

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий

институт

Межинститутская базовая кафедра

«Прикладная физика и космические технологии»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.Е. Косенко

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2017г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО
ВЫБОРУ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ
КОНТРОЛЛЕРОВ

Тема

09.04.01 Информатика и вычислительная техника

код и наименование направления

09.04.01.03 Информационные системы космических аппаратов и центров
управления полетами

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	доцент МБК ПФКТ, канд. техн. наук	В.А. Углеv
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____	Магистрант	А.В. Мацеля
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	Нач. лаб 3202 АО «ИСС»	В.В. Смирнов
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		Е.С. Сидорова
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий

(институт)

Межинститутская базовая кафедра

«Прикладная физика и космические технологии»

(кафедра)

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту: Мацеля Акиму Владимировичу

фамилия, имя, отчество

Группа: КИ15-01-3М Направление (специальность): 09.04.01

номер

код

«Информационные системы космических аппаратов и центров управления полетами»
наименование

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка методики поддержки принятия решений по выбору отечественных программируемых логических контроллеров» Утверждена приказом по университету № от г.

Руководитель ВКР: Углев Виктор Александрович, канд. техн. наук преподаватель кафедры МБК ПФКТ СФУ.

Исходные данные для ВКР: Провести разработку методики поддержки принятия решений по выбору отечественных программируемых логических контроллеров

Перечень разделов ВКР: 1 Технологии экспертного принятия решений. 2 Методика принятия решений по выбору ПЛК.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов: слайды презентации.

Руководитель ВКР

_____ В. А. Углев
подпись

Задание принял к исполнению

_____ А. В. Мацеля
подпись

« _____ » _____ 2015 г.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Разработка методики поддержки принятия решений по выбору отечественных программируемых логических контроллеров» содержит 53 страниц текстового документа, 10 рисунков, 6 таблиц, 25 использованных источника.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА, ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ, СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.

Целью работы посвящена разработки методики поддержки принятия решений на базе экспертных систем на прецедентах, для повышение эффективности выбора программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Для достижения указанной цели были поставлены задачи:

- Формирование параметрической модели ПЛК.
- Создание базы знаний отечественных и импортных ПЛК.
- Построение методики принятия решений на базе экспертных систем на прецедентах.

-Проверка системы поддержки принятия решений по выбору ПЛК для комплектования контрольно проверочной аппаратуры.

В процессе выполнения данной работы проведено детальное исследование предметной области. Были выявлены проблемы, связанные с эффективным выбором ПЛК и выявлены критерии оценки альтернатив в процессе принятия решения.

Сформирована параметрическая модель ПЛК состоящая из 31 параметра. Были выделены и отранжированны наиболее важные технические характеристики по которым будет осуществляться отбор, разработана база знаний о ПЛК из 80штук. Построена методика принятия решений с применением ЭС на прецедентах, состоящая из 7 этапов.

Система поддержки принятия решений успешно проверена при комплектовании аппаратуры для механической системы.

THE ABSTRACT

Master's thesis on the topic "Developing the methodology of decision support for the selection of domestic programmable logic controllers" contains 53 pages of a text document, 10 figures, 6 tables, 25 sources used.

EXPERT SYSTEM, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS, SUPPORT FOR DECISION-MAKING.

The purpose of the work is devoted to the development of methods for supporting decision-making on the basis of expert systems on precedents, to improve the efficiency of the selection of programmable logic controllers (PLC).

To achieve this goal, the following tasks were set:

- Formation of parametric model of PLC.
- Creation of a knowledge base of domestic and imported PLCs.
- Building a methodology for decision-making on the basis of expert systems on precedents.
- Checking the decision support system for selecting a PLC for the acquisition of test equipment.

In the process of performing this work, a detailed study of the subject area was carried out. The problems associated with the effective selection of PLCs and the criteria for evaluating alternatives in the decision-making process were identified.

A parametric PLC model consisting of 31 parameters is generated. The most important technical characteristics for which selection will be selected, and the knowledge base about PLCs from 80 pieces have been identified and arranged. A decision-making technique using ES on precedents is constructed, consisting of 7 stages.

The decision support system has been successfully tested in the acquisition of equipment for a mechanical system.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Программируемые логические контроллеры и их роль в современной автоматизации.....	9
1.1 Сложности многофакторного принятия решений по выбору программируемых логических контроллеров	11
1.2 Технологии экспертного принятия решений	13
1.3 Постановка задачи исследования	16
1.4 Выводы по 1 главе.....	17
2 Описание обобщенной модели программируемого логического контроллера.....	18
2.1 Разработка базы знаний программируемых логических контроллеров	32
2.2.1 Постановка задачи.....	38
2.2.2 Задача поиска близости	40
2.3 Отбор и оценка моделей программируемого логического контроллера	41
2.4 Выводы по 2 главе.....	42
3 Формирование базы программируемых логических контроллеров для комплектования контрольно проверочной аппаратуры.....	43
3.1 Выбор отечественных программируемых логических контроллеров по предложенной методике	45
3.2 Анализ результата, полученного по методике и сравнение с мнением эксперта.	48
3.3 Выводы по 3 главе.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время при разработке и модернизации, автоматизированных системы заказчик постоянно сталкивается с проблемой рационального выбора программируемых логических контроллеров (ПЛК), первичных преобразователей, технических средств нижнего уровня проектируемой системы [1].

Обоснованный выбор ПЛК является той важной задачей, от решения которой во многом зависит рациональное расходование экономических ресурсов заказчика, перспектива развития системы в целом и эффективное взаимодействие ее компонентов. Также при текущем курсе государства на импортозамещение, встает очень актуальный вопрос о замене импортных ПЛК отечественными [2].

В этой связи с целью экономии временных и материальных ресурсов при проектировании нижнего уровня автоматизированных систем, поставлена задача разработки методики системы поддержки принятия решений (СППР), призванной помочь сделать оптимальный выбор отечественных ПЛК на основании комплекса технических, и других качественных характеристик.

Целью настоящей диссертации является повышение эффективности выбора ПЛК за счет разработки методики поддержки принятия решений на базе экспертных систем на прецедентах.

По итогам анализа поставленных проблем сформированы задачи:

-Сформировать параметрическую модель для осуществления подбора ПЛК и создание базы данных отечественных и импортных ПЛК.

- Разработать методику поддержки принятия решений по подбору отечественных ПЛК базирующуюся на экспертной системе на прецедентах.

-Осуществить внедрение системы принятия решений в эксплуатацию для комплектования контрольно-проверочной аппаратуры КПА.

Объектом настоящего исследования являются проблемы адекватного выбора ПЛК под необходимые задачи.

Научная новизна в данной работе заключается в том, что будет создана база знаний и методика принятия решений позволяющая осуществляющая подбор отечественных ПЛК вместо импортных.

Практическая значимость данной работы заключается в том, что будет разработана системы поддержки принятия решений, позволяющая помочь разработчику быстро произвести оптимальный выбор отечественных ПЛК, исходя из конкретных требуемых параметров, определяющих его выбор, а также укажет те параметры подбор по которым среди отечественных ПЛК невозможен, что позволит понимать направление опытно конструкторских работ которые нужно проводить для достижения поставленных технических задач [3].

1 Программируемые логические контроллеры и их роль в современной автоматизации

Более сорока лет прошло с появления первого микропроцессора корпорации Intel. Он мог выполнять самые разнообразные функции, изменяемые программно. И это обеспечило невиданные темпы развития микропроцессорной техники. Но не стоит забывать, что изначально микропроцессоры были созданы не столько для работы в персональных компьютерах, сколько в качестве программно-управляемых устройств для автоматизации промышленности и бытовой техники. На их основе были созданы программируемые логические контроллеры- устройства, автоматизирующие работу как отдельных аппаратов, например станков с программным управлением или стиральных машин и микроволновых печей, так и огромных производственных комплексов. Сейчас программируемые логические контроллеры даже более распространенные устройства, чем PC, количество которых во всем мире недавно превысило магическую цифру в 1 миллиард[3]. Общий вид ПЛК отображен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 - Общий вид ПЛК

Первый ПЛК был разработан в 1968 году группой инженеров компании General Motors. ПЛК были применены в США для автоматизации конвейерного сборочного производства в автомобильной промышленности (фирма Modicon, 1969 г.). В соответствии с первоначальной спецификацией устройство должно быть несложным в программировании, модификация программы не должна требовать изменения аппаратной части, размеры должны быть меньше, чем у релейных и полупроводниковых аналогов, и, наконец, обслуживание и ремонт должны быть максимально просты [4].

Разработкой ПЛК занимаются ведущие зарубежные фирмы: «Siemens», «Modicon», «Direct Logic», «Allen-Bradley», «Omron Electronic», «Advantech» «Octagon Systems» и т.д. Из отечественных разработок наиболее популярны контроллеры Овен, Ремиконт, ЭЛСИ-Т, Миконт, Эмикон и др.

Современные ПЛК помимо простых логических операций способны выполнять цифровую обработку сигналов, управление приводами, регулирование, функции операторского управления. для управления исполнительными механизмами — электродвигателями, клапанами, лампочками и т. п., которые являются неотъемлемой частью систем автоматизации во всех отраслях промышленности [5].

Основные операции ПЛК соответствуют комбинационному управлению логическими схемами. Кроме того, современные ПЛК могут выполнять другие операции, например, функции счетчика и интервального таймера, обрабатывать задержку сигналов и т. д. Основное преимущество ПЛК заключается в том, что одиночная компактная схема может заменить сотни реле. Другое преимущество — функции ПЛК реализуются программно, а не аппаратно, поэтому его поведение можно изменить с минимальными усилиями.

Сегодня ПЛК работают в энергетике, в области связи, в химической промышленности, в сфере добычи, транспортировки нефти и газа, в системах

обеспечения безопасности, в коммунальном хозяйстве, используются в автоматизации складов, в производстве продуктов питания и напитков, на транспорте, в строительстве, в системах управления технологическими процессами и робототехническими комплексами. Значительные функциональные возможности, хорошие технические параметры, относительно низкая стоимость и постоянное её снижение с увеличением надёжности является мотивацией для предпринимателей модернизировать производство, заменяя широко распространённые контактно-релейные схемы управления на системы, управляемые ПЛК [7].

Результатом этого является быстрый рост производства и применения контроллеров: за последние 5 лет их выпуск в мире увеличился в 3 раза и приближается к уровню 2 млрд. в год [9,10].

1.1 Сложности многофакторного принятия решений по выбору программируемых логических контроллеров

Основное влияние при выборе ПЛК пользователь уделяет их техническим характеристикам, используемому программному обеспечению, гибкости компоновки под конкретные технологические задачи, соотношению Цена/производительность и т.д.

В настоящее время у большинства современных ПЛК существует до 60 различных параметров, которые необходимо учитывать при выборе контроллера основные из них можно разбить на: технические, эксплуатационные, и потребительские свойства. Основные параметры, которые необходимо учитывать при выборе отображены на рисунке 1.2.

Так же разнообразие моделей ПЛК на промышленном рынке, (в данное время в этой области представляют свою продукцию около 50 фирм разработчиков ПЛК наиболее популярны контроллеры Овен, Ремиконт, ЭЛСИ-Т, Миконт, Эмикон и др.) ставит в затруднительную ситуацию

разработчиков автоматизированных систем, которым бывает трудно принять объективное решение по рациональному выбору технических средств.

Ошибки в выборе ПЛК могут вызвать в дальнейшем дополнительные экономические и временные затраты, из-за отсутствия учета степени программно-аппаратной совместимости ПЛК и системы в целом[11].



Рисунок 1.2 - Основные параметры которые необходимо учитывать при выборе ПЛК

1.2 Технологии экспертного приятия решений

Экспертные системы ЭС-это сложные программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для консультаций менее квалифицированных пользователей.

Области применения систем, основанных на знаниях, весьма разнообразны: производство, медицина, социология, геология, космос, сельское хозяйство, управление, юриспруденция и др.

Создание и использование экспертных систем является одним из концептуальных этапов развития информационных технологий. В основе интеллектуального решения проблем в некоторой предметной области лежит принцип воспроизведения знаний опытных специалистов- экспертов[12]. Принципиальная схема создания ЭС представлена на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 - Принципиальная схема создания ЭС

Экспертные системы как инструмент в работе пользователей совершенствуют свои возможности решать трудные, неординарные задачи в ходе практической работы. Экспертные системы создаются для решения разного рода проблем, типы которых можно сгруппировать в категории, представленные в таблице 1.1.

Таблица 1.1- Типичные категории применения экспертных систем

Категория/ Предметная область	Решаемая проблема
Интерпретация	Описание ситуации по информации, поступающей от датчиков
Проектирование	Построение конфигурации объектов при заданных ограничениях
Планирование	Определение последовательности действий
Диагностика	Выявление причин неправильного функционирования системы по результатам наблюдений
Отладка	Составление рецептов исправления неправильного функционирования системы
Ремонт	Выполнение последовательности предписанных исправлений
Наблюдение	Сравнение результатов наблюдений с ожидаемыми результатами
Мониторинг	Контроль за состоянием сложного оборудования Контроль за состоянием систем обеспечения
Обработка данных	Системы общения на естественном языке
Обучение	Диагностика, отладка и исправление поведения обучаемого

Классы ЭС по принципам вывода знаний:

- 1 Продукционные ЭС.
- 2 ЭС с доской объявлений.
- 3 ЭС основанные на прецедентах.

Продукционные ЭС-это экспертные системы, база знаний которых состоит из множества продукционных правил, т.е. цепочек рассуждений, проверяемых по правилам «Если-то».

ЭС с доской объявлений- это экспертные системы, стратегия принятия решений, в которых идет по принципу коллективной работы с доской нескольких экспертов, поочередно дополняющих данные о решении.

ЭС основанные на прецедентах - это экспертные системы, стратегия принятия решений, в которых осуществляется на основе обобщения и оценки статистики фактически принимаемых решений (по аналогии). Основным и важнейшим отличительным признаком прецедентных ЭС является наличие "Базы прецедентов".

Прецедент - результат, полученный в ходе исследования свойств объекта.

База прецедентов - база, содержащая сведения о результатах исследования объектов.

Характерными чертами экспертной системы на прецедентах являются:

- четкая ограниченность предметной области;
- способность принимать решения в условиях неопределенности;
- способность объяснять ход и результат решения понятным для пользователя способом;
- четкое разделение декларативных и процедурных знаний (фактов и механизмов вывода);
- способность пополнять базу знаний, возможность наращивания системы;
- результат выдается в виде конкретных рекомендаций для действий в сложившейся ситуации, не уступающих решениям лучших специалистов;
- ориентация на решение неформализованных (способ формализации пока неизвестен) задач;
- отсутствие гарантии нахождения оптимального решения с возможностью учиться на ошибках [15].

1.3 Постановка задачи исследования

Целью настоящей диссертации является повышение эффективности выбора ПЛК за счет разработки методики поддержки принятия решений на базе экспертных систем на прецедентах.

В соответствии с поставленной целью можно сформировать следующие задачи:

- 1 Формирование параметрической модели ПЛК;
- 2 Создание базы знаний отечественных и импортных ПЛК;
- 3 Построение методики принятия решений на базе экспертных систем на прецедентах;
- 4 Проверка результатов работы системы поддержки принятия решений по выбору ПЛК для комплектования контрольно проверочной аппаратуры.

Для решения этих задач будут применены методы построения систем поддержки принятия решений, и рассуждений на основе прецедентов.

В ходе исследования было проведено изучение предметной области в сотрудничестве с инженерами АО ИСС, исследованы текущие способы работы и выявлена необходимость в автоматизации определенных процессов. Был сформирован перечень задач, детализация, и выявление требований к конечному результату (входные, выходные данные, взаимосвязь процессов).

Допущениями и ограничениями в данной работе будет являться то, база знаний не претендует на полноту охвата всех существующих ПЛК, следовательно, не гарантируется нахождение прямого аналога.

1.4 Выводы по 1 главе

В данной главе были показаны обширные области применения ПЛК в современных системах автоматизации.

Описаны сложности многофакторного принятия решений при выборе программируемого логического контроллера.

Описаны технологии экспертного принятия решений.

Произведена постановка задачи исследования, оговорены методы, ограничения и допущения.

2 Описание обобщенной модели программируемого логического контроллера

Для классификации огромного разнообразия существующих в настоящее время контроллеров рассмотрим их существенные различия.

Основным показателем ПЛК является количество каналов ввода-вывода. По этому признаку ПЛК делятся на следующие группы:

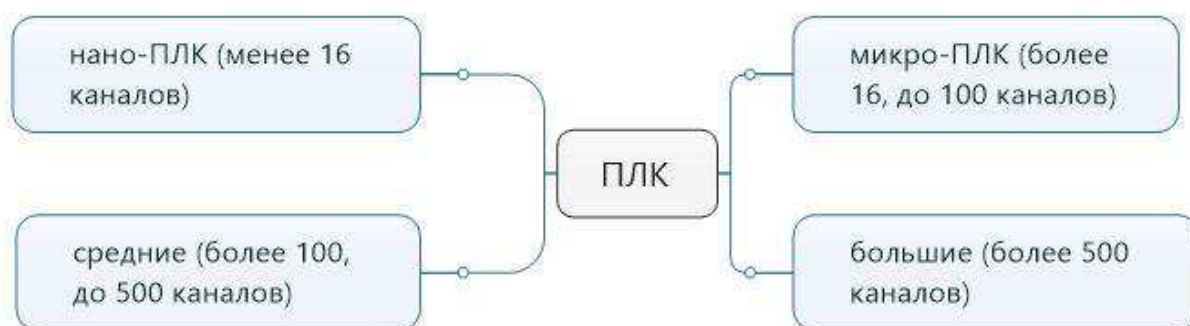


Рисунок 2.1 - Группы ПЛК по количеству каналов ввода-вывода

По расположению модулей ввода-вывода ПЛК бывают:

Моноблочными - в которых устройство ввода-вывода не может быть удалено из контроллера или заменено на другое. Конструктивно контроллер представляет собой единое целое с устройствами ввода-вывода (например, одноплатный контроллер). Моноблочный контроллер может иметь, например, 16 каналов дискретного ввода и 8 каналов релейного вывода;

Модульные - состоящие из общей корзины (шасси), в которой располагаются модуль центрального процессора и сменные модули ввода-вывода. Состав модулей выбирается пользователем в зависимости от решаемой задачи. Типовое количество слотов для сменных модулей - от 8 до 32;

Распределенные (с удаленными модулями ввода-вывода) - в которых модули ввода-вывода выполнены в отдельных корпусах, соединяются с модулем контроллера по сети (обычно на основе интерфейса RS-485) и могут быть расположены на расстоянии до 1,2 км от процессорного модуля [17].

Часто перечисленные конструктивные типы контроллеров комбинируются, например, моноблочный контроллер может иметь несколько съемных плат; моноблочный и модульный контроллеры могут быть дополнены удаленными модулями ввода-вывода, чтобы увеличить общее количество каналов[18].

По конструктивному исполнению и способу крепления контроллеры делятся на:

- Панельные (для монтажа на панель или дверцу шкафа);
- Для монтажа на DIN-рейку внутри шкафа;
- Для крепления на стене;
- Стоечные - для монтажа в стойке;
- Бескорпусные.
- По области применения контроллеры делятся на следующие типы:
- Универсальные общепромышленные;
- Для управления роботами;
- Для управления позиционированием и перемещением;
- Коммуникационные;
- ПИД-контроллеры;
- Специализированные.

По способу программирования контроллеры бывают:

- Программируемые с лицевой панели контроллера;
- Программируемые переносным программатором;
- Программируемые с помощью дисплея, мыши и клавиатуры;
- Программируемые с помощью персонального компьютера.
- Контроллеры могут программироваться на следующих языках:

- на классических алгоритмических языках (C, C#, Visual Basic);
- на языках МЭК 61131-3.

Контроллеры могут содержать в своем составе модули ввода-вывода или не содержать их. Примерами контроллеров без модулей ввода-вывода являются коммуникационные контроллеры, которые выполняют функцию межсетевого шлюза, или контроллеры, получающие данные от контроллеров нижнего уровня иерархии АСУ ТП.

Архитектурой контроллера называют набор его основных компонентов и связей между ними. Типовой состав ПЛК включает центральный процессор, память, сетевые интерфейсы и устройства ввода-вывода

Процессорный модуль включает в себя микропроцессор (центральное процессорное устройство - ЦПУ), запоминающие устройства, часы реального времени и сторожевой таймер. Основными характеристиками микропроцессора являются разрядность (в ПЛК используются 8-ми, 16-ти и 32-разрядные микропроцессоры), тактовая частота, архитектура, наличие операций с плавающей точкой, типы поддерживаемых портов ввода-вывода, температурный диапазон работоспособности и потребляемая мощность.

Производительность микропроцессоров с одной и той же архитектурой пропорциональна тактовой частоте. Большинство контроллеров используют микропроцессоры с сокращенным набором команд (RISC- Reduced Instruction Set Computing), в которых используется небольшое количество команд одинаковой длины и большое количество регистров. Сокращенный набор команд позволяет строить более эффективные компиляторы и конвейер процессора, способный за каждый такт выдавать результат исполнения очередной команды

Для контроллеров, выполняющих интенсивную математическую обработку данных, важно наличие математического сопроцессора (вспомогательного процессора, выполняющего операции с плавающей точкой) или сигнальных процессоров, в которых операции типа $Y=A*B+X$

выполняются за один такт. Сигнальные процессоры позволяют ускорить выполнение операций свертки или быстрого преобразования Фурье.

Процессорный модуль ПЛК выполняет следующие задачи:

- собирает данные из модулей ввода в память и отправляет данные из памяти в модули вывода;
- выполняет обмен данными с устройством для программирования контроллера;
- выдает метки часов реального времени;
- осуществляет обмен данными с промышленной сетью;
- реализует стек протоколов промышленной сети (для этой цели могут использоваться вспомогательные коммуникационные процессоры);
- выполняет начальную загрузку и исполнение операционной системы;
- управляет актами обмена с памятью.

Одной из тенденций в развитии ПЛК является использование процессорных модулей разной мощности для одного конструктива контроллера. Это позволяет получить серию контроллеров разной мощности и тем самым покрыть большой сегмент рынка, а также выполнить модернизацию контроллеров, купленных потребителями, путем замены всего одного модуля[19].

К основным характеристикам процессорного модуля относятся:

- Тип операционной системы (Windows CE, Linux, DOS, OS-9, QNX и др.);
- Наличие исполнительной среды для стандартной системы программирования на языках МЭК 61131-3;
- Типы поддерживаемых интерфейсов (RS-232, RS-422, RS-485, CAN, USB, Ethernet и др.);
- Типы поддерживаемых сетей (Modbus RTU, Modbus TCP, Ethernet, Profibus, CAN open, Device Net и др.);

- Возможность подключения устройств индикации или интерфейса оператора (светодиодного или ЖКИ индикатора, клавиатуры, мыши, дисплея с интерфейсами VGA, DVI или CMOS, LVDS, трекбола и др.);
- Разрядность (8, 16, 32 или 64 бита);
- Тактовая частота микропроцессора и памяти;
- Время выполнения команд;
- Объем, иерархия и типы памяти (ОЗУ, кэш, ПЗУ - флэш, съемная флэш и др.);
- Типы встроенных функций (ПИД-регулятор, счетчики, ШИМ, алгоритмы позиционирования и управления движением и др.);
- Бренд производителя (Intel, AMD, Atmel, Motorola, Real Lab и др.).

Быстродействие процессорного модуля ПЛК обычно оценивают по времени выполнения логических команд, поскольку они наиболее распространены при реализации алгоритмов управления.

Огромное разнообразие задач, возлагаемых на ПЛК, и сильная зависимость цены от мощности контроллера, явились причиной большого разнообразия используемых микропроцессоров, от простых и дешевых 8-разрядных Atmel и Microchip до самых высокопроизводительных микропроцессоров серии Intel Pentium, включая двухъядерные и четырехъядерные процессоры [20,21].

Восьмиразрядные микропроцессоры пользуются большим успехом в автономных ПИД-контроллерах и микро-ПЛК для несложного алгоритмического управления станками, теплицами, небольшими технологическими аппаратами, в качестве межсетевых шлюзов. Их достоинством является высокая надежность, связанная с предельной простотой программного обеспечения.

Обычно микропроцессоры, используемые в ПЛК, на несколько поколений отстают от процессоров офисных персональных компьютеров (ПК) в связи с относительно малым объемом рынка ПЛК, который не обеспечивает

окупаемость разработки нового контроллера за период смены поколений микропроцессоров.

Емкость памяти определяет количество переменных (тегов), которые могут быть обработаны в процессе функционирования ПЛК. В микропроцессорах время доступа к памяти является одним из существенных факторов, ограничивающих быстродействие. Поэтому память делят на несколько уровней иерархии, в зависимости от частоты использования хранящихся в ней данных и быстродействия. Иерархия памяти относится к существенным характеристиками архитектуры процессора, поскольку она позволяет снизить отрицательное влияние медленной памяти на быстродействие микропроцессора. Основными типами памяти является постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и набор регистров. Регистры являются самыми быстродействующими элементами памяти, поскольку они используются арифметико-логическим устройством (АЛУ) для исполнения элементарных команд процессора. ПЗУ используют для хранения редко изменяемой информации, такой, как операционная система, драйверы устройств, загрузчик, исполняемый модуль программы пользователя. ОЗУ используется для хранения данных, которые многократно изменяются в процессе работы контроллера, например, значения тегов, результаты промежуточных вычислений, диагностическая информация, массивы, выводимые на графики, данные для отображения на дисплее [23].

В качестве ПЗУ обычно используется электрически стираемая перепрограммируемая память (EEPROM - "Electrically Erasable Programmable ROM". Разновидностью EEPROM является флэш-память, принцип действия которой основан на хранении заряда в конденсаторе, образованном плавающим затвором и подложкой МОП-транзистора. Особенностью флэш-памяти является ее энергонезависимость, т.е. сохраняемость данных при выключенном питании.

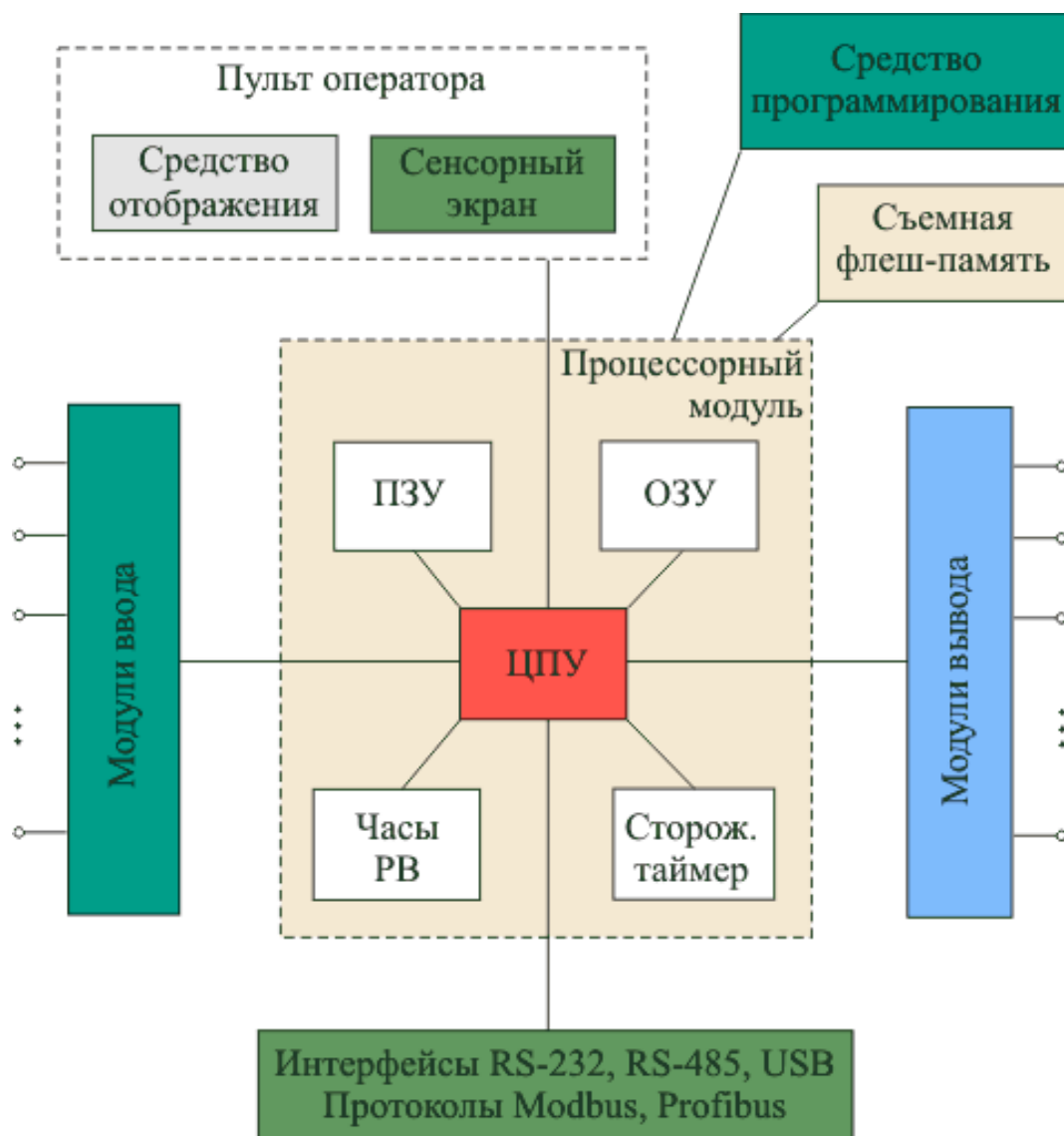


Рисунок 2.2 - Типовая архитектура ПЛК

Стирание и перезапись во флэш-памяти выполняется не отдельными ячейками, а большими блоками, поэтому она получила название, происходящее от английского "flash" - "вспышка". Недостатком всех ПЗУ является низкое быстродействие.

Количество циклов записи информации во флэш-память ограничено и составляет несколько десятков тысяч раз. Флэш-память может быть впаяна в печатную плату или быть съемной.

В качестве ОЗУ современные микропроцессоры используют статическую память (SRAM– Static Random Access Memory) и динамическую (DRAM – Dynamic Random Access Memory), SDRAM (Synchronous DRAM). SRAM выполняется на триггерах, информация в которых сохраняется неограниченно долго при наличии питания. В динамической памяти информация хранится на конденсаторах и поэтому DRAM требует периодической регенерации (перезарядки конденсаторов). К недостаткам триггерной памяти относится ее высокая стоимость, связанная с низкой плотностью компоновки триггеров на кристалле, и малое отношение емкости к цене. Достоинством является высокое быстродействие, достигающее гигагерц, в то время как память на конденсаторах не может работать на частотах выше сотен герц. Оба типа памяти (DRAM и SRAM) не могут сохранять информацию при отключении питания ПЛК. Поэтому некоторые типы ПЛК используют батарейное питание памяти для сохранения работоспособности системы автоматизации после кратковременного прерывания питания.

Моноблочные и модульные контроллеры используют, как правило, параллельную шину для обмена данными с модулями ввода-вывода, что позволяет на порядок повысить быстродействие их опроса по сравнению с последовательной шиной. Параллельные шины могут быть стандартными (ISA, PC/104, PCI, Compact PCI, VME, CXM) или фирменными. Последовательная шина контроллера (на основе интерфейса RS-485) используется для подключения к нему удаленных (распределенных) модулей ввода-вывода[25].

Контроллеры с модулями управления движением используются в работах, металло- и деревообрабатывающих станках, сборочных линиях, типографских машинах, в оборудовании для обработки пищи, для дозирования и упаковки, для автоматической сварки и лазерной резки, для обработки полупроводниковых пластин и т. п.

В силу специфики задачи контроллеры для управления движением занимают отдельное место на рынке ПЛК, поскольку отличаются как параметрами модулей ввода-вывода, так и специализированным программным обеспечением. Основными отличиями от модулей общего применения являются повышенные требования к быстродействию и особый состав каналов ввода-вывода, оптимизированный для задач управления движением с целью минимизации стоимости.

Электропривод строится обычно с двумя контурами обратной связи. Внутренний контур с сигналом от датчика скорости (тахометра или инкрементного энкодера) используется для управления скоростью двигателя и часто реализуется внутри сервоусилителя. Внешний контур с обратной связью от оси двигателя или от его нагрузки используется для управления позицией исполнительного механизма и вращающим моментом. Обратная связь от нагрузки позволяет повысить точность реализации траектории движения и использовать нежесткие механические связи, однако усложняет настройку замкнутой системы.

Сигнал обратной связи внешнего контура поступает от датчиков положения, в качестве которых используют энкодеры, резольверы, потенциометры, датчики Холла и тахометры. Энкодеры делятся на абсолютные и инкрементные. Инкрементные энкодеры определяют изменение положения механизма, а абсолютные определяют его абсолютное положение. Резольверы выполняют ту же функцию, что и энкодеры, но имеют аналоговый выходной сигнал, поскольку построены на основе вращающегося трансформатора и выдают синусоидальный и косинусоидальный сигналы, которые позволяют вычислить положение вала двигателя. Недостатком резольвера является низкое быстродействие и необходимость использования АЦП [28].

Сигналы обратной связи поступают в контроллер, который должен иметь модули для ввода сигналов от перечисленных выше датчиков. В

контроллер поступают также сигналы от концевых датчиков, установленных в крайних положениях исполнительного механизма. Управляющее воздействие из контроллера поступает на двигатель через сервоусилитель. Усилители имеют мощные выходные каскады с радиаторами, поэтому изготавливаются отдельно от контроллера. На их входы могут поступать аналоговые сигналы ± 10 В, цифровые или ШИМ-сигналы. Усилители делятся на усилители скорости, усилители момента, усилители с синусоидальным входным сигналом, усилители с импульсным входом, а также гидравлические. Обычно они имеют встроенную защиту от перенапряжения, низкого напряжения, перегрева, к. з., превышения тока, потери фазы. Выбирая усилитель с нужными характеристиками, можно выполнять управление оборудованием любой мощности, от микрозондов для тестирования полупроводниковых пластин до мощных металлообрабатывающих центров.

ПЛК могут иметь вход для джойстика или кнопок, которые позволяют управлять движением вручную.

Основным параметром модулей ввода-вывода для управления движением является количество одновременно управляемых осей координат. Ось координат в подавляющем большинстве случаев ассоциируется с одним двигателем. Однако несколько двигателей могут работать на общую нагрузку, например, два двигателя могут вращать общий вал с двух его концов или совместно осуществлять плоско-параллельное перемещение одной балки. В этом случае несколько двигателей соответствуют одной оси координат [28].

В общем случае ось координат определяется как линейная комбинация трех координатных осей, соответствующих трем двигателям, поэтому она не соответствует ни одному конкретному двигателю отдельно.

Модули ввода-вывода для управления движением оптимизированы для ввода сигналов энкодеров, резольверов, тахометров, потенциометров и концевых выключателей, а также для вывода сигналов управления

сервоусилителями. Основные параметры типовых модулей для управления движением приведены ниже.

Модули ввода могут иметь следующие входы:

- дифференциальные;
- дискретные входы;
- входы прерываний процессора;
- аналоговые входы для сигналов от резольвера и потенциометра.

Типовые модули вывода могут содержать:

- аналоговые каналы вывода с разрядностью 12, 14 или 16;
- дискретные выходы (обычно с открытым коллектором);
- цифровые выходы;
- импульсные выходы для шаговых двигателей.

Основными параметрами модулей ввода-вывода являются:

- время обновления данных;
- разрядность и количество АЦП-ЦАП;
- количество дискретных и импульсных входов/выходов;
- емкость памяти в шагах;
- тип и возможности программного обеспечения;
- типы коммуникационных интерфейсов.

Сигнал от инкрементного энкодера может поступать в некоторых случаях со скоростью до 20 Мбит/с, что требует быстродействующих счетчиков импульсов. В некоторых модулях используются процессоры цифровой обработки сигналов и специализированные микросхемы (ASIC).

В системах управления движением специализированными являются не только модули, но и программное обеспечение. Приведем примеры некоторых встроенных функций, которые выполняются контроллерами для управления движением:

- плавный пуск;

- перемещение: непрерывное, абсолютное, относительное, синхронное, в контрольную точку (для калибровки и синхронизации);
- синхронизация координат в режиме контрольных точек;
- реализация заданной траектории движения в пространстве;
- интерполяция: линейная, круговая, сплайнами;
- возврат в начальное положение;
- ручной режим управления;

управление зависимостью скорости от времени:

- трапецеидальная;
- автонастройка контуров регулирования;
- отладка программы без реального привода;
- подавление резонансных явлений (вибраций);
- автоматическое распознавание двигателя;
- управление силой или давлением;
- защита (от непреднамеренного запуска);
- самодиагностика;
- аварийная сигнализация;
- аварийный останов;
- функция таймера.

Источник питания. Стандартными напряжениями питания ПЛК являются напряжения 12 В, 24 и 48 В. Источником электрической энергии обычно является промышленная сеть 220В, 50 Гц. В случае распределенных систем автоматизации источник питания может быть расположен вдали от ПЛК, поэтому напряжение на клеммах ПЛК или модулей ввода-вывода может сильно отличаться от напряжения источника питания вследствие падения напряжения на сопротивлении кабеля. Для решения этой проблемы каждый ПЛК или каждый модуль удаленного ввода снабжаются встроенным

стабилизатором напряжения, который обеспечивает нормальное их функционирование в диапазоне напряжений от 10 до 30 В.

Низкое напряжение питания позволяет питать контроллеры от аккумуляторов бортовых сетей транспортных средств или переносных аккумуляторов.

В ПЛК иногда используют батарею для питания часов реального времени (которые должны функционировать при выключенном ПЛК) и для сохранения информации в ПЗУ на время аварийных перерывов питания.

Время реакции контроллера - это интервал времени от момента появления воздействия на систему (со стороны модулей ввода или оператора) до момента выработки соответствующей реакции. Время реакции зависит от длительности рабочего цикла контроллера, которое определяется быстродействием модулей ввода-вывода и производительностью процессора.

В контроллерах для ответственных применений могут быть предусмотрены следующие функции самодиагностики (см. также раздел "Аппаратное резервирование"):

- обнаружение ошибок центрального процессора;
- сигнализация о срабатывании сторожевого таймера;
- обнаружение отказа батареи или источника питания;
- обнаружение сбоя памяти;
- проверка программы пользователя;
- обнаружение выхода из строя предохранителя;
- обнаружение обрыва или к. з. в цепи датчика и нагрузки.

В контроллерах для систем противоаварийной защиты (ПАЗ) и сигнализации, а также для опасных промышленных объектов может быть предусмотрена возможность резервирования отдельных частей системы: промышленной сети, процессорного модуля или контроллера, источника питания, сетевого сервера, замкнутых контуров автоматического регулирования, модулей ввода-вывода. Объектом резервирования обычно

является наиболее ответственная или наиболее ненадежная часть системы (подробнее см. раздел "Аппаратное резервирование").

Надежность контроллеров характеризуется наработкой на отказ, которая определяется как отношение суммарного времени работоспособного состояния контроллера к математическому ожиданию числа его отказов в течение этого времени (ГОСТ 27.002-89) или наработкой до отказа - временем от начала эксплуатации до первого отказа. Надежность связана с допустимыми механическими перегрузками - амплитудой вибрации в требуемом диапазоне частот, допустимым ускорением при ударе.

Программирование контроллеров малой мощности выполняется с помощью кнопок, расположенных на лицевой панели или с помощью переносного пульта для программирования. В качестве пульта в последнее время используется компьютер формата "ноутбук". Программирование мощных контроллеров выполняется с помощью персонального компьютера, на котором устанавливается специальное программное обеспечение, например CoDeSys или ISa GRAF выполняющее трансляцию технологического языка стандарта МЭК 61131-3 в исполняемый код процессора, который загружается в ПЗУ ПЛК, например, через порт Ethernet.

Сторожевой таймер(Watchdog Timer-WDT) представляет собой счетчик, который считает импульсы тактового генератора и в нормальном режиме периодически сбрасывается (перезапускается) .

Часы реального времени(RV) представляют собой кварцевые часы, которые питаются от батарейки и поэтому продолжают идти при выключенном ПЛК. Часы RV используются, например, для управления уличным освещением в зависимости от времени суток, в системах охраны объектов и других случаях, когда необходима привязка данных или событий к астрономическому времени.

2.1 Разработка базы знаний программируемых логических контроллеров

На основании анализа технических заданий на разработку новой контрольно-проверочной аппаратуры поступающих в отдел 302 АО ИСС, были выявлены основные технические характеристики ПЛК, к которым предъявляются требования.

Перечень основных технических характеристики по которым осуществляется отбор приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1- Входные данные

Характеристика	Обозначение в программе	Ед. измерения	Характеристика физической величины	Ранг
Фирма изготовитель ПЛК.	Фирма изготовитель.	-	Качественная	30
Модель ПЛК.	Тип. (название) прибора.	-	Качественная	31
Напряжение питания контроллера, переменным током.	U пит перем.	Вольты.	Количественная	8
Напряжение питания контроллера, постоянным током.	U пит пост.	Вольты	Количественная	13
Напряжение встроенного источника питания.	U встрой. Ист.пит.	Вольты	Количественная	9
Разрядность микропроцессора контроллера.	Разрядность МП.	Биты	Количественная	1
Объем постоянной памяти.	ПЗУ.	Мегабайты.	Количественная	11
Объем оперативной памяти.	ОЗУ.	Мегабайты.	Количественная	12
Кол-во дискретных входов.	Кол-во DI.	Шт.	Количественная	10
Кол-во дискретных выходов реле.	Кол-во DQ (реле).	Шт.	Количественная	2
Кол-во дискретных выходов транзисторных.	Кол-во DQ (транз).	Шт.	Количественная	14
Максимальный ток дискретных выходов реле.	MAX I DQ (реле).	Шт.	Количественная	15
Максимальный ток дискретных выходов транзистора.	MAX I DQ (транз).	Шт.	Количественная	16
Кол-во аналоговых входов.	Кол-во (AI)	Шт.	Количественная	3

Окончание Таблицы 2.1

Характеристика	Обозначение в программе	Ед. измерения	Характеристика физической величины	Ранг
Кол-во аналоговых выходов	Кол-во (AQ)	Шт.	Количественная	17
Кол-во наращиваемых модулей.	Кол-во наращ. модулей.	Шт.	Количественная	4
Разрядность аналого-цифровых преобразователей.	Разрядность АЦП.	Биты	Количественная	18
Разрядность цифро-аналоговых преобразователей	Разрядность ЦАП.	Биты	Количественная	19
Язык программирования контроллера.	Язык программирования.	-	Качественная	5
Интерфейс связи и обмена контроллера.	Интерфейс	-	Качественная	6
Протокол связи и обмена контроллера.	Протокол.	-	Качественная	7
Среднее время между отказами, наработка на отказ.	Наработка на отказ.	Часы.	Количественная	20
Средний срок службы.	Средний срок службы.	Лет.	Количественная	21
Масса.	Масса.	Кг.	Количественная	25
Длина.	Длина.	мм.	Количественная	26
Ширина.	Ширина.	мм.	Количественная	27
Высота.	Высота.	мм.	Количественная	28
МАХ температура.	МАХ температура.	°С	Количественная	22
MIN температура.	MIN температура.	°С	Количественная	23
МАХ влажность.	МАХ влажность.	%	Количественная	24
Степень защиты корпуса IP.	Степень защиты корпуса IP.	IP	Количественная	29

Также было произведено ранжирование всех характеристик что позволит понимать значимость того или иного параметра при выборе контроллера.

Произведем описание каждой характеристики.

Фирма изготовитель ПЛК- организация производящая ПЛК, в данное время в этой области представляют свою продукцию около 50 отечественных фирм разработчиков ПЛК наиболее популярны контроллеры Овен, Ремиконт, ЭЛСИ-Т, Миконт, Эмикон и др.)

Модель ПЛК-название прибора, у большинства отечественных производителей на рынке представлено по несколько моделей, отличающихся между собой техническими, эксплуатационными и потребительскими свойствами.

Напряжение питания контроллера, переменным током- номинальное переменное напряжение при котором контроллер может гарантированно функционировать. Существующие значения (110-220 В).

Напряжение питания контроллера, постоянным током- номинальное постоянное (фильтрованное) напряжение при котором контроллер может гарантированно функционировать. Существующие значения (10-30 В).

Напряжение встроенного источника питания- номинальное постоянное (фильтрованное) напряжение, которое может выдавать встроенный источник питания контроллера, необходимое для питания модулей расширения, а также вторичных преобразователей. Существующие значения (10-30 В).

Разрядность микропроцессора контроллера-разрядность (битность) процессора определяет размер машинного слова - порцией, которой процессор обменивается информацией с оперативной памятью. Если размер машинного слова равен 1 байту, то процессор называют восьмиразрядным (8 бит), если он равен 2 байтам, процессор называют шестнадцатиразрядным (16 бит). Существующие значения (8-64 бит).

Объем постоянной памяти-объем энергонезависимой памяти, используемой для хранения редко изменяемой информации, такой, как операционная система, драйверы устройств, загрузчик, исполняемый модуль программы пользователя. Существующие значения (4-64 Мб).

Объем оперативной памяти-объем памяти которая используется для хранения данных, которые многократно изменяются в процессе работы контроллера, например, значения тегов, результаты промежуточных вычислений,

диагностическая информация, массивы, выводимые на графики, данные для отображения на дисплее. Существующие значения (4-128 Мб).

Количество дискретных входов- количество входов ПЛК предназначенных для обработки дискретных сигналов. Один дискретный вход ПЛК способен принимать один бинарный электрический сигнал, описываемый двумя состояниями – включен или выключен. Существующие значения (1-255).

Количество дискретных выходов(реле)- количество выходов предназначенных для выдачи дискретных сигналов, построенных на основе электро-механических реле, используется для управления состоянием включено/выключено исполнительных устройств. Существующие значения (1-255).

Количество дискретных выходов (транзисторных)- количество выходов предназначенных для выдачи дискретных сигналов, построенных на основе твердотельных реле, используется для управления состоянием включено/выключено исполнительных устройств. В сравнении с электро-механическими реле обладают более высоким быстродействием. Существующие значения (1-255).

Максимальный ток дискретных выходов реле- максимальный ток который может коммутировать релейный дискретный выход. Существующие значения (1-5 А).

Максимальный ток дискретных выходов транзистора- максимальный ток который может коммутировать транзисторный дискретный выход. Существующие значения (1-2 А)

Количество аналоговых входов- количество входов ПЛК, предназначенных для обработки аналоговых сигналов. Для унификации (сокращения числа типов) модулей ввода используют устройства нормирования сигналов, которые преобразуют измеряемую физическую величину в стандартный электрический сигнал, соответствующий ГОСТ

26.011-80 и ГОСТ Р 51841-2001. Фактически в промышленной автоматизации используются следующие стандартные диапазоны аналоговых сигналов: 0...10 В, 0... ±10 В, 1...5 В и 4...20 мА, 0...20 мА. ГОСТ Р 51841-2001[12].

Количество аналоговых выходов-количество выходов ПЛК, предназначенных для выдачи аналоговых унифицированных аналоговых сигналов.

Количество наращиваемых модулей-количество модулей ввода-вывода с помощью которых возможно расширение функций ПЛК.

Разрядность аналого-цифровых преобразователей-разрядность АЦП характеризует количество дискретных значений, которые преобразователь может выдать на выходе. Например, двоичный 8-разрядный АЦП способен выдать 256 дискретных значений (0...255).

Разрядность цифро-аналоговых преобразователей - количество различных уровней выходного сигнала, которые ЦАП может воспроизвести. Например, однобитный ЦАП способен воспроизвести два (2^1) уровня, а восьми битный — 256 (2^8) уровней.

Язык программирования контроллера. Контроллеры могут программироваться на следующих языках:

- на классических алгоритмических языках (С, С#, Visual Basic);
- на языках МЭК 61131-3.

Интерфейс связи и обмена контроллера- для работы с удаленными контроллерами или подсистемами ПЛК должен поддерживать интерфейсы связи таких как RS-232. -422. -485. Profibus, EthernetCAN, LON, MIL 1553 и многих других [28].

Протокол связи и обмена контроллера-для работы с удаленными контроллерами или подсистемами ПЛК должен поддерживать протоколы промышленных сетей, такие как Profibus, Canbus, Modbus, Lonwork и др., а также локальные сети [29].

Среднее время между отказами, наработка на отказ-надежность контроллеров характеризуется наработкой на отказ, которая определяется как отношение суммарного времени работоспособного состояния контроллера к математическому ожиданию числа его отказов в течение этого времени.

Средний срок службы-это период, в течение которого изготовитель ПЛК обязуется обеспечивать потребителю возможность использования товара по назначению; нести ответственность за существенные недостатки, возникшие по его вине

MAX температура-максимальная температура при которой ПЛК гарантировано выполняет свои функции.

MIN температура-минимальная температура при которой ПЛК гарантировано выполняет свои функции.

Степень защиты корпуса IP- Степень защиты от воздействия окружающей среды, обеспечиваемая корпусом контроллера, классифицируется ГОСТ 14254-96. Для обозначения степени защиты используются две буквы "IP", за которыми следуют две цифры. Первая цифра обозначает степень защиты изделия от попадания внутрь твердых посторонних тел, вторая цифра обозначает степень защиты изделия от попадания воды. Расшифровка обозначений приведена в табл. 2.2.

Таблица 2.2- Значения цифр в обозначении IP степени защиты

Цифра	Значение первой цифры.	Значение второй цифры.
0	Защита отсутствует	Защита отсутствует
1	Защита от твердых тел размером более 50 мм	Защита от капель воды
2	Защита от твердых тел размером более 12 мм	Защита от капель воды при наклоне до 15°
3	Защита от твердых тел размером более 2,5 мм	Защита от дождя
4	Защита от твердых тел размером более 1 мм	Защита от брызг
5	Защита от пыли. Проникновение пыли	Защита от водяных струй
6	Пыленепроницаемость. Пыль не проникает в оболочку	Защита от волн воды

2.2 Методика принятия решений по выбору программируемых логических контроллеров

2.2.1 Постановка задачи

Большие объемы данных о характеристиках ПЛК, поступающие к персоналу, занимающемуся выбором контроллеров для тех или иных задач не позволяют провести тщательную их обработку и анализ для выявления паттернов, позволяющих принимать решения о дальнейшей перспективе их применения в комплектации контрольно-проверочной аппаратуры.

Задача разработки методики ставится следующим образом:

Входными данными для реализации задач системы являются:

- P - множества определённых параметров ПЛК.
- P_i - множества значений параметра из базы знаний ПЛК.

Из которых мы можем выразить:

- P_{ij} - значение параметра конкретного ПЛК.

Далее мы встаем перед задачей компоновки в многомерном Евклидовом пространстве векторов факторов:

- $\{P_{ij}\}_k$ -вектор факторов всех значений параметров, конкретных контроллеров из базы знаний.
- $\{P_{ij}\}_T$ -и вектор факторов всех значений параметров заданного в техническом задании ТЗ эталонного контроллера которому будет находиться аналог.

Для этого все качественные характеристики необходимо перевести в количественные путем кодирования.

Например, интерфейсы и протоколы связи ПЛК будут закодированы натуральными числами (см. таблицу 2.3).

Таблица 2.3- Пример кодирования качественные характеристик

Интерфейс	Протокол.	Код
RS-232	Modbus RTU	1
RS-485	Modbus-ASCII	2
RS-232/ RS-485/	Modbus-TCP	3
RS-232/ RS-485/Ethernet	ОВЕН/Modbus-RTU/ Modbus-ASCII	4
RS-232/ RS-485/USB2.0	DCON/GateWay	5
RS-232/ RS-485/Ethernet/USB2.0	Modbus-RTU/DCON	6

После компоновки векторов, мы получим:

множество точек в Евклидовом пространстве, каждая из которых соответствует конкретному ПЛК из базы знаний.

Э-точку эталона, соответствующую всем указанным в ТЗ характеристикам.

Точки, представляющие собой закодированные ПЛК в многомерном пространстве, и точка эталона показаны на рисунке 2.3.

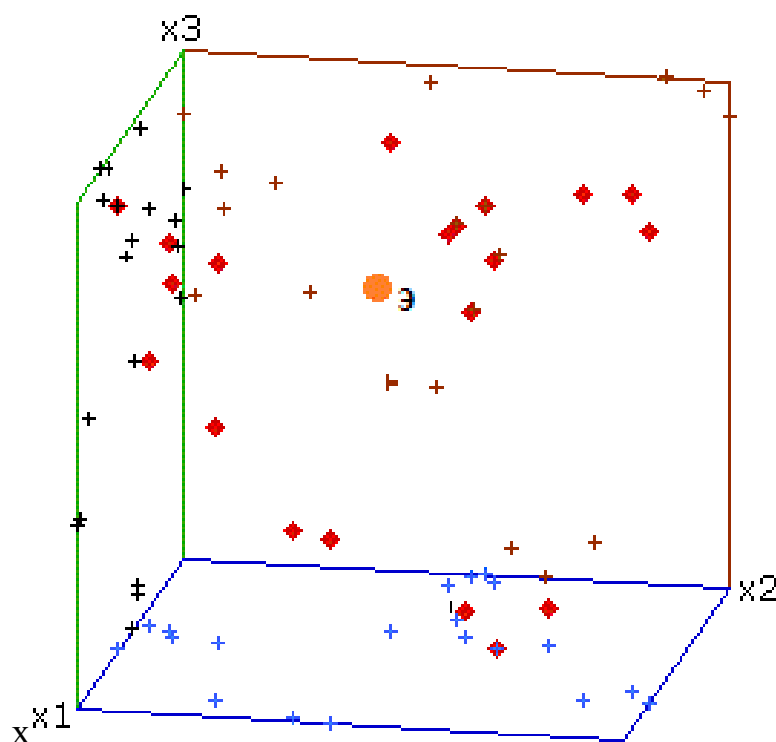


Рисунок 2.3 - Точки ПЛК в многомерном пространстве

Теперь имея многомерное пространство с точками контроллеров из базы и эталона из ТЗ предстоит решить задачу поиска близости ПЛК геометрически находящиеся ближе всего к точке ТЗ (т.е производится поиск евклидовой метрики).

2.3 Отбор и оценка моделей программируемого логического контроллера

На этом этапе будут отобраны 3 точки ПЛК, геометрически находящихся ближе к точке ТЗ, их вектора факторов будут преобразованы обратно в технические характеристики. Далее будет производиться сравнение отобранных ПЛК с ТЗ. С целью придания некоторым характеристикам большего веса в результирующем значении по сравнению с другими, было решено использовать весовую функцию. Далее на основании этих данных будет строиться лепестковая диаграмма, каждой шкале которой будет соответствовать определенный технический параметр, на которую будет накладываться профили параметров ТЗ, а уже на нее проецируются отобранные профили 3 наиболее подходящих ПЛК. Тем самым очень наглядно будут показаны недостатки и область покрытия требованиям ТЗ. Пример результата на диаграмме отображен на рисунке 2.4.

Исходя из этого можно выделить следующие основные этапы методики:

- 1 Определение требуемых характеристик контроллера по ТЗ.
- 2 Установка ограничений на значения параметров
- 3 Кодирование качественных параметров
- 4 Расчет координат точек в многомерном евклидовом пространстве для каждого ПЛК и ТЗ, решателем экспертной системы
- 5 Визуализация множества моделей ПЛК в многомерном пространстве и отбор ближайших к условиям ТЗ
- 6 Расчет коэффициента соответствия запросу ТЗ

7 Формирование рекомендаций для лица принимающего решение

Дополнительными этапами может быть построение визуализации и формирование отчета.

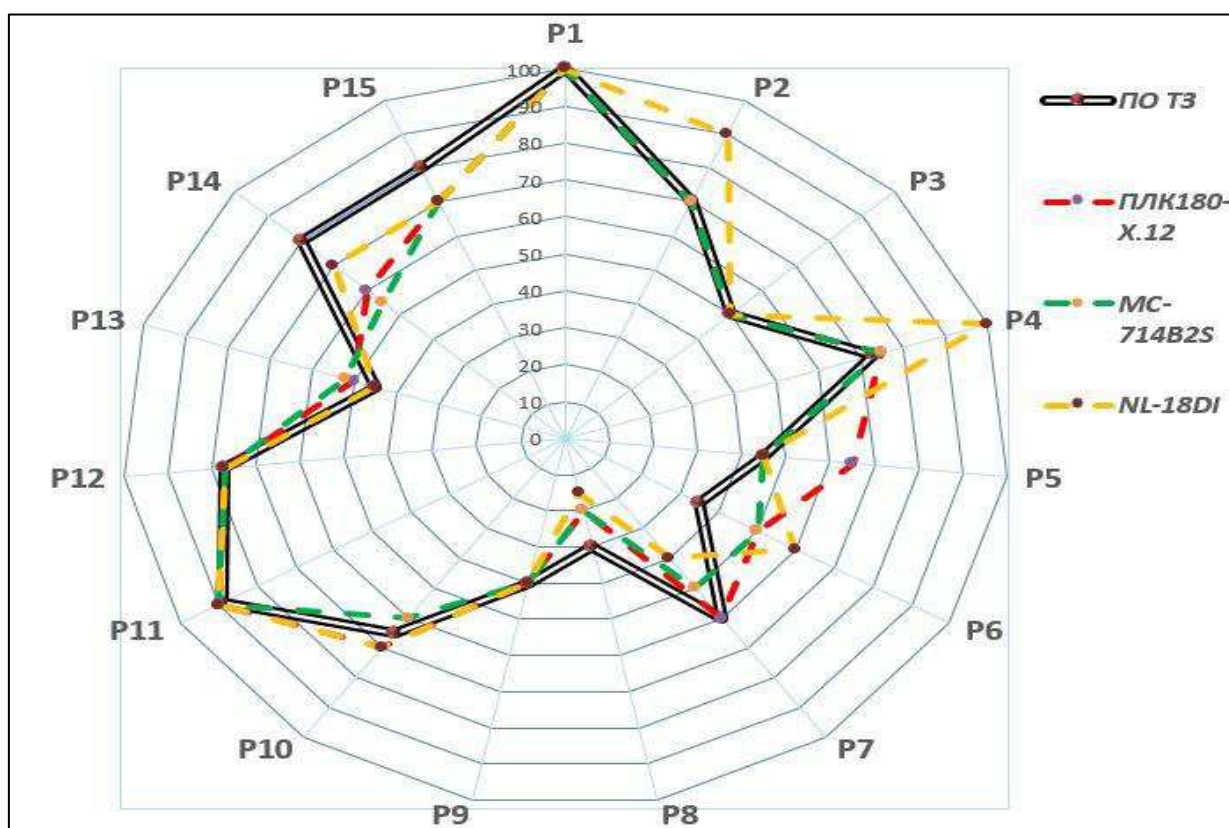


Рисунок 2.4 - Лепестковая диаграмма результатов

2.4 Выводы по 2 главе

В данной главе было произведено описание обобщенной модели ПЛК, описаны основные технические характеристики контроллера, а также разработка модели ПЛК.

Были выделены и отранжированы наиболее важные технические характеристики по которым будет осуществляться отбор, разработана база знаний о ПЛК.

Описана методика по которой будет осуществляться отбор.

3 Формирование базы программируемых логических контроллеров

для комплектования контрольно проверочной аппаратуры

Для функционирования СППР необходимо создать базы данных отечественных и импортных контроллеров. На основании перечня основных технических характеристик приведенных в таблице 2.1 была разработана база знаний импортных и отечественных ПЛК.

Фрагмент базы данных импортных ПЛК представлен на рисунке 3.1.

Фирма изго	Тип, марка ПЛ	Напряжени	Напряжени	Напряжени	Разрядност	ПЗУ КБ	ОЗУ КБ	Число диск	Число диск	Число диск	Макс ток ди	Макс ток ди	Число анал	Числ
Schneider	BMX P34 100D	220	24	0	32	2048	8192	0	0	0	0	0	0	0
Schneider	BMX P34 2010	220	24	0	32	4096	8192	0	0	0	0	0	0	0
Schneider	BMX DDM 3202K	220	24	0	0	2048	8192	16	16	0	2	0	0	0
Schneider	BMX DDI 6402K	220	24	0	0	4096	8192	64	0	0	0	0	0	0
Schneider	BMX DDO 3202K	220	24	0	0	2048	8192	0	32	0	2	0	0	0
Schneider	BMX ART 0814	220	24	0	0	2048	8192	0	0	0	0	0	0	8
Schneider	BMX AMM 0600	220	24	0	0	4096	8192	0	0	0	0	0	0	0
Mitsubishi	AL2-14MR-A	220	0	0	16	131072	131072	8	6	0	2	0	0	0
Mitsubishi	AL2-14MR-D	220	24	0	16	131072	131072	8	6	0	8	0	8	8
Mitsubishi	AL2-24MR-A	220	0	0	16	4069	2048	15	9	0	2	0	0	0
Mitsubishi	AL2-24MR-D	0	24	0	16	131072	131072	15	9	0	8	0	8	8
Mitsubishi	FX3U-32MT/DSS	0	24	0	32	131072	131072	16	0	16	0	0,5	0	0
Mitsubishi	FX3U-32MT/ESS	220	0	0	32	4069	2048	16	0	16	0	0,5	0	0
Mitsubishi	FX3U-12BMT/DS	220	0	0	32	150	150	64	64	0	2	0	0	0
Mitsubishi	FX3U-12BMT/ES	220	0	0	32	125	125	64	0	64	0	0,5	0	0
Siemens	CPU 1211C	220	24	24	32	1024	1024	6	4	4	2	0,5	2	2
Siemens	CPU 1212C	220	24	24	32	75	1024	8	6	0	2	0	0	2
Siemens	CPU 1214C	220	24	24	32	100	4096	14	10	10	2	0,5	2	2
Siemens	CPU 1215C	220	24	24	32	125	4096	14	10	10	2	0,5	2	2
Siemens	CPU 1217C	220	24	24	32	150	4096	14	10	10	2	0,5	2	2
Siemens	CPU 1214FC	220	24	24	32	125	4096	14	10	0	2	0	2	2
Siemens	CPU 1215FC	220	24	24	32	150	4096	14	10	0	2	0	2	2
Siemens	SM 1221	0	24	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0
Siemens	SM 1222	0	24	0	0	0	0	16	16	0	2	0	0	0
Siemens	SM 1223	0	24	0	0	0	0	16	16	0	2	0	0	0
Siemens	SM 1231	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
Siemens	SM 1234	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 3.1 - Базы знаний импортных ПЛК

Фрагмент базы знаний отечественных ПЛК представлен на рисунке 3.2.

Фирма изготовитель	Тип, марка	Напряжени	Напряжени	Напряжени	Разрядност	ПЗУ КБ	ОЗУ КБ	Число диск	Число диск	Число диск	Макс ток
НПП «Автоматика-С»	Автоматика Т1	220	0	0	32	4096	6144	6	6	0	0
НПП «Автоматика-С»	МТК-20	220	24	0	16	280	10	8	4	0	0
НПП «Автоматика-С»	ПЛК63	220	0	0	32	280	10	8	6	0	0
Овен	ПЛК73	220	0	0	32	280	10	8	4	0	0
Овен	ПЛК100	220	24	0	32	4096	8192	8	12	0	0
Овен	ПЛК150	220	0	0	32	4096	8192	6	4	0	0
Овен	ПЛК154	220	0	0	32	4096	8192	4	4	0	0
Овен	ПЛК110-Х.30	220	24	0	32	6144	1024	18	12	12	12
Овен	ПЛК110-Х.32	220	24	0	32	6144	1024	18	14	14	14
Овен	ПЛК110-Х.60	220	24	0	32	6144	1024	36	24	24	24
Овен	ПЛК160-Х.А	220	24	24	32	8192	4096	16	12	0	0
Овен	ПЛК160-Х.У	220	24	24	32	8192	4096	16	12	0	0
Овен	ПЛК160-Х.И	220	24	24	32	8192	4096	16	12	0	0
ТЕКОН	МФК1500	220	24	24	32	131072	131072	2016	520	0	0
ТЕКОН	МФК3000	220	24	24	32	131072	131072	2016	1000	0	0
ТЕКОН	ТКМ410	220	0	12	32	4069	2048	36	24	0	0
ТЕКОН	Р06	220	0	24	32	65536	65536	32	16	0	0
НИЛ АП	МС-4А7D4R40	0	24	0	8	4	4	12	4	2	2
НИЛ АП	МС-12D4R40	0	24	0	8	4	4	12	4	2	2
НИЛ АП	МС-12D6R	0	24	0	8	4	4	12	0	0	0
НИЛ АП	МС-8D2S	0	24	0	8	4	4	8	2	0	0
НИЛ АП	NLcon-CEД	0	24	0	32	65536	131072	0	0	0	0
НИЛ АП	NLcon-CE-485-	0	24	0	32	262144	262144	0	0	0	0
НИЛ АП	NLcon-1АТ	0	24	0	8	4	4	16	16	0	0
НИЛ АП	NL-8Т1	0	24	0	16	0	0	0	2	0	0
НИЛ АП	NL-4RTD	0	24	0	16	0	0	0	3	0	0

Рисунок 3.2 - Базы знаний отечественных ПЛК

В каждую базе описано не менее 40 моделей контроллеров разных производителей.

Далее на основании баз контроллеров была создана база словаря для каждого технического параметра в котором перечислены все встречающиеся состояния того или иного параметра.

Фрагмент базы словаря характеристик представлен на рисунке 3.3.

Напряжение питания, перемен ток В.	220	110	н/д	-					
Напряжение питания, постоян ток В.	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Напряж.встроенного источ. пит.	24	12	н/д	-					
Разрядность МП ПЛК.	8	13	32	н/д	-				
ПЗУ. Мб.	0,01	0,25	0,4	0,5	1	2	4	6	8 Мб
ОЗУ	1 Мб	8 Мб	6 Мб	128 Мб	10 Кб	2 Мб	4 Кб	256 Мб	4 Мб
Число дискретных входов. (DI)	4	6	8	12	16	16	18	32	36
Число дискретных вых реле. (DQR)	2	6	12	14	16	24	32	520	1000
Число дискретных вых транзист. (DQT)	2	12	14	15	16	24	64	н/д	-
Макс ток дискрет. Вых. (реле), А.	0,3	0,5	2	3	5	8	9	10	16
Макс ток дискрет. Вых. (транзист), А.	0,4	0,5	1	н/д	-				
Число аналоговых входов. (AI)	2	3	4	6	8	9	16	1008	н/д
Число аналоговых выходов. (AQ)	2	4	6	256	512	н/д	-		
Число наращиваемых модулей.	1,00	5,00	15,00	25,00	25	35,00	64	120,00	256,00
Разр-сть АЦП, бит.	10	12	14	16	н/д	-			
Разр-сть ЦАП, бит.	8	10	12	14	16	16	н/д	-	
Язык программирования.	FBD	LD	ST	IL	SFC	C++	н/д	-	
Интерфейс	1	2	3	4	5	6	7	н/д	-
Протокол.	1	2	3	4	5	6	7	н/д	-
Наработка на отказ ч.	8000	10000	11000	80000	100000	100000	696320	700 000	798237
Средний срок службы, лет	0,6	8	10	15	20	20	170	н/д	-
Масса Кг.	0,2	0,3	0,35	0,5	0,6	1	12	20	25
Длина, мм.	52	60	64	75	86	100	105	110	114
Ширина, мм.	0,2	0,42	0,5	0,6	1,2	55	65	76	83
Высота, мм	24	25	33	52,5	50	55	58	60	61
МАХ температура	8	45	50	55	55	60	60	70	70
MIN температура	-50	-40	-25	-20	-10	-5	0	н/д	-
МАХ влажность	70	80	95	85	н/д	-			

Рисунок 3.3 - Базы данных словаря характеристик

Методика выбора ПЛК производится в 3 этапа.

На первом этапе, будет производиться ввод всех требуемых для отбора параметров из ТЗ.

Также для каждого из параметров определяется условия ограничения выборки (точно, не меньше, не больше). Окно ввода параметров ТЗ отображено на рисунке 3.4.

Параметр	Значение параметра	Ограничение	Параметр	Значение параметра	Ограничение
Фирма изготовитель	Не важно	Не задано	Разрядность АЦП, бит	12	Не меньше
Тип. модель ПЛК	Не важно	Не задано	Разрядность ЦАП, бит	Не важно	Не задано
U пит. прем. В.	220	Точно	Язык программирования	МЭК 61131-3	Точно
U пит. пост. В.	Не требуется	Не задано	Интерфейс	Не важно	Не задано
U встой. ист.пит В.	27	Точно	Протокол	Не важно	Не задано
Разрядность МП бит.	32	Не меньше	Наработка на отказ тыс ч.	Не важно	Не задано
ПЗУ Мб.	64	Не меньше	Средний срок службы, лет	15	Не меньше
ОЗУ Мб	128	Не меньше	Масса Кг	Не важно	Не задано
Кол-во DI	15	Не меньше	Длина, мм	Не важно	Не задано
Кол-во DQ.(реле)	5	Не меньше	Ширина, мм	Не важно	Не задано
Кол-во DQ.(транз)	Не требуется	Не задано	Высота, мм	Не важно	Не задано
MAX I DQ. (реле), А.	4	Не меньше	MAX температура С°	25	Не меньше
MAX I DQ. (транз), А.	Не требуется	Не задано	MIN температура С°	+5	Не задано
Кол-во AI	1	Точно	MAX влажность %	Не важно	Не задано
Кол-во AQ	Не требуется	Не задано	Степень защиты корпуса IP	20	Не задано
Кол-во наращ. модулей	Не важно	Не задано			
Импортный аналог	Не задано				

Найти контроллер

Рисунок 3.4 - Окно ввода параметров ТЗ

Тем самым мы сформировали задание для экспертной системы в многомерном пространстве.

На втором этапе методике производится отбор ПЛК по заданным значениям. В результате выдается окно рекомендаций, в котором указаны 3

наиболее подходящих контроллера. Так же для каждого из них произведен расчет коэффициента соответствия, по которому можно судить о степени соответствия предложенных ПЛК параметрам, заданным в ТЗ.

Окно предложений по выбору ПЛК отображено на рисунке 3.5.

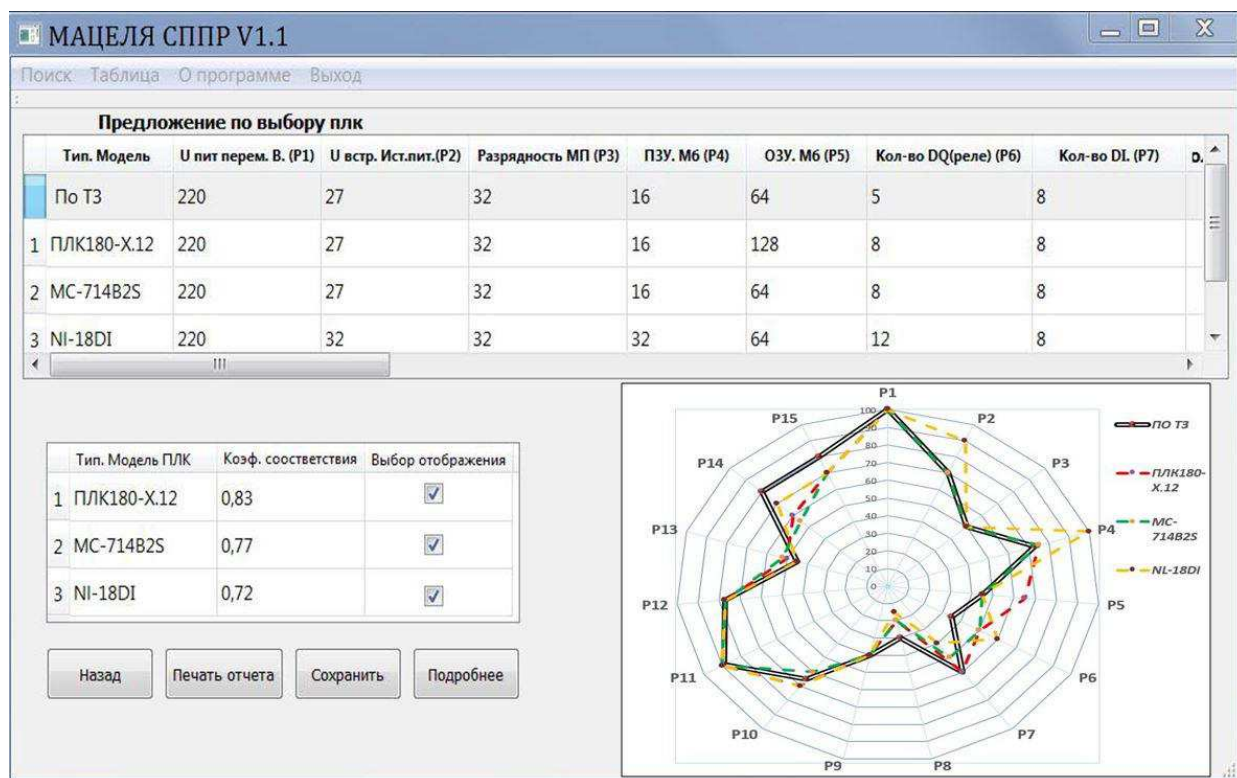


Рисунок 3.5 - Окно предложений по выбору ПЛК

На третьем этапе строится лепестковая диаграмма, на которую будет накладываться профили параметров ТЗ, а уже на нее проецируются отобранные профили ПЛК. Тем самым очень наглядно показаны недостатки и область покрытия требованиям ТЗ.

3.2 Анализ результата, полученного по методике и сравнение с мнением эксперта

В результате анализа предложения экспертной системы было выявлено что система действительно выбрала самые подходящие потребностям ПЛК.

Также 4 экспертам была предложена выборка из 10 ближайших по характеристикам к ТЗ ПЛК, совпадение результатов СППР с мнениями экспертов составило 75%. Результат опроса экспертов представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4- Мнения экспертов

	ПЛК 1	ПЛК 2	ПЛК 3
Эксперт 1	ПЛК180-х12	МС-714В2S	NI-18DI
Эксперт 2	ПЛК180-х12	МС-714В2S	NI-18DI
Эксперт 3	МС-714В2S	ПЛК180-х12	NI-18DI
Эксперт 4	ПЛК180-х12	NI-18DI	МС-714В2S
СППР	ПЛК180-х12	МС-714В2S	NI-18DI
Совпадение %	75	50	75

3.3 Выводы по 3 главе

В данной главе было произведено формирование базы знаний ПЛК на основании перечня основных технических характеристик .

Произведен выбор отечественных ПЛК для КПА по предложенной методике.

Произведен анализ результатов по лученных по методике и сравнение их с мнением эксперта.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ПЛК- программируемый логический контроллер;

КПА- контрольно-проверочная аппаратура;

ТЗ-техническое задание;

ОЗУ- оперативное запоминающее устройство;

ПЗУ-постоянное запоминающее устройство.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Анашкин, А. С. Техническое и программное обеспечение распределенных систем управления / А.С. Анашкин, Э.Д. Кадыров, В.Г. Харазов. – Санкт-Петербург: «П-2», 2004. – 368 с.
- 2 Балавин, М. А. Проблемы создания интегрированной системы управления технологическими процессами и электроснабжением / Приборы и системы управления. –2002. -№10. с.4-8.
- 3 Большов, В. М. Программно-технический комплекс АСУТП «Турбоком-4000» / Приборы и системы управления. –1998. -№10. с.43-48.
- 4 Гольдштейн, А. М. Модернизация контроллеров Лмиконт. / Приборы и системы управления. –2001. -№11. с.43-44.
- 5 Жестков, М. А. Программно-технический комплекс «Дирижер» / Приборы и системы управления. –1998. -№11. с.22-24.
- 6 Зимин, В. А. Семейство контроллеров ЭЛПК-03 фирмы «ЭЛНА» / Приборы и системы управления. –2002. -№10. с.11-14.
- 7 Иванов, А. Н. QNX-контроллеры – шаг в XXI век /Приборы и системы управления. –1998. -№1. с.4-8.
- 8 Ицкович, Э. Л. Особенности микропроцессорных программно-технических комплексов разных фирм и их выбор для конкретных объектов / Приборы и системы управления. –1997. -№8. с.1-4.
- 9 Лутохин, А. А. Программно-технический комплекс для систем управления рассредоточенными объектами / Приборы и системы управления. – 1997. -№1. с.18-19.
- 10 Муранов, С. В. Новые программируемые контроллеры УНИКОНТ / Приборы и системы управления. –1998. -№5. с.13-15.
- 11 Плескач, Н. В. Многоцелевой контроллер КР-300 серии КОНТРАСТ / Приборы и системы управления. –1998. -№6. с.27-29.

- 12 Распутин, А. С. Управление энергоресурсами на базе ПТК ЭКОМ / Приборы и системы управления. –2001. -№2. с.32-36.
- 13 Серезин, Л. П. Многофункциональный комплекс программно-аппаратных средств для построения распределенных систем управления – МФК «Техноконт» / Приборы и системы управления. –1995. -№10. с.3-7.
- 14 Серезин, Л. П. Новогодние новости от ассоциации «Техноконт» / Приборы и системы управления. – 1998. -№1. с.3-4.
- 15 Хохловский, В. Н. Средства автоматизации технологических процессов компании Schneider / Приборы и системы управления. –1998. -№4. с.13-16.
- 16 Шехтман, М. Б. Программно-технический комплекс «КРУГ-2000» / Приборы и системы управления. –1999. -№5.с.15-19.
- 17 Лутохин, А. А. Программно-технический комплекс для систем управления рассредоточенными объектами / Приборы и системы управления. –1997. -№1. с.18-19.
- 18 Ицкович, Э. Л. Особенности микропроцессорных программно-технических комплексов разных фирм и их выбор для конкретных объектов / Приборы и системы управления. –1997. -№8. с.1-4.
- 19 Серезин, Л. П. Проблемы развития контроллеров российских производителей. Промышленные контроллеры и АСУ. 2007. № 2.
- 20 Иленьтев, А.С. Программируемые контроллеры. Часть 1. Общие положения и функциональные характеристики.
- 21 Жестков, М. А. Программируемые контроллеры. Часть 3. Языки программирования МЭК 61131-3–95.
- 22 Зюбин, В.Е. Программирование ПЛК: языки МЭК 61131-3 и возможные альтернативы. Промышленные АСУ и контроллеры. 2005. № 11.
- 23 Жестков, М. А. Необходимость и достаточность номенклатуры каналов ввода-вывода в промышленных контроллерах. Промышленные АСУ и контроллеры .2008. № 2.

24 Ицкович, Э. Л. Проблемы развития контроллеров российских производителей / Промышленные АСУ и контроллеры. 2007. №

25 Ицкович, Э. Л. Конкурентоспособность российских производителей контроллеров на рынке средств автоматизации производства / Там же. 2008. № 2.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.Е. Косенко

подпись инициалы, фамилия

« 22 » 06 2017г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО
ВЫБОРУ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ
КОНТРОЛЛЕРОВ

Тема


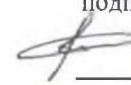
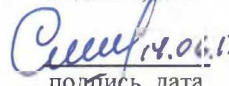
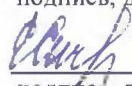
09.04.01 Информатика и вычислительная техника

код и наименование направления

09.04.01.03 Информационные системы космических аппаратов и центров

управления полетами

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	 13.06.17 подпись, дата	доцент МБК ПФКТ, канд. техн. наук должность, ученая степень	<u>В.А. Углев</u> инициалы, фамилия
Выпускник	 13.06.17 подпись, дата	Магистрант	<u>А.В. Мацеля</u> инициалы, фамилия
Рецензент	 14.06.17 подпись, дата	Нач. лаб 3202 АО «ИСС» должность, ученая степень	<u>В.В. Смирнов</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	 13.06.17 подпись, дата		<u>Е.С. Сидорова</u> инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.Е. Косенко

подпись инициалы, фамилия

«Ad» 06 2017 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту: Мацеля Акиму Владимировичу

фамилия, имя, отчество

Группа: КИ15-01-3М Направление (специальность): 09.04.01

номер

код

«Информационные системы космических аппаратов и центров управления полетами»

наименование

полетами»

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка методики поддержки принятия решений по выбору отечественных программируемых логических контроллеров»

Утверждена приказом по университету № от 01.06.17 № 7118/c

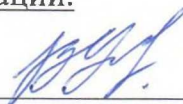
Руководитель ВКР: Углев Виктор Александрович, канд. техн. наук преподаватель кафедры МБК ПФКТ СФУ.

Исходные данные для ВКР: Провести разработку методики поддержки принятия решений по выбору отечественных программируемых логических контроллеров

Перечень разделов ВКР: 1 Технологии экспертного принятия решений. 2 Методика принятия решений по выбору ПЛК.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов: слайды презентации.

Руководитель ВКР



В. А. Углев

подпись

Задание принял к исполнению



А. В. Мацеля

подпись

« 15 » ОКТЯБРЯ 2015 г.