4

Ларютин А.В.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

19. ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ, РАБОТАЮЩИХ НА UNIX-ПОДОБНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ ВСТРОЕННЫХ СРЕДСТВ ОС.

Плехов С. Ю.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

20. КОМПЛЕКС УДАЛЕННОГО КОМПЬЮТЕРНОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ ПО РАДИОКАНАЛУ

Заец М.В.

ФМЛ 1580 при МГТУ им.Н.Э.Баумана.

21. ОПТИМИЗАЦИЯ ЛАЗЕРНОГО КОМПЛЕКСА ОБНАРУЖЕНИЯ СНАЙПЕРОВ ПО ПАРАМЕТРУ НАДЕЖНОСТИ

Синельникова Е.Н.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

22. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕСТИРОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МОДУЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

А.А.Адов, А.В.Смолин

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

23. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ NEURALNET-ПАРАДИГМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВИБРАЦИЕЙ

Володин Е.А., Князев В.С.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

11

24. СВЯЗЫВАНИЕ ПАТТЕРНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ПРОГРАММНЫМ КОДОМ

С.Г. Семенцов, П.А. Выпов

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

25. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНТЕРАКТИВНОГО ON-LINE ТЕСТИРОВАНИЯ

Денисов А. А.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4.

26. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ АКТИВНОГО ГАШЕНИЯ

ШУМА В ОДНОМЕРНОМ

АКУСТИЧЕСКИ КОРОТКОМ ВОЛНОВОДЕ

Саффиулин Р.Р.

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Иу4. __

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ.

Миронов С.В.

Научный руководитель: ассистент Курносенко А.Е.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г.Москва, Россия

COMPREHENSIVE SYSTEM OF CONTROL OF ROBOTIC COMPLEXES.

Mironov S.V.

Supervisor : tutor of department ICS4 Kurnosenko A.E.

Moscow State Technological University named after N.E. Bauman, Moscow, Russia

E-mail : sermail@pisem.net

Аннотация

Рассматриваются проблемы управления робототехническим комплексом и приводится пример их решения

Abstract

The problems of control of a robotic complex are estimated and the example of their solution is discussed

1. Введение

В приборостроении и радиоаппаратостроении для автоматизации технологических процессов широкое применение находят роботы-манипуляторы. Они применяются при организации сборочных автоматизированных конвейеров, а также на отдельных операциях изготовления элементов РЭА.

Промышленный робот-манипулятор МП-9С (Робототехнический комплекс - РК) предназначен для использования его для подачи заготовок в штамп, а также на отдельных операциях сборки механических и корпусных узлов радио электронной аппаратуры.

Технические данные:

Таблица 1.

Грузоподъемность	0,2 кгс
Погрешность позиционирования .	$\pm 0,05$ мм
Количество степеней подвижности	3
Транспортирующие перемещения: <ul style="list-style-type: none">• вертикальное 30 ход/мм• горизонтальное 150 мм• поворот 120 град	Скорость: 100мм/с 300 мм/с 120 град/0,8с.
Тип привода	Пневматический
Тип системы управления	Цикловой
Пневмопитание.	воздушное давление 3-5 кг/см ²
Электропитание	переменное напряжение напряжением 220+22/-33 В, частотой 50 \pm 5 Гц
Число переходов в цикле	30
Число технологических команд	6
Число точек позиционирования по каждой степени подвижности	2
Масса манипулятора	40 кг
Масса устройства управления	20 кг
Габариты: манипулятора	506x232x305 мм
Устройство управления	406x435x220 мм

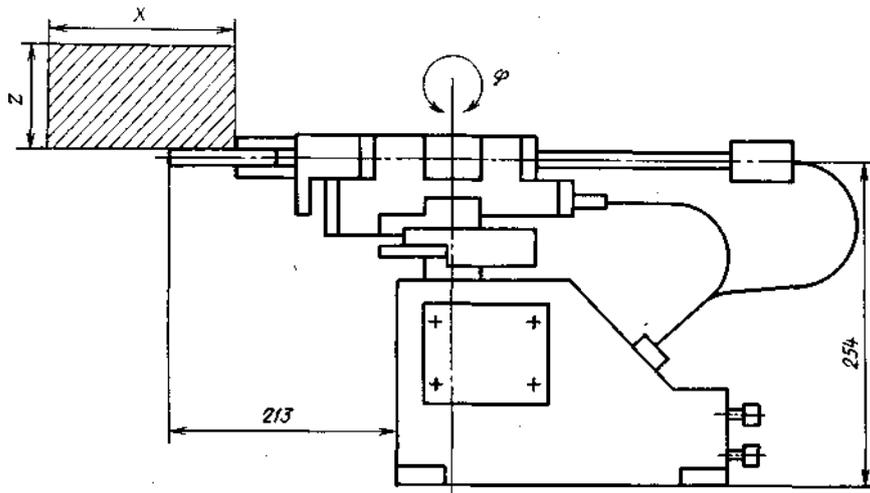


Рис.1.

Схема конструкции манипулятора робота МП-9С представлена на рис. 1. Он состоит из следующих основных узлов: корпуса с узлом распределения воздуха, механизма подъема, механизма поворота, муфты с упорами, руки, амортизатора руки, амортизатора поворота, рабочего органа (захвата). Манипулятор комплектуется двумя схватами. Один предназначен для взятия детали или заготовки путем сжатия губок захвата, другой — путем его разжимания

Последовательность и количество движений в соответствии с принятой технологической схемой, устанавливается набором программы на плате ЭЦПУ-6030. Сигнал о выполнении каждого движения выдают контакты электрические магнитоуправляемые (КЭМ) при подходе к ним постоянных магнитов, установленных на подвижных частях. Только после получения сигнала ответа о выполнении движения команды происходит выдача команды на выполнение следующего движения.

Амортизация выдвигания и поворота руки манипулятора осуществляется гидравлическими демпферами. Амортизация подъема (опускания) руки осуществляется дросселированием подачи и отвода воздуха.

2. Постановка и анализ задачи

Задачей является реализация интерфейса удаленного управления РК от IBM PC совместимого устройства. Управление РК должно осуществляться с помощью прикладных программ, которые могут реализовывать различные алгоритмы (нейросетевые алгоритмы, алгоритмы нечеткой логики).

Интерфейс управления должен давать возможность программам абстрагироваться от способов управления роботом на физическом уровне (управление может быть реализовано с помощью параллельного или последовательного интерфейсов, через кабельное соединение или через соединение по радиоканалу).

Интерфейс управления:

- позволит облегчить переносимость управляющих программ между различными робототехническими комплексами
- исключит конфликты между управляющими программами.
- позволит реализовывать новые механизмы управления РК не изменяя управляющие программы
- позволит эмитировать РК на этапе тестирования управляющих программ.

3. Выполнение работы

Для решения поставленной задачи был создан сервер управления ПК в соответствии с технологией Component Object Model (COM), стандартной для ОС Windows. На данный момент сервер поддерживает управление ПК посредством контроллера ACL-7225.

Реализация сервера таким способом позволила осуществлять управление ПК программами, созданными с помощью сред разработки программ поддерживающих COM. На сегодняшний день эту технологию поддерживают почти все языки и средства разработки: Visual Studio, Delphi, Windows Scripting Host, Jscript, VBScript и т.п. Сервер управления ПК, как и любой локальный COM сервер, обладает возможностью быть запущенным с удаленных компьютеров. Кроме того, с помощью различных средств разработки программ, были разработаны управляющие программы-клиенты.

Интерфейсы, предоставляемые клиенту

На рис. 2 представлена схема взаимодействия сервера с клиентом. Овалы на схеме изображают объекты, хранящиеся в памяти ПК. Кружки вне овалов изображают интерфейсы, предоставляемые другим объектам, кружки внутри овалов – интерфейсы, используемые данным объектом.

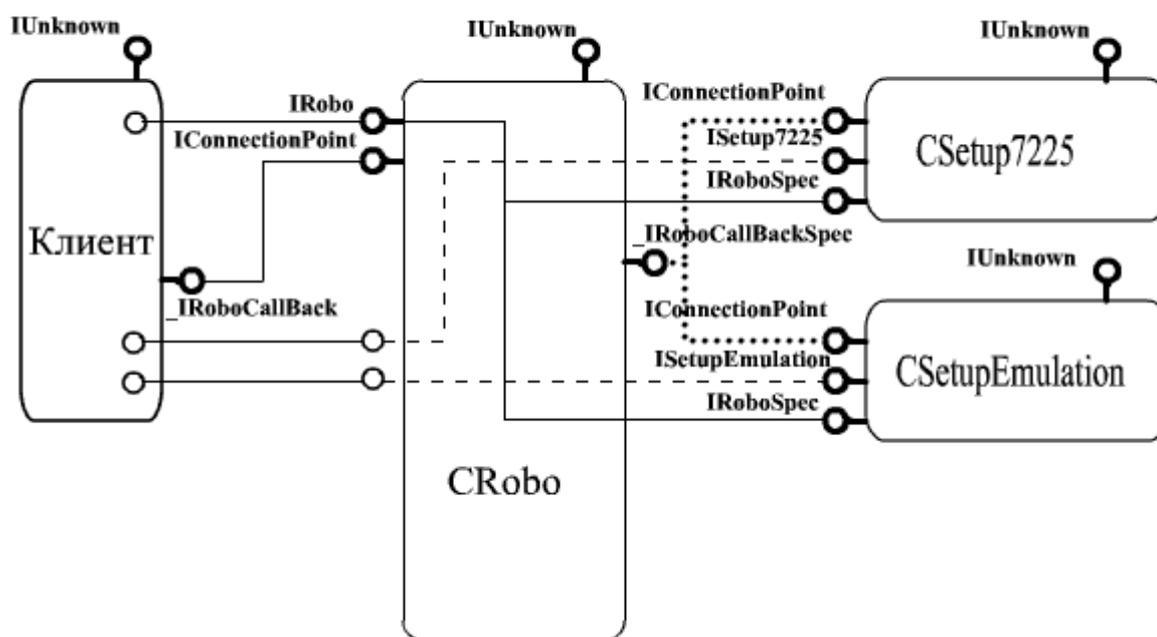


Рис.2.

Стандартные интерфейсы на схеме не показаны. Их перечень дан в таблице 2.

Таблица 2.

Название интерфейса	Описание
IUnknown	Стандартный интерфейс COM. Позволяет запрашивать другие интерфейсы.
IDispatch	Стандартный интерфейс COM. Позволяет осуществлять позднее связывание (дает возможность некоторым упрощенным языкам (JScript, WBScript) работать с сервером)

ISupportErrorinfo	Стандартный интерфейс COM. Позволяет клиентам получать сообщения об ошибках (с указанием ключа поиска в hlp файле)
IRobo	Разработанный интерфейс. Позволяет запустить команду на выполнение, получить список доступных команд, определить версию сервера, выбирать способ соединения.
ISetup7225	Разработанный интерфейс. Позволяет проводить настройку соединения с ПК через контроллер ACL-7225. Доступен через запрос к IRobo.
ISetupEmulation	Разработанный интерфейс. Позволяет проводить настройку эмуляции ПК. Доступен через запрос к IRobo.
ISetupLPT	Разрабатываемый интерфейс. Позволит проводить настройку соединения с ПК с помощью параллельного порта. Доступен через запрос к IRobo.

Клиент может подавать команды ПК с помощью интерфейса IRobo. Эти команды обрабатываются объектом CRobo или перенаправляются на обработку объектами специализации (CSetup7225, CSetupEmulation) с помощью внутреннего интерфейса IRoboSpec. Прямой доступ к этим объектам может быть получен с помощью команд «Activate7225», «ActivateEmulation». Обратная связь осуществляется с помощью интерфейса IRoboCallBack и стандартных интерфейсов IConnectionPoint и IConnectionPointContainer. Далее приведены определения и методы каждого из разработанных интерфейсов (на стандартном языке описания интерфейсов IDL).

```
// RoboComServer.idl : IDL source for RoboComServer.exe
//
// This file will be processed by the MIDL tool to
// produce the type library (RoboComServer.tlb) and marshalling code.
```

```
import "oaidl.idl";
import "ocidl.idl";
////////////////////////////////////
// Базовый интерфейс для клиентов
////////////////////////////////////
// IRobo
[
    object,
    uuid(C7C5F4AF-2E20-11D8-B53D-9C42E6B17B55),
    helpstring("IRobo Interface"),
    oleautomation
]
interface IRobo : IUnknown
{
    // Возвращает строку с версией сервера
    [helpstring("method GetVersion")] HRESULT GetVersion([out,retval] BSTR* bstrVersion );
    // Выполняет команду. список команд - в описании.
    // Возвращает идентификатор команды
    [helpstring("method Execute")] HRESULT Execute([in] BSTR bstrCommand, [in] VARIANT Param,
[out,retval] VARIANT* pResult);
    // Возвращает массив (SAFEARRAY) поддерживаемых команд
    [helpstring("method GetCommand")] HRESULT GetCommands([out,retval] VARIANT* arrCommands);
};
```

Перечень команд.

Список команд, поддерживаемые методом Execute() интерфейса IRobo, приведен в таблице 3.

Таблица 3.

Команда	Описание	Возвращаемо значение (тип)
MoveLeft	Переместить руку ПК влево	Идентификатор команды (VT_UI4)

MoveRight	Переместить руку РК вправо	
MoveUp	Переместить руку РК вверх	
MoveDown	Переместить руку РК вниз	
MoveForvard	Переместить руку РК вперед	
MoveBackward	Переместить руку РК назад	
HandGrap	Захват	
HandDrop	Сброс	
Activate7225	Попытаться получить соединение через ACL-7225	Интерфейс IDispath соответствующего объекта соединения (VT_IDISPATCH)
ActivateEmulation	Попытаться получить эмуляцию соединения	
LockServer	Запретить доступ к РК другим клиентам	Нет возвращаемого значения (VT_NULL)
UnlockServer	Разрешить доступ к РК другим клиентам	

Все команды возбуждают ошибку при неудаче. Ошибка может быть перехвачена и обработана клиентом.

4. Механизм соединения с РК посредством контроллера ACL-7225

ACL-7225 представляет собой адаптер дискретного 16-ти канального ввода-вывода. Его характеристики представлены в таблицах 4-7.

Характеристики релейного выхода

Таблица 4.

Тип реле	Double-Pole-Double-Throw (DPDT)
Число реле	16 реле (8 реле с нормально разомкнутыми контактами (A), 8 реле с перекидными контактами (C))
Тип контакта	Раздвоенный
Сопротивление контакта	100 МОм (макс.)
Время переключения контакта	5мс
Напряжение на катушке	+12V @33mA для каждого реле

Характеристики изолированных входов

Таблица 5.

Тип оптоизолятора	PC-814
Количество каналов входа	16

Тип входного сигнала	Переменный (любой полярности) или постоянный
Входное напряжение	5...24В (постоянный ток) или 50...1000Гц (переменный ток)
Входное сопротивление	1.2 КОм
Напряжение пробоя	1000В

Потребляемая мощность

Таблица 6.

+5В (пост. ток)	310 мА
+24В (пост. ток)	550 мА (максимум)

Общие параметры

Таблица 7.

Разъемы ввода-вывода	Один 37-контактный разъем D-типа, один 40-контактный разъем. Переходник.
Интерфейс	ISA
Температура эксплуатации	0 - 50°C
Температура хранения	-20 - 80°C
Максимальная Влажность	90%
Размеры	177мм X 122мм

Выводы ПК подсоединяются к 8-ми реле платы ACL-7225. В программу импортируется библиотека 7225.lib и заголовочный файл DLL1.h, предоставляемые вместе с документацией по плате. Библиотека платы предоставляет следующие функции:

```
int PASCAL W_7225_Initial(int card_number, int base_address);
int PASCAL W_7225_Set_Card(int card_number);
int PASCAL W_7225_Get_Card(int *card_number);
int PASCAL W_7225_DI(unsigned int *di_data);
int PASCAL W_7225_DO(unsigned int do_data);
int PASCAL W_7225_Read_Back(long *do_data);
int PASCAL W_7225_DI_Channel(int channel_no, unsigned int *di_data);
int PASCAL W_7225_DO_Channel(int channel_no, unsigned char do_data);
```

С помощью этих функций можно контролировать и изменять состояния реле, не производя прямой работы с памятью (что довольно трудоемко в ОС Windows 98/NT/2000) и, соответственно, менять положение руки РК.

5. Пример программы - клиента (JScript)

Для примера, приведена программа на языке JScript, управляющая ПК. Программа может быть исполнена с помощью Windows Scripting Host, поставляемого вместе с ОС Windows 98/NT/2000/XP.

```
var Robo = WScript.CreateObject("RoboComServer.Robo");

Robo.Execute("MoveRight");
WScript.Sleep(2000);
Robo.Execute("MoveDown");
WScript.Sleep(2000);
Robo.Execute("MoveUp");
WScript.Sleep(2000);
Robo.Execute("HandGrap");
```

После каждой команды, программа дает ПК время на её отработку (в моей версии WSH не предоставляется возможность обратного вызова).

Для запуска программы на выполнение, необходимо:

1. зарегистрировать сервер (команда C:\path\RoboComServer.exe -RegServer)
2. скопировать текст программы в текстовый файл
3. поменять расширение этого файла на .js.
4. запустить файл .js на выполнение

6. Пример программы - клиента (Visual Basic)

В этом разделе приведена программа на языке Visual Basic, осуществляющая запрос списка команд и выполнение этих команд (по выбору пользователя).

В проекте в разделе «References» должна быть выбрана библиотека типа сервера (RoboComServer 5.0 type library).

```
Private WithEvents o As RoboComServerlib.Robo

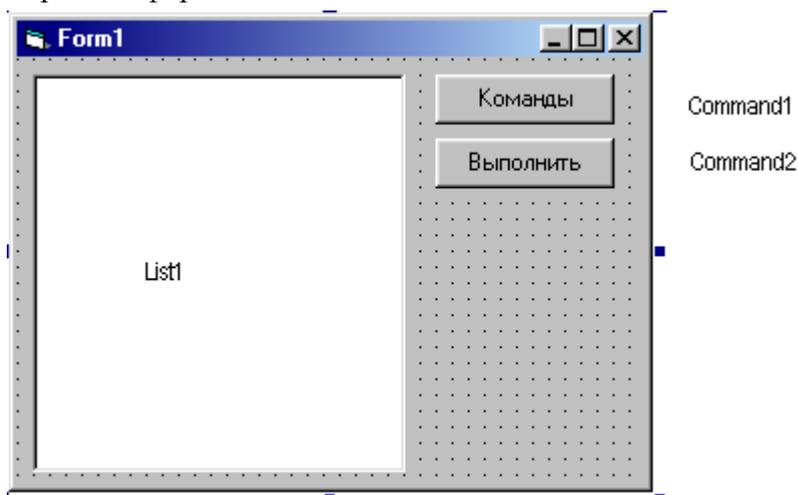
Private Sub Command1_Click()
Dim commands As Variant
commands = o.GetCommands
List1.Clear
For i = 0 To UBound(commands)
    List1.AddItem commands(i)
Next i
Command2.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command2_Click()
s = List1.List(List1.ListIndex)
o.Execute (s)
End Sub

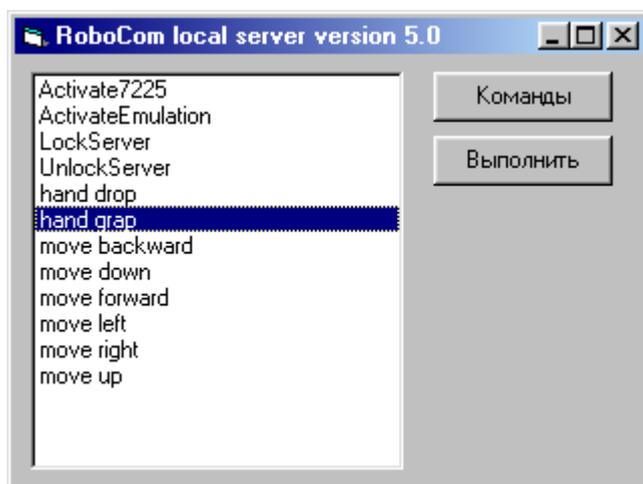
Private Sub Form_Load()
Set o = New Robo
Form1.Caption = o.GetVersion
End Sub

Private Sub o_OnCompleted(ByVal cmdID As Variant)
MsgBox "Команда выполнена"
End Sub
```

Экранная форма:



Окно программы:



7. Выводы

Решение поставленной задачи позволит

- реализовать управление роботом с помощью различных типов соединения
- осуществить удаленное управление роботом, создать комплекс лабораторных работ, поддерживающих дистанционное обучение
- Обеспечить независимость управляющих программ от типа соединения ПК с ПК.
- Обеспечить переносимость программ между различными ПК.

Список используемой литературы

1. Руководство по эксплуатации промышленного робота МП-9С – 60 с.
2. Трельсон Э. Модель COM и применение ATL 3.0: пер. с англ. – СПб.: BHV – Санкт – Петербург, 2000. – 928 с.: ил.
3. Попов А.В. Командные файлы и сценарии Windows Scripting Host. – СПб.: BHV-Петербург, 2000. – 320 с.: ил.:
4. Руководство по контроллеру ACL – 7225
5. MSDN

МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Садердинов Р.А.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Башмаков И.А.

Московский энергетический институт (технический университет)

ENTERPRISE RESOURCE PLANNING SYSTEM OPERATOR TRAINING QUALITY CONTROL MODEL

Saderdinov R.A.

Supervisor: doctor of technical sciences, Professor Bashmakov I.A.

Moscow power engineering institute (technical university)

renat@mecomp.ru

Аннотация

Рассматривается модель обеспечения надежности системы управления промышленным предприятием (СУПП), включающая две составляющие: влияние человека–оператора и влияние технического качества аппаратуры на искомые характеристики надежности. Совместное использование этих составляющих обеспечивает комплексное оценивание показателей надежности СУПП и позволяет снизить удельную стоимость владения инфраструктурой предприятия при её оптимальном конфигурировании и оптимальном выборе её параметров по критерию минимума стоимости при ограничении по требуемой надежности. Исследуется математическая модель контроля качества подготовки оператора системы управления промышленным предприятием.

Abstract

The reliability providing model of enterprise resource planning system, composed of two components: operator and technical quality is considered. Joint use of these factors provides complex evaluation of reliability rate and makes it possible to decrease specific cost of ownership of enterprise infrastructure while having optimum values of parameter set. Enterprise resource planning system operator training quality control model is analyzed.

Несмотря на широкое применение СУПП, роль человека в управлении сложными информационными системами и в обеспечении их надежной работы остается решающей.

Человек является неотъемлемым звеном СУПП, без учета влияния которого любые модели функционирования СУПП не могут в адекватной форме отражать существенные качества системы, такие как надежность, восстанавливаемость, экономичность, эффективность эксплуатации и т.п.

Известно, что уровень теоретической и практической подготовки человека–оператора СУПП в значительной степени определяет надежность и безопасность ее функционирования. Однако пока еще не имеется достаточно простых и лишенных субъективизма методов количественного оценивания надежности СУПП, управляемой человеком [1-9]. Для разработки такого метода необходимо в рамках единого, целенаправленного процесса функционирования СУПП создать модель человека-оператора и модель надежности управляемой им СУПП и рассматривать их совместное влияние на достижения цели операции.

Поэтому построение модели оценивания успешной работы СУПП (ее называют также – безаварийной работой) разделим на два этапа: этап построения модели человека-оператора и этап построения модели надежности системы, управляемой оператором.

Модель надежности системы «человек-машина» должна содержать две составляющие: одна из них отражает влияние человека–оператора, а вторая – влияние технического качества СУПП на искомые характеристики надежности. Каждая составляющая этой модели обладает присущими ей специфическими особенностями. Оценивание показателей качества «человека-оператора» и «машины», оказывающих влияние на показатели надежности СУПП, представляется целесообразным рассматривать как две самостоятельные задачи.

Поэтому для построения модели надежности СУПП разработана модель для оценивания влияния оператора на показатели надежности системы «человек-машина» и модель

оценивания влияния технического качества и условий эксплуатации системы на показатели ее надежности. Совместное использование этих моделей должно обеспечить комплексное оценивание показателей надежности СУПП.

Примем следующие допущения:

1. Информационной основой каждого блока системы обучения является информационная оболочка, т.е. совокупность баз знаний, которые составляют методическое и научное содержание блока.

В процессе обучения информационная оболочка трансформируется (отображается) и может иметь вид матрицы $T_{[m,n]}$ теоретических тестов (заданий или вопросов), предъявляемых оператору, а также вид матрицы $\Pi_{[m,n]}$ тестов (заданий или вопросов) по практическим навыкам.

Будем считать, что в матрице T ее элемент τ_{ij} представляет собой оценку в баллах трудности решения задачи по освоению (i,j) -позиции учебного плана ((i,j) -задачи). При этом может быть назначена общая шкала, например, десятибалльная, для нахождения значений τ_{ij} . Матрица $\Pi = (\pi_{ij})$ умений формируется по той же схеме, что и матрица $T = (\tau_{ij})$ знаний.

Процесс обучения представляет преобразование (отображение) передаваемой информации в освоенную информацию: $(T, \Pi) \rightarrow (T_o, \Pi_o)$ или пару отображений: $T = (\tau_{ij}) \rightarrow T_o = (\tau_{ij})$ и $\Pi = (\pi_{ij}) \rightarrow \Pi_o = (\pi_{ij})$.

На величину оценки оказывают влияние многие как объективные, так и субъективные факторы (а не только уровень знаний), в том числе состояние здоровья оператора, погода, умение ориентироваться в обстановке, умение найти главное звено ответа при дефиците времени, состояние экзаменатора или форма вопроса, если экзамен компьютерный, т.д. и т.п.

Поэтому оценки знаний и практических навыков имеют как не случайную составляющую, так и случайную. В целом величину оценки следует рассматривать как случайную (практика работы операторов СУПП подтверждает этот вывод).

Отображение $T = (\tau_{ij}) \rightarrow T_o$ характеризует в общей форме процесс обучения и демонстрации своих знаний по теоретическим основам учебного плана по данному учебному блоку. Этот процесс весьма сложен, и может быть описан только приближенно. Одна из его особенностей связана с тем, что многие, а иногда и все (i,j) -задачи, оказываются связанными между собой по содержанию: ответ на один вопрос предполагает достаточные знания по многим другим.

Одной из преимуществ матричного описания процесса обучения оператора СУПП является возможность учета взаимосвязи различных разделов изучаемых учебных дисциплин (разделов).

Вероятно, не существует никакой другой математической модели, которая бы в такой весьма простой форме позволила бы решить данную задачу. Из теории систем известно, что композиция линейных преобразований описывается операцией умножения. Это означает, что отображение $T = (\tau_{ij}) \rightarrow T_o$ может быть описано не только в общей форме, но и вполне конкретно: $T_o = A_o T$. T - матрица учебного плана (матрица задания) по теоретическим основам данного учебного блока, а T_o - матрица ответов оператора. Дополнительно к T и T_o введена матрица A_o , характеризующая процесс преобразования $T = (\tau_{ij}) \rightarrow T_o$. При этом матрица A_o в общем случае для каждого оператора специфична: она зависит от его теоретической подготовки, скорости реакции на внешнее воздействие, скорости осознания сущности задачи, от навыков принятия решений и т.д. Элементы λ_{ij} матрицы $A_o = (\lambda_{ij})$ будем называть интенсивностями ответов оператора. Для A_o используем также термин: матрица теоретической подготовки оператора.

Если задать матрицу учебного плана в форме $T = (\tau_{ij})$, то в идеальном случае, когда матрица $A_o = I$ - совпадает с единичной, получаем $T_o = T$, т.е. все ответы совпадают с максимально возможными баллами: $\tau_{ij} = \tau_{ij}$.

В процессе опроса оператора при его обучении для одного и того же учебного плана T предусматриваются несколько вариантов его заданий $T^{(v)}=(\tau_{ij}^{(v)})$ одной и той же категории сложности. Поэтому при нескольких циклах обучения варианты $T^{(v)}$ заданий отличаются от цикла к циклу, хотя категория сложности учебного плана T сохраняется. Сама же по себе категория сложности может характеризоваться, например, тем, что общая сумма баллов сложности по разделам и темам остается в каждом цикле одинаковой:

$$\sum_{j=1}^m \tau_{ij}^{(v)} = \Delta_i .$$

Здесь Δ_i - суммарная сложность (в баллах) i -ой темы задания T . В матричной форме последнее соотношение запишем так:

$$(1 \ 1 \dots 1)T^{(v)} = (\Delta_1 \ \Delta_2 \ \dots \Delta_n).$$

Рассмотрим соотношение $T_0=A_0T$ и запишем его для каждого v -го цикла обучения по плану T . В результате получим систему матричных уравнений

$$T_0^{(v)}=A_0T^{(v)}, \quad v=1, \dots, N$$

Здесь N - общее число циклов $T^{(v)} \rightarrow T_0^{(v)}$ обучения по плану T . При этом матрица A_0 подготовки оператора не известна и подлежит оцениванию по матрицам $T_0^{(v)}$ ответов оператора и задаваемым вариантам $T^{(v)}$ матрицы учебного плана T . До проведения опыта номер варианта задания может выбираться случайно - с помощью датчика равномерно распределенных целых чисел из множества $\{1, \dots, N\}$.

Система уравнений с неизвестной матрицей A_0 может быть записана в виде одного матричного уравнения:

$$F_0 = A_0 G, \quad \text{где} \quad F_0 = \begin{pmatrix} T_0^{(1)} \\ T_0^{(2)} \\ \dots \\ T_0^{(N)} \end{pmatrix}, \quad G = \begin{pmatrix} T^{(1)} \\ T^{(2)} \\ \dots \\ T^{(N)} \end{pmatrix} .$$

Матрицы F и G являются блочными, так как их элементы в свою очередь являются матрицами.

Теперь задачу можно сформулировать в точной форме: по исходным данным $T^{(v)}$, $T_0^{(v)}$, полученным в N циклах $T^{(v)} \rightarrow T_0^{(v)}$ обучения, требуется в результате решения матричной системы уравнений найти оценку для матрицы A_0 подготовки оператора СУПП.

Для решения этой задачи воспользуемся методом наименьших квадратов (МНК).

Таким образом, выражение $T_0=A_0T$ представляет собой математическую модель преобразования потоков информации в процессе обучения оператора СУПП.

В матричной форме модель $T_0=A_0T$ выражает взаимосвязь между матрицей T учебного плана и матрицей T_0 ответов оператора, где A_0 - матрица его подготовки. Эта модель позволяет осуществить учет взаимовлияния различных разделов и различных тем учебного плана на качество его усвоения оператором в процессе обучения.

Оценки элементов λ_{ij} матрицы $A_0=(\lambda_{ij})$ подготовки оператора, учитывающие специфику рассматриваемой задачи, в первом приближении, могут быть найдены по формуле $\hat{A}_0=F_0G^+$, где G и F_0 - блочные матрицы, содержащие варианты задания T и соответствующие варианты ответов T_0 , а G^+ - псевдообратная матрица для G .

Итак, в данном докладе была рассмотрена модель обеспечения надежности СУПП, и исследована математическая модель контроля качества подготовки оператора системы управления промышленным предприятием.

Литература

1. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. - М: Наука, 1965.
2. ГОСТ 27.002-83. Надежность в технике. Термины и определения. - М.: Государственный комитет по стандартам. 1983.
3. Дедков В.К. Прогнозирование надежности.// Сборник трудов СИП РИА №6. –1998. – С 30-36.
4. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. - М.: Энергия, 1977.
5. Дедков В.К. Математические модели случайных процессов в задачах прогнозирования надежности. //Двойные технологии – 2000. - №1. – С. 51-56.
6. В.П. Климанов «Разработка математических моделей и анализ эффективности вычислительных систем», Москва, МЭИ, 1992г.
7. «Автоматизированные системы управления предприятиями» Методическое пособие, Москва, Энергия, 1978г.
8. В. Мельников «Защита информации в компьютерных системах», Москва, Финансы и статистика, 1997г.
9. Н.М. Тищенко «Введение в проектирование систем управления», Москва, Энергоатомиздат, 1986г.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ

Контарев А.С.

школа № 132, 10 «Б» класс

научный руководитель: к.т.н. Власов А.И.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,
кафедра “Проектирование и технология производства ЭА”

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR MODELING TEMPERATURE FIELDS

Kontarev A.S.

the scientific chief: Ph.D. Vlasov A.I.

Bauman Moscow State Technical University,
Department of Design and Equipment of Electronic System.

Аннотация

В данной работе рассмотрены проблемы охлаждения различных микропроцессорных систем, а также жёсткого диска. Проведено исследование различных температурных режимов в зависимости от выполняемых ЭВМ задач, т.е. поведение отдельных элементов (по уровню выделяемого тепла) в различных режимах: чтение/запись на диск, работы с офисными программами, игры (Counter Strike и т.д.), как тест графики.

Введение

Со времени появления первых микропроцессоров прошло уже более 30 лет. Микроэлектронная технология успела далеко шагнуть за этот относительно короткий период, и если раньше компьютер был уделом только избранных, то теперь он стал неотъемлемой частью жизни каждого из нас. Но вместе с переходом компьютеров из категории роскоши в разряд повседневных помощников, неминуемо образовалась масса серьезных проблем и трудностей. Ни для кого не секрет, что высокопроизводительные процессоры сильно нагреваются при работе, иными словами — рассеивают большую тепловую мощность. И без дополнительных средств охлаждения быстродействующее «кремниевое сердце» современного компьютера обойтись уже не может. Для маломощных «бюджетных» систем это не так уж и критично, но вот возможность гарантированно правильного и надежного функционирования высокопроизводительной компьютерной «начинки» в подобных условиях вызывают очень большие опасения.

Проблема обеспечения оптимальной рабочей температуры процессора в последние годы начинает проявлять себя в полный рост, становясь самой большой преградой на пути к созданию надежной, эргономичной и высокопроизводительной компьютерной системы.

Общепризнанным и наиболее распространенным средством охлаждения процессора и ряда других устройств, которые с радостью поддерживают «капризы» первого (жёсткие диски и т.д.), являются на сегодняшний день теплообменные устройства принудительного воздушного охлаждения (кулеры). В общем случае они являются сочетанием металлической ребренной пластины (радиатора) и воздушного насоса (вентилятора), и служат для поддержания рабочей температуры процессора в пределах допустимых нормативов, обеспечивая его правильное и надежное функционирование.

Табл.1. Тепловая мощность компьютерных компонентов.

Наименование компонента	Тепловая мощность, Вт
Процессор AMD Athlon XP 2000+ (Intel Pentium 4 2 GHz)	65
Материнская плата на базе VIA KT333 (Intel i845E)	25
Модуль памяти DDR DRAM, 512 Мб	10
Видеокарта Nvidia GeForce 4	20
Жесткие диски IDE 40-60 Гб, 7200 об/мин, 2 шт.	15
Привод DVD-ROM	5
Привод CD-RW	5
Мультимедийная карта/звуковая карта 5.1 channel	5
Суммарная мощность компонентов	150
Тепловая мощность стандартного БП с пассивной схемой PFC (КПД 0,75)	50
Общий итог	200

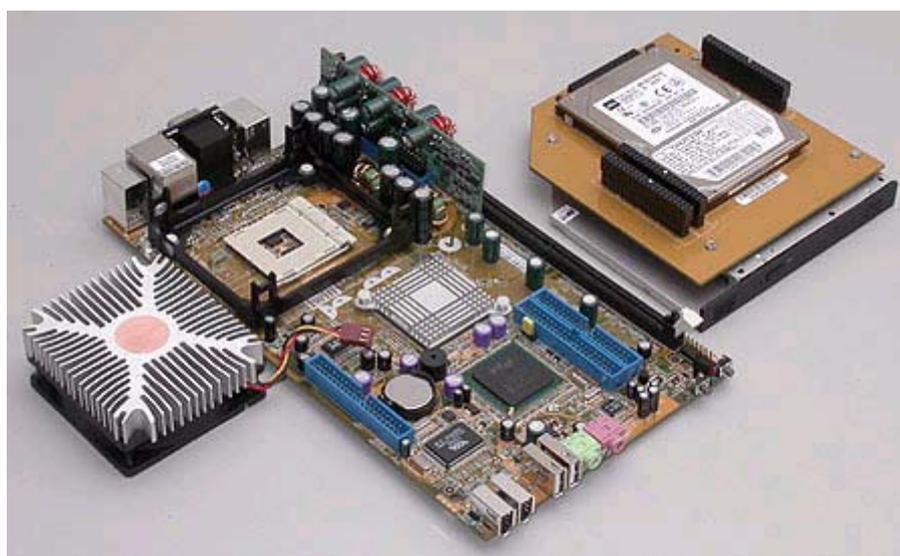


Рис.1. Общий вид вычислительной системы с элементами охлаждения.

Поэтому цель этой работы – донести до слушателей актуальность данной работы, а также продемонстрировать производительность персонального компьютера при различных температурных режимах и выполняемых центральным процессором задач.

1. Принципы построения систем мониторинга тепловых режимов микропроцессорных систем

1.1. Анализ существующих системных и конструкторских решений

Как известно, производительность персонального компьютера зависит от температуры CPU (т.е. при перегреве процессор начинает «пропускать такты» (часть тактирующих импульсов не приводит к выполнению каких-либо операций, ядро просто «работает в холостую»)). При превышении некоего порога температуры процессор начинает «сбавлять обороты», для того чтобы обеспечить общую работоспособность системы в целом.

Следовательно, столь «горячую голову» следует охлаждать во избежание выхода из строя компьютерной периферии.

На данный момент существует три типа охлаждения микропроцессорных систем: система водяного охлаждения, термопасты и кулерное охлаждение. Система водяного охлаждения не получила широкого распространения в силу своей дороговизны и ненадежности конструкции, сложность в установке (хотя и здесь есть свои плюсы – например, бесшумность). Термопасты не могут существовать отдельно от кулеров – использование возможно только в связке кулер - термопасты. Кулерное охлаждение напротив очень распространено благодаря следующим особенностям: 1) низкая стоимость; 2) легкость установки; 3) не сильно уступает водяным системам. Поэтому в этой работе речь пойдет о кулерном охлаждении.

Сам кулер состоит из двух частей: радиатора и вентилятора. Именно эта связка (а не по отдельности, хотя и такой вариант возможен, но он не слишком эффективен и удачен) создаёт благоприятный климат для «горячей головы» (процессора) и для всех остальных компонентов персонального компьютера.

1.1.1. Радиаторы

По своей сути радиатор является устройством, существенно облегчающим теплообмен процессора с окружающей средой. Площадь поверхности процессорного кристалла чрезвычайно мала (на сегодня не превышает нескольких квадратных сантиметров) и недостаточна для сколько-нибудь эффективного отвода тепловой мощности, измеряемой десятками ватт. Благодаря своей ребренной поверхности, радиатор, установленный на процессоре, в сотни и даже тысячи раз увеличивает площадь его теплового контакта с окружающей средой, способствуя тем самым усилению интенсивности теплообмена и кардинальному снижению рабочей температуры. Фундаментальной технической характеристикой радиатора является термическое сопротивление относительно поверхности процессорного кристалла — величина, позволяющая оценить его эффективность в качестве охлаждающего устройства.

Термическое сопротивление выражается простым соотношением:

$$R_t = (T_c - T_a) / P_h, \text{ где}$$

R_t — термическое сопротивление радиатора,

T_c — температура поверхности процессорного кристалла,

T_a — температура окружающей среды,

P_h — тепловая мощность, рассеиваемая процессором.

Измеряется термическое сопротивление соответственно в °C/Вт. Оно показывает, насколько увеличится температура процессорного кристалла относительно температуры в компьютерном корпусе при отводе определенной тепловой мощности через данный конкретный радиатор, установленный на процессоре.

Для примера возьмем платформу VIA Eden. Типичное термическое сопротивление процессорного радиатора составляет здесь 6°C/Вт, типичная тепловая мощность процессора равняется 3 Вт, а типичная температура внутри системного блока лежит в пределах 50°C. Перемножив значения термического сопротивления радиатора и тепловой мощности процессора, мы получим 18°C. Теперь мы знаем, что температура поверхности процессорного кристалла будет превышать температуру в системном блоке на 18°C и будет держаться соответственно на уровне 68°C. В принципе, такая температура вполне соответствует «медицинским» нормативам на процессоры VIA Eden ESP, и поводов для беспокойства за его здоровье у нас нет.

Теперь давайте посмотрим другой пример. Если нам вдруг вздумается использовать радиатор от VIA Eden ESP, но уже с процессором AMD Athlon XP, тепловая мощность которого составляет порядка 40-60 Вт, то результат будет плачевным: температура процессора достигнет 300°C и более, что привет к его скоропостижной кончине от

«теплого удара». Совершенно очевидно, что при такой тепловой мощности нужен радиатор (или предпочтительно — уже полноценный кулер) с гораздо меньшим термическим сопротивлением, чтобы он смог удержать температуру процессора в пределах безопасных 75-90°C. На рис.1. приведём график температурного режима процессора AMD Athlon XP 1800+ в зависимости от выполняемых им задач.

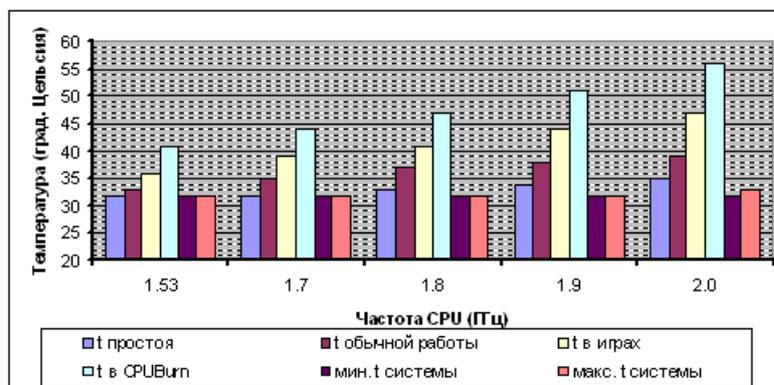


Рис.2. Температурные характеристики процессора в зависимости от загруженности выполняемых задач.

Таким образом, для термического сопротивления действует четкий принцип «чем меньше, тем намного лучше». Зная его величину, мы сможем легко оценить целесообразность применения того или иного радиатора (или процессорного кулера в целом, но об этом чуть позднее) в наших конкретных эксплуатационных условиях. И также легко сможем избежать ошибок, которые нередко приводят к катастрофическим последствиям для компьютерной системы и кошелька пользователя.

На практике термическое сопротивление (тепловая эффективность) радиатора во многом зависит не только от площади ребренной поверхности, но и от его конструктивных особенностей и технологии изготовления. В настоящее время на рынке представлены пять «архетипов» радиаторов, задействованных в массовом производстве, рассмотрим их.

«Экструзионные» (прессованные) радиаторы. Наиболее дешевые, общепризнанные и самые распространенные на рынке. Основной материал, используемый для их производства — алюминий. Такие радиаторы изготавливаются методом экструзии (прессования), который позволяет получить достаточно сложный профиль ребренной поверхности и достичь хороших теплоотводящих свойств.



Рис.2. Внешний вид «экструзионного» радиатора.

«Складчатые» радиаторы. Отличаются довольно интересным технологическим исполнением: на базовой пластине радиатора пайкой (или с помощью теплопроводящих

паст) закрепляется тонкая металлическая лента, свернутая в гармошку, складки которой играют роль своеобразной оребренной поверхности. Основные материалы — алюминий и медь. По сравнению с экструзионными радиаторами, данная технология позволяет получать изделия более компактных размеров, но с такой же тепловой эффективностью (или даже лучшей).

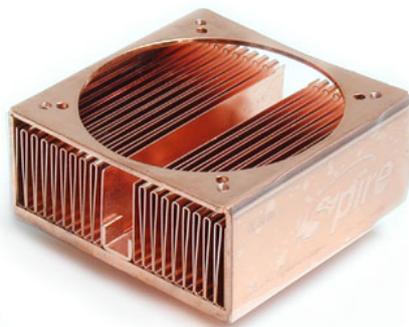


Рис.4. Внешний вид «складчатого» радиатора.

«Кованые» (холоднотемпературноформованные) радиаторы. Для их изготовления используется технология холодного прессования, которая позволяет «вять» поверхность радиатора не только в форме стандартных прямоугольных ребер, но и в виде стрелчатой поверхности произвольного сечения. Основным материалом — алюминий, но зачастую в основание (подложку) радиатора дополнительно интегрируют медные пластины (для улучшения его теплоотводящих свойств). Технология холодного прессования характеризуется относительно малой производительностью, поэтому «кованые» радиаторы, как правило, дороже «экструзионных» и «складчатых», но далеко не всегда лучше в плане тепловой эффективности.

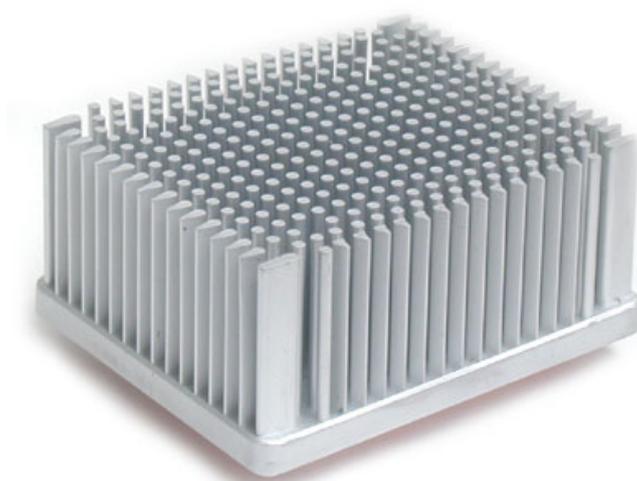


Рис.5. Внешний вид «кованного» радиатора.

«Составные» радиаторы. Во многом повторяют методику «складчатых» радиаторов, но обладают вместе с тем весьма существенным отличием: здесь оребренная поверхность формируется уже не лентой - гармошкой, а отдельными тонкими пластинами, закрепленными на подложке радиатора пайкой или стыковой сваркой. Основным используемым материалом — медь. Как правило, «составные» радиаторы характеризуются более высокой тепловой эффективностью, чем «экструзионные» и «складчатые», но это наблюдается только при условии жесткого контроля качества производственных процессов.

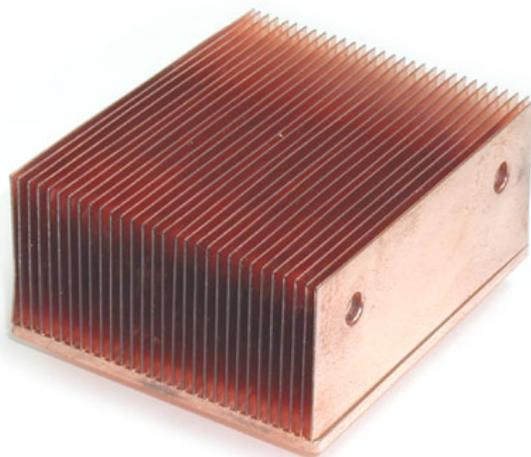


Рис.6. Внешний вид «составного» радиатора.

«Точеные» радиаторы. На сегодня это самые продвинутые и наиболее дорогие изделия. Они производятся прецизионной механической обработкой монолитных заготовок (обрабатываются на специализированных высокоточных станках) и отличаются наилучшей тепловой эффективностью. Основные материалы — алюминий и медь. «Точеным» радиаторам вполне по силам вытеснить с рынка все остальные «архетипы», если себестоимость такой технологии будет снижена до приемлемых значений.



Рис.7. Внешний вид «точёного» радиатора

1.1.2. Вентиляторы

Рассмотрим теперь вторую важную составляющую кулера – вентилятор.

Современные процессоры испытывают нужду в охлаждающих устройствах более низким термическим сопротивлением. На сегодня даже самые продвинутые радиаторы не справляются с этой задачей: в условиях естественной конвекции воздуха, т.е. когда скорость движения воздушных масс мала (маршево над асфальтом дорожного полотна в жаркий летний день), «штатной» тепловой эффективности радиаторов оказывается недостаточно для поддержания приемлемой рабочей температуры процессора. Кардинально уменьшить термическое сопротивление радиатора можно только одним способом — хорошенько его проветривать (создать условия вынужденной конвекции теплоносителя). Как раз для этих целей практически каждый процессорный радиатор и оборудуется вентилятором, который добросовестно продувает его внутреннее межреберное пространство.

На сегодня в процессорных кулерах находят применение в основном осевые (аксиальные) вентиляторы, формирующие воздушный поток в направлении, параллельном оси вращения пропеллера (крыльчатки).



Рис.8. Внешний вид осевого вентилятора

«Ходовая» часть вентилятора может быть построена на подшипнике скольжения (sleeve bearing, наиболее дешевая и недолговечная конструкция), на комбинированном подшипнике — один подшипник скольжения плюс один подшипник качения (one sleeve -one ball bearing, наиболее распространенная конструкция), и на двух подшипниках качения (two ball bearings, самая дорогая, но в то же время очень надежная и долговечная конструкция). Ну, а электрическая часть вентилятора повсеместно представляет собой миниатюрный электродвигатель постоянного тока.

Фундаментальной характеристикой любого вентилятора является его производительность (технический термин — «расход») — величина, показывающая объемную скорость воздушного потока. Выражается она в кубических футах в минуту (cubic feet per minute, CFM). Чем больше производительность вентилятора, тем он более эффективно продувает радиатор, уменьшая термическое сопротивление последнего. Типичные значения расхода — от 10 до 80 CFM.

Во-вторых, очень важной характеристикой вентилятора является скорость вращения крыльчатки (в отечественной практике выражается в об/мин, американская единица измерения — rotations per minute, RPM). Чем быстрее вращается крыльчатка, тем выше становится производительность вентилятора. Типичные значения скорости — от 1500 до 7000 об/мин.

И, в-третьих, еще одна важная характеристика вентилятора — это его типоразмер. Как правило, чем больше габариты вентилятора, тем выше его производительность. Наиболее распространенные типоразмеры — 60x60x15 мм, 60x60x20 мм, 60x60x25 мм, 70x70x15 мм, 80x80x25 мм.

Что же касается эксплуатационных параметров, то наиболее существенными из них являются уровень шума и срок службы вентилятора.

Уровень шума вентилятора выражается в децибелах и показывает, насколько громким он будет в субъективном восприятии. Значения уровня шума вентиляторов лежат в диапазоне от 20 до 50 ддБ. Человеком воспринимаются в качестве тихих только те вентиляторы, уровень шума которых не превышает 30-35 ддБ.

Наконец, срок службы вентилятора выражается в тысячах часов и является объективным показателем его надежности и долговечности. На практике срок службы вентиляторов на подшипниках скольжения не превышает 10-15 тыс. часов, а на подшипниках качения — 40-50 тыс. часов.

Вот здесь и встаёт вопрос о целесообразности использования высокоскоростных вентиляторов, потому что: 1) изнашивается конструкция устройства; 2) создаёт акустические проблемы пользователю. Создаётся ощущение, что ты находишься не за рабочим компьютером, а на космодроме. Но тут на помощь «оглушённым пользователям» пришла технология Thermal Monitor, суть которой заключалась в мониторинге температуры процессорного ядра, и если температура процессора удовлетворяла необходимым нормам, то

намеренно занижалась скорость вращения крыльчатки вентилятора (тем самым, увеличивая срок износа конструкции). Эта технология позволяет удерживать температуру процессора в безопасных пределах, одновременно не досаждая пользователю раздражающими акустическими воздействиями. Как показывает практика, то эта технология действительно «одним выстрелом убила двух зайцев».

2. Системотехнический анализ вариантов реализации мониторинга температурных полей

2.1.1. Оценка надежности

Основной задачей, решаемой обеспечением оптимальных тепловых режимов является достижения максимально возможной надежности системы, которая характеризуется рядом показателей, одним из которых является наработка на отказ, под которой подразумевается отношение времени **POH** (Power-On Hours - время в часах, в течение которого накопитель находился во включенном состоянии) в течение года к усредненной интенсивности отказов **AFR** (Annualized Failure Rate - годовая интенсивность отказов) за первый год. Такой метод дает достаточную точность при малом количестве отказов, поэтому мы используем его для расчета наработки на отказ "первого года". Усредненная годовая интенсивность отказов для накопителя рассчитывается на основе данных о времени безотказной работы, полученных в ходе испытаний **RDT** (Reliability-Demonstration Test - демонстрационные испытания надежности). По той же методике проводятся и заводские испытания **FRDT** (Factory Reliability-Demonstration Test - заводские демонстрационные испытания надежности), однако здесь проверяются серийные накопители из производственных серий. В рамках настоящего документа мы будем исходить из того, что любая концепция, применимая в отношении **RDT**, справедлива также и для **FRDT**.

2.1.2. Испытания на надежность

Обычно такие испытания проводятся в термокамерах при температуре окружающей среды +42 градуса по Цельсию, что повышает интенсивность отказов. Кроме того, накопители при этом эксплуатируются с максимально возможной продолжительностью включения (под продолжительностью включения дисковода понимается количество поисков данных, их считывания и записи в течение заданного отрезка времени). Это делается для того, чтобы выявить как можно больше причин отказа еще на стадии разработки изделия. Устранив проблемы, отмеченные на этом этапе, мы можем быть уверены, что наши пользователи с ними больше не столкнутся.

2.1.3. Оценка параметров по Weibull

Предположим, что испытанию RDT были подвергнуты 500 накопителей, каждый из которых проработал 672 часа при температуре окружающей среды 42°C. Допустим также, что в ходе испытания было отмечено три отказа (после 12, 133 и 232 часов работы). Это означает, что из 500 проверенных накопителей успешно прошли испытание 497. Для анализа и экстраполяции полученных результатов мы применяем моделирование по Weibull, используя для этого пакет программ SuperSmith фирмы Fulton Findings¹. В частности, с помощью метода максимального правдоподобия производится оценка таких параметров распределения Weibull, как *бета* (форм-фактор) и *эта* (масштабный коэффициент).

$$f_{\zeta, \beta}(x) = \frac{\beta \cdot x^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{\zeta}\right)^{\beta}}}{\zeta^{\beta}}$$

$$x > 0, \beta > 0, \zeta > 0$$

Смысл проводимых испытаний - оценить параметры распределения. При этом считается, что при заданном значении **бета** параметр **эта** равен времени в часах, за которое выйдут из строя 90% тестируемых накопителей.

Если в ходе испытания отмечено пять или менее отказов, точно определить параметр **бета** по полученным данным невозможно. Поскольку такие результаты испытаний встречаются довольно часто, мы анализируем их с помощью метода **WeiBayes**², в основу которого положена оценка параметра **бета** по статистическим данным. В лаборатории продукции для настольных компьютеров мы сейчас принимаем **бета** = 0,55. Такое значение получено на основе производственных данных, представленных ниже в таблице. Она составлена на основании испытания всех накопителей для настольных систем, прошедших проверку до марта 1999 г.

Табл.2. Отображение результатов анализа Weibull и WeiBayes.

Место производства накопителей	База данных	Среднее значение бета	Стандартное отклонение бета
Лонгмонт	37 RDT, 5 FRDT	0,546	0,176
Пераи	2 RDT, 4 FRDT	0,617	0,068
Вузи	1 RDT	0,388	нет данных
Обобщенные данные по настольным системам	49 испытаний	0,552	0,167

Сплошная линия соответствует параметрам **бета** и **эта** по **Weibull** (**бета** = 0,443, **эта** = 69 331 860)³, рассчитанным по методу **MLE** (Maximum Likelihood - максимальное правдоподобие)³ всего для 3 отказов на 500 накопителей. Как уже отмечалось, такие результаты считаются не столь точными, как полученные по методу **WeiBayes** для небольшой интенсивности отказов.

Результаты, полученные методом **WeiBayes** (для **бета** = 0,55), представлены на графике пунктирной линией. Поскольку 672 часа работы при температуре 42°C для испытания **RDT** вполне достаточно, мы использовали свой внутренний параметр "доверительная вероятность прекращения испытаний"⁴, который для анализа **WeiBayes** принят равным 63,2%. Расчет по методу **WeiBayes** показал, что при температуре 42°C и статистическом значении **бета** = 0,55 приемлемое значение **эта** составляет 3 787 073 часа.

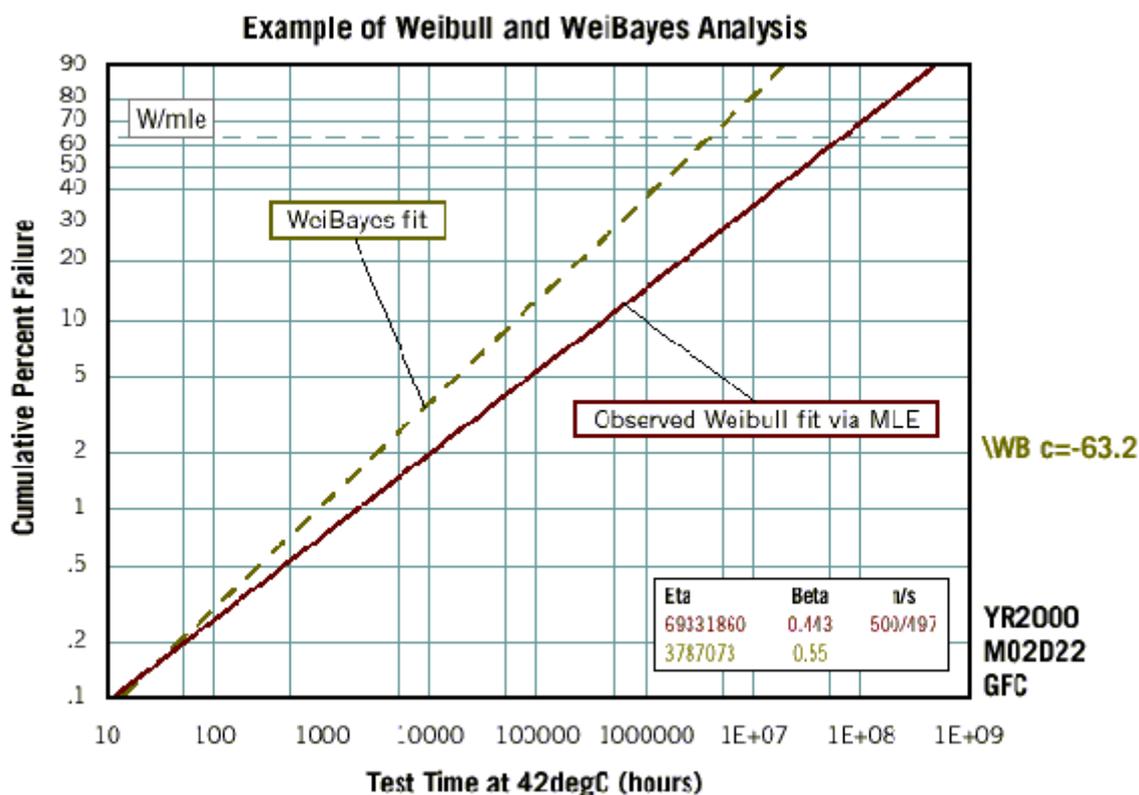


Рис.9. Примеры анализа по методам Weibull и WeiBayes.

W/mle = Доверительная вероятность прекращения испытаний

WeiBayes fit = Аппроксимация WeiBayes

Observed Weibull fit via MLE = Аппроксимация данных исследования по Weibull методом максимального правдоподобия

Eta = *эма*

Beta = *бета*

n/s = (всего/исправных накопителей)

Следующий этап анализа состоит в пересчете параметра *эма*, полученного в результате тестов при 42°C, в значение, соответствующее нашей стандартной рабочей температуре (25°C). Опираясь на модель Arrhenius⁵, для учета температурных различий можно принять коэффициент учащения отказов равным 2,2208. Таким образом, значение эта для 25°C (*эма25*) будет равным значению этого параметра для 42°C (*эма42*), умноженному на 2,2208, то есть, 8 410 332 часа.

2.1.4. Оценка среднего времени наработки на отказ в течение первого года на основании параметров Weibull

На основании параметров *бета* и *эма* Weibull, полученных после температурной коррекции, в любой момент можно рассчитать суммарный процент отказов. Чтобы оценить процент накопителей, которые могут выйти из строя при температуре 25°C в промежутке времени от *t1* до *t2*, достаточно произвести вычитание значений суммарного процента отказа в моменты *t1* и *t2*, а затем воспользоваться соответствующими значениями *бета* и *эма25*.

Для оценки усредненной интенсивности отказов (параметр AFR) за первый год эксплуатации накопителя, установленного в настольном компьютере, примем, что у пользователя устройство находится во включенном состоянии 2 400 часов в год. Допустим также, что еще 24 часа оно эксплуатировалось на заводе на этапе интеграции. Поскольку все накопители, вышедшие из строя в течение этого периода, возвращаются в Seagate и к конечному пользователю не попадают, при расчете AFR и наработки на отказ за первый год

они не учитываются.

С учетом приведенного выше (продолжительность включения 100%, $\text{эма}_{25} = 8\,410\,332$ час, $\beta = 0,55$ и общее время работы за год 2 400 час) относительную интенсивность отказов за первый год можно рассчитать как интенсивность отказов, произошедших в период между 24 час (t_1) и 2 424 час (t_2). Результаты такого расчета приведены ниже в таблице, построенной на основе наработки на отказ в течение первого года и данных, полученных в ходе испытаний RDT.

Исходные данные: 2 400 час/год	
Форм-фактор по Weibull (β):	0,55
Масштабный коэффициент по Weibull (эма):	8 410 332
P (отказов) от 0 до 2 400 час/год:	1,123%
P (отказов) от 0 до 24 час:	0,089%
AFR за первый год	1,0338% (до округления)
Наработка за год:	2 400 час
AFR за первый год:	0,010338
Наработка на отказ за первый год по Weibull:	232 140 час

Как показывают приведенные выше расчеты, если накопитель используется при температуре 25°C и находится во включенном состоянии 2 400 часов в год, можно ожидать, что при работе у пользователя средняя наработка на отказ составит 232 140 часов. Однако такие условия соблюдаются в бытовой электронике не всегда. В некоторых бытовых приборах, скажем, накопитель может работать почти непрерывно, поэтому время его работы за год намного превысит 2 400 часов. В других же устройствах, например, игровых видеоприставках, этот показатель может оказаться значительно ниже. В последующих разделах описано, как именно можно скорректировать расчетное значение наработки на отказ для различной интенсивности использования, продолжительности включения и окружающей температуры.

2.1.5. Оценка интенсивности использования

Учесть изменения средней наработки на отказ, вызванные различиями в интенсивности использования накопителя, можно с помощью приведенного графика.

Например, если известна наработка на отказ для 2 400 рабочих часов в год, а реальное рабочее время за год составляет 8 760 часов, то среднее время наработки на отказ снизится примерно вдвое. И наоборот: когда накопитель работает мало, как это бывает в некоторых игровых видеоприставках, то наработка на отказ может почти удвоиться.

2.1.6. Оценка влияния температурных факторов

Теперь давайте посмотрим, как изменяется время наработки на отказ при повышении рабочей температуры. Для построения графика температурного коэффициента времени наработки на отказ можно применить ту же модель Arrhenius, которую мы использовали для определения коэффициента учащения отказов.

Табл.4. Снижение наработки на отказ за первый год (если продолжительность включения составляет 100%) при температуре окружающей среды выше 25°C

Температура, °C	Коэффициент учащения отказов	Температурный коэффициент снижения времени наработки на отказ	Скорректированное время наработки на отказ
25	1,0000	1,00	232 140
26	1,0507	0,95	220 533
30	1,2763	0,78	181 069
34	1,5425	0,65	150 891
38	1,8552	0,54	125 356
42	2,2208	0,45	104 463
46	2,6465	0,38	88 123
50	3,1401	0,32	74 284
54	3,7103	0,27	62 678
58	4,3664	0,23	53 392
62	5,1186	0,20	46 428
66	5,9779	0,17	39 464
70	6,9562	0,14	32 500

Как видно из таблицы, по мере роста окружающей температуры температурный коэффициент снижения времени наработки на отказ и скорректированная наработка на отказ значительно сокращаются. Так, при 42°C коэффициент учащения отказов составляет 2,2208 (как и было определено в ходе настоящего анализа ранее). А коэффициент коррекции времени наработки на отказ для этой же температуры равен 0,45, то есть, среднее время наработки на отказ при температуре 42°C оказывается в два с лишним раза меньше, чем при температуре 25°C.

2.1.7. Оценка влияния продолжительности работы и циклов включения/выключения

Продолжительность включения большинства накопителей, установленных в персональных компьютерах, составляет от 20 до 30%, тогда как в бытовых электронных устройствах этот показатель может быть выше или ниже. Измерив объем данных, который пересылается внутри современных устройств бытовой электроники за сутки, было установлено, что продолжительность включения накопителей в них составляет всего 2,5%.

Чтобы определить, как изменяется наработка на отказ при продолжительности включения 2,5% по сравнению со 100% (такое значение характерно для испытаний RDT), нужно выяснить, какое влияние на этот процесс оказывают те компоненты накопителей, состояние которых зависит от продолжительности включения, а какое - другие его элементы. Количество зависимых компонентов в накопителе прямо пропорционально количеству пластин жестких дисков в нем. Взаимоотношение между числом жестких дисков и усредненной интенсивности отказов за первый год отображено на следующей иллюстрации. Пространство под пунктирной линией на этом графике соответствует "базовой", - то есть, не зависящей от того, как долго работает устройство, - интенсивности отказов гипотетического накопителя с нулевым количеством жестких дисков (или накопителя, который не производит чтения, записи и поиска информации). Сплошной линией отмечена ожидаемая интенсивность отказов как функция количества жестких дисков.

Уменьшение продолжительности включения снижает количество только тех отказов, которые связаны со временем работы накопителя (пространство между пунктирной и сплошной линиями). Зная соотношение между количеством отказов, зависящих от продолжительности включения, и их общим числом, можно оценить влияние продолжительности включения на усредненную интенсивность отказов AFR. Так, для накопителя с четырьмя жесткими дисками общая интенсивность отказов составит 1,4%, а базовая - 0,6%. Снижение продолжительности включения уменьшит вероятность отказа на $[(1,4 - 0,6)/1,4] = 57\%$. Таким образом, снижая время работы четырехдискового накопителя, мы можем уменьшить вероятность отказа только на 57%, остальная доля неполадок от продолжительности включения не зависит.

2.1.8. Комплексный учет нескольких факторов

Продолжая анализ, оценим комбинированное воздействие различных значений продолжительности включения и температурных коэффициентов сокращения наработки на отказ для нескольких накопителей. На графике внизу слева представлены коэффициенты коррекции наработки на отказ для накопителя высокой емкости с 4 жесткими дисками при разных комбинациях продолжительности включения и температуры окружающей среды. Рисунок справа отображает такие же коэффициенты для накопителя, оснащенного только одним жестким диском. Как видно из этих графиков, в зависимости от продолжительности включения и рабочей температуры накопителя, установленного в ПК, эффективная наработка на отказ за первый год может оказаться выше, равной или ниже, чем ожидаемое значение этого параметра, рассчитанное по результатам заводских испытаний. При этом на накопителе с одним жестким диском изменение продолжительности включения и окружающей температуры сказывается слабее, а коэффициенты коррекции здесь значительно меньше.

2.1.9. Оценка надежности после первого года эксплуатации

Согласно распределению **Weibull**, описывающему зависимость наработки на отказ от срока эксплуатации, при значении *бета* меньше единицы вероятность отказов оборудования со временем снижается. По этой причине интенсивность отказов накопителей на первом году эксплуатации должна быть выше, чем в последующие годы. Но какова будет интенсивность отказов или среднее время наработки на отказ, если усреднить эти показатели за все время эксплуатации накопителя? Ниже приведены три метода оценки надежности, позволяющие ответить на этот вопрос.

- Можно с помощью анализа **Weibull** (*бета*, *эта*²⁵) оценить количество возможных отказов после первого года эксплуатации. Однако для этого потребовалось бы получить дополнительные данные демонстрационных испытаний надежности, увеличив длительность самих испытаний на порядок или больше. Такой подход едва ли можно признать целесообразным.
- Можно принять так называемую "плоскую" модель, предполагающую, что после завершения первого года эксплуатации интенсивность отказов остается на постоянном уровне. Это означает, что во все годы после первого интенсивность отказов будет такой же, как и на втором году эксплуатации. Поскольку вероятность отказа со временем уменьшается, данный метод дает осторожную оценку средней наработки на отказ для всего срока эксплуатации.

Таблица 5. Сравнение моделей.

МОДЕЛЬ:							
		Weibull		"Плоская" модель			
Год эксплуатации	Суммарная продолжительность включения (час)	Интенсивность отказов за год	Суммарная интенсивность отказов	Интенсивность отказов за год	Суммарная интенсивность отказов		
1	2 400	1,20%	1,20%	1,20%	1,20%	1,20%	1,20%
2	4 800	0,55%	1,75%	0,78%	1,98%	0,55%	1,75%
3	7 200	0,43%	2,18%	0,39%	2,37%	0,55%	2,30%
4	9 600	0,37%	2,55%			0,55%	2,86%
5	12 000	0,33%	2,88%			0,55%	3,41%
6	14 400	0,30%	3,18%			0,55%	3,96%
7	16 800	0,28%	3,46%			0,55%	4,51%
8	19 200	0,26%	3,72%			0,55%	5,06%
9	21 600	0,24%	3,96%			0,55%	5,62%
10	24 000	0,23%	4,19%			0,55%	6,17%

Чтобы нагляднее продемонстрировать различия между моделями, рассмотрим суммарную оценку относительной интенсивности отказов, построенный на основании каждой из них (время наработки на отказ для первого года эксплуатации принято равным 200 000 часов).

"Плоская" модель дает более осторожную оценку, чем "чистый" анализ по **Weibull**. Для простоты анализа, а также для того, чтобы получить более осторожные оценки, мы решили применять в своих расчетах "плоскую" модель.

Табл.5. Суммарные результаты отношения между наработкой на отказ за все время эксплуатации по параметру Weibull при использовании «плоской» модели.

Средние значения за первые три года:	
Отказов в год:	0,768%
Наработка на отказ:	312 500 час
Прирост по сравнению с некорректированным значением наработки на отказ (232 140 час):	1,56
Средние значения за первые пять лет:	
Отказов в год:	0,682%
Наработка на отказ:	352 113 час
Прирост по сравнению с некорректированным значением наработки на отказ (232 140 час):	1,76
Средние значения за первые десять лет:	
Отказов в год:	0,617%
Наработка на отказ:	389 105 час
Прирост по сравнению с некорректированным значением наработки на отказ (232 140 час):	1,95

Проведенные расчеты показывают, что для оценки среднего времени наработки на отказ за три года эксплуатации дисководов нужно умножить исходный показатель за первый год (для той же продолжительности включения и окружающей температуры) на коэффициент 1,56. Аналогично можно рассчитать и среднее время наработки на отказ за пять и десять лет, умножив значение исходного параметра за первый год на 1,76 и 1,95 соответственно.

2.1.10. Обобщенная оценка надежности

На основе всех коэффициентов, рассчитанных выше, можно преобразовать наработку на отказ при 2 400 рабочих часах в год и продолжительности включения 100%) в среднее время наработки на отказ для накопителя, установленного в устройстве конечного пользователя и работающего при конкретной окружающей температуре с определенной продолжительностью включения. После этого можно также оценить и среднее время наработки на отказ за все время службы накопителя.

Ниже приведен пример расчета среднего времени наработки на отказ в течение первого года и всего срока эксплуатации для накопителя, работающего в течение 2 400 часов в год при температуре 34°C, продолжительности включения 30% и рассчитанного на срок службы 5 лет.

Табл.6. Пример расчета среднего времени наработки на отказ в течение первого года и всего срока эксплуатации для накопителя.

Наработка на отказ за первый год:	232 140 час	(на основе параметров <i>бета</i> и <i>эта25</i> по Weibull)
	<u>x 0,90</u>	(температурный коэффициент для 38°C и продолжительности включения 30%)
Наработка на отказ за первый год в устройстве пользователя:	208 926 час	
Наработка на отказ в устройстве пользователя:	208 926 час	
	<u>x 1,76</u>	(коэффициент усреднения за пятилетний период)
Наработка на отказ за весь срок эксплуатации в устройстве пользователя:	367 710 час	

В качестве завершающего примера рассмотрим накопитель Seagate с одним жестким диском, для которого наработка на отказ в течение первого года составляет 444 000 час. Допустим, он установлен в бытовом электронном устройстве, используется 2 920 часов в год (8 часов в день, 7 дней в неделю) при окружающей температуре 42°C и продолжительности включения 5%.

Табл.7. Пример накопителя Seagate с одним жестким диском, для которого наработка на отказ в течение первого года составляет 444 000 час.

Наработка на отказ за первый год:	444 000 час	(на основе параметров <i>бета</i> и <i>эта25</i> по Weibull)
	<u>x 0,92</u>	(коррекция для 2 920 час/год)
	<u>x 0,59</u>	(температурный коэффициент для 42°C и продолжительности включения 5%)
	<u>x 1,95</u>	(коэффициент усреднения за 10-летний период)
Наработка на отказ в устройстве пользователя в течение первого года:	469 956 час	

3. Аппаратно-программный комплекс мониторинга тепловых режимов микропроцессорных систем

3.1. Структурно-функциональная реализация

Сейчас, к сожалению, часто бытует мнение, что охлаждать винчестеры не нужно. В результате те, кто поставил охлаждение, работают прекрасно и по сей день, а те, кто не поставил, помимо завышенной температуры системы сильно рискуют потерей всей информации. Микросхемы питания на современных винтах греются очень сильно, а зачастую так, что руку нельзя удержать. Так что нужно охлаждать.

На данный момент есть два типа охлаждения: те системы, что крепятся снизу (малоэффективно, так как прогоняет уже подогретый системой воздух) – их не всегда можно установить, если закрыт снизу отсек под 3,5"; и те, которые вставляются в 5,25" отсек вместе с винчестером (несравнимо более эффективные, но более шумные).

Цифровые средства измерения температуры, кроме встроенных в сами материнские платы и процессоры, дополнительно устанавливаемые обычно в 5,25 дюймовые отсеки системного блока. Такие цифровые термометры снабжены датчиками температуры на гибких проводах, которые можно присоединять к всевозможным устройствам компьютера: приводам HDD, CD-ROM/RW, CPU, всевозможным микросхемам или же просто для измерения температуры воздуха внутри корпуса. Чаще всего 5,25-ти дюймовые блоки-термометры еще и включают в себя дополнительные функции. Так их панели могут быть оборудованы USB-хабом, аудио и игровыми разъемами, посадочным местом под HDD, вентиляторами.

3.2. Аппаратно-программная реализация

Остановимся подробнее на 5,25" устройствах. Различаются количеством вентиляторов, удобством крепления и дополнительными возможностями. Под дополнительными возможностями (это в основном продукция Thermaltake) я подразумеваю наличие портов USB, Audio, FireWire, IR, ЖК-дисплеев мониторинга температуры/оборотов и т.д. Снизить шум, производимый винчестером проще всего вставив его в 5,25" отсек совместно с системой охлаждения, закрепив их винтами с тонкими резиновыми прокладками (0,5-1 мм. толщины – велосипедная камера, либо камера от мяча), либо двойным слоем изолянты в местах крепления. Одним из таких устройств является охлаждающее устройство от фирмы Matrix.



Рис.9. Внешний вид панели MX-PANEL-D2 от Matrix

Ниже приведены его технические характеристики:

- Количество вентиляторов – 2 штуки
- Скорость вращения вентиляторов 5400 об/мин
- Уровень шума 35Дб
- Напряжение питания от блока питания
- На панели имеется индикатор температур и два вентилятора.

Назначение устройств данного типа – регулировать те или иные параметры устройств вентиляции. Например, в корпусных блоках питания от приличных производителей обычно устанавливается плата с терморегулятором, регулирующая обороты вентилятора БП. Чем выше потребляемая мощность и температура БП, тем быстрее вращается вентилятор. Когда же ПК работает в пол силы, то обороты вентилятора замедляются, тем самым достигается тишина работы этого узла ПК. Но некоторые производители компьютерных корпусов пошли еще дальше, оснатив их еще более мощными средствами контроля и регулирования. Например, качественные корпуса производства 3R System серии Air изначально поставляются с контроллером-регулятором температуры.

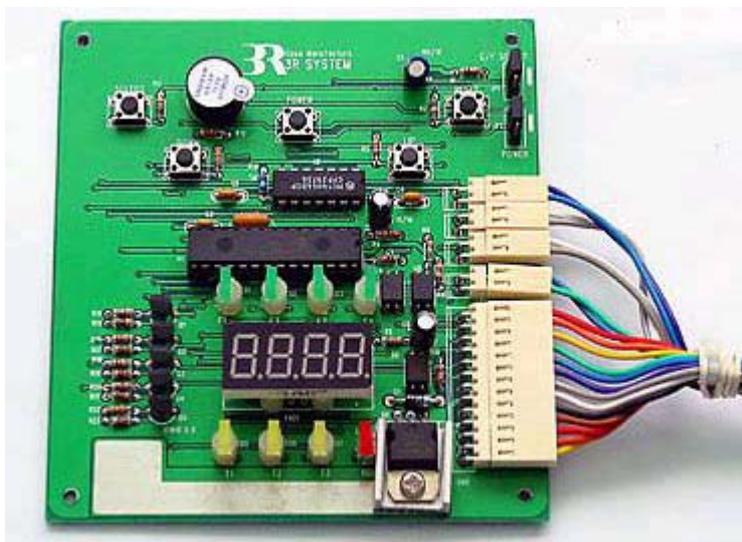


Рис.10. Внешний вид панели MX-PANEL-D2 от Matrix.

Контроллер может измерять температуру по трем каналам, а так же обеспечить 10-ти уровневое управление скоростью вентиляторов для каждого из каналов. То есть, устройство постоянно отслеживает температуру в заданных точках и регулирует скорость вращения до трех вентиляторов таким образом, что бы температура не выходила за установленные пределы. Контроллер может автоматически отключать компьютер при превышении допустимой температуры одного из каналов. Показания отображаются на стильном индикаторе на передней панели.

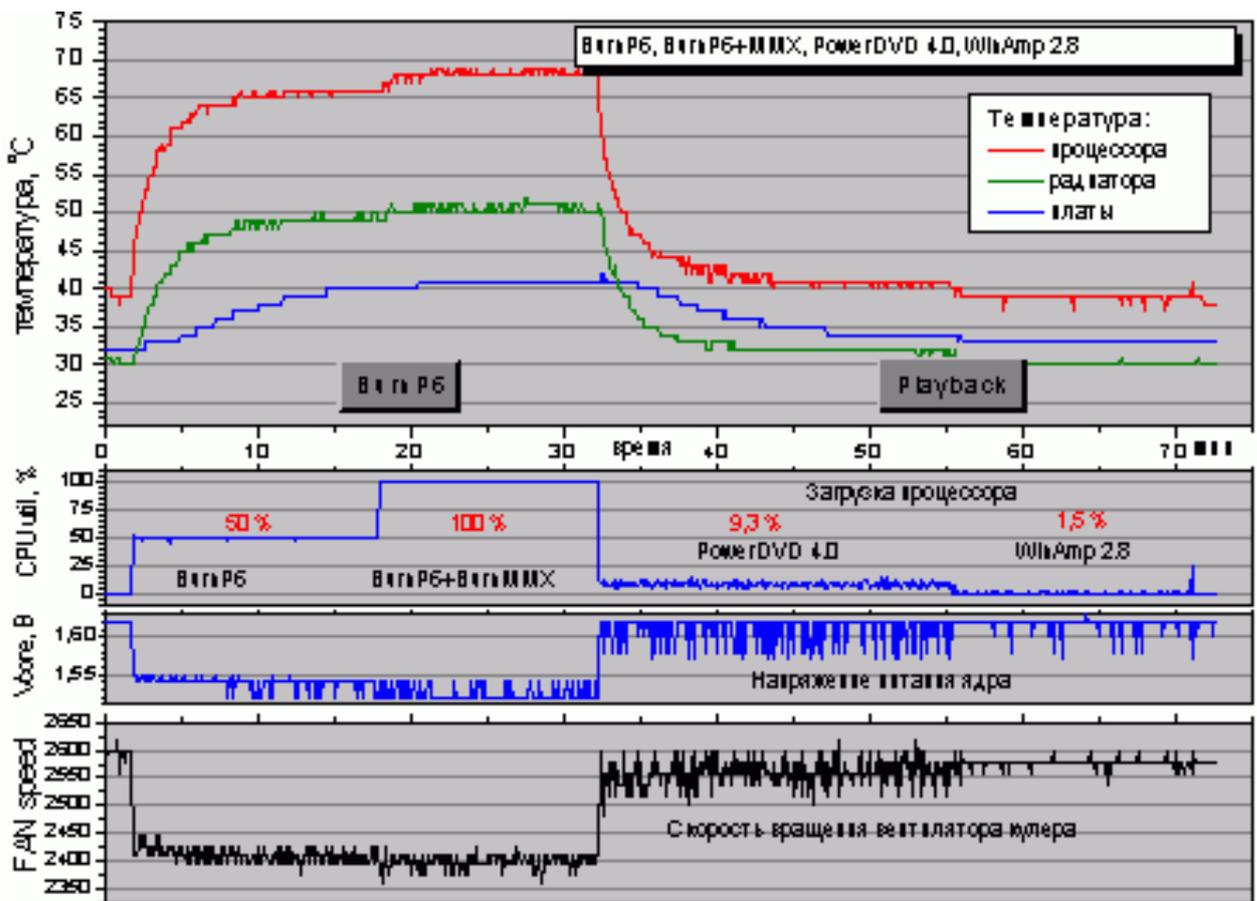


Рис.11. Характерные графики температуры и других величин в процессе измерений.

При значительном нагреве радиатора вентилятор работает на полную мощность. И переходит в тихий режим с пониженными оборотами, когда температура радиатора уменьшается и перегрев процессору не угрожает. Для включения кулеров снабженных внутренним датчиком оборотов иногда применяются специальные переходники, постоянно регистрирующие обороты вентилятора. Если обороты падают до низкого уровня, то устройством включается собственная звуковая сигнализация, предупреждающая об аварийном режиме вентилятора.

Выводы

Описанный в работе метод позволяет оценить надежность элементов вычислительных систем, установленных в настольных компьютерах и бытовых электронных приборах, которые работают при нормальных условиях эксплуатации:

- С помощью анализа **Weibull** или статистических данных испытаний **RDT/FRDT** оценены параметры **Weibull** для лабораторных условий.
- Используя методики **WeiBayes**, проведен анализ результатов испытаний для конкретного типа накопителя; определены значения усредненной интенсивности отказов **AFR** за первый год и наработку на отказ при проведении испытаний **RDT**.
- Даны рекомендации по корректировке результатов с учетом отличия лабораторных условий **RDT** от реальной температуры и продолжительности включения, при которых будет работать накопитель, установленный в аппаратуре конечного пользователя.
- Исходя из предположения, что после первого года эксплуатации интенсивность отказов останется постоянной, можно пролонгировать оценку надежности за первый год на трех- и десятилетний срок службы накопителя.
- Предложен состав аппаратно-программных средств для решения задач по мониторингу тепловых режимов микропроцессорных систем.

Литература

1. Е.М. Парфенов, Э.Н. Камышная, В.П. Усачев. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Радио и связь – 1989.
2. Л.Н. Преснухин, В.А. Шахнов. Конструирование электронных вычислительных машин и систем. – М.: Высшая школа – 1986.
3. М.И. Богданович и др. Цифровые интегральные микросхемы. Справочник. – Минск: Беларусь – 1991.
4. Сайт: <http://www.ixbt.com>

УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАСТРОЙКИ И КОНТРОЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ: ТЕРМИНАЛ МИДА-ТК-403

Бакомчев И. В., Бушуев Н. А.
Научный руководитель академик Стучебников В. М.
ЗАО «Мидаус»

ANLAGE FÜR ABSTIMMUNG UND KONTROLLE DEN MIKROPROZESSORGESTEUERTEN DRUCKTRANSMITTERN: TERMINAL MIDA-TK-403

Bakomtchev I. V., Bushuev N. A.
Wissenschaftsleiter akademiker Stuchebnikov V. M.
«Midaus»

Аннотация

Многофункциональный микропроцессорный носимый компактный прибор с питанием от аккумулятора. Простое управление при помощи текстового меню. Терминал позволяет прочитать диапазон измеряемого давления с датчика, ввести новый и записать его в датчик; прочитать серийный номер и номинальное давление датчика. Наряду с измерением постоянного тока возможен пересчет ток-давление и одновременное отображение на индикаторе. Терминал МИДА-ТК-403 имеет встроенный аккумулятор и сетевой адаптер. Адаптер позволит работать от сети переменного напряжения 180.. 240 В. Время работы от аккумулятора примерно 10 часов. Разряженное состояние аккумулятора индицируется сообщением меню.

Die Inhaltsangabe

Multifunktionales mikroprozessorgesteuerte tragbarer Kompaktgeraet mit Akku betrieb. Einfache Bedienung mit Hilfe menügeführter Klartextanzeige. Das Terminal lasst ein Druckmessbereich von Drucktransmitter lesen, neues eingeben und in Drucktransmitter speichern; Nummer und nominal Druck den Drucktransmitter lesen. Neben Gleichstrommessungen sind auch Strom-in-Druck Berechnung mit simultaner Anzeige möglich. Das Terminal MIDA-TK-403 wird mit einem integrierten, wiederaufladbaren Akku bzw. über ein externes Universalnetzgerät versorgt. Das Netzgerät kann mit Spannungen von 180... 240 V AC betrieben werden. Die Akkustandzeit beträgt ca. 10 Stunden. Der Ladezustand wird im Diagnosemenü angezeigt.

В промышленности широко применяются датчики давления в различных технологических процессах. В силу разных причин одним и тем же датчиком нужно измерять разные диапазоны давлений, например при проведении пуско-наладочных работ, изменении режима технологического оборудования. Одним из решений этой проблемы послужило применение датчиков с переключаемыми пределами измерений. Изменить диапазон измерения возможно помощи системы команд, передаваемых от внешних устройств и/или от встроенной в датчик клавиатуры, например, в датчиках KELLER Series 41 [1], STS GmbH PTM-40 [2], TRAFAG PTM Series 40 [3], ROSEMOUNT 3051 [4], МИДА-13П-КН [5] и др.

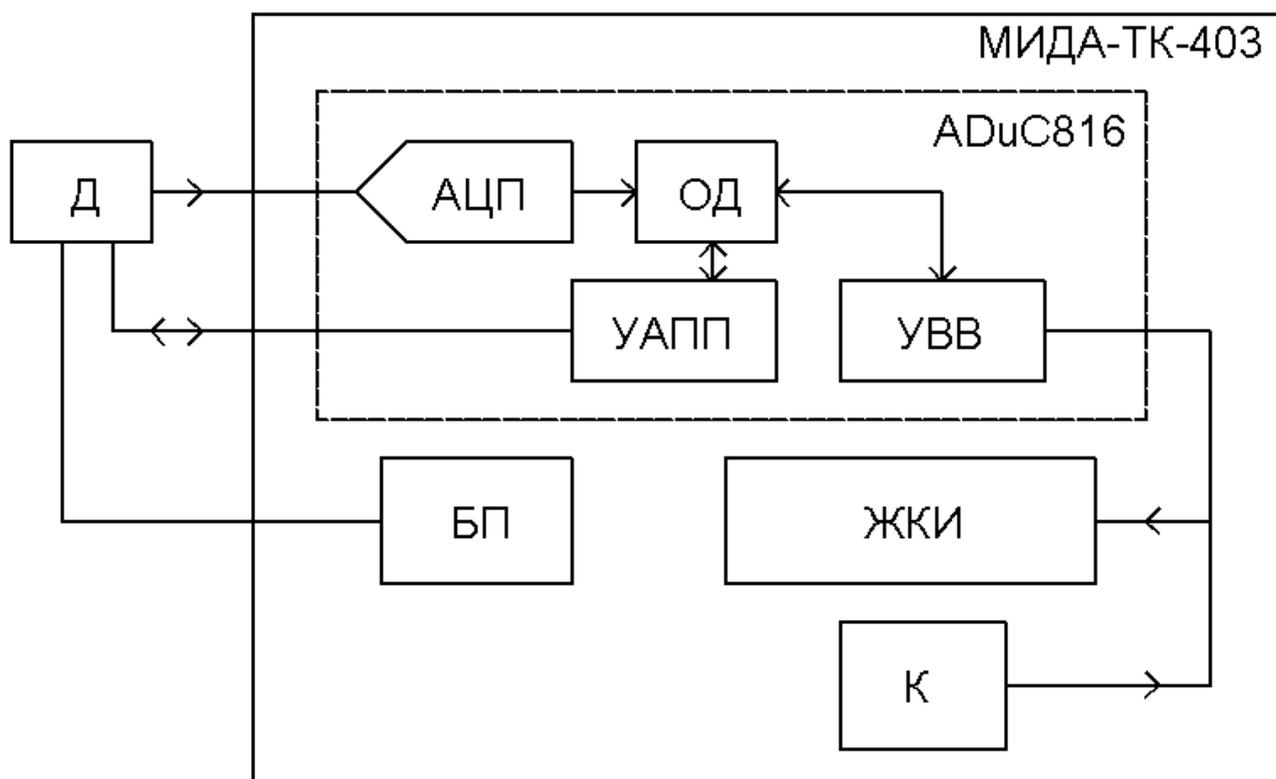


Рис. 1 Структурная схема прибора МИДА-ТК-403

Д-датчик давления МИДА-13П-КН; АЦП-аналого-цифровой преобразователь; ОД-обработка данных; УАПП-универсальный асинхронный преобразователь; УВВ-устройство ввода/вывода (порты ввода/вывода микроконтроллера); ЖКИ-жидкокристаллический индикатор; К-клавиатура; БП-блок питания.

Для установки пределов измерения в датчиках МИДА-13П-КН был разработан прибор МИДА-ТК-403, структурная схема которого приведена на рис. 1. Внешний вид прибора с подключенным к нему датчиком представлен на рис. 2.

Прибор МИДА-ТК-403 предназначен для контроля и настройки микропроцессорных датчиков давления с цифровым последовательным интерфейсом и токовым выходом 4.. 20 мА, допускающих установку пользователем пределов измерения давления (в границах базового диапазона). В ПЗУ датчика записаны серийный номер, базовое давление датчика, установленный диапазон измеряемого давления, а также некоторые числовые величины, необходимые для его калибровки.

При помощи терминала возможно считывание серийного номера датчика, номинального давления, установленного диапазона измеряемого давления, измерение выходного тока датчика (датчик подключается к терминалу и питается от встроенного в прибор преобразователя напряжения), преобразование пересчетом измеряемого тока в соответствующее току и установленному диапазону значение давления и одновременное и непрерывное отображение тока и давления на жидкокристаллическом индикаторе. При несоответствии выходного тока давлению верхней или нижней границы установленного диапазона пользователь имеет возможность при помощи выбора пункта меню отправить в датчик команду пересчета калибровочных данных для корректировки выходного тока датчика. Предусмотрены также защищенные от произвольного доступа пользователя режимы калибровки прибора по току и напряжению. В приборе реализовано текстовое меню, обеспечивающее простое управление прибором при помощи пяти кнопок. Предусмотрена возможность включения и выключения подсветки и звукового сигнала жидкокристаллического индикатора. Прибор имеет встроенную аккумуляторную батарею,

обеспечивающую работу прибора примерно в течении 10 часов, а также возможность подключения внешнего источника питания. Разряженное состояние аккумуляторной батареи сигнализируется сообщением на ЖКИ и периодическим звуковым сигналом. В прцессе работы имеется возможность контроля напряжения аккумуляторной батареи; заряд от внешнего источника напряжения прекращается автоматически при достижении полного заряда и сопровождается звуковым сигналом. Технические параметры прибора приведены в таблице 1.



Рис. 2 Внешний вид прибора МИДА-ТК-403

Таблица 1

Параметр	Значение
Относительная погрешность измерения тока	0.1 %
Напряжение акккумуляторной батареи	4.8 В
Напряжение внешнего источника напряжения	9.. 12 В
Продолжительность работы от аккумуляторной батареи	Примерно 10 ч
Продолжительность заряда аккумуляторной батареи	Примерно 12 ч

Литература

1. KELLER Low range pressure transmitter Series 41. Internet <http://www.keller-druck.com>
2. STS Programmable pressure transmitter PTM (2-wire). Internet <http://www.sts-ag.ch>
3. TRAFAG PTM (2-wire) Series 40 programmable pressure transmitter. Internet <http://www.trafag.co.uk>
4. ROSEMOUNT 3051 Product data sheet 00813-0100-4001, Rev. DB, September 2003. Internet <http://www.rosemount.com>
5. МИДА-13П-КН Internet <http://www.midaus.com>

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРА И УГЛА ПОВОРОТА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

Курносенко А. Е.

Научный руководитель: д.т.н., доц. Иванов Ю. В.

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, РФ

METHODS OF MEASUREMENT OF CENTER AND ROTATION ANGLE OF ELECTRONIC COMPONENTS MOUNTED ON PRINTED CIRCUIT BOARDS

Kurnosenko A. E.

Scientific adviser: senior lecturer Ivanov Y. V.

“IU-4” department, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

E-mail: akurn@iu4.bmstu.ru

Аннотация

В статье рассматриваются методы определения координат центра и угла поворота электронных компонентов, установленных на печатные платы, на основе координат фидуциальных маркеров, углов и выводов корпуса. Рассмотрен широкий спектр компонентов – от безвыводных чип-компонентов до ИС типа QFP, PLCC с выводами в форме крыла чайки либо с J-выводами.

Abstract

Methods of measurement of center and rotation angle of electronic components mounted on printed circuit boards are considered. Methods are based on coordinates of electronic component's fiducials, corners and leads. Wide range of electronic components from leadless chips to QFP and PLCC cases with gull wing and J-leads is described.

Для количественного определения точности монтажа электронных компонентов (ЭК) на печатную плату (ПП) необходимо пользоваться методами определения линейных и угловых координат ЭК, уже установленных на ПП [1]. Стандарт IPC-9850 [2] рекомендует применять методы, основанные на определении этих величин через координаты реперных точек на поверхности корпуса ЭК – фидуциальных маркеров, а при их отсутствии либо недостаточном количестве – руководствоваться координатами углов корпуса либо выводов ЭК.

Так как номенклатура устанавливаемых ЭК значительно шире рассмотренных в [2] (чип-конденсаторы 1608С, ИС SOIC 16, QFP-100,208 и BGA) и отсутствует математическое описание большинства обозначенных методов, для выбора метода экспериментального определения положения ЭК требуется разработка дополнительных методов и вывод формул для каждого метода-кандидата.

Два фидуциальных маркера, расположенных диагонально, имеют некоторые ЭК типа SO(IC), SOP, SOJ и прочие ИС с двумя рядами выводов в форме крыла чайки либо J-выводами (рис. 1).

Координаты центра ЭК определяются как среднее арифметическое координат маркеров:

$$X_{ц.ЭК} = \frac{X_{ф.м.1} + X_{ф.м.2}}{2}; \quad Y_{ц.ЭК} = \frac{Y_{ф.м.1} + Y_{ф.м.2}}{2}.$$

Для определения угла поворота ЭК относительно его центра координат двух маркеров достаточно лишь в случае квадратного корпуса ИС.

- 1) Номинальный угол наклона линии, соединяющей маркеры, к длинной стороне ЭК, определится по формуле $\varphi_{ном.} = \varphi_{пов.} + \varphi_{уст.}$, $\varphi_{ном.} = 45^\circ \Rightarrow \varphi_{пов.} = 45^\circ - \varphi_{уст.}$,

где $\varphi_{уст.} = \arctg\left(\frac{Y_{ф.м.2} - Y_{ф.м.1}}{X_{ф.м.2} - X_{ф.м.1}}\right)$.

- 2) В случае, когда $\varphi_{ном.} \ll 45^\circ$ (прямоугольный корпус ЭК) необходимо в качестве

реперных точек взять координаты углов корпуса ЭК (т.т. 1–4 рис. 1). Искомый угол будет равен углу между осью OX и прямой, соединяющей средние точки линий между углами корпуса ЭК 1, 2 и 3, 4:

$$\varphi_{пов.} = \arctg \left(\frac{Y_{cp.1-2} - Y_{cp.3-4}}{X_{cp.1-2} - X_{cp.3-4}} \right), \text{ где}$$

$$X_{cp.1-2} = \frac{X_1 - X_2}{2}; \quad X_{cp.3-4} = \frac{X_3 - X_4}{2}; \quad Y_{cp.1-2} = \frac{Y_1 - Y_2}{2}; \quad Y_{cp.3-4} = \frac{Y_3 - Y_4}{2}.$$

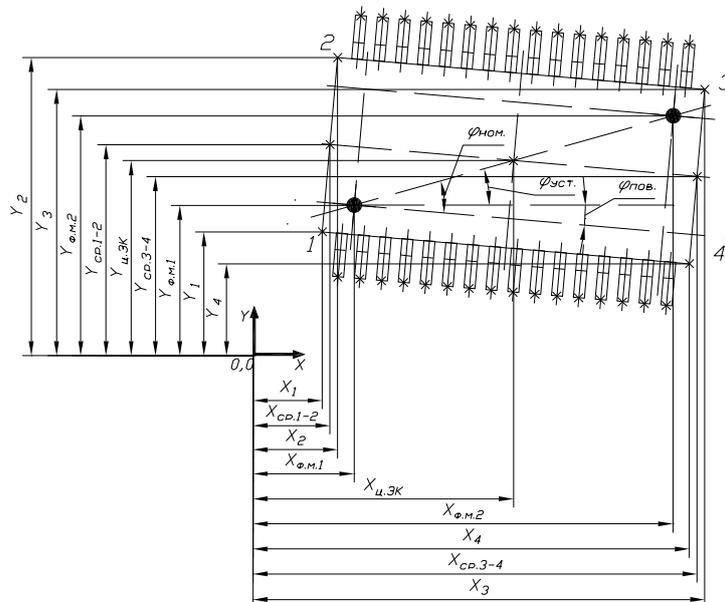


Рис. 1. Метод определения координат центра и угла поворота ЭК с использованием двух фидуциальных маркеров, метод 2).

Четыре фидуциальных маркера, расположенных в углах корпуса, имеют ЭК типа QFP, PLCC и прочие ИС с четырехсторонним расположением J-выводов либо выводов в форме крыла чайки (рис. 2).

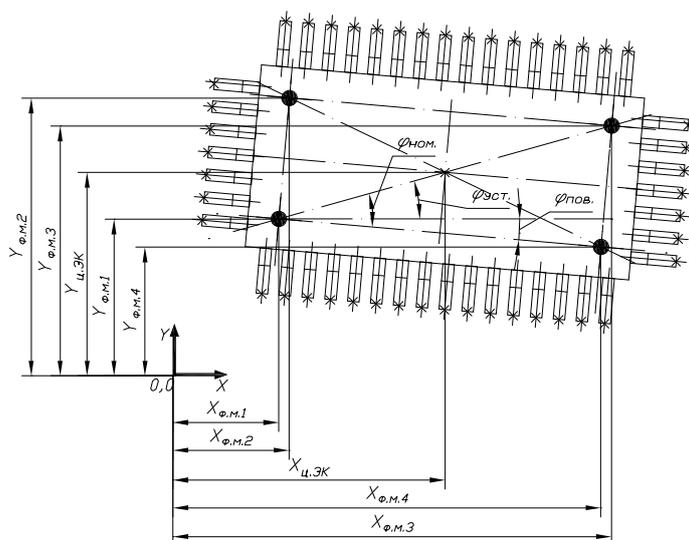


Рис. 2. Метод определения координат центра и угла поворота ЭК с использованием четырех фидуциальных маркеров.

Координаты центра ЭК определяются двумя способами.

- 1) как среднее арифметическое координат четырех маркеров:

$$X_{ц.ЭК}^1 = \frac{X_{ф.м.1} + X_{ф.м.2} + X_{ф.м.3} + X_{ф.м.4}}{2}; \quad Y_{ц.ЭК}^1 = \frac{Y_{ф.м.1} + Y_{ф.м.2} + Y_{ф.м.3} + Y_{ф.м.4}}{2}.$$

2) как точка пересечения линий, соединяющих диагонально расположенные маркеры (1–3 и 2–4), рис. 3:

$$Y_{ц.ЭК}^2 = \frac{a_1 b_2 - a_2 b_1}{a_1 - a_2}; \quad X_{ц.ЭК}^2 = \frac{Y_{ц.ЭК} - b_1}{a_1},$$

где $a_1 = \frac{Y_{ф.м.4} - Y_{ф.м.2}}{X_{ф.м.4} - X_{ф.м.2}}$, $b_1 = \frac{Y_{ф.м.2} X_{ф.м.4} - Y_{ф.м.4} X_{ф.м.2}}{X_{ф.м.4} - X_{ф.м.2}}$,

$$a_1 = \frac{Y_{ф.м.3} - Y_{ф.м.1}}{X_{ф.м.3} - X_{ф.м.1}}, \quad b_1 = \frac{Y_{ф.м.3} X_{ф.м.1} - Y_{ф.м.1} X_{ф.м.3}}{X_{ф.м.3} - X_{ф.м.1}}.$$

Для определения угла поворота ЭК относительно его центра предлагается 5 различных методов.

1) по среднему углу между двумя диагональными линиями, соединяющими диагонально расположенные маркеры (1–3 и 2–4), рис. 4:

$$\varphi_{пов.}^1 = \frac{\varphi_{2-4} - \varphi_{1-3}}{2}, \quad \text{где } \varphi_{1-3} = \arctg\left(\frac{Y_{ф.м.3} - Y_{ф.м.1}}{X_{ф.м.3} - X_{ф.м.1}}\right);$$

$$\varphi_{2-4} = \arctg\left(\frac{Y_{ф.м.4} - Y_{ф.м.2}}{X_{ф.м.4} - X_{ф.м.2}}\right) - 90^\circ.$$

2) по углу наклона линии, соединяющей средние точки диагоналей маркеров 1–4 и 2–3, рис. 5:

$$\varphi_{пов.}^2 = \arctg\left(\frac{X_{ц.2-3} - X_{ц.1-4}}{Y_{ц.2-3} - Y_{ц.1-4}}\right), \quad \text{где}$$

$$X_{ц.2-3} = \frac{X_{ф.м.3} - X_{ф.м.2}}{2}; \quad X_{ц.1-4} = \frac{X_{ф.м.4} - X_{ф.м.1}}{2};$$

$$Y_{ц.2-3} = \frac{Y_{ф.м.2} - Y_{ф.м.3}}{2}; \quad Y_{ц.1-4} = \frac{Y_{ф.м.1} - Y_{ф.м.4}}{2}.$$

3) по углу наклона линии, соединяющей средние точки диагоналей маркеров 1–2 и 3–4, рис. 6:

$$\varphi_{пов.}^3 = \arctg\left(\frac{X_{ц.2-3} - X_{ц.1-4}}{Y_{ц.2-3} - Y_{ц.1-4}}\right), \quad \text{где}$$

$$X_{ц.2-3} = \frac{X_{ф.м.3} - X_{ф.м.2}}{2}; \quad X_{ц.1-4} = \frac{X_{ф.м.4} - X_{ф.м.1}}{2};$$

$$Y_{ц.2-3} = \frac{Y_{ф.м.2} - Y_{ф.м.3}}{2}; \quad Y_{ц.1-4} = \frac{Y_{ф.м.1} - Y_{ф.м.4}}{2}.$$

4) по среднему углу между осью OX и всеми сторонами корпуса ЭК, рис. 7:

$$\varphi_{пов.}^4 = \frac{\varphi_{1-2} + \varphi_{2-3} + \varphi_{3-4} + \varphi_{1-4}}{4}, \quad \text{где } \varphi_{1-2} = \arctg\left(\frac{X_2 - X_1}{Y_1 - Y_2}\right); \quad \varphi_{2-3} = \arctg\left(\frac{Y_2 - Y_3}{X_3 - X_2}\right);$$

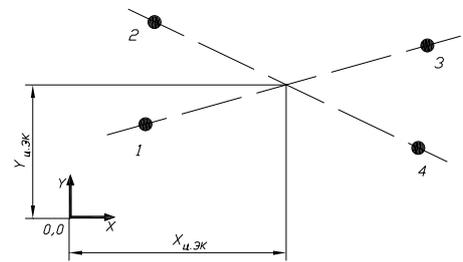


Рис. 3. К определению координат центра ЭК, 4 ф.м., метод 2).

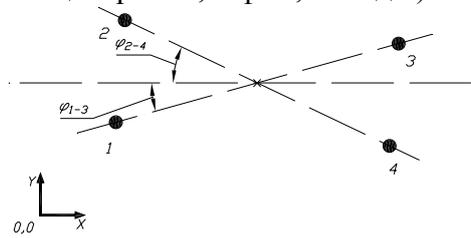


Рис. 4. К определению угла поворота ЭК, 4 ф.м., метод 1).

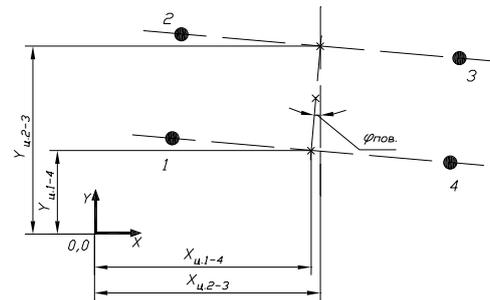


Рис. 5. К определению угла поворота ЭК, 4 ф.м., метод 2).

$$\varphi_{3-4} = \arctg\left(\frac{X_3 - X_4}{Y_3 - Y_4}\right); \varphi_{1-4} = \arctg\left(\frac{Y_1 - Y_4}{X_4 - X_1}\right).$$

5) по среднему углу между определенными углами по методам 2) и 3):

$$\varphi_{пов.}^5 = \frac{\varphi_{пов.}^2 + \varphi_{пов.}^3}{2}.$$

Для прочих ЭК, не несущих фидуциальных маркеров либо имеющих всего один маркер для идентификации первого вывода, возможно применить методы, основанные на измерении координат углов корпуса (группа 1) либо координат выводов (группа 2). Методы второй группы должны обеспечивать лучшую корреляцию с результатами эксперимента, так алгоритмы распознавания образов систем технического зрения монтажных автоматов используют преимущественно выводы ЭК в качестве опорных элементов.

Математический аппарат методов первой группы аналогичен уже рассмотренному применительно к фидуциальным маркерам. В формулах рассмотренных методов следует заменить обозначение маркеров $X_{ф.м.i}, Y_{ф.м.i}, i = \overline{1...4}$ на обозначения углов корпуса ЭК $X_i, Y_i, i = \overline{1...4}$.

Ниже рассмотрено графическое представление углов корпуса для различных исследуемых ЭК (рис. 8).

1) Толстопленочные чип-резисторы, чип-конденсаторы, моточные индуктивности с прямоугольным основанием.

Для ЭК данного типа аналогами маркеров являются углы корпуса, которые хорошо различимы благодаря четким, прямолинейным сторонам корпуса.

2) Многослойные керамические чип-конденсаторы, моточные индуктивности прямоугольной формы и прочие подобные компоненты.

Выводы ЭК данного типа не имеют прямолинейных границ, поэтому за координаты углов корпуса принимаются точки пересечения взаимно перпендикулярных линий, проведенных через максимально выступающую точку каждой стороны корпуса ЭК.

3) Танталовые, ниобиевые конденсаторы и прочие ЭК с отогнутыми под корпус выводами.

За координаты углов принимаются максимально выступающие габариты отогнутых под корпус выводов ЭК.

4) Диоды, резисторы в цилиндрических корпусах с металлизированными торцами MELF, MiniMELF, QuadroMELF и пр.

Углами цилиндрического корпуса являются крайние точки его проекции на плоскость ПП. Вторая группа методов основана на измерении координат выводов ЭК и прежде всего нацелена на транзисторы, диоды, стабилитроны и их матрицы, а также ИС с двух- либо четырехсторонним расположением J-выводов либо выводов в форме крыла чайки, и

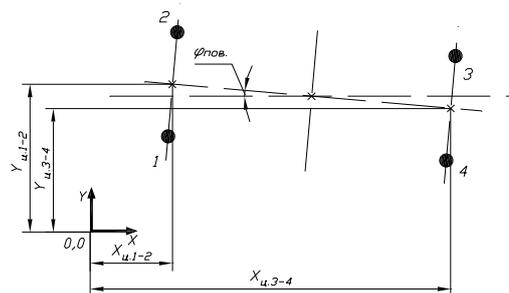


Рис. 6. К определению угла поворота ЭК, 4 ф.м., метод 3).

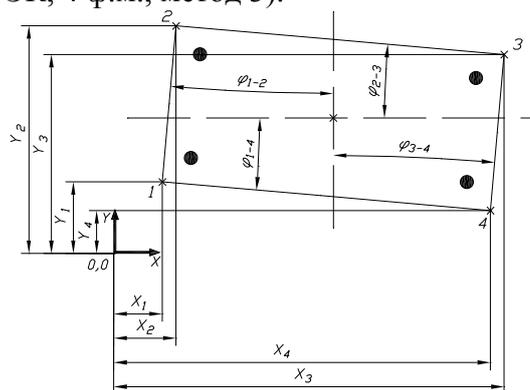


Рис. 7. К определению угла поворота ЭК, 4 ф.м., метод 4).

одновременно не несущих на корпусе достаточного количества фидуциальных маркеров для применения методов, описанных ранее.

Схема к определению центра ЭК с выводами в форме крыла чайки представлена рис. 9, для ЭК с J-выводами – на рис. 10.

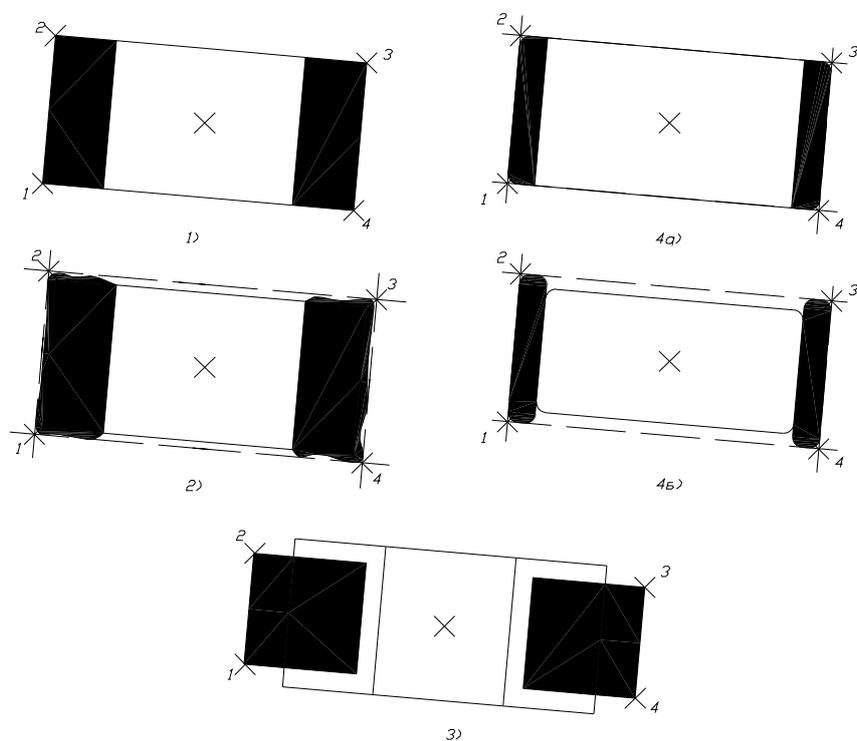


Рис. 8. Графическое представление углов корпуса для ЭК различных типов. 1) чип-резисторы; 2) чип-конденсаторы; 3) Ta(Nb)-конденсаторы; 4) MELF.

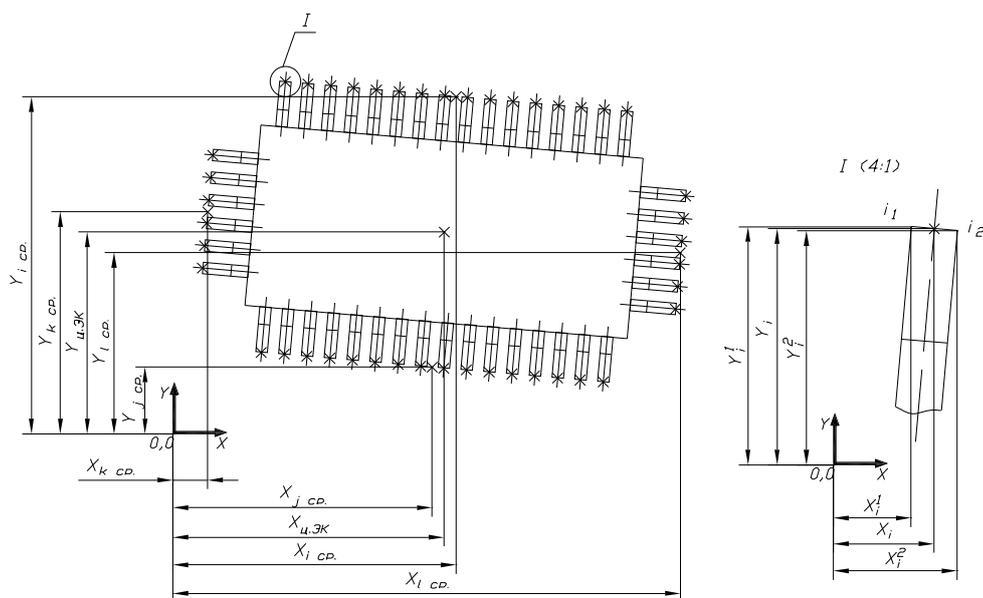


Рис. 9. Определение координат центра выводов в форме крыла чайки.

На рисунках показаны корпуса с четырехсторонним расположением выводов.

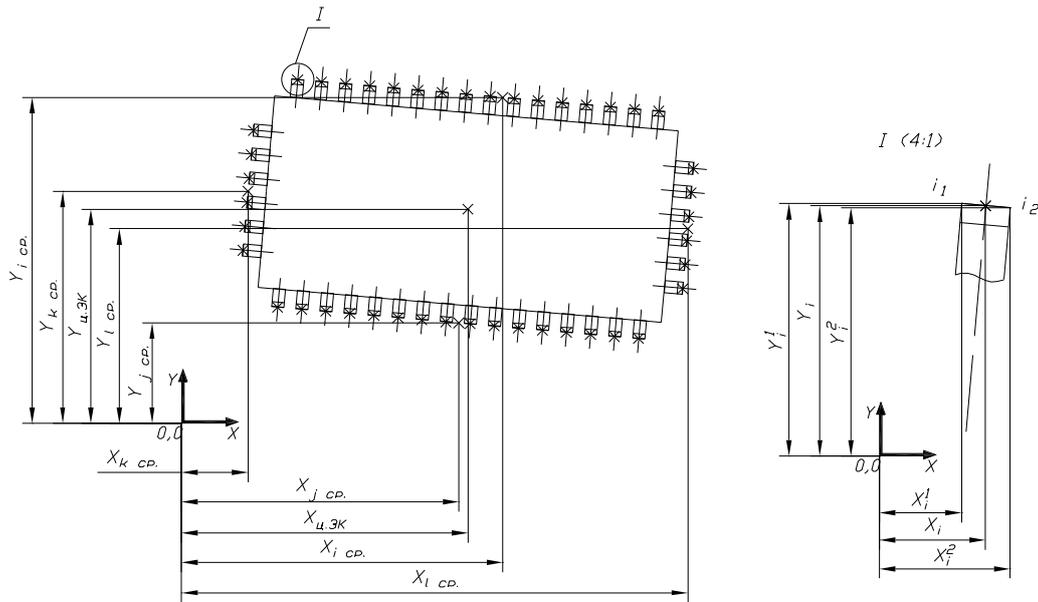


Рис. 10. Определение координат центра J-выводов.

Координаты средней точки выводов по четырем сторонам ЭК с индексами $i = \overline{1...m}$, $j = \overline{1...n}$, $k = \overline{1...u}$, $l = \overline{1...v}$ определяются приведенным ниже формулам. На рис. 11 показаны особенности определения средней точки вывода для транзисторных корпусов TO-252 [TS-003] (а) и SOT-89 [TO-243] (б) и подобных им, имеющих на одной из сторон широкий вывод, служащий одновременно тепловодом.

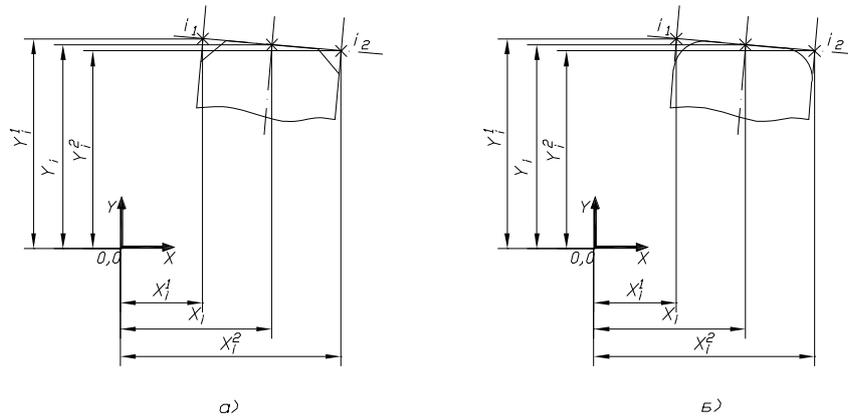


Рис. 11. Определение координат средней точки вывода корпусов ЭК. а) тип TO-252 [TS-003]; б) тип SOT-89 [TO-243].

$$X_i = \frac{X_i^1 + X_i^2}{2}; Y_i = \frac{Y_i^1 + Y_i^2}{2}; X_j = \frac{X_j^1 + X_j^2}{2}; Y_j = \frac{Y_j^1 + Y_j^2}{2};$$

$$X_k = \frac{X_k^1 + X_k^2}{2}; Y_k = \frac{Y_k^1 + Y_k^2}{2}; X_l = \frac{X_l^1 + X_l^2}{2}; Y_l = \frac{Y_l^1 + Y_l^2}{2}.$$

Положение центра корпуса по осям X и Y определяется по усредненным координатам всех измеренных средних точек выводов.

В случае корпуса с двухсторонним расположением выводов:

$$X_{ц.ЭК} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i + \sum_{j=1}^n X_j}{m+n}; Y_{ц.ЭК} = \frac{\sum_{i=1}^m Y_i + \sum_{j=1}^n Y_j}{m+n} \text{ либо}$$

$$X_{ц.ЭК} = \frac{\sum_{k=1}^u X_k + \sum_{l=1}^v X_l}{u+v}; Y_{ц.ЭК} = \frac{\sum_{k=1}^u Y_k + \sum_{l=1}^v Y_l}{u+v}$$

в зависимости от ориентации ЭК на ПП и расположения выводов вдоль длинной (SOIC, SOP, SOJ, TSOP (I)) или короткой (TSOP(II)) сторон корпуса.

В случае корпуса с четырехсторонним расположением выводов:

$$X_{ц.ЭК} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i + \sum_{j=1}^n X_j + \sum_{k=1}^u X_k + \sum_{l=1}^v X_l}{m+n+u+v}; Y_{ц.ЭК} = \frac{\sum_{i=1}^m Y_i + \sum_{j=1}^n Y_j + \sum_{k=1}^u Y_k + \sum_{l=1}^v Y_l}{m+n+u+v}.$$

При определении угла поворота корпуса возможны два варианта расчета. Первый подобен методам 2), 3) и 5) определения угла поворота ЭК при наличии четырех фидуциальных маркеров. При этом каждая линия определяется координатами двух средних точек выводов, получаемых усреднением координат средних точек всех выводов каждой стороны корпуса, и в результате получаются четыре (в случае четырехстороннего корпуса) либо две (в случае двухстороннего корпуса) точки:

$$X_{i.ср.} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{m}; Y_{i.ср.} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{m}; X_{j.ср.} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}; Y_{j.ср.} = \frac{\sum_{j=1}^n Y_j}{n};$$

$$X_{u.ср.} = \frac{\sum_{k=1}^m X_k}{u}; Y_{u.ср.} = \frac{\sum_{k=1}^m Y_k}{u}; X_{v.ср.} = \frac{\sum_{l=1}^m X_l}{v}; Y_{v.ср.} = \frac{\sum_{l=1}^m Y_l}{v}.$$

Методы рассмотрены ниже:

- 1) по углу наклона линии, соединяющей средние точки i и j:

$$\varphi_{пов.}^1 = \arctg \left(\frac{X_{i.ср.} - X_{j.ср.}}{Y_{i.ср.} - Y_{j.ср.}} \right).$$

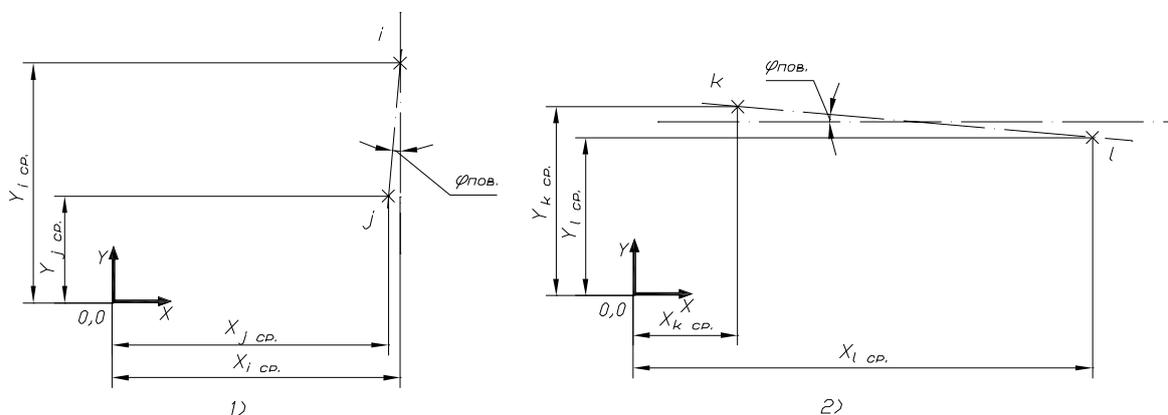


Рис. 12. К определению угла поворота ЭК, средние точки выводов по сторонам корпуса, методы 1) и 2).

- 2) по углу наклона линии, соединяющей средние точки k и l:

$$\varphi_{пов.}^2 = \arctg \left(\frac{Y_{k.ср.} - Y_{l.ср.}}{X_{l.ср.} - X_{k.ср.}} \right).$$

- 3) по среднему углу между определенными углами по методам 1) и 2):

$$\varphi_{пов.}^3 = \frac{\varphi_{пов.}^1 + \varphi_{пов.}^2}{2}. \text{ Данный метод применим только для ЭК с четырехсторонним}$$

расположением выводов.

Второй вариант расчета связан с проведением линий, равноудаленных от средних точек выводов по каждой стороне корпуса (рис. 13). Угол поворота ЭК вычисляется как средний угол между линиями, угол наклона которых к осям OX и определяется по методу наименьшей суммы квадратов [3].

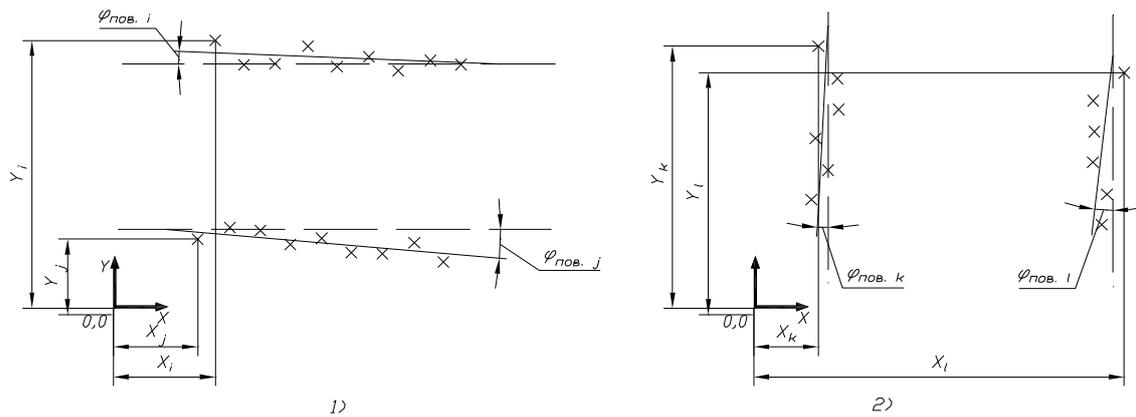


Рис. 13. К определению угла поворота ЭК, линии, равноудаленные от средних точек выводов, методы 1) и 2).

1) по среднему углу наклона линий по сторонам корпуса с индексами i и j :

$$\varphi_{\text{пов.}i} = \arctg \left(\frac{m \sum_{i=1}^m X_i Y_i - \sum_{i=1}^m X_i \sum_{i=1}^m Y_i}{m \sum_{i=1}^m X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^m X_i \right)^2} \right); \quad \varphi_{\text{пов.}j} = \arctg \left(\frac{n \sum_{j=1}^n X_j Y_j - \sum_{j=1}^n X_j \sum_{j=1}^n Y_j}{n \sum_{j=1}^n X_j^2 - \left(\sum_{j=1}^n X_j \right)^2} \right);$$

$$\varphi_{\text{пов.}}^1 = \frac{\varphi_{\text{пов.}i} + \varphi_{\text{пов.}j}}{2}.$$

2) по среднему углу наклона линий по сторонам корпуса с индексами k и l :

$$\varphi_{\text{пов.}k} = \arctg \left(\frac{u \sum_{k=1}^u X_k Y_k - \sum_{k=1}^u X_k \sum_{k=1}^u Y_k}{u \sum_{k=1}^u X_k^2 - \left(\sum_{k=1}^u X_k \right)^2} \right) - 90; \quad \varphi_{\text{пов.}l} = \arctg \left(\frac{v \sum_{l=1}^v X_l Y_l - \sum_{l=1}^v X_l \sum_{l=1}^v Y_l}{v \sum_{l=1}^v X_l^2 - \left(\sum_{l=1}^v X_l \right)^2} \right) - 90;$$

$$\varphi_{\text{пов.}}^2 = \frac{\varphi_{\text{пов.}k} + \varphi_{\text{пов.}l}}{2}.$$

3) по среднему углу между определенными углами по методам 1) и 2):

$$\varphi_{\text{пов.}}^3 = \frac{\varphi_{\text{пов.}}^1 + \varphi_{\text{пов.}}^2}{2}. \quad \text{Данный метод применим только для ЭК с четырехсторонним расположением выводов.}$$

Литература

1. Hans Danielsson. Surface Mount Technology with Fine Pitch Components: The Manufacturing Issue — Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, 1994 — 256 p.
2. IPC-9850. Surface Mount Placement Equipment Characterization — IPC, Northbrook, Illinois, 2002 — 52 p.
3. Парфенов Е.М., Бадалов Ю.И., Мешков С.А. Методы определения коэффициентов влияния погрешностей параметров элементов на выходные параметры электрических цепей: Учеб. пособие по курсу «Конструирование РЭС»/ под ред. Е.М. Парфенова. — М.: МГТУ, 1991 — 31 с., ил.

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧИ

Рассказова С.И.

научный руководитель: к.т.н. Власов А.И.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,
кафедра “Конструирование и производство ЭА”.

SOE APPROACHES TO TECHNOLOGY OF SPEECH SIGNAL FREQUENCY CHARACTERISTIC EXTRACTION

Rasskazova S.I.(student of 6-th year)

the scientific chief: Ph.D. Vlasov A.I.

Bauman Moscow State Technical University,
Department of Design and Equipment of Electronic System.

Аннотация. В данной работе были проанализированы методы, используемые для получения частотных характеристик звукового сигнала. Были исследованы альтернативные устройства выделения спектральных характеристик, позволяющие упростить процесс анализа звука и уменьшить искажения.

Abstract. In this paper methods used for getting speech signal frequency characteristics were analyzed. There were researched alternative devices of spectral characteristic extraction which allow simplifying a process of sound analyzing and decreasing distortions.

Задача распознавания речи имеет в настоящее время немаловажное значение. В качестве элементарных единиц распознавания обычно выделяют домены, фонемы, слоги или слова. Широкое применение для распознавания этих единиц нашли такие методы распознавания, как динамическое программирование, скрытые марковские модели (СММ), нейронные сети, деревья решений, нечеткий поиск. Основой для распознавания являются спектральные характеристики фрагментов речевого сигнала.

Широко применяемые в настоящее время алгоритмы выделения частотных характеристик используют цифровые сигналы в качестве входных данных. Последовательность оцифровки звукового сигнала и получения частотных характеристик представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема получения частотных характеристик речи.

1. Ввод звука (микрофоны)

Для ввода звука используются микрофоны. Принцип действия микрофона заключается в преобразовании звуковых колебаний в электрические таким образом, чтобы содержащаяся в звуке информация не претерпевала заметных изменений. Мембрана (диафрагма) микрофона воспринимает и передает колебания звукового давления элементу, осуществляющему их преобразование в электрический сигнал.

Микрофоны могут классифицироваться по способу преобразования колебаний и по виду характеристики направленности (рис. 2).

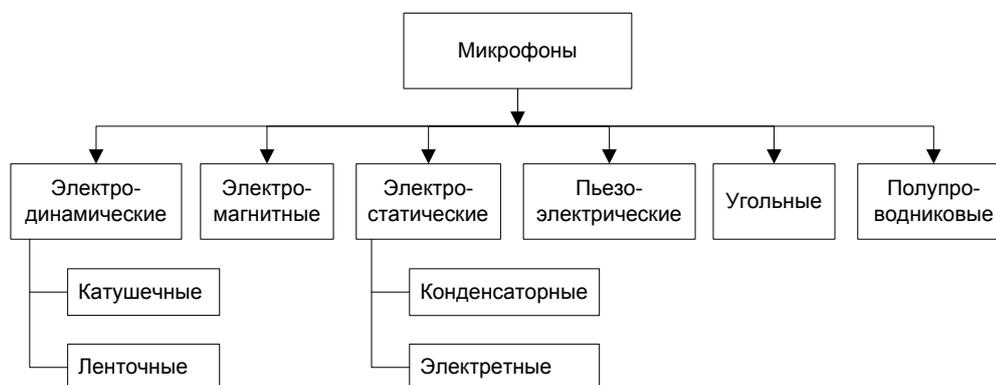


Рис.2. Классификация микрофонов.

Принцип действия *электродинамических микрофонов* (рис. 3 и 4) заключается в преобразовании колебаний звукового давления в механические колебания диафрагмы и связанной с ней катушки индуктивности (в катушечных микрофонах) или ленты (в микрофонах ленточных) в магнитном поле постоянного магнита. Это приводит к возникновению в катушке или ленте э.д.с. самоиндукции, в изменении которой и заложена информация.

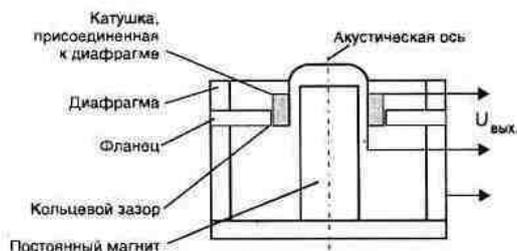


Рис. 3. Электродинамический катушечный микрофон.

Динамические микрофоны довольно массивны, обеспечивают хорошее качество звучания. Их можно держать в руке, не вызывая нежелательного шума и применять во всех типах крепления микрофонов.

Хотя этот тип микрофона чувствительный и ненаправленный, его чувствительность более направлена в области высоких частот.

Ленточные микрофоны (рис. 4) обеспечивают высокое качество звука. Их главные недостатки - это размеры и хрупкость, ломкость, т.к. ветер вызывает вибрации и может повредить микрофон; а также возможность перегрузки близкими громкими звуками.



Рис. 4. Электродинамический ленточный микрофон.

Электростатические микрофоны широко используются в профессиональных целях.

В *конденсаторных электростатических микрофонах* (рис. 5) жестко натянутая мембрана под действием изменяющегося звукового давления совершает колебательные движения относительно неподвижного электрода. Эти два элемента составляют конденсатор, являясь его обкладками. При колебаниях мембраны емкость конденсатора изменяется с

частотой воздействующего на мембрану звукового давления. В электрической цепи появляется переменный ток, пропорциональный звуковому сигналу.

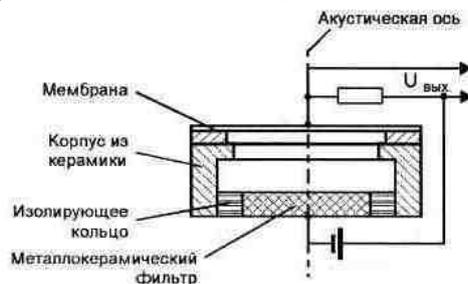


Рис. 5. Конденсаторный микрофон.

Конденсаторные микрофоны обладают высоким звуковым качеством и идеальны при записи музыки. Они крепятся к микрофонному штативу, микрофонному журавлю или же подвешиваются на месте съемки. Главные недостатки этого микрофона в том, что он относительно большой и может перегружаться очень громкими звуками. Ему необходимо специальное энергопитание.

Электретные микрофоны по принципу действия не отличаются от конденсаторных, однако эффективность преобразования сигнала в них выше, т. к. напряжение на обкладках конденсатора обеспечивается не только обычным внешним источником, но и электрическим зарядом мембраны или неподвижного электрода. Материал этих элементов обладает электретным свойством — способностью сохранять заряд длительное время.

Они популярны в видеопроизводстве из-за своей относительно небольшой цены, малых размеров и легкой приспособляемости. Электретный микрофон можно использовать как индивидуальный микрофон, крепящийся к одежде, отдельно или в паре с еще одним микрофоном в качестве запасного, вспомогательного. Электретный микрофон также может использоваться на небольшом штативе или микрофонном журавле, и внутри параболического отражателя.

Он имеет хорошее качество звучания, хотя, как этого можно ожидать, он иногда приглушает звук, если его носят под одеждой как "потайной микрофон".

К сожалению, со временем качество передачи звука микрофоном (высокие частоты, чувствительность) ухудшается, и фоновое шипение увеличивается. Высокая влажность, жара и пыль приводят к неисправности.

Электромагнитные и пьезоэлектрические (рис. 6) микрофоны не получили распространения в звукозаписи из-за узкого частотного диапазона и неравномерной частотной характеристики.

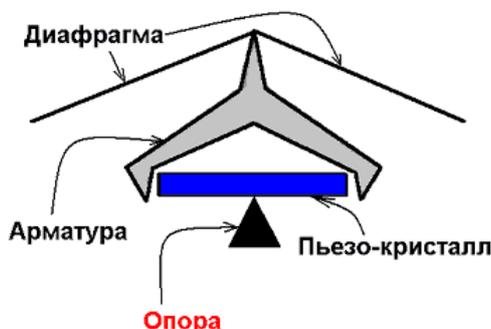


Рис. 6. Схема пьезоэлектрического микрофона

Кристаллические микрофоны весьма дешевы, высокочувствительны и миниатюрны, но хрупки. Качество звука может быть адекватно речи, если высокая точность не важна, например, во время записи интервью в "полевых условиях". Их также используют в качестве контактных микрофонов для некоторых музыкальных инструментов (например, электрогитар).

2. Оцифровка

Электрический сигнал с микрофона поступает в АЦП, осуществляющий оцифровку входного сигнала. Оцифровка сигнала заключается в дискретизации по времени и квантовании дискретизированного сигнала по уровню.

Процесс дискретизации - это процесс получения значений величин преобразуемого сигнала в определенные промежутки времени. Дискретизация сигнала проводится с частотой не меньше удвоенной частоты Найквиста для исключения появления в спектре сигнала ложных частот.

Дискретизация может быть равномерной (постоянный шаг) и неравномерной (появляется потребность в хранении значения шага между каждой парой отсчетов).

Квантование - процесс замены реальных значений сигнала приближенными с определенной точностью.

Основными искажениями, вносимыми на этапе оцифровки, являются гранулярный шум и джиттер (jitter).

Гранулярный шум возникает из-за округления амплитуды до ближайшего дискретного значения (уровня) и представляет собой гармонические искажения сигнала, наиболее заметные в верхней части спектра. Мощность гранулярного шума обратно пропорциональна количеству ступеней квантования, однако из-за логарифмической характеристики слуха при линейном квантовании (постоянная величина ступени) на тихие звуки приходится меньше ступеней квантования, чем на громкие, и в результате основная плотность нелинейных искажений приходится на область тихих звуков.

Искажения, вносимые гранулярным шумом, можно уменьшить путем добавления к сигналу обычного белого шума (случайного или псевдослучайного сигнала), амплитудой в половину младшего значащего разряда; такая операция называется сглаживанием (dithering). Это приводит к незначительному увеличению уровня шума, зато ослабляет корреляцию ошибок квантования с высокочастотными компонентами сигнала и улучшает субъективное восприятие. Сглаживание применяется также перед округлением отсчетов при уменьшении их разрядности.

Джиттер представляет собой дрожание (быстрые колебания) фазы моментов срабатывания АЦП или ЦАП, приводящее к нарушению первоначальной формы сигнала.

3. Выделение фрагментов речи

После оцифровки речевой сигнал разбивается на последовательность фрагментов с целью их последующего распознавания. Речевой сигнал может разбиваться как на фиксированные отрезки, так и на отрезки переменной длины.

Для получения фиксированных отрезков поступивший сигнал разбивают на кадры длиной около 10 мс. Считается, что сигнал такой длины меняется незначительно. Для выделения фрагментов используются окна частотного взвешивания.

Разбиение речевого сигнала может также происходить на участки, соответствующие отдельным фонемам, доменам, словам, фразам.

4. Получение частотных характеристик фрагмента речи

Каждый из кадров сигнала, полученных на предыдущем шаге, обрабатывается с целью получения частотных характеристик сигнала. Для этого используются следующие математические методы:

- анализ Фурье,
- кепстральный анализ (рис. 7)



Рис. 7. Схема кепстрального анализа

- *линейное предсказание,*
- *перцепционное линейное предсказание,*

Чаще всего применяется разновидность *преобразования Фурье* – быстрое преобразование Фурье:

$$X(n) = \sum_{m=0}^{N/2-1} x(2m)e^{-j\frac{2\pi 2mn}{N}} + \sum_{m=0}^{N/2-1} x(2m+1)e^{-j\frac{2\pi(2m+1)n}{N}},$$

где

$X(n)$ – коэффициенты Фурье, представляющие собой значения спектральной функции отрезка сигнала на частоте $\omega_n = \omega_d n/N$;

N – число отсчетов на отрезке сигнала,

$x(k)$ – значение k -го отсчета.

При этом необходимо выполнить $N \log_2 N$ пар «умножение – сложение».

Линейное предсказание следующего отсчета вычисляется как взвешенная сумма предыдущих отсчетов:

$$\hat{s} = \sum_{i=1}^p a_i s_{n-i},$$

где s_k – k -й отсчет, a_i – коэффициенты линейного предсказания, вычисляемые методами ковариации и автокорреляции.

Комбинация ДПФ и техники линейного предсказания представляет *перцепционное линейное предсказание* (ПЛП).

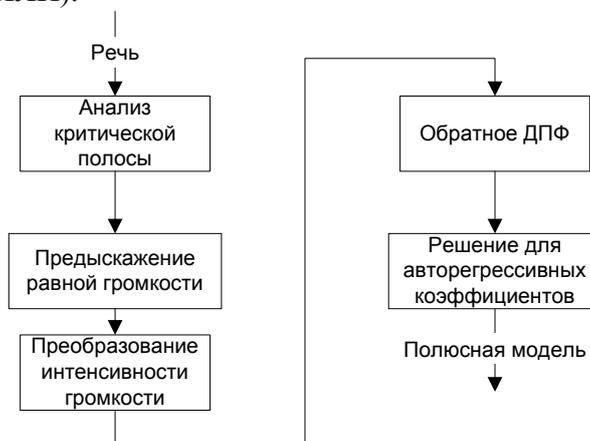


Рис. 8. Перцепционное линейное предсказание.

Результатом описанных выше методов является набор значений спектральной функции сигнала.

Описанный выше процесс получения спектра сигнала имеет ряд недостатков.

Во-первых, оцифровка вносит в сигнал нежелательные шумы, такие как гранулярный шум и джиттер (см. выше).

Во-вторых, следующее за оцифровкой вычисление спектральных характеристик отрезка сигнала представляет собой длительный процесс и требует больших вычислительных мощностей.

Цифровое представление звука ценно, прежде всего, возможностью бесконечного хранения и тиражирования без потери качества, однако преобразование из аналоговой формы в цифровую и обратно все же неизбежно приводит к частичной его потере и искажениям (см. выше).

Рассмотренные выше методы цифровой обработки сигнала применяются в настоящее время для получения спектральных характеристик, используемых в методах распознавания речи. Однако, применяя современные достижения в области устройств преобразования звука, можно преобразовать схему на рис. 1 к следующему виду (рис. 9).

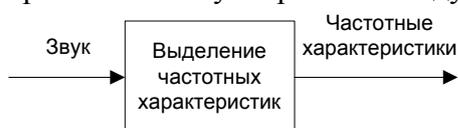


Рис. 9. Схема получения частотных характеристик речи

Ввод звука может быть построен на базе следующих устройств:

1. *Резонаторный микрофон* (рис. 10).

Этот микрофон использует явление резонанса и представляет собой набор из 37 алюминиевых трубок диаметром 10 мм.

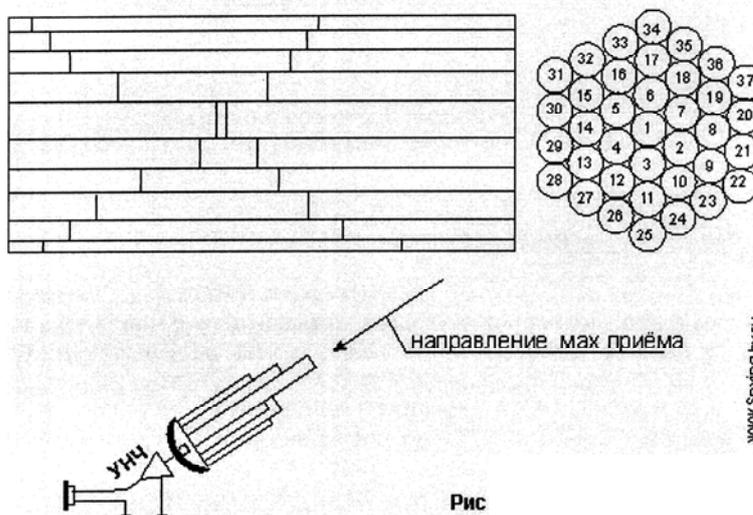


Рис. 10. Резонансный микрофон.

Длина каждой трубки определяет ее резонансную частоту и вычисляется по формуле:

$$L = \frac{330}{2F}, \text{ где } F \text{ – резонансная частота трубки, Гц.}$$

Длине 20 мм соответствует частота 8200 Гц, а длине 920 мм – частота 180 Гц.

При подаче речевого сигнала на микрофон возникает резонанс в трубках, соответствующих спектру сигнала в данный момент времени. Таким образом, можно определить спектральный состав сигнала напрямую, не прибегая к сложным вычислениям.

2. Пневмоакустика.

В основе пневмоакустики лежит явление чувствительности к звуку ламинарной газовой струи. На периферии такой струи, исходящей из некоторого сопла, возникают крошечные вихри, движущиеся вместе со струей и разрастающиеся по мере удаления от сопла (собственная частота вращения вихрей зависит от поперечных размеров и скорости газовой струи). Эти вихри приводят к тому, что на некотором удалении от сопла поток становится турбулентным. При воздействии на ламинарную струю звука, частота которого совпадает с частотой вращения вихрей на периферии, наступает явление резонанса: вихри увеличиваются быстрее, т.к. энергия звуковой волны будет добавляться к энергии вихрей. Ламинарный участок струи укорачивается. При этом чем громче будет звук, тем короче будет этот участок.

Разрушая звуком ламинарную струю, американский инженер Р. Оджер создал акустико-пневматический турбулентный преобразователь - пневмофон.

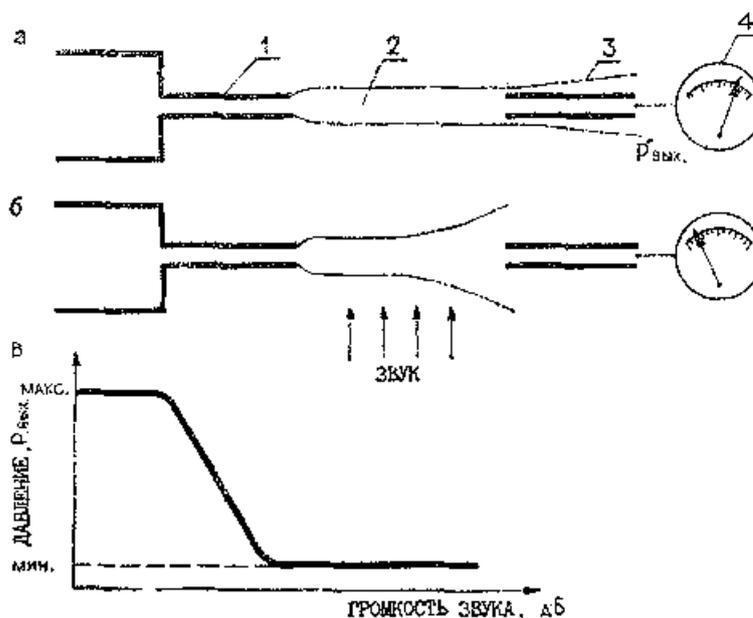


Рис. 11. Пневмофон Оджера

Принцип действия пневмофона Оджера (рис. 11): 1 - питающее сопло; 2 - струя; 3 - приемное сопло; 4 - индикатор выходного давления. Когда звук отсутствует (а), приемное сопло находится на ламинарном участке струи. Звук укорачивает ламинарный участок (б); в зоне турбулентного конуса струя растекается в пространстве и приемное сопло воспринимает только 10-15 % энергии струи. Чем громче звук, тем короче ламинарный участок, что и отражается на звуковой характеристике (в) падением выходного давления. Пневмофон позволяет определять лишь конкретную частоту звука. Для определения набора частот необходимо использовать несколько пневмофонов.

3. Кремниевые транзисторы

В настоящее время разработан кремниевый вариант передней части ушного лабиринта на базе КМОП-транзистора.



Рис. 12. Транзисторная «ушная раковина».

На начальном уровне кремниевый ушной лабиринт выполняет преобразование «частота – координата»: любая частота звука преобразуется в импульс на определенном выходном участке.

Создание предлагаемых альтернативных устройств получения спектральных характеристик звукового сигнала позволит исключить сложные и длительные алгоритмы вычисления характеристик по оцифрованному сигналу и сам процесс оцифровки, вносящий немалые искажения в исходный сигнал.

Литература

1. И.М. Аладин, И.И. Дежурный, Н.И. Козленко. Единство и борьба противоположностей (Перспективы аналоговых и цифровых технологий на рынке средств связи).
<http://bester-ltd.ru/polez/analog/analog.htm>
2. Ш.Вахитов. Современные микрофоны и их применение. Журнал "Радио", № 11, 1998г.
3. И. Коган. Пневмоакустика. <http://w-rabbit.narod.ru/raznoe/pnevmo.htm>
4. Направленный микрофон. http://spying.by.ru/spying/page_05_spying.shtml
5. К.Пэрд. Кремниевые нейроны в аналоговом мире. ComputerWorld, № 13, 2001 г.

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ БИБЛИОТЕКИ

Захарова М. А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Резчикова Е. В.
МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

DESIGNING OF VIRTUAL MULTIMEDIA LIBRARY

Zakharova M. A.

Ph.D., assistant-professor Rezchikova E. V.
BMSTU, Moscow, Russia
E-mail: sirriniti@mail.ru

Аннотация

В данной работе рассматриваются этапы создания и структура виртуальной мультимедийной библиотеки по конструкторско-технологической тематике. Основная отличительная особенность разрабатываемой библиотеки – возможность размещения ее в глобальной сети Интернет и просмотра с помощью веб-браузера.

Abstract

This paper is related to the stages of developing and structure of virtual multimedia library in design and technological branch of science. The main differentia of this library is possibility of publishing it in Internet and viewing by browser.

Введение

Одним из основных источников информации в процессе обучения современного студента является библиотека. Библиотека в обычном понимании представляет собой каталог книг, периодических изданий, научных трудов и т.д. Однако у такого источника информации есть существенные недостатки, особенно заметные на фоне стремительно развивающихся компьютерных информационных технологий. Одним из основных недостатков является географическая удаленность источника информации от студента. Другим — высокая трудоемкость и низкая скорость поиска информации. В лучшем случае в современных библиотеках созданы электронные каталоги, позволяющие вести поиск изданий по автору, названию, аннотации. Контекстный поиск обычно не реализован. Третьим существенным недостатком классической библиотеки является невозможность демонстрации студенту мультимедийной информации (звукового и видеоматериала и т.п.). И, наконец, обучающийся не имеет возможности интерактивно получать материал. Естественным решением этих проблем является создание на основе книг, научных трудов и других материалов (в том числе и печатных) полнотекстового информационного ресурса в виде гипертекста. Такой подход позволяет представить любую мультимедийную информацию, обеспечивает интерактивное взаимодействие студента с библиотекой при условии использования динамических гипертекстовых страниц, позволяет мгновенно получать доступ ко всей информации из сети Интернет и обеспечивает возможность быстрого полнотекстового поиска по всей библиотеке. Единственным ограничением в таком подходе является объем представляемой информации. Как показывает опыт, реализовать в таком виде библиотеку уровня вузовской (не говоря уже о государственной) с незначительными материальными затратами не удастся. Однако такой подход, тем не менее, легко реализуем в случае узкой специализации размещаемой информации.

Мультимедиа — это совокупность программных и аппаратных средств, информационных технологий, творческих идей служащих для представления информации в виде единой среды, включающей в себя текст, графику, звук и видео. В общем случае мультимедиа-продукция обладает определенной степенью интерактивности.

Виртуальная информация — электронная информация, входящая в общий информационный ресурс. Эта информация может быть интерактивной и пассивной.

Интерактивный материал — это материал, в котором обучающийся на определенных этапах получения информации может выбрать продолжение сюжета.

Виртуальная мультимедийная библиотека может выполнять функцию как справочного материала, так и учебного. Благодаря свойству интерактивности, библиотека позволяет управлять демонстрацией отдельных информационных фрагментов. Как правило, пользователь сам определяет наиболее сложные, с его точки зрения, фрагменты изучаемого материала и приступает к более углубленному их изучению. Опыт применения виртуальных мультимедийных библиотек свидетельствует о том, что данное направление является весьма перспективным как при использовании в учебных центрах, так и при самостоятельной подготовке. Пользователями отмечается высокий уровень преподнесения учебного материала, простота процесса обучения, повышение уровня запоминания.

Уровень усвоения материала в большой степени зависит от темпа учебной работы. Замедленный темп рассеивает внимание, снижает активность обучаемых. Ускоренный темп также неблагоприятен: большинство не успевает воспринимать учебный материал, утомляется, отстает, и реакцией на это также является ослабление и рассеивание внимания. Использование виртуальных библиотек позволяет пользователю самому выбирать наиболее приемлемый темп обучения.

Благодаря удобному интерфейсу виртуальная мультимедийная библиотека позволяет пользователю легко и очень быстро находить нужную информацию, а мультимедийное представление информации значительно упрощает восприятие материала и позволяет пользователю видеть ситуацию в виде, максимально приближенном к реальному.

Цель создания виртуальной мультимедийной библиотеки

Целью создания виртуальной мультимедийной библиотеки является предоставление справочной информации, обучение пользователей и демонстрация технологии поверхностного монтажа на любом персональном компьютере, подключенном к сети Интернет.

Этапы разработки библиотеки

1. Анализ предметной области.

Были собраны и проанализированы текстовые и мультимедийные материалы по теории и практике поверхностного монтажа, проведена их классификация (рис.3):

- элементная база;
- технология;
- технологическое оборудование;
- различные методики расчетов, применяющихся в поверхностном монтаже;
- научно-исследовательские работы по теме;
- литературные источники.

2. Выбор формата файлов.

Вся информация библиотеки хранится в виде гипертекстовых файлов. Этот формат хранения информации позволяет размещать наряду с текстовой графическую, видео- и аудиоинформацию. Интерактивность в таком подходе реализуется применением серверных языков обработки гипертекста, например ASP (для серверной платформы Windows NT) или PHP (для платформы UNIX-систем).

3. Выбор инструментальной среды для разработки библиотеки.

В качестве среды для разработки гипертекстовых страниц и динамических серверных сценариев используется программа Macromedia Dreamweaver MX, для разработки Flash-роликов был выбран программный продукт компании Macromedia Flash MX. Для обработки видеоинформации используется программа Adobe Premiere 6.0, для графической информации Adobe Photoshop 7.01.

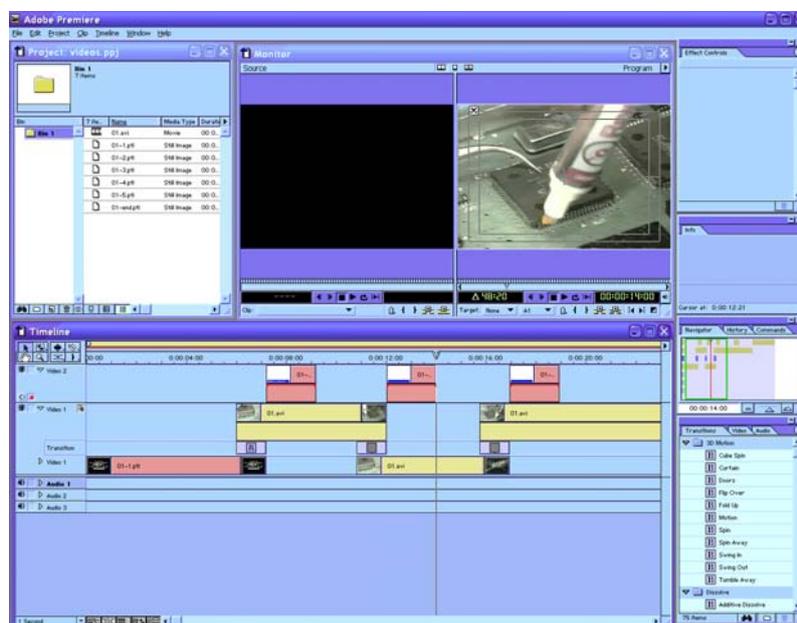


Рис.1. Использование Adobe Premiere



Рис.2. Использование Macromedia Flash

4. Доработка и подключение поисковой системы.

Поисковая система реализует контекстный полнотекстовый поиск по всем гипертекстовым файлам библиотеки. Система реализована на основе СУБД MySQL и серверных сценариев PHP.

5. Создание библиотеки.



Рис.3. Структура библиотеки

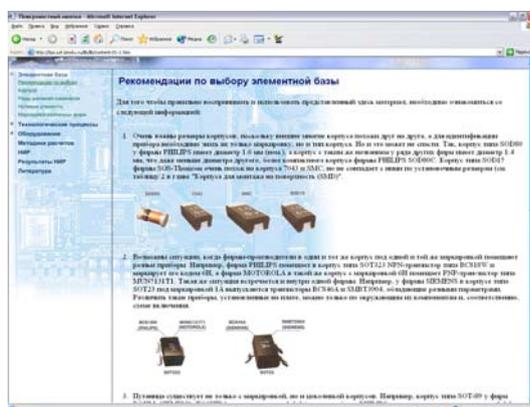


Рис.4. Гипертекстовая страница библиотеки

Литература

1. Основные понятия мультимедиа. <http://do.sssu.ru/virt/library/uchebnik/mult/foundmul.html>.
2. Extensible Markup Language (XML). <http://www.w3.org/XML/>.
3. PHP: Hypertext Preprocessor. <http://www.php.net/>.
4. Macromedia Dreamweaver MX. <http://www.macromedia.com/software/dreamweaver/>.
5. Macromedia Flash MX. <http://www.macromedia.com/software/flash/>.
6. Информационные и коммуникационные технологии и развитие человеческих ресурсов. Триндаде А.Р. <http://www.mesi.ru/joe/st215.html>.

СМЕШИВАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ЯЗЫКОВ В ПРОГРАММИРУЕМОМ КОНТРОЛЛЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНДАРТА GRAFCET

Братков М.В.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент Власов А.И.

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

BLENDING MULTIPLE LANGUAGES IN A PROGRAMMABLE CONTROLLER USING GRAFCET

Bratkov M. V.

Scientific chief: candidate of science, assistant professor Vlasov A.I.

BMSTU, Moscow, Russia

E-mail: bratkovm@mfd.ru

Аннотация.

Стандарт Grafset, применяемый в США с 1984 года, является языком графического описания, позволяющим программисту изобразить свой бизнес-процесс или программу в виде блок-схемы или последовательной диаграммы функций, состоящей из этапов, переходов и линий связи. Каждый этап мнемонически описывается на экране и раскрывается в более детальную блок-схему или в программу, написанную на языке, который непосредственно выполняет действия, ассоциированные с тем этапом. Для этого доступны такие языки как Ladder, Literal (язык управления похожий на Бейсик), Си или функции сообщений.

Abstract.

Grafset, introduced to USA in 1984 is a graphically expressed language that allows the programmer to represent his process or program as a flowchart or sequential function chart consisting of steps, transitions and flow lines. Any given step is described mnemonically on the screen and leads to a more detailed flowchart or to a program written in a language which actually perform the actions associated with that step. Languages available are Ladder, Literal (a Basic-like control language), 'C' or Message Functions.

In searching for a model on which to base a new programmable controller language there are few in computing to choose from. There are certainly more powerful and elegant software tools available in general purpose software if one is only concerned about translating system operational needs into code. Industrial automation languages, however have always had to address other needs and issues as well. Such as:

- The need for graphical presentation for ease of use.
- The need to adopt a format with some familiarity to the large pool of existing control designers and system troubleshooters.
- A true, real-time input/output orientation that excels at handling large number of I/O, be they discrete point, analog points or numerical values.
- Built-in debugging and troubleshooting aids.
- Predictability and repeatability at run time.

Ladder logic in the programmable controller has been the dominant choice for most types of automation over the last 10 years because it has addressed these requirements so well.

There are some problems and deficiencies in Ladder that many users are all too familiar with:

- As a program grows large, it documents very poorly and is difficult to follow for anyone except the original writer – sometimes escaping even his or her own understanding.
- It is really not optimal for sequential or time dependent control problems usually causing some difficulty in following another's program segments and in recombining them into new programs.
- It is an awkward language for data manipulation and advanced mathematics.
- It does little or nothing to help the coordination that must occur between the machine or process designer and the control engineer.

Two major trends have exacerbated these problems and are having a major affect on control systems design:

- While hardware prices have dropped dramatically, function for function, software implementation costs being labor intensive, continue to rise.
- Demand for greater manufacturing quality and productivity has in turn demand more sophisticated automation. Ultimately, much more competence is required from the programmable controller than it can reasonably deliver with Ladder Logic alone.

The Programmable Controller Industry has responded to these pressures by enhancing and appending the function block instruction set found in Ladder, by co-processing data in a separate module or by communicating to outside devices to supplement the programmable controller functionality. A myriad of such fixes have overburdened the poor Ladder, interfered with real-time requirements of the control system and contributed an additional degree of complexity to the logic design process.

Grafcet's roots extend to Europe, specifically France, where the search for an alternative to the electromechanical relay approach to logic design was initiated in the mid 1970's. A joint industry and government efforts undertook to define a new approach based on logic states, steps and possible graphic representation of these ideas. Their work led to a French standard (NF C000-190) and there are current hopes for are international adoption of this or a similar standard.

A good description of the status of programmable controller standards as they might relate to Grafcet can be found in Control Engineering Magazine, October 1985 entitled "Graphical Function Chart Programming for Programmable Controllers" by Mile Lloyd of "Telemecanique".

A Grafcet software package can now be found in North America in a line of programmable controllers and it is this particular version that will be described and discussed herein.

It is important to note that the use of Grafcet by itself does not result in an executable program segments and controlling program flow. The user must still write final code in a language such as Ladder. The Grafcet package provides a major advantage in that it provides a choice of languages and allows a blend of these in the same program. Where Ladder serves best it may be used to full advantage. Where math or structured data routines are needed, a Basic-like language may be selected, etc.

There are only three basic elements to a Grafcet chart. Steps, Transitions and flow lines. A Step is used to define an action. The step is numbered and its principal function may be described via mnemonics on the programming screen. There are three types of steps that will be described below.

The Transition is identified by the step number that leads to it and the step number that follows it and is also described by a mnemonic statement on the screen. Flow lines tie steps and transitions together to form complete charts.

There are three types of steps that a programmer may utilize. The first is called an Initial Step and it is used to define for the system what it should do when it is powered up for the first time or during subsequent restarts. There may be many initial steps in a given program to define these starting conditions.

A normal Step is the primary element in a Grafcet chart. It is numbered, mnemonically labeled and zooms directly to a specific section of user written program in his or her language choice.

The third type of step is a Macro Step. One is a very exciting enhancement to the Grafcet standard is made available exclusively in the Maxitron Programmable Controller (USA) and in the Telememecanique line (else where in the world). When a major action associated with a step is complex and lends itself to further segmentation, the programmer may elect to user the third type of step, the Macro Step. A Macro step leads not to Ladder or any other control language but to Grafcet itself, where a further refinement or detail of detail may be organized. One or more of the steps of this Grafcet sub-chart may also be a Macro step which in turn zooms to another chart – up to 8 levels deep. Macro steps enable the control engineer or perhaps the process designer to define the system in more general functional terms in a main Grafcet chart. Then, successively more detailed

charts can be used to define all control subfunctions leading finally to structured, segmented control programs in the users choice of language.

The Transition is a Grafcet element that controls step activation and deactivation as the program flows. They are not numbered but each transition takes a unique identify from the step that precedes in and one that follows it.

A single Flow Line is used to link steps and transitions together to indicate the flow of execution. They can exit and enter any given “screenful” of information at any point so that any given Grafcet Chart or sub-chart is not limited in size to the number of elements that can be displayed or on the programming screen. The screen acts like a movable window over the chart. Double Flow Lines are used when two or more steps within a program must be synchronized.

To create a simple Grafcet chart the programmer selects and labels steps as desired, separates them with transitions which are also labeled and then connect them with flow lines. By means of the zoom-to-write process he or she writes the required program that is executed when a given step is active. For the transitions, the programmer writes any number of statements in Ladder or Literal (a Basic-like language) that are either true or false. These are always associated with that transitions and are continually evaluated along with solutions of the logic in the preceding active step. When all conditions in the transitions are true, Grafcet deactivates the preceding step and activates the following step. In this manner control is passed from step to step through the Grafcet chart. Logic be totally ignored and the complex branching, jumping and timing routines necessary in Ladder are avoided.

In the Maxitron Programmable Controller line you may mix different languages in one Grafcet chart from the following choises:

Ladder Logic – this well-known language is available for any step or transitions in a chart at the discretion of the programmer. However, contrast to the conventional Ladder program which runs without obvious structure from top to bottom, sometimes as large as 64K of words, the Grafcet chart organizes, segments and documents the Ladder under its own structure.

Literal – this is Basic-like statement oriented language that provides data handling, math capabilities and data structured often found in higher level languages. It combines these with control statements that deal with real-time control and input/output handling.

Grafcet – using Grafcet in Macro Steps user can a user may call another chart when solving a step in the main chart. That chart in turn may contain a Macro Step which calls yet another chart and so on until eventually all steps are normal steps which zoom to Ladder, Literal or other options.

Message Functions – these are actually invoked in Ladder or Literal as function blocks or sub-routines. Their main purpose is to enable the programmable controller to communicate outside of its own environment through an appropriate plug in hardware interface such as RS232, RS449 or through plug-in data links such as X.25, 802.4 or X3.28.

User defined functions – if a user wishes to write a specialized function that appears only as a function block or callable sub-routine, he or she may write this in Ladder or Literal and library or file it for inclusion in any future program. In essence the Grafcet step which invokes such a functions appears to be that function to the user or troubleshooter. It is also possible to unleash the full computing power of a higher language like ‘C’ to create these routines.

Grafcet is an exciting new approach to control logic design in programmable controllers and cell controllers. Whatever one might think of this particular approach there are many attributes of “structured programming” that should be enthusiastically embraced by those involved with programmable controllers. It always requires the particular use of a language over time by hundreds of creative programmers to exploit its full capabilities and reveal its full value. Grafcet should provide a very interesting proving group for these concepts.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОНТЕКСТНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КАТЕГОРИЙ

Цыганов И.Г.

научный руководитель: к.т.н. Власов А.И.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,
кафедра “Проектирование и технология производства ЭА”

SOLVING OF THE CONTEXT-SENSITIVE CATEGORIZATION TASK BY THE STOCHASTIC MODELING OF THE LINGUISTIC CATEGORY STRUCTURE

Tsyganov I.G.

the scientific chief: Ph.D. Vlasov A.I.

Bauman Moscow State Technical University,
Department of Design and Equipment of Electronic System.

Аннотация. В работе рассматривается метод контекстной классификации текстов. Задача классификации решается с помощью алгоритма индуктивного построения лингвистической структуры каждой категории. В качестве основной модели использован аппарат случайных полей. Синтез оптимальной модели осуществляется с использованием информационных критериев.

Abstract. In the paper the context-sensitive text categorization task is considered. The task is solved by the algorithm of the inductive synthesis of the linguistic structure of each category. The random field formalism is used. The optimal model synthesis is conducted by the information criteria.

8. Введение

Контекстная классификация находит широкое применение в различных прикладных областях, таких как интеллектуальный мониторинг, фильтрация, управление потоками данных, упорядочивание крупных массивов текстов и т.д. На современном этапе в классе методов построения классификаторов на основе парадигмы машинного обучения наибольшей популярностью в практическом отношении пользуются методы на основе линейных моделей (например, LLSF[1], Rocchio [2], Naïve Bayes [3] и других). Это объясняется простотой используемых в них алгоритмов, высокой производительностью на этапе классификации, а также эффективностью в статистическом отношении. Однако, в задачах классификации, для которых чувствительным показателем является точность, данные методы из-за известной грубости линейной аппроксимации применяться не могут.

В задачах с повышенными требованиями к точности (например, фильтрация) особую важность приобретают локальные контекстные свойства. Возникает потребность в применении четкого и дифференцированного подхода к оценке важности отдельных слов и связей между ними в различных контекстах. Методы этого типа основываются на построении нелинейных классификаторов.

9. Формальная постановка задачи категоризации

Рассмотрим формальную постановку задачи категоризации. Пусть имеется набор категорий $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{|C|}\}$ и выборка текстовых фрагментов $TV = \{TV_1, TV_2, \dots, TV_{|C|}\}$, где каждая i -ая выборка состоит из текстовых фрагментов $T_{ij} \in TV_i$, предварительно отнесенных к i -ой категории. Задача построения классификатора заключается в том, чтобы на основании имеющегося множества выборок TV и множества соответствующих категорий C построить функцию, осуществляющую отображение произвольного текстового фрагмента на множество категорий: $K : T \rightarrow C$.

В данной работе рассматривается вероятностная трактовка задачи классификации. Построение классификатора при этом заключается в синтезе аналитической условной функции плотности вероятности $p(c_i|T)$ для каждой категории $i=1, \dots, |C|$, а выбор максимального значения этой функции для данного входного текстового фрагмента T позволяет определить категорию, которая максимально соответствует этому тексту. Вместо задачи построения функции $p(c_i|T)$ в данной работе рассматривается аналогичная задача построения функции $p(T|c_i)$, которая связана с исходной с помощью известной классической теоремой Байеса:

$$p(c_i | T) = \frac{P(T | c_i) p(c_i)}{p(T)}. \quad (1)$$

Поскольку $p(T)$ не зависит от c_i , то в задаче поиска максимального значения (1) достаточно рассматривать только числитель правой части формулы (1). Значение $p(c_i)$ всегда может быть оценено по обучающей выборке как отношение числа текстов, отнесенных к данной категории, к общему числу текстов в обучающей выборке и является таким образом константой:

$$p(c_i) = \frac{|TV_i|}{\left| \bigcup_j TV_j \right|} = const$$

Формула (1) таким образом, позволяет сосредоточить основное внимание на моделировании лингвистической структуры категории, т.е. функции плотности вероятности появления данного текста среди текстов, отнесенных к данной категории. Построение каждого классификатора для каждой категории осуществляется независимо.

10. Формирование пространства признаков

Существует множество методов формирования пространства признаков. В данной работе производится поэтапный синтез пространства признаков, когда в модель постепенно добавляются наиболее информативные признаки. Таким образом, в отличие от многих других методов классификации текстов задача построения классификатора и выбора пространства признаков оказывается совмещенной. Однако метод базируется на поиске наиболее информативных признаков среди некоторого первичного множества. Это множество в данной задаче формируется традиционным способом с помощью словаря. В такой словарь попадают отдельные термины, выделяемые из обучающей выборки. В словарь заносятся слова, прошедшие морфологическую процедуру нормализации (приведения к канонической форме), а также фильтрацию по стоп-листу.

Существует [4] две возможности для формирования словаря. Одна – локальный словарь, - когда словарь формируют только из слов данной категории и общий (универсальный) словарь, когда в словарь заносятся все слова из всех категорий. Поскольку, во-первых, в работе [4] получен результат, подтверждающий большую эффективность локальных словарей, и, во-вторых, классификаторы в нашем методе строятся независимо, то совершенно очевидно, что использовать необходимо локальный тип словарей.

После составления отдельных словарей категорий V_i их необходимо сократить за счет удаления редких слов, которые встречаются менее заданного числа раз в текстах обучающей выборки (обычно 3-5 раз).

При построении математических моделей категорий c_i , $i=1, \dots, |C|$, каждый отдельный текстовый фрагмент представляют в виде вектора:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где $n = |V_i|$, а каждая отдельная компонента x_i соответствует присутствию или отсутствию i -го слова словаря и принимает бинарное значение из множества $\{0,1\}$. Единица соответствует присутствию, ноль – отсутствию i -го слова в словаре V_i .

11. Математическая модель лингвистической структуры категорий

Поскольку, каждый классификатор строится независимо, то, рассматривая построение только i -го классификатора, для сокращения записи обозначим $P(X = x) = p(X | c_i)$. Пусть также обучающая выборка задана в виде $TV = TV_i$.

Функцию распределения $P(X = x)$ рассматриваем как функцию совместной плотности распределения n случайных величин X_i :

$$P(X = x) = P(X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n). \quad (2)$$

Каждая отдельная случайная величина X_i принимает значения из множества $\{0, 1\}$.

Для построения модели удобно воспользоваться терминологией, принятой в теории случайных полей. Пространство $\{0, 1\}^n$ будем называть пространством конфигураций, а каждое конкретное значение из этого пространства $x \in \{0, 1\}^n$ соответственно конфигурацией. Процесс построения функции $P(X=x)$ будет связан с итеративным построением неориентированного графа $G = (E, S)$, где $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ - множество вершин графа, $E = \{e_i, i = 1, \dots, k\}$ - множество ребер графа.

Хорошо известно, что закон распределения вероятностей на графе G может быть задан с использованием распределения Гиббса:

$$p(X = x) = \frac{1}{Z} e^{U(x)}, \quad (3)$$

где $U(x) = \sum_{\xi \in \Xi} V_{\xi}(x)$. Суммирование производится по множеству всех клик Ξ , определенных системой соседей на графе G . Функция $V_{\xi}(x)$ обладает тем свойством, что она зависит только от тех координат s_i , которые принадлежат данной клике, т.е. $s_i \in \xi$. Z - нормировочная константа:

$$Z = \sum_x e^{U(x)}.$$

В данной работе функции $V_{\xi}(x)$ будем искать в виде линейной комбинации:

$$V_{\xi}(x) = \sum_i \lambda_i^{\xi} f_i^{\xi}(x),$$

где $f_i^{\xi} : \{0, 1\}^n \rightarrow \{0, 1\}$ - функции, которые зависят только от тех координат x_j , для которых $s_j \in \xi$, а λ_i^{ξ} - соответствующие этим функциям весовые коэффициенты. Каждая из функций имеет вид:

$$f_i^{\xi} = \begin{cases} 1, & \text{если } \bigwedge_{s_i \in W(f_i^{\xi})} (x_i = d_i) \\ 0, & \text{если наоборот} \end{cases},$$

где $W(f)$ - множество вершин графа G , на которых определена данная функция, $W(f_i^{\xi}) \subseteq \xi$, $d_i = \{0, 1\}$.

Во всех рассматриваемых ниже случаях, то, с какой именно кликой связана данная функция f_i не является важным, поэтому запись (3) упрощаем:

$$p(X = x) = \frac{1}{Z(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_F)} e^{\sum_i \lambda_i f_i(x)} = \frac{1}{Z(\lambda)} e^{\lambda \cdot f(x)}, \quad (4)$$

где $f(x) = \{f_i(x), i = 1, \dots, F\}$ - множество бинарных функций, которые будем называть признаками, λ_i - соответствующие им коэффициенты, которые будем называть параметрами, $Z(\lambda)$, как и прежде, нормировочная постоянная:

$$Z(\lambda) = \sum_x e^{\sum_i \lambda_i f_i(x)}.$$

12. Критерии оптимизации

Синтез стохастической математической модели лингвистической структуры категории $P(X=x)$ связан с решением ряда оптимизационных задач. При этом осуществляется построение модели, наиболее близкой к эмпирической функции распределения, которая задана обычным способом:

$$p'(X = x) = \frac{\sum_{i=1}^{|TV|} \delta(x, \gamma_i)}{|TV|},$$

где $\delta = \begin{cases} 1, & \text{если } x = \gamma_i \\ 0, & \text{наоборот} \end{cases}$, γ_i - вектор i -го текстового фрагмента из выборки TV .

Синтез модели включает две взаимосвязанные оптимизационные задачи:

- 1) структурный синтез, заключающийся в выборе множества признаков $f = \{f_1, f_2, \dots, f_F\}$;
- 2) параметрический синтез, заключающийся в определении конкретных значений параметров λ_i , соответствующих признакам f_i .

Указанные задачи решаются с применением различных методов. В данном разделе рассматриваются два функционала оптимизации, используемые для решения каждой задачи. Можно показать, что минимизация обоих функционалов приводит к одному и тому же общему решению, т.е. к единственной целевой функции $p(X = x)$.

Вначале рассмотрим функционал оптимизации, использующийся при решении задачи параметрического синтеза, т.е. для расчета коэффициентов λ_i , при условии, что множество признаков $f = \{f_1, f_2, \dots, f_F\}$ задано. Среди всех возможных моделей вида $p(X = x | f)$, оптимальной будем называть ту, которая, удовлетворяя условиям

$$\sum_x f_i(x) p(X = x | f) = \sum_x f_i(x) p'(X = x) = \theta_i, \quad i=1, \dots, F \quad (5)$$

(здесь $\theta_i \in R, i=1, \dots, F$ - постоянные), обеспечивает минимум различающей информации [5] относительно равномерного закона распределения $u(x)$ на множестве конфигураций:

$$I(p : u) = \sum_x p(X = x | f) \log \frac{p(X = x | f)}{u(x)} = \sum_x p(X = x | f) \log p(X = x | f) \rightarrow \min. \quad (6)$$

Функционал (6) соответствует также известному принципу максимума энтропии. Он позволяет среди всего множества функций $p(X = x | f)$, удовлетворяющих (5), выбрать наиболее равномерный вариант.

Теперь рассмотрим функционал структурной оптимизации, который будем применять для решения задачи о выборе множества признаков f . Обозначим множество, порожаемое распределениями Гиббса при варьировании параметров λ_i по всем возможным значениям

через $Q(f)$: $Q(f) = \left\{ \frac{1}{Z(\lambda)} e^{\lambda \cdot f(x)} : \lambda \in R^F \right\}$, а его замыкание на множестве всех возможных

распределений как $\bar{Q}(f)$. Рассмотрим также функционал вида:

$$I(p' : p) = \sum_x p'(x) \log \frac{p'(x)}{p(x)}, \quad (7)$$

который определяет информацию в пользу $p'(x)$ против $p(x)$, или направленное расхождение между этими двумя распределениями.

В работе [6] приводится строгое доказательство следующего утверждения:

$$p(X = x | f) = \arg \min_{p(x) \in \bar{Q}(f)} I(p' : p), \quad (8)$$

таким образом, минимизация (7) на множестве всех распределений $\bar{Q}(f)$ приводит к той же самой функции, которая определяется критерием (6) вместе с условиями (5).

13. Оптимальный структурный синтез

Существует бесконечное множество способов решить задачу структурного синтеза. Здесь мы ограничим поле решения за счет использования итеративного алгоритма, на каждой итерации которого зададим:

- 1) правило формирования конечного множества признаков кандидатов F_c ;
- 2) алгоритм, с помощью которого осуществляется выбор единственного признака из множества F_c и его добавление в целевую модель $p(X=x)$.

Вначале определим множество простых функций: $F_\alpha = \{f : \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}, |W(f)|=1\}$, каждая из которых зависит от значения только одной случайной величины X_i . Простые функции соответствуют отдельным словам в текстовом фрагменте. На основании простых функций будем формировать более сложные, которые будут учитывать совместное появление нескольких слов.

Определим правило построения сложных признаков на основании множества F_α . Пусть на i -ой итерации мы построили функцию $p(X=x)$ с множеством признаков $f = \{f_j, j=1, \dots, i-1\}$, тогда множество кандидатов на i -ой итерации имеет следующий вид:

$$F_c = (F_\alpha \setminus f) \cup \{f_c(x) = \alpha(x) \wedge f_j(x), \alpha \in F_\alpha, j=1, \dots, i-1\}. \quad (9)$$

Таким образом, признаки из множества кандидатов формируются с помощью операции логическое И над признаками из множества f и признаками из множества простых функций F_α , а также включает все те функции из множества F_α , которые не вошли на i -ой итерации в множество f .

Далее представлено описание основных математических соотношений, определяющих алгоритм, с помощью которого из множества кандидатов (9) осуществляется выбор единственного f^* и его добавление в модель. Для этого рассматривается следующая функция:

$$p(f^*, \beta) = \frac{1}{Z'(f^*, \beta)} e^{\beta f^* + \sum_i \lambda_i f_i}, \quad (10)$$

где $Z'(f^*, \beta) = \sum_x e^{\beta f^* + \sum_i \lambda_i f_i}$ - нормировочная константа. Функция (10) позволяет рассмотреть аппроксимацию критерия (8) следующим образом:

$$I(f^*) = \inf_\beta I(p': p(f^*, \beta)), \quad (11)$$

здесь величина $I(f^*)$ рассматривается как оценка положительного эффекта, который можно получить от введения в общую модель кандидата f^* . Минимизация (11) производится только по параметру β , а не по всему множеству параметров, что позволяет значительно сократить вычисления. Это особенно важно, когда число признаков начинает расти. Для осуществления выбора кандидата производится расчет оценки $I(f^*)$ для всех функций в множестве $f^* \in F_c$.

В модель добавляется кандидат, который имеет наименьшее значение этого функционала. Рассмотрим вычислительные аспекты, связанные с минимизацией (11). Отметим, что согласно общим свойствам информации функционал (11) является выпуклым. Общая формула, соответствующая (11) имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} I(f^*) &= \sum_x p'(x) \log \frac{p'(x) Z'(f^*, \beta)}{e^{\beta f^* + \sum_i \lambda_i f_i}} = \\ &= \sum_x p'(x) \log p'(x) + \sum_x p'(x) \log Z'(f^*, \beta) - \sum_x p'(x) \left(\beta f^* + \sum_i \lambda_i f_i \right). \end{aligned}$$

Мы можем сократить некоторые члены, поскольку они являются постоянными, не зависят ни от f^* ни от β и поэтому не влияют на минимизацию $I(f^*)$. Вместо минимизации $I(f^*)$ можно рассматривать эквивалентную задачу минимизации следующего функционала:

$$I'(f^*) = \log \sum_x e^{\beta f^* + \sum_i \lambda_i f_i} - \sum_x p'(x) \beta f^*.$$

Положив $d(x) = e^{\sum_i \lambda_i f_i}$, $E'(f^*) = \sum_x p'(x) f^*$, взяв производную по β и приравняв ее нулю получим:

$$\beta = \log \frac{E'(f^*) \sum_{f^*(x)=0} d(x)}{\sum_{f^*(x)=1} d(x) (1 - E'(f^*))}. \quad (12)$$

Рассмотрим значение $Z'(f^*, \beta) = \sum_x e^{\sum_i \lambda_i f_i + \beta f^*} = \sum_x d(x) \cdot e^{\beta f^*}$, подставляя (12) имеем:

$$Z' = \frac{\sum_{f^*(x)=0} d(x)}{1 - E'(f^*)}$$

Получим окончательную формулу для расчета функционала $I'(f^*)$:

$$I'(f^*) = \log \frac{\sum_{f^*(x)=0} d(x)}{1 - E'(f^*)} - E'(f^*) \log \frac{E'(f^*) \sum_{f^*(x)=0} d(x)}{\sum_{f^*(x)=1} d(x) (1 - E'(f^*))}, \quad (13)$$

далее обозначим $Z'(\lambda) = \sum_x d(x)$, тогда, если $D^0(f^*) = \sum_{f^*(x)=0} d(x)$, $D^1(f^*) = \sum_{f^*(x)=1} d(x)$, то

$P^0(f^*) = \frac{D^0(f^*)}{Z'(\lambda)}$ - вероятность того, что признак f^* принимает значение 0 при законе

распределения $p(x, \lambda) = \frac{e^{\sum_i \lambda_i f_i}}{Z'(\lambda)}$, а $P^1(f^*) = \frac{D^1(f^*)}{Z'(\lambda)}$ - вероятность того, что данный признак

принимает значение 1 при том же законе распределения. Таким образом формулу (13) можно представить в следующем виде:

$$I'(f^*) = \log \frac{P^0(f^*) Z'(\lambda)}{1 - E'(f^*)} - E'(f^*) \log \frac{E'(f^*) P^0(f^*)}{P^1(f^*) (1 - E'(f^*))}. \quad (*16)$$

Или, поскольку, $P^0(f^*) = 1 - P^1(f^*)$, можно получить

$$I'(f^*) = \log Z'(\lambda) + \log \frac{1 - P^1(f^*)}{1 - E'(f^*)} - E'(f^*) \log \frac{E'(f^*) (1 - P^1(f^*))}{P^1(f^*) (1 - E'(f^*))} \quad (14)$$

При определении наиболее информативного кандидата первый член формулы (14) оказывается одним и тем же для всех возможных кандидатов (на данной итерации), поэтому его вычисление не требуется. Наилучший кандидат, в соответствии с аппроксимированным критерием оптимизации (11) будет определяться из следующего соотношения:

$$f^*_{opt} = \arg \min_{f^* \in F_c} \left[\log \frac{1 - P^1(f^*)}{1 - E'(f^*)} + E'(f^*) \log \left(\frac{P^1(f^*)}{1 - P^1(f^*)} \frac{E'(f^*)}{(1 - E'(f^*))} \right) \right].$$

14. Оптимальный параметрический синтез

Параметрический синтез в последовательности итераций всегда следует за шагом структурного синтеза при построении математической модели лингвистической структуры категорий.

Хорошо известно[5], что минимизация функционала (6) с условиями вида (5) приводит к семейству экспоненциального типа, введенного ранее формулой (4), где множество коэффициентов λ_i определяется при решении уравнений:

$$\frac{1}{Z(\lambda)} \sum_x f_i(x) e^{\sum_i \lambda_i f_i(x)} = \theta_i, \quad i=1, \dots, F. \quad (15)$$

Поскольку, аналитически определить коэффициенты в уравнениях (15) не представляется возможным, используем численные методы. В работе [6] представлен метод улучшенного итеративного масштабирования, который позволяет решить систему уравнений вида (15).

Алгоритм решения этой задачи представлен ниже.

- 1) начальные параметры $\lambda_i^{(0)}$ устанавливаются теми же, что и на предыдущей итерации, а новый параметр устанавливается в тот, что получен на этапе структурного синтеза;
- 2) осуществляются последовательные итерации:
 - а) Для каждого $i \in \{1, \dots, F\}$ рассчитывается $\Delta \lambda_i$ как решение

$$\sum_x p^{(k)}(x) f_i(x) e^{\Delta \lambda_i f_i(x)} = E'(f_i), \quad (16)$$

где $p^{(k)}(x)$ – плотность распределения на k -ом шаге, $f_i(x) \equiv \sum_i f_i(x)$.

б) Обновление $\lambda_i = \lambda_i + \Delta \lambda$

- 3) Если не все λ_i сошлись, то переходят на шаг 2.

Ключевым шагом в алгоритме является шаг 2а, расчет значений $\Delta \lambda_i$, которые решают (15).

Поскольку размерность задачи велика для расчета параметров по формуле (16) используется метод Монте-Карло.

Для этого формула (16) представляется в следующем виде:

$$\sum_{m=1}^M \alpha_{m,i}^{(k)} \beta_i^m = E'(f_i), \quad (17)$$

где $M = \max_x \{f_i(x)\}$, $\beta_i = e^{\Delta \lambda_i}$, $\alpha_{m,i}^{(k)} = \sum_x p^{(k)}(x) f_i(x) \delta(m, f_i(x))$. Коэффициенты $\alpha_{m,i}^{(k)}$

оцениваются с помощью осуществления выборки из распределения $p^{(k)}(x)$, а уравнение (17) решается с помощью классического метода Ньютона.

15. Заключение

Приведенное описание метода обладает законченностью и имеет строгое математическое обоснование. Модель бинарного пространства признаков в описании метода взята для упрощения нотации и формул и должна восприниматься только как теоретическое обобщение. При реальном применении алгоритмов вместо бинарного пространства признаков необходимо использовать более тонкие модели. Прямое использование бинарного пространства обычно приводит к значительному увеличению вычислительных затрат.

Это связано с тем, что при бинарном кодировании алгоритм среди большого числа признаков-кандидатов на начальном этапе сосредотачивается на тех из них, которые соответствуют невозможным событиям и назначает таким признакам отрицательные значения параметров, корректируя таким образом априорную завышенную оценку таких параметров. Действительно, с точки зрения оптимизации информационного критерия, такие признаки оказываются значительно более выразительными, поскольку в бинарном коде их гораздо больше, вследствие существенной разреженности векторов выборки. Такая ситуация является типичной для многих методов вероятностного моделирования, в которых необходимо учитывать редкие события.

Одним из вариантов выхода из этого положения, который достаточно часто применяется в вероятностных методах, является рассмотрение вместо полного распределения на всем множестве, только частичных распределений, ограниченных каким-либо фактором. Например, часто отдельно моделируются распределения при условии заданной длины (числа слов) в текстовом фрагменте. Такой прием, например, применяется в [6] и в [7].

В конкретных реализациях и экспериментальных исследованиях для сокращения времени моделирования необходимо воспользоваться приемом, во-первых, учитывающим длину текстовых сообщений, во-вторых, одному узлу графа должно соответствовать некоторое подмножество слов словаря, которые могут, например, соответствовать частотной стратификации слов в данном текстовом фрагменте. В этом случае указанная проблема снимается.

Литература

1. YANG, Y. AND CHUTE, C. G. 1994. An example-based mapping method for text categorization and retrieval. *ACM Trans. Inform. Syst.* 12, 3, 252–277.
2. HULL, D. A. Improving text retrieval for the routing problem using latent semantic indexing. In *Proceedings of SIGIR-94, 17th ACM International Conference on Research and Development in Information Retrieval* (Dublin, Ireland, 1994), 282–289.
3. Koller D., Sahami, M. 1997. Hierarchically classifying documents using very few words. In *Proceedings of ICML-97, 14th International Conference on Machine Learning* (Nashville, TN, 1997), 170–178.
4. Chidanand Apte, Fred Damerau and Sholom M. Weiss. Automated learning of decision rules for text categorization. *ACM Transactions on Information Systems*, 12(3):233-251, July 1994.
5. S. Kullback. *Informational theory and statistics*. NY, John Wiley & Sons. Русский пер.: С. Кульбак. *Теория информации и статистика*. М., 1967 г.
6. Pietra S.D., Pietra V.D., Lafferty J. *Inducing features of random fields*, New York: IBM Thomas J. Watson Research Center, 1995.
7. Ken Lang. NewsWeeder: Learning to Filter Netnews. To appear in ML 95.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ В ЗАДАЧЕ КАТЕГОРИЗАЦИИ ИНТЕРАКТИВНЫХ ПОТОКОВ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Цыганов И.Г.

научный руководитель: к.т.н. Власов А.И.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,
кафедра “Проектирование и технология производства ЭА”

FEATURE SPACE SYNTHESIS IN THE INTERACTIVE STREAM CATEGORIZATION TASKS

Tsyganov I.G.

the scientific chief: Ph.D. Vlasov A.I.

Bauman Moscow State Technical University,
Department of Design and Equipment of Electronic System.

Аннотация

Рассмотрен метод формирования пространства признаков в задаче контекстной классификации. Данный метод позволяет сформировать словарь, в котором отдельные текстовые фрагменты имеют минимальное заданное представительство. Методика решает ряд вопросов, возникающих при кодировании коротких сообщений, где необходимо учитывать редкие слова.

Abstract

Feature space synthesis in the interactive stream categorization task is considered. Proposed method allows to form a vocabulary that provide a minimal given representation for all texts in a training corpus. Methodology solves number of problems in short message coding, where rare term is significant.

Введение

В связи с широкомасштабным распространением средств интерактивного обмена текстовыми данными (такими как сообщения электронной почты, короткие сообщения ICQ и т.д.) одной из актуальных задач является построение систем управления потоками текстовых сообщений (фильтрация[1], маршрутизация[2] и т.д.) по контекстным признакам. Указанные задачи можно рассматривать в контексте текстовой категоризации. При этом отдельным текстовым сообщениям назначается категория, в соответствии с которой данное сообщение обрабатывается (удаляется – фильтрация, отправляется по соответствующему маршруту – маршрутизация). На современном этапе построение таких систем связано с применением методов машинного обучения, в которых осуществляется индуктивное построение классификатора текстов в соответствии с некоторым ограниченным набором предварительно обработанных текстовых сообщений (обучающей выборке).

Одним из центральных аспектов в области категоризации, от которого существенно зависит качество работы различных алгоритмов, является проблема предварительного кодирования данных, представленных на естественном языке в виде, понятным для машины. Наиболее типичным в рассматриваемом классе задач является представление текста в виде множества фигурирующих в нем слов (bag of words) без учета их последовательности. Для этого составляется общий словарь, в который заносятся все слова из всех доступных текстовых фрагментов. Текстовые фрагменты при этом формализуются в виде вектора с компонентами, соответствующими отдельным словам в общем словаре. В большинстве приложений, число слов в общем словаре оказывается очень большим, что

приводит к гигантской размерности задачи, что для многих точных алгоритмов, построенных на принципах оптимизации параметров лингвистической модели [2] является неприемлемым и сказывается негативно как на времени обработки, так и на точности вычислений (вследствие воздействия шума). В соответствии с этим используются различные методы понижения размерности пространства признаков.

16. Краткий обзор существующих методов

В настоящее время разработано большое число методов понижения размерности исходного пространства признаков. Все они связываются с определенной мерой, в соответствии с которой удается оценить важность отдельного слова. Если важность слова мала, то оно удаляется из общего словаря. Перечислим некоторые из известных мер: 1) число документов, в которых появляется слово (*DF – Document frequency*), 2) информативность признака (*IG – information gain*), 3) взаимная информация (*MI – mutual information*), 4) статистика χ^2 , 5) сила термина (*TS – term strength*). Все они подробно рассмотрены в статье [3].

При использовании указанных мер, однако, возникает ряд существенных сложностей, особенно в задачах, где существенным становится учет контекста. Первые четыре из приведенных мер, например, вообще не рассматривают в качестве значимой сущности текстовый фрагмент. В этих мерах оценивается соотношенность термина с категорией, представительство же терминов в отдельных текстах не рассматривается. Поэтому применимость данных мер оказывается ограниченной только линейными задачами категоризации, где модель категории представляется в виде линейной комбинации весов отдельных терминов. Последняя из перечисленных мер ориентирована на задачи кластеризации. Здесь учитывается значимость терминов в контексте документов, однако, эта значимость выводится из векторной меры скалярного произведения, что делает данную меру мало пригодной в задачах категоризации (т.е. обучения с учителем).

Общее описание алгоритма формирования пространства признаков

На основании обучающих выборок составляются первичные словари каждого отдельного текстового фрагмента T_{ij} , которые обозначим V_{ij} . В каждый словарь V_{ij} попадают все слова $\omega \in T_{ij}$ из j -го текстового фрагмента i -ой категории. Перед занесением слова в словарь оно проверяется по стоп-листу и проходит обработку с целью отсекаания грамматических частей слова (суффиксов и пр. флексий). Каждому слову $\omega \in V_{ij}$ при этом ставится в соответствие частота

$$f_{ij}(\omega) = \frac{n_{ij}(\omega)}{\sum_{\omega \in V_{ij}} n_{ij}(\omega)},$$

где $n_{ij}(\omega)$ - число встреч слова ω в текстовом фрагменте T_{ij} .

На основании полученных частных словарей текстовых фрагментов составляется полный словарь каждой категории V_i , $i=1, \dots, |C|$, в который попадают все слова из всех первичных словарей текстовых фрагментов V_{ij} : $V_i = \{\omega : \omega \in V_{ij}, j=1, \dots, |TV_i|\}$. При этом каждому слову в словаре V_i ставится в соответствие частота:

$$f_i(\omega) = \frac{\sum_j \delta(\omega, V_{ij})}{|TV_i|},$$

$$\text{где } \delta(\omega, V_{ij}) = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega \in V_{ij} \\ 0 & \text{если } \omega \notin V_{ij} \end{cases}.$$

Таким образом каждому слову $\omega \in T_{ij} \in TV_i$ ставится в соответствие частота $f_{ij}(\omega)$ его встреч внутри отдельных текстовых фрагментов, и частота $f_i(\omega)$ появления текстового фрагмента, содержащего данное слово.

Далее составляется словарь из всех слов, оказавшихся одновременно в двух (или более) различных полных словарях категорий: $V^\cap = \{\omega: \omega \in V_i \cap V_j, \forall i \neq j\}$.

Далее на основании обработки полученных словарей V_{ij} , V_i и V^\cap осуществляется построение окончательных словарей W_i . Для определенности будем рассматривать только словарь для i -ой категории W_i , прочие строятся аналогично. Формирование каждого словаря W_i последовательно проходит этапы формирования, пополнения и сокращения.

Построение словаря W_i начинается с первичного этапа *формирования*, для этого в него заносятся следующие слова: $W_i = \{\omega: \omega \in V_{ij}, j=1, \dots, |TV_i|\}$, каждое из которых должно удовлетворять следующему условию: $f_{ij}(\omega) \geq \theta_1, \max_{\omega} f_{ij}(\omega) \leq \theta_2, \omega \notin V^\cap$. Другими словами, добавляются только те слова, частота встречи которых в данном текстовом фрагменте больше или равно θ_1 , только тех слов, которые не содержатся в словаре V^\cap и только из тех словарей, в которых частота любого слова не превосходит θ_2 . Ограничение θ_1 позволяет вносить в результирующий словарь только те слова, которые упоминаются с частотой не ниже заданной. Интуитивно понятно, что это слова, которые не являются случайными в данном контексте, а, следовательно, несут определенную смысловую нагрузку. Условие θ_2 не является обязательным, однако, часто является достаточно удобным с точки зрения блокирования слишком объемных документов, добавление слов из которых может приводить к переполнению результирующего словаря. Наконец последнее условие (V^\cap) позволяет отфильтровать те термины, которые находятся в пересечении словарей категорий, а следовательно не специфичны для данной категории. Отметим, что на практике вместо частотных характеристик для θ_i бывает удобным использовать обычное не нормализованное число встреч данного термина в данном документе.

Может оказаться так, что не каждый из имеющихся документов имеет достаточное представительство в словаре W_i , полученном на этапе формирования. В этом случае, словарь W_i расширяется на этапе *пополнения*. На этом этапе последовательно для каждого текстового фрагмента T_{ij} , $j=1, \dots, |TV_i|$ производится приведенная ниже процедура.

Рассматривается два словаря: $V_{ij}^\cap = V_{ij} \cap W_i$ и $V_{ij}^- = V_{ij} - W_i$. В том случае, если $|V_{ij}^\cap| < \theta_3$ и $|V_{ij}^-| \neq 0$, то словарь W_i последовательно расширяется за счет слов из словаря V_{ij}^- с тем, чтобы удовлетворить $|V_{ij}^\cap| = \theta_3$ или исчерпать все слова из V_{ij}^- . Таким образом, константа θ_3 задает минимальное число слов в словаре V_{ij}^\cap . Выбор очередного слова для пополнения производится следующим образом. Если $|V_{ij}^- - V_{ij}^\cap| \neq 0$, то в качестве слова для добавления выбирается $\omega = \arg \max_{\omega \in V_{ij}^- - V_{ij}^\cap} f_i(\omega)$, если же $|V_{ij}^- - V_{ij}^\cap| = 0$, то соответствующее слово выбирается как $\omega = \arg \max_{\omega \in V_{ij}^-} f_i(\omega)$. Это соответствует тому,

что если есть возможность пополнить словарь W_i так, чтобы $|V_{ij}^{\cap}| = \theta_3$, то это делается сначала за счет слов принадлежащих V_{ij}^{-} и не принадлежащих V^{\cap} , и если такие слова исчерпываются, то за счет прочих слов из V_{ij}^{-} . И в том и в другом случае выбираются слова с максимальной частотой f_i . Если слова в V_{ij}^{-} исчерпываются до достижения условия $|V_{ij}^{\cap}| = \theta_3$, то процедура останавливается, переходя к очередному текстовому фрагменту.

После того как все текстовые фрагменты обработаны указанным способом, словарь W_i содержит для некоторых текстовых фрагментов избыточное число слов, которые требуется сократить. Это производят на этапе *сокращения* словаря W_i . Основная задача здесь – сократить число слов в крупных словарях текстовых фрагментов, оставив в них лишь наиболее существенные. При этом важно, чтобы не были затронуты словари с малым числом слов (особенно те, что находятся на границе θ_3). Для этого последовательно проводятся следующие итерации.

Вначале составляется промежуточный словарь слов, которые потенциально могут быть сокращены: $V_i^* = \{\omega : \omega \in W_i \cap V_{ij}, |W_i \cap V_{ij}| > \theta_4\}$. Здесь константа θ_4 задает максимальное количество слов в словаре $W_i \cap V_{ij}$. Если число слов в этом словаре более данной величины, то слова из словаря $W_i \cap V_{ij}$ заносятся в V_i^* и потенциально могут быть подвергнуты сокращению. Далее каждое слово в словаре $\omega \in V_i^*$ проверяется по всем словарям документов $W_i \cap V_{ij}$, $j=1, \dots, |TV_i|$ и если оно содержится хотя бы в одном из них, мощность которого $|W_i \cap V_{ij}| \leq \theta_3$, то такое слово исключается из словаря V_i^* . По окончании проверки всех слов, каждое оставшееся в словаре V_i^* слово находится в текстовом фрагменте, число слов в словаре $W_i \cap V_{ij}$ которого более θ_3 , а, следовательно, всякое из этих слов можно сократить. Если данный словарь оказывается пуст, то процедура сокращения завершается. Если это не так, то в качестве кандидата на сокращение выбирается слово с минимальной частотой $\omega = \arg \min_{\omega \in V_i^*} f_i(\omega)$ и исключается из словаря V_i^* . Далее процедура сокращения повторяется заново, начиная с формирования нового V_i^* .

После того, как словарь W_i сформирован для каждой имеющейся категории, отдельные словари текстовых фрагментов модифицируются в соответствии со следующим правилом: $V_{ij} = V_{ij} \cap W_i$. После этого, каждый из словарей содержит не менее чем θ_3 слов, однако верхний предел вообще говоря не ограничен. В связи, осуществляется поиск тех словарей V_{ij} , для которых выполнено $|V_{ij}| > \theta_4$ и из них последовательно исключаются слова с минимумом $f_i(\omega)$ до тех пор, пока общее число слов в таком словаре не станет равным θ_4 . Теперь можно с уверенностью сказать, что каждый отдельный словарь текстового фрагмента удовлетворяет $\theta_3 \leq |V_{ij}| \leq \theta_4$, причем слова в каждом словаре отвечают наиболее значимым в рамках четырех указанных параметров $\{\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4\}$.

17. Заключение

В работе рассмотрен метод, позволяющий с использованием четырех параметров осуществить составление словаря, в котором обеспечивается минимальное заданное представительство для каждого текстового фрагмента. Использование такого подхода позволяет эффективно решать круг проблем, связанных с кодированием текстовых фрагментов с малым числом слов с неравномерным (по текстам) их распределением.

18. Литература

1. Ken Lang. NewsWeeder: Learning to Filter Netnews. To appear in ML 95.
2. Schutze, H., Hull, D. A., Pedersen, J. O. A comparison of classifiers and document representations for the routing problem. In *proceedings of SIGIR-95, 18th ACM International Conference on Research and Development in Information Retrieval* (Seattle, WA, 1995), 229–237.
3. Yang, Y., Pedersen, J. O. A comparative study on feature selection in text categorization. In *Proceedings of ICML-97, 14th International Conference on Machine Learning* (Nashville, TN, 1997), 412–420.

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Смирнов А. С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Власов А. И.

МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия

CONCEPTS OF ENTERPRISE'S AUTOMATIC CONTROL SYSTEM DESIGN.

Smirnov A.S.

Ph. D., docent Vlasov A. I.

MSTU named after N. E. Bauman, Moscow, Russia

lucas@list.ru

Аннотация.

В докладе рассмотрены основные принципы построения автоматизированной системы управления современным предприятием. Рассмотрены основные задачи, решаемые АСУ, структура, задачи и взаимосвязи между компонентами АСУ.

Abstract

Common principles of design of automatic control system of modern enterprise is given. Basic tasks solving by ACS, structure, tasks and communications between ACS's components is shown.

Управление современными предприятиями не может быть эффективным без использования современных информационных технологий, предназначенных для обеспечения руководства необходимыми средствами оперативного управления финансово-хозяйственной деятельностью, оптимального планирования ресурсов, а также управления технологическими процессами, интегрированными в единую CALS инфраструктуру.

Корпоративная автоматическая система управления (АСУ) решает следующие основные задачи (рис. 1):

1. Управление данными об изделии (PDM)
2. Планирование ресурсов предприятия (ERP)
3. Планирование производственных ресурсов (MRPII)
4. Управление цепочками поставщиков (SCM)
5. Управление отношениями с потребителями (CRM)
6. Управление ресурсами хранения (SRM)
7. Управление проектами
8. Общее управление качеством (TQM)

В каждом конкретном случае перечень задач, подлежащих автоматизации, может быть конкретизирован в соответствии с организационной и производственной структурой предприятия (корпорации).

Проблема внедрения АСУ на предприятии имеет организационный, технологический и кадровый аспекты.

В организационном плане, прежде всего, необходима убежденность руководителей предприятия в необходимости создания на предприятии автоматизированной системы управления, что позволит сосредоточить усилия на планировании и реализации планов постепенного внедрения элементов АСУ, интегрирующей системы автоматизации проектирования, управления и технологической подготовки производства.

Создание АСУ на предприятии следует начинать с обследования и анализа деятельности предприятия. Целью обследования является определение возможностей для повышения эффективности работы предприятия при введении автоматизации процессов управления, проектирования и т. п. При обследовании выявляется структура предприятия, выполняемые предприятием функции, информационные потоки, имеющийся опыт и средства автоматизации.

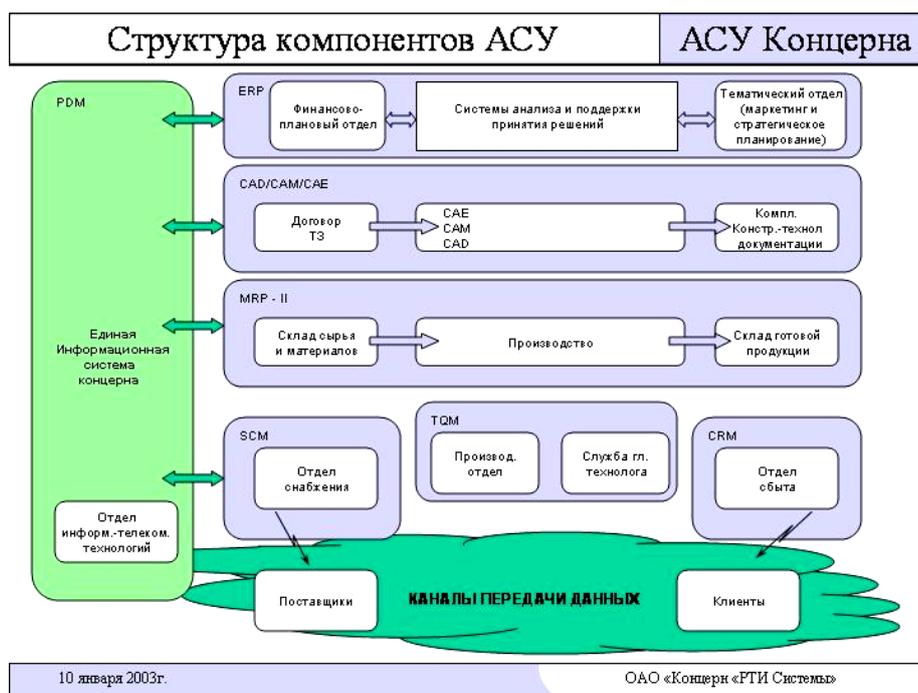


Рис. 1 Структура компонентов АСУ

На основе результатов обследования строят модель «As Is», отражающую деятельность предприятия на данный момент. Затем строят модель «To Be», содержащую предложения по изменению структуры предприятия, взаимодействию подразделений предприятия, информационным потокам.

Перевод документов в электронную форму – одна из первых задач внедрения АСУ. Для создаваемого электронного хранилища документов выбираются единые форматы представления графической (чертежной) и текстовой информации. Затем разрабатывается и реализуется проект корпоративной вычислительной сети, создается или закупается система PDM, проводится обучение сотрудников предприятия работе с АСУ.

Современные информационные системы, как правило, используют так называемый метод однократного ввода информации, суть которого заключается в следующем. Информация, полученная в одном из элементов системы, вводится в систему по месту ее возникновения и поступает в общую базу данных, после чего становится доступной всем элементам сети, в соответствии с правилами доступа к информации. Информационные потоки между разными элементами системы могут быть довольно значительными. Поэтому при проектировании системы наиболее целесообразно ее построение как иерархичной многоуровневой распределенной гетерогенной инфраструктуры.

Современные предприятия имеют распределенную структуру, состоящую из центрального предприятия и удаленных от центра предприятий и офисов, управление и взаимодействие с которыми возможно только с помощью распределенной информационно-телекоммуникационной сети, использующей современные аппаратно-программные средства и информационные технологии (рис. 2).

На **первом уровне** находится информационный центр Концерна и взаимодействующая с ним локальная вычислительная сеть (ЛВС) головного предприятия Концерна.

На **втором уровне** находится коммуникационная система и подсистема обеспечения безопасности. В состав этой системы входят сервер безопасности (коммуникационный сервер) с обслуживающей рабочей станцией, маршрутизаторы, каналообразующее оборудование, АТС и другое необходимое оборудование, обеспечивающее взаимодействие между элементами системы, как внутри предприятия, так и вне его. На рисунке изображено оборудование, которое необходимо только для пояснения основных функциональных связей.

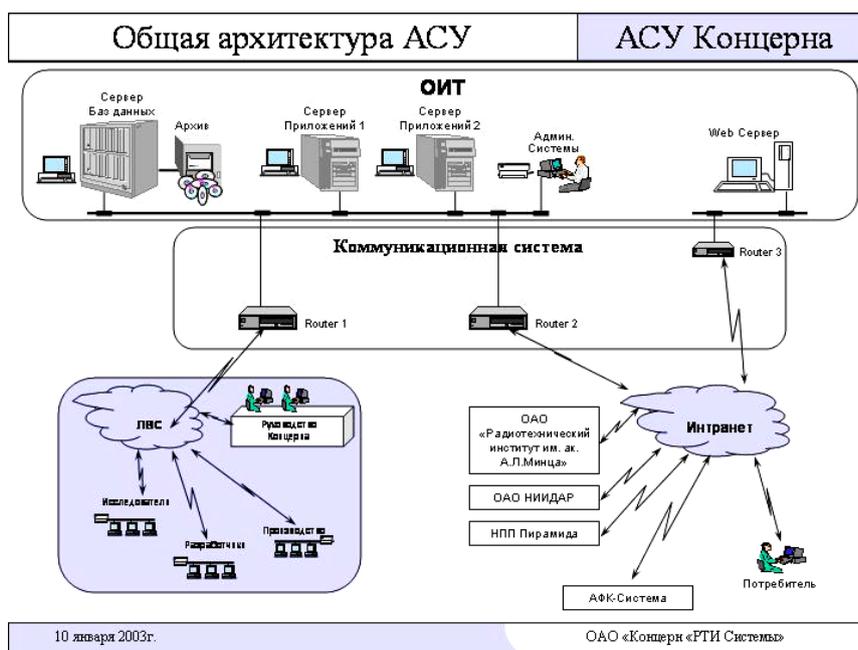


Рис. 2 Общая архитектура АСУ

На **третьем уровне** находятся информационные системы предприятий, входящих в Концерн, а так же удаленные объекты, работоспособность которых обеспечивается Концерном. В общем случае аппаратные и программные средства информационных систем предприятий должны быть унифицированы между собой и аппаратно-программными средствами информационного центра головного предприятия. Это может упростить эксплуатацию системы в целом, ускорить и упростить документооборот, сократить непроизводительные издержки на информатизацию организационной деятельности.

Особым уровнем является уровень взаимодействия с вышестоящими организациями. Это взаимодействие должно быть организовано на уровне согласованных протоколов взаимодействия по каналам связи и согласованной форме циркулирующих документов.

Современные системы ERP (Enterprise Resource Planning) строятся на основе концепции иерархического управления предприятием. В современных системах ERP выделяют ряд подсистем. Ниже приведен список основных подсистем вместе с присущими им функциями (рис. 3).

1. «Финансы». Основные задачи: анализ, контроль и учет существующих на предприятии финансовых потоков, анализ продаж, финансовые отчеты, отчеты по налогам.
2. «Логистика». Основные задачи: управление продажами и закупками, анализ продаж, проектирование, планирование и управление производством, транспортная логистика.
3. Специальные модули:
 - «Маркетинг»: маркетинговые исследования.
 - «Клиент»: система организации и управления отношениями с клиентами.
 - «Управление проектами»: планирование проектных работ, контроль их выполнения
 - «Персонал»: кадровый учет, ведение штатного расписания.

Важной составляющей автоматизированной системы управления предприятием является система электронного бизнеса (E-commerce). Целью внедрения систем электронного бизнеса является объединение в едином информационном пространстве информации о возможностях множества организаций, специализирующихся на предоставлении различных услуг, и о запросах на использование этих услуг. Среди данных систем различают системы Business-to-Customer (B2C) и Business-to-Business (B2B).

ЛАЗЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ СНАЙПЕРОВ

Синельникова Е. Н.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Чеканов Анатолий Николаевич
МГТУ им. Баумана Москва Россия

THE LASER COMPLEX FOR DISCOVERING SNIPERS

Sinelnikova E.N.

Candidate of technical sciences professor Chekanov Anatoliy Nikolaevich

BMSTU Moscow Russia

Sin-1@narod.ru

Аннотация

В данной работе рассматривается проектирование лазерного комплекса обнаружения снайперов как лазерной системы видения (ЛСВ), предназначенной для наблюдения дистанционных объектов при недостаточной освещенности. Описывается разработка структурной схемы ЛСВ и электрических принципиальных схем ее узлов с введением резервных схем отдельных узлов для повышения надежности работы системы. Проводится расчет оптимизации конструкции системы по надежности при ограничении по массе. Для студентов технических университетов, обучающихся по специальности "Конструирование ЭВС", а также для научных и инженерно-технических работников приборостроительно профиля.

Abstract

In this work it is described the design of the laser complex for discovering snipers as the observing laser system used for observation distant objects when the illumination is not enough. It is described the design of structure of the observing laser system and electrical schemes of its components with reserved schemes of some components for reliability raising of system work. It is made the calculations of optimization of the system construction for reliability with mass limitation. This work will be usefull for students of technical univercities with speciality "The design of electronic computing systems" and for scientists and engineers of instrument-making industry.

Средства обнаружения позиций снайперов разрабатываются в интересах снижения боевых потерь в военное время и для защиты важных военных и гражданских объектов, а также населения страны в условиях совершения террористических актов.

В частности, французская фирма CILAS разработала и провела испытания нового лазерного комплекса обнаружения снайперов SLD 400, принцип действия которого основан на сканировании лазерным лучом зоны предполагаемого местонахождения снайпера и регистрации отраженного от оптических поверхностей (линзы прицелов и оптоэлектронного оборудования) излучения. Конструкция SLD 400 предполагает его эксплуатацию как в переносном виде, так и в мобильном варианте.

Лазерные комплексы обнаружения снайперов - это лазерные системы видения, которые относятся к классу локационных оптико-электронных систем и предназначены для формирования изображений удаленных объектов с целью их обнаружения и распознавания в условиях недостаточной естественной освещенности или ночью. Они позволяют осуществлять наблюдение объектов при крайне низких уровнях освещения и наличии помех различного рода, так как относятся к активным системам видения с лазерным подсветом объектов. Преимущество лазерного излучения в том, что оно обладает высокими спектральной интенсивностью, направленностью и монохроматичностью.

Особый интерес проявляется к ЛСВ, работающим в режиме стробирования по дальности, когда объект наблюдения зондируется короткими (10...50 нс) мощными световыми импульсами, длительность которых значительно меньше времени распространения импульса до объекта и обратно.

Особенность систем видения состоит в том, что оператор наблюдает не сам объект, а его изображение на экране дисплея, причем характеристики изображения (яркость, контраст и

др.) могут регулироваться электронным способом независимо от характеристик объекта. Важнейшими характеристиками изображения являются контраст и отношение сигнал/шум, поэтому эффективность системы ЛСВ в общем случае может ограничиваться любой из них.

Рассматриваемый лазерный комплекс состоит из трех блоков: оптоэлектронного блока, блока управления и обработки данных, опорно-поворотного устройства или треноги.

Оптоэлектронный блок служит для формирования лазерного излучения, сканирования территории, приема и передачи в блок управления полученной информации.

Блок управления и обработки данных позволяет отображать на дисплее результаты поиска (координаты цели) в реальном масштабе времени и выдавать сигналы готовности для поражения цели.

Рассмотрим обобщенную структурную схему ЛСВ:

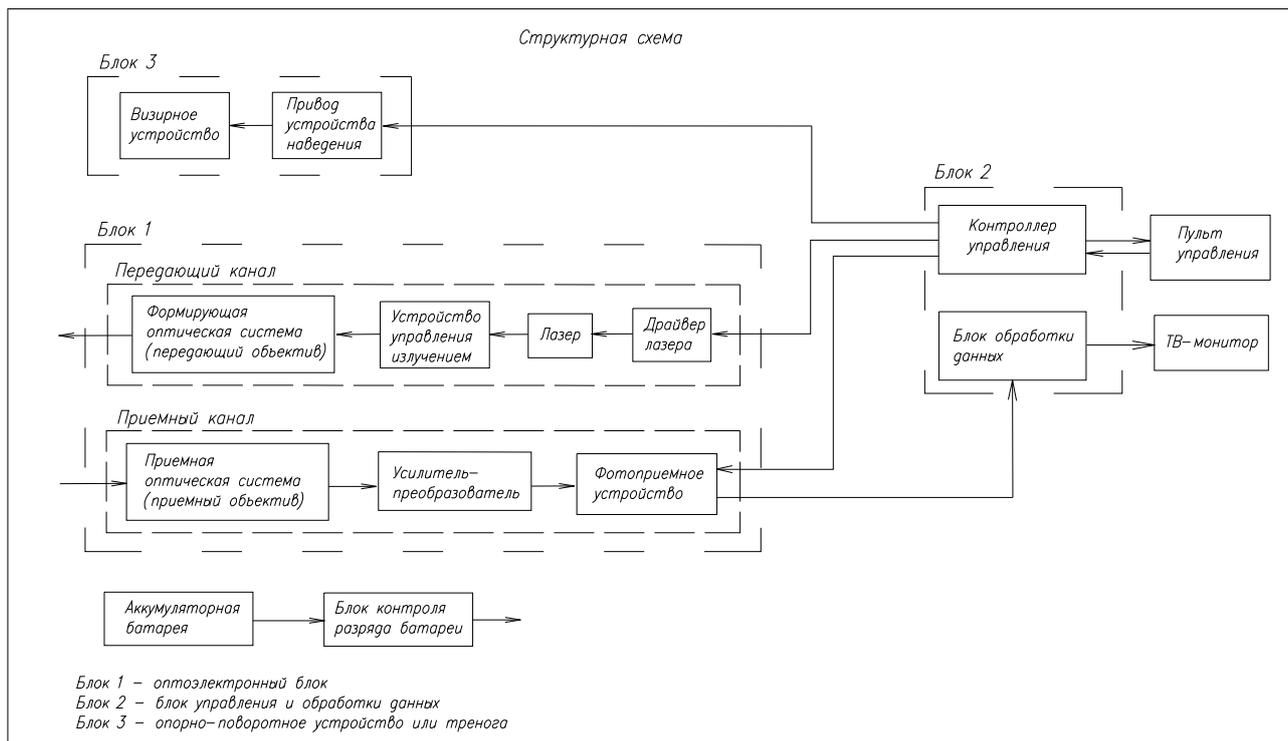


Рис.1. Обобщенная структурная схема ЛСВ

Передающий канал формирует зондирующее лазерное излучение. Основными его элементами являются лазер и драйвер лазера, формирующая оптическая система для изменения угловой расходимости лазерного излучения, устройство управления излучением для модуляции и сканирования лазерного пучка. Сформированное передатчиком зондирующее излучение проходит через среду распространения (атмосфера) и подсвечивает объект, имеющий некоторое пространственное распределение коэффициента отражения по интенсивности для излучения данного спектрального состава.

Отраженное излучение оказывается промодулированным по интенсивности и после обратного прохода через среду регистрируется приемным каналом, содержащим приемную оптическую систему, усилитель-преобразователь и фотоприемное устройство (ФПУ). Помимо фотоприемника ФПУ может содержать сканирующее устройство, перемещающее в пространстве синхронно с лазерным пучком угловую приемную диаграмму ФПУ, осуществляя тем самым эффективную пространственную селекцию.

Центральное устройство управления содержит блок обработки данных и контроллер управления. Блок обработки данных предназначен для приема, цифрового преобразования и обработки входного сигнала с фотоприемного устройства, а также для формирования выходного аналогового сигнала на входе монитора. Контроллер управления осуществляет

формирование синхронизирующих и управляющих импульсов, индикацию режимов работы ЛСВ, выполнение команд оператора.

Наведение ЛСВ на объект в условиях достаточной естественной освещенности проводится оператором с помощью визирного устройства, установленного на подвижной платформе таким образом, что его оптическая ось соосна с оптической осью приемного канала. В этом режиме оператор поворачивает платформу по азимуту и углу места с помощью рукояток ручного привода. При работе ночью или в автоматизированном режиме оператор наблюдает участок освещаемой передатчиком местности на экране ТВ-монитора, а поворот платформы осуществляется электромеханическими приводами по командам контроллера управления.

Для повышения надежности работы системы в данной работе предусматривается резервирование нескольких блоков.

Решение о резервировании (наименование резервируемых блоков и количество резервных схем) в данной работе принимается на основе проведения оптимизационных расчетов конструкции системы по надежности с учетом ограничения по массе, так как система может эксплуатироваться и в переносном варианте.

Литература

1. Журнал "Зарубежное военное обозрение" №8 2003г.
2. В.Е. Карасик, В.М. Орлов "Лазерные системы видения" Москва, Издательство МГТУ им. Баумана, 2001г.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАССИРОВКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

Степанов П.В.

Научный руководитель к.т.н., доцент, Власов А.И.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, г. Москва, Россия

MATHEMATICAL MODELING OF TRACE OF THE OPTICAL FIBRE COMMUNICATION LINE

Stepanov P.V.

Scientific adviser Candidate of Sciences (Techn.), senior lecturer, Vlasov A.I.

BMSTU, Moscow, Russia

E-mail: impetus@mitino.ru

Аннотация

Предложены математическая модель и алгоритм для оптимизации выбора трасс волоконно-оптического кабеля. Алгоритм реализован в виде программы на языке C++.

Abstract

The mathematical model and algorithm for optimization a choice of lines an optical fibre cable of the communication line are offered. The algorithm is realized in programming language C ++.

Современные волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) широко используются для передачи информации в Интернете, кабельного телевидения и т.д. Оптический кабель (ОК) может прокладываться в кабельных каналах под землей, путем подвешивания на опорах или по конструкциям зданий и сооружений. Применяются значительное количество отечественных и зарубежных типов ОК [1]. Цена одного метра ОК колеблется в пределах 5 – 10 у.е.

При прокладке ОК необходимо учесть ряд условий, которые определяются проектом, условиями прокладки, типами используемых ОК, используемым оборудованием и др. Во всех случаях при прокладке не должны превышать нормируемые нормативно-технической документацией на кабели механические воздействия (в первую очередь усилия растяжения и сжатия), климатические условия (нижняя предельная температура прокладки, как правило, составляет минус 10 °С), допустимые радиусы изгиба оптического кабеля (радиус изгиба не должен быть менее 20 наружных диаметров кабеля) и т.д.[2].

При прокладке кабеля на городском участке сети, как правило, используется имеющаяся инфраструктура (кабельные каналы, коллекторы связи). Трасса прокладки и типы используемых для прокладки подземных сооружений определяются проектом, при этом из соображений пожарной безопасности ОК, прокладываемые в коллекторы и туннели, должны иметь оболочку из материала, не распространяющего горение. Как правило, прокладка ОК производится в отдельный канал кабельной канализации или же, с целью более эффективного использования канала, в него предварительно прокладываются полиэтиленовые трубы, каждая из которых затем применяется для прокладки в нее отдельного кабеля. При прокладке ОК в кабельных каналах связи недопустимы значительные изгибы и также следует контролировать тяговое усилие, которое не должно превышать нормируемого для каждого типа кабеля. ОК должна иметь по возможности простейшую конфигурацию, в идеале представлять собой отрезок прямой линии.

Таким образом, задача прокладки кабеля по выделенным каналам для соединения двух узлов передачи информации, имеющей минимальную длину, является весьма актуальной.

На рис. 1 показан пример карты-схемы района города, где указаны здания и возможные кабельные каналы для прокладки ОК между ними с соответствующими

расстояниями. Для заданного района имеется один источник информации в виде АТС и ряд приемников. На

основе этой карты-схемы строится граф возможных трасс прокладки для заданного района города, представленный на рис.2. Для этого коллекторы связи и подводы к зданиям обозначаются как вершины графа. В роли ребер выступают кабельные каналы. На графе один источник информации с номером "0", любая из остальных точек может служить приемником. Задача состоит в нахождении пути минимальной длины от точки "0" до любой заданной точки графа.

Для нахождения кратчайшего пути на графе между двумя заданными вершинами применяется алгоритм Дейкстры [3].

Алгоритм использует три массива из N чисел каждый, где N - число вершин графа.

- 1) Первый массив S содержит метки с двумя значениями: 0 (вершина еще не рассмотрена) и 1 (вершина уже рассмотрена);
- 2) Второй массив B содержит длины коллекторов связи, в которых будет проложен ОК;
- 3) Третий массив C содержит номера вершин - k -й элемент $C[k]$ - есть номер предпоследней вершины на текущем кратчайшем пути из V_i в V_k . Матрица расстояний $A[i, k]$ задает длины дуге $A[i, k]$; если такой дуги нет, то $A[i, k]$ присваивается большое число B .

1 шаг:

В цикле от 1 до N заполнить нулями массив S ; заполнить числом i массив C ; перенести i -ю строку матрицы A в массив B , $S[i] := 1$; $C[i] := 0$ (i - номер стартовой вершины)

2 шаг:

Найти минимум среди неотмеченных (т. е. тех k , для которых $S[k] = 0$); пусть минимум достигается на индексе j , т. е. $B[j] \leq B[k]$

Затем выполняются следующие операции: $S[j] := 1$; если $B[k] > B[j] + A[j, k]$, то $B[k] := B[j] + A[j, k]$; $C[k] := j$;

Если все $S[k]$ отмечены, то длина пути от V_i до V_k равна $B[k]$. Теперь надо перечислить вершины, входящие в кратчайший путь.

3 шаг:

Выдача ответа. Путь от V_i до V_k выдается в обратном порядке следующей процедурой:

3.1) $z := C[k]$;

3.2) Выдать z ;

3.3) $z := C[z]$.

Если $z = 0$, то выход, иначе перейти к 3.2).

Представленный алгоритм реализован в виде программы на языке C++. Результаты работы программы позволили получить лучшее решение по сравнению с решением, полученным традиционным способом.

Литература

1. Справочник. Волоконно-оптические системы передачи и кабели, М. "Радио и связь", 1993 г.
2. Бутусов М.М., Верник С.М. и др. Волоконно-оптические системы передачи, М. "Радио и связь", 1992 г.
3. Кристофидес Н., Теория графов, Издательство "Мир", 1978 г.

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ЗНАНИЙ АБИТУРИЕНТОВ

Мигунов В.О., Сидоренко И.И.
Научный руководитель: д.т.н. проф. Шахнов В.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

COMPUTER ADAPTIVE TESTING SYSTEM FOR ENTRANT

Migunov V.O., Sidorenko I.I.
professor Shakhnov V.A.
BMSTU, Moscow, Russia
mr_mb@mail.ru

Аннотация

В данной статье предложен вариант системы адаптивного тестирования для определения охвата знаний абитуриентом при поступлении в МГТУ.

Abstract

This article describe the variant of adaptive testing system for entrants, who try to enroll into BMSTU.

Введение

Проблема правильной оценки знаний абитуриентов играет важную роль при принятии решения о поступлении в ВУЗ. Ведь данная оценка влияет как на дальнейшую судьбу самого абитуриента, так и на силы и ресурсы вуза, затрачиваемые на обучение в последующие годы. Следовательно, создание системы для измерения знаний, работающей в автоматическом режиме и гарантирующей нужную точность определения знаний в требуемых областях, явилось современной необходимостью.

Любая система тестирования базируется на качественных тестах. Создание хороших тестов, измеряющих и отражающих реальный уровень знаний тестируемых, является целой наукой. Здесь необходимы не только знания в предметной области, но и четкое знание тестологии (представление параметрах заданий, процессе проведении тестирования в целом и т.д.) [1, 2].

Компьютерные тесты можно разделить на адаптивные [3] и неадаптивные. Последние обладают достаточной простотой реализации и понятны большинству людей. Вы отвечаете на все вопросы теста, за верный ответ получаешь «1», за неверный ответ – «0» (дихотомическая модель). Далее происходит подсчет первичных баллов и перевод их на нормированную шкалу (грубо говоря, учет трудности задания). Адаптивные же тесты отличаются тем, что выбирают последующий вопрос в зависимости от всех предыдущих ответов (если испытуемый ответил неверно, то следующий вопрос будет легче).

Постановка задачи

Задачей разработки данной системы тестирования стала необходимость проверки уровня подготовки абитуриентов, поступающих в МГТУ им. Н.Э. Баумана, с целью их отбора на предварительном уровне. Поскольку результатом работы данной системы является не только сырой балл (количество правильно решенных заданий), но и расчетный балл с полученной ошибкой определения, то такая система выгодно отличается от других. Для определения широты абитуриентских знаний, применяется необходимое количество тестов по различным областям знаний. Исходя из поставленных задач, опишем технические требования к разрабатываемой системе:

1. Безопасность:

- система должна обеспечивать достаточную безопасность, т.е. предоставлять пользователям только те привилегии, которые им разрешить администратор.
- система не должна регистрировать пользователей автоматом (исключить детальное изучение тестов одного испытуемого под разными пользователями)

- система должна защищать от подлога (сдачи теста другим испытуемым)
2. Работа с тестами:
 - выполнение, как обычных тестов, так и адаптивных тестов.
 - система должна учитывать время, отведенное на тест
 - продолжение прерванного теста
 3. Статистика и анализ заданий:
 - отображения статистики по тестам (тип, популярность, процент сдачи теста)
 - отображения статистики по пользователям (сколько и какие тесты сдавал данный испытуемый).
 - определение «некачественных» заданий (плохая формулировка, слишком легкое или трудное).
 - системы должна обеспечивать выгрузку ответов в файл, для дальнейшего их анализа, например, определения параметров заданий (трудности, дискриминационного параметра и фактора угадывания).
 4. Администрирование системы:
 - добавление, блокирование, удаление пользователей.
 - редактирование:
 - добавление, перемещение, удаление и редактирование вопросов и тестов
 - хранение текстовой, графической, аудио и видео информации
 - сохранение и загрузка тестов в файл и базу данных
 - просмотр статистики по тесту, вопросам, пользователям
 - добавление новостей и обновлений на сайте

Реализация

Система тестирования реализована на базе WEB технологий (Apache, PHP, cookie, sessions, база данных Postgres, E-mail). Сочетание открытых технологий и стандартов программирования позволяет переносить данную систему на любые платформы.

В главном окне программы, представленном на рис. 1, предлагается ввести свой идентификатор (login) и соответствующий ему пароль. Вы можете зарегистрироваться в системе, заполнив анкету. После этого на Ваш e-mail будет выслан код активации. На главной странице также отображается пользовательское меню, последние новости и обновления на сайте.

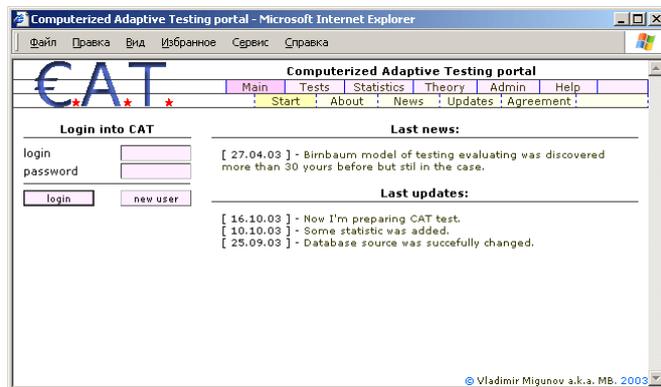


Рис. 1. Главное окно программы.

При выборе пункта меню «тесты», выводится список доступных тестов с подробными параметрами тестов (язык теста, число вопросов, продолжительность, шифр теста и его популярность) рис. 2. Также отображается тип теста (разрабатывается, обычный, адаптивный, заблокированный). После выбора теста предлагается ознакомиться с его

подробным описанием и инструкцией по пользованию и приступить к выполнению заданий рис. 3.

В любой момент испытуемый может покинуть систему. Он также может возобновить тестирование с того же или следующего вопроса, например, при разрыве связи, что делает систему применимой для плохих линий связи.

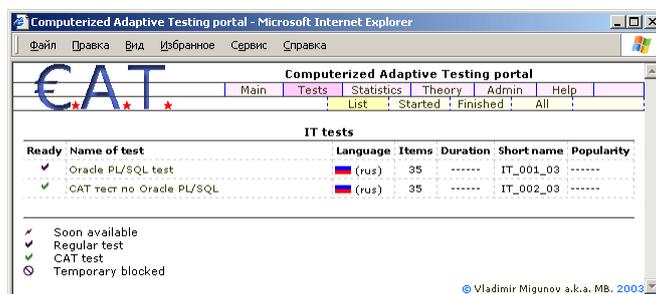


Рис. 2. Список доступных тестов, с их описанием и параметрами.

Вопросы теста хранятся в XML подобном формате, что делает такой способ хранения наиболее выгодным для модификации и наращивания. Вопрос может содержать Java-скрипт для создания интерактивности, графическую, аудио и видео информацию, а также 3 типа ответов пользователя: единственный выбор, множественный выбор и свободный ответ.

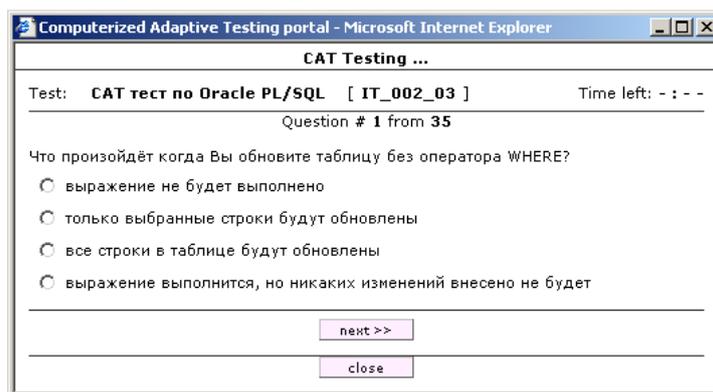


Рис. 3. Вопрос адаптивного теста.

После прохождения всего или части теста выставляется сырой балл (количество правильных ответов) либо вычисленный уровень знаний с ошибкой исчисления в адаптивном тесте. В системе также доступна общая статистика по пользователям и тестам.

Выводы

Данную систему также можно применять не только для оценки подготовленности абитуриентов, но и для контроля успеваемости студентов в качестве рубежного контроля или зачета. Система расположена по адресу <http://cat.rustest.ru/> и свободна для исследования, тестирования и рецензирования.

Литература

1. Нейман Ю.М., Хлебников В.А. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов – М.: Прометей, 2000 – 168 с.
2. Самыловский А.И. Тест как объективный измерительный инструмент в образовании // Вопросы тестирования в образовании – М. 2001, №1 – с. 10-39.
3. Чельшкова М.Б. Адаптивное тестирование в образовании (теория, методология, технология) – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2001 – 165 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ В ОБЪЕМЕ БЛОКА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Колосков С.В.

Научный руководитель: д.т.н. Шахнов В.А.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,
кафедра ИУ-4 “Проектирование и производство ЭА”.

MODELLING OF THERMAL FIELDS IN VOLUME OF THE BLOCK OF THE ELECTRONIC EQUIPMENT WITH THE DISTRIBUTED ARRANGEMENT OF WARMLY ALLOCATING ELEMENTS

Koloskov S.V.

The scientific chief: Dr. Shakhnov V.A.

Department IU4 BMSTU

Аннотация

В статье рассмотрены практические аспекты построения тепловой картины в объеме блока электронной аппаратуры. Приведены примеры применения результатов построения и анализа тепловых полей. Особое внимание уделено техническим средствам моделирования и анализа полученных результатов.

Введение

В настоящее время постоянно возрастает темп разработки новых средств электронной техники, сокращаются сроки проектирования и разработки ее отдельных узлов. В тоже время предъявляются более жесткие требования к надежности, отказоустойчивости и условиям эксплуатации электронной техники. Одним из важнейших параметров, влияющих на подобные характеристики, является тепловой режим работы электронной техники, поэтому решение задачи обеспечения нормального теплового режима становится всё более актуальной. Сложность современной электронной техники делает ручное решение подобной задачи весьма затруднительным, а в целом ряде случаев невозможным. Очевидно, что для решения задачи теплового конструирования необходимо применения автоматизированных средств моделирования тепловой картины узла электронной аппаратуры.

На сегодняшний день есть достаточное количество средств моделирования, позволяющих создавать модель источников тепла и отображать картину температурного распределения тепловых полей. Достаточно детально изучена проблема двумерного распределения теплового поля по ячейке электронной аппаратуры. Подобная задача решается с точностью, удовлетворяющей потребности большинства разработчиков электронных и электронно-вычислительных приборов.

Несколько хуже обстоит ситуация с моделированием тепловой картины в трехмерном пространстве с динамическим изменением тепловых полей во времени. Подобные эффекты могут возникать, например, при быстром нагревании одних микросхем и принудительном охлаждении других.

Описанные задачи помогают решать программные и аппаратно-программные комплексы построения тепловых картин. Подобные средства необходимо применять на этапе проектирования электронной аппаратуры. Ошибка или недостаточная степень детализации, не позволяющая определить перегрев элементной базы, особенно мощных микросхем, в том числе микропроцессоров может повлечь за собой снижение надежности и увеличение эксплуатационных издержек при эксплуатации электронной техники. Поэтому задача своевременного определения перегретых зон и внесения изменений в конструкцию ЭА является крайне важной, технически и экономически целесообразной.

Математическое описание тепловых процессов в блоке электронной аппаратуры

Тепловые процессы блока ЭА подчиняются уравнениям теплопроводности и краевым условиям. Данная модель определяет поле температур в теле в любой момент времени. Для решения этой задачи кроме дифференциального уравнения необходимо знать поле температур для какого-нибудь предшествующего момента времени (начальное условие), а также форму тела и закон теплообмена между окружающей средой и поверхностью тела (граничные условия). Начальные и граничные условия в совокупности называются краевыми условиями и описываются следующими выражениями.

Начальное условие

$$t(x, y, z, 0) = \psi(x, y, z) \quad (1)$$

Граничное условие на границе тело-среда при условии отсутствия стоков и источников энергии

$$\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_A + \alpha(t_A - t_c) = 0 \quad (2)$$

Термический коэффициент (термическое сопротивление)

$$F = \frac{t_1 - t_2}{\Phi} = \frac{1}{\Phi_1} \int_{l_1}^{l_2} \frac{\Phi(l)}{\lambda(l)A(l)} dl \quad (3)$$

t_1, t_2 – температуры изотерм 1 и 2, находящихся на расстояниях l_1 и l_2 от начала отсчёта
 $A(l)$ – аналитическое выражение площади изотермической поверхности на расстоянии l от начала отсчёта

$\Phi(l)$ – тепловой поток через изотермическую поверхность площадью $A(l)$

Φ_1 – тепловой поток через изотермическую поверхность площадью $A(l_1)$

λ – теплопроводность

При расчете переходных тепловых процессов и динамических процессов учитывается перенос теплового потока через площадь сечения A на отрезке сечения dx

$$d\Phi_1 = \int d^2\Phi_1 = c_p \left[\frac{d}{dx} \int_A \rho v t dA \right] dx \quad (4)$$

На применении описанных законов основаны алгоритмы программных пакетов расчета и моделирования тепловых полей.

Моделирование теплового состояния элементной базы ЭА

Для построения полноценной объективной картины тепловых полей необходимо создание тепловой модели каждого электро-радио элемента (ЭРЭ) и микросхем – тепловых источников и одновременно приемников энергии. Для создания такой модели целесообразно использовать модуль визуализации результатов анализа топологических моделей тепловых процессов (МТП) программного комплекса Асоника.

Основные функции программы визуализации результатов направлены на отображение результатов моделирования непосредственно на графе топологической модели тепловых процессов исследуемой конструкции РЭА. Отображение результатов осуществляется как в текстовом виде (файл–отчет), так и в графическом режиме (рис. 1).

В последнем случае разработчик РЭА получает граф МТП, в узлах которого (моделируют условно изотермичные участки исследуемой конструкции) отображаются температуры и введенные ранее разработчиком обозначения узлов графа МТП. Для нестационарного режима строятся графики зависимостей температур участков конструкции от времени. Таким образом, программа позволяет разработчику оперативно получить исчерпывающую информацию о характеристиках МТП проектируемой конструкции РЭА.

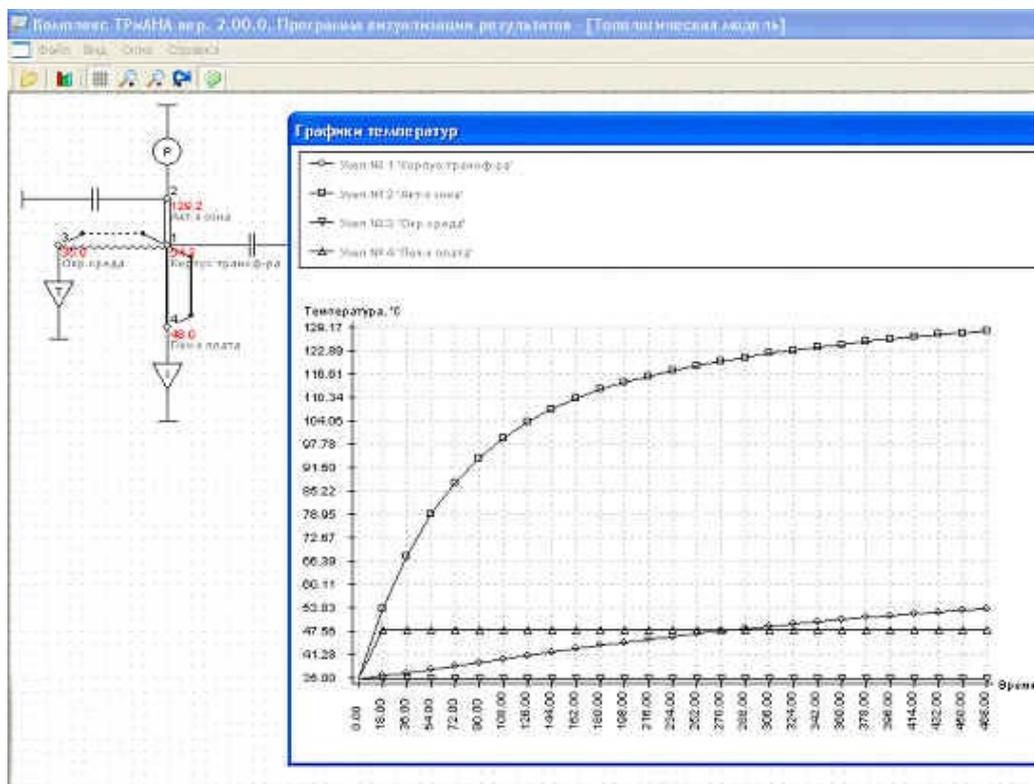


Рис.1. Временная зависимость температуры ЭРЭ

Моделирование тепловой картины в объеме блока

Для моделирования тепловой картины в объеме блока электронной аппаратуры одним из наиболее удобных и функциональных программных пакетов можно назвать работу компании MSC – программный комплекс MSC.Nastran. Это конечно-элементная система моделирования полей в различных средах.

MSC.Nastran for Windows обеспечивает решение задач теплопередачи, исследование установившихся и неуставившихся процессов, нелинейных статических процессов, нелинейных динамических переходных процессов. Наиболее важными являются возможности по интеграции средств с дополнительными возможностями по расчету характеристик гидро- и газодинамических явлений.

Модули анализа теплопередачи и анализа гидро- и газодинамических процессов позволяют моделировать и визуально отображать:

- Установившееся состояние (линейна и нелинейная постановки)
- Переходный процесс (линейна и нелинейная постановки)
- Процессы свободной и вынужденной конвекции
- Излучение в замкнутое пространство
- Точечные источники тепла
- Изменяющиеся во времени температуры для переходных процессов
- Тепловые потоки
- Графики изменения температуры во времени

- Графики изменения энтальпии от времени
- Анимации результатов расчета
- Расчет характеристик ламинарных и турбулентных течений с учетом теплопередачи
- Смешанная передача тепла (одновременный учет теплопроводности и конвекции)

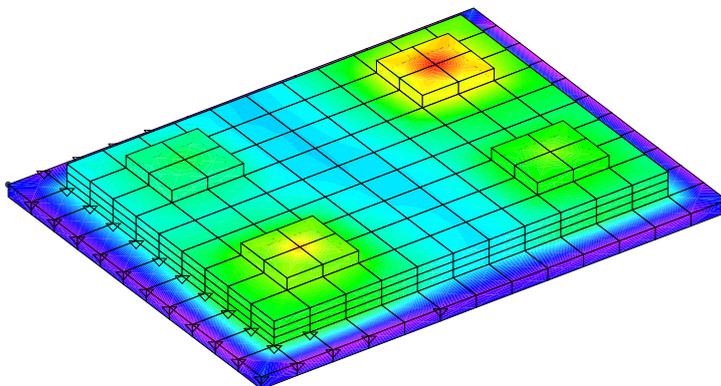


Рис.2. Пример распределения теплового поля по функциональной ячейке ЭА.

Таким образом, возможности задействованных модулей позволяют провести моделирование тепловых полей в электронной аппаратуре методами конечно-элементного анализа с расстановкой тепловых источников в геометрии функциональных узлов ЭА.

Вывод

Применение программных пакетов моделирования позволяет уже на ранних стадиях проектирования, используя численные методы, получить информацию о критичных зонах пространства внутри блока. Внесение конструктивных изменений по результатам моделирования помогает обеспечить нормальный тепловой режим работы и, как следствие, повышает её надежность и долговечность.

Литература

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. Под ред. Шахнова В.А., -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
2. С.В. Колосков, В.А. Шахнов Теплоотсеивающее устройство для охлаждения компонентов в электронно-вычислительной аппаратуре // Электронные компоненты. №3. 2003. С. 116.
3. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиэлектронной аппаратуре -М.: Высшая школа, 1984.
4. Преснухин Л.Н., Шахнов В.А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем. -М.: Высшая школа, 1986.
5. Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. -М., 1976
6. Дульнев Г.Н., Сигалов А.В. Поэтапное моделирование теплового режима сложных систем. – ИФЖ, 1983, т.45, №4, с651-656.
7. Кофанов Ю., Потапов Ю., Сарафанов А.В. Подсистема анализа и обеспечения тепловых характеристик радиоэлектронной аппаратуры "АСОНИКА-Т" // CHIP NEWS - Инженерная электроника: Научн.-техн. журн. - М.: "CHIP NEWS", 2001. № 6 (59). С. 56-58.

19. АППАРТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА 20. ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

Князев В.С.

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Шахнов В.А.

Кафедра ИУ4, МГТУ им Н.Э.Баумана, Москва, Россия

21. HARDWARE-SOFTWARE FACILITIES FOR CONTROL 22. OF TECHNICAL STATE OF TURBOGENERATORS

Knyazev V.S.

Supervisor: professor, d.t.s. Shaknov V.A.

Department IU4, BMSTU, Moscow, Russia

vsknyazev@mail.ru, www.iu4.bmstu.ru

23. Аннотация

В работе рассматриваются вопросы разработки эффективной системы автоматизированного мониторинга энергоемких крупногабаритных объектов для повышения надежности их работы, на примере турбогенераторов

24. Abstract

The work considers questions of development effective system for automatic control of turbogenerators for increasing reliability.

Проблема создания систем автоматизированного мониторинга энергоемких крупногабаритных объектов является очень важной, т.к. знание технического состояния таких объектов позволяет наилучшим образом планировать их работу и загруженность, сроки и время проведения технического обслуживания и ремонта. Основной задачей таких систем является измерение параметров объектов исследования, а также контроль их технического состояния. Это необходимо для предотвращения возможных серьезных нарушений в функционировании таких объектов, и сведению к минимуму вероятности отказов, за счет своевременного проведения ремонтных и профилактических работ.

Ярким примером энергоемких крупногабаритных объектов являются турбогенераторы. Турбогенераторы нашли широкое применение на электростанциях и ТЭЦ, они служат для преобразования механической энергии в электрическую. Используются в качестве источников переменного тока для сетей электропитания. Мощность одной такой электрической машины достигает 1,5 - 2 МВт.

Одной из основных причин потери мощности при работе турбогенератора является образование коротких замыканий в роторных и статорных обмотках. На сегодняшний день отсутствует четкий механизм определения наличия коротких замыканий в этих обмотках даже на этапе производства электрических машин. На этапе эксплуатации, наличие коротких замыканий вообще не определяется. При значительной потере мощности, турбогенератор останавливают и направляют на ремонт, который в большинстве случаев не может быть проведен на месте. Во время ремонта проводится полная замена обмоток на новые, в частности для статора выполняется трудоемкая операция замены стержневых обмоток.

Создание автоматизированной системы мониторинга за техническим состоянием энергоемких крупногабаритных установок является важной и востребованной задачей современной науки и техники.

По результатам поиска в литературных и патентных источниках, а также по результатам проведения НИР были выявлены методы диагностики состояния электрических цепей статоров и роторов мощных энергетических установок. После проведения сравнительного анализа этих методов идентификации мест возникновения межвитковых коротких замыканий, в основу работы разрабатываемой системы были положены следующие методы.

Вихревой индукционный метод. На граничном участке двух проводников возбуждается кольцевым электромагнитом магнитное поле, которое создает вихревые токи в проводниках. Магнитное поле этих вихревых токов и токов утечки можно зафиксировать специальным датчиком, размещенным в центре кольцевого электромагнита. При наличии короткого замыкания между элементарными проводниками сигнал, снимаемый с датчика, будет изменяться в следствии изменения магнитного поля.

Метод циркуляционных токов. При возбуждении на участке стержня поперечного высокочастотного магнитного поля в элементарных проводниках (из которых изготовлен стержень) возбуждаются циркулярные токи. Эти циркулярные токи образуют магнитное поле вдоль всего стержня. При отсутствии замыканий между элементарными проводниками расстояние между сечениями нулевого магнитного поля равно шагу транспозиции. Наличие замыканий между скрещивающимися проводниками изменяет картину распределения магнитного поля циркуляционных токов за счет магнитного поля, образованного дополнительным замкнутым витком.

Для реализации автоматизированной системы мониторинга в его основу необходимо заложить аппаратно-программный измерительный комплекс (АПИК), включающий в себе лучшие черты стационарного измерительного оборудования и программных алгоритмов обработки и хранения информации. Аппаратной платформой для построения экспериментального образца системы целесообразно использовать современную персональную ЭВМ. А для серийного применения наилучшим вариантом будет использование промышленных компьютеров на основе RISC процессоров с аппаратными модулями цифровой обработки сигнала. На программную часть измерительного комплекса возложена не только роль хранения информации, а также обработки данных, их анализ и сравнения полученных результатов с уже имеющимися, а в дальнейшем и возможность самообучения.

В структуре комплекса выделяются следующие основные части: пользовательский интерфейс, программная часть, аппаратная часть и блок датчиков (рис. 1.).

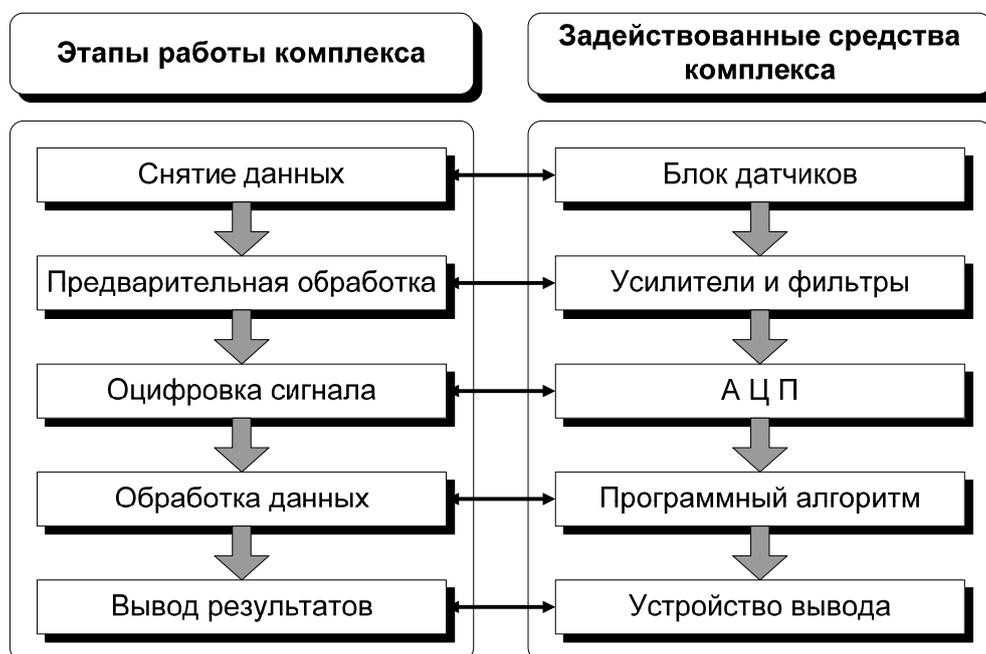


Рис. 1. Структурная схема АПИК

Важной частью системы является блок датчиков. Причем, набор датчиков, их характеристики и количество, зависят от конкретного типа мониторинга (на этапах производства, при работе установки или во время остановок в работе). Например, для исследования стержневых статорных обмоток на этапе производства желательно получить наиболее детальную и точную информацию о состоянии стержня. Для этого необходимо

обеспечить перемещение блока датчиков вдоль стержня. Во время работы турбогенератора, датчики могут находиться лишь в неподвижном состоянии и при этом подвержены воздействию сильнейших электромагнитных полей (ток в роторной обмотки достигает 10 000 А, магнитная индукция вблизи ротора более 1,5 Тл). Также датчики подвержены воздействию повышенных температур и вибраций.

Поэтому, при функционировании объекта мониторинга, важно не только обеспечить надежность работы аппаратуры, но и использовать максимально точные методы исследования состояния проводящих цепей машины. Например, при работе турбогенератора, наиболее подходящим методом исследования может служить анализ трехмерного магнитного поля создаваемого обмоткой электрической машины. Короткие замыкания в обмотке влекут за собой изменение картины магнитного поля вокруг всего объекта. Дальнейшая обработка должна состоять в анализе и идентификации картины поля, сравнения с существующими образцами.

Случайный характер событий, определяющих задачу локализации и идентификации дефектов, заставляет отказаться от классических точечных измерений и перейти к совокупному анализу отдельных событий, устанавливая их причинность и степень взаимосвязи. Для этих целей необходимо использовать модульный подход при реализации аппаратного и программного обеспечения системы. Гибкая настройка алгоритмов для анализа экспериментальных сигналов, а также возможность подключения различных типов блоков датчиков, позволит оперативно влиять на ход исследования для получения максимально точных результатов.

Функциональное взаимодействие между составляющими модулями аппаратно-программного измерительного комплекса показано на функциональной схеме (рис. 2.)

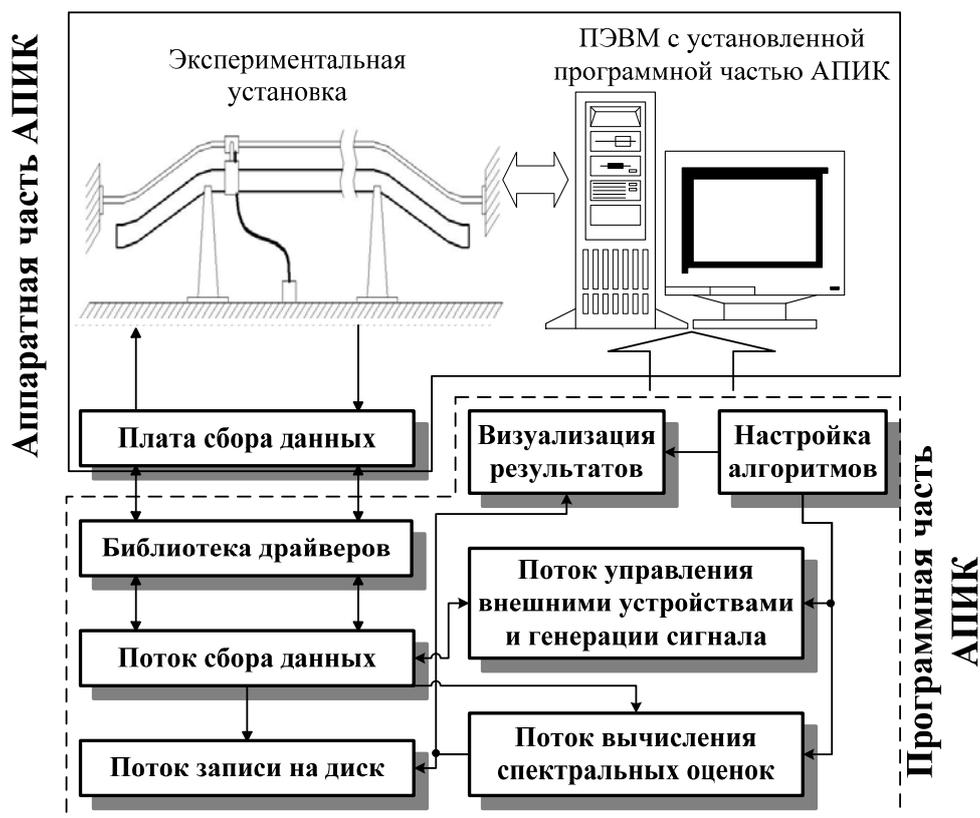


Рис. 2. Функциональная схема АПИК.

Программная часть комплекса непосредственно производит обработку полученных сигналов и форматирование выходных данных для их последующего вывода на экран и принтер, а также для работы с ними аналитических модулей комплекса. В комплексе реализуются алгоритмы быстрого преобразования Фурье, нахождения корреляционной

зависимости, методы спектрального оценивания, методы классификации и распознавания образов и экспертная система принятия решений по локализации дефектов.

Основой программной части является ядро, которое управляет работой всех остальных модулей (рис. 3).

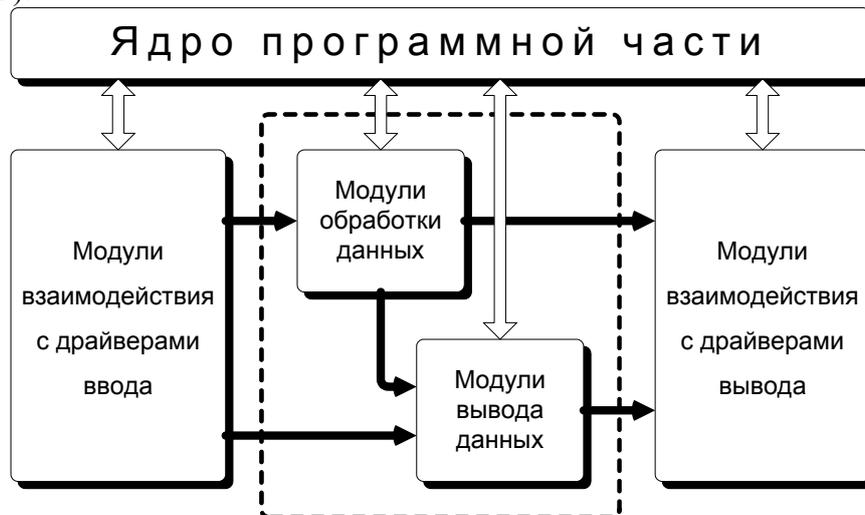


Рис. 3. Структурная схема программной части АПИК.

Процесс локализации и идентификации дефектов выглядит следующим образом:

1. Информационные параметры поступают с датчиков на плату сбора данных.
2. Плата сбора данных, в простейшем случае, оцифровывает сигнал, а в случае, если на ней установлен сигнальный процессор, производит предварительную обработку сигнала.
3. Программная часть комплекса позволяет осуществлять обработку и визуализацию результатов в виде временных графиков, корреляционных зависимостей и спектральных плотностей мощности сигналов (в распоряжении пользователя находятся алгоритмы, построенные на разных принципах и требующие разных вычислительных затрат).
4. Последующая обработка осуществляется интеллектуальной экспертной системой АПИК, которая в зависимости от выбранного метода (фреймовые сети, нейросетевые методы распознавание образов и сигналов) формирует экспертное решение по наличию или отсутствию дефектов.
5. Для модельной оценки характеристик магнитного поля системы в состав АПИК целесообразно использовать методы сеточного моделирования магнитного поля исследуемого объекта.

Итак, для увеличения надежности работы энергоемких крупногабаритных объектов необходимо внедрение автоматизированной системы мониторинга этих объектов на различных этапах их жизненного цикла. В основу системы положен контрольно-измерительный комплекс на базе различных средств цифровой обработки сигналов. Сочетающий в себе наилучшие черты аппаратной обработки данных, а также гибкость и настраиваемость программных алгоритмов обработки и хранения данных.

25. Литература

1. Харт Х. Введение в измерительную технику: Пер. с нем. – М.: Мир, 1999. – 391 с.
2. К.Б. Клаасен. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
3. С.Л. Марпл. - мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. М.: Мир, 1990. - 584 с., ил.
4. Гёлль П. Как превратить персональный компьютер в измерительный комплекс: Пер. с франц. – 2-е изд., испр. – М.: МДК, 1999. –199 с.
5. Шахнов В.А., Князев В.С., Власов А.И. Аппаратно-программный комплекс обработки сигналов для мониторинга и анализа состояния технических систем различного уровня. //

- 3-ая Международная конференция «Компьютерные методы и обратные задачи в неразрушающем контроле и диагностике». Сборник тезисов. – Москва, 2002 г.
6. Князев В.С., Афанасьев А.В. Виртуальный многофункциональный измерительный комплекс. //Молодежная научно-техническая конференция «Научные технологии и интеллектуальные системы 2002». Сборник научных трудов. – Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКИ КАФЕДРЫ ИУ4

Ларютин А.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Власов А.И.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

COMPUTER-AIDED SYSTEM OF IU4 DEPARTMENT ELECTRONIC LIBRARY

Laryutin A.V.

Research manager: c.t.s., docent Vlasov A.I.

Moscow State Technical University named after Bauman, Moscow, Russia.

daron@inbox.ru; info@iu4.bmstu.ru; <http://info.iu4.bmstu.ru>

Аннотация

Представленная информационная система электронной библиотеки предназначена для обеспечения удаленного доступа пользователей к хранящимся в СУБД, размещенной на сервере, материалам. Система включает пользовательский интерфейс, обеспечивающий доступ к материалам путем выбора из каталога или поиска по нескольким критериям, а также загрузку собственных материалов на сервер библиотеки, и интерфейс администратора, позволяющий модератору осуществлять редактирование данных о материалах библиотеки, а также об авторах, категориях. Система построена на основе связки LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP), являющейся в настоящее время основной при разработке малых и средних информационных систем, ориентированных на удаленный доступ.

Abstract

Presented computer-aided system of electronic library is designed for providing a remote acces to the materials, stored in database managemen tsystem on a server. The system includes both the user interface, providing the access to the materials by selecting form a catalog or searching by various criteria, and also ability to upload own files on a server, and administrator interface, giving moderator an ability to edit material, authors and categories data. The system is based on a LAMP bond (Linux, Apache, MySQL, PHP), which is considered to be the main in development of small- and middle-scale copmputer-aided systems, oriented on remote acces.

Введение

Автоматизированная информационная система электронной библиотеки на основе СУБД MySQL предназначена для обеспечения удаленного доступа к материалам электронной библиотеки, расположенной на сервере кафедры ИУ4 МГТУ им. Баумана. Данная система является второй версией аналогичной, в настоящее время работающей системы, расположенной по адресу <http://info.iu4.bmstu.ru>. В отличие от предшествующей, написанной на языке Perl, код новой системы целиком написан на языке PHP, который при несомненной простоте обеспечивает большую безопасность, гибкость, а также благодаря встроенное в ядро интерпретатора библиотеке, обеспечивает более быструю и надежную работу с СУБД MySQL.

1. Характеристика аппаратных и программных компонентов системы

База данных, в которой содержатся все данные о материалах библиотеки, а также сами файлы материалов расположены на главном сервере кафедры ИУ4. Все компоненты системы работают под управлением операционной системы ASP Linux, обеспечивающей высокую надежность, гибкость администрирования в сочетании с бесплатностью и низкими требованиями к оборудованию. Использование указанной операционной системы является преимущественным при построении АИС, подобных рассматриваемой.

В качестве www-сервера используется наиболее распространенный, конкурентоспособный и наиболее мощный среди веб-серверов сервер Apache фирмы Apache Group, сочетающий высокую производительность, устойчивость, гибкость в настройке, при абсолютной бесплатности.

В качестве средства управления базой данных была выбрана СУБД MySQL. Обладая высоким быстродействием при небольших размерах ядра и требованиям к ресурсам, за счет ограниченного по сравнению с более мощными СУБД набора функций, является идеальным решением для систем подобного класса. Кроме того, для некоммерческого использования система абсолютно бесплатна.

В качестве лингвистического обеспечения для системы был выбран язык сценариев, выполняемых на стороне сервера PHP (Hypertext PreProcessor). В отличие от аналогичных он обладает наибольшей гибкостью, совместимостью с основными платформами, универсальностью и надежностью с точки зрения написания безопасных сценариев.

2. Характеристики файловой подсистемы ИС и обеспечение безопасности

Для обеспечения максимальной защиты данных и целостности системы на все исполняемые файлы php-скриптов устанавливаются права доступа `gwx--x--x` (доступны на чтение, запись и исполнение владельцем файлов и доступны только для исполнения всем остальным). Это исключает возможность скачивания посторонними лицами скриптов и файлов конфигурации с целью изучения внутренней структуры системы. На папки (за исключением папки `upload` – файлы, загружаемые пользователем) установлены права `gwxg-xg-x` (полные права для владельца и право только на чтение и выполнение для пользователей). На папку загружаемых пользователем файлов `upload` установлены права `gwx-w--w-` (возможность записи но невозможность чтения и исполнения для всех, кроме владельца). На статические элементы интерфейса (изображения и файлы таблиц стилей `*.css`) установлены права `gwxg--r--` (доступ только на чтение для всех, кроме владельца). Подобные меры позволят достаточно защитить файлы библиотеки от сознательной порчи или изучения их структуры с целью искажения или полного уничтожения информации, хранящейся в СУБД.

3. Интерфейс пользователя

Интерфейс пользователя должен обеспечивать доступ ко всем материалам библиотеки, а также к дополнительной информации о них (например авторам, университетам, факультетам и т.д.). Также пользователь должен иметь возможность загружать собственные материалы на сервер для пополнения библиотеки. Пользователю также должна быть доступна новостная лента, свидетельствующая о последних событиях и обновлениях библиотеки. Полная диаграмма вариантов использования для пользователя библиотеки представлена на рис. 1.

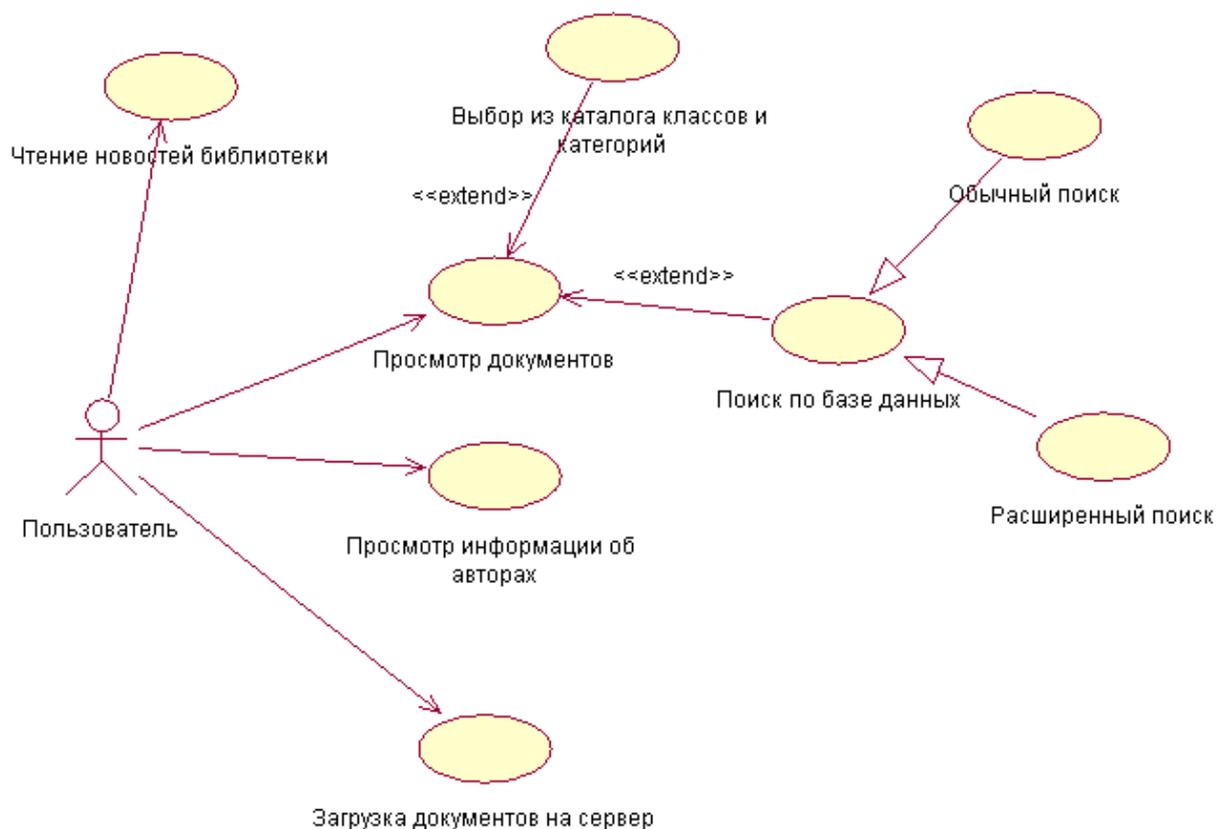


Рис. 1. диаграмма вариантов использования пользовательского интерфейса

Структура хранимой в базе информации такова, что пользователь системы может получить доступ к материалам библиотеки несколькими путями. Самый простой и универсальный – поиск по ключевым словам. Данная система предоставляет пользователю два вида поиска – обычный и расширенный. Обычный поиск производится по названию или части названия искомого документа, для чего предусмотрена опция «слово целиком» - отображаются только те документы, название которых содержит искомое слово целиком. Расширенный поиск предоставляет пользователю возможность поиска по трем критериям: названию документа, автору или классу документа (учебник, курсовая, реферат и т.д.). Форма расширенного поиска приведена на рис. 2. Поиск может осуществляться как по одному из критериев (например, по автору или классу), так и в совокупности по нескольким (в этом случае отображаются документы, удовлетворяющие всем заданным критериям). Диаграмма взаимодействия при осуществлении расширенного поиска представлена на рис. 3.

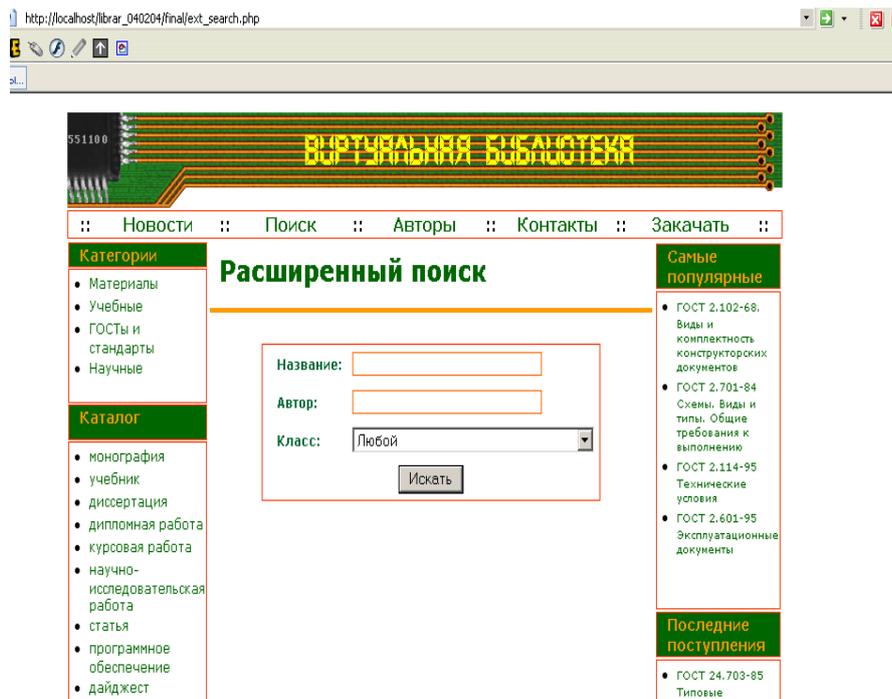


Рис. 2. Форма расширенного поиска

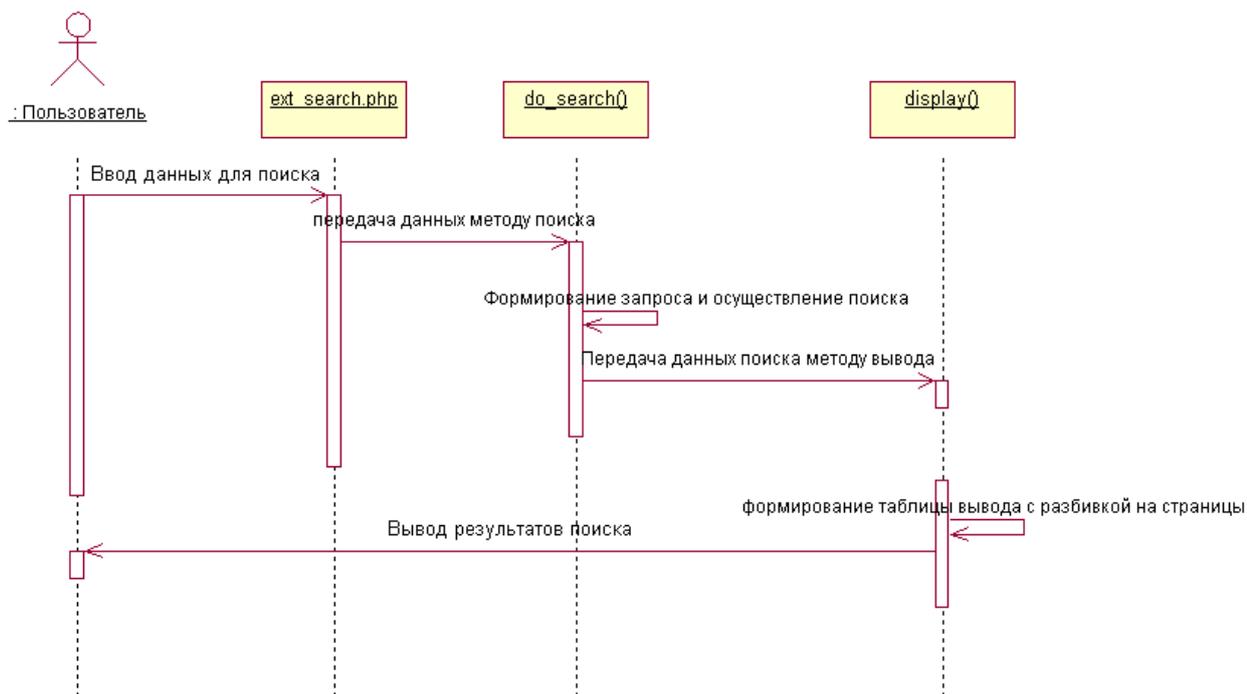


Рис. 3. Механизм расширенного поиска

Другим способом доступа к документам является перемещение по навигатору категорий и классов документов, расположенным в левой части страницы. Меню категорий содержит четыре основные категории: Общие, Учебные, ГОСТы и Научные. Каждая из них подразделяется на подкатегории. Информация о категориях динамически обновляется на основе базы данных. Каждая из списка подкатегорий является ссылкой на страницу, отображающей все документы данной категории.

Аналогичным образом можно получить доступ к документам определенного класса. В настоящий момент определены следующие классы документов: монография, учебник, диссертация, дипломная работа, научно-исследовательская работа, статья, программное обеспечение, дайджест, реферат, домашнее задание, практическая работа,

нормативный документ. Этот список может редактироваться через администраторский интерфейс.

Помимо этого, в правой части страницы отображаются два рейтинга документов: самые популярные документы (которые имеют наибольшее число обращений) и последние загруженные документы. Соответственно пользователь имеет возможность быстрого доступа к самым популярным документам, которые, возможно, ему также необходимы.

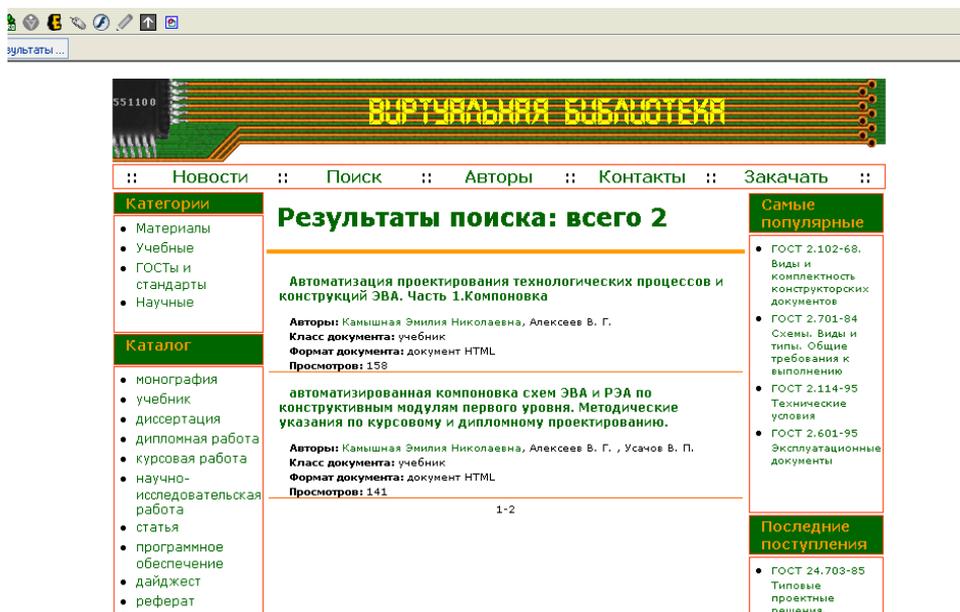


Рис. 4. Форма отображения результатов поиска документов

Форма вывода найденных по заданным условиям документов представлена на рис. 4. Информация о документе содержит следующие разделы: название документа, представляющее собой гиперссылку на скрипт показа документа пользователю и одновременному увеличению на единицу числа обращений к документу, авторов документа (в том случае если об авторе в базе данных имеется расширенная информация, доступная для публикации, ФИО автора представляет собой гиперссылку на соответствующий метод), класс документа, тип документа (html-файл, txt-файл, архив, exe-архив и т.д.) и количество просмотров данного документа. Выводимая информация разбивается на страницы по заданному в конфигурационном файле количеству отображаемых на странице документов (по умолчанию 10).

В системе имеется также возможность отображение информации об авторах документов. Если информации об авторе достаточно для публикации, то в режиме администратора производится активация страницы данного автора. Соответственно после этого в списке авторов его фамилия будет представлена гиперссылкой на соответствующую ему страницу. Разумеется, страница генерируется автоматически, на основе данных об авторе, хранящихся в СУБД. Она содержит следующие данные: фотографию автора (если имеется), ФИО, институт и кафедру, где обучается или преподает автор, электронную почту и url автора, института и кафедры, список работ автора и краткую информацию о нем.

Система обладает двумя методами пополнения библиотеки новыми материалами. Первый – непосредственно через администраторский интерфейс. Модератор библиотеки заносит все данные о документе в форму а затем загружает сам файл документа на сервер. Все это происходит одним действием. Файлы документов могут быть присланы администратору по почте или получены из других источников.

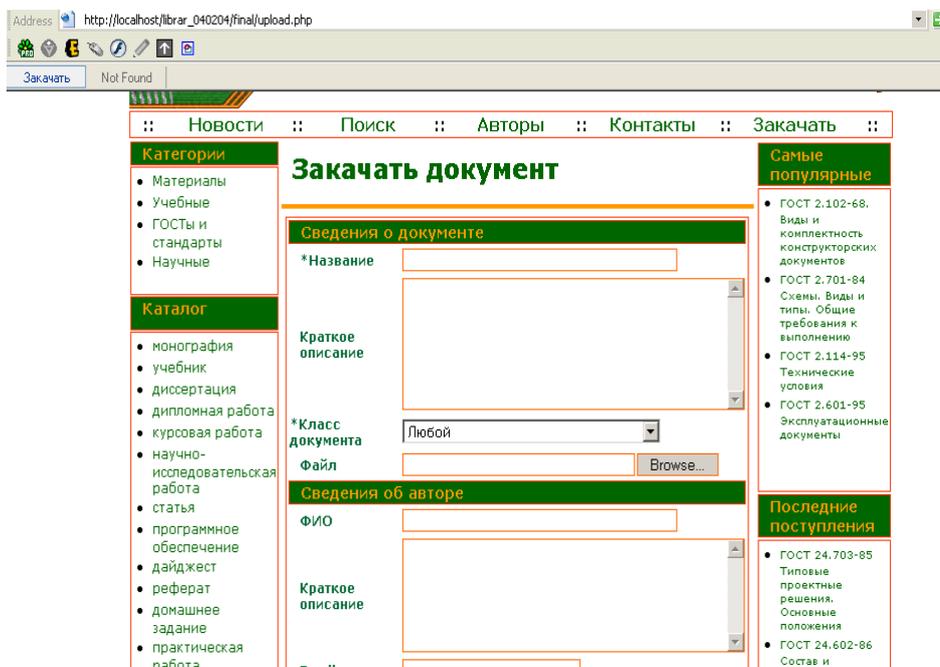


Рис. 5. Форма загрузки файлов на сервер пользователем

Второй метод заключается в загрузке файлов на сервер самими пользователями библиотеки. Форма для загрузки представлена на рис. 5. Здесь пользователь вводит всю информацию о документе, а так же о себе для занесения в базу данных авторов, и указывает файл документа. Обязательными для заполнения полями формы являются название документа, класс документа и ссылка на файл. В случае оставления пустым любого из этих полей будет выдано сообщение об ошибке. Загруженные данные не попадают сразу в основную базу данных, а располагаются во временной таблице upload и папке upload на сервере. После этого они визируются администратором системы и при необходимости изменяются. После подтверждения данные автоматически заносятся в соответствующие таблицы базы данных - сведения о документе, авторах, а также связи документов с авторами и категориями. Одновременно сам файл документа переименовывается в соответствии с указанным администратором значением и помещается в основную папку документов. Второй из рассмотренных способов более удобен и функционален и способствует быстрому наполнению библиотеки за счет материалов самих пользователей.

3. Интерфейс администратора

Интерфейс администратора системы предоставляет все возможности управления системой: добавление, редактирование и удаление при необходимости документов, редактирование информации об авторах, управление деревом категорий, данными о типах и классах документов. Доступ к администраторскому интерфейсу осуществляется по логину и паролю, в зашифрованном виде хранящимися в БД, причем узнать пароль непосредственно из базы невозможно - обратной дешифрации он не подлежит. Таким образом осуществляется. Причем благодаря своей структуре при изменении базы данных (добавлении, редактировании или удалении таблиц) не приходится вводить новые формы для взаимодействия с новыми структурами БД.

Полное управление данными осуществляется с помощью пяти скриптов - формы добавления, подтверждения добавления, формы редактирования, подтверждения редактирования, формы удаления, а также конфигурационного файла. Последний представляет собой php-скрипт, в котором для каждой таблицы хранится массив данных, представляющий собой доступные для добавления и редактирования поля данной

таблицы в виде пар “поле таблицы” => “Описание” а также дополнительный массив, содержащий данные для вывода списка данных рассматриваемой таблицы. Пример фрагмента скрипта конфигурации:

```
$news_arr = array("title" => "Заголовок",  
                 "descr" => "Описание",  
                 "body" => "Тело");  
$news_args = array('id','date_added','title','date_added');
```

Для таблицы новостей news доступны для добавления и редактирования поля заголовка новости, краткого описания и основного тела новости. Использование исполняемого скрипта вместо обычного файла конфигурации несет в себе дополнительные преимущества - если на файл конфигурации необходимо установить право на чтение пользователем, то на скрипт достаточно права только на исполнение. Таким образом пользователь не будет иметь возможности узнать содержимое конфигурационного файла с целью изучения структуры данных в СУБД.

Поля формы для добавления или редактирования полей указанной записи строятся на основе рассмотренного выше файла конфигурации а также данных о структуре таблицы. Так например, если поле имеет строковый тип - элемент формы, соответствующий данному полю, имеет вид однострочного редактора, если текстовый - многострочный редактор <textarea>, если логический тип - элемент типа checkbox и т.д. В соответствии с этими же данными происходит и добавление и обновление данных при выполнении скриптов do_add.php и do_update.php.

Данная организация интерфейса администратора позволяет гибкое управление структурой базы данных, введение в ее состав новых таблиц и редактирование имеющихся. Настройка соответствующих форм добавления и редактирования производится путем внесения изменений в файл конфигурации в соответствии с изменениями в базе данных.

26. Заключение

Таким образом, рассматриваемая система управления электронной библиотекой предоставляет широкие и гибкие возможности как для доступа к документам, так и администрирования. Кроме того, будучи построенной на основе полностью свободно распространяемых компонентов она является идеальным решением для организации доступа к электронным архивам образовательных учреждений.

Литература

1. Аргерих Л., Чой В., Коггсхол Д., Эгервари К., Сколло К. «Профессиональное PHP программирование», 2-е издание, Символ-Плюс, М. 2003
2. Томсон Л., Веллинг Л. «Разработка приложений с помощью PHP и MySQL»., Вильямс, М. 2003
3. Боуэн Р., Лиска А. «Apache. Настольная книга администратора».

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ, РАБОТАЮЩИХ НА UNIX-ПОДОБНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ ВСТРОЕННЫХ СРЕДСТВ ОС

Плехов С. Ю.

Научный руководитель: к. т. н., доц. А. И. Власов

Кафедра ИУ 4 МГТУ им. Н. Э. Баумана

keet@front.ru

INCREASE OF SAFETY OF THE SERVER APPENDICES WORKING ON UNIX- LIKE OPERATIONAL SYSTEMS WITH THE HELP OF BUILT - IN MEANS OF OS

Plechov S.J.

Research manager: c.t.s., docent Vlasov A.I.

Moscow State Technical University named after Bauman, Moscow, Russia.

keet@front.ru

В эпоху стремительного развития информационных технологий основным требованием является качественное предоставление услуг Интернета. Предлагаемые сегодня программные решения в большинстве случаев являются коммерческими, которые обычно поставляются в виде бинарных пакетов - т.е. исходный код, на котором написан данный продукт, не может быть получен т.к. он закрыт и является собственностью производителя. Невозможность контроля исходного кода администраторами позволяет производителям ПО, оставлять "скрытые входы" для использования в своих целях. Стоит отметить, что факт платности программного продукта вовсе не означает масштабируемость, стабильность и защищенность конечной системы. Зачастую, ПО с открытым кодом не уступает своим платным аналогам, а часто превосходит их. Напомним, что в основу концепции открытого кода положена возможность беспрепятственного доступа любого желающего к исходному коду, который энтузиасты могут пополнить или исправить. Они могут работать либо на себя, исправляя и подгоняя код под собственные нужды, либо, если позволяет собственный профессионализм, могут принять участие в разработке данного программного продукта вместе с группой единомышленников.

Быстрое развитие Интернет вносит свои коррективы в понятие безопасности кода того или иного приложения работающего на сервере. Программы с невообразимым количеством строк кода уже не являются редкостью, а это в свою очередь ведет к возникновению неявных, но в то же время критических, ошибок и конфликта различных частей кода.

Приведем небольшой пример: стандартом качества исходного кода для программного обеспечения NASA является возникновение одной ошибки в одной тысячи строк кода. Учитывая, что по статистике в среднем из десяти ошибок в программе, две позволяют злоумышленнику получить контроль над выполнением программы и исполнить произвольный код на машине, где работает данная программа. Таким образом, любая, причем отлично написанная программа (которая подходит стандарту качества NASA) содержит около 10 – 15 критических ошибок, которые могут повлечь за собой самые неприятные последствия. Автор встречался с интересным мнением – некоторые используют изначально устаревшую версию ПО, несмотря на меньшую функциональность таких версий, относительно новых, но имеют более чистый код, т.к. большинство ошибок было найдено и исправлено в прошлом. Ситуацию усугубляет наличие изъянов, а также явных ошибок в технологических решениях, ставшими стандартами. Самый яркий пример это переполнение буфера в программах, написанных на языках C и C++ - такая ошибка не допустима при использовании программ, написанных на языке FORTRAN, где осуществляется жесткий контроль переменных, используемых в программе.

Производители ПО за несколько последних лет стали намного активнее - заплатки зачастую выходят сразу после объявления и описания уязвимости, (конечно, имеются и исключения) но необходимо обратить внимание на то, как производители узнают о наличии ошибки. Обычно о возможной уязвимости сообщают администраторы взломанных систем, т.е. поиск уязвимости разработчиками происходит постфактум взлома. На определенных веб-сайтах, а также в некоторых игс-сетях за умеренную плату (порядка 10-15\$) или бесплатно можно приобрести так называемые "0day exploit's" - небольшие программы для взлома целевых серверных приложений, использующих уязвимости либо не закрытые производителем ПО, либо закрытые совсем недавно, причем, для того чтобы воспользоваться ими достаточно минимальных знаний, т.е. взлом системы не требует особых усилий, а значит его может осуществить даже непрофессионал.

Как мы видим избежать обнаружения критических ошибок, а также использования их злоумышленником зачастую просто невозможно, а защититься от этого стандартными средствами типа брандмауэра или системой обнаружения атак не представляется возможным. Следовательно, любая программа, работающая на сервере и принимающая запросы от других пользователей должна рассматриваться как уязвимая и ненадежная, т.к. может попасть под полный контроль злоумышленника.

К счастью в большинстве UNIX-подобных операционных системах существует возможность решения этой проблемы - использование так называемых "песочниц". Суть такого подхода в следующем: отдельный процесс перед запуском помещается в изолированное пространство каталогов с помощью системного вызова `chroot(2)`. Затем рекомендуется правильно разбить полученный корневой раздел на несколько виртуальных для правильного выставления флагов монтирования. Выставление флагов происходит посредством утилит `mount_nullfs` или `mount_unionfs`. В каждом конкретном случае необходимы тесты, для определения возможности стабильной работы того или иного способа, так как у обоих известны проблемы со стабильностью работы. Если же оба варианта неприемлемы, то необходимо в пределах данной машины устанавливать и настраивать сервер и клиент работающие по технологии NFS. Последний вариант является самым громоздким, неудобным и сильно загружает ресурсы компьютера, следовательно, им нужно пользоваться только в случае крайней необходимости. Кроме того, необходимо настроить квотирование дискового пространства для устранения опасности разрастания полученного виртуального раздела до размера физического.

Даже если программа будет взломана, она не позволит злоумышленнику распространить свое влияние за пределы этой "песочницы". Но как показывает практика - существует целый ряд возможностей выхода за ограничения, установленные при запуске процесса.

Суть проблемы в следующем: идеология UNIX не налагает никаких ограничений супер-пользователю. Так, имея ограниченный доступ к дереву каталогов, процесс, выполняющийся с привилегиями супер-пользователя, не изолируется от других процессов работающих на данной машине.

Как этим может воспользоваться злоумышленник? Приведем самый простой пример:

В изолированном дереве подкаталогов в директории `/dev` создается файл устройства для дискового накопителя, затем командой `mount` с помощью созданного файла устройства дискового накопителя происходит экспорт всего дерева каталогов внутрь изолированного пространства в режиме чтения/записи. После этого взлом системы можно считать завершенным.

Но у операционной системы FreeBSD существует технология позволяющая решить описанную выше проблему - системный вызов `jail(2)`. Это практически тот же вызов `chroot`, но с некоторыми особенностями.

Права супер-пользователя при использовании данного вызова несколько нивелируются - на него накладывается ряд ограничений, не позволяющих данному процессу выйти за пределы выделенного дискового пространства, приложению назначается свое имя (`hostname`) и `ip`-адрес. Кроме того, процессу запрещается:

- изменение параметров работающего ядра, загрузка модулей ядра;
- изменение любых параметров сетевой конфигурации, интерфейсов, адресов и таблиц маршрутизации;
- монтирование/демонтирование файловых систем;
- создание файлов устройств;
- доступ к raw, divert или routing сокетам;
- модификация переменных работающего ядра (посредством sysctl);
- изменение флагов файлов (chflags);
- доступ к сетевым ресурсам, не входящими в jail.

Состоятельность такого подхода демонстрирует тот факт, что на протяжении длительного периода на ряде серверов любому желающему, предоставлялся полноценный шелл, (выполненный в качестве jail-box'a) для демонстрации того, что данная технология действительно работает и практически неуязвима против эскалации полномочий или, говоря другим языком, взлома.

Существуют также альтернативные решения для повышения безопасности работающих процессов – virtuoso, CTX, а также vmware. В основу этих решений положен принцип виртуальной машины. В некоторых случаях это является лучшим выбором, нежели использование chroot либо jail. Главным преимуществом данных решений является использование виртуальной машины для запуска приложений. Минусом такого подхода является повышение нагрузки на систему и как в следствие низкая производительность приложений запущенных на виртуальной машине. Напомним что chroot также как и jail являются системными вызовами, т.е. они реализованы на уровне ядра, следовательно, издержки при работе процесса заключенного таки образом в «песочницу» минимальны. Кроме того решения на основе виртуальных машин являются платными.

Итак, с помощью утилиты jail мы можем воспрепятствовать захвату машины злоумышленником, но машина все еще остается уязвима для атак типа DoS (Denial of Service) так как по умолчанию операционная система не лимитирует количество запущенных процессов, использованного дискового пространства и времени центрального процессора. Эта проблема решается путем правильного распределения лимитов запускаемого процесса. Распределение лимитов описывается в файле /etc/login.conf. Отметим самые важные настройки:

- cputime – максимальное время центрально процессора которое может быть задействовано пользовательским процессом. Затем процесс будет убит ядром;
- filesize – максимальный размер файла, которым может владеть пользовательский процесс;
- maxproc – максимальное количество процессов, которое может быть запущено от данного пользователя;
- openfiles – максимальное количество открытых файлов открытых одним пользовательским процессом;
- sbsize – размер сетевых буферов;
- stacksize – максимальный размер стека процесса.

Лимиты в каждом конкретном случае определяются посредством наблюдения за нормальной работой процесса и после основных тестов, позволяющих определить лимиты в режиме высокой нагрузки. Большинство программ имеет встроенные средства позволяющие ограничить количество ресурсов, выделяемых данному процессу. Но в случае неправильной работы самого процесса он не сможет сам лимитировать использование системных ресурсов, именно поэтому необходимо распределять лимиты с помощью средств, предоставляемых операционной системой.

Все вышесказанное не избавляет системного администратора от настройки системы в целом и отказа от настройки ПО предоставляемые программой, устанавливаемой на сервере,

а также ее сопровождения. ОС FreeBSD обладает по праву признанным самым простым в использовании и в тоже время довольно сильным инструментом - файволом `ipfw`, рассматривать который мы не будем из-за ограниченности данной статьи. Основные настройки сетевого стека для повышения устойчивости операционной системы к DoS атакам у ОС FreeBSD доступны уже из файла начальной конфигурации системы `/etc/rc.conf` и содержит хорошие рекомендации для каждой опции. Также администратор обязан быть подписан па новостные рассылки, которые предоставляются производителями ПО установленного на сервере. В обязательном порядке трафик, идущий к серверу, должен анализироваться системой обнаружения атак для своевременного обнаружения любой агрессии, так как в большинстве случаев злоумышленниками производится "разведка" выявляющая слабые места машины - цели для последующих атак. При своевременном обнаружении и упреждающих действиях злоумышленник может даже не успеть приступить к деструктивным действиям.

Литература

1. Stuart McClure, Joel Scambray, George Kurtz "Hacking Exposed: Network Security Secret and Solutions" Osbourne/McGraw-Hill ISBN 0-07-212127-0
2. By Simson Garfinkel & Gene Spafford "Practical UNIX & Internet Security" O'Reilly & Associates ISBN 1-56592-148-8
3. <http://securityfocus.com>

КОМПЛЕКС УДАЛЕННОГО КОМПЬЮТЕРНОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ ПО РАДИОКАНАЛУ

Заец М.В.

Научный руководитель: к.т.н. доцент Власов А.И.

ФМЛ 1580, г. Москва, Россия

COMPLEX OF THE REMOVED COMPUTER CONTROL OF DEVICES ON THE RADIO CHANNEL

Zaets M.V.

Supervisor : Ph.D Vlasov A.I.

PML 1580, Moscow.

E-mail : sermail@pisem.net

Аннотация

В работе представлены результаты разработки аппаратно-программного комплекса, реализующего интеллектуальное удаленное управление технологическими и бытовыми объектами на расстоянии не менее 150 метров по радиоканалу.

Abstract

In work results of development of the hardware-software complex realizing intellectual removed control by technological and household objects on distance not less of 150 meters on a radio channel are submitted.

Введение

Идея создания системы удаленного управления и контроля устройств появилась при решении задач по реализации управления подвижной моделью технического объекта с помощью ЭВМ, используя для передачи данных параллельный порт ЭВМ. Но ведь не обязательно подключать устройство к вычислительной машине посредством кабеля, можно использовать радио канал, необходимо лишь снабдить управляющее устройство передатчиком, а управляемую модель приемником.

Конечно, не обязательно в качестве управляемого устройства использовать модель «виртуального объекта», можно управлять реальным устройством, будь то станок или комбайн, необходимо лишь довести комплект устройств управления до необходимого уровня (обеспечить безопасность, хорошее качество связи, высокую дальность связи), так чтобы, например, обеспечить достаточную точность позиционирования детали.

Использовать такой законченный комплекс можно везде, где необходимо обеспечить связь устройств какой угодно сложности, не используя при этом дорогостоящий кабель, который к тому же не всегда можно проложить или можно повредить. Очень удобно с помощью данного комплекса связывать охранные датчики и исполнительные устройства с управляющим вычислительным устройством. Возможно использование на заводах и фабриках при автоматизации производства, а также для создания российского аналога системы типа «Интеллектуальный дом».

Целью разработки является создание универсального комплекса, который бы позволял управлять устройствами, удаленных от пункта управления, по радиоканалу, как с помощью ЭВМ, так и без нее. Комплекс должен управлять более чем одним устройством, должен обладать автономной системой питания. Комплекс должен иметь универсальную продуманную структуру, такую, чтобы совершенствовать устройство в определенных пределах можно было бы на программном уровне («перепрошить» контроллер, например).

1. Постановка задачи удаленного управления техническими объектами

Перед нами стоят следующие задачи:

1. Определить наиболее подходящий интерфейс связи устройства с ЭВМ
2. Выбрать наиболее подходящее вычислительное устройство (контроллер), или принять решение о его ненужности.
3. Разработать интерфейс связи передатчика с приемником, такой, чтобы в эфире могло находиться более двух устройств (например, пакетный режим связи)
4. Выбрать наиболее подходящий диапазон работы приемника и передатчика
5. Основываясь на полученных данных, разработать передающий и приемный модули
6. Разработать модули обработки данных, имеющие органы управления, и связи с надлежащими устройствами
7. Изготовить упрощенную демонстрационную модель комплекса

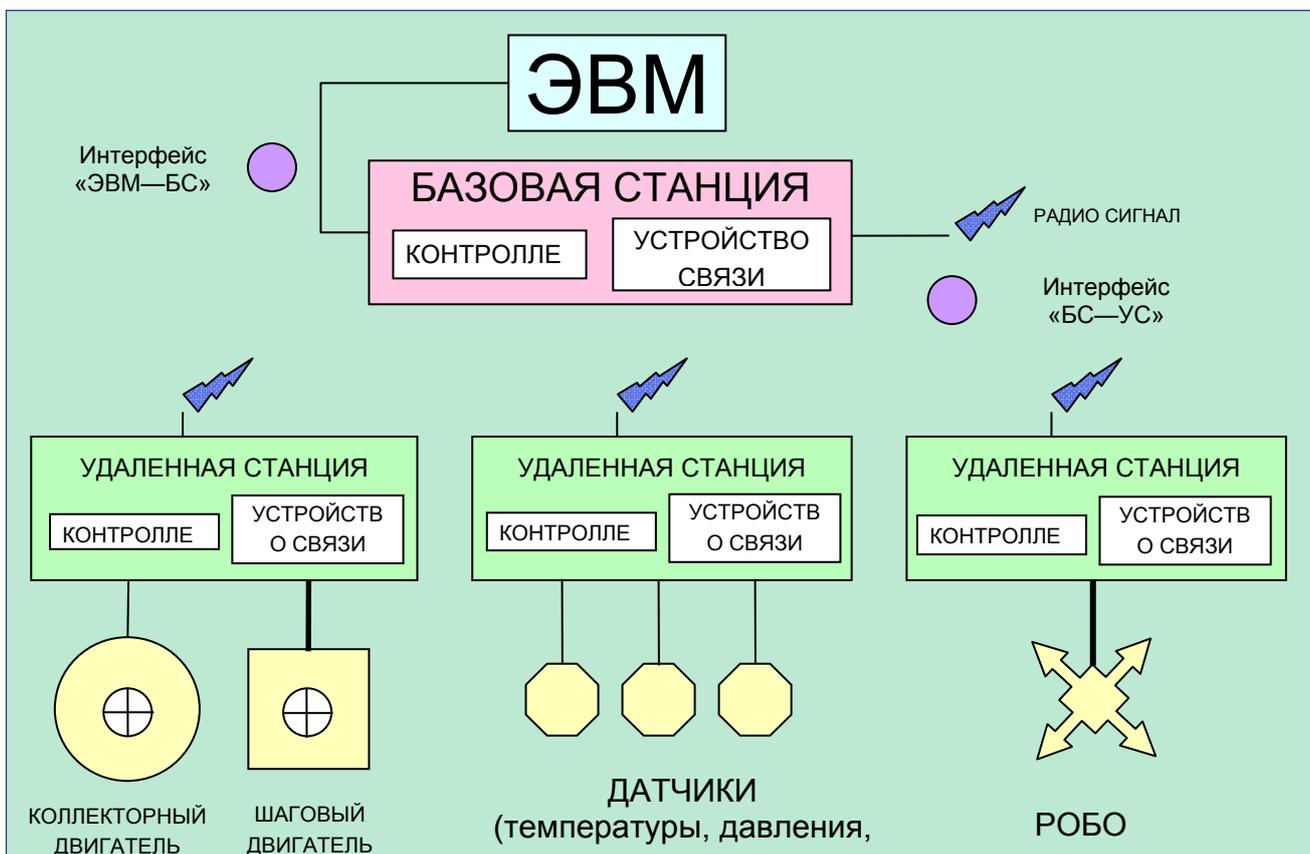


Рис. 1.

1.1. Анализ интерфейсов связи базовой станции с ЭВМ

Для связи компьютера с передающим устройством можно использовать множество различных интерфейсов. Можно использовать существующие интерфейсы и порты, можно разработать собственный интерфейс, разработать плату-контроллер, реализующую данный интерфейс, вставляемую в свободный слот материнской платы ЭВМ. Соответственно возникает три варианта решения проблемы выбора интерфейса:

- Использовать для связи последовательный COM-порт или параллельный LPT-порт.
- Использовать универсальные последовательные шины USB или FireWire
- Разработать собственный интерфейс (устройство сопряжения с ЭВМ, и программный комплекс, состоящий из драйвера и пользовательского интерфейса)

И все-таки из многочисленных вариантов, наиболее подходящим является COM-порт, и главное его преимущество в том, что стандартный программный интерфейс Windows (API) позволяет непосредственно управлять некоторыми выходными линиями и контролировать входные. Кроме того, почти всегда в компьютере имеется свободный COM-порт. Но мы будем использовать не интерфейс RS232, а воспользуемся возможностью непосредственно изменять и считывать состояние входов и выходов COM-порта, разработаем довольно простой интерфейс связи с микроконтроллером.

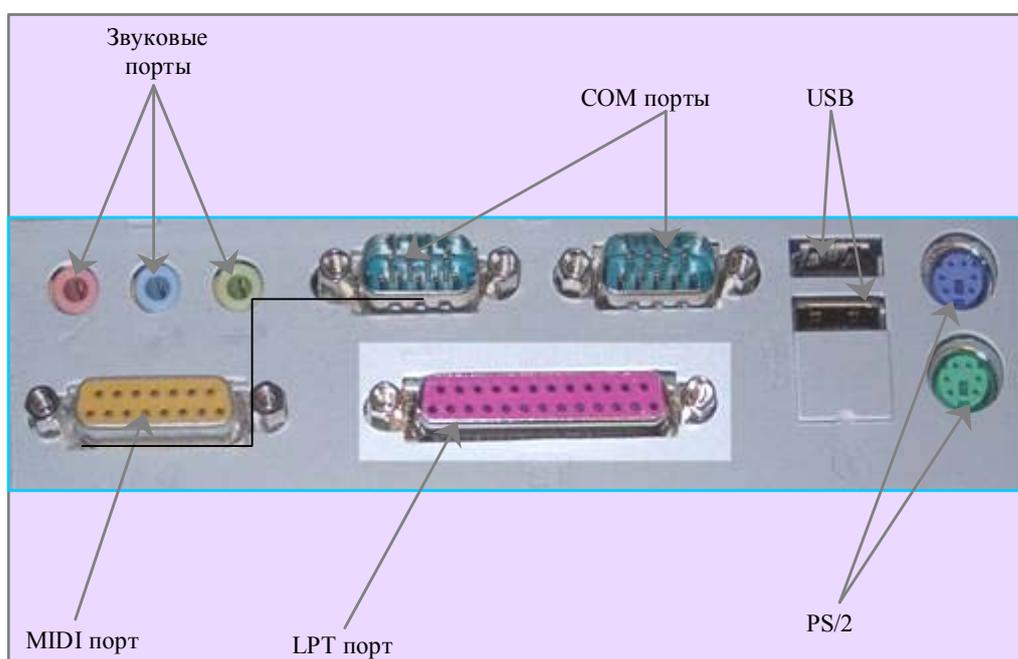


Рис.2. Общий вид периферийных разъемов ПЭВМ.

1.2. Анализ микроконтроллерных устройств

МК в комплексе выполняет очень важную роль. Во-первых, так как для связи с ЭВМ был выбран COM-порт, то необходимо некое вычислительное устройство, которое будет преобразовывать данные, принимаемые от ЭВМ в особой форме, в данные, подготовленные для передачи в эфир. Во-вторых, предполагается, что в эфире находится более двух устройств, поэтому нужно предусмотреть адресацию устройств – добавлять пересылаемым данным адрес устройства, к которому происходит обращение. В-третьих, в приемном модуле зашифрованный сигнал, передающийся через радиозэфир, необходимо дешифровать и «развернуть», и МК выполняет функцию дешифратора. И, наконец, МК обеспечивает возможность вручную управлять устройствами, в отсутствие или во время неработоспособности ЭВМ.

1.3. Выбор приемо-передающего устройства.

Базовая станция общается с удаленной посредством радиосвязи. Для этого, в случае односторонней связи, на одной стороне должен находиться передатчик – устройство, преобразующее электрический сигнал в радиоволны, и излучающее их в эфир, а на другой стороне должен находиться приемник – устройство, осуществляющее преобразование обратное преобразованию передатчика. Недостатком такого способа передачи является ненадежность связи, возникшие в эфире помехи могут прервать связь, а передающее устройство об этом не будет «знать». Решением проблемы является использование двусторонней связи, при которой каждое из устройств комплектуется и приемником, и передатчиком. В этом режиме возможно использование интерфейса, с обратной связью, проверяющего доставку верных данных. При двусторонней связи возможно два режима. Первый режим – дуплексный, при котором одновременно работают и приемник, и передатчик. Дуплексный режим очень удобен, но его очень сложно реализовать, поэтому его редко используют в радиосвязи. Вторым режим – симплексный, при котором передатчик и приемник работают по очереди. Большинство устройств радиосвязи работают в симплексном режиме, и создать такой ПП гораздо проще, поэтому его мы и будем использовать.

Для разработки приемо-передатчика необходимо знать, на какой частоте будет производиться связь, и какова допустимая мощность передатчика. Для обеспечения высокой дальности связи необходим мощный передатчик, но тогда его придется регистрировать в Госсвязьнадзоре. Для запуска комплекса в серийное производство, целесообразно зарегистрировать определенную длину волны для таких устройств, и комплектовать их мощными ПП, работающими на одной частоте, ведь интерфейс позволяет подключить неограниченное¹⁾ количество устройств. Заменить ПП в комплексе не составит труда, и на работе комплекса это никак не отразится (ПП всего лишь позволяет избавиться от кабелей и «навесить» на один канал неограниченное¹⁾ количество устройств). Поэтому в демонстрационной модели воспользуемся маломощным ПП, обеспечивающим радиус действия комплекса ≈ 200 метров (на самом деле, если расположить удаленные станции цепочкой и воспользоваться функцией ретрансляции, то эту цепочку можно вытянуть на многие километры). Так же дело обстоит и с частотой несущей – для серьезного использования комплекса можно установить ПП с уникальной частотой, а для демонстрационной модели можно использовать диапазоны частот, предоставленные радиолюбителям и охраняемым устройствам.

Примечание 1) необходимо учитывать уменьшение пропускной способности канала, а значит и его быстродействия, при увеличении включенных устройств в радиусе действия ПП базовой станции.

2. РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСОВ УПРАВЛЕНИЯ

2.1. Интерфейс «ЭВМ—базовая станция»

Для передачи данных и команд микроконтроллеру, требуется соединить их линией связи, обеспечивающей бесперебойную доставку данных МК от ЭВМ и обратно, причем связь должна сохраняться при подключении к различным ЭВМ и в различных условиях (при различной рабочей температуре и напряжении питания). Реализация стандартного интерфейса RS-232 потребовала бы от МК точного соблюдения временных интервалов между выдаваемыми сигналами. Для обеспечения

связи в различных условиях пришлось бы синхронизировать тактовую частоту МК кварцевым резонатором.

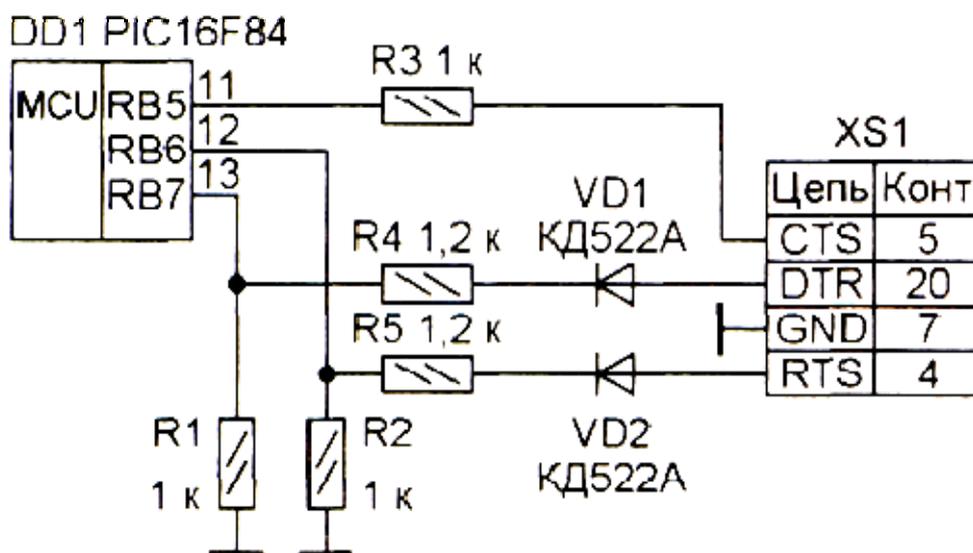


Рис.3. Принципиальная схема соединения МК и ЭВМ.

В реальной ситуации кварцевый резонатор микроконтроллера может не соответствовать частоте передачи данных, а сам МК обычно занят чем-то более важным, чем формирование точных временных интервалов. В результате оказывается проще программно реализовать последовательный синхронный вариант обмена, когда каждый бит данных подтверждается импульсом синхронизации (рис.4).

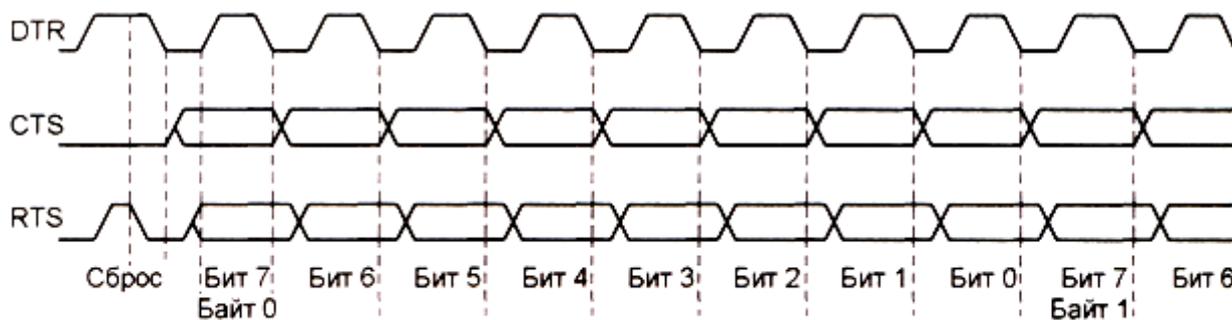


Рис.4. Временная диаграмма обмена данными.

Принципиальная схема предлагаемого интерфейса показана на рис.3. Для преобразования уровней RS-232 в ТТЛ используются резистивные делители R1R4 и R2R5. Диоды VD1 и VD2 необходимы для того, чтобы не пропускать отрицательное напряжение, соответствующее логическому нулю. Выходной ТТЛ сигнал МК в преобразовании не нуждается и может быть подан на входные линии COM порта непосредственно. Резистор R3 ограничивает выходной ток МК при возможном случайном коротком замыкании. Как видно из рис.3, для связи с компьютером требуются четыре провода. Компьютер инициирует обмен данными, выдавая синхронизирующие импульсы в линию DTR, выставляя при этом на линии RTS передаваемые данные и получая по линии CTS принимаемые. Изменять данные компьютер и МК могут только при низком логическом уровне сигнала

синхронизации. Такой вариант реализации интерфейса позволяет реализовать дуплексный режим передачи данных.

Номера контактов XS1 на схеме указаны для розетки DB-25F при использовании стандартного модемного кабеля. Номера контактов для других разъемов и при использовании нуль-модемного кабеля приведены в табл.3.

Таб.3. Номера выводов для различных разъемов.

Сигнал	Контакт разъема			
	DB-25F	DB-9F	DB-25M (нуль-модем)	DB-9M (нуль-модем)
CTS	5	8	4	7
RTS	4	7	5	8
DTR	20	4	6	6
GND	7	5	7	5

Частота следования синхронизирующих импульсов должна выбираться такой, чтобы МК гарантированно успевал обрабатывать данные от компьютера, реагируя на каждый синхронизирующий импульс. Информационные биты передаются последовательно. По окончании передачи битов одного байта следует передача битов следующего, при этом первым передается старший информационный бит. Для приведения интерфейса в исходное состояние (установка номера передаваемого байта в 0) компьютер должен при лог. 1 на линии синхронизации изменить состояние линии данных. МК выдает новый бит данных на линии CTS по спаду импульсов положительной полярности на входе синхронизации DTR, а считывает данные с линии RTS по фронту импульсов положительной полярности. Обмен можно в любой момент прервать, прекратив подачу импульсов синхронизации. Временная диаграмма обмена данными приведена на рис. 4.

Вышеописанный интерфейс позволяет передать несколько байтов за один сеанс связи, причем одновременно в обоих направлениях (дуплексный режим связи), что позволяет в текущем сеансе связи передать микроконтроллеру данные, команду (какое действие МК должен совершить над полученными данными) и контрольную информацию (обеспечивающую контроль достоверности доставленных данных). МК, в свою очередь, передает информацию, запрошенную ЭВМ в предыдущем сеансе, контрольную информацию и идентификатор МК, позволяющий ЭВМ определить, какого рода устройство подключено, и предотвращающий перехват данных, при попытке заменить контроллер (если идентификатор не входит в таблицу идентификаторов, то ЭВМ игнорирует информацию, полученную от МК). Структура данных передаваемых от ЭВМ к МК и обратно изображена на рис.5.



Рис.5. Структура данных передающихся в нескольких сеансах связи.

Ниже представлен принцип обмена данными между ЭВМ и МК с использованием вышеописанного интерфейса.

- 1) управляющая программа, работающая на ЭВМ, в результате вычислений, определенных алгоритмом работы программы, формирует команду и данные, которые необходимо переслать МК
- 2) управляющая программа вычисляет значение контрольного байта (контрольная информация = FUNCTION(данные))
- 3) управляющая программа вызывает процедуру, реализующую обмен информацией по вышеописанному интерфейсу
- 4) МК получает данные от микроконтроллера и сравнивает рассчитанное и полученное значения контрольной информации
- 5) в следующем сеансе связи, когда ЭВМ передает МК следующую команду и данные, если не было ошибок при предыдущем сеансе, МК одновременно передает подтверждение выполнения предыдущей команды или запрошенную информацию
- 6) если в предыдущем сеансе возникла ошибка (например, в момент соответствующий пункту 4 или после получения), то вместо запрошенной информации или подтверждения, МК отправляет код ошибки
- 7) получив код ошибки, ЭВМ приостанавливает выполнение текущих процессов и повторяет передачу данных до тех пор, пока МК не получит достоверные данные
- 8) если количество неудачных попыток передать данные превышает некоторое значение, ЭВМ информирует оператора об отсутствии соединения с МК

3. РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

3.1. Базовая станция

3.1.1. Разработка структурной схемы

Структурная схема устройства «Базовая станция», представлена на рис.6. При разработке структурной схемы учитывались требования, изложенные в настоящей документации. Устройство реализует функции, требуемые для:

- связи с ЭВМ
- связи с удаленной станцией
- управления устройствами на удаленной станции
- для индикации режимов работы
- автономного управления системой (без ЭВМ)
- модификации устройства путем обновления прошивки МК
- модификации устройства путем установки блока расширения

Микроконтроллер отвечает за обеспечение связи с ЭВМ и удаленной станцией, производит обработку данных, полученных от ЭВМ и удаленной станции, управляет ЖКИ, ПП и блоком светодиодов, а также обрабатывает данные, введенные с клавиатуры. МК осуществляет работу с энергонезависимой памятью и с блоком расширения. Для удобства работы, в устройстве предусмотрена индикация режимов работы и различных параметров функционирования. Индикация осуществляется при помощи модуля индикации, содержащего жидкокристаллический индикатор с микроконтроллерным управлением и блок светодиодов для осуществления простейшей индикации (включения питания, состояния приемо-передатчика). Часть информации для пользователя отображается на экране ЭВМ подключенной к БС. Для обмена данными с ЭВМ используется блок сопряжения с ЭВМ в модуле ввода-

вывода, его функциональное назначение – производить конвертирование уровней сигналов от ЭВМ и от МК, так как уровни логических единицы и нуля на выходе СОМ-порта соответственно равны +25 и -25 вольт, что не соответствует +5 и 0 вольт для МК.

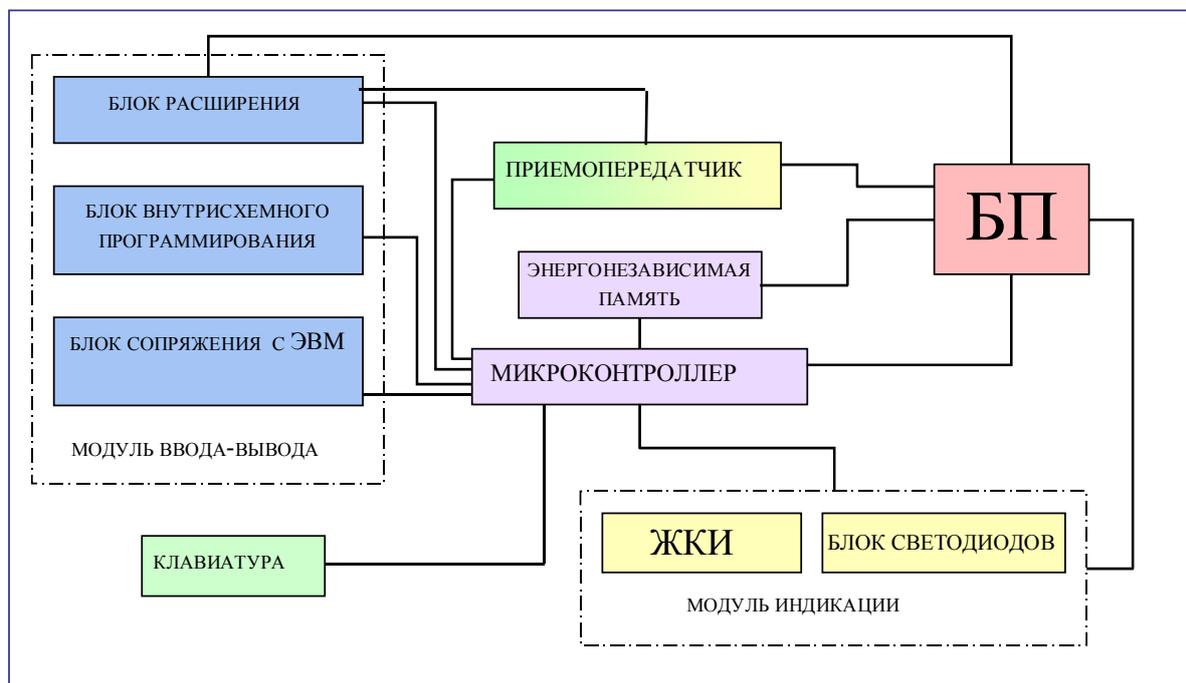


Рис.6. Структурная схема «Базовой станции».

Модуль ввода-вывода включает в себя блок внутрисхемного программирования, который позволяет изменить управляющую программу микроконтроллера без извлечения его из готового устройства (например, для обновления и отладки новых версий программного обеспечения). Блок внутрисхемного программирования представляет собой электрическую схему, при программировании, соединяющую определенные ножки МК со специально выведенным разъемом. Помимо блока внутрисхемного программирования модуль ввода-вывода содержит блок расширения. Блок расширения представляет собой разъем внутри БС, к которому можно подключить дополнительный блок, реализующий определенную дополнительную функцию. В блоке имеются практически все необходимые элементы для подключения цифрового или цифро-аналогового устройства. К блоку подводится питание, шина управления ПП и некоторое количество линий данных от МК. Благодаря наличию такого блока можно будет совершенствовать устройство добавлением блока, реализующего какую-либо функцию, и обновлением «прошивки» МК.

Энергонезависимая память, подключенная к МК, может хранить коды процедур, реализующих ту или иную функцию устройства, может хранить расписание исполнения команд в автономном режиме (при отсутствии соединения с ЭВМ). В энергонезависимую память можно использовать для хранения служебной информации, различных идентификаторов. Память может использоваться нововведенными функциями, разработанными при дальнейшем совершенствовании устройства.

Клавиатура, встроенная в БС, используется для управления БС при отсутствии соединения с ЭВМ, с её помощью можно непосредственно управлять УС, находящимися в радиусе действия БС.

Приемо-передатчик используется для связи базовой станции и удаленной станции. К нему подключается внешняя антенна, для увеличения дальности связи. ПП управляется микроконтроллером или устройством, установленным в блок расширения. Передатчик может программно настраиваться на одну из двух частот. Допустимо использовать дополнительный передатчик, устанавливаемый в блок расширения.

Блок питания обеспечивает всем устройствам БС необходимые напряжения питания и токи, а также формирует сигнал сброса, для приведения всех узлов БС в начальное состояние.

3.1.2. Выбор элементной базы

При разработке устройства необходимо определиться с выбором элементов схемы, которые будут удовлетворять требованиям к устройству, реализовывать требуемые функции. Обычно возникает несколько вариантов, и решение задачи выбора рассматривается в данном пункте.

- Микроконтроллер должен успевать обрабатывать данные, поступающие от ЭВМ, и управлять периферийными модулями, осуществлять индикацию, обработку данных, вводимых с помощью клавиатуры, работу с микросхемой памяти, и управлять удаленными устройствами. Следовательно, выбранный контроллер должен быть достаточно быстродействующим, и тактовую частоту придется выбирать в диапазоне 4-20 МГц. Такую высокую тактовую частоту придется стабилизировать кварцевым резонатором.
- Наиболее рациональным является питание всех элементов устройства одним источником питания, а так как большинство цифровых устройств запитывается напряжением +5 вольт, МК должен быть пятивольтовым.
- Для управления всеми блоками устройства необходимо достаточное количество портов ввода-вывода. Количество требуемых портов и их функциональное назначение указаны в таб.4.

Таб.4. Назначение портов ввода-вывода.

Назначение портов ввода-вывода	Количество
Управление ЖКИ	8
Управление блоком светодиодов	3
Поддержка шины I2C (микросхема памяти и блок расширения)	2
Ввод данных с клавиатуры	8
Взаимодействие с ЭВМ	3
Управление ПП	5
ICSP (внутрисхемное программирование)	2
ИТОГО	31

- МК должен поддерживать режим внутрисхемного программирования
- МК должен иметь достаточный запас памяти программ, для совершенствования устройства посредством обновления программного обеспечения МК

Так как наиболее распространенными и доступными являются МК семейства PICmicro, то выбран контроллер из данного семейства, удовлетворяющий всем требованиям, изложенным выше – PIC16F877-20/P. Данная микросхема обладает

необходимым количеством портов ввода-вывода. Схема расположения выводов микросхемы представлена на рис.7.

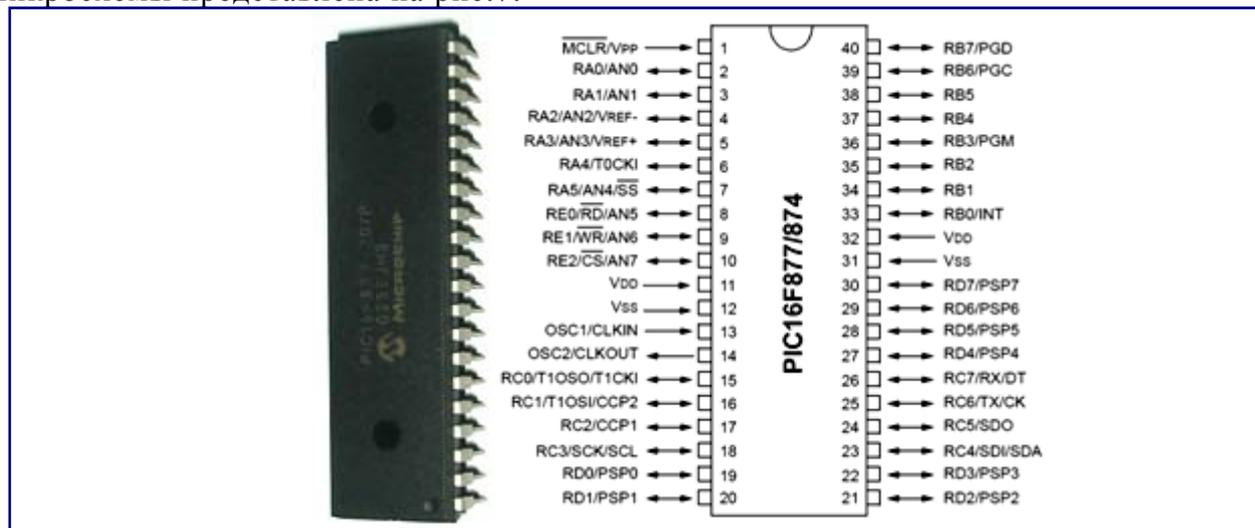


Рис.7. Внешний вид и расположение выводов МК.

В качестве приемо-передатчика выбрана микросхема RXQ1-433.9 фирмы Telecontrolli. ПП – очень сложное устройство, поэтому гораздо удобнее использовать готовый модуль, чем разрабатывать и отлаживать сложный ЧМ приемо-передатчик. Данная микросхема может работать в двух различных диапазонах. Один из двух диапазонов можно выбрать при помощи внешних сигналов, совместимых с ТТЛ. Связь между такими микросхемами происходит в симплексном режиме. Сигналы управления приемником и передатчиком, а также сигналы данных на выходе и входе микросхемы совместимы с ТТЛ, что делает возможным использование с выбранным МК. Напряжение питания микросхемы +5 вольт и в дежурном режиме она потребляет не более 8 мкА. Сама микросхема и расположение ее выводов изображены на рис.8.

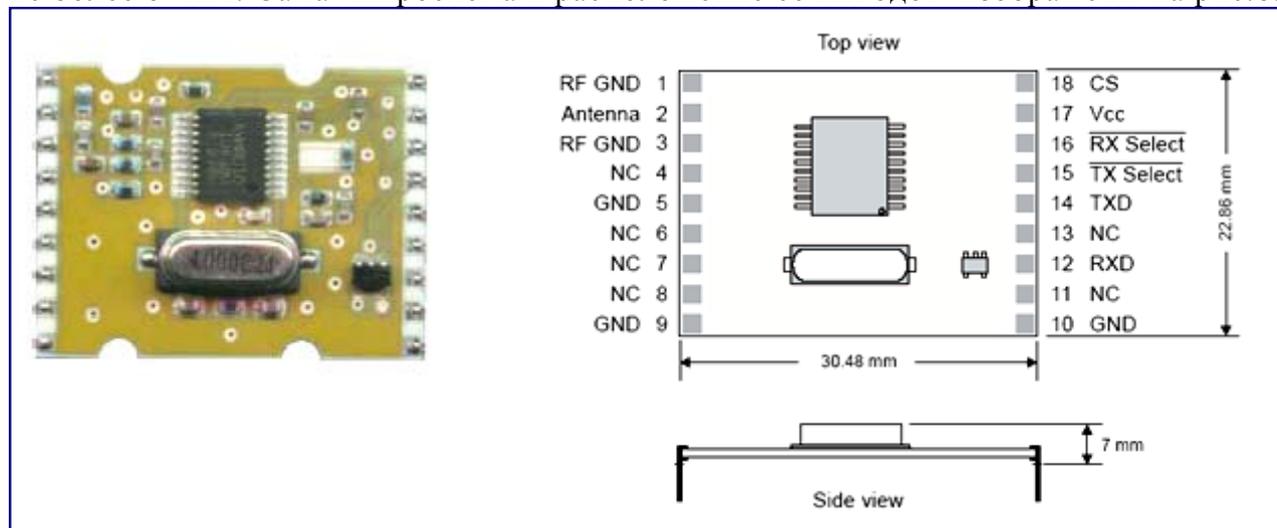


Рис.8. Вид и схема расположения выводов микросхемы RXQ1.

Для устойчивой работы МК и других цифровых блоков базовой станции необходимо обеспечить качественное питание. Для стабилизации напряжения питания целесообразным является использование интегрального стабилизатора. Блок питания необходимо разработать такой, чтобы он обеспечивал устройство напряжением +5 вольт, и номинальный ток блока питания должен быть больше максимального потребляемого устройством тока. В таб.5 указаны основные блоки устройства и указаны потребляемые ими токи. Так как в блок расширения может

быть установлен мощный усилитель радиосигнала или сильноточный исполнительный блок, необходимо учесть значительный потребляемый ток.

Таб.5. Потребляемые блоками базовой станции тока.

Название блока	Потребляемый ток, мА
Микроконтроллер	5
Жидкокристаллический индикатор	5
Блок светодиодов	45
Приемопередатчик	30
Энергонезависимая память	5
Блок расширения	1000
Блок внутрисхемного программирования	5
Блок сопряжения	10
ИТОГО	1105

Для надежной работы устройства лучше использовать блок питания «с запасом» по току. Поэтому для разрабатываемого БП максимальный ток, который может идти через нагрузку ограничивается значением 1.5 ампера. Соответственно, максимальная мощность, которую БП может отдать в нагрузку, равняется 7.5 ватт. Исходя из полученных данных была выбрана микросхема интегрального стабилизатора – КР142ЕН5Г. Данный стабилизатор при изменении входного напряжения в интервале от 7.5 до 15 вольт, поддерживает на выходе напряжение 5 ± 0.1 вольт. Максимальный выходной ток – 2 ампера.

Соответственно, для работы стабилизатора необходимо постоянное напряжение в интервале 7.5 – 15 вольт, которое обеспечивают трансформатор ТП-115-6. С его вторичной обмотки снимается напряжение 11.2 вольта, и допустимый ток 1.74 ампера.

В качестве жидкокристаллического индикатора был выбран индикатор фирмы Data International – DV-16236 NRT/R. Этот индикатор имеет две строки, по 16 символов в каждой. Имеет низкое энергопотребление, высокую контрастность и широкий угол обзора. Внешний вид и назначение выводов представлены на рис.9.

В качестве микросхемы памяти была выбрана микросхема фирмы ATMEL – AT24C64-10PI-2.7. У этой микросхемы очень низкое энергопотребление. Обмен данными происходит по последовательной шине I2C, поддержка которой предусмотрена при разработке программы для МК.

Остальные детали устройства были выбраны из расчета минимальной стоимости и максимальной распространенности. Резисторы в цифровых цепях С1-4 или любые другие с мощностью рассеяния 0.125 или 0.25 ватт. Конденсаторы в цифровых цепях – любые керамические, к примеру, К10-17б. В цепях питания применимы практически любые электролитические конденсаторы, к примеру, К50-35. Диоды выпрямителя выбраны с учетом номинального напряжения, и максимального потребляемого устройством тока – КД202А. Слот для установки блока расширения – SL-36. Этот слот имеет 36 контактов, расположенных в два ряда. Разъем для подключения ЭВМ – DRB-9МА. Разъем для подключения программатора – DRB-9FA. Таким образом разъемы нельзя перепутать. Клавиатура выбрана 16 кнопочная формата 4x4 – АК-1607-N-WWB. Клавиатура изображена на рис.10.

3.1.3. Разработка принципиальной схемы

3.1.4. Изготовление модуля базовой станции

3.1.5. Исследование режимов функционирования

3.2. Удаленная станция

3.2.1. Разработка структурной схемы

На рис.9 представлена схема модуля удаленной станции. При разработке структурной схемы учитывались требования, изложенные в настоящей документации. Устройство реализует функции, требуемые для:

- связи с БС по радиоканалу
- управления подключенными периферийными модулями
- индикации режимов работы
- автономного управления периферийными модулями (без БС)
- модификации устройства путем обновления прошивки МК

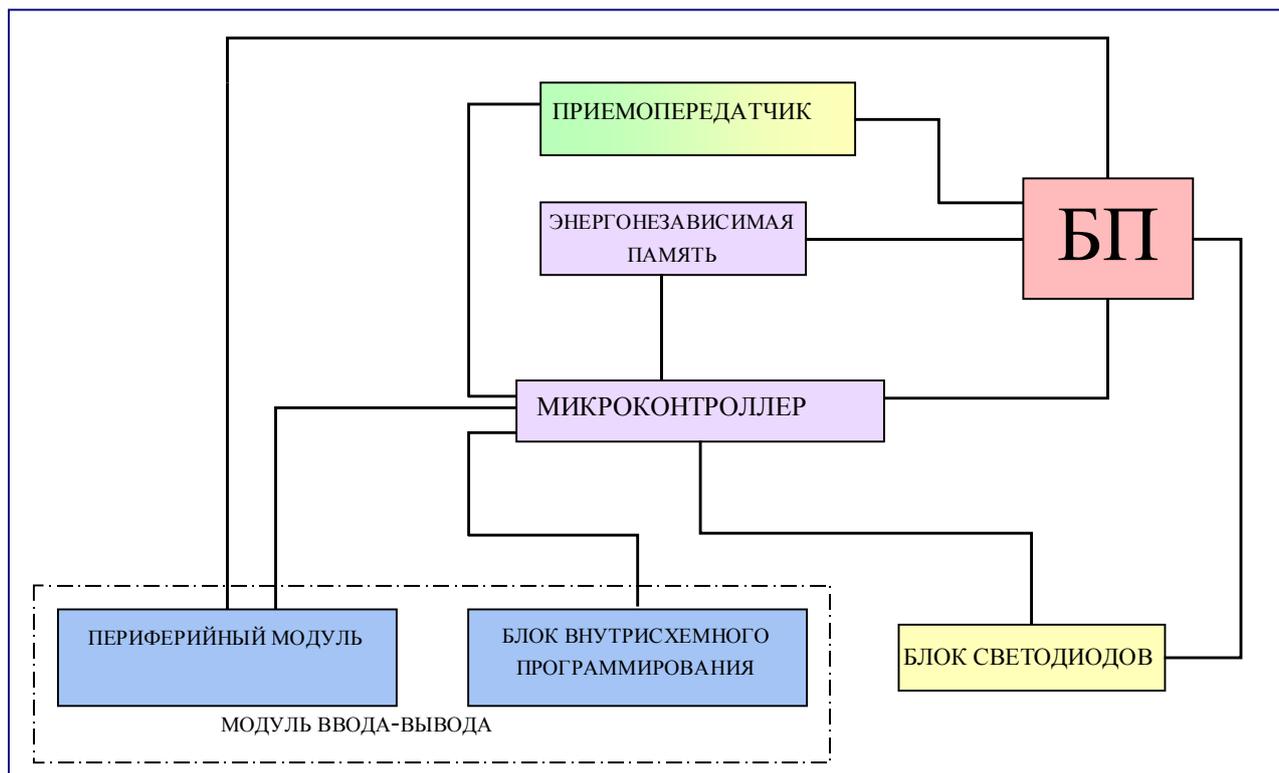


Рис.9. Структурная схема устройства «Базовая станция».

Микроконтроллер отвечает за обеспечение связи с базовой станцией, производит обработку данных, полученных от БС и периферийного модуля, управляет ЖКИ, ПП и блоком светодиодов, а также осуществляет работу с энергонезависимой памятью. Индикация осуществляется при помощи блока светодиодов для осуществления простейшей индикации (включения питания, состояния приемо-передатчика). Часть информации для пользователя отображается на экране ЭВМ подключенной к БС, с которой осуществляется радиосвязь. Модуль ввода-вывода включает в себя блок внутрисхемного программирования, который позволяет изменить управляющую программу микроконтроллера без извлечения его из готового устройства (например, для обновления и отладки новых версий программного обеспечения). Блок внутрисхемного программирования представляет собой электрическую схему, при программировании, соединяющую определенные ножки МК со специально выведенным разъемом. Помимо блока внутрисхемного программирования модуль ввода-вывода содержит периферийный модуль. Периферийный модуль является одной из самых важных частей УС. Каждая УС выполняет определённые действия (например, управление станком, считывание состояния датчиков). При этом они отличаются только периферийными модулями, и программой МК, а остальные части идентичны.

Энергонезависимая память, подключенная к МК, может хранить коды процедур, реализующих ту или иную функцию устройства, может хранить расписание исполнения команд в автономном режиме (при отсутствии связи с БС). В энергонезависимую память можно использовать для хранения служебной информации, различных идентификаторов. Память может использоваться нововведенными функциями, разработанными при дальнейшем совершенствовании устройства.

Приемо-передатчик используется для связи базовой станции и удаленной станции. К нему подключается внешняя антенна, для увеличения дальности связи. ПП управляется микроконтроллером. Передатчик может программно настраиваться на одну из двух частот.

Блок питания обеспечивает всем устройствам БС необходимые напряжения питания и токи, а также формирует сигнал сброса, для приведения всех узлов БС в начальное состояние. В БП встроен резервный источник питания, активизирующийся при отсутствии первичного питания.

3.2.2. Выбор элементной базы

При разработке устройства необходимо определиться с выбором элементов схемы, которые будут удовлетворять требованиям к устройству, реализовывать требуемые функции. Обычно возникает несколько вариантов, и решение задачи выбора рассматривается в данном пункте.

- Микроконтроллер должен успевать обрабатывать данные, поступающие от БС, и управлять периферийными модулями, осуществлять индикацию, работу с микросхемой памяти, и управлять подключенными устройствами. Следовательно, выбранный контроллер должен быть достаточно быстродействующим, и тактовую частоту придется выбирать в диапазоне 1-4 МГц. Такую высокую тактовую частоту придется стабилизировать кварцевым резонатором.
- Наиболее рациональным является питание всех цифровых элементов устройства одним источником питания, а так как большинство цифровых устройств запитывается напряжением +5 вольт, МК должен быть пятивольтовым.
- Для управления всеми блоками устройства необходимо достаточное количество портов ввода-вывода. Количество требуемых портов и их функциональное назначение указаны в таб.6.

Таб.6. Назначение портов ввода-вывода.

Назначение портов ввода-вывода	Количество
Управление блоком светодиодов	3
Поддержка шины I2C (микросхема памяти)	2
Управление ПП	5
ICSP (внутрисхемное программирование)	2
ИТОГО	12

- МК должен поддерживать режим внутрисхемного программирования
- МК должен иметь достаточный запас памяти программ, для совершенствования устройства посредством обновления программного обеспечения МК

Так как наиболее распространенными и доступными являются МК семейства PICmicro, то выбран контроллер из данного семейства, удовлетворяющий всем требованиям, изложенным выше – PIC16F84-4/P. Данная микросхема обладает необходимым количеством портов ввода-вывода. Схема расположения выводов микросхемы представлена на рис.10.

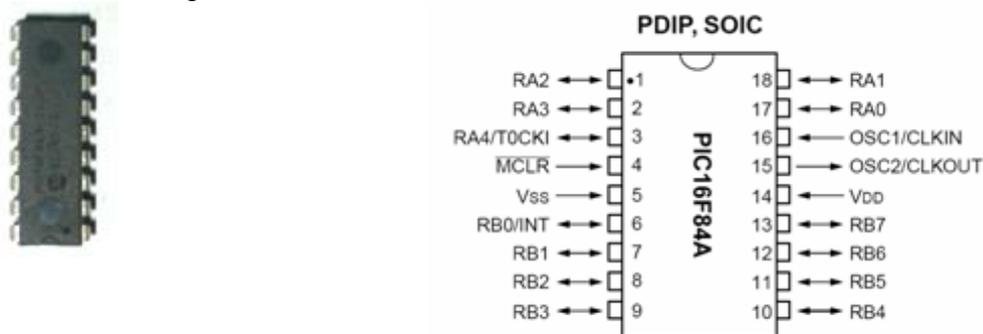


Рис.10. Внешний вид и расположение выводов МК.

В качестве приемо-передатчика выбрана микросхема RXQ1-433.9 фирмы Telecontrolli. ПП – очень сложное устройство, поэтому гораздо удобней использовать готовый модуль, чем разрабатывать и отлаживать сложный ЧМ приемо-передатчик. Данная микросхема может работать в двух различных диапазонах. Один из двух диапазонов можно выбрать при помощи внешних сигналов, совместимых с ТТЛ. Связь между такими микросхемами происходит в симплексном режиме. Сигналы управления приемником и передатчиком, а также сигналы данных на выходе и входе микросхемы совместимы с ТТЛ, что делает возможным использование с выбранным МК. Напряжение питания микросхемы +5 вольт и в дежурном режиме она потребляет не более 8 мкА. Сама микросхема и расположение ее выводов изображены на рис.8.

Для устойчивой работы МК и других цифровых блоков базовой станции необходимо обеспечить качественное питание. Для стабилизации напряжения питания целесообразным является использование интегрального стабилизатора.

Для нормального функционирования УС необходимо разработать продуманную систему питания. В результате анализа возможных конструкций блоков питания, было разработано два варианта системы питания УС.

1. Если УС управляет мощными устройствами, то для их управления необходимы мощные полупроводниковые ключи или электромагнитные реле. В обоих случаях периферийный модуль УС будет потреблять значительный ток, намного больший, чем ток, потребляемый в цифровых цепях УС. Поэтому оптимальным вариантом является использование отдельных блоков питания для цифровой и силовой частей. Блок питания периферийного модуля разрабатывается в соответствии с принципами управления подключенным устройствам. Блок питания цифровой части должен обеспечивать блоки УС напряжением +5 вольт, и отдавать в нагрузку максимальный ток – 90 мА, в соответствии с таб.7. Так как вблизи мощных установок всегда есть электрическая сеть, то БП можно подключить к этой сети параллельно установке.
2. Если УС управляет устройствами малой мощности, или к УС подключены только датчики, то БП можно использовать общий, с учетом тока, потребляемого периферийным модулем, и на напряжение +5 вольт.

Чтобы не разрабатывать новый БП, был использован БП разработанный для БС. Такой блок, с подключенным к нему резервным источником питания, удобно использовать в варианте УС с первым режимом питания. Для питания второго варианта УС, вполне достаточно гальванического источника питания.

Таб.7. Потребляемые блоками удаленной станции токи.

Название блока	Потребляемый ток, мА
Микроконтроллер	5
Блок светодиодов	45
Приемопередатчик	30
Энергонезависимая память	5
Блок внутрисхемного программирования	5
ИТОГО	90

В качестве микросхемы памяти была выбрана микросхема фирмы ATMEEL – AT24C64-10PI-2.7. У этой микросхемы очень низкое энергопотребление. Обмен данными происходит по последовательной шине I2C, поддержка которой предусмотрена при разработке программы для МК.

Для коммутации силовых цепей управляемого устройства необходим мощный ключевой элемент. В качестве такого элемента может использоваться как мощный транзистор (для управления шаговыми и коллекторными двигателями средней мощности, а также нагревательными и осветительными устройствами), так и электромагнитное реле (для управления соленоидами, клапанами, нагревательными и осветительными устройствами типа «включено-выключено»). При разработке демонстрационной модели комплекса удаленного компьютерного управления устройствами по радио каналу, в УС используемой для управления шаговыми и коллекторными двигателями были использованы мощные среднечастотные биполярные транзисторы КТ814. В УС управляющей пневматическим роботом, в качестве элементов коммутирующих цепи питания электромагнитных пневматических клапанов были использованы электромагнитные реле 833 Н фирмы SONG CHUAN. У этих реле напряжение срабатывания равно 5 вольтам, и низкая потребляемая мощность, а максимальный коммутируемый ток более 10 А. Механический ресурс данной модели реле приблизительно равен 10^7 . Выбранная модель реле изображена на рис.11.



Рис.11. Внешний вид и электромагнитного реле 833 Н.

Остальные детали устройства были выбраны из расчета минимальной стоимости и максимальной распространенности. Резисторы в цифровых цепях С1-4 или любые другие с мощностью рассеяния 0.125 или 0.25 ватт. Конденсаторы в цифровых цепях – любые керамические, к примеру, К10-17б. В цепях питания применимы практически любые электролитические конденсаторы, к примеру, К50-35. Диоды выпрямителя выбраны с учетом номинального напряжения, и максимального потребляемого устройством тока – КД202А. Наиболее подходящими

клеммниками для подключения управляемых устройств являются клеммники типа 300-101-12. Разъем для подключения программатора – DRB-9FA. В качестве резервного источника питания (а в экономичных устройствах и в качестве основного источника питания) целесообразно использовать 3 последовательно соединенных пальчиковых гальванических элемента щелочного типа.

Принципиальные схемы удаленной и базовой станций представлены ниже на рис.12 и рис.13.

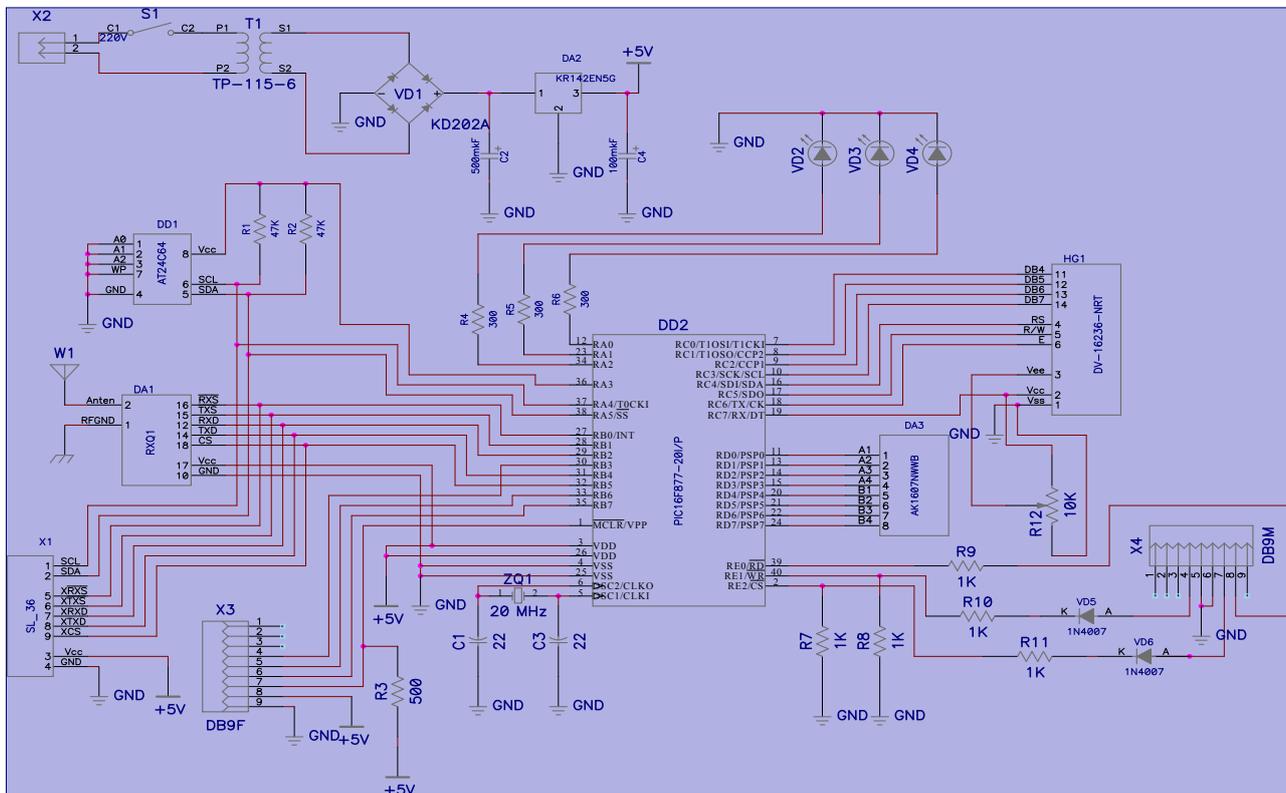


Рис.12. Принципиальная схема базовой станции.

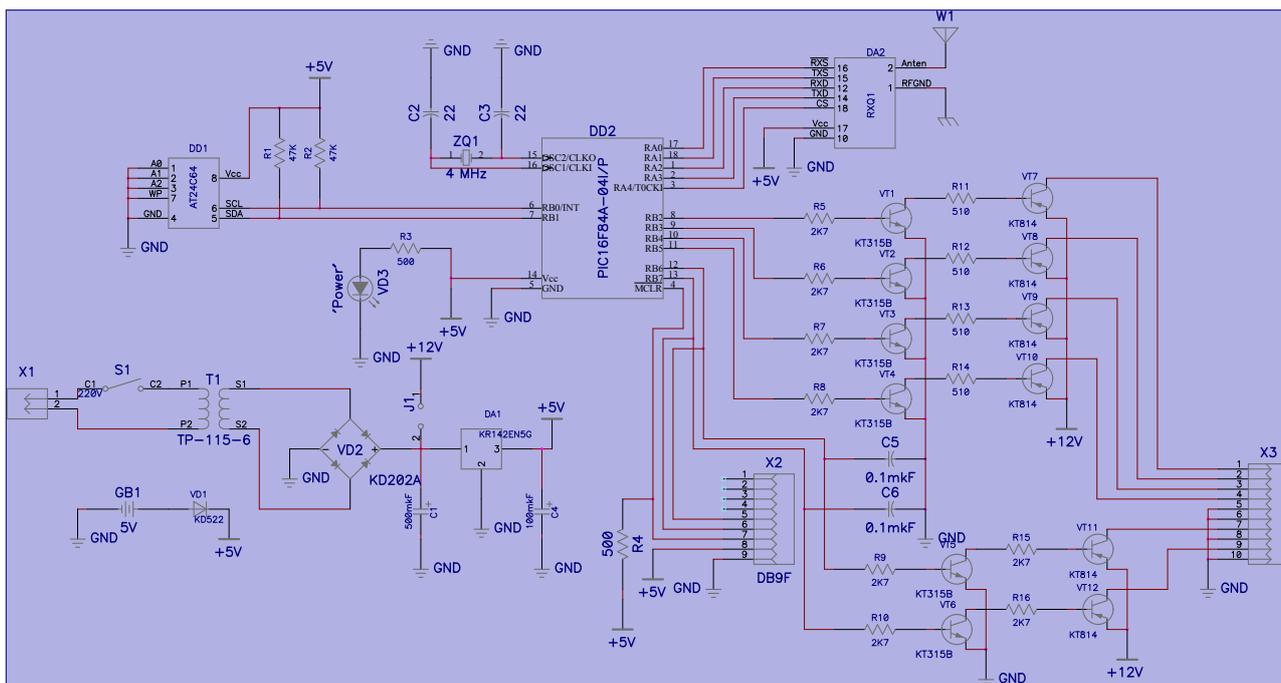


Рис.12.а Принципиальная схема удаленной станции для управления двигателями

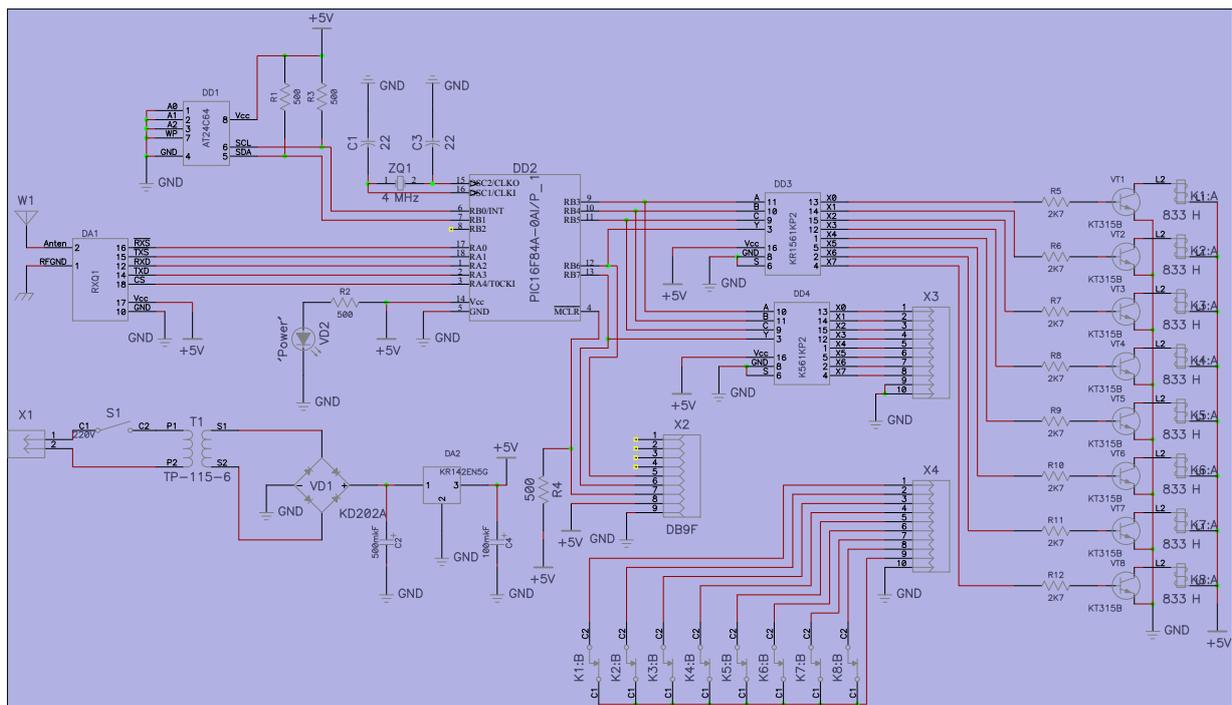


Рис.12.б Принципиальная схема удаленной станции для управления роботом МП-9С.



Рис.13. Внешний вид исполнительного устройства – робот МП-9С.

4. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

4.1. Выбор общесистемного программного обеспечения

При разработке программного обеспечения одной из главных целей была поддержка всех версий Windows, начиная Windows 98, заканчивая Windows XP. Операционная система MS Windows является более удобной, чем консольная ОС MS DOS, и является самой распространенной ОС, поэтому программы написанные под Windows скорее всего будут работать практически на каждой современной ЭВМ. Но выбор данной ОС не обусловлен наличием в Windows каких-то определенных

функций, которых нет в другой ОС, поэтому при желании программа может быть перекомпилирована с минимальными изменениями под любую другую ОС. Важно лишь чтобы выбранная ОС поддерживала работу с COM-портом.

Программа, написанная под MS Windows, имеет удобный, дружественный пользователю, графический интерфейс. Для нормального функционирования программы не требуется установка дополнительных библиотек динамических связей (DLL), и других дополнительных модулей. Программа «общается» с устройством через COM-порт посредством стандартного программного интерфейса Windows (API).

4.2. Разработка прикладного программного обеспечения

4.2.1. Лингвистическое обеспечение

Прикладное программное обеспечение для ЭВМ было разработано в среде DELPHI. Выбор Delphi обусловлен тем, что в нем очень удобно организована разработка графического интерфейса пользователя. Важным является тот факт, что в Delphi есть возможность вызывать функции стандартного программного интерфейса Windows (API), которые необходимы для работы с COM-портом. Выбор системы программирования DELPHI также обусловлен наличием опыта работы с языком программирования Turbo Pascal, доработанная версия которого и используется в системе DELPHI.

Программное обеспечение для микроконтроллеров частично разрабатывалось в системе MPLAB IDE, которая поставляется фирмой производителем МК. Только те части кода, которые требуют очень тщательной проработки, были написаны на ассемблере, и скомпилированы в MPLAB, так как написать всё программу высокой степени сложности на ассемблере не реально. Поэтому для разработки остальных частей программы был использован язык высокого уровня. Почти все программное обеспечение (за исключением вышеупомянутых частей) для микроконтроллеров было написано на языке C2C, в интегрированной среде разработки PicAntIDE.

4.2.2. Разработка алгоритма программного обеспечения

Нижеописанная программа разрабатывалась для работы с демонстрационной версией комплекса, при необходимости использования полноценного комплекса, разрабатывается программа, использующая разработанные модули связи с БС и УС. Нижеописанная программа производит простейшие действия над подключенными устройствами.

Алгоритм управляющей программы ЭВМ приведен на рис.14.

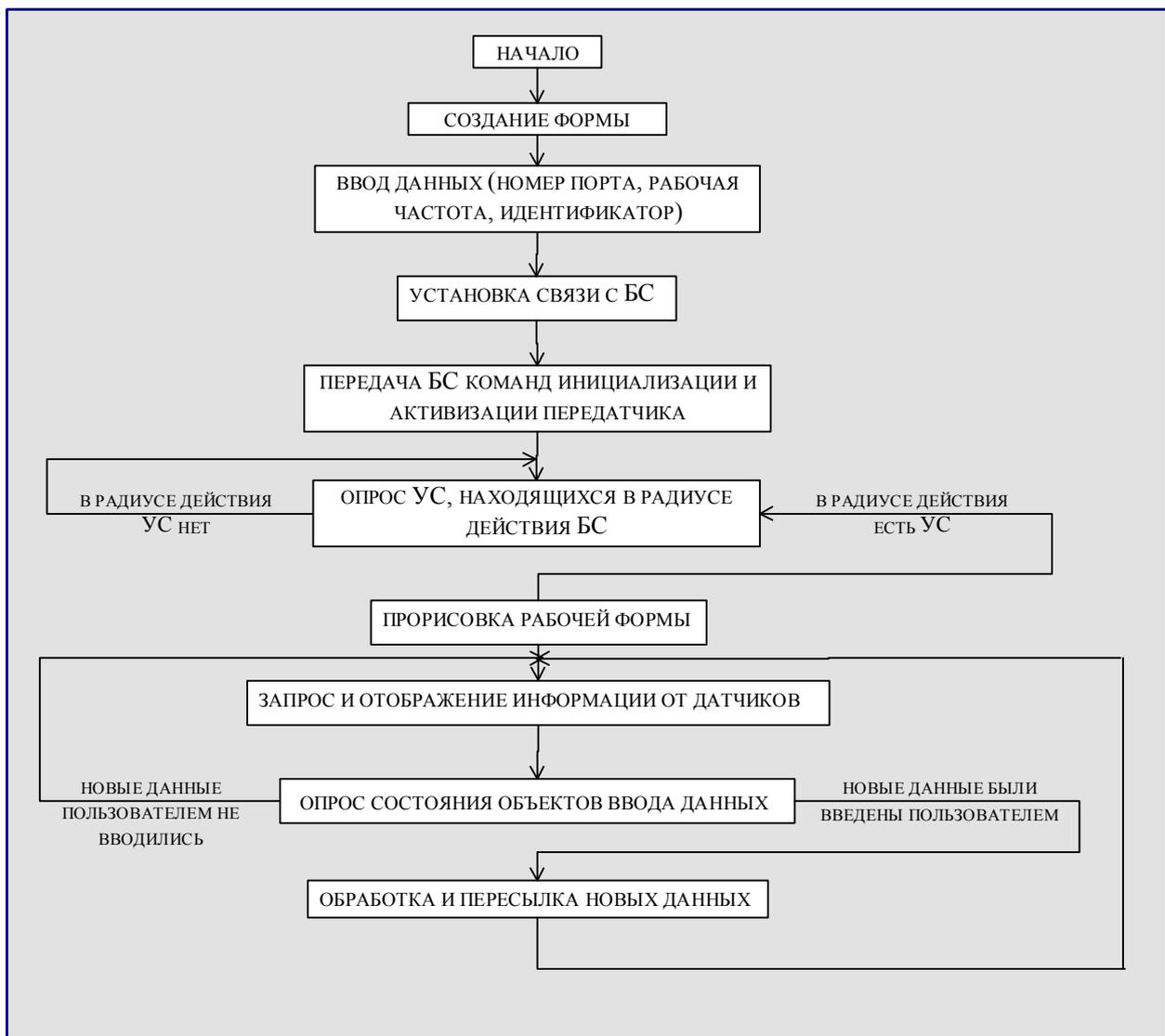


Рис.14. Алгоритм управляющей программы ЭВМ.

Для реализации алгоритма изображенного на рис.14 требовалось разработать процедуру, устанавливающую связь с базовой станцией через СОМ-порт, и производящую обмен данными по алгоритму, описанному в пункте 2.1. настоящей документации. Исходный код процедуры BS_data_exchange, написанной на языке Delphi, приведен в листинге 1.

Листинг.1. Процедура BS_data_exchange.

```

//перед вызовом процедуры в глобальном массиве 3-х переменных out_buff //должны
содержаться 3 байта с информацией в соответствии с алгоритмом, //описанным в
пункте 2.1. настоящей документации
procedure BS_data_exchange(port_number: LPCTSTR);
var byte_count, bit_count: integer;           //счетчики байт и бит
    modemstatus: dword;                       //регистр состояния COM-порта
    comh: hFile;                              //файл COM-порта
CONST    DELAY_=2;                           //задержка формирования
                                                //импульсов интерфейса

begin
in_buff:=0;                                  //инициализируем входной буффер
comh:=CreateFile(port_number,GENERIC_READ or
GENERIC_WRITE,0,nil,OPEN_EXISTING,FILE_ATTRIBUTE_NORMAL,0); //открываем //порт на
чтение и запись в соответствии с описанием функции CreatFile, //первым параметром
передается передается номер COM-порта: если //port_number='\\.\COM1', то COM1,
если port_number='\\.\COM2', то COM2
EscapeCommFunction(comh, CLRDTR);             //сброс
EscapeCommFunction(comh, CLRDTR);sleep(DELAY_);
EscapeCommFunction(comh, SETDTR);sleep(DELAY_); //формируем
EscapeCommFunction(comh, SETRTS);sleep(DELAY_); //стартовую
EscapeCommFunction(comh, CLRRTS);sleep(DELAY_); //последовательность
EscapeCommFunction(comh, CLRDTR);sleep(DELAY_); //импульсов

for byte_count:=0 to 2 do                     //отсчитываем байты
begin
for bit_count:=0 to 7 do                     //отсчитываем биты
begin
if(out_buff[byte_count] shl bit_count) and $80>0 then
EscapeCommFunction(comh, SETRTS)             //передаем один бит
else
EscapeCommFunction(comh, CLRRTS);
sleep(DELAY_);

GetCommModemStatus(comh, modemstatus); //принимаем один бит
if (modemstatus and MS_CTS_ON<>0) then
in_buff[byte_count]:=in_buff[byte_count]+($80 shr bit_count);

EscapeCommFunction(comh, SETDTR);sleep(2* DELAY_); //формируем
EscapeCommFunction(comh, CLRDTR);sleep(DELAY_); //импульс
                                                //синхронизации

end;
end;
CloseHandle(comh);                           //закрываем порт
end;

```

С помощью данной процедуры ЭВМ посылает команды базовой станции, исполняя которые БС управляет УС. В демонстрационной версии комплекса управляемыми устройствами являются двигатели, пневматический робот и блок датчиков. Форма программы, поддерживающей вариант комплекса, представленный на рис.1, изображена на рис.15.

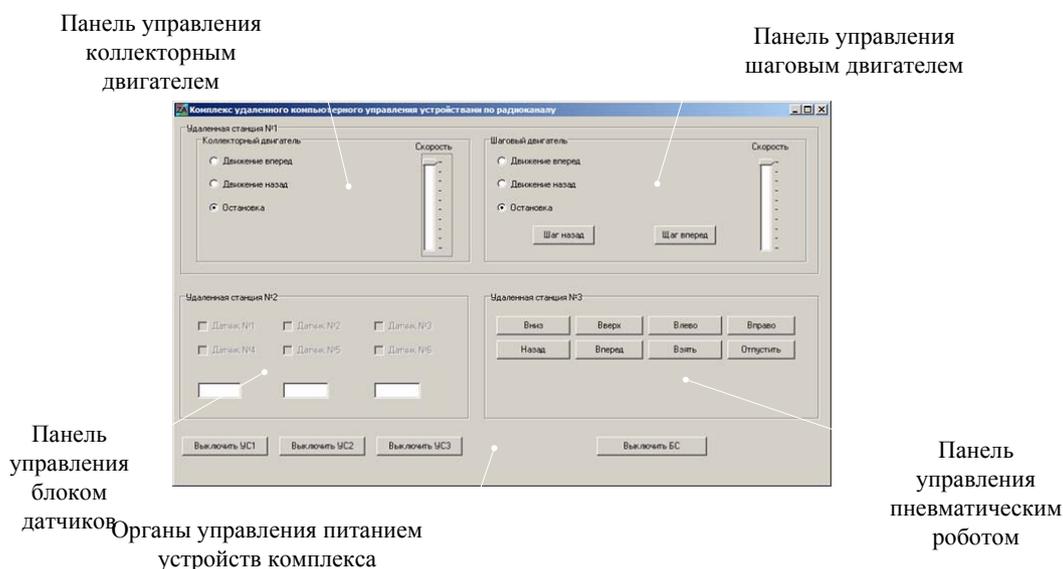


Рис.15. Форма управляющей программы ЭВМ.

4.2.3. Методическое обеспечение

Запустив программу, пользователь сможет прочитать информацию об устройствах, поддерживаемых настоящей версией программы, получить инструкции по подключению и использованию поддерживаемых устройств. Далее пользователю потребуется указать номер порта, к которому подключена базовая станция, рабочую частоту передатчиков (необходимо помнить, что связь между БС и УС состоится только в том случае, если их ПП работают на одинаковых частотах, также нужно знать, что программой МК предусмотрена возможность перехода всех устройств в текущем сеансе связи на другую частоту, по команде ЭВМ, но эта возможность скрыта в демонстрационной версии ПО), код доступа к базовой станции (предварительно записанный в энергонезависимую память устройства при программировании). После нажатия кнопки «Соединение» появляется главная форма, изображенная на рис.15. Она состоит из четырех частей.

1. Панель «Удаленная станция №1» содержит органы управления устройствами, подключенными к удаленной станции №1. Если станция доступна (исправна, включена и находится в радиусе действия БС), то все органы управления панели «Удаленная станция №1» активизированы. Панель состоит из двух частей, панели управления шаговым двигателем и панели управления коллекторным двигателем. Переключателями можно установить направление вращения соответствующего двигателя. Ползунками «Скорость» устанавливают частоту вращения соответствующего двигателя (необходимо учитывать, что момент на валу шагового двигателя уменьшается с увеличением частоты вращения). По умолчанию (после инициализации формы) двигатели отключены, а ползунки «Скорость» установлены в положение соответствующее максимальной частоте вращения. С помощью кнопок «Шаг назад» и «Шаг вперед» возможно пошаговое управление шаговым двигателем.

2. Панель «Удаленная станция №2» отображает состояние датчиков, подключенных к удаленной станции №2. Если станция доступна (исправна,

включена и находится в радиусе действия БС), то панель «Удаленная станция №2» активирована. Шесть серых флажков, установленных на панели показывают текущее состояние датчиков имеющих два логических состояния, а три нижерасполагающихся поля отображают состояние трех линейных датчиков. По умолчанию (после инициализации формы) все флажки отключены, а поля пустые.

3. Панель «Удаленная станция №3» содержит органы управления пневматическим роботом, подключенным к удаленной станцией №3. Робот изображен на рис.16.

Области применения созданного комплекса представлены на рис.16.



Рис.16.Области применения комплекса.

В качестве достоинств, предложенной реализации следует отметить: автономность комплекса, гибкость к возможностям дальнейшего наращивания. Среди недостатков следует отметить: относительно высокая стоимость радиочастотного модуля, перегруженность диапазона 433 МГц, относительно низкая дальность связи.

Разработанный комплекс можно применять в охранных системах, системах радиочастотной идентификации, системах пожаробезопасности, системах контроля доступа, системах интеллектуальных зданий, для управления лабораторными и робототехническими комплексами. Дальнейшее развитие комплекса связано с расширением поддерживанием каналов передачи данных, включая ИК канал, разработку более эффективных методов помехозащиты и увеличения дальности связи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лысенко А., Назмутдинов Р., Малыгин И. Преобразователи интерфейса USB на микросхемах FT8U232AM, FT8U245AM. - Радио, 2002, № 6, с. 20-21.
2. Терещук Р.М. Полупроводниковые приемноусилительные устройства. – Киев.:Наукова думка, 1989.
3. Верховцев О.Г. Практические советы мастеру-любителю: электроника, электротехника, материалы и их обработка. – Ленинград.:Энергоатомиздат, 1988.
4. Долгий А. Разработка и отладка устройств на МК. - Радио, 2001-2002.
5. Кулешов С. Интерфейс PIC-контроллера с компьютером. - Радио, 2003, № 7, с. 20-22.
6. Малафеев С.И., Малафеева А.А., Мамай В.С. Микроконтроллеры PIC16C8х. Архитектура, программирование и применение. - Владимир.:ВГУ, 1999.
7. Стешенко Б.В. P-CAD технология проектирования печатных плат. - Санкт-Петербург.:БХВ, 2003.
8. Фаронов В. Система программирования DELPHI. - Санкт-Петербург.:БХВ, 2003.
9. <http://www.microchip.com>
10. <http://www.microchip.ru>
11. <http://www.beyondlogic.org>
12. <http://www.telecontrolli.com>
13. <http://www.rtc.ru>
14. <http://www.fapo.com>
15. <http://www.picant.com>
16. <http://www.helloworld.ru>
17. <http://www.radio.ru>
18. <http://msdn.microsoft.com>

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛАЗЕРНОГО КОМПЛЕКСА ОБНАРУЖЕНИЯ СНАЙПЕРОВ ПО ПАРАМЕТРУ НАДЕЖНОСТИ

Синельникова Е. Н.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Чеканов Анатолий Николаевич
МГТУ им. Баумана Москва Россия

OPTIMIZATION OF THE LASER COMPLEX OF DETECTION OF SNIPERS ON PARAMETER OF RELIABILITY

Sinelnikova E.N.

Candidate of technical sciences professor Chekanov Anatoliy Nikolaevich
BMSTU Moscow Russia
Sin-l@narod.ru

Аннотация

Рассматривается возможность повышения уровня надежности лазерного устройства обнаружения снайперов посредством оптимального распределения допустимой массы электронных элементов резерва между критичными устройствами схемы управления работой комплекса обнаружения.

• Назначение и возможности прибора

Фирма CILAS разработала лазерный комплекс обнаружения снайперов SLD 400, принцип действия которого основан на сканировании лазерным лучом зоны предполагаемого местонахождения снайпера и регистрации отраженного излучения от оптических поверхностей (линзы прицелов и оптоэлектронного оборудования). Конструкция SLD 400 предполагает его эксплуатацию как в переносном виде, так и в мобильном варианте. [1]

Комплексы обнаружения снайперов - это лазерные системы видения (ЛСВ), которые предназначены для формирования изображений удаленных объектов с целью их обнаружения и распознавания в условиях недостаточной естественной освещенности или ночью. Они позволяют осуществлять наблюдение объектов при крайне низких уровнях освещения и наличии помех. Преимущество лазерного излучения в том, что оно обладает высокими спектральной интенсивностью, направленностью и монохроматичностью.

Особый интерес проявляется к ЛСВ, работающим в режиме стробирования по дальности, когда объект наблюдения зондируется короткими (10...50 нс) мощными световыми импульсами, длительность которых значительно меньше времени распространения импульса до объекта и обратно.

В системах видения оператор наблюдает не сам объект, а его изображение на экране дисплея, причем характеристики изображения (яркость, контраст и др.) могут регулироваться электронным способом. Важнейшими характеристиками изображения являются контраст и отношение сигнал/шум, поэтому эффективность системы ЛСВ в общем случае может ограничиваться любой из них. [2]

Эффективным отечественным аналогом комплекса SLD 400 является разработанный в МГТУ на кафедре РЛ2 лазерный комплекс "Антиснайпер-2", структурная схема которого приведена на рис.1 и используется в качестве примера для демонстрации применения методики оптимизации.

В предлагаемой работе рассматривается методика разрешения прямой задачи оптимизации, заключающейся в достижении максимально возможного уровня надежности схемы управления лазерным комплексом (в форме вероятности безотказной работы), за счет оптимального распределения резервных электронных микросхем между критичными узлами электронной схемы управления при ограничении допустимой массы системы.

Новизной в постановке представляемой задачи оптимизации является получение решения в целочисленных сочетаниях резервных элементов во всех резервируемых группах,

приводящее к максимальному уровню вероятности безотказной работы системы управления лазерным комплексом.

• **Описание блок-схемы прибора**

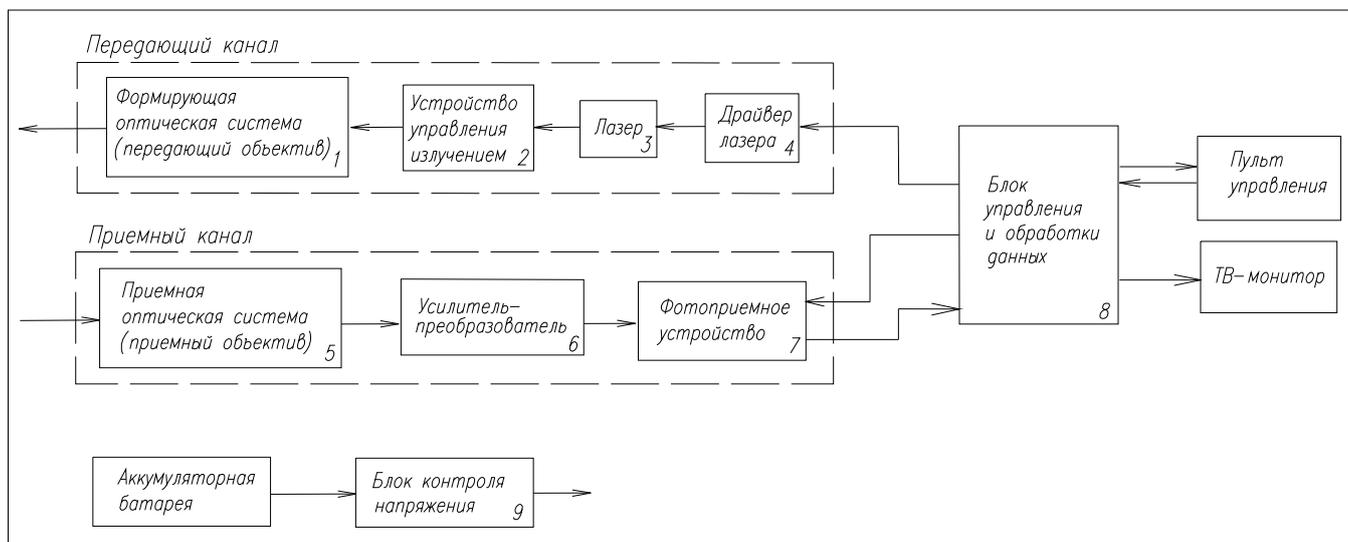


Рис. 1 Структурная схема прибора

Передающий канал формирует зондирующее лазерное излучение. Основными его элементами являются лазер 3 и драйвер лазера 4, формирующая оптическая система 1 для изменения угловой расходимости лазерного излучения, устройство управления излучением 2 для модуляции и сканирования лазерного пучка. Сформированное передатчиком зондирующее излучение проходит через среду распространения (атмосфера) и подсвечивает объект, имеющий некоторое пространственное распределение коэффициента отражения по интенсивности для излучения данного спектрального состава.

Отраженное излучение оказывается промодулированным по интенсивности и после обратного прохода через среду регистрируется приемным каналом, содержащим приемную оптическую систему 5, усилитель-преобразователь 6 и фотоприемное устройство (ФПУ) 7. Помимо фотоприемника ФПУ может содержать сканирующее устройство, перемещающее в пространстве синхронно с лазерным пучком угловую приемную диаграмму ФПУ, осуществляя тем самым эффективную пространственную селекцию.

Центральное устройство управления 8 содержит блок обработки данных и контроллер управления. Блок обработки данных предназначен для приема, цифрового преобразования и обработки входного сигнала с фотоприемного устройства, а также для формирования выходного аналогового сигнала на входе монитора. Контроллер управления осуществляет формирование синхронизирующих и управляющих импульсов, индикацию режимов работы ЛСВ, выполнение команд оператора. [2]

Блок контроля напряжения 9 осуществляет питание прибора и содержит преобразователь напряжения и контроллер разряда батареи. Для индикации разряда батареи и индикации работы прибора от сети на корпусе прибора предусмотрено 2 светодиода.

• **Выбор блоков, их функции, состав и реализация**

Наиболее значимыми и критичными блоками являются:

- блок контроля напряжения;
- блок управления и обработки данными;
- блок драйвера лазера.

Вся электрическая принципиальная схема прибора реализуется на элементах поверхностного монтажа и микросхемах, что значительно уменьшает объемы блоков и самого прибора в целом.

• **Блок контроля напряжения**

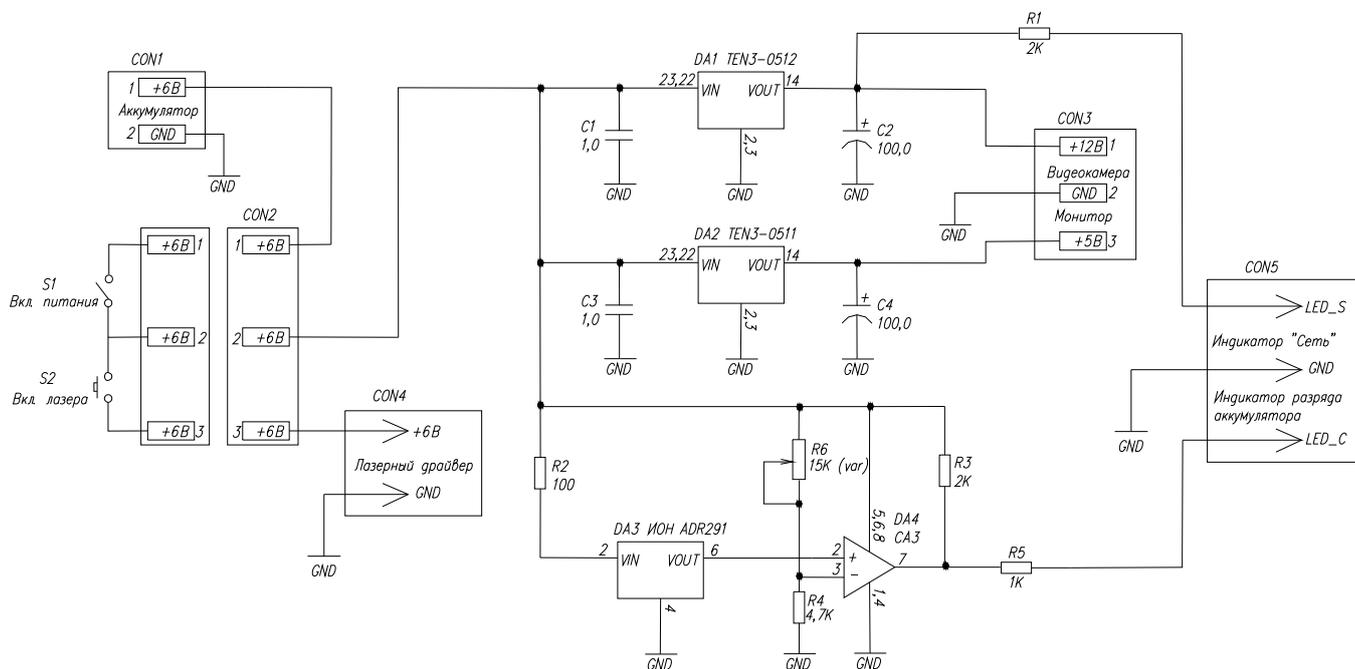


Рис. 2 Электрическая принципиальная схема блока контроля напряжения

Блок контроля напряжения осуществляет питание прибора, преобразует напряжение и контролирует разряд батареи.

Используемые микросхемы:

- TEN3-0511 и TEN3-0512 - DC/DC преобразователи;
- ADR291 в корпусе SOIC-8 - источник опорного напряжения $U = 2,5V$;
- CA3 в корпусе DIP-8 - операционный усилитель.

• **Блок управления и обработки данными**

Используемые микросхемы:

- PIC12F675 в корпусе SOIC-8 - микроконтроллер фирмы Microchip;
- LM358 в корпусе SOIC-8 - операционный усилитель.

• **Блок драйвера лазера**

Используемые микросхемы:

- ADR291 в корпусе SOIC-8 - источник опорного напряжения $U = 2,5V$;
- AD823 в корпусе SOIC-8 - операционный усилитель;
- KT315A в корпусе SOT23 - биполярный транзистор;
- KT863 в корпусе TO220 - биполярный транзистор;
- IRLD024 в корпусе DIP-4 - МОП транзистор.

• Постановка задачи оптимизации

Имеется нерезервированная система, состоящая из N блоков, находящихся в последовательном соединении. Заданы вероятности отказов блоков q_i и массы блоков m_i .

Требуется провести поблочное резервирование системы так, чтобы масса системы не превышала бы допустимую $M_{\text{доп}}$ и вероятность безотказной работы $P_{\text{рез}}$ была бы максимальной. [3]

В исследуемой системе обнаружения снайперов, проанализировав схему, мы выделили 3 наиболее критичных блока, надежность которых должна быть максимальной: блок контроля напряжения, блок управления и обработки данными, блок драйвера лазера.

Для повышения надежности системы необходимо ввести резервные модули для выбранных трех блоков. При этом необходимо решить задачу оптимизации, которая заключается в определении количества резервных модулей для каждого блока при максимальной вероятности безотказной работы всей системы в целом и ограничении на увеличение массы прибора.

• Расчеты оптимизации

1. Расчет массы блоков

Масса микросхем DC/DC преобразователей $M_{\text{ИМС1}} = 2$ г

Масса остальных микросхем $M_{\text{ИМС2}} = 0,5$ г

Масса SMD резисторов и конденсаторов $M_{\text{SMD}} = 0,01$ г

Масса диода $M_{\text{VD}} = 1$ г

Масса разъемов $M_{\text{CON}} = 2$ г

Масса переключателей $M_{\text{SW}} = 2$ г

Масса конденсатора $M_{\text{C}} = 3$ г

Масса лазерного диода $M_{\text{LASER}} = 2$ г

Масса платы $M_{\text{ПЛАТЫ}} = 15$ г

Блок контроля напряжения:

$$\sum M_{\text{ИЭТ}} = 2M_{\text{ИМС1}} + 2M_{\text{ИМС2}} + 10M_{\text{SMD}} + 5M_{\text{CON}} + 2M_{\text{SW}} = 20,6 \text{ г}$$

$$m_1 = \sum M_{\text{ИЭТ}} + M_{\text{ПЛАТЫ}} = 20,6 + 15 = 35,6 \text{ г}$$

Блок управления:

$$\sum M_{\text{ИЭТ}} = 2M_{\text{ИМС2}} + 10M_{\text{SMD}} + M_{\text{VD}} + 2M_{\text{CON}} + 2M_{\text{SW}} = 10,1 \text{ г}$$

$$m_2 = \sum M_{\text{ИЭТ}} + M_{\text{ПЛАТЫ}} = 10,1 + 15 = 25,1 \text{ г}$$

Блок драйвера лазера:

$$\sum M_{\text{ИЭТ}} = 5M_{\text{ИМС2}} + 19M_{\text{SMD}} + M_{\text{VD}} + 2M_{\text{CON}} + M_{\text{LASER}} + M_{\text{C}} = 12,7 \text{ г}$$

$$m_3 = \sum M_{\text{ИЭТ}} + M_{\text{ПЛАТЫ}} = 12,7 + 15 = 27,7 \text{ г}$$

Аналогично рассчитываем массы остальных электронных блоков прибора и вычисляем массу всей электронной части прибора $M_{\text{Общ}} = 287,6$ г

2. Расчет надежности блоков

При расчете надежности узлов и блоков ЭА предполагают, что отказы элементов, входящих в состав ЭА, являются внезапными и представляют собой случайные события; интенсивность отказов $\lambda(t) = \text{const}$; отказ любого элемента влечет за собой отказ всей аппаратуры, т.е. имеет место последовательное включение элементов; отказы элементов являются независимыми.

Интенсивность отказа блока: $\lambda = \lambda_{\text{ЭРЭ}} + \lambda_{\text{ИМС}}$

$$\lambda_{\text{ЭРЭ}} = \sum(\lambda_i \cdot N_i)$$

$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot a_1 \cdot a_5$ - интенсивность отказа ЭРЭ i -го типа,

где λ_{0i} - табличное значение интенсивности отказа данного ЭРЭ;

a_1, a_5 - коэффициенты, учитывающие электрические и механические нагрузки.

N_i - число элементов i -го типа.

$$\lambda_{\text{ИМС}} = (\sum(\lambda_i \cdot N_i) + \lambda_{\text{В}}) \cdot a_5$$

$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot K_{\text{Н}} \cdot a_7 \cdot a_{\text{T}}$ - интенсивность отказа ИМС i -го типа,

где $\lambda_{0i} = 1,4 \cdot 10^{-8}$ 1/ч - интенсивность отказов ИМС при нормальных условиях эксплуатации;

$K_{\text{Н}}$ - коэффициент нагрузки;

a_{T} - эксплуатационный коэффициент отказов (определяется по графику для $t = 20^\circ\text{C}$);

$a_7 = 2,5$ - коэффициент, характеризующий свойства корпуса ИМС;

N_i - число ИМС i -го типа.

$\lambda_{\text{В}} = \sum(\lambda_{\text{В}i} \cdot N_{\text{В}i})$ - интенсивность отказов внешних выводов ИМС,

где $\lambda_{\text{В}i} = 7 \cdot 10^{-10}$ 1/ч - интенсивность отказов внешнего соединения (для алюминиевых проводников),

$N_{\text{В}i}$ - число внешних выводов ИМС,

$a_5 = 5$ - коэффициент, учитывающие механические нагрузки.

Вероятность безотказной работы блока: $P(t) = \exp(-\lambda t)$

Вероятность отказов блока: $q(t) = 1 - P(t)$

Задаем рабочее время блоков $t_{\text{р}} = 5000$ ч

Блок контроля напряжения

ЭРЭ: $\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot a_1 \cdot a_5$

Наименование	N_i	$K_{\text{Н}}$	a_1	a_5	λ_{0i}	λ_i	$\lambda_i \cdot N_i$
SMD резисторы	6	0,4	0,1	1	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$0,05 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-6}$
SMD конденсаторы	4	0,5	0,2	1,5	$0,2 \cdot 10^{-6}$	$0,06 \cdot 10^{-6}$	$0,24 \cdot 10^{-6}$
Разъемы	5	0,5	0,8	4	$0,05 \cdot 10^{-6}$	$0,16 \cdot 10^{-6}$	$0,8 \cdot 10^{-6}$
Переключатели	2	0,5	0,8	4	$0,2 \cdot 10^{-6}$	$0,64 \cdot 10^{-6}$	$1,28 \cdot 10^{-6}$

$$\lambda_{\text{ЭРЭ}} = \sum(\lambda_i \cdot N_i) = 2,62 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

ИМС: $\lambda_{\text{ИМС}} = (\sum(\lambda_i \cdot N_i) + \lambda_{\text{В}}) \cdot a_5$

$$K_{\text{Н}} = 0,5$$

$$a_{\text{T}} = 0,95$$

$$\lambda_i = 1,4 \cdot 10^{-8} \cdot 0,5 \cdot 2,5 \cdot 0,95 = 0,016 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

$$\lambda_i \cdot N_i = 0,016 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 0,064 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

$$N_{\text{В}1} = N_{\text{В}2} = 23, N_{\text{В}3} = N_{\text{В}4} = 8$$

$$\lambda_{\text{В}} = 7 \cdot 10^{-10} \cdot (24+24+8+8) = 0,045 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

$$\lambda_{\text{ИМС}} = (0,064 \cdot 10^{-6} + 0,045 \cdot 10^{-6}) \cdot 5 = 0,55 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

Интенсивность отказов блока контроля напряжения:

$$\lambda_1 = \lambda_{\text{ЭРЭ}} + \lambda_{\text{ИМС}} = 2,62 \cdot 10^{-6} + 0,55 \cdot 10^{-6} = 0,32 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}$$

Вероятность безотказной работы блока контроля напряжения:

$$P_1(t_p) = \exp(-\lambda_1 \cdot t_p) = 0,98$$

Вероятность отказов блока контроля напряжения:

$$q_1 = 1 - P_1(t_p) = 0,02$$

Блок управления (аналогично):

$$\lambda_2 = \lambda_{ЭРЭ} + \lambda_{ИМС} = 2,34 \cdot 10^{-6} + 0,22 \cdot 10^{-6} = 0,26 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}$$

$$P_2(t_p) = \exp(-\lambda_2 \cdot t_p) = 0,985$$

$$q_2 = 1 - P_2(t_p) = 0,015$$

Блок драйвера лазера (аналогично):

$$\lambda_3 = \lambda_{ЭРЭ} + \lambda_{ИМС} = 1,96 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 10^{-6} = 0,25 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}$$

$$P_3(t_p) = \exp(-\lambda_3 \cdot t_p) = 0,987$$

$$q_3 = 1 - P_3(t_p) = 0,013$$

3. Оптимизационный расчет

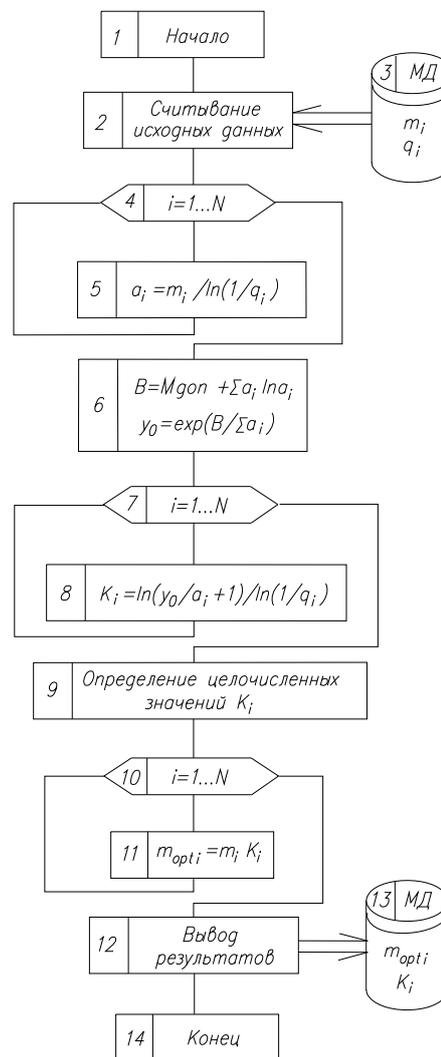


Рис. 3 Алгоритм оптимизации

Данный алгоритм позволяет рассчитать целочисленные кратности резервирования критичных блоков исследуемой схемы прибора.

2 - считывание исходных данных с магнитного диска;

3 - исходные данные: массы блоков m_i и вероятности отказов блоков q_i ;

4, 7, 10 - счетчик критичных блоков;

- 5, 6 - вычисление промежуточных переменных;
 8 - вычисление дробных кратностей резервирования K_i для каждого блока;
 9 - определение целочисленных кратностей резервирования K_i для каждого блока;
 11 - расчет оптимальных масс резервных групп;
 12 - запись результатов на магнитный диск;
 13 - выходные данные: оптимальные массы резервных групп m_{opti} и целочисленные кратности резервирования каждого блока K_i .

Каждый блок резервируется с помощью $(K_i^* - 1)$ резервных блоков, где K_i^* - целочисленное значение кратности резервирования.

Тогда масса резервированной системы будет $M_p = \sum(K_i^* \cdot m_i)$.

А вероятность безотказной работы $P_p = \prod(1 - q_i^{K_i^*})$.

Таким образом, задача сводится к нахождению таких целых чисел K_i^* , при которых вероятность безотказной работы принимала бы максимальное значение, а масса не превышала бы допустимую $\sum(K_i^* \cdot m_i) \leq M_{доп}$

Для этого из транцендентного уравнения

$$\sum_{i=1}^W a_i \ln(a_i + y_0) = M_{доп} + \sum_{i=1}^W a_i \ln a_i$$

находят дробную кратность резервирования K_i^0 .

Дано три блока:

$m_1 = 35,6$ г ; $m_2 = 25,1$ г ; $m_3 = 27,7$ г

$q_1 = 0,02$; $q_2 = 0,015$; $q_3 = 0,013$

$\Delta M_{доп} = 100$ г

Масса исходной системы: $M_0 = m_1 + m_2 + m_3 = 88,4$ г

Допустимая масса системы: $M_{доп} = M_0 + \Delta M_{доп} = 188,4$ г

Вероятность безотказной работы исходной системы: $P_0 = (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) = 0,95$

- Определяем $a_i = m_i / \ln(1/q_i)$
 $a_1 = 9,1 \cdot 10^{-3}$; $a_2 = 6 \cdot 10^{-3}$; $a_3 = 6,4 \cdot 10^{-3}$

- Определяем y_0

$$y_0 = \exp\left(\frac{B}{\sum_{i=1}^3 a_i}\right) = 46,5 \quad , \quad \text{где} \quad B = M_{доп} + \sum_{i=1}^3 a_i \ln a_i = 82,6 \cdot 10^{-3}$$

- Определяем дробную кратность резервирования K_i^0

$$K_i^0 = \left(\ln \frac{1}{q_i}\right)^{-1} \ln\left(\frac{y_0 + a_i}{a_i}\right)$$

$$K_1^0 = 2,18 ; \quad K_2^0 = 2,13 ; \quad K_3^0 = 2,05$$

Получение целочисленных значений кратностей резервирования K_i^*

Поскольку полученные дробные кратности резервирования K_i^0 могут быть округлены как по избытку, так и по недостатку, то представляют интерес только такие комбинации округленных целых значений K_i^* , представляющие наборы блоков

резервированной системы, для которых функция $P_p(K_i^*)$ дает максимум и удовлетворяется условие: $\Sigma(K_i^* \cdot m_i) \leq M_{\text{Доп}}$

Для выбора варианта резервирования среди целых чисел, отличающихся от K_i^0 не более чем на единицу, необходимо выбрать такие K_i^* , которые по сравнению с другими системами целых чисел отвечали бы следующим условиям:

$$\begin{aligned} \Sigma(K_i^0 - K_i^*) \cdot m_i &\geq 0 \\ \Sigma(K_i^0 - K_i^*) \cdot m_i &= \min \end{aligned}$$

Составляем комбинации целочисленных значений K_i^*

- 1) $K_1^* = 2, K_2^* = 2, K_3^* = 2$
- 2) $K_1^* = 2, K_2^* = 2, K_3^* = 3$
- 3) $K_1^* = 2, K_2^* = 3, K_3^* = 2$
- 4) $K_1^* = 3, K_2^* = 2, K_3^* = 2$

- Находим численные значения выражения $\Sigma(K_i^0 - K_i^*) \cdot m_i$ для каждой комбинации:

- 1) 11,05 2) -16,6 3) -14 4) -24,5

Таким образом, выбираем первую схему резервирования:

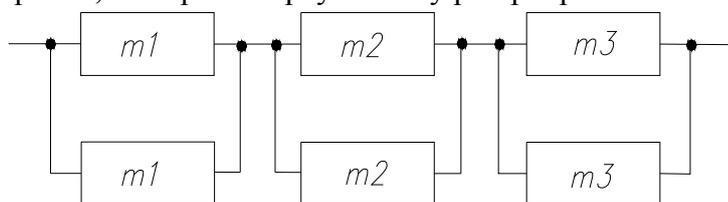


Рис.4 Схема резервирования

Вероятность безотказной работы резервированной системы $P_p = 0,99$

Масса резервированной системы $M_p = 176,8$ г

Максимальная вероятность при дробных K_i^0 $P_{\text{max}} = \frac{y_0^3}{\prod_{i=1}^3 (y_0 + a_i)} = 0,999$

• Выводы и рекомендации

Расчеты показали, что рассматриваемая методика оптимизации является достаточно эффективной и несложной. Уровень надежности системы повышен с вероятности безотказной работы 0,95 до 0,99 за выбранное время боевой работы $t_p = 5000$ ч, что является весьма существенным для специальной аппаратуры, надежность работы которой должна быть максимальна. При этом масса системы увеличилась на 88,4 г, что составляет 26% от массы всей электронной части нерезервированного прибора.

При разработке электронной аппаратуры такого типа рекомендуется рассмотреть возможность повышения уровня надежности работы аппаратуры, используя предложенную в данной работе методику оптимизации. Для этого рекомендуется провести анализ электронных блоков прибора и выбрать наиболее критичные блоки. Рассчитать их массогабаритные характеристики и параметры надежности, которые будут являться исходной информацией для проведения оптимизационных расчетов. И затем провести оптимизацию разрабатываемого прибора по параметру надежности, используя предложенный в данной работе алгоритм оптимизации.

• Литература

1. "Зарубежное военное обозрение" №8 2003 г
2. В.Е.Карасик, В.М.Орлов "Лазерные системы видения", Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001 г

3. А.Н.Чеканов "Вероятностные расчеты и оптимизация несущих конструкций", Москва, Издательство Магистр, 1997 г

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕСТИРОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МОДУЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

А.А.Адов, А.В.Смолин

Научный руководитель: к. т. н., доц. А. И. Власов

Кафедра ИУ 4 МГТУ им. Н. Э. Баумана

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF TESTING OF SERVICEABILITY OF THE MODULE OF PRIMARY PROCESSING OF THE INFORMATION IN SYSTEMS OF DIGITAL DATA TRANSMISSION

A.A.Adov, A.V.Smolin

Research manager: c.t.s., docent Vlasov A.I.

Moscow State Technical University named after Bauman, Moscow, Russia.

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы разработки программно-технических комплексов тестирования работоспособности модуля первичной обработки информации радиолокационных систем. Основное внимание уделяется методике проведения оценки уровня достоверности поступающей радиолокационной информации и работоспособности блока первичной обработки информации. Даны рекомендации по архитектуре и программно-технической реализации комплекса. Освещены особенности использования разработанного ПАО комплекса в составе цифровых систем передачи данных.

Abstract

In work questions of development of software-hardware complexes of testing of serviceability of the module of primary processing of the information of radar-tracking systems are considered. The basic attention is given techniques of carrying out of an estimation of a level of reliability to the input radar-tracking information and serviceability of the block of primary processing of the information. Recommendations on architecture and are given to software-hardware realization of a complex. Features of use developed software and hardware a complex are covered in structure of digital systems of data transmission.

Введение

При создании современного комплекса радиотехнических систем существует необходимость проверки всех его блоков, т.е. оценки адекватности ее работы эталону, в противном случае неправильно работающая радиотехническая система представляет не только ошибочную информацию, но и в некоторых случаях потенциальную угрозу человеку (столкновение кораблей, самолетов, непреднамеренный запуск ракет и т.п.).

Целью данной работы является создание аппаратно-программного комплекса тестирования блока обработки входной информации системы радиолокационного наблюдения. Решение данной задачи в дальнейшем позволит перейти к созданию универсальной аппаратно-программной системы контроля (диагностики), поиска неисправностей и восстановления работоспособности системы радиолокации. Достижение поставленных результатов базируется на использовании методов цифровой обработки сигналов, элементов теории радиолокации, теории вероятности и математической статистики, а также на результатах работ отечественных и зарубежных научных школ в области радиолокации.

1. Структура блока первичной обработки информации в РЛС

1.1. Состав блока ПОИ

Модуль первичной обработки информации состоит из основных блоков, каждый из которых выполняет определенные действия (рис. 1.1.1):

- блок АЦП;
- блок ЦОС;
- блок передачи данных;

Блок АЦП принимает поток аналоговых данных с приемно-передающего модуля и производит аналого-цифровое преобразование над ним.

Блок ЦОС служит для выделения сигнала на фоне внутренних и внешних шумов, а также усиление и преобразование сигнала к нужному виду.

Блок передачи данных производит подготовку обработанных данных (в том числе и ЦАП и подготовка к ВОЛС) к передаче на следующие блоки РЛС;

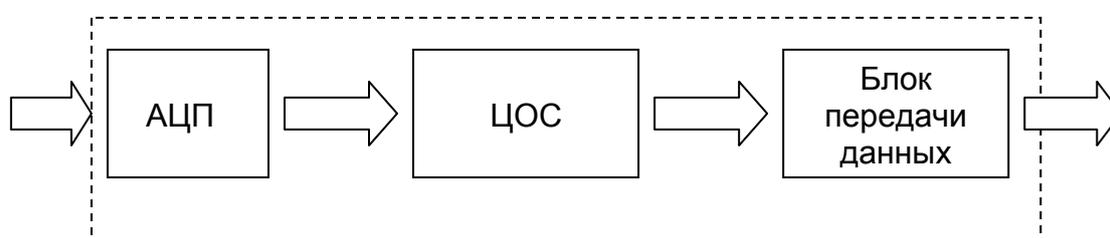


Рис.1 Структура блока первичной обработки

1.2. Режимы работы блоков модуля первичной обработки информации в РЛС

Для возможности прослеживания и проверки правильности обработки информации в модуле первичной обработки существует возможность выбора режима работы блоков:

- обработка входных данных, поступающих от приемно-передающего модуля, и передача - результатов обработки на последующие блоки (штатный режим);
- запоминание входных сигналов, поступающих от приемно-передающего модуля, их обработка и передача результатов обработки на последующие блоки;
- имитация входных данных данными из ОЗУ, их обработка и передача результатов обработки на последующие блоки;
- запоминания результатов цифровой обработки, передаваемых на последующие блоки;
- передача на последующие блоки имитации результатов обработки из ОЗУ.

Различные режимы работы модуля позволяют производить определенные проверки правильности работы блоков.

2. Программный комплекс тестирования работоспособности модуля ПОИ в РЛС

Для быстрого выяснения правильности работы блоков модуля, что часто необходимо в режиме его работы, существует необходимость применение аппаратно-программных средств, которые позволили бы производить оценку работоспособности системы.

Основными задачами программного комплекса является проверка и визуализация данных, проходящих обработку на разных блоках модуля ПОИ с целью:

- Проверки работоспособности модуля ПОИ

- Поиска неисправных блоков модуля ПОИ
- Определения погрешностей обработки информации, а следовательно и определения характеристик входной информации, которую может обрабатывать данный модуль.

2.1. Структурно-функциональное построение комплекса

Для достижения выполнения основных задач программного комплекса целесообразно разбить их на более мелкие:

- проверка блока АЦП
- проверка квадратурного фильтра (с эмуляцией данных и без нее)
- проверка блока выходной информации (в частности ВОЛС)

Каждая из проверок работает по алгоритму:

- 1) Происходит поиск модуля ПОИ, если он не найден выводится сообщение и работа комплекса приостанавливается
- 2) Следующим шагом в зависимости от нужной проверки посылаются определенные команды функционального управления в ОЗУ аппаратной части модуля, где происходят действия, определенные этой функцией
- 3) Далее создается массив данных, эмулирующий SIN с определенными характеристиками
- 4) Запись массива данных, подготовленного в предыдущем шаге в ОЗУ
- 5) Чтение обработанных данных из ОЗУ платы, которые были запрошены командами функционального управления
- 6) Обработка результатов запроса
- 7) Визуализация принятых данных и принятие решения о их достоверности и других показателях

Пункты 3) и 4) в некоторых случаях могут быть пропущены (оценка правильности работы АЦП)

2.2 Команды функционального управления модулем ПОИ в РЛС

Команды функционального управления представляют из себя набор определенных данных, которые отвечают:

- за способ обработки информации
- за тип получаемых данных
- за количество стробов
- за запись или чтение из буфера

Настройка команд функционального управления проиллюстрированы на рисунке

2.2.

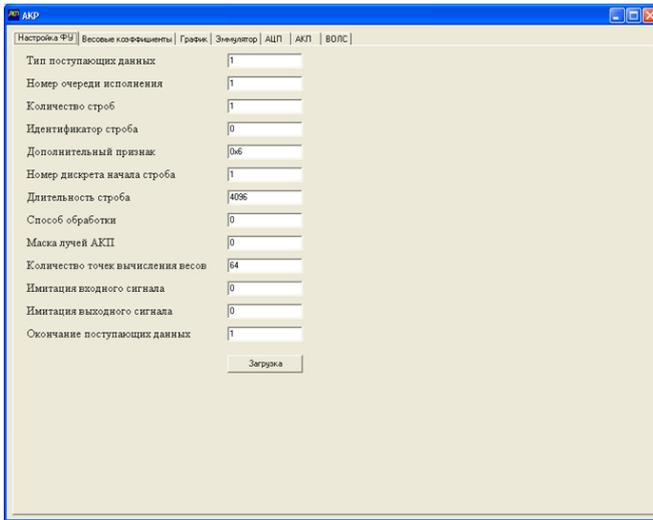


Рис 2.2. Настройка команд функционального управления.

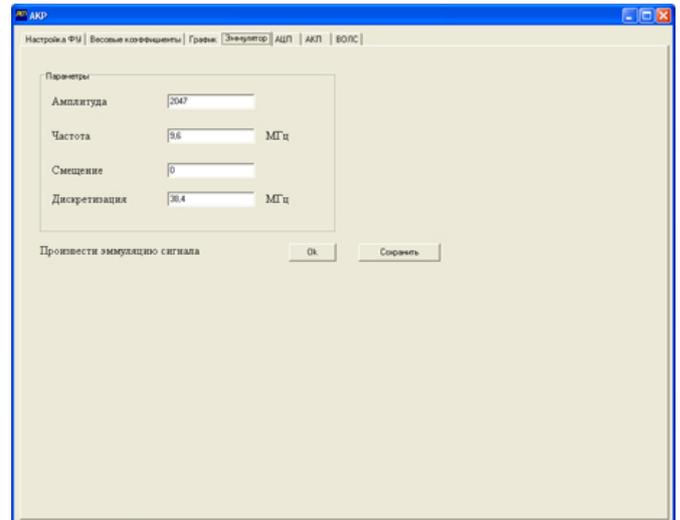


Рис.2.3 Эмуляция данных

2.3. Блок эмуляции входных данных

Иногда существует необходимость эмулировать работу некоторых блоков или подачи сигнала без его искажения (в реальных данных всегда присутствуют помехи и шумы). Для этого в комплексе существует блок эмуляции входных данных (рис. 2.3).

Блок эмуляции входных данных позволяет генерировать синусоподобные данные, так как любой сигнал может быть представлен комбинацией синусов различных гармоник и фаз. Алгоритм работы блока изображен на рисунке 2.4.

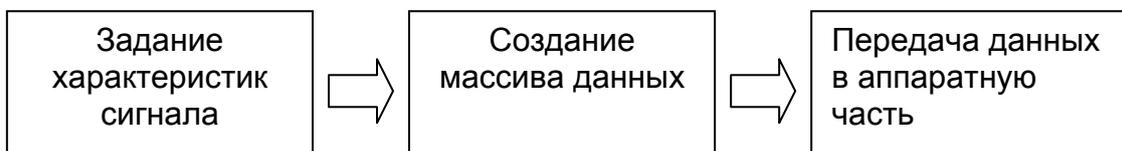


Рис. 2.4. Алгоритм работы блока эмуляции данных.

Надо заметить, что данный блок может быть пропущен при проведении некоторых тестов.

2.4. Чтение данных

После того, как были поданы команды функционального управления и необходимые данные происходит программный старт модуля (длительностью 5 мс), который задается импульсным сигналом частотой 200 Гц.

После этого происходит заданная обработка данных и запись обработанного массива в ОЗУ, который был запрошен командами функционального управления.

2.5. Обработка и визуализация данных

Когда данные переданы из аппаратной части в программную часть, происходит или их обработка (определение F-критерия зашумления сигнала после АЦП), или же их визуализация (рис.2.5).

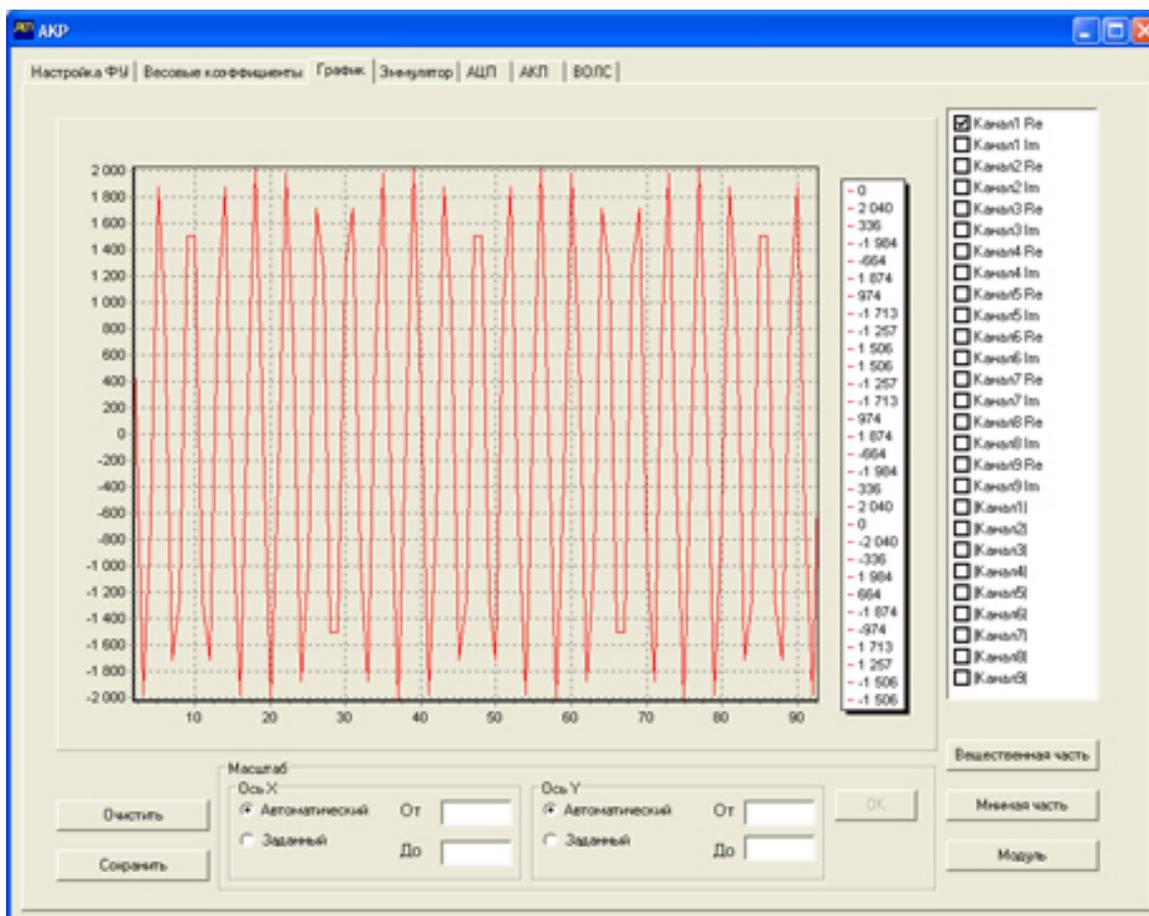


Рис.2.5. Визуализация данных.

Модуль визуализации данных позволит формировать на экране данные как по всем каналам, так и по каждому из каналов, что часто удобно при проверки работоспособности каждого из каналов.

Заключение

В результате решения поставленных задач создан АПК, который позволяет тестировать работоспособность модуля ПОИ в РЛС. Созданный АПК ориентирован на решение задач в области проверки работоспособности блока первичной обработки информации (цифрового приема) в радиолокационных системах и позволяет получать данные со всех составных компонентов блока.

Разработанная методика тестирования работоспособности блока позволяет непосредственно проводить проверки всех его модулей независимо друг от друга. Данная методика дает возможность использовать программный комплекс в различных радиолокационных системах даже при отсутствии некоторых компонентов.

Литература

1. Информационные технологии в радиотехнических системах/ под редакцией И.Б.Федорова. - Москва. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
2. Дж. Ф. Уэйкерли Проектирование цифровых устройств – Москва, Постмаркет, том 1-2, 2002.
www.setdsp.ru
3. Научные школы МГТУ (МВТУ) имени Н.Э.Баумана – история развития: Москва. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1995.
4. Радиотехнические системы: Учебник для вузов по спец. «Радиотехника» Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др.; Под ред. Ю.М. Казаринова. М.: Высш. шк., 1990
5. Радиотехнические системы передачи информации: Учеб. пособие для вузов / В.А. Борисов, В.В. Калмыков, Я.М. Ковальчук и др.; Под ред. В.В. Калмыкова. М.: Радио и связь, 1990.
6. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации В.Б. Пестряков, В.П. Афанасьев, В.Л. Гурвиц и др.; Под ред. В.Б. Пестрякова. М.: Сов. радио, 1973.
7. Быков В.В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике. М.: Сов. радио, 1971.
8. Кузнецов А.А., Сенин А.И. Моделирование радиотехнических систем: Учеб. пособие. В 2-х ч. Ч. 1, 2000. Ч. 2, 2001. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.
9. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989.
10. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: Учеб. пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1992.
11. Теоретические основы радиолокации: Учебное пособие для вузов Под ред. Я.Д. Ширмана. М.: Сов. радио, 1970.
12. СпшкерДж. Цифровая спутниковая связь: Пер. с англ. Под ред. В.В. Маркова. М.: Связь, 1979.
13. Дымова А.И., Альбац М.Е., Бонч-Бруевич А.М. Радиотехнические системы: Учебник для вузов. М.: Сов. радио, 1975.
14. Ширман Я.Д., Манжос В.Н., Леховицкий Д.И. Некоторые этапы развития и проблемы теории и техники разрешения радиолокационных сигналов Радиотехника. 1997.
15. Теория обнаружения сигналов П.С. Акимов, П.А. Бакут, В.А. Богданович и др.; Под ред. П.А. Бакута. М.: Радио и связь, 1984.
16. Фарина А., Стуер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение цепей: Пер. с англ. М. Радио и связь 1993
17. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации В.Б. Пестряков, В.П. Афанасьев, В.Л. Гурвиц и др.; Под ред. В.Б. Пестрякова. М.: Сов. радио, 1973
18. Куликов Е.И. Трифонов А.П. Оценка параметров сигналов на фоне помех. М. Сов. Радио, 1978

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ NEURALNET-ПАРАДИГМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВИБРАЦИЕЙ

27. Е.А.Володин, В.С.Князев

Научный руководитель: к. т. н., доц. А. И. Власов

Кафедра ИУ 4 МГТУ им. Н. Э. Баумана

RESEARCH OF APPLICABILITY OF NEURALNET-PARADIGMS AT SYSTEM ENGINEERING ACTIVE CONTROL BY VIBRATION

E.A.Volodin, V.S.Knyzev

Research manager: Ph.D., docent Vlasov A.I.

Moscow State Technical University named after Bauman, Moscow, Russia.

Аннотация

В работе исследуются возможности применения нейросетевых парадигм при разработке систем активной виброзащиты. Основное внимание уделено разработке моделей нейросетевых САВ в пакете Matlab. Кратко представлены количественные оценки отдельных вариантов реализации нейросетевых САВ и их сравнение с классическими системами активного управления вибрацией. Отдельная часть работы будет посвящена краткому представлению основных результатов, изложенных в монографии «Нейропроцессорные системы активной виброзащиты», которая будет опубликована издательским предприятием редакции журнала «Радиотехника» в 2004 году.

Abstract

In work opportunities of application neuralnet-paradigms are investigated at system active vibration control (AVC). The basic attention is given to development of models neuralnet AVC in package Matlab. Quantitative estimations of separate variants of realization neuralnet AVC and their comparison with classical systems of active vibration control are briefly submitted. The separate part of work will be devoted to brief representation of the basic results stated in the monography «Neurocomputers systems of active vibration control » which will be published by the publishing enterprise of edition of magazine "Radioengineering " in 2004.

28. Введение

Системы активной виброзащиты можно классифицировать по следующим признакам: по характеру управления (по возмущению, по отклонению, адаптивные), по типу управляющих воздействий, по типу компенсаторных устройств. Обобщенная классификация САВ представлена на рис.1.

По характеру управлению САВ подразделяются на неадаптивные и адаптивные, в неадаптивных для формирования управляющего воздействия используется данные либо по возмущающим воздействиям, либо по результирующим характеристикам (по отклонению). В адаптивных используются и те, и другие показатели. Как адаптивные, так и неадаптивные системы могут быть реализованы с использованием нейросетевых парадигм, т.е. являться предварительно обученными на конкретные условия эксплуатации (неадаптивные), либо иметь возможность обучаться в режиме работы (адаптивные). В отдельный класс они выделены в связи с необходимости проведения процедур обучения (настройки).

Рассмотрев общие принципы реализации систем активного гашения вибрационных полей можно сделать вывод, что при построении многомерных, многосвязанных АСАВ содержащих M - приёмников исходного поля, K - компенсирующих излучателей и L - контрольных измерителей, необходимо осуществлять обработку матрицы $M \times L$ - фильтров длиной N каждый, M - матриц размерности $K \times L$ и $K \times M$ управляемых фильтров с весовыми коэффициентами h . Кроме того, поскольку принятое допущение об отсутствии волновой ОС в реальной системе не может быть выполнено, в структуру должна быть включена матрица $K \times M$ фильтров компенсации ОС. Следовательно, увеличение порядка системы $P_S = K \times M \times N \times Z_N$, где Z_N - число используемых узлов настройки, при построении адаптивных систем пространственного гашения приводит к существенному снижению их надежности и увеличению сложности. Всё это предъявляет повышенные требования к

ресурсам памяти и быстродействию микропроцессорных БУ (МБУ) данных систем, что обуславливает их реализацию в основном на основе использования нейросетевых технологий.



Рис.1. Классификация систем активной виброзащиты

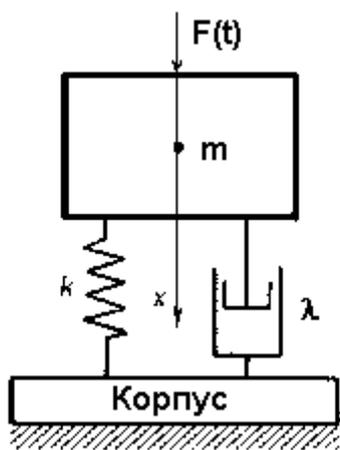


Рис.2 Схема простой колебательной системы с одной степенью свободы

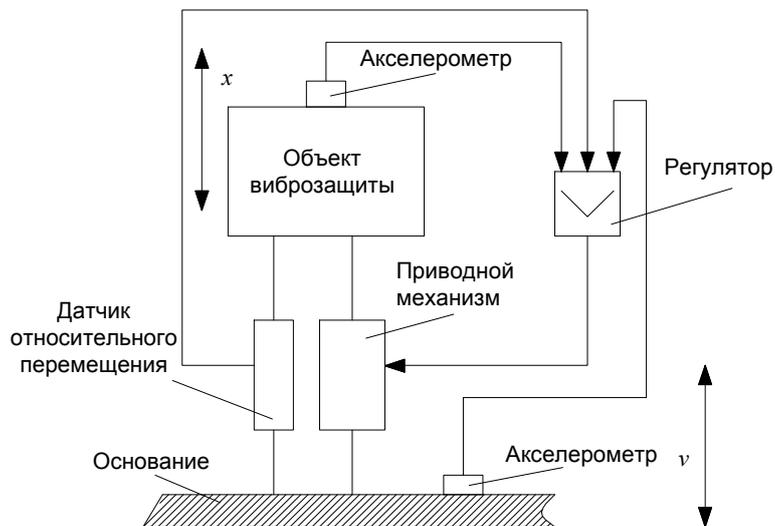


Рис.3. Обобщенная схема, иллюстрирующая принцип активной компенсации вибрационных полей

НейроСАГ могут быть реализованы и как в виде неадаптивной системы, предварительно обученной на конкретные условия протекания процесса гашения, так и использовать нейроадаптивные алгоритмы, что позволит такой многопараметрической и многоканальной системе подстраиваться под изменяющиеся условия среды функционирования. Несмотря на пятидесятилетнюю историю развития теории и практики нейронных сетей, реальная разработка систем на их основе значительно активизировалась только в последние годы за счет успехов полупроводниковых технологий и появления

принципиально новых физических принципов реализации элементов и узлов нейронных сетей (в частности на ПЛИС и заказных БИС).

Общие принципы построения нейронных сетей были заложены в начале второй половины 20 века в работах таких ученых, как: **Д. Хебб**, **М. Минский**, **Ф. Розенблат**. Первые нейросети состояли из одного слоя искусственных нейронов-персептронов. М. Минским были строго доказаны ряд теорем определяющих принципы функционирования нейронных сетей. Дальнейшее развитие теория нейронных сетей нашла в 70-80 годах в работах **Б. Уидроу**, **Андерсона**, **Т. Кохонена**, **С. Гроссберга** и др.

Теория нейросетей не внесла революционных новшеств в алгоритмы адаптации и оптимального управления. Самообучающиеся системы известны давно, теория адаптивных регуляторов также хорошо разработана, они широко применяются в технике. Теория нейросетей осваивает разработанные ранее методы и пытается их приспособить для создания все более эффективных нейронных систем. Особую важность использование нейроструктур приобретает с точки зрения производительности ЭВМ. Согласно **гипотезе Минского**: реальная производительность типовой параллельной вычислительной системы из n процессоров растет как $\log(n)$ (то есть производительность системы из 100 процессоров всего вдвое выше, чем производительность 10-процессорной системы - процессоры дольше ждут своей очереди, чем вычисляют). Однако, если использовать для решения задачи нейронную сеть, то параллелизм может быть использован практически полностью - и **производительность растет "почти пропорционально" n** .

Следовательно, основные преимущества нейрокомпьютеров связаны с массовым параллелизмом обработки, что обуславливает высокое быстродействие, низким требованиями к стабильности и точности параметров элементарных узлов, устойчивостью к помехам и разрушениям при большой пространственной размерности системы, причём устойчивые и надёжные нейросистемы могут создаваться из низконадёжных элементов, имеющих большой разброс параметров.

Решение математических задач в нейросетевой логическом базисе определяют теоретические положения нейроматематики. Этапы решения практически любой задачи в нейросетевом логическом базисе можно представить следующей последовательностью: формирование входного сигнала НС, формирование выходного сигнала НС, формирование желаемого выходного сигнала НС, формирование сигнала ошибки и функционала оптимизации, формирование структуры нейронной сети, адекватной выбранной задаче, разработка алгоритма настройки НС, эквивалентного процессу решения задачи в нейросетевом логическом базисе, проведение исследований процесса принятия решения задачи. ***Всё вышеизложенное делает построение САВ с использованием нейросетевого подхода и на основе нейросетевого логического базиса одним из самых перспективных направлений реализации многоканальных и многосвязанных широкополосных САВ.*** Однако, при этом, специального рассмотрения требуют дискретные алгоритмы настройки нейроАСАВ с учетом волновой обратной связи.

В последнее время при реализации нейросистем наибольшее распространение получили многослойные нейронные сети обратного распространения. Основной недостаток данных реализаций - это невозможность гарантировать наилучшее обучение за конкретный временной интервал. Кроме данного, на сегодня известно достаточно большое количество других вариантов построения нейронных сетей с использованием разнообразных нейросетевых алгоритмов, однако и они имеют как определенные преимущества, так и специфические недостатки. Всё это делает актуальным исследование конкретных теоретических и практических задач применения нейросетевых технологий для различных областей. Теория и практика нейронных сетей имеет в будущем значительные перспективы, при этом ***эффективное применение нейровычислителей характерно для случаев, требующих резкого сокращения времени обработки при решении пространственных задач повышенной размерности***, к которым относятся и задачи пространственного гашения волновых полей. Дальнейшее повышение эффективности САВ, обеспечение их высоких

качественных характеристик связано с разработкой и правильным использованием эффективных алгоритмов управления, основанных на принципах адаптации и нейросетевых технологиях.

1. Нейросетевые парадигмы при разработке САВ

На рисунке 2 представлены структурная схема простейшей колебательной системы с одной степенью свободы, а на рисунке 3 показана структурно-функциональная модель активной системы гашения колебаний. Помимо пружины и демпфера использована обратная связь, состоящая из акселерометра, электропривода и схемы обработки сигнала. В дальнейшем при качественном рассмотрении возможностей различных структурных вариантов систем виброзащиты мы будем проводить исследования виброзащитных систем с помощью пакета MatLab.

В последние годы проблематика нейрорегулирования активно развивается. Одной из причин этого является то, что традиционные методы управления в основном опираются на теорию линейных систем, в то время как реальные объекты являются по своей природе нелинейными. В действительности, часто представляется сложным сделать работу оборудования полностью автоматической. Управление должно осуществляться людьми-операторами. Даже если будет разработана сложная система управления, структура и принципы работы которой будут недоступны для понимания оператором оборудования, надежность и безопасность такой схемы окажутся низкими, так как в процессе работы возможны непредсказуемые явления. Это может привести к нежелательным потерям, а также к авариям и несчастным случаям. По этой причине широкое распространение получили пропорциональные интегрально-дифференциальные регуляторы (ПИД-контроллеры) из-за простоты их структуры и высокой надежности. В контроллерах этого типа оператор может управлять тремя параметрами, добиваясь улучшения показателей качества. Однако эти контроллеры имеют ряд недостатков. Например, при изменении рабочих точек требуется перенастройка контроллеров. На крупных предприятиях с непрерывным режимом работы при использовании таких контроллеров необходим тщательный контроль, что требует большой численности квалифицированного персонала. На многих объектах управления такая перенастройка контроллеров в принципе невозможна.

В свою очередь нейронные сети находят применение в самых различных областях человеческой деятельности - бизнесе, медицине, технике. Они используются при решении задач прогнозирования, классификации, управления. Такой впечатляющий успех определяется несколькими причинами:

- Нейронные сети - это исключительно мощный метод имитации процессов и явлений, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Нейронные сети по своей природе являются нелинейными, в то время как на протяжении многих лет для построения моделей использовался линейный подход. Кроме того, во многих случаях нейронные сети позволяют преодолеть "проблему размерности", обусловленную тем, что моделирование нелинейных явлений в случае большого числа переменных требует огромного количества вычислительных ресурсов.
- Другая особенность нейронных сетей связана с тем, что они используют механизм обучения. Пользователь нейронной сети подбирает представительные данные, а затем запускает алгоритм обучения, который автоматически настраивает параметры сети. При этом от пользователя, конечно, требуется какой-то набор эвристических знаний о том, как следует отбирать и подготавливать данные, выбирать нужную архитектуру сети и интерпретировать результаты, однако уровень знаний, необходимый для успешного применения нейронных сетей, гораздо скромнее, чем, например, при использовании традиционных методов.

На рис.4. представлена общая классификация систем управления САВ построенных на базе нейронных сетей.

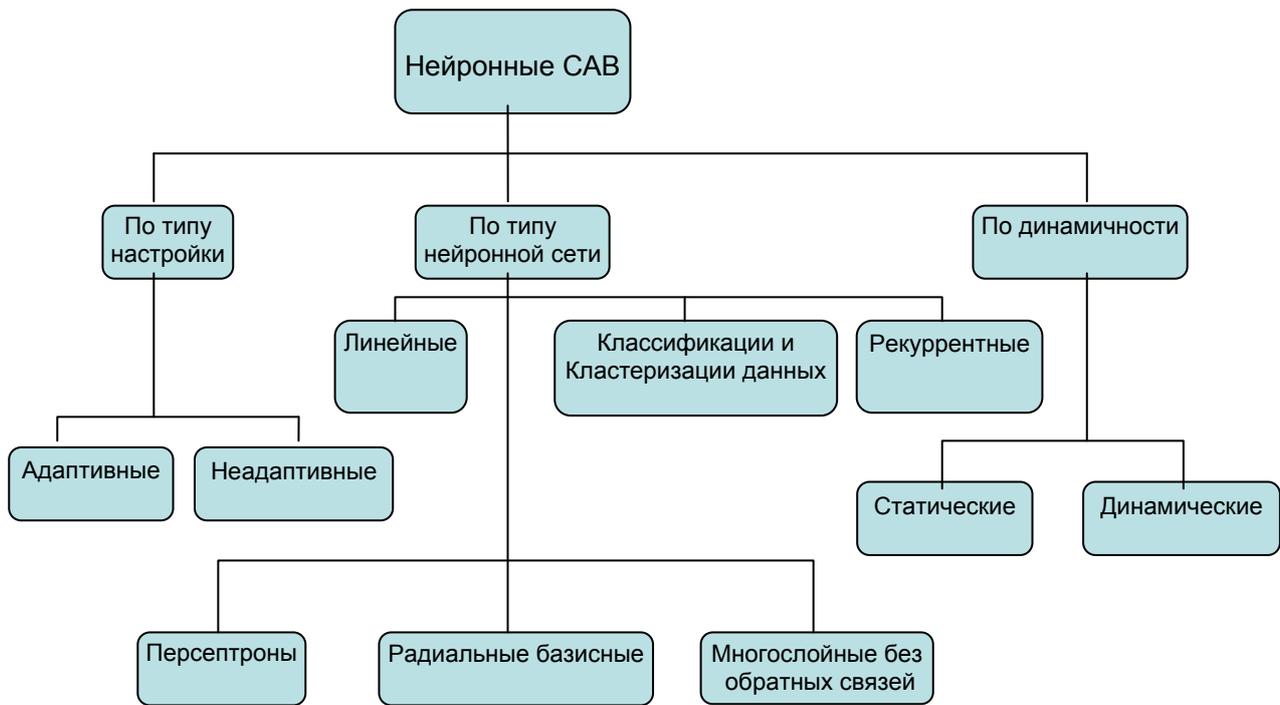


Рис.4. Классификация нейросетевых САВ.

Рассмотрим некоторые из моделей нейросетевых САВ, реализованные в MatLab.

Неадаптивная САВ на основе статической линейной нейронной сети заранее обучена на тот сигнал, с которым она будет работать в последствии. На рис.5. приведена математическая модель такой системы, а также входной сигнал и результат компенсации.

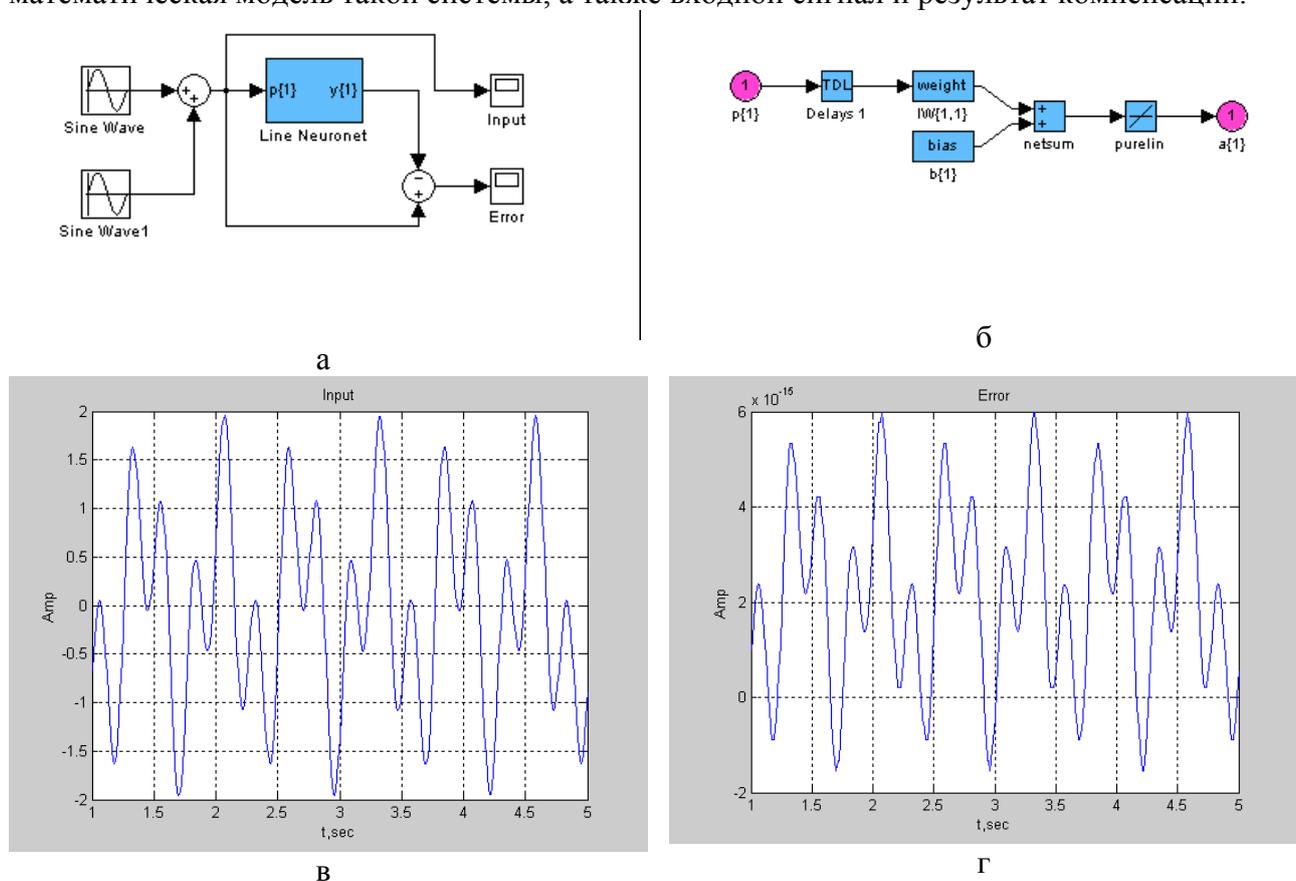


Рис.5. Неадаптивная система активного виброгашения на основе статической линейной нейронной сети. а) математическая модель системы; б) структура нейронной сети данной системы. в) входное воздействие г) результат компенсации.

Основной недостаток данной системы состоит в том, что модель не позволяет учитывать задержки сигнала которые возникают в контурах обработки информации и компенсации (считаем, что контуры съёма информации мало инертны и их значениями задержки на низких частотах можно пренебречь). Этот недостаток компенсируется с введением на вход линий задержек, таким образом, реализуя *динамическую систему*.

Адаптивная система активного виброгашения на основе динамической линейной нейронной сети устанавливает значения весовых коэффициентов непосредственно во время обработки сигнала, вычисляя квадрат ошибки между выходным и желаемым сигналами. Линии задержки позволяют определить предысторию сигнала и сформировать опережающий сигнал, т.е. система прогнозирует, то, что будет дальше, максимальное время прогноза определяется количеством линий задержек и их значениями. На рис.6 приведена математическая модель такой системы, а также входной сигнал и результат компенсации.

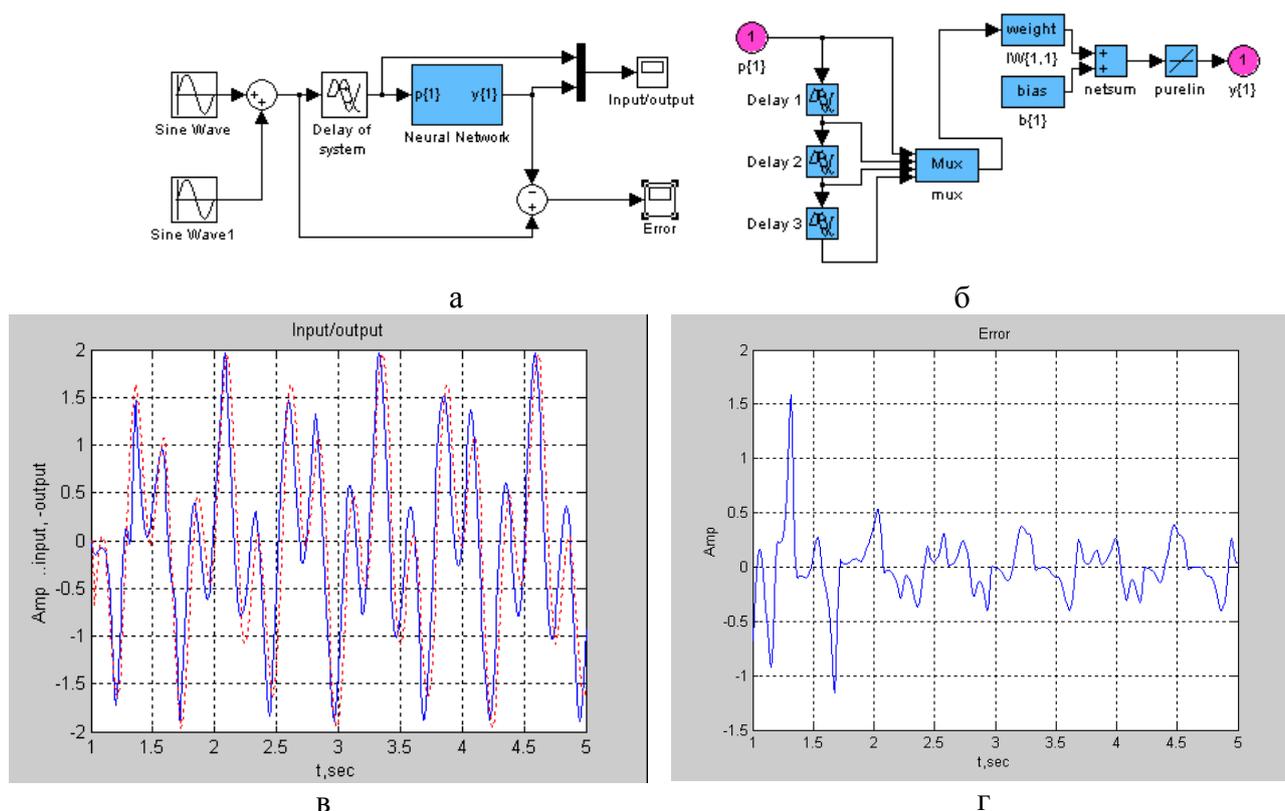


Рис.6. Адаптивная система активного виброгашения на основе динамической линейной нейронной сети. а) математическая модель системы; б) структура нейронной сети данной системы. в) входное воздействие г) результат компенсации

По сути системы, построенные на базе линейных нейронных сетей являются полными аналогами цифровых фильтров построенных на линиях задержки.

Основными достоинствами таких систем является быстрое обучение и адаптация, использование не сложного алгоритма настройки весовых коэффициентов и работа как с детерминированными, так и со случайными сигналами.

Недостаток состоит в том, что на основе этих сетей можно построить только линейные модели.

Модели на базе нейронной сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки.

На рис.7 приведена математическая модель системы с двумя слоями нейронов, первый из которых, состоит из 8-ми нейронов с гиперболической тангенциальной функцией активаций, а второй – из одного нейрона с линейной функцией активации, а также входной сигнал и результат компенсации.

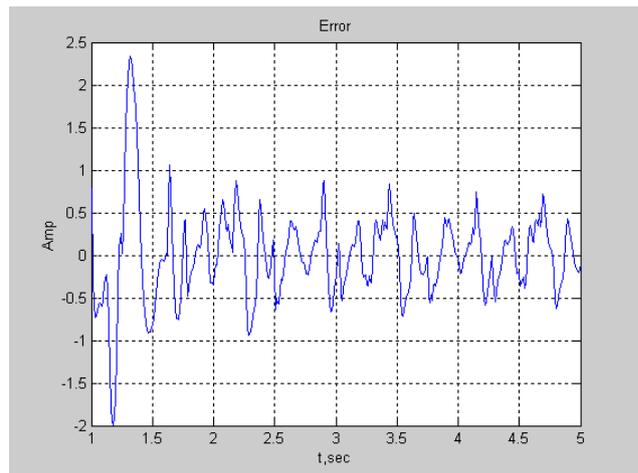
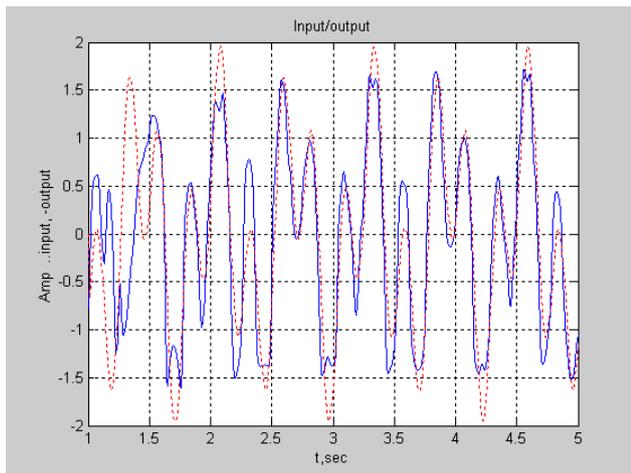
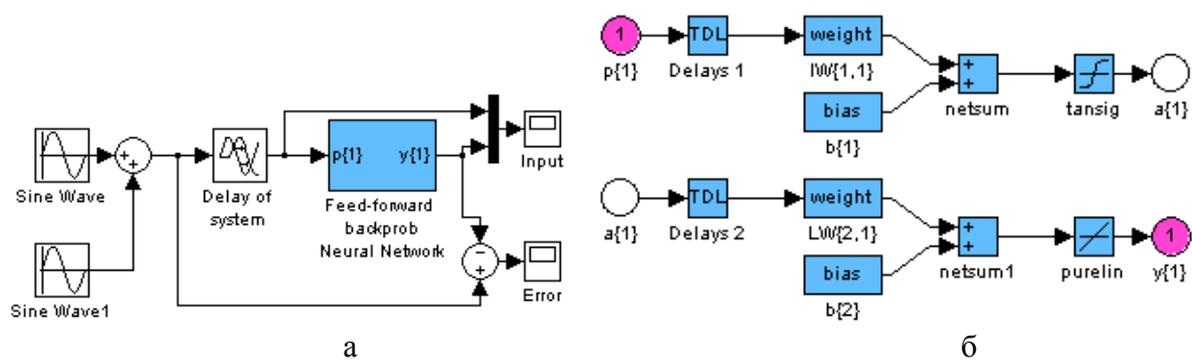


Рис.7. Адаптивная система активного виброгашения на основе нейронной сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки
а) математическая модель системы; б) структура нейронной сети данной системы.
в) входное воздействие г) результат компенсации

В книге А.И.Власов, Е.А.Володин, А.И.Галушкин, В.А.Шахнов Нейропроцессорные системы активной виброзащиты. Кн.23. /Под ред. А.И.Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2004., представленные в классификации модели САВ рассмотрены более подробно.

С определенного момента времени то оборудование, которое размещалось на одной электронной плате, стало возможным поместить на одном кристалле. Причем это становится выгодным, благодаря уменьшению общей стоимости, числа необходимых микросхем, энергопотребления, повышению надежности. Таким образом, на одном кристалле размещается не только конкретное функциональное устройство, например, центральный микропроцессор, но и другие, такие как АЦП, ОЗУ, ПЗУ, блоки цифровой обработки сигналов, интерфейсные узлы и т.п., дополняющие его до законченной системы блоков. Такие вычислительные устройства получили название - **System On the Chip (SOC)** - система на кристалле (СНК).

Проект СНК может быть реализован как в виде заказной БИС, так и на ПЛИС, причем решение на ПЛИС может быть выгодным при уже при средних партиях в десятки экземпляров. Первым направлением улучшения технологии разработки СНК, направленным на уменьшение зазора между ростом производительности проектирования на уровне регистровых передач и ростом сложности СНК, является применение крупных библиотечных вычислительных модулей (**Intellectual Property Cores – IP модулей**). Эти модули должны быть надежно повторяемыми и настраиваемыми под решаемые задачи в ряде проектов СНК. Повторное применение таких модулей (IP Core reuse), которые можно назвать вычислительными заготовками за их функциональную и технологическую адаптируемость, позволяет уменьшить трудозатраты и сроки проектирования СНК.

Представленные в работе модели вариантов реализации САВ, как раз и являются, IP модулями первого уровня проектирования. В дальнейшем на их основе реализуются, как модели на языках высокого уровня, так и конкретные прошивки для ПЛИС. В данной работе авторами проиллюстрированы возможности создания библиотеки IP модулей моделей нейроСАВ, реализованные в пакете Matlab.

Литература

1. А.Н.Бухалто, В.И.Булаев, Е.В.Бурый, А.А.Буянов, А.И.Власов и др. Нейрокомпьютеры в системах обработки изображений. Кн 7. / под общей редакцией Ю.В.Гуляева и А.И.Галушкина. - М.: Радиотехника, 2003. - 192 с.: ил. (серия: Нейрокомпьютеры и их применение).
2. К.И.Билибин, А.И.Власов, Л.В.Журавлева и др. Конструкторско-технологическое проектирование электронных средств. /под общ. редакцией В.А.Шахнова. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2002. 500 с. (серия: Информатика в техническом университете).
3. В.А.Шахнов, А.И.Власов, А.С. Кузнецов, Ю.А.Поляков Нейрокомпьютеры: архитектура и схемотехника. - М.Изд-во Машиностроение. 2000. 64 с.
4. А.И.Власов, Е.А.Володин, С.Г.Семенцов, В.А.Шахнов Электронные системы активного управления волновыми полями: история и тенденции развития // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники, 2002, №4, С.3-23.
5. А.И. Власов Нейросетевая реализация микропроцессорных систем активной акусто- и виброзащиты// Нейрокомпьютеры:разработка и применение, №1, 2000. С.40-44.

СВЯЗЫВАНИЕ ПАТТЕРНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ПРОГРАММНЫМ КОДОМ

С.Г. Семенцов, П.А. Выпов*

Кафедра Иу4, МГТУ им.Н.Э.Баумана, ВНИЭМ.

LINKAGE OF PATTERNS OF DESIGNING WITH THE PROGRAM CODE

S.G.Sementsov, P.A.Vypov*

Dep.IU4, BMSTU. *VNIEM.

Аннотация:

В работе рассматриваются методы проектирования программных систем на основе реализации моделей функциональности.

Abstract:

In work methods of designing of program systems are considered on the basis of realization of models of functionality.

Современные программные системы обладают весьма высоким уровнем сложности. Один разработчик практически не в состоянии охватить все детали системы. Сложную программную систему можно рассматривать как комбинацию модулей, каждый из которых включает в себя, помимо бизнес-логики и часть сквозной функциональности системы. Чем сложнее становится программная система, тем более вероятно, что её реализация отличается от требований программно-технической документации [1]. Внесение изменений в программное обеспечение представляется нетривиальной задачей, если в нём скажем более 50000 строк кода. Существует такой феномен как бездумное улучшение, если программист берётся изменять код, до конца не понимая его структуры. Такие изменения приводят к несоответствиям между кодом и архитектурой программной системы в целом. Чтобы изменения были по-настоящему адекватными, программист должен четко представлять всю структуру системы сверху вниз.

Согласно некоторым исследованиям [2] исходный код большого программного проекта представляет собой результат взаимопересекающихся и взаимоисключающих целей и требований. Программисты изменяют код в соответствии с функциональными целями проекта. Многие из системных требований могут являться компромиссом по отношению друг к другу и по отношению к требованиям конкретного модуля. Недостаточно знать как осуществить те или иные структурные изменения, например, добавить новый класс или изменить метод. Структурная информация об иерархии классов или очередности вызовов функций показывает программные зависимости, но не даёт представления о архитектуре самого проекта. Можно конечно воспользоваться документацией, но как показано в работе [3] разработчики, прочитав документацию, такое объяснение находят далеко не всегда и склонны к поспешным выводам.

Таким образом, существует необходимость создания некоего средства, с помощью которого можно было получить информацию о любом участке кода (ну или хотя бы о большинстве участков). Более полную информацию, чем указание внутри какого класса он описан и какие методы внутри него определены, т.е. нечто большее чем, например, инструмент *doxygen(1)* [4].

В данной работе предложена методика использования структуры паттернов для проведения анализа исходных текстов ПО, в частности инструмента **pattern_trace.pl**, позволяющего встроить информацию о системной архитектуре ПО внутрь исходного кода и отличающегося следующими свойствами:

- совмещение в себе статического анализа и динамической визуализации. Такая схема улучшает согласование ПО с техническими условиями [5].
- к статическому анализу конкретных правил (например, стилей программирования и проверки типов данных), осуществляемых такими инструментами как *splint(1)* [6] добавлен анализ абстрактных правил, выраженных в виде паттернов.

Термин «паттерн» был впервые использован Кристофером Александером в его книгах “*The Timeless Way of Building*” и “*A Pattern Language*” [7]. Сам Александер формального определения паттерну не дает, для него это некий конструкт, описывающий набор взаимодействий и отношений объектов в реальном мире. В книге “*The Timeless Way of Building*” он описывает самые общие и универсальные паттерны пространства, событий, человеческого существования, разного уровня детализации и вложенности: «...описывает проблему, которая возникает вновь и вновь ... и затем описывает основу решения этой проблемы таким образом, что вы можете использовать это решение миллион раз, не выполняя одни и те же действия дважды.» [8]

Для простоты можно использовать следующее определение: «способ решения проблемы, учитывая окружающую обстановку» и раскрыть его с помощью следующих определений:

- **Контекст** — ряд ситуаций, в которых паттерн может быть применим;
- **Проблема** — ряд противостоящих друг другу сил, поставленных задач и ограничений, присутствующих в данном контексте;
- **Решение** — каноническая форма или правило, которое можно применить для приведения этих сил в равновесие. [9]

Встречающееся у Александера понятие силы обобщает критерии, описывающие противоречивые цели, которых нужно достигнуть при том или ином решении и идею о том, что паттерн должен собой представлять равновесие сил. Например, для алгоритмов это равновесие означает их эффективность. Чаще всего невозможно аналитически доказать, что то или иное решение оптимально приводит все силы в равновесие. Многие решения включают в себя неверные или обманчивые объяснения для паттерна, например, основываясь лишь на их работоспособности, без анализа причин эффективности или неэффективности.

Паттерны проектирования в программировании представляют собой некую структуру с объяснением как и когда её целесообразно использовать. Необходимо четко различать определения «паттерн» и «паттерн проектирования». Паттерны проектирования (*design patterns*), касаются только программных структур в объектно-ориентированном проектировании, статического и динамического отношения между ними.

Программная структура (несколько взаимодействующих объектов) представляет собой модель паттерна и служит описанием его типичной реализации. Объяснение указывает при каких условиях эту структуру следует использовать и рассматривает возможные в ней изменения и альтернативы использования. И структура и объяснение одинаково важны: без структуры объяснение пусто, без объяснения структура остается нераскрытой.

Оказываясь в одинаковых условиях программисты пишут похожий код и реализуют примерно одинаковые программные структуры, похожие на те, которые описывает паттерн. Он же описывает и предлагает решение, проверенное большим числом людей и в предположении, что оно оптимально. Но паттерн не является примером реализации. Он только описывает «что», «когда» и «как» нужно делать, чтобы внутри программной системы реализовать что-либо. Паттерны зачастую содержат в себе пример того, как делать не надо.

Структура паттернов обладает следующими преимуществами:

- знание, облеченное в форму паттерна предлагает запоминать скорее недостатки архитектурных решений, чем их достоинства. И, одновременно, позволяет учиться на чужих успехах, а не на собственных ошибках.
- хороший паттерн является краткой, четкой и сжатой структурой. Это мешает абстрагировать решение раньше времени. Бесконечное абстрагирование в программном обеспечении возможно, но не дает подобрать оптимальное решение в конкретном случае. Другими словами: он позволяет между двумя красивыми идеями выбрать правильную. К двум «хорошим» паттернам не подойдут слова: «лучше» или «хуже». Они просто вовремя подойдут в той ситуации, которая приведена в объяснении.

- применение простых паттернов, таких как Facade, Singleton, Converter и т.п. не дают существенного выигрыша по отдельности, но их применение в совокупности весьма эффективно.

Каким образом паттерн формируется можно показать, указав несколько характерных особенностей его развития:

- **Особый язык**, например, как написать код на каком-нибудь языке, реализующий какую-нибудь простую функцию;

- **Определенный способ** решения конкретной проблемы. Может быть изощренным и хитроумным, а может и не быть, но без какой-либо попытки обобщения;

- **Стандартный способ** решения похожих проблем, например, путем многократного повторного использования (Ctrl-C/Ctrl-V).

Паттерн указывает, как правило, несколько способов решения похожих проблем, получаемых после накопления опыта их решения. Также описывает последовательность действий для достижения нужного результата с указанием возможных «узких мест» и путей их решения. [9]

Формально паттерны описываются разными способами. Например у Александра в виде последовательности из 5 пунктов:

- **Имя.** Легко запоминающееся информативное название, скорее указывающее на решение проблемы, чем на саму проблему или контекст;

- **Пример.** Одна или несколько картинок или диаграм. Либо описание с примерами использования;

- **Контекст.** Четкое определение ситуаций/проблем для которых этот паттерн является решением. Приводится краткое пояснение почему этот паттерн существует и причин его распространённости;

- **Проблемы.** Ограничения, возникающие вследствие использования данного паттерна, ограничения его применимости и прочее. Делается акцент на тех ситуациях и обстоятельствах, о которых читатель скорее всего никогда не подумает. Решение проблемы во многих случаях само является проблемой и новым контекстом;

- **Решение.** Статические связи и правила в динамике, рассказывающие как сконструировать артефакт в соответствии с паттерном. Приводится список из нескольких вариантов и путей, позволяющих адаптировать паттерн к внешним условиям. Решения содержат перекрестные ссылки на паттерны более высокого или более низкого уровня (родственные паттерны);

Самыми распространенными способами описания паттернов являются: *GoF Template* (шаблон GoF, от Gang-Of-Four) и перечни Дара Ли (*Doug Lea's checklists*).

В качестве примера можно привести структуру описания паттерна: *Singleton* (одиночка).

- **Назначение**

Гарантирует, что у класса есть только один экземпляр, и предоставляет к нему глобальную точку доступа.

- **Мотивация**

Для некоторых классов важно, чтобы существовал только один экземпляр. Хотя в системе может быть много принтеров, но возможен лишь один спулер. Должны быть только одна файловая система и единственный оконный менеджер. В цифровом фильтре может находиться только один аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Как гарантировать, что у класса есть единственный экземпляр и что этот экземпляр легко доступен? Глобальная переменная дает доступ к объекту, но не запрещает инстанцировать класс в нескольких экземплярах.

- **Применимость**

Должен быть ровно один экземпляр некоторого класса, легко доступный всем клиентам; единственный экземпляр должен расширяться путем порождения подклассов, и

клиентам нужно иметь возможность работать с расширенным экземпляром без модификации своего кода.

- **Структура**

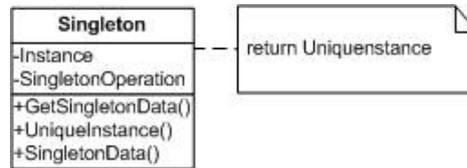


Рис. 1. Диаграмма паттерна Singleton.

- **Термины**

Singleton — одиночка: определяет операцию *Instance*, которая позволяет клиентам получать доступ к единственному экземпляру. *Instance* — это операция класса, статическая функция-член в C++; может нести ответственность за создание собственного уникального экземпляра.

- **Отношения**

Клиенты получают доступ к экземпляру класса *Singleton* только через его операцию *Instance*.

- **Результаты**

У паттерна *Singleton* есть определённые достоинства:

- контролируемый доступ к единственному экземпляру. Поскольку класс *Singleton* инкапсулирует свой единственный экземпляр, он полностью контролирует доступ к нему клиентов;

- уменьшение числа имен. Паттерн одиночка — шаг вперед по сравнению с глобальными переменными. Он позволяет избежать засорения кода глобальными переменными, в которых хранятся уникальные экземпляры;

- допускает уточнение операций и представления. От класса *Singleton* можно порождать подклассы, а приложение легко сконфигурировать экземпляром расширенного класса. Можно конкретизировать приложение экземпляром того класса, который необходим во время выполнения;

- допускает переменное число экземпляров. Паттерн позволяет легко изменить свое решение и разрешить появление более одного экземпляра класса *Singleton*. Возможно применение одного и того же подхода для управления любым числом экземпляров, используемых в приложении. Изменить необходимо лишь операцию, дающую доступ к экземпляру класса *Singleton*;

- **Родственные паттерны**

С помощью паттерна одиночка могут быть реализованы многие паттерны. См. *Factory*, *Builder* и *Prototype*. [8]

Инструмент **pattern_trace.pl** реализует две базовые функции: во-первых, это навигация по исходному коду программных модулей и предоставление информации, которая содержится в объяснении паттерна на естественном языке; во-вторых, демонстрация связи между описанием паттерна и его реализацией на уровне кода, с помощью подстановки имен классов и методов из набора исходных текстов в графы (рис. 2).

Инструмент использует три входных потока:

- **Исходные тексты** на языках C, C++. В комментариях исходных текстов используется специальная схема форматирования: перед определением класса, метода или переменной записывается следующая конструкция: `/*@pattern_name:pattern_term:...@*/`. Здесь: *pattern_name* — название паттерна и *pattern_term* — имя сущности, которые определены в файле `pattern_dictionary.xml`. Например: `/*@visitor:accept@*/` Эти конструкции помещаются

перед определением классов и методов внутри исходного кода. Схема форматирования напоминает, используемую статическим сканером *splint(1)*, но не конфликтует с ним.

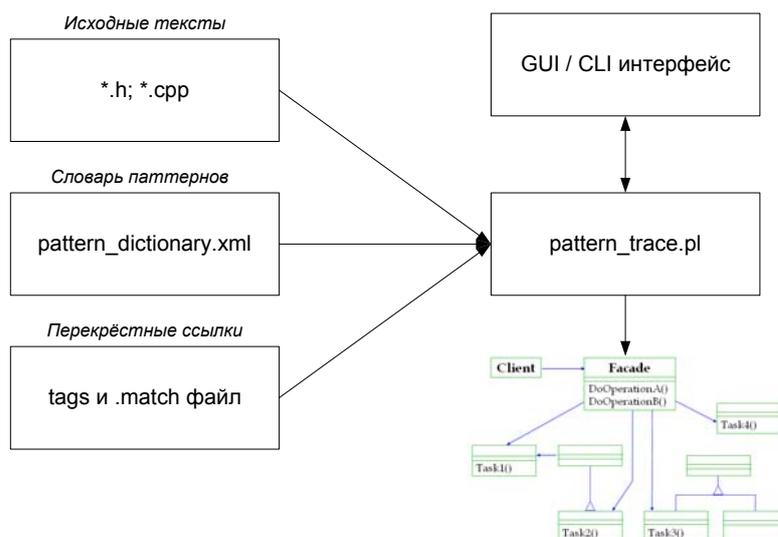


Рис. 2. Схема взаимодействия модулей инструмента `pattern_trace.pl`.

Вместо комментариев может быть использован **.match** файл в котором записываются соответствия между именем класса и термином из словаря `pattern_dictionary.xml` в формате:

```
<функция>                <pattern_name>:<pattern_term>:...
<класс>                  <pattern_name>
<класс>:<подкласс>:<метод> <pattern_name>:<pattern_term>:...
```

...

• **pattern_dictionary.xml**. Словарь с понятиями, специфичными для каждого паттерна в формате XML. Представляется информация двух видов:

1) структурная информация (отношение классов внутри паттерна, вложенность и т.п.), очередность действия («сначала А, затем В»), неструктурные зависимости («в результате А → В») и т.п. Впоследствии связывается с именами классов и методов внутри исходных текстов на языке С или С++

2) пояснительный текст на естественном языке, объясняющий паттерн: доступен пользователю, когда он указывает на ту или иную строчку кода. Источником является английская версия книги Э. Гамма и др. «Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования». Например, для паттерна *visitor* (посетитель) словарь определяет такие понятия: *double dispatch*, *visitor*, *operation*, *accept* и *concrete element* (рис. 3):

• **Модель исходных текстов** на языке программирования С или С++, полученная с помощью утилиты *ctags(1)* [10], создающая файл **tags** со следующей информацией:

- функция <имя> <файл> <строка>;
- метод <имя> <класс> <файл> <строка>;
- <подкласс> наследует <класс>;

... Используется для навигации по исходным текстам, совместно с **.match** файлом.

Таким образом, можно отметить что инструмент **pattern_trace.pl** является мощным средством структурирования и функционального анализа сложных программных систем.

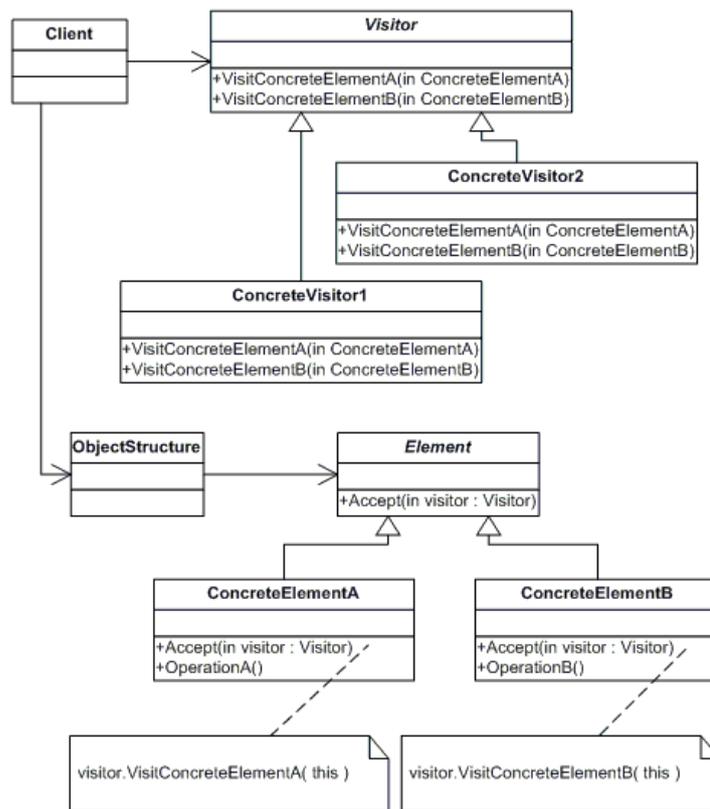


Рис. 3. Структура паттерна “Visitor”.

Например, он может быть использован при проведении верификации сложных аппаратно-программных комплексов для критических систем. Применение инструмента **pattern_trace.pl** позволяет:

- четко определить какие части исходного кода соответствуют тому или иному паттерну и объяснить его смысл;
- указать какие части исходного текста не привязаны ни к одному из паттернов и какие можно было бы привязать к уже описанным (используется простая эвристика совпадения имён классов, методов с терминами, определёнными в файле **patterns_dictionary.xml**).

Подобный анализ позволяет сократить затраты времени на проведение аудита исходных текстов сложных программных систем и значительно повысить эффективность анализа.

• Литература

1. В. Павлов, «Аспектно-ориентированное программирование», М, Мир, 2002.
2. David Lorge Parnas, “Software aging”, 1994.
3. Lutz Prechelt, Barbara Unger and Michael Philipsen. “Documenting Design Patterns in code eases program maintance.”, 1997.
4. <http://www.doxygen.org>.
5. Aamod Sane, “Monitoring Compliance of a Software System with its High-Level Models”, 1996.
6. <http://www.splint.org>.
7. Doug Lea, “Christopher Alexander: An Introduction for Object-Oriented Designers”, 1993.
8. Гамма Э. и др. «Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования», М, Диасофт, 2001.
9. Doug Lea, “Patterns-Discussion FAQ”, 2000.
10. <http://ctags.sourceforge.net>.
11. <http://www.hillside.net>.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНТЕРАКТИВНОГО ON-LINE ТЕСТИРОВАНИЯ

Денисов А. А.

Научный руководитель: Мигунов В. О.

Россия, Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4.

SYSTEM ENGINEERING INTERACTIVE ON-LINE TESTINGS

Denis A.A.

The supervisor of studies: Migunov V.O.

Russia, Moscow, MSTU n.a.N.E.Baumana, Dep. IU4.

Аннотация:

В работе рассматриваются вопросы проектирования удаленных систем адаптивного тестирования на примере создания системы: control.iu4.bmstu.ru.

Abstract:

In work questions of designing of the removed systems of adaptive testing are considered by the example of creation of system: control.iu4.bmstu.ru.

Целью данной работы является анализ и классификация современных систем компьютерного тестирования, анализ основных требований к информационно-вычислительной системе тестирования, разработка системы интерактивного on-line тестирования, удовлетворяющей заданным требованиям, внедрение системы в МГТУ им. Баумана, дальнейшее усовершенствование системы.

Результаты представленной работы обладают научной новизной: при разработке системы интерактивного on-line тестирования Control использовались новейшие информационные технологии, что позволило реализовать поставленные задачи; система интерактивного on-line тестирования Control внедрена в МГТУ им. Баумана на кафедре ИУ4 (проектирование и технологии производства ЭА) – (<http://control.iu4.bmstu.ru>); внедрение системы интерактивного on-line тестирования Control позволило упростить ряд контрольных и зачётных мероприятий, ранее проводившихся в «бумажной» или устной форме.

В основе любой педагогической деятельности человека лежит система оценки знаний. Это различные оценки, которые преподаватели ставят ученикам, экзаменаторы студентам, государственные комиссии – аспирантам и дипломникам. Результаты этих оценок могут быть самыми различными – от морального эффекта (за победу в олимпиаде или др.), до решения судьбы человека (результаты вступительных испытаний, экзаменов). Но совершенно очевидно, что эти оценки носят чисто условный и приблизительный характер.

На сегодняшний день в России сложилась пятибалльная система оценки знаний учащихся. Несмотря на это, порой достаточно трудно определить, какую оценку ставить за ту или иную работу, ответ и т.д.

Теоретически полезное увеличение чувствительности шкалы вряд ли было бы оправданным при существующем порядке проведения текущего контроля успеваемости и экзаменов, так как на практике привело бы лишь к увеличению влияния субъективизма и его последствий [1]. Проведение контрольных мероприятий в письменной форме требует существенных временных и других затрат, но несколько не меняет сути дела.

Принципиально можно изменить ситуацию лишь в том случае, если подходить к оцениванию знаний как к процессу объективного измерения, а результаты таких измерений обрабатывать стандартными математическими методами и сопровождать стандартными характеристиками точности. Разумеется, это вызывает массу вопросов: что, чем и как измерять, какими шкалами пользоваться для отражения результатов, как оценивать точность и т.п. Ответами на эти и другие подобные вопросы, собственно, и занимается специальная

дисциплина под названием тестология. В основе этой дисциплины лежит понятие «педагогический тест», то есть некоторое множество специально составленных заданий специфической формы, позволяющее по ответам испытуемых объективно измерить на определенной шкале их уровень подготовленности по конкретным разделам определенной области знания.

Таким образом, педагогический тест, в отличие, например, от обычной контрольной работы, можно рассматривать как своеобразный измерительный инструмент определенной разрешающей способности и точности. Нельзя только забывать, конечно, что объект измерения здесь чрезвычайно специфичен, и потому результаты существенно зависят от возможностей разумно формализовать этот объект.

На сегодняшний день в теории педагогического тестирования остаётся большое количество нерешённых задач, открытых проблем. В области практической реализации проблем и вопросов ещё больше (особенно в России). Несмотря на это, теория педагогического тестирования показала себя с наилучшей стороны. Использование тестирования в реальной педагогической деятельности позволяет заметно повысить детальность и точность оценивания результатов этой деятельности, и поэтому привлекает всё большее количество сторонников.

Мировой опыт использования тестов как метода контроля знаний показал необходимость и перспективность централизованного тестирования [2, 10]:

- оно обеспечивает объективную оценку учебных достижений учащихся, студентов, повышающих свою квалификацию специалистов, позволяет сопоставить уровень их подготовки с данными по учебному заведению, региону или стране и с требованиями образовательных стандартов;
- по результатам тестов можно судить о качестве преподавания – отметить сильные стороны и указать слабые места, требующие дальнейшего совершенствования методов работы учителей и преподавателей;
- итоги централизованного тестирования – это информационная основа процесса принятия решений на любом уровне управления образованием.

В ведущих странах мира централизованное тестирование пользуется заслуженным доверием и имеет широкую область применения [11, 12]:

- международные сравнительные исследования;
- мониторинг качества образования в масштабах страны;
- лицензирование и государственная аккредитация учебных заведений;
- аттестация учащихся и студентов, учителей и преподавателей;
- проверка профессиональной пригодности специалистов и т.д.

По мере развития компьютерных и телекоммуникационных технологий централизованное тестирование становится компьютерным, что позволяет [13]:

- применять новые адаптивные алгоритмы тестового контроля;
- использовать в тестах мультимедийные возможности компьютеров;
- уменьшить объём бумажной работы и ускорить подсчёт результатов;
- упростить администрирование и проводить тестирование круглый год;
- обеспечить комфортные условия работы для каждого тестируемого;
- повысить секретность и оперативность передаваемой информации;
- снизить затраты на организацию и проведение тестирования.

В нашей стране в области централизованного тестирования, тем более компьютерного, делаются лишь первые шаги [2].

Наряду с важностью внедрения тестирования как научного метода оценки учебных достижений коллегия Министерства образования отметила существенное отставание России от западных стран по масштабам работы в сфере производства и применения тестов, по степени теоретической, методической, технической и программной оснащённости процесса

тестирования, подтвердив тем самым актуальность данного научно-практического исследования в области перспективного для России компьютерного тестирования.

Литература

1. Ю.М. Нейман, В.А. Хлебников. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов. М.: Прометей, 2000
2. В.И. Нардюжев, И.В. Нардюжев. Модели и алгоритмы информационно-вычислительной системы компьютерного тестирования. М.: Прометей, 2000
3. Rasch G. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Test, 1960, Copenhagen, Denmark: Danish Institute for Educational Research
4. Чельшкова М.Б. Разработка педагогических тестов на основе современных математических моделей, 1995, М., с.31
5. Handbook of Modern Item Response Theory. Editors Win J.van der Linden, R.K.Hambleton, 1997, Springer-Verlag, New York, p.510
6. Семов А.М., Симова М.А., Хлебников В.А. Единый итерационный процесс совместной количественной оценки трудности заданий и уровней подготовленности участников тестирования. Труды Центра тестирования, 1999, вып.2, с.55-66
7. Хлебников В.А., Михалева Т.Г. Централизованное тестирование в России. Труды Центра тестирования, 1999, вып.2, с.5-15
8. Елисеев И.И., Елисеев И.Н., Ефремова Н.Ф., Клово А.Г. Оценка параметров заданий тестов централизованного тестирования по математике, Тезисы докладов Всероссийской конференции «Развитие системы тестирования в России» 25-26 ноября 1999 г., ч.2, М., 1999, с. 113-115
9. Кузовлева К.Т., Яхонтов С.В., Сиськов В.В. Программа для обработки тестовых результатов в рамках классической теории тестов и Item Response Theory (IRT), Тезисы докладов Всероссийской конференции «Развитие системы тестирования в России» 25-26 ноября 1999 г., ч.3, М., 1999, с. 66-67
10. Материалы коллегии Минобразования России от 23.02.99 «О работе Центра тестирования выпускников общеобразовательных учреждений Российской Федерации Московского педагогического государственного университета».
11. Майоров А.Н. Тесты школьных достижений: конструирование, проведение, использование. – СПб.: Образование и культура, 1996. – 304 с.
12. Castle R.A. The Relative Efficiency of Two-Stage Testing Versus Traditional Multiple Choice Testing Using Item Response Theory in Licensure. – Lincoln, NE: University of Nebraska, 1997. – 15p.
13. Bennet R.E. Reinventing Assessment: Speculations on the Future of Large-Scale Educational Testing. – Princeton, NJ: Educational Testing Service, 1997. – 13p

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ АКТИВНОГО
ГАШЕНИЯ ШУМА В ОДНОМЕРНОМ
1. АКУСТИЧЕСКИ КОРОТКОМ ВОЛНОВОДЕ**

Саффиулин Р.Р.

научный руководитель: к.т.н. Власов А.И.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,
кафедра “Проектирование и технология производства ЭА”

**EXPERIMENTAL RESEARCHES OF SYSTEMS OF ACTIVE NOISE
CONTROL IN ONE-DIMENSIONAL
ACOUSTICALLY SHORT WAVE GUIDE**

Saffiulin R.R.

the scientific chief: Ph.D. Vlasov A.I.

Bauman Moscow State Technical University,
Department of Design and Equipment of Electronic System.

Аннотация. В данной работе рассматриваются вопросы исследования и оценки качественных параметров активных систем гашения шума в одномерных «акустически коротких» волноводах. Для проведения исследований разработана физическая модель «акустически короткого» волновода и комплекс ПАО экспериментального стенда.

Abstract In the given work questions of research and an estimation of qualitative parameters of active control systems of noise in one-dimensional "acoustically short" wave guides are considered. For carrying out of researches the physical model of "acoustically short" wave guide and software-hardware complex of the experimental stand is developed.

Защита от шума в последнее десятилетие является одной из актуальнейших проблем для всех стран мира. Внедрение в промышленность новых технологических процессов, рост мощности и быстроходности технологического оборудования, почти полная механизация производственных процессов, использование мощных средств наземного, воздушного и водного транспорта, применение многочисленного бытового, санитарно-технического и инженерного оборудования привело к тому, что человек на производстве и в быту постоянно подвергается воздействию шума высоких уровней.

Широкое распространение и постоянное наращивание вычислительного потенциала электронной аппаратуры способствует тому, что уровень шума в жилых и административных помещениях постоянно увеличивается. Это приводит к тому, что уменьшается производительность и рассеивается внимание рабочего персонала, могут развиваться различные заболевания, вызванные расстройством вегетативной нервной системы. В последние несколько лет в связи с заметным ростом быстродействия наиболее высоким уровнем шума стали отличаться персональные компьютеры и сервера. К примеру, последние процессоры семейства Pentium 4 фирмы Intel рассеивают не менее 70 Вт тепла и как следствие предъявляют повышенные требования к эффективности системы охлаждения, что очень пагубно сказывается на их шумности.

Рассмотрим методику построения системы активного гашения шума вентилятора воздушной системы охлаждения высокопроизводительного сервера. Прежде всего, обратим внимание на спектрограмму шума вентилятора (рис. 1).

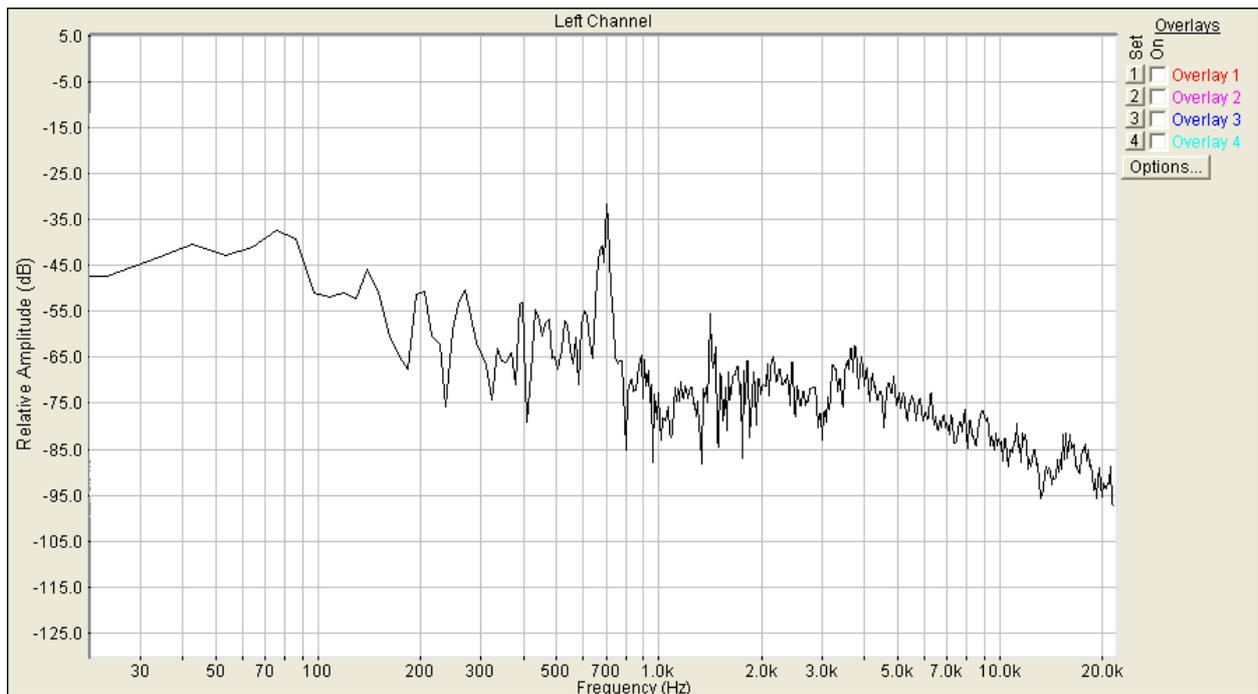


Рис.1. Спектр шума вентилятора Thermalteake Volcano II.

Для измерений использовался вентилятор фирмы Thermalteake со следующими параметрами: габариты 60x60x25 мм, напряжение питания 12 В., частота вращения 4500 об/мин, давление воздушного потока 5.3 мм. водяного столба.

При анализе полученного спектра становится ясно, что наибольший шум от вентилятора находится в низкочастотной области спектра (до 1 кГц) и также хорошо заметен пик на частоте около 700 Гц. Следовательно можно сделать вывод, что шум от вентилятора состоит из нескольких составляющих: постоянной (шум механических частей при вращении, шум крыльчатки вентилятора) и переменной (шум от трения материала крыльчатки об воздух и т.д.). Также уровень шума не постоянен во времени и зависит от условий работы вентилятора. Так, наличие механического препятствия перед крыльчаткой вентилятора приводит к увеличению скорости вращения и, как следствие, к увеличению шума.

Поставим себе задачу уменьшить шум от вращающегося вентилятора на 20 дБ в области наибольшей интенсивности (до 1 кГц). Очевидно, что существует несколько подходов к решению этой задачи (без замены самого вентилятора или изменений в его конструкции). Прежде всего, мы можем замедлить вращение вентилятора, но это вызовет падение его эффективности и приведёт к росту температуры охлаждаемого объекта. Следовательно, данный способ неприменим. Также мы можем применить хорошую звукоизоляцию воздушного канала, но это вызовет увеличение массы и стоимости конструкции. Кроме того, для достижения требуемого уровня заглушения необходимо применять воздуховод сложной внутренней формы, что опять приводит к снижению производительности вентилятора и усложнению конструкции.

Наиболее подходящим методом для решения поставленной задачи является использование системы активного гашения шума с помощью источника компенсирующего излучения. Данный метод обладает несколькими преимуществами по сравнению с остальными. Так, он позволяет использовать прямой воздуховод, что положительным образом сказывается на производительности вентилятора. Основными функциональными элементами системы являются измерительные приборы (микрофоны), источник компенсирующего излучения (динамическая головка) и блок управления. Тем самым достигается снижение массы конструкции, уменьшение её габаритов и, зачастую, стоимости.

Существует два основных направления при построении систем активного гашения. Блок управления может функционировать по адаптивному алгоритму, и тогда структура

схемы будет отражаться рисунком 2. Иначе блок управления может основываться на неадаптивном алгоритме и, следовательно, отпадает необходимость во втором микрофоне, измеряющем уровень ошибки (рис.3).

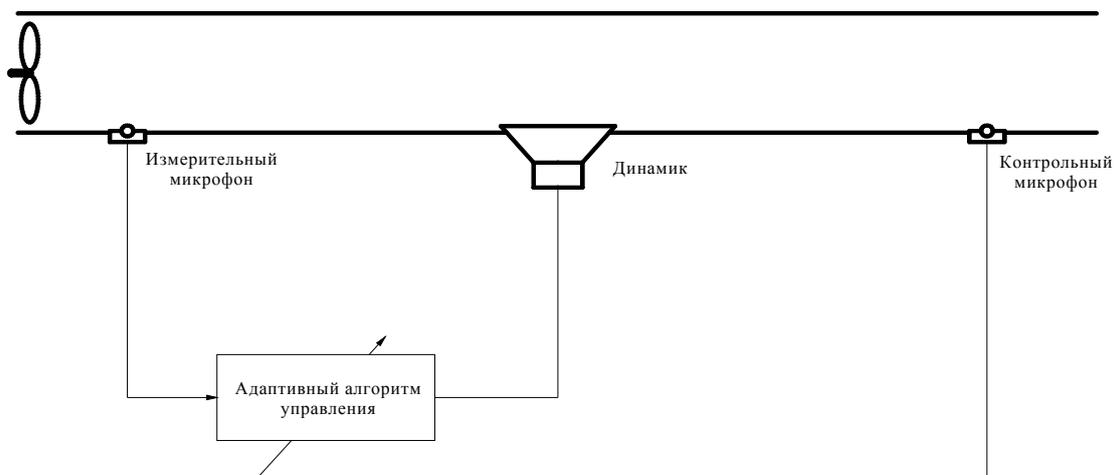


Рис.2. Адаптивная система активного гашения

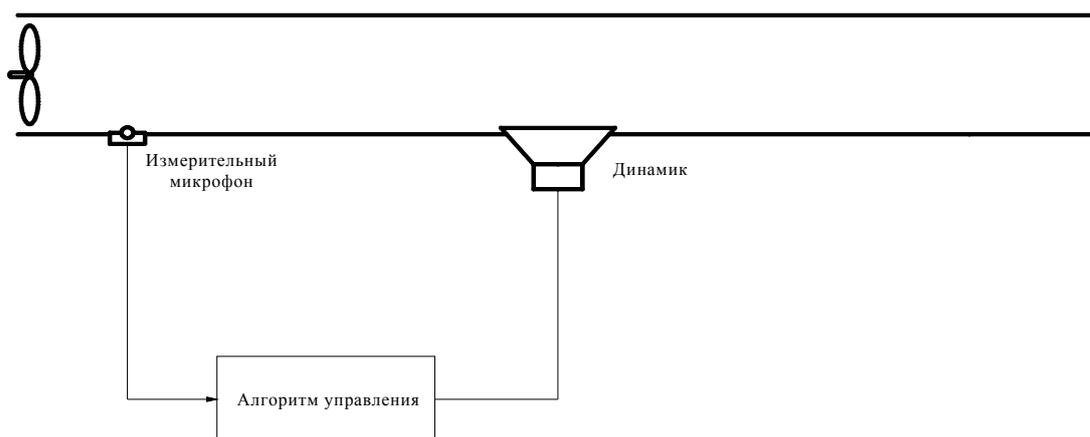


Рис.3. неадаптивная система активного гашения.

Легко заметить, что подобная конструкция обладает существенным недостатком – между динамиком и измерительным (контрольным) микрофоном существует акустическая связь и её влияние будет тем заметней, чем короче расстояние между ними. С другой стороны для уменьшения затрат и габаритов система активного гашения должна выполняться как можно более миниатюрной и в идеале должна размещаться внутри корпуса сервера или телекоммуникационного шкафа. Таким образом, чаще всего из-за ограничений по габаритам, расстояние между микрофонами и динамиком мало, поэтому длина воздуховода оказывается также акустически малой. А при построении системы активного гашения шума на базе акустически короткого волновода возникает несколько проблем:

- Существует четко выраженная акустическая связь между измерительными микрофонами и динамиком
- Резонансные колебания воздуховода приводят к появлению нелинейных искажений
- Может происходить отражение волны от открытого конца воздуховода

- Малое время прохождения волны от точки измерения до точки гашения предъявляет повышенные требования к скорости выработки сигнала блоком управления.

Кроме того, диаметр (в случае круглого профиля поперечного сечения) воздуховода должен удовлетворять следующему неравенству:

$$d \leq \frac{\lambda}{4}$$

где d - диаметр воздуховода

λ - максимальная длина волны, которая будет подвергаться гашению.

Для $f = 700$ Гц

$$\lambda = 330 / 700 = 0.47 \text{ м} = 47 \text{ см}$$

Это неравенство соответствует условию распространения внутри воздуховода плоской волны с указанной длиной. Необходимо оно потому, что только плоская волна может быть эффективно скомпенсирована динамической головкой.

С учётом приведённых выше ограничений был изготовлен прототип установки активного гашения шума на базе одномерного акустически короткого волновода. Основные размеры указаны на рис.4. Общий вид установки представлен на рис. №5

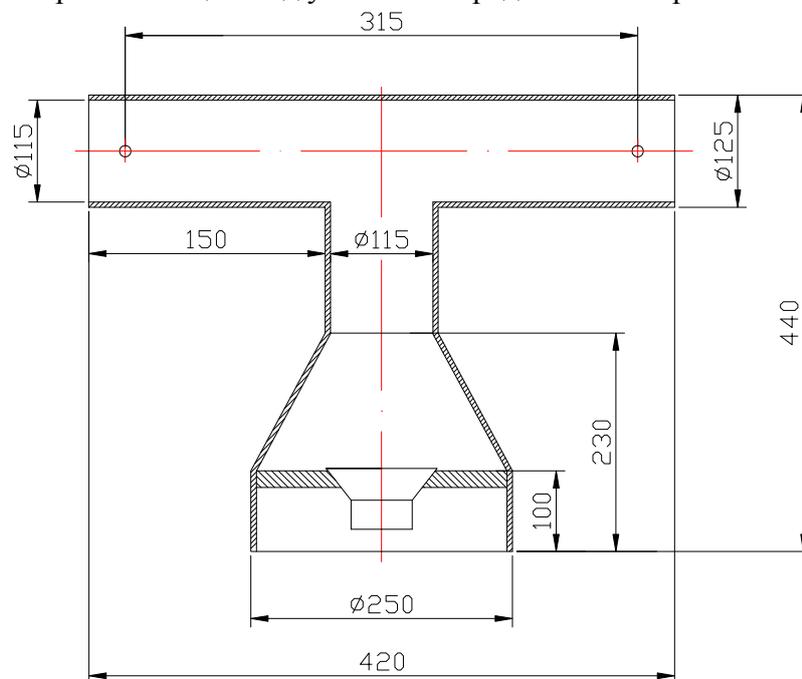


Рис.4. Размеры прототипа установки активного гашения.

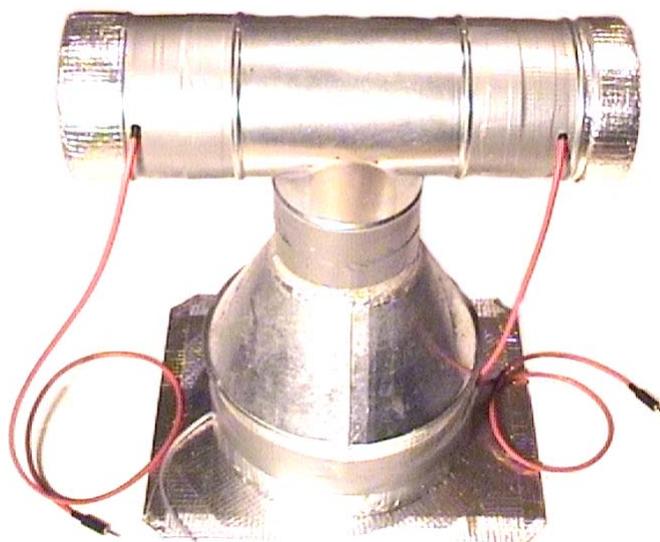


Рис.5. Общий вид установки.

Основные конструктивные особенности установки:

- В качестве измерительных используются электретные микрофоны WM62-A фирмы Panasonic с двухканальным микрофонным усилителем на базе микросхемы K548УН1
- Источником компенсирующего излучения служит отечественная динамическая головка 30ГДН-33ДП с усилителем звуковой частоты мощностью 44 Вт.
- Для уменьшения возможных резонансных колебаний вся внутренняя поверхность воздуховода оклеена двумя слоями звукоизоляционного материала общей толщиной 8 мм (см. рис.6).
- Для подключения микрофонов и динамической головки используется высококачественный кабель фирмы Luxmann.
- В качестве блока управления используется отладочный комплект ADSP-21061 SHARC Ez-Kit Lite фирмы Analog Devices

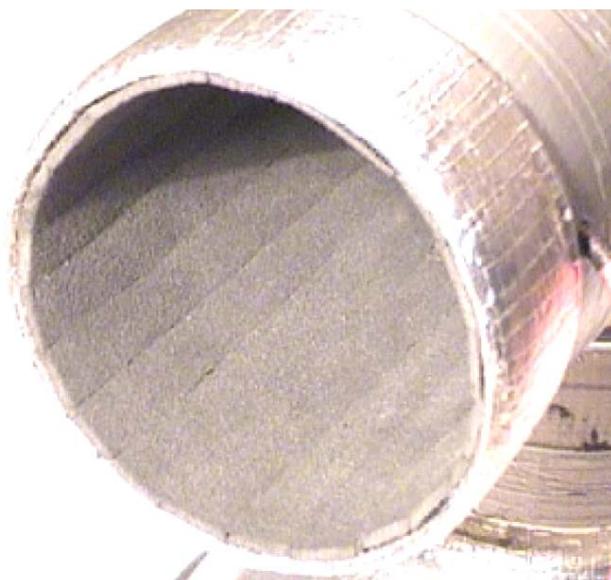


Рис.6. Система звукоизоляции.

Наличие двух микрофонов, высококачественного АЦП AD1847 и программируемого процессора цифровой обработки сигналов ADSP-21061 SHARC позволяет реализовывать как адаптивную систему гашения шума, так и неадаптивную. Также универсальность прототипа установки заключается в том, что для процессора ADSP-21061 существует множество библиотечных цифровых фильтров, позволяющих реализовывать различные управляющие алгоритмы.

Литература

2. К.И.Билибин, А.И.Власов, Л.В.Журавлева и др. Конструкторско-технологическое проектирование электронных средств. /под общ. редакцией В.А.Шахнова. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2002. 500 с. (серия: Информатика в техническом университете).
3. А.И.Власов, Е.А.Володин, С.Г.Семенцов, В.А.Шахнов Электронные системы активного управления волновыми полями: история и тенденции развития // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники, 2002, №4, С.3-23.
4. Шахнов В.А., Власов А.И., Князев В.С. Аппаратно-программный комплекс обработки сигналов для мониторинга и анализа состояния технических систем // 3-ая Международная конференция "Компьютерные методы и обратные задачи в неразрушающем контроле и диагностике". Москва. 18-21 марта 2002.
5. Семенцов С.Г., Власов А.И., Володин Е.А. Проектирование и применение систем активной защиты от акустических воздействий // 2-ая Межд. Конф. СНГ "Молодые ученые - науке, технологиям и профобразованию для устойчивого развития: проблемы и новые решения". - Москва, октябрь, 2000. Часть 2,3. С.83-85.
6. Колосков С.В., Власов А.И., Князев В.С. Программно-технический комплекс моделирования полигармонических систем активного гашения шума // 2-ая Межд. Конф. СНГ "Молодые ученые - науке, технологиям и профобразованию для устойчивого развития: проблемы и новые решения". - Москва, октябрь, 2000. Часть 2,3. С.51-52.
7. Ю.И.Нестеров, А.И.Власов, Б.Н.Першин Виртуальный измерительный комплекс// Датчики и системы. №4. 2000 - С.12-22.
8. А.И.Власов, С.Г.Семенцов, Ю.А.Поляков Микропроцессорные системы активной индивидуальной акустозащиты// Микросистемная техника, №2. 2000. С.-15-20.
9. А.И.Власов, С.В. Колосков Волшебство волновых полей: волновые поля в школьном курсе физики// Компьютер в школе. №3(17). 2000. С.16-20.
10. А.И. Власов Нейросетевая реализация микропроцессорных систем активной акусто- и виброзащиты// Нейрокомпьютеры: разработка и применение, №1, 2000. С.40-44.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ УНИФИКАЦИИ

Аверин А.И.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Вагин В.Н.

Московский энергетический институт (технический университет)

DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR PARALLEL UNIFICATION

Averin A.I.

Supervisor: doctor of technical sciences, professor Vagin V.N.

Moscow power engineering institute (technical university)

averin@rbcmail.ru

Аннотация

Рассматривается проблема создания эффективной процедуры параллельной унификации, которая может быть использована в алгоритмах дедуктивного вывода, основанных на применении метода резолюции. Предлагается способ представления термов логики предикатов первого порядка и алгоритм параллельной унификации, использующий данное представление. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 02-07-90042).

Abstract

The problem of the creation of effective parallel unification procedure is considered. This kind of procedure can be used in algorithms based on resolution principle. The new method of term representation is proposed. Parallel unification algorithm using this method is developed. This work is supported by the RFBR (grant No. 02-07-90042).

Задача унификации термов логики предикатов первого порядка является важной составляющей многих процедур логического вывода (например, процедур основанных на методе резолюций Робинсона). Классический алгоритм унификации, предложенный Робинсоном в [1] не может быть использован для задач практической сложности, так как он требует экспоненциальных затрат времени и памяти. В [2] было показано, что для создания более эффективных процедур унификации необходимо использование специальных структур для представления термов. В настоящее время существует целый ряд алгоритмов унификации, которые используют различные представления термов. Наиболее известными являются алгоритмы предложенные Мартелли и Монтанари [3], Юэ [4], Корбином и Бидуа [5]. Эти алгоритмы значительно более эффективны, чем алгоритм Робинсона (временная сложность алгоритма Мартелли и Монтанари составляет $O(n + \log m)$, где n – число термов, m – число различных переменных в термах, Хью – $O(n\alpha(n))$ – где $\alpha(n)$ – крайне медленно растущая функция, Корбина и Бидуа – $O(n^2)$). Эти алгоритмы унификации имеют достаточно высокую эффективность, но довольно сложны в реализации и при распараллеливании, что обуславливается сложными структурами, используемыми для представления термов [6]. В статье предлагается способ представления термов, одним из главных достоинств которого является простота реализации и распараллеливания процедуры унификации.

Будем обозначать переменные символами из $\{x, y, z, \dots\}$, константы – символами из $\{a, b, c, \dots\}$, функциональные символы – символами из $\{f, g, h, \dots\}$. Термы будем обозначать символами из $\{s, t, u, \dots\}$. Для обобщенного обозначения переменной или константного символа будем использовать литеру cv .

Рассмотрим терм $f_1(cv_1, \dots, f_2(\dots, f_3(\dots, f_n(cv), \dots), \dots), \dots)$.

Путем к символу cv , где cv – вхождение переменной или константы символа в терм является строка: $f_1 n_1 \& \dots \& \dots \& \dots \& f_k n_k \& \dots \& cv$, где:

$\&$ – операция сцепления строк;

f_i – функциональный символ;

n_i – номер аргумента в функциональном символе, содержащего или функциональный символ f_{i+1} (при $i < n-1$) или cv (при $i = n-1$).

Если функциональные символы в терме отсутствуют (то есть терм имеет вид cv), то путь к терму cv равен $\emptyset.cv$.

Будем обозначать путь к символу cv через $path(cv)$.

P – представлением терма s $P(s)$ назовем множество всех путей переменных и константных символов, входящих в терм.

$$P(s) = \bigcup_{i=1, n} path(cv_i).$$

Расширенным путем к символу cv назовем путь к символу cv с добавлением информации о длине пути $path(cv)$ и о типе символа cv . Тип символа cv может принимать два значения – “const” (если cv – константный символ) или “var” (если cv – переменный символ). Будем обозначать тип символа cv как $type(cv)$, а расширенный путь как $pathw(cv)$.

Расширенным P – представлением терма s $PW(s)$ назовем множество всех расширенных путей переменных и константных символов, входящих в терм.

$$PW(s) = \bigcup_{i=1, n} pathw(cv_i).$$

Сокращенным путем к символу cv назовем путь к символу cv без информации о символе cv . Будем обозначать сокращенный путь к символу cv через $paths(cv)$.

Сокращенные пути к символам cv_1 и cv_2 являются подобными, если $paths(cv_1) \subseteq paths(cv_2)$ или $paths(cv_2) \subseteq paths(cv_1)$, где \subseteq - отношение вхождения подстроки в строку. Строка \emptyset является подобной для всех строк.

Рассмотрим задачу унификации множества пар термов $\{(t_1, s_1), (t_2, s_2), \dots, (t_n, s_n)\}$. Задача унификации заключается в нахождении наиболее общего унификатора (НОУ) для всех пар термов. Для решения задачи унификации создадим множество уравнений $S = \{t_1 = s_1, t_2 = s_2, \dots, t_n = s_n\}$. Запишем расширенные P – представления для термов $t_1, \dots, t_n, s_1, \dots, s_n$. Установим связи между подобными сокращенными путями символов, входящих в одно уравнение. Полученное множество S' назовем P -представлением задачи унификации термов $\{t_1 = s_1, t_2 = s_2, \dots, t_n = s_n\}$.

Рассмотрим правила преобразования множества S' .

29. Правило 1.

Если существует связь между двумя элементами p_1 и p_2 множества S' , и длина одного из элементов меньше длины другого элемента, то, если тип элемента с меньшей длиной – константа – унифицирующей подстановки не существует. Если же тип элемента с меньшей длиной - переменная, то создается унифицирующая подстановка. Пусть элемент с меньшей длиной – p_1 . Для создания унифицирующей подстановки необходимо рассмотреть все связи элемента p_1 . Пусть $P_i = \{p_{i1}, \dots, p_{in}\}$ – множество всех элементов множества S' , связанных с p_1 . Находим разности между сокращенными путями элементов из множества P_i и сокращенным путем p_1 . Допишем к полученным разностям значения $end(p_i)$. Обозначим полученное множество разностей через PS_i .

Формируем подстановку $PS_i/var(p_1)$ и заменяем все вхождения $var(p_1)$ на элементы множества PS_i . Удаляем элемент p_1 и все элементы из множества S_i .

30. Правило 2.

Если существует связь между двумя элементами p_1 и p_2 множества S' и длины элементов равны, то, если типы элементов – константы и $var(p_1) \neq var(p_2)$, то унифицирующей подстановки не существует. Если $var(p_1) = var(p_2)$, то элементы p_1 и p_2 можно удалить из множества. Если $var(p_1) \neq var(p_2)$, и тип одного из элементов (допустим - p_1) – переменная, то создается подстановка p_2/p_1 , все вхождения $var(p_1)$ заменяются на $var(p_2)$, элементы p_1 и p_2 удаляются из множества.

Будем называть связи удовлетворяющие условиям правила 1 связями первого типа, а связи удовлетворяющие условиям правила 2 – связями второго типа.

Запишем алгоритм решения задачи унификации множества термов.

Алгоритм унификации *Al2*

1. Создание P -представления задачи S (множество S'). Установка связей между путями термов, входящих в одно уравнение.
2. Применение правила 2 к множеству S' .
3. Если множество S' не пусто – применение правила 1.
4. Если множество S' не пусто – переход к пункту 2.

Рассмотрим параллельное применение правил преобразования к графу путей. Для сохранения корректности работы алгоритма необходимо наложить ограничения на параллельную обработку путей, содержащих одинаковые переменные. Введём понятие графа зависимостей между путями. Граф зависимостей строится по следующим правилам: две вершины $path_1$ и $path_2$ соединяются связью тогда и только тогда, когда $var(path_1) = var(path_2)$. Две связи l_1 и l_2 называют смежными, если пути, которые они соединяют, связаны ребром в графе зависимостей, или если существуют общие для этих связей пути. Количество смежных со связью l связей будем обозначать через $CN(l)$. Рассмотрим общий вид алгоритма параллельной унификации с использованием графа зависимостей.

Алгоритм параллельной унификации $A13$.

1. Создание P -представления задачи S (множество S'). Установка связей между путями термов, входящих в одно уравнение.
2. Построение графа зависимостей.
3. Нахождение множества связей L для параллельной обработки. Найденное множество должно удовлетворять следующему условию: любые пары путей $\{l_i, l_j\}$, входящие в L , не должны быть смежными.
4. Обработка связей из множества L .

Если множество S' не пусто – переход к пункту 2, иначе завершение работы алгоритма

Пример 1.

Пусть имеется задача унификации $S = \{f(x, g(a, y)) = z, h(z, y) = h(f(a, v), f(d, c))\}$.

Запишем P -представление задачи S (в скобках указан порядковый номер пути).

$P(S) = \{f1.x.1.var(1), f2.g1.a.2.const(2), f2.g2.y.2.var(3), \emptyset.z.0.var(4), h1.z.1.var(5), h2.y.1.var(6), h1.f1.a.2.const(7), h1.f1.v.2.var(8), h2.f1.d.2.const(9), h2.f2.c.2.const(10)\}$.

Установим связи между путями $(1,4)\{1\}$, $(2,4)\{2\}$, $(3,4)\{3\}$, $(5,7)\{4\}$, $(5,8)\{5\}$, $(6,9)\{6\}$, $(6,10)\{7\}$ (в фигурных скобках указан номер связи).

Построим граф зависимостей между путями. Напомним, что две вершины p_1 и p_2 соединяются связью в графе зависимостей, если $var(p_1) = var(p_2)$.

Максимальное по мощности множество вершин, которое может быть обработано параллельно – $\{4,6\}$.

После обработки связей $\{4,6\}$ получаем следующие подстановки:

$$\sigma_1 = \{f(a, v)/z\};$$

$$\sigma_2 = \{f(d, c)/y\}.$$

Их композиция дает подстановку $\sigma = \{f(a, v)/z, f(d, c)/y\}$.

P -представление задачи S после обработки связей $\{4,6\}$ принимает вид:

$P(S) = \{f1.x.1.var(1), f2.g1.a.2.const(2), f2.g2.f1.d.3.const(11), f2.g2.f2.c.3.const(12), f1.a.1.const(13), f2.v.1.var(14)\}$.

Установлены связи между путями $(1,13)\{1\}$, $(2,13)\{2\}$, $(11,14)\{3\}$, $(12,14)\{4\}$.

Максимальное по мощности множество вершин, которое может быть обработано параллельно – $\{1,3\}$. После обработки связей $\{1,3\}$ получаем следующие подстановки:

$$\sigma_3 = \{a/x\};$$

$$\sigma_4 = \{g(f(d, c))/v\}.$$

Композиция σ_3 и σ_4 с полученной ранее подстановкой $\sigma = \{f(a, v)/z, f(d, c)/y\}$ дает подстановку $\sigma' = \{f(a, b)/z, f(d, c)/y, a/x, g(f(d, c))/v\}$.

P -представление задачи S – пусто, следовательно алгоритм завершает свою работу. Полученная подстановка $\sigma' = \{f(a, b)/z, f(d, c)/y, a/x, g(f(d, c))/v\}$ является НОУ.

Рассмотренный алгоритм унификации может быть использован в существующих системах вывода. Одним из основных преимуществ алгоритма является простота реализации и распараллеливания алгоритма.

В докладе был предложен новый способ представления термов, рассмотрены алгоритмы последовательной и параллельной унификации, использующие предложенное представление. Дальнейшим развитием исследований является внедрение разработанной процедуры параллельной унификации в систему параллельного дедуктивного вывода на графе связей.

Применение процедур параллельной унификации наряду с использованием алгоритмов параллельного вывода на графах связей, позволит создать эффективные процедуры дедуктивного вывода, которые могут быть использованы при решении задач практической сложности, возникающих при работе экспертных систем и систем поддержки принятия решений.

Литература

1. Robinson, J.A. A machine-oriented logic based on the resolution principle // J. ACM 12 pp.23-41, 1965.
2. Robinson, J.A. New directions in mechanical theorem proving // Proceedings of the International Federation of Information Processing Congress, 1968
3. Martelli A., Montanari U. An efficient unification algorithm // ACM Trans. Prog. Lang. Syst. 4, 1982.
4. Huet G., Resolution of the equations in languages of the 1,2, ... ,w order // Ph. d. dissertation, Univ. de Paris VII, France, 1976
5. Corbin J., Bidoit M. An efficient unification algorithm // Inf. Process 1983. pp73-79.
6. R. Sekar, I.V. Ramakrishnan, A. Voronkov Term indexing // Handbook of Automated Reasoning, A. Voronkov, A. Robinson eds, Elsevier Science Publishers, 2001.