

Учреждение образования «Витебский государственный
университет им. П.М. Машерова»
Кафедра инженерной физики

Автоматизация производства

КУРС ЛЕКЦИЙ

Автор составитель – к.т.н. Краснобаев Е.А.

*Витебск
УО «ВГУ им. П.М. Машерова»
2012*

Содержание

Лекция 1. Основные понятия теорий автоматизации и управления.....	3
Лекция 2. Архитектура современных АСУТП.....	18
Лекция 3. Промышленные сети.....	40
Лекция 4. Методы и средства формирования информации о состоянии технологических процессов	50
Лекция 5. Общие понятия и структура SCADA-систем	61
Лекция 6. Интеграция АСУТП и АСУП.....	81
Литература	96

Репозиторий ВГУ

Лекция 1. Основные понятия теорий автоматизации и управления.

Введение в АСУТП

Для технологических объектов отрасли, как объектов автоматизации, характерными являются следующие особенности: наличие разнородных функциональных задач, возникающих при автоматизации; сравнительно высокий уровень автоматизации существующих ТОО; повышение актуальности задач оптимизации и др. Управлять подобными объектами невозможно без современных средств автоматизации и вычислительной техники, без высокоэффективных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

АСУТП относятся к классу сложных систем, которым присущи следующие черты: наличие у всех элементов общей цели; системный характер реализуемых алгоритмов обмена и обработки информации; большое число входящих в систему функциональных подсистем.

Современный этап развития АСУТП характеризуется применением промышленных технологий создания и внедрения АСУТП на базе серийно выпускаемых промышленных контроллеров, совместимых с персональными компьютерами и мощных программно-технических комплексов (ПТК) поддержки программирования АСУТП – SCADA систем, а также развития и стандартизации сетевых технологий.

Построение АСУТП на основе концепции открытых систем позволяет аппаратно-программные средства различных производителей совмещать снизу доверху и обеспечивать проверку всей системы. При таком подходе значительно уменьшается общая стоимость системы в результате применения более дешевого оборудования (при аналогичных функциональных характеристиках), частичной и поэтапной замене имеющихся на предприятии аппаратно-программных средств или даже сохранении некоторого старого оборудования.

Важнейшими свойствами открытых систем являются:

- мобильность прикладных программ; мобильность персонала; четкие
- условия взаимодействия частей системы с использованием
- открытых спецификаций.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) предназначена для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления.

Технологический объект управления (ТОУ) — это совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим инструкциям или регламентам технологического процесса производства.

К технологическим объектам управления относятся:

- технологические агрегаты и установки (группы станков), реализующие самостоятельный технологический процесс;
- отдельные производства (цехи, участки) или производственный процесс всего промышленного предприятия, если управление этим производством носит в основном технологический характер, т. е. заключается в реализации рациональных режимов работы взаимосвязанных агрегатов (участков, производств).

Совместно функционирующие ТОУ и управляющая им АСУТП образуют автоматизированный технологический комплекс (АТК).

Автоматизированная система управления технологическим процессом - человеко-машинная система управления, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с принятым критерием.

Такое определение АСУТП подчеркивает наличие в ее составе современных автоматических средств сбора и обработки информации, в первую очередь средств вычислительной техники; роль человека в системе как субъекта труда, принимающего содержательное участие в выработке решений по управлению; реализацию в системе процесса обработки технологической и технико-экономической информации; цель функционирования АСУТП, заключающуюся в оптимизации работы технологического объекта управления по принятому критерию (критериям) управления путем соответствующего выбора управляющих воздействий.

Критерий управления АСУТП — это соотношение, характеризующее качество функционирования технологического объекта управления в целом и принимающее конкретные числовые значения в зависимости от используемых управляющих воздействий. Таким образом, критерием управления обычно является технико-экономический показатель (например, себестоимость выходного продукта при заданном его качестве, производительность ТОУ при заданном качестве выходного продукта и т. п.) или технический показатель (например, параметры процесса, характеристики выходного продукта).

Система управления ТОУ является АСУТП в том случае, если она осуществляет управление ТОУ в целом в темпе протекания технологического процесса и если в выработке и реализации решений по управлению, участвуют средства вычислительной техники и другие технические средства и человек-оператор. АСУТП в системе управления промышленным предприятием.

АСУТП как компоненты общей системы управления промышленным предприятием предназначены для целенаправленного ведения технологических процессов и обеспечения смежных и вышестоящих систем управления оперативной и достоверной технико-экономической информацией.

АСУТП, созданные для объектов основного и вспомогательного производства, представляют собой низовой уровень автоматизированных систем управления на предприятии.

АСУТП могут использоваться для управления отдельными производствами, включающими в свой состав взаимосвязанные ТОУ.

АСУТП производства обеспечивает оптимальное (рациональное) управление как всеми АТК и ТОУ, так и вспомогательными процессами (приемкой, транспортировкой, складированием входных материалов, заготовок и готовой продукции и т. д.), входящими в состав данного производства.

Организация взаимодействия АСУТП с системами управления высших уровней определяется наличием на промышленном предприятии автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) и автоматизированных систем организационно-технологического управления (АСОУТ).

АСУТП получает от соответствующих подсистем АСУП или служб управления предприятием непосредственно или через АСУОТ задания и ограничения (номенклатуру подлежащих выпуску продуктов или изделий, объемы производства, технико-экономические показатели, характеризующие качество функционирования АТК, сведения о наличии ресурсов) и обеспечивает подготовку и передачу этим системам необходимой для их работы технико-экономической информации, в частности о выполнении заданий, продукции, оперативной потребности в ресурсах, состоянии АТК (состоянии оборудования, ходе технологического процесса, его технико-экономических показателях и т. п.).

При наличии на предприятии систем технической и (или) технологической подготовки производства обеспечивается взаимодействие АСУТП с этими системами. АСУТП получают от них техническую, технологическую и другую информацию, необходимую для проведения заданных технологических процессов, и направляют в эти системы фактическую оперативную информацию, необходимую для их функционирования, в том числе для корректировок регламентов проведения технологических процессов.

При создании на предприятии комплексной системы управления качеством продукции АСУТП являются ее исполнительными подсистемами, обеспечивающими заданное качество продукции ТООУ и подготовку фактической оперативной информации о ходе технологических процессов (статистический контроль и т.д.).

Перечень, форма представления и режим обмена информацией между АСУТП и взаимосвязанными с ней другими системами управления (как автоматизированными, так и

неавтоматизированными) определяются в каждом конкретном случае в зависимости от специфики производства, его организации и принятой структуры управления им.

1.2 Функции АСУТП.

При создании АСУТП должны быть определены конкретные цели функционирования системы и ее назначение в общей структуре управления предприятием. Такими целями, например, могут быть:

- экономия топлива, сырья, материалов и других производственных ресурсов;
- обеспечение безопасности функционирования объекта;
- повышение качества выходного продукта (изделия) или обеспечение заданных значений параметров выходных продуктов (изделий);
- снижение затрат живого труда; достижение оптимальной загрузки (использования) оборудования;
- оптимизация режимов работы технологического оборудования (в том числе, маршрутов обработки в дискретных производствах) и т. д.

Функция АСУТП — это совокупность действий системы, направленных на достижение частной цели управления. Совокупность действий системы представляет собой определенную и описанную в эксплуатационной документации последовательность операций и процедур, выполняемых частями системы. Следует отличать функции АСУТП в целом

от функций, выполняемых всем комплексом технических средств системы или его отдельными устройствами.

Функции АСУТП подразделяются на управляющие, информационные и вспомогательные.

Управляющая функция АСУТП — это функция, результатом которой являются выработка и реализация управляющих воздействий на технологический объект управления. К управляющим функциям АСУТП относятся:

- регулирование (стабилизация) отдельных технологических переменных;
- одноконтное логическое управление операциями или аппаратами;
- программное логическое управление группой оборудования;
- оптимальное управление установившимися или переходными технологическими режимами или отдельными участками процесса;
- адаптивное управление объектом в целом (например, самонастраивающимся комплексно-автоматизированным участком станков с числовым программным управлением).

Информационная функция АСУТП — это функция системы, содержанием которой являются сбор, обработка и представление информация о состоянии АТК оперативному персоналу или передача этой информации для последующей обработки. К информационным функциям АСУТП относятся:

- централизованный контроль и измерение технологических параметров;
- косвенное измерение (вычисление) параметров процесса (технико-экономических показателей, внутренних переменных);
- формирование и выдача данных оперативному персоналу АСУТП или (АТК);
- подготовка и передача информации в смежные системы управления;
- обобщенная оценка и прогноз состояния АТК и его оборудования.

Отличительная особенность управляющих и информационных функций АСУТП их направленность на конкретного потребителя (объект управления, оперативный персонал, смежные системы управления).

Вспомогательные функции АСУТП - это функции, обеспечивающие решение внутрисистемных задач.

Вспомогательные функции не имеют потребителя вне системы и обеспечивают функционирование АСУТП (функционирование технических средств системы, контроль за их состоянием, хранением информации и т. п.).

В зависимости от степени участия людей в выполнении функций системы различаются два режима реализации функций: автоматизированный и автоматический.

Автоматизированный режим реализации управляющих функций характеризуется участием человека в выработке (принятии) решений и (или) их реализации. При этом возможны следующие варианты:

- ручной режим, при котором комплекс технических средств представляет оперативному персоналу контрольно-измерительную информацию о состоянии ТООУ, а выбор и осуществление управляющих воздействий производит человек-оператор;

- режим «советчика», при котором комплекс технических средств вырабатывает рекомендации по управлению, а решение об их использовании принимается и реализуется оперативным персоналом;

- диалоговый режим, при котором оперативный персонал имеет возможность корректировать постановку и условия задачи, решаемой комплексом технических средств системы при выработке рекомендаций по управлению объектом.

Автоматический режим реализации управляющих функций предусматривает автоматическую выработку и реализацию управляющих воздействий. При этом различаются:

- режим косвенного управления, когда средства вычислительной техники автоматически изменяют уставки и (или) параметры настройки локальных систем автоматического управления (регулирования);

- режим прямого (непосредственного) цифрового (или аналого-цифрового) управления, когда управляющее вычислительное устройство формирует воздействие на исполнительные механизмы.

Автоматизированный режим реализации АСУТП информационных функций АСУТП предусматривает участие людей в операциях по получению и обработке информации.

В автоматическом режиме все необходимые процедуры обработки информации реализуются без участия человека.

АСУТП представляют собой системы управления, качественно отличные от систем автоматического регулирования (САР), предназначенных для стабилизации режимов процессов и агрегатов.

На рис. 1.1 приведены структуры САР и АСУТП. Системы автоматического регулирования, как правило, представляют собой замкнутые системы управления, функционирующие без участия человека.

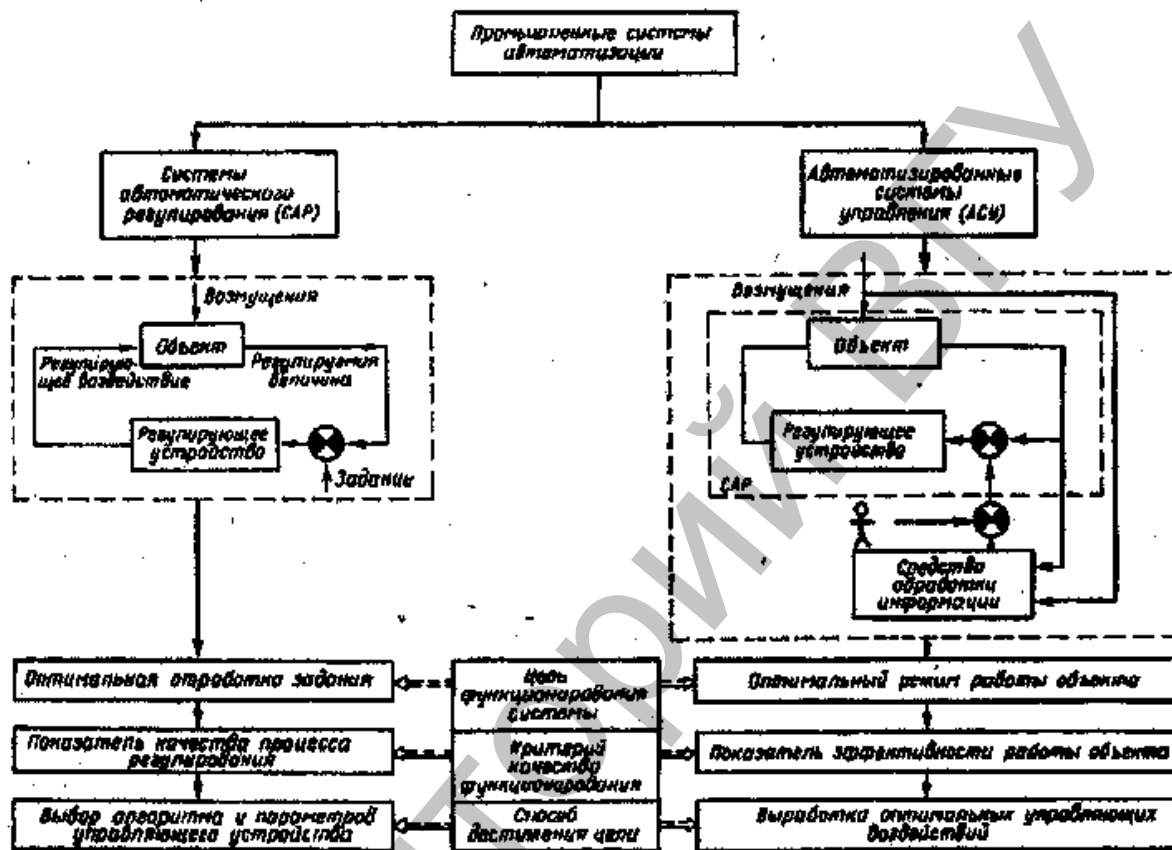


Рис. 1.1 Сравнение промышленных систем автоматизации

Основная цель САР - оптимальная обработка задания, обеспечивающего стабилизацию требуемой физической величины или технологического параметра. При этом значение задания считается известным и может быть как постоянным, так и изменяющимся по заранее известному закону.

Структура АСУТП, в отличие от САР, предполагает неперенное участие человека – оператора в принятии решений по управлению объектом. Структура АСУТП обязательно включает контур формирования оператором управляющих воздействий, поскольку цель АСУТП – реализация оптимального режима работы объекта.

Критериями оптимальности технологических режимов, как правило, являются технико-экономические показатели (к.п.д., удельные расходы

сырья, энергии, топлива, себестоимость продукции), которые обычно не могут быть непосредственно измерены, а получаются в результате соответствующих вычислительных процедур

1.3 Состав АСУТП.

Для выполнения функций АСУТП необходимо взаимодействие следующих ее составных частей:

- технического обеспечения (ТО);
- программного обеспечения (ПО);
- информационного обеспечения (ИО);
- организационного обеспечения (ОО);
- оперативного персонала (ОП).

Техническое обеспечение АСУТП представляет собой полную совокупность технических средств, достаточную для функционирования АСУТП и реализации системой всех ее функций.

В состав комплекса технических средств (КТС АСУТП) входят вычислительные и управляющие устройства; средства получения (датчики), преобразования, хранения, отображения и регистрации информации (сигналов); устройства передачи сигналов и исполнительные устройства.

Программное обеспечение АСУТП — совокупность программ, необходимая для реализации функций АСУТП, заданного функционирования комплекса технических средств АСУТП и предполагаемого развития системы.

Программное обеспечение АСУТП подразделяется на общее ПО и специальное программное обеспечение.

Общее программное обеспечение АСУТП поставляется в комплекте со средствами вычислительной техники. К общему программному обеспечению АСУТП относятся необходимые в процессе функционирования и развития системы программы, программы для автоматизации разработки программ, компоновки программного обеспечения, организации функционирования вычислительного комплекса и другие служебные и стандартные программы (организующие программы, транслирующие программы, библиотеки стандартных программ и др.).

Специальное программное обеспечение АСУТП разрабатывается или заимствуется из соответствующих фондов при создании конкретной системы и включает программы реализации основных (управляющих и информационных) и вспомогательных (обеспечение заданного

функционирования КТС системы, проверка правильности ввода информации, контроль за работой КТС системы и т. п.) функций АСУТП.

Специальное программное обеспечение АСУТП разрабатывается на базе и с использованием программ общего программного обеспечения.

Программы специального программного обеспечения, имеющие перспективу многократного использования, после промышленной проверки могут передаваться в соответствующие фонды или заводам-изготовителям вычислительной техники для включения их в состав общего программного обеспечения.

Информационное обеспечение АСУТП включает:

- информацию, характеризующую состояние автоматизированного технологического комплекса;
- системы классификации и кодирования технологической и технико-экономической информации;
- массивы данных и документов, необходимых для выполнения всех функций АСУТП, в том числе нормативно-справочную информацию.

Организационное обеспечение АСУТП представляет собой совокупность описаний функциональной, технической и организационной структур, инструкций и регламентов для оперативного персонала АСУТП, обеспечивающее заданное функционирование оперативного персонала в составе АТК.

В состав оперативного персонала АСУТП входят:

- технологи - операторы, осуществляющие контроль за работой и управление ТОУ с использованием информации и рекомендаций по рациональному управлению, выработанных комплексом технических средств АСУТП;
- эксплуатационный персонал АСУТП, обеспечивающий правильность функционирования комплекса технических средств АСУТП.

Ремонтный персонал в состав оперативного персонала АСУТП не входит. Создание АСУТП допускается осуществлять по подсистемам.

Подсистема АСУТП — это часть системы, выделенная по функциональному или структурному признаку. Функциональный признак позволяет делить систему, например, на управляющую и информационную подсистемы или ряд подсистем в соответствии с целями.

Структурный признак позволяет делить АСУТП на подсистемы, обеспечивающие управление частью объекта или соответствующие самостоятельным частям комплекса технических средств и т. д.

1.4 Общие технические требования

К АСУТП в целом предъявляются следующие основные требования. Она должна:

- осуществлять управление ТОУ в целом в темпе протекания технологического процесса и в выработке и реализации решений по управлению должны участвовать средства вычислительной техники и человек-оператор;
- обеспечивать управление ТОУ в соответствии с принятыми критериями эффективности функционирования АТК (критериями управления АСУТП);
- выполнять все возложенные на нее функции с заданными характеристиками и показателями качества управления;
- обладать требуемым уровнем надежности;
- обеспечивать возможность взаимосвязанного функционирования с системами управления смежных уровней иерархии и другими АСУТП;
- отвечать эргономическим требованиям, предъявляемым к системам, в частности к способам и форме представления информации оператору, к размещению технических средств и т. д.;
- обладать требуемыми метрологическими характеристиками измерительных каналов;
- допускать возможность модернизации и развития в пределах, предусмотренных техническим заданием (ТЗ) на создание АСУТП;
- нормально функционировать в условиях, указанных в ТЗ на систему;
- обеспечивать заданный средний срок службы с учетом проведения восстановительных работ, указанных в технической документации на основные составные части АСУТП.

1.5 Классификация АСУТП

При планировании, проведении и обобщении разработок АСУТП следует иметь в виду, что эти системы весьма разнообразны. Для решения ряда научных, технических и организационных вопросов необходимо пользоваться общей классификацией АСУТП, т. е. правилами разбиения всего множества этих систем на такие подмножества (классификационные группы), в пределах которых все входящие в них АСУТП одинаковы, близки или похожи в том или ином отношении.

АСУТП как объекты классификации характеризуются многими существенными факторами и показателями, каждый из которых может выступать в роли классификационного признака. Поэтому общая классификация АСУТП состоит из ряда частных классификаций, проводимых по одному из таких признаков.

В зависимости от поставленных целей необходимо пользоваться различными классификационными признаками или их разными сочетаниями. Приводимая ниже классификация АСУТП может использоваться в основном с целями:

- выбора систем-аналогов на ранних этапах разработки АСУТП;
- оценки необходимых ресурсов при укрупненном планировании работ по созданию АСУТП;
- определения качества (научно-технического уровня) АСУТП;
- определения капиталоемкости АСУТП в условных единицах. К основным классификационным признакам АСУТП относятся:
- уровень, занимаемый ТОУ и АСУТП в структуре предприятия;
- характер протекания технологического процесса во времени;
- показатель условной информационной мощности;
- уровень функциональной надежности АСУТП;
- тип функционирования АСУТП.

Классификации по каждому из указанных признаков (а также по любым их сочетаниям) могут рассматриваться и использоваться как независимые: конкретному индексу одного (или нескольких) признака могут соответствовать любые индексы других признаков.

По уровню, занимаемому в структуре предприятия, АСУТП классифицируется в соответствии с табл.1.1

Таблица 1.1 Классификация АСУТП по уровню, занимаемому в организационно-производственной иерархии

Класс АСУТП	Кодовый индекс	ТОУ
АСУТП нижнего уровня	1	Технологические агрегаты, установки, участки
АСУТП верхнего уровня	2	Группы установок, цехи, производства; не включают

		АСУТП нижнего уровня
АСУТП многоуровневые	3	То же, что в классе 2, но включая АСУТП нижнего уровня

Характер протекания управляемого технологического процесса во времени определяется непрерывностью (или дискретностью) поступления сырья и реагентов, наличием (или отсутствием) длительных установившихся и переходных режимов функционирования ТООУ, наличием и длительностью дискретных операций по переработке входных потоков материалов. По этому признаку АСУТП классифицируются в соответствии с табл. 1.2.

Таблица 1.2. Классификация АСУТП технологического процесса во времени

Класс АСУТП	Кодовый индекс	Характер технологического процесса
АСУ с непрерывным технологическим процессом	н	Непрерывный с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся, и практически безостановочной подачей сырья и реагентов
АСУ с непрерывно-дискретным технологическим процессом	п	Сочетание непрерывных и прерывистых режимов функционирования различных технологических агрегатов или на различных стадиях процесса (в том числе периодические процессы)
АСУ с дискретным технологическим процессом	д	Прерывистый, с несущественной для управления длительностью технологических операций

Условная информационная мощность ТОО характеризуется числом технологических переменных, измеряемых или контролируемых в данной АСУТП. В зависимости от значения этого показателя АСУТП подразделяются на классы (табл. 1 3).

Таблица 1 3. Классификация АСУТП по условной информационной мощности

		минимальное	максимальное
Наименьшая	1	10	40
Малая	2	41	160
Средняя	3	161	650
Повышенная	4	651	2500
Большая	5	2501	Не ограничено

Требуемый (или достигнутый) уровень функциональной надежности АСУТП решающим образом влияет на структуру и многие технические характеристики системы, а также на реальные значения показателей ее эффективности. Укрупненная классификация АСУТП по уровню функциональной надежности приведена в табл.1 4

Таблица 1.4. Классификация АСУТП по уровню функциональной надежности

Уровень функциональной надежности	Кодовый уровень	Краткая характеристика надежности
Минимальный	1	Практически не регламентируется, не требует специальных мер
Средний	2	Регламентируется, но отказы в АСУТП не приводят к остановам ТОО

Высокий	3	Жестко регламентируется, так как отказы в АСУТП могут привести к остановам ТООУ или авариям
---------	---	---

Тип функционирования АСУТП приблизительно характеризуется совокупностью автоматически выполняемых информационных и управляющих функций системы. Классификация АСУТП по этому признаку дана в табл.1 5.

Таблица1 5. Классификация АСУТП по типу функционирования

Условное наименование типа функционирования АСУТП	Кодовый индекс	Краткая характеристика особенностей функционирования системы
Информационный	и	Автоматически выполняются только информационные функции, решения по управлению принимает и реализует оператор
Локально-автоматический	л	Автоматически выполняются информационные функции и функции локального управления (регулирования). Решения по управлению процессом в целом принимает и реализует оператор
Советующий	с	Автоматически выполняются функции информационные, локального управления и с помощью модели процесса формируются советы по выбору управляющих воздействий с учетом критерия

Все функции АСУТП, включая управление процессом по критерию, выполняются автоматически

Определенный в соответствии с табл. 1-5 класс АСУТП обозначается в кодовой или словесной форме.

Кодовое обозначение класса АСУТП состоит из основного и дополнительного кодов. Основной код строится из цифровых и буквенных индексов классификации, приведенных в табл. 1-5.

Например, словесному обозначению АСУ непрерывным технологическим процессом в агрегате «советующего» типа, с 360 технологическими переменными и высшим уровнем функциональной надежности соответствует код 1н33 с, легко определяемый по табл. 1—5.

Выбор систем-аналогов разрабатываемой АСУТП с использованием приведенной классификации осуществляется следующим образом:

- в соответствии с табл. 1-5 определяют класс, к которому принадлежит разрабатываемая АСУТП, и ее составной классификационный индекс;
- в ведомственных, отраслевых и межотраслевых классификационных фондах находят несколько разработок АСУТП, имеющих составной классификационный индекс, совпадающий с индексом данной системы;
- среди найденных таким образом разработок АСУТП выбирают ту, которая в большей степени может считаться наиболее близким аналогом создаваемой, а принятые в ней решения подлежат анализу с целью определения возможности и целесообразности их повторного применения в создаваемой АСУТП.

Лекция 2. Архитектура современных АСУТП.

Специалисты по комплексной автоматизации предприятий придерживаются 5-уровневой структуры при построении индустриальных систем (рис.11.1):

1 - системы планирования ресурсов предприятия ERP (Enterprise Resource Planning);

2 - Системы исполнения производства MES (Manufacturing Execution Systems);

3 - станции оперативного технического персонала MMI (Men-Maching Interface);

4 — средства локального управления (Control);

5 — датчики и исполнительные устройства I/O (Input/Output).

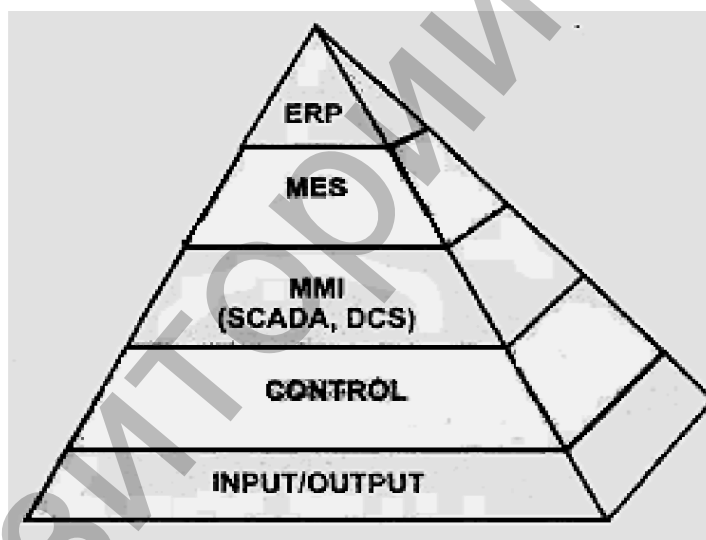


Рис.11.1 Пирамида комплексной автоматизации предприятия

На уровне ERP осуществляются расчет и анализ финансово-экономических показателей, решаются административные и логистические задачи; на уровне MES — задачи управления качеством продукции, планирования и контроля последовательности операций технологического процесса, управления производственными и людскими ресурсами в рамках технологического процесса, технического обслуживания производственного оборудования.

Согласно ранее принятой терминологии эти два уровня относятся к задачам АСУП (автоматизированные системы управления предприятием).

Технические средства, с помощью которых решаются задачи уровней ERP и MES - персональные компьютеры и рабочие станции.

На следующих трех уровнях решаются задачи, которые относятся к классу АСУТП (автоматизированные системы управления технологическими процессами).

Уровень I/O представлен датчиками и исполнительными механизмами.

Уровень Control занимают устройства под общим названием программируемые контроллеры (ПК). Условно задачи, решаемые контроллерами на этом уровне можно разделить на две группы:

- локальное управление объектом (например, поддержание температуры на заданном уровне);
- сбор данных (например, опрос нескольких датчиков температуры и передача сообщения о параметрах в цифровом виде системе верхнего уровня).

На практике часто встречается сочетание этих двух типов задач. На протяжении последних 30 лет техническими средствами уровня Control служили программируемые логические контроллеры (ПЛК). Однако в настоящее время на уровне Control развернута жесткая конкуренция между ПЛК с универсальными программируемыми контроллерами, оснащенными устройствами сопряжения с объектами (УСО). На уровне MMI осуществляется оперативное управление технологическим процессом, принимаются тактические решения, направленные на поддержание стабильности процесса, решаются задачи двусторонней связи оператор — технологический процесс. По способу организации взаимосвязей между уровнями MES, MMI и Control системы MMI подразделяют на две группы:

- SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition);
- DCS (Distributed Control System).

Ведущие производители программируемых логических контроллеров (фирмы Siemens, Allen Bradley, Mitsubishi, AEG Modicon) ориентируются на использование своей продукции в системах типа SCADA, структурная схема которой приведена на рис 11.2. Системы SCADA обычно имеют серверную структуру. Выделенный узел осуществляет сбор информации от контроллеров, ее обработку и передачу контроллерам управляющих воздействий. Этот же узел может выполнять функции операторской станции или быть ее сервером. Техническими средствами, на основе которых реализуют операторские станции, служат промышленные компьютеры.

Однако в ряде случаев экономически целесообразно объединить функции управления и ММІ интерфейса на основе единых аппаратных средств, и тогда неминуемо придется выбирать между промышленным компьютером и программируемым логическим контроллером.

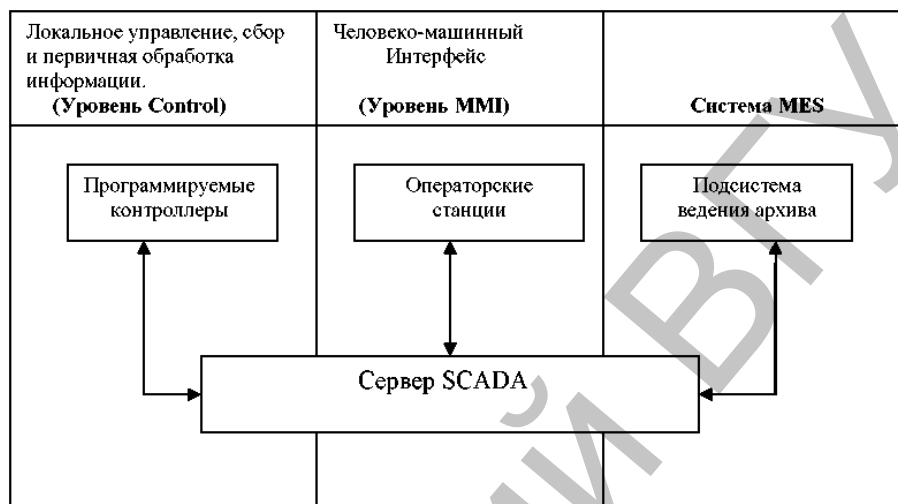


Рис11.2 Обобщенная структура системы типа SCADA

Таким образом, современные ПЛК могут использоваться в качестве технического средства сразу на двух уровнях «пирамиды», и на каждом из них они испытывают все более серьезную конкуренцию со стороны средств, программно совместимых с персональными компьютерами общего назначения.

Прежде, чем обратиться к классификации программируемых контроллеров, взглянем еще раз на пирамиду комплексной автоматизации (см. рис.11.1) и отметим два важных аспекта:

1. Движение от основания пирамиды к ее вершине сопровождается значительным усложнением аппаратных средств и программного обеспечения, требующихся для реализации задач каждого уровня;
2. Число единиц технических средств, используемых на верхнем и нижнем уровнях, несоизмеримы. Самыми массовыми изделиями средств автоматизации являются датчики, исполнительные устройства и программируемые контроллеры.

Терминология технических средств

Функциональное определение программируемого контроллера объединяет (как минимум) четыре класса технических средств автоматизации:

- промышленный компьютер;
- программируемый (иногда промышленный) контроллер;
- программируемый логический контроллер;
- контроллер сбора данных УСО в распределенных системах.

Зачастую дополнительную путаницу в терминологию вносит сокращение ПК, которое одновременно обозначает и промышленный компьютер, и программируемый контроллер, а иногда (по неаккуратности использования терминологии) и программируемый логический контроллер. Однако, использование одной аббревиатуры ПК для всех этих средств не случайно, поскольку они имеют одинаковые особенности:

- средства выполнены на основе микропроцессорной элементной базы и являются микропроцессорными системами;

- средства уже имеют в своем составе (или могут быть легко дооснащены) устройства(ми) сопряжения с объектом (УСО), которые выполняют функции гальванической развязки источников дискретного, аналогового сигналов, конечного силового оборудования и устройств ввода/вывода контроллера, приведения границ шкалы непрерывного сигнала к стандартному диапазону измерительного канала, предварительной низкочастотной фильтрации;

- средства имеют конструктивное специальное исполнение - размещение плат на специальных шасси, покрытие плат специальными составами, применение пыле- и влагонепроницаемых корпусов, рассчитанных на избыточное внутреннее давление и т. д. Все эти меры обеспечивают работоспособность с высокой надежностью в условиях повышенного уровня электромагнитных помех, воздействия агрессивной химической среды, вибрациях, удаленного расположения объекта от средства управления.

Границы между средствами в значительной степени размыты. Однако описать функциональные отличительные особенности каждого типа средств представляется возможным.

Промышленный компьютер. В настоящее время — это WINDOWS совместимый компьютер в промышленном исполнении. В нем присутствует полный набор средств MMI, но дисплеи, клавиатуры, винчестеры, тоже

имеют специальное исполнение. Часто встречается щитовой вариант исполнения.

Универсальный программируемый контроллер - это микропроцессорная система, мощность которой практически не отличается от мощности промышленного компьютера. Однако если для последнего одной из основных была функция MMI, то контроллер ориентирован в основном на работу в качестве локального узла сбора и передачи данных в распределенной сети в реальном масштабе времени или на локальное управление объектом. Промышленные контроллеры часто оснащены аналоговыми и дискретными адаптерами ввода/вывода подобно ПЛК. В последнее время под промышленным контроллером все чаще понимают WINDOWS совместимые платформы типа microPC и PC 104, хотя это и не обязательно.

С функциональной точки зрения изделия этих двух классов объединяет важная особенность - открытое программное обеспечение. В эти изделия может быть загружено любое программное обеспечение, работающее под управлением операционной среды WINDOWS или специальных операционных систем (ОС) реального времени, программа управления может быть написана на языках высокого уровня общего применения. Эта особенность является чрезвычайно привлекательной.

Программируемый логический контроллер - это микропроцессорная система специального назначения с проблемно-ориентированным программным обеспечением для реализации алгоритмов логического управления и/или замкнутых систем автоматического управления в сфере промышленной автоматизации. ПЛК отличаются от специализированных встраиваемых микропроцессорных контроллеров универсальностью структуры и инвариантностью по отношению к объекту управления в пределах указанного класса задач.

Контроллер сбора данных представляет собой микропроцессорную систему, предназначенную только для сбора информации. Эти контроллеры выполняют функции преобразования сигналов группы первичных датчиков в цифровой код и передачи, полученных данных устройству верхнего уровня, используя какой-либо из протоколов локальных промышленных сетей. Программное обеспечение двух последних типов систем не является открытым.

Структура ПЛК

Первые ПЛК появились в 1967 г. и были предназначены для локальной автоматизации наиболее часто встречающихся в промышленности технологических задач, которые описывались преимущественно логическими уравнениями. ПЛК с успехом заменили блоки релейной автоматики и устройства жесткой логики на интегральных микросхемах малой и средней степени интеграции. Отсюда и название — программируемый логический контроллер, или Programmable Logic Controller (PLC).

Аппаратные средства, программное обеспечение и конструктивное исполнение ПЛК должны удовлетворять следующим требованиям:

- универсальная структура изделия, которая позволяет свести каждую новую разработку к выбору среди существующих аппаратных средств и разработке новой управляющей программы;
- высокая надежность;
- удобство обслуживания и эксплуатации;
- простое программирование и перепрограммирование устройства (возможно не специалистом в области компьютерной техники);
- стандартизация входов и выходов для непосредственного подключения датчиков и исполнительных устройств;
- меньшие габариты и энергопотребление, чем у аналогичных блоков релейной автоматики и жесткой логики;
- конкурентоспособность по стоимости со схемами на основе релейной техники, жесткой полупроводниковой логики, возможность обмена информацией с системой управления верхнего уровня.

Тридцатилетний опыт технического развития и эксплуатации привел к выделению ПЛК в отдельный класс микропроцессорных систем.

ПЛК представляют собой завершенную форму микропроцессорных средств, которые характеризуются оригинальной архитектурой и специальным программным обеспечением. Реализованные решения в области аппаратных и программных средств преследуют цель обеспечения максимально возможного уровня надежности при работе в промышленных условиях эксплуатации. Весь комплекс этих решений можно подразделить на следующие функциональные группы:

- специальная архитектура центрального процессора ПЛК;
- использование различных способов резервирования;
- использование программных методов защиты информации;
- специальная схемотехника УСО;

- организация специальных быстродействующих магистралей связи с удаленными УСО;
- специальное конструктивное исполнение.

Структура ПЛК, подключенного к объекту управления, показана на рис.11.3. Центральный процессор (CPU) включает собственно микропроцессор, память программ и память данных, формирователи магистрали сопряжения с локальными модулями ввода/вывода, адаптеры связи с удаленными модулями УСО, адаптеры связи с периферийным сервисным оборудованием (пульт оператора, дисплеи, печатающее устройство). Локальными модулями УСО называют модули, конструктивно расположенные в одном крейте с платами ЦП и памяти ПЛК.

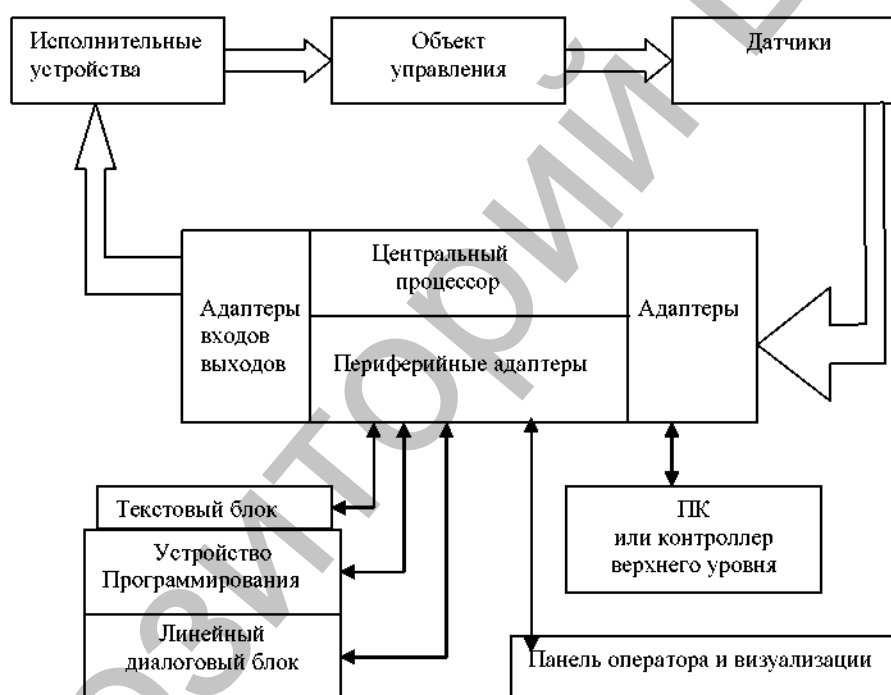


Рис.11.3 Программируемый логический контроллер в системе управления

Центральный процессор (ЦП) ПЛК имеет следующие особенности:

- память программ и память данных ПЛК разделены не только логически, но и физически. Специализация центральной памяти ЦП является отличительной особенностью ПЛК, причем область памяти выходных переменных обязательно выполнена энергонезависимой с целью поддержания состояния объекта при отключении питания;

- в ЦП ПЛК встраиваются аппаратные устройства контроля адресного пространства, которые могут быть различными, в зависимости от структуры блоков памяти ПЛК;

- при построении ЦП используются методы структурного резервирования составных элементов (например, ЦП может включать два обрабатывающих блока, которые объединены между собой блоками принятия решений; при этом сигналы выходных воздействий формируются только в случае, когда они одинаковы для обоих блоков; отказавшая структура выявляется с помощью встроенных тестовых программ);

- несколько сторожевых таймеров, входящих в состав ЦП ПЛК, контролируют строго определенное время выполнения одного цикла управляющей программы и отдельных ее частей;

- ЦП средних и мощных ПЛК часто выполнены многопроцессорными, причем распределение задач между отдельными процессорами обусловлено типовыми алгоритмами функционирования ПЛК, а способы передачи информации между процессорами подчиняются жесткому требованию реализации программы управления объектом за строго определенный временной интервал.

Интерфейс между датчиками, исполнительными устройствами, и ЦП ПЛК обеспечивается специальными электронными модулями ввода/вывода (адаптеры). В связи с тем, что ПЛК ориентированы на работу в промышленных условиях, особое внимание уделяется схемотехнике и конструкции помехоустойчивых дискретных входов/выходов (рис 11.4).

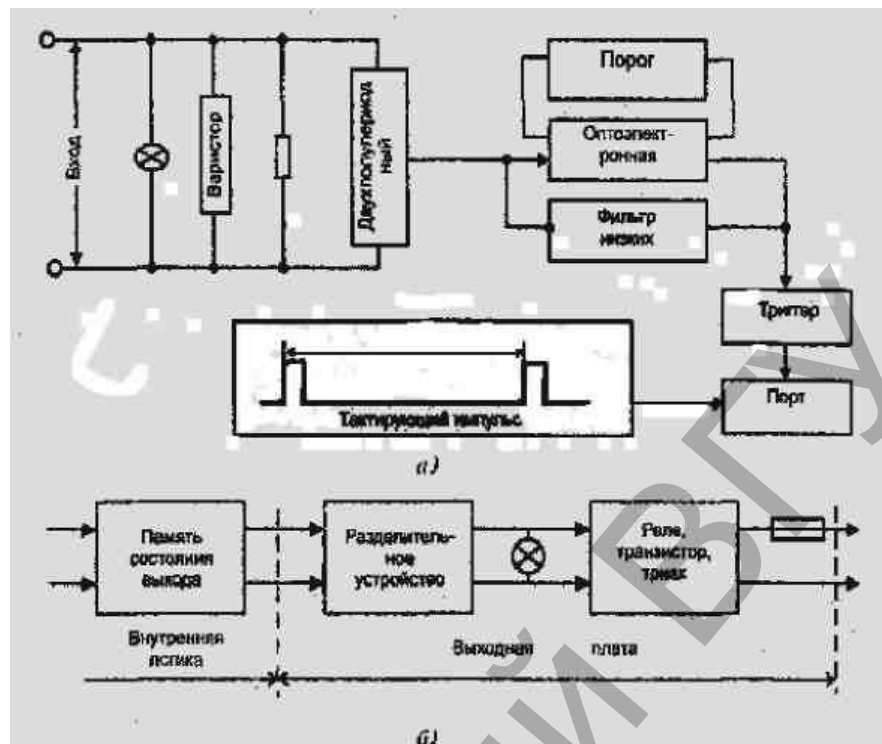


Рис 11.4 Структурные схемы дискретных входа (а) и выхода (б) ПЛК

Кроме собственно приема информации, адаптеры дискретных входов выполняют предварительную обработку сигнала, выделение полезного сигнала из зашумленного, реализуют развязку сигналов с различными уровнями мощности. Уровни постоянного и переменного напряжений входного дискретного сигнала стандартизованы: ± 24 В, -130 В, -240 В. Адаптеры дискретных выходов должны, кроме гальванической развязки, обеспечивать определенную мощность сигнала, необходимую для управления исполнительным устройством. Стандартные параметры выходов следующие: постоянное напряжение 24 В, переменное напряжение 130 В и 240 В при силе тока до 10 А. Выходным устройством могут быть биполярные или полевые транзисторы, реле, триод, тиристор. Гальваническая развязка обеспечивается разделительным трансформатором на переменном токе или оптронами на постоянном токе.

ПЛК непрерывно развивались в сторону усложнения. Постепенно, не изменяя названия, они стали выполнять функции регулирования. В составе ПЛК появились адаптеры ввода аналоговых сигналов, содержащие АЦП, и адаптеры вывода аналоговых сигналов на основе ЦАП. Система команд ПЛК пополнилась командами обработки двоичных кодов, ПЛК стали выполнять операции сравнения и алгебраические вычисления. Чем же отличается

выполнение этих действий в ПЛК и в универсальном микропроцессорном контроллере или промышленном компьютере?

Операционная система ПЛК

Память программ ПЛК состоит из двух сегментов. Первый сегмент — неизменяемая часть, которая содержит ОС ПЛК. По существу, это — интерпретатор инструкций программы пользователя, которые размещаются во втором сегменте памяти — сегменте программы управления. Второй сегмент - это изменяемая часть программы. Она заносится на этапе адаптации серийного изделия для управления конкретным объектом.

ПЛК отличается циклическим характером работы. Каждый цикл выполнения программы управления включает четыре этапа (рис11.5).

На первом этапе происходит тестирование аппаратуры ЦП. Если тест дает удовлетворительные результаты, производится запуск цикла. На втором этапе осуществляется опрос всех входных переменных и запоминание их состояния в специальной области оперативной памяти данных, называемой РИ (Process Input Image -образ состояния входных переменных). На третьем этапе ЦП производит вычисление логических выражений, составляющих программу пользователя, используя в качестве аргументов состояние входных образов и внутренние переменные.

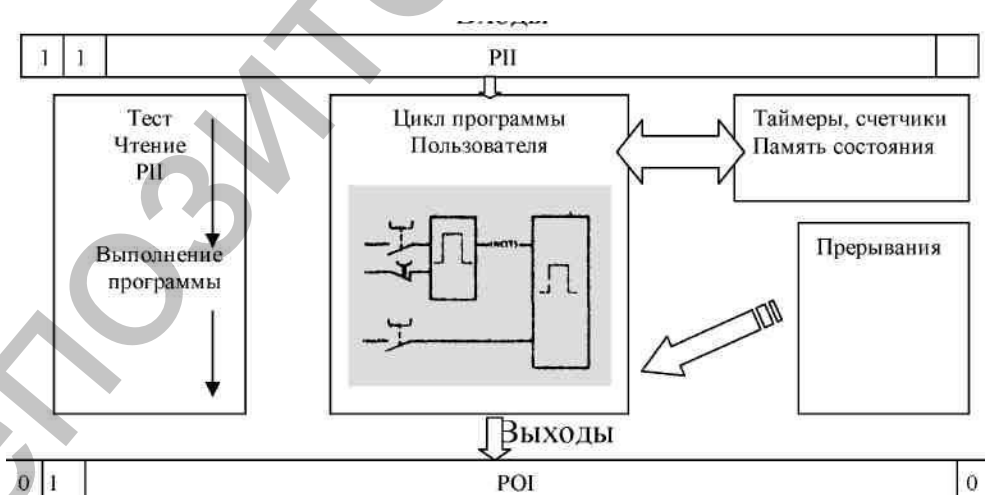


Рис11.5 Диаграмма работы ПЛК SIMATIC S7-200/300/400

Последние используются для обозначения режимов работы системы, а также отражают состояние программно-моделируемых таймеров и

счетчиков. Результатом выполнения программы являются значения выходных переменных и новые значения внутренних переменных. ЦП записывает выходные переменные в другую специальную область памяти данных, называемую POI (Process Output Image — образ состояния выходных переменных). Одновременно ЦП управляет счетчиками, таймерами и обозначает новые режимы работы системы установкой или сбросом битов состояний в памяти. На четвертом этапе слово выходных воздействий выдается (все разряды одновременно) из POI в порты вывода и поступает на входы адаптеров выходных сигналов. Далее цикл работы ПЛК воспроизводится снова.

Такая организация работы ПЛК (по существу это - простейшая операционная система) имеет следующие преимущества.

1. Время реакции программы управления на изменение входных сигналов строго определено. В классификации ОС вычислительных средств такую систему называют ОС реального времени с жестким режимом работы. Именно такие требования предъявляются к вычислительным средствам для автоматизации технологических процессов, независимо от аппаратной платформы, на основе которой они реализованы.

2. Невозможность внесения изменений в интерпретатор инструкций гарантирует исключение ошибок программирования аппаратных средств на нижнем уровне. В этом случае необходимость изучения структуры и особенностей выполнения аппаратных средств полностью отпадает. Не случайно при описании ПЛК никогда не конкретизируется, на какой элементной базе (тип микропроцессора) выполнен ПЛК, так как это несущественно.

3. Интерпретатор инструкций содержит аппаратно ориентированные алгоритмы программной защиты от сбоев аппаратуры. Используются методы избыточного кодирования, многократного опроса с мажоритарной логикой определения значения входной или выходной переменной, выборки аналоговых сигналов с чтением прямого и дополнительного кодов, записи в выходные устройства с эффектом «эхо» и т.д. Эти методы, оставаясь практически незаметными для пользователя, значительно повышают надежность системы.

4. Одновременная фиксация всех входных дискретных переменных на аппаратном уровне с последующим анализом копии их состояния в ОЗУ и одновременная выдача выходных значений на адаптеры выходов исключает

эффект «неустойчивости» программы управления по причине изменения входных сигналов в процессе выполнения программы.

Рассмотренная модель функционирования ПЛК поясняет, почему быстродействие ПЛК принято оценивать эквивалентным временем «опроса» 1024 (1К) дискретных входов. Обычно указывается время выполнения одного цикла программы средней сложности для 1К дискретных входов, включая этапы чтения РП и загрузки данных из РОІ в буферы. В некоторых случаях может быть указано эквивалентное время опроса одного входа. Следует отчетливо представлять, что последнее зависит от быстродействия ЦП, но оно всегда превышает время выполнения одной битовой инструкции микроконтроллером ЦП, так как реализация полного цикла даже для одного дискретного входа требует выполнения строго определенной последовательности. В грамотно составленном проспекте ПЛК обычно указано две величины, характеризующие быстродействие: время выполнения битовой инструкции ЦП и время опроса 1К дискретных входов. Первая характеризует быстродействие ЦП, вторая — быстродействие ПЛК как законченного устройства, включая особенности операционной системы. Следует отметить, что рассмотренный исторически сложившийся способ оценки быстродействия в настоящее время используется преимущественно для малых ПЛК. Для средних и мощных ПЛК программы управления, которых включают большое число вычислительных операций, оценки, основанные на модели логического управления, перестали быть актуальными. Для этих ПЛК указывается время выполнения операций определенного типа (табл. 11.1).

Табл.11.1.БЫСТРОДЕЙСТВИЕ НЕКОТОРЫХ ПЛК

Тип ПЛК	Оценка быстродействия, мс	Примечание
SIMATIC S7-200	Время выполнения 1К бинарных команд-0,8	ПЛК малого формата
Modicon TSX Micro	Время выполнения 1К бинарных команд-0,15 Время опроса 1К дискретных входов – 0,7	
SIMATIC S7-300	Время выполнения 1К бинарных команд-0,3 Время выполнения 1К смешанных команд-0,8	ПЛК среднего формата

DL-305 Direct Logic	Время выполнения 1К бинарных команд-0,87 Время опроса 1К дискретных входов-4.....5	
SIMATIC S7-400	Время выполнения 1К бинарных команд-0,08 Время выполнения 1К операций сложения-0,08 Время выполнения 1К операций сложения в формате с плавающей запятой – 0,48	Мощный ПЛК

Классификация ПЛК

ПЛК принято подразделять на три группы. Ранее эти группы называли гаммами. Сейчас в русскоязычной литературе используют термин «формат», а в англоязычной эти три группы характеризуют как «Micro PLC», «Mini PLC» и «Power PLC». В табл 11.2 даны количественные и качественные критерии для ПЛК разного формата, принятые 20 лет назад и существующие в настоящее время.

Табл11.2. Функции ПЛК разного формата

Критерии определения гаммы ПЛК в 1979г.			Критерии определения формата ПЛК в 1998 г.		
ПЛК	Число дискретных входов/выходов	Выполняемые функции	ПЛК	Число дискретных входов/выходов	Выполняемые функции
нижней гаммы	$20 < N < 100$	Обработка цифровых данных не производится	малого формата Micro PLC	$5...10 < N < 100$	Типовые: логические, временные, счетные, арифметические в формате с фиксированной запятой. Расширенные: арифметически

					е в формате с плавающей запятой, ПИД-регулирование
средней гаммы	100 < N < 500	Производится упрощенная цифровая обработка	среднего формата Mini PLC	100 < N < 500	Логические, временные, счетные, совершенная цифровая обработка, ПИД-регулирование, регулирование по законам нечеткой логики (Fuzzy logic). Сетевые возможности
верхней гаммы	100 < N < 4096	Производится совершенная цифровая обработка	мощные Power PLC	100 < N < 128K	Логические, временные, счетные, совершенная цифровая обработка, ПИД-регулирование, регулирование по законам нечеткой логики (Fuzzy logic). Работа с таблицами, средства MMI интерфейса, расширенные сетевые

					ВОЗМОЖНОСТИ
--	--	--	--	--	-------------

Данные табл11.2 свидетельствуют о том, что порог рентабельности ПЛК сместился. В 1979 г. ПЛК нижней гаммы считались рентабельными, если они заменяли устройство автоматики с общим числом входов/выходов, равным 20 , в настоящее время можно встретить ПЛК с пятью-десятью входами-выходами (например, контроллеры LOGO и TeleSAFE). Произошло это не потому, что микропроцессорная элементная база стала относительно дешевой. Повысился уровень требований к простым устройствам автоматизации, которые должны обладать более развитым интерфейсом визуализации, а также обеспечивать возможность работы в общей информационно-управляющей сети предприятия. Две последние функции затруднительно реализовать какими-либо другими средствами, кроме микропроцессорных. Одновременно повысилась функциональная сложность всех ПЛК. Раньше ПЛК нижней гаммы выполняли только логические, счетные и временные функции, сейчас примерно половина ПЛК малого формата реализует алгоритмы регулирования.

ПЛК верхней гаммы существенно расширили функциональную гибкость. Так, число дискретных входов/выходов, обслуживаемых SIMATIC S7-400, может достигать до 128К, число аналоговых входов — до 8 К. Мощные ПЛК реализуют задачи логического управления, регулирования, в том числе по законам нечеткой логики, выполняют функции работы с таблицами для создания баз данных, оснащены программной поддержкой средств визуализации систем SCADA.

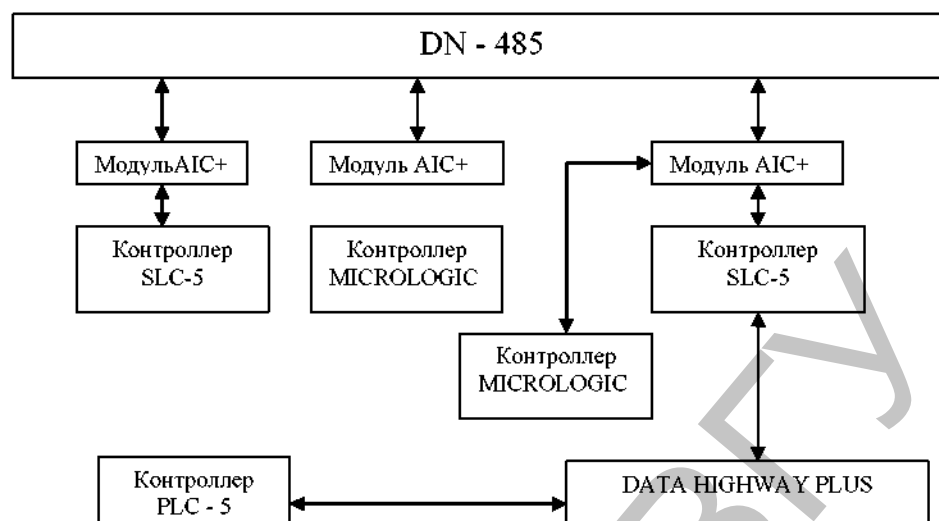
Как уже отмечалось, реализация станции оператора с использованием выделенного промышленного компьютера не всегда оправдана, поэтому в ПЛК среднего формата и особенно мощных ПЛК особое внимание уделяется возможности подключения и программной поддержке пультов оператора и устройств визуализации технологического процесса. Практически все фирмы-изготовители ПЛК имеют в номенклатуре продукции ряд текстовых и графических панелей операторов, а также программные продукты для их параметрирования. Диапазон возможностей панелей оператора кратко рассмотрим на примере продукции фирмы Siemens. Текстовые панели OP3/OP7/OP17 предназначены для простых применений, так, OP3

рекомендуются в качестве переносного пульта. Дисплей панелей жидкокристаллический с подсветкой, число строк - от 2 до 4, число символов в строке — от 20 до 40. Максимальное число клавиш панели - 46 для OP17. Графические панели OP27/OP35/ DP37 имеют разрешающую способность до 640x480 точек, число клавиш - до 68. Панели имеют встроенный процессор, что разгружает ПЛК от операций формирования изображения в реальном времени.

Построение систем комплексной автоматизации предприятий требует включения практически каждого ПЛК в информационную сеть предприятия, способную работать в сложных промышленных условиях, поэтому одним из основных требований к современному ПЛК любого формата является аппаратная и программная совместимость с одним или несколькими стандартами сетей промышленного назначения. В недалеком прошлом многие фирмы изготовители ПЛК и средств автоматизации разрабатывали собственные протоколы обмена (DH-485 для Allen Bradley, K-sequence для PLC-Direct, Telway для Telemecanique). Это в значительной степени обусловлено иерархической топологией сети для крупных производственных установок, которые требуют использования нескольких децентрализованных систем управления, выполненных, как правило, на ПЛК одной фирмы и подключенных к мощному ПЛК верхнего уровня той же фирмы (рис.11.6). Такой подход был выгоден фирмам производителям, так как вынуждал применять только его оборудование. Однако очевидное усиление интеграции на уровне SCADA требует получения информации в централизованное пользование практически от каждого ПЛК.

Рис.11.6 иерархическая сеть на основе ПЛК

В связи с этим конкурентоспособными останутся те ПЛК, которые обеспечивают сопряжение с открытыми промышленными сетями, такими как MODBUS, PROFIBUS, ETHERNET. Именно



адаптацией к различным промышленным сетям обусловлено чрезвычайное разнообразие WG современных мощных ПЛК.

Мощный ПЛК

Рассматривая современное состояние вычислительной техники, легко поддастся искушению, переложить функции интерпретатора на программные средства разработки прикладного программного обеспечения, оригинальные пакеты которых, работающие в среде Windows, имеет каждая фирма. Такое решение предполагает замену специализированного модуля ЦП универсальным программируемым контроллером с открытым программным обеспечением.

Это направление сейчас активно развивается, и получило название «Soft PLC». Однако производители ПЛК не спешат полностью отказываться от специализированных ЦП. Весьма показательно, что разработчики самого мощного на сегодня ПЛК SIMATIC S7-400 с целью повышения быстродействия пошли на выполнение ЦП мультипроцессорным, но не стали отходить от рассмотренного выше принципа построения ОС ПЛК. Достигнутое таким образом быстродействие (см. табл.11.1) сравнимо с быстродействием программ управления промышленных контроллеров, написанных на языке СИ.

Рассмотренная упрощенная ОС ПЛК является однозадачной. Если ПЛК заменяет несколько независимых релейных схем, программные модули, реализующие каждую из схем, расположены в памяти последовательно. В связи с этим время реакции ПЛК на изменение входных сигналов определяется суммарным временем выполнения всех программных модулей.

Если среди обслуживаемых устройств окажется такое, которое требует более быстрой реакции, то рассматриваемая однозадачная ОС этого сделать не позволит. Очевидно, мультипроцессорный путь повышения быстродействия применим только для мощных ПЛК (но для них он, конечно, не единственный).

Другой способ повышения быстродействия ПЛК — переход к многозадачным ОС. Ранее многозадачные ОС были характерны только для мощных ПЛК. в настоящее время такая ОС — не редкость даже для ПЛК малого формата. Так, двухзадачную ОС имеет ПЛК среднего формата Telemecanique TSX 47-10/20. Программа управления, записываемая в этот ПЛК, должна быть разделена на две задачи. Инициализация выполнения «быстрой» задачи выполняется периодически с регулируемым разработчиком интервалом между обращениям (от 5 до 10 мс). Программа «медленной» задачи запускается на выполнение по сигналу сторожевого таймера каждые 150 мс. Отдельные части этой программы выполняются с разделением по времени после окончания очередного цикла обработки «быстрой» задачи. В ПЛК малого формата Modicon TSXMicro реализована многозадачная ОС. Для создания многозадачных ОС используют механизм прерывания по сигналам внешних устройств, которыми управляет ПЛК. Такой механизм используют все ПЛК фирмы Siemens (см. рис11.5).

Придание ПЛК регулирующих функций неминуемо потребовало введения в состав языков программирования ПЛК команд работы с двоичными словами. ПЛК стали выполнять сложные вычисления, причем арифметики в формате с фиксированной запятой оказалось недостаточно — сейчас многие ПЛК имеют в системе команд библиотеки для работы с числами в формате с плавающей запятой. В первую очередь арифметические команды используются для реализации алгоритмов ПИД-регуляторов, причем не просто регуляторов, а с алгоритмами самонастройки и оптимизации переходных процессов. Несмотря на такое существенное усложнение базового программного обеспечения, разработчики ПЛК не спешат уходить от проверенных временем принципов построения ПЛК. Так, алгоритм функционирования всех ПЛК фирмы Siemens (законодателя в области ПЛК), вплоть до мощного S7-400, выполнен по схеме, показанной на рис11.5, а не в виде системы со свободно загружаемым программным обеспечением. Весьма показателен пример с Telemecanique TSX 47-10/20. Для включения алгоритма ПИД-регулирование в его программу необходимо не только записать соответствующие команды, но и подключать

специальный блок памяти в разъем на передней панели корпуса ПЛК. Пользователю при обращении к функции ПИД-регулирования следует задать только коэффициенты и постоянные времени программному коду регулятора.

ПЛК малого формата (MicroPLC)

ПЛК малого формата были и остаются наиболее многочисленной группой в семействе логических контроллеров. Этот факт в полной мере подтверждается числом строк табл.11.3, в которой приведены характеристики ПЛК малого формата, имеющиеся на российском рынке.

Табл11.3. ПЛК малого формата (Micro PLC) бл11.3. ПЛК малого формата (Micro PLC)

Модель ПЛК, Фирма, габариты	Выполняемые функции	Параметры ЦП	Параметры	
			Ввод	Вывод
Simatic S7-200 Siemens				
(197 * 80 * 62)	Логические, временные, счетные, арифметические с фиксированной и плавающей запятой	<u>СРУ214</u> Память программ – 2К ОЗУ данных – 2К Быстродействие – 0,8 мкс	=24В ~130 В	Транзистор 24В/0,5А Реле +24В/2А
(218 * 80 * 62)	Логические, временные, счетные, арифметические с фиксированной и плавающей запятой, ПИД-	<u>СРУ216</u> Память программ – 8К ОЗУ данных – 2,5К Быстродействие –0,8 мкс		

	регулятора			
Modicon-TSX Micro	Логические, временные, счетные, арифметические со словами одинарной и двойной длины, в формате с плавающей запятой, работа с таблицами, ПИД-регулятора	Быстродействие – 0,3 мкс Память программ – 4,7К Память программ – 7,8К Память программ – 40К	=24В ~115 В ~240 В	Транзистор 24В/2А Реле 240В/2А
DL 205 PLK Direct By Kooyo Inc.	Логические, временные, счетные, арифметические. Часы реального времени. Встроенный журнал самодиагностики и 4 ПИД-регулятора с самонастройкой	<u>DL250</u> Память программ 7К ОЗУ – 7К	=24В ~132 В	Транзистор 24В, Триак 264В/0,5 А Реле Вывод 264В/1А

Три фактора определяют их столь прочное положение. Во-первых, в настоящее время наблюдается стремление к автоматизации тех объектов, которые ранее ей не подлежали-управление запорной арматурой различных трубопроводов и т.д. Во-вторых, «освоение» малыми ПЛК функций регулирования позволяет им в значительной мере заменить ПЛК среднего

формата. В-третьих, средние и мощные ПЛК частично вытесняются промышленными компьютерами и контроллерами.

Анализ данных табл.11.3, позволяет выявить некоторые тенденции развития малых ПЛК.

- Произошло изменение элементной базы памяти программ. Энергонезависимое ОЗУ с блоком резервного питания на аккумуляторах заменили программируемые пользователем ПЗУ с электрическим стиранием (типа EEPROM или FLASH). Микросхемы этой элементной базы имеют большую информационную плотность при меньшем энергопотреблении. Это позволило существенно увеличить память программ малых ПЛК (до 64К) при уменьшении габаритов плат ЦП. Автономный резервный источник питания теперь может использоваться для поддержания работоспособности устройства в целом (контроллеры TeleSAFE).

- Общее совершенствование микроэлектронной базы привело к миниатюризации малых ПЛК. Максимальный линейный размер всех моделей лежит в пределах 20 см.

- Изменился подход к конструктивному исполнению ПЛК малого формата. Почти полностью исчезли малые ПЛК модульного исполнения. Базовая модель ПЛК малого формата теперь имеет неизменяемую пользователем конфигурацию с фиксированным числом дискретных входов/выходов (их стали называть интегрированными). Базовая модель выполняется в нескольких модификациях, различающихся типом встроенного источника питания (+ 24В или 130/240 В), типом ЦП и электрическими параметрами дискретных входов/выходов. Это объясняется открывшейся в связи с микроминиатюризацией электронных компонентов возможностью повысить надежность ПЛК путем уменьшения числа плат в его конструктивном исполнении. Нередки одноплатные варианты. Несмотря на неизменяемую конфигурацию по числу входов/выходов базовой модели, практически все малые ПЛК имеют возможность подключения модулей расширения с адаптерами аналоговых и дополнительных дискретных входов/выходов. Подключение именно модулей расширения преследует две цели. Во-первых, обеспечить помехозащищенный ввод сигналов с удаленных датчиков, что достигается путем передачи данных от модуля расширения к базовой модели по специальной цифровой магистрали. Длина такой магистрали может достигать нескольких сотен метров, поэтому схемотехническое исполнение цифровой части адаптеров расширения значительно отличается от аналогичных по функциям интегрированных

адаптеров. Иногда такие адаптеры называют модулями удаленного ввода. И только, во-вторых, модули расширения служат для увеличения числа входов/выходов. Как правило, малые ПЛК имеют два способа программирования: с помощью карманного программатора или через интерфейс последовательного обмена с использованием средств разработки, реализованных на персональном компьютере. Для простейших ПЛК (четко прослеживается стремление к реализации режима программирования «на линии», при котором не требуется никаких дополнительных устройств (см. LOGO и TeleSAFE).

Репозиторий ВГУ

Лекция 3. Промышленные сети.

Промышленная сеть — сеть передачи данных, связывающая различные датчики, исполнительные механизмы, промышленные контроллеры и используемая в промышленной автоматизации. Термин употребляется преимущественно в автоматизированной системе управления технологическими процессами (АСУ ТП). Описывается стандартом ИЕС 61158.

Устройства используют сеть для:

- передачи данных, между датчиками, контроллерами и исполнительными механизмами
- диагностики и удалённого конфигурирования датчиков и исполнительных механизмов
- калибрования датчиков
- питания датчиков и исполнительных механизмов
- передачи данных между датчиками и исполнительными механизмами минуя центральный контроллер
- связи между датчиками, исполнительными механизмами, ПЛК и АСУ ТП верхнего уровня
- связи между контроллерами и системами человеко-машинного интерфейса (SCADA)

В промышленных сетях для передачи данных применяют:

- кабели
- волоконно-оптические линии
- беспроводную связь (радиомодемы и Wi-Fi).

Промышленные сети могут взаимодействовать с обычными компьютерными сетями, в частности использовать глобальную сеть Internet.

Термин **полевая шина** является дословным переводом английского термина *fieldbus*. Термин **промышленная сеть** является более точным переводом и в настоящее время именно он используется в профессиональной технической литературе.

Стандартные и частные решения

Объединение в одну цифровую сеть нескольких устройств - это только начальный шаг к организации их эффективного и надежного взаимодействия. Там, где коммуникационные системы гомогенны (однородны), т.е. построены из устройств одного производителя, там аппаратно-программные проблемы, как правило, решены. Но когда речь идет о построении систем с использованием устройств различных производителей, то неизбежно встают вопросы их совместимости.

Уникальные системы, то есть системы, работающие по уникальным протоколам связи и производимые и поддерживаемые одной компанией, получили название закрытых систем. Большинство таких систем зародилось

в те времена, когда проблемы интеграции изделий от разных производителей не считались актуальными.

Успешно же интегрировать в единую систему изделия от различных производителей, позволяет использование принципов открытых систем.

Применительно к промышленным сетям частные решения - это интеллектуальная собственность отдельных компаний, и использование таких технологий ограничивается необходимостью получения лицензионного права пользования. Другое дело - открытые системы, открытые технологии, открытые сети.

Сеть считается открытой, если она удовлетворяет следующим критериям:

- наличием полных опубликованных спецификаций с возможностью их приобретения за разумные деньги;
- наличием критического минимума доступных компонентов (интерфейсные кристаллы и готовые изделия) от ряда независимых поставщиков;
- организацией хорошо определенного процесса ратификации возможных дополнений к стандартам и спецификациям.

Более коротко это можно сформулировать так: каждый желающий имеет возможность использовать то, что уже наработано, или выполнять собственные разработки, в том числе и такие, которые могут использоваться другими.

Если некоторая fieldbus-технология относится к открытым системам, то она должна обладать следующим рядом принципиальных качеств:

- включаемостью (interconnectivity), то есть возможностью свободного физического включения в общую сеть устройств от различных производителей;
- взаимодействием (interoperability), то есть возможностью построения работоспособной сети на основе включения компонентов от различных поставщиков;
- взаимозаменяемостью (inter-changeability) - возможностью замены компонентов аналогичными устройствами от других производителей.

Очевидно, что конечной целью создания открытой промышленной сети является достижение именно взаимозаменяемости отдельных ее компонентов. Это возможно, если спецификации протоколов полные и существует отлаженная система тестирования и сертификации новых изделий.

Результаты исследований рынка промышленных сетей, предоставленные независимыми маркетинговыми компаниями, убедительно свидетельствуют о постоянном росте открытых fieldbus-систем: около 20% в год. Однако до сих пор существенную долю рынка занимают закрытые (частнофирменные) решения.

Что такое fieldbus?

Корнем термина fieldbus является слово field - область, сфера, место приложения. Промышленные сети (fieldbuses) применяются на уровне устройств, обслуживающих реальный процесс производства и переработки материалов. Выход в системы представления (визуализации) данных, коммерческие и административные системы организуется, как правило, через стандартные офисные сети типа Ethernet через протокол TCP/IP.

Fieldbus - это основополагающий термин, определяющий некоторую цифровую сеть, призванную заменить широко использовавшуюся ранее централизованную аналоговую 4 20мА-технологии. Такая сеть является цифровой, двунаправленной, многоточечной, последовательной коммуникационной сетью, используемой для связи изолированных друг от друга (по функциям) таких устройств, как контроллеры, датчики, силовые приводы и т. п. Каждое field-устройство обладает самостоятельным вычислительным ресурсом, позволяющим относить его к разряду интеллектуальных (smart fieldbus device). Каждое такое устройство способно самостоятельно выполнять ряд функций по самодиагностике, контролю и обслуживанию функций двунаправленной связи. Доступ к нему возможен не только со стороны инженерной станции, но и стороны аналогичных ему устройств. Поэтому технология fieldbus - это нечто большее, чем просто замена 4 20мА-технологии.

Fieldbus - это сеть для промышленного применения, логически очень похожая на LAN-сети, применяемые в офисных приложениях. Однако промышленные сети отвечают специфическому набору требований:

- жесткая детерминированность (предсказуемость) поведения;
- обеспечение функций реального времени;
- работа на длинных линиях с использованием недорогих физических сред (например, витая пара);
- повышенная надежность физического и канального уровней передачи данных для работы в промышленной среде (например, при больших электромагнитных помехах);
- наличие специальных высоконадежных механических соединительных компонентов.

Ключевые требования здесь - детерминированность поведения, предполагающая, что все возможные события в сети могут быть заранее четко определены, и повышенная надежность передачи данных.

Переход на fieldbus-технологии обещает улучшение качества, снижение затрат и повышение эффективности конечной системы. Эти обещания основаны на том факте, что принимаемая или передаваемая информация кодируется в цифровом виде. Каждое устройство может выполнять функции управления, обслуживания и диагностики. В частности, оно может сообщать о возникающих ошибках и обеспечивать функции самонастройки. Это существенно увеличивает эффективность системы в

целом и снижает затраты по ее сопровождению. Серьезный ценовой выигрыш получается за счет проводников и монтажных работ: аналоговая технология связи требует, чтобы каждое устройство имело собственный набор проводов и собственную точку соединения. Fieldbus устраняет эту необходимость, так как использует всего одну витую пару проводников для объединения всех активных (контроллеры) и пассивных (датчики) устройств.

1. ASI

Первые продукты, работающие по технологии [ASI](#), вышли на рынок в 1993 году. Сегодня эта технология поддерживается рядом известных фирм: IFM, Limberg, Siemens, Pepperl+Fuchs, Allen-Bradley и др.

Основная задача этой сети - связать в единую информационную структуру устройства самого нижнего уровня автоматизируемого процесса (датчики и разнообразные исполнительные механизмы) с системой контроллеров. Это следует из названия: Actuator Sensor Interface (ASI).

ASI-интерфейс позволяет через свои коммуникационные линии передавать не только данные, но и запрашивать датчики. Здесь используется принцип последовательной передачи на базовой частоте. Информационный сигнал модулируется на питающую частоту.

В качестве физической среды используется специальный неэкранированный двухпроводный кабель с трапециевидным профилем. Этот кабель позволяет подключать датчики, устанавливаемые на подвижных частях механизмов. Топологией ASI-сети может быть шина, звезда, кольцо или дерево с циклом опроса 31 узла за 5 мс. Максимальный объем данных с одного ASI-узла - 4 бит.

2. CAN

История этого протокола началась в начале 80-х годов, когда технология создания и эксплуатации современных транспортных средств потребовала установки на них большого числа датчиков, увязываемых в единую информационную сеть с замыканием на бортовом компьютере автомобиля. Компания BOSCH (Германия) разработала для этой цели протокол CAN (Control Area Network), получивший статус международного стандарта ISO11898. По своим характеристикам он удовлетворяет не только требованиям задач реального времени, но и реализует высокую степень обнаружения и исправления ошибочных телеграмм.

CANbus - это последовательная шина с децентрализованным доступом на основе модели CSMA/CM. Возможные коллизии, связанные с одновременным запросом шины, разрешаются на основе приоритетности передаваемых сообщений.

История развития этого протокола - яркий пример того, как не доведенная до конца работа по стандартизации приводит к появлению целого семейства несовместимых друг с другом протоколов. Дело в том, что развитие CAN остановилось на определении только первых двух уровней OSI-модели. Появилось большое число разработок 7-го уровня для CAN,

оформленных как самостоятельные протокольные решения: SDS (Honeywell), DeviceNET (Allen Bradley), CAL (CiA-ассоциация), CAN11 (BMW), SeleCAN (Selectron), Kingdom (Kvaser), MiCAN (RMI) и несколько других.

Ясно, что такая ситуация мало устраивает пользователей- им самим предлагается сделать выбор в пользу той или иной вариации на тему CAN. При этом лидерами в этом семействе, безусловно, являются SDS и DeviceNET (американский рынок) и CAL (Европа).

3. HART

Протокол HART (Highway Addressable Remote Transducer), разработанный фирмой Rosemount Inc. в середине 80-х годов, реализует известный стандарт BELL 202 FSK (Frequency Shift Keying), основанный на 4 20мА-технологии.

Схема взаимоотношений между узлами сети основана на принципе MASTER/SLAVE. В HART-сети может присутствовать до 2 MASTER-узлов (обычно один). Второй MASTER, как правило, освобожден от поддержания циклов передачи и используется для организации связи с какой-либо системой контроля/отображения данных. Стандартная топология - "звезда", но возможна и шинная организация. Для передачи данных по сети используются два режима:

1) асинхронный: по схеме "MASTER-запрос\SLAVE-ответ" (один цикл укладывается в 500 мс);

2) синхронный: пассивные узлы непрерывно передают свои данные MASTER-узлу (время обновления данных в MASTER-узле за 250-300 мс).

За одну посылку один узел может передать другому до 4 технологических переменных, а каждое HART-устройство может иметь до 256 переменных, описывающих его состояние. Контроль корректности передаваемых данных основан на получении подтверждения.

4. FOUNDATION FIELDBUS

Эта сеть родилась в результате сотрудничества двух ведущих американских ассоциаций - ISP и WorldFIP, которые до 1993 года пытались самостоятельно создать универсальную промышленную сеть. В 1994 году появилась ассоциация Fieldbus Foundation, продвигающая на рынке и обеспечивающая поддержку сети Foundation Filedbus (FF). После многолетних безуспешных попыток разработать универсальную промышленную сеть, предпринятых ведущими комитетами по стандартизации IEC и ISA, ассоциация Fieldbus Foundation пришла к синтезированному решению с использованием наработок из разных источников под общим названием Foundation Fieldbus. Итак, FF сегодня - это:

- физический уровень H1 FF (медленный), обеспечивающий рабочую скорость 31,25Ккбит/с. Эта реализация физического уровня основана на модифицированной версии стандарта IEC 1158-2 и предназначена для объединения устройств, функционирующих во взрывоопасных газовых средах;

- физический уровень H2 FF (быстрый), обеспечивающий рабочую скорость до 1КМбит/с и также основанный на стандарте IEC 1158-2;
- сетевой уровень, использующий элементы проекта IEC/ISA SP50 универсальной промышленной сети;
- прикладной уровень, включающий элементы из проекта ISP/Profibus.

Основная область применения этой сети - самый нижний уровень распределенной системы автоматизации с обвязкой устройств, работающих во взрывоопасных средах и использующих сеть как для информационного обмена, так и для собственной запитки.

У протоколов FF и Profibus-PA много общего и именно поэтому со стороны европейской ассоциации по стандартизации CENELEC сделано предложение о включении FF в стандарт EuroNorm 50170 в качестве самостоятельной его части.

5. LON

Протокол LON (точнее LONTalk) был разработан американской компанией Echelon Corporation для построения интеллектуальных систем жизнеобеспечения зданий. В основе LON-технологии лежит использование специального интерфейсного кристалла Neuron. В 1990Кг. компания ECHELON заключила договор с компаниями Toshiba и Motorola об исключительном праве этих компаний на его производство. Этот однокорпусный кристалл содержит 3 микропроцессора: MAC (media access control CPU - ЦП доступа к среде передачи), NET (network CPU - сетевой ЦП) и APP (application CPU - ЦП приложений). MAC-процессор поддерживает первый и второй уровни OSI-модели; NET-процессор реализует функции с третьего по шестой уровень; APP-процессор обрабатывает функции прикладного уровня.

Существуют протоколы и методы кодирования для самых разнообразных физических каналов передачи данных. Например, метод дифференциального манчестерского кодирования выбран для витой пары, FSK-модуляция применяется для работы на сегментах линий электропроводки и на радиоканалах. LON-сеть может состоять из сегментов с различными физическими средами передачи: витая пара, радиочастотный канал, инфракрасный луч, линии напряжения, коаксиальный и оптический кабели. Для каждого типа физического канала существуют трансиверы, обеспечивающие работу сети на различных по длине каналах, скоростях передачи и сетевых топологиях.

При разрешении коллизий используется предсказывающий алгоритм их предупреждения, то есть доступ к каналу упорядочивается на основе знания о предполагаемой нагрузке этого канала. Узел, желающий передавать, всегда получает доступ к каналу со случайной задержкой из некоторого диапазона. Для предотвращения снижения пропускной способности сети величина задержки представлена как функция числа незавершенных заданий

(backlog), стоящих в очереди на выполнение. Способность алгоритма, реализованного на MAC-уровне, "предсказывать" основана на оценке числа незавершенных заданий. Каждый узел имеет и поддерживает текущее значение backlog: инкрементирование и декрементирование происходит по результатам отправления и приема пакетов.

Максимальная размерность LON-сети - 32000 узлов, соединенных различными физическими средами в произвольной сетевой конфигурации.

6. PROFIBUS

При построении многоуровневых систем автоматизации, как правило, стоят задачи организации информационного обмена между уровнями. В одном случае необходим обмен комплексными сообщениями на средних скоростях. В другом - быстрый обмен короткими сообщениями с использованием упрощенного протокола обмена (уровень датчиков). В третьем требуется работа в опасных участках производства (переработка газа, химическое производство). Для всех этих случаев PROFIBUS имеет решение. Сегодня, говоря о PROFIBUS, необходимо иметь в виду, что под этим общим названием понимается совокупность трех отдельных протоколов: PROFIBUS-FMS, PROFIBUS-DP и PROFIBUS-PA. Все три варианта протокола используют общий канальный уровень (уровень 2 OSI-модели).

Протокол PROFIBUS-DP был спроектирован для организации быстрого канала связи с датчиковым уровнем. В основе алгоритма работы лежит модель циклического опроса каналов. Кроме этого, существует набор ациклических функций для конфигурирования, диагностики и поддержки сигналов. В DP-протоколе существуют три типа устройств:

- мастер Класса-2 (DPM2): может выполнять функции конфигурирования и диагностики устройств сети;
- мастер Класса-1 (DPM1): это программируемые контроллеры (PLC, PC), в оперативном режиме выполняющие функции ведущего узла в сети;
- ведомые устройства (DP Slave): это пассивные устройства с аналоговым/дискретным вводом/выводом.

DP-протокол позволяет организовать мономастерную (один DPM1 и до 126 DP-Slaves) и многомастерную конфигурацию (несколько DPM1 и DP-Slaves).

Протокол PROFIBUS-FMS появился первым и был предназначен для работы на так называемом цеховом уровне. Здесь требуется высокая степень функциональности, и этот критерий важнее критерия скорости. FMS-протокол допускает гибридную архитектуру взаимодействия узлов, основанную на таких понятиях, как виртуальное устройство сети, объектный словарь устройства (переменная, массив, запись, область памяти, событие и др.), логическая адресация и т.д.

Протокол PROFIBUS-PA - это расширение DP-протокола в части технологии передачи, основанной не на RS485, а на реализации стандарта IEC1158-2 для организации технологии передачи во взрывоопасных средах. Он может использоваться в качестве замены старой 4-20мА-технологии связи. Для коммутации устройств нужна всего одна витая пара, которая может одновременно использоваться и для информационного обмена, и для запитывания устройств.

На одном физическом канале (RS485 или оптоволоконном) одновременно могут работать устройства PROFIBUS всех трех типов. Рабочая скорость передачи может быть выбрана в диапазоне 9,6-12000Ккбит/с.

PROFIBUS - это маркерная шина, в которой все циклы строго регламентированы по времени и организована продуманная система таймаутов. Протокол хорошо разрешает разнообразные коллизии в сети. Настройка всех основных временных параметров идет по сценарию пользователя.

Исследования, проведенные независимыми западными маркетинговыми компаниями, свидетельствуют о том, что PROFIBUS покрывает свыше 40% рынка открытых промышленных сетей в Германии и Европе. Идет стремительный процесс завоевания и американского рынка. Но самое главное то, что сегодня PROFIBUS рассматривается как кандидат на обретение статуса международного стандарта IEC (МЭК).

7.WorldFIP

Протокол WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol) разработан на основе французского стандарта, известного как NFC46-600 или FIP. Его разработал консорциум компаний, производящих полевые устройства, в которых используется система сообщений. Протокол WorldFIP удовлетворяет требованиям реального времени. Главные члены консорциума - Honeywell, Baily Controls, Cegelec, Allen Bradley, Telemecanique, Electricity de France, Elf.

Протокол построен на гибридном (централизованный/децентрализованный) доступе к шине и для передачи данных использует режим широкого вещания (broadcast). Контроль обеспечивается со стороны центрального узла сети (central unit), называемого Арбитром. Основной поток данных организован как набор отдельных переменных, каждая из которых идентифицирована своим именем. Любая переменная, обработанная в одном узле-передатчике, может быть прочитана всеми узлами-приемниками одновременно. Использование режима широкого вещания избавляет от процесса присваивания каждому устройству уникального сетевого адреса.

Функции управления некоторым процессом могут распределяться между различными устройствами на шине. Это возможно потому, что все "приемники" одновременно принимают одинаковые переменные, а время

обновления данных и их передача подчиняются строгому контролю. Основу FIP составляет "база данных реального времени".

Сегодня и российские компании участвуют в международных ассоциациях и клубах, связанных с промышленной автоматизацией, хотя еще несколько лет назад об этом приходилось только мечтать. На российском рынке уже существуют "центры кристаллизации" в области fieldbus-технологий:

- Сименс (Москва) - Profibus, ASi, Industrial Ethernet;
- DATAMICRO (Таганрог) - CAN;
- Ассоциация VERA+ (Москва) - Profibus
- НИИ Теплоприбор (Москва) - Fieldbus Foundation (FF)

Эти центры не только знакомят с протоколами, но и активно внедряют новые технологии через конкретные проекты. Однако проникновение новых fieldbus-технологий на российский рынок носит несколько хаотичный и сиюминутный характер. Подчас эти новые решения приходят на уровне компонента системы. А поскольку модернизация устаревших систем автоматизации часто проводится фрагментарно, то без решения проблем стыковок этих фрагментов не обойтись. Решение этой задачи видится либо на основе использования готовых аппаратно-программных межпротокольных шлюзов (bridge), либо на построении коммуникационных серверов.

Почти не проблема найти межпротокольный шлюз, например: ASi-Profibus (Siemens), Interbus-S Profibus (Foenix Contact), Ethernet-MIL1553-CAN-Profibus-LON (PEP Modular Computers) и т.д. Другое дело - организовать коммуникационные серверы с функциями обработки и архивирования данных. Эти задачи сегодня можно решить на различных процессорных архитектурах (VME, CompactPCI, Open PLC, PCI, ISA, PC104 и т.п.) и под управлением широкого класса операционных систем (Windows NT, Windows CE, OS9, VxWorks, QNX, pSOS+ и других).

Табл. 5. Промышленные сети. Таблица обобщенных данных

Протокол	Страна	Стандарт	Среда передачи	Число узлов	Скорость передачи данных, кбит/с	Длина линий	Топология сети	Принцип доступа к сети	Год появления	сер. 1995 г
BITBUS	США	IEEE 1118	витая пара, радиоканал, оптопара	28 синхр.; 250 самост.	500-1400 (синхр.), 64-375 (самосинхр.)	30м (синхр.); до 1200 м (самосинхр.)	шина	MASTER/SLAVE	1984	Более 2500
ASi	США	*	витая пара ASI-	до 32	до 167	до 1000 м	линия; звезда; дерево;	MASTER/SLAVE	1989	10

			кабель				КОЛЬЦО			
HART	США	Bell202 FSK	витая пара, выделенный тел. канал	до 15 (multidrop)	1200	до 3 км	звезда	MASTER/SLAVE	1986	600
LonWorks	США	*	витая пара, коаксиал, оптокабель, радиоканал	до 127	4,88-1250	до 2 км	произвольн. топология	произвольн. доступ (CSMA/CD)	1987	1000
CANBUS	Германия	ISO 11898, ISO 11519	витая пара	до 30	50-1000	до 1 км — 20 кбод; до 40 м — 1 Мбод	шина	произвольн. доступ по приоритету (CSMA/CM)	1988	4000
WorldFIP	Франция	UTE 46	витая пара, оптокабель	до 256	31,25; 1000; 2500; 5000	до 2 км	шина	MASTER/SLAVE/TOKEN	1985	30
MODBUS	США	PI-MBUS-300	не специф.	1 master, до 247 slaves	0,6-19,2	15 м — RS232C; 1200 м — RS422; 1000 м — т. петля	звезда; шина	MASTER/SLAVE/TOKEN	1985	*
PROFIBUS	Германия	DIN 19245 ч. 1, 2, 3, 4	витая пара, оптокабель	до 126	500-1500 (FMS); 1500-12000 (DP); 31 (PA)	1200 м; 4800 м с повт.; до 23 км оптокабель	звезда; шина	MASTER/SLAVE/TOKEN	1986	350
* — нет доступа										

Лекция 4. Методы и средства формирования информации о состоянии технологических процессов

К средствам формирования информации о технологическом процессе, как объекте управления, относятся устройства, непосредственно взаимодействующие с ним и формирующие выходной сигнал, функционально связанный с измеряемым параметром. Эти устройства формирования информации (первичные преобразователи) обычно устанавливаются непосредственно на контролируемом объекте и в зависимости от вида измеряемых параметров подразделяются на 5 основных групп:

- средства измерения теплоэнергетических параметров, к которым относятся температура, давление, разряжение, перепад давлений, уровень, расход, а также электроэнергетические (сила тока, напряжение, мощность и другие);
- средства формирования информации о физических свойствах вещества и качестве готовой продукции;
 - средства формирования информации о составе и свойствах вещества;
 - средства измерения масс, сил, а также весоизмерительные и весодозирующие устройства.
- средства измерения кинематических величин, в том числе количества изделий, циклов.

1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Температура — физическая величина, характеризующая среднюю кинетическую энергию хаотического движения молекул вещества. Техническое средство, используемое для измерений температуры, называют *термометром*. Методы и средства измерения (СИ) температуры делятся на контактные и бесконтактные.

Контактные СИ температуры основаны на непосредственном контакте измерительного преобразователя (ИП) с контролируемой средой. Контактные термометры подразделяются на термометры расширения, электрические и специальные. В свою очередь, термометры расширения разделяются на жидкостные, биметаллические, дилатометрические и манометрические. К электрическим термометрам следует отнести термометры сопротивления (терморезисторы) и термоэлектрические. К специальным относят различные индикаторы температуры.

Измерительные преобразователи на основе терморезисторных и термоэлектрических принципов просты по конструкции и имеют высокую надежность. Однако их выходной сигнал невелик по величине и без дополнительного усиления не может быть передан на большое расстояние до нескольких десятков метров.

Терморезисторные преобразователи температуры предназначены для измерения малых и средних величин температур и работают в комплекте с логометрами и мостовыми схемами.

2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ

Давление определяется отношением силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности. Различают абсолютное, атмосферное, избыточное давление и состояние, называемое вакуумом.

Давление измеряется с помощью манометров и измерительных преобразователей давления (ИПД). Манометр — измерительный прибор для измерения давления или разности давлений с непосредственным отсчетом (отображением) их значений. Измерительный преобразователь давления — преобразователь, выходной сигнал которого функционально связан с измеряемым давлением или разностью давлений.

По функциональному назначению и названию манометры подразделяются на следующие группы: напорометры — манометры для измерений малых избыточных давлений (до 40 кПа); тягомеры — вакуумметры с верхним пределом измерений не более 40 кПа; тягонапорометры — мановакуумметры с диапазоном измерений —20 -г- +20 кПа; вакуумметры остаточного давления — вакуумметры для измерения глубокого вакуума или остаточного давления (менее 200 Па).

По принципу действия чувствительного элемента (ЧЭ) средства измерения давления подразделяются на три группы: к первой группе относятся поршневые, жидкостные и другие типы манометров и ИПД, основанные на прямых методах измерений; ко второй — деформационные, полупроводниковые и другие типы манометров и ИПД, основанные на прямых относительных методах измерений; к третьей — термопарные и ионизационные вакуумметры, ультразвуковые манометры и другие приборы, основанные на косвенных методах измерений.

Широкое применение получили деформационные манометры с одновитковой трубчатой пружиной. Они устанавливаются непосредственно на технологическом оборудовании (по месту) или дистанционно (на щитах).

Диапазон измерений деформационных манометров составляет от 10 Па до 2 ГПа, класс точности — от 0,25 до 4,0. При измерении относительно небольших давлений (менее 1 МПа) используют мембранные манометры, которые содержат гофрированную мембрану, герметично закрепленную между фланцами, класс точности от 0,15 до 2,5.

Электромагнитные преобразователи, используемые в системах передачи сигналов, подразделяются на индуктивные, трансформаторные и магнитоупругие.

Индуктивные преобразователи, переводящие перемещения в изменение индуктивности магнитной цепи, используются в манометрах любого вида. Обычно применяется дифференциальная схема включения индуктивных преобразователей, которая расширяет линейный участок статической характеристики и повышает чувствительность прибора.

Широкое применение нашли и резисторные деформационные манометры, основанные на использовании тензорезисторов, изменяющих сопротивление при деформации. Различают следующие группы тензорезисторов: проволочные, фольговые, тонкопленочные и полупроводниковые.

3. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ВЕЩЕСТВА

Расход есть величина, численно равная количеству вещества, проходящего по транспортному устройству в единицу времени. Различают объемный ($\text{м}^3/\text{ч}$) и массовый ($\text{кг}/\text{с}$) расход вещества. Приборы для измерений количества вещества называются *счетчиками*, для измерений расхода вещества — *расходомерами*. Отдельную группу приборов и устройств, используемых для учета и стабилизации материальных потоков, составляют весы, дозаторы и счетчики штучных изделий.

Весы — это прибор для определения масс тел по действующей на них силе тяжести. Дозатор — это устройство, предназначенное для автоматического отмеривания и выдачи заданного количества вещества в виде порций или постоянного расхода.

В практике получили распространение расходомеры нижеследующих групп: переменного перепада давления, обтекания, тахо-метрические, электромагнитные и ультразвуковые.

Расходомеры переменного перепада давления имеют широкое применение в пищевой промышленности. Принцип их действия основан на измерении перепада давления, который образуется в результате местного

изменения. скорости потока жидкости, газа или пара. Расходомер состоит из первичного преобразователя (сужающего устройства), дифференциального манометра и соединительной (импульсной) линии. В состав этой системы может входить нормирующий преобразователь, преобразующий показания дифманометра в электрический или пневматический сигнал и вторичный прибор для регистрации этого сигнала.

Стандартные сужающие устройства подразделяются на три типа: нормальная диафрагма, нормальное сопло и труба (сопло) Вентури. Максимальная погрешность измерений расхода с помощью расходомеров переменного перепада давления при нормальных условиях эксплуатации составляет от 1,0 до 6,0%.

Расходомеры обтекания эксплуатируются в производственных условиях для измерений расходов жидкостей от 0,0025 до 16 м³/ч, а газов от 0,06 до 40 м³/ч. Принцип их действия основан на уравнивании обтекаемого тела потоком измеряемого вещества. Форма обтекаемого тела может быть различной: поплавков, поршень, шар, диск, крыло и другие. Они используются для измерения малых расходов жидкостей и газов, включая агрессивные, имеют незначительные потери давления и хорошие динамические характеристики, а также постоянство относительной погрешности. По конструктивным особенностям эти расходомеры подразделяются на ротаметры, поршневые и поплавковые расходомеры. По принципу действия они аналогичны. Приведенная погрешность составляет (0,5-[^]1,0)%.

Тахометрические расходомеры, преобразующие скорость потока в угловую скорость вращения обтекаемого элемента, подразделяются на турбинные и шариковые. Эти расходомеры состоят из аксиальной или тангенциальной лопастной турбинки, опирающейся на керновые подпятники или подшипники. В качестве вторичного преобразователя, измеряющего скорость вращения турбинки, часто используют индукционный преобразователь. [^]При вращении турбинки в индукционной катушке наводятся импульсы электрического напряжения, частота которых пропорциональна угловой скорости вращения турбинки. Приборы просты по конструкции, имеют большую чувствительность и большие пределы измерений, как для малых от 5·Ю⁻⁹ м³/с, так и больших до 1м³/с расходов жидкостей, малую инерционность, а приведенная погрешность составляет (0,5 -г- 1,0)%.

Шариковые расходомеры применяют, в основном, для измерений расхода агрессивных сред и сред, содержащих абразивные включения.

Электромагнитные расходомеры преобразуют скорость движения в магнитном поле электропроводящей жидкости в ЭДС, не имеют контакта с контролируемой средой. Эти расходомеры состоят из участка трубопровода, изготовленного из немагнитного материала, покрытого изнутри электрической изоляцией (резина, эмаль, фторопласт и др.) и расположенного между полюсами магнита, магнитная индукция которого направлена перпендикулярно оси трубопровода. При движении электропроводной жидкости в магнитном поле появляется ЭДС индукции, пропорциональная скорости ее движения. Для съема ЭДС через стенку трубы вводятся электроды, сигнал с которых поступает на измерительное устройство и вторичный прибор. Электромагнитные расходомеры используют для измерений расходов жидкостей в диапазоне от 10^{-9} до $3 \text{ м}^3/\text{с}$. Шкала прибора линейная, погрешность измерения составляет $1 + 2\%$.

Ультразвуковые расходомеры — это приборы, принцип действия которых основан на увеличении звуковых колебаний движущейся средой. Они перспективны для измерений загрязненных, быстrokристаллизирующихся и агрессивных жидкостей и пульп. Основными элементами первичных преобразователей этих расходомеров являются пьезоэлементы, которые выполняют функции излучателей и приемников ультразвуковых колебаний. Основная погрешность составляет $2 + 4\%$.

Счетчики количества жидкостей. В производственных условиях применяются, в основном, объемные и скоростные счетчики.

Скоростные счетчики имеют первичный преобразователь в виде аксиальной или тангенциальной турбины. Они используются для измерения количества воды и других жидкостей. В зависимости от расположения счетного механизма в счетчиках и контакта его с измеряемой средой они подразделяются соответственно на «сухоходы» и «мокроходы». Счетчики «мокроходы» просты по конструкции, обладают большой чувствительностью и точностью, удобны в эксплуатации.

Счетчики с аксиальной турбинкой типа В В изготавливают калибрами (диаметр условного прохода) $50 + 300 \text{ мм}$ и применяются для измерений расхода от 3 до $1300 \text{ м}^3/\text{ч}$. Тангенциальные счетчики СВК (одноструйные) или СВМ (многоструйные) изготавливают калибрами $15 + 150 \text{ мм}$ на расходы от 3 до $20 \text{ м}^3/\text{ч}$. Относительная погрешность измерения составляет $0,5\%$.

Объемные счетчики позволяют измерять количества чистых промышленных жидкостей, включая жидкости с изменяющейся вязкостью, с относительной погрешностью не более $0,5\%$ и достаточным диапазоном

измерений. Принцип их действия основан на суммировании объемов жидкости, вытесненных из измерительной камеры счетчика за любой отсчетный промежуток времени.

Основными элементами объемных счетчиков жидкостей являются измерительная камера определенного объема и конфигурации с перемещающимся в ней рабочим органом (поршень, диск, шестерни и т. д.). Рабочий орган счетчика перемещается под действием разности давлений на входе и выходе измерительной камеры при протекании через нее контролируемой среды. За каждый цикл своего перемещения рабочий орган вытесняет определенный объем жидкости. Суммарное число перемещений рабочего органа фиксируется счетным механизмом.

Наибольшее применение имеют счетчики с овальными шестернями и лопастные счетчики.

Счетчики с овальными шестернями выпускают двух модификаций: СВШ — без обогрева на калибры 12 + 250 мм и СВШ — с паровой обогреваемой рубашкой (для сильновязких жидкостей) на калибры 12 + 40 мм, класс точности 0,25 и 0,5.

Лопастные счетчики используются для измерений объемов масел и глицерина, а также агрессивных жидкостей с объемом условного прохода 100 + 300 м³/ч и классом точности 0,25 и 0,5.

Весы

Для измерений массы вещества применяют весы, которые по принципу действия подразделяются на рычажные, пружинные, гидравлические и электромагнитные.

В рычажных весах масса вещества определяется путем уравновешивания моментов, развиваемых силами тяжести измеряемого груза и известной массы, приложенных к соответствующим концам рычага. Указатель этих весов позволяет встраивать различные измерительные элементы, преобразующие угол поворота оси указателя в электрический сигнал. Эти весоизмерительные агрегаты осуществляют автоматическое взвешивание грузов (контейнеры, ящики, коробки и др.), регистрируют и этикетировать взвешенную продукцию с указанием массы и номера партии.

В пружинных весах неизвестная масса взвешиваемого груза определяется по деформации упругого элемента. Для измерений деформации в современных весах используют главным образом тензорезисторные и вибрационно-частотные преобразователи.

Весы с тензорезисторными преобразователями обладают высокой точностью, стабильностью, надежностью, малой инерционностью и применяются, в основном, при больших пределах измерений.

Вибрационно-частотные преобразователи имеют высокую стабильность и класс точности до 0,5. На их основе серийно выпускаются датчики типа СКВ с верхними пределами измерения сил сжатия 200Н+200кН и датчики типа СВР с верхними пределами сил растяжения 2+10 кН.

В гидравлических весах усилие, развиваемое грузом, определяется путем измерения давления, создаваемого этим грузом в жидкости.

В электромагнитных весах груз уравнивается силой Ампера. По назначению весы подразделяются на приборы периодического и непрерывного взвешивания твердых и сыпучих продуктов. **Весы периодического взвешивания** применяют для суммарного учета изделий в потоке и дозирования различных продуктов (мука, сахарный песок, соль и т. п.). **Весы для непрерывного взвешивания** обладают большой производительностью, но имеют малую точность.

Действие весов непрерывного взвешивания (конвейерные) основано на измерении массы определенного участка ленты транспортера, скорости ее движения и вычисления их произведения, представляющего собой мгновенную производительность транспортера. Автоматические конвейерные весы предназначены для взвешивания в движении поддона с грузом и обеспечивают передачу данных в систему управления, а также регистрацию результата. Относительная погрешность взвешивания 0,5%, скорость движения конвейера 0,2 м/с.

В системах управления дозаторы выполняют функции измерительного или исполнительного устройства. В первом варианте доза материала выдается как готовая продукция, во втором — отмеренная порция поступает в объект управления (машину, аппарат).

По принципу действия дозаторы подразделяются на объемные и весовые. По дозируемому веществу различают дозаторы газов, жидкостей и сыпучих сред. Весовые дозаторы сложны по конструкции, точны, но не обладают достаточным быстродействием. Объемные дозаторы просты по конструктивному исполнению, обладают достаточным быстродействием, но менее точны.

По назначению дозаторы подразделяются на порционные дозаторы и дозирующие питатели. Первые предназначены для отмеривания единичных

порций вещества, вторые — для поддержания расхода вещества на заданном уровне.

Для дозирования жидкостей можно использовать дозаторы истечения и насосы-дозаторы.

Простейший дозатор истечения непрерывного действия представляет собой емкость с постоянным уровнем жидкости. Слив жидкости из этой емкости производится через определенное гидравлическое сопротивление, создаваемое дроссельным рабочим органом (РО), погрешность дозирования составляет не более 1%.

Автоматические порционные дозаторы сыпучих материалов имеют широкое применение, особенно ленточные весовые дозаторы, в которых по результатам взвешивания на конвейерных весах перемещаемого материала автоматически регулируется интенсивность его подачи. Дозаторы снабжены питателями, позволяющими в широких пределах измерять поток транспортируемого материала. Погрешность этих дозаторов составляет 0,5%.

Счетчики штучных изделий. Для учета штучной продукции (буханки, батоны, бутылки и т. п.) на конвейере применяют счетные устройства (счетчики), которые в зависимости от вида энергии, используемой для приведения их в действие, подразделяются на механические, электромеханические, электронные и пневматические.

Механические счетчики состоят из счетного механизма и приводного устройства (заслонки, звездочки, турникеты и т. п.) и работают за счет энергии движущегося изделия.

Электромеханические счетчики приводятся в действие электромагнитом. Перемещающееся изделие кратковременно замыкает кнопочный выключатель цепи управления электромеханического счетчика. Под действием импульса тока якорь электромагнита поворачивает с помощью храпового механизма ось счетчика импульсов.

В *пневматических счетчиках* считываемые изделия прерывают воздушную среду, которая и формирует управляющий сигнал. Они находят применение во взрывоопасной среде, при повышенной температуре и т. д.

В *электронных счетчиках* импульсный сигнал формируется индуктивным, фотоэлектрическим, радиоволновым (СВЧ) или радиоизотопными преобразователями. Их действие основано на изменении движущимся изделием соответственно индуктивности катушки с электромагнитным сердечником, потока электромагнитного или радиоактивного излучения. Эти датчики позволяют вести учет штучной

продукции без непосредственного контакта с учитываемыми изделиями и обладают длительным сроком службы и высокой надежностью.

4. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ

По принципу действия первичного преобразователя уровнемеры подразделяются на механические, электрические, акустические, тепловые и специальные.

Механические уровнемеры основаны на силовом воздействии уровня измеряемого материала на чувствительный элемент (поплавок и т. д.). Они подразделяются на поплавковые, буйковые и гидростатические. Поплавковые уровнемеры позволяют измерять уровень в диапазоне до 20 м с погрешностью измерения до + 1 мм. В качестве первичного преобразователя уровнемера, используется поплавок, плавающий на поверхности жидкости с постоянной осадкой. Положение поплавка фиксируется и преобразуется в электрический или пневматический сигнал вторичным преобразователем. Связь поплавок со вторичным преобразователем осуществляется при помощи механических элементов (троса, ленты, рычага) или бесконтактных следящих систем.

Работа **буйковых уровнемеров** основана на измерении выталкивающей силы, действующей на частично погруженное в жидкость тело массивного буйка. Изменение уровня жидкости преобразуется буйком в усилие, которое автоматически уравнивается устройством силовой компенсации. Выпускают буйковые уровнемеры с электрическим (типа УБ-Э) и пневматическим (типа УБ-П) унифицированными сигналами. Верхний предел измерения составляет от 2 см до 16 м, погрешность измерения до ± 5 мм.

Действие **гидростатических уровнемеров** основано на измерении гидростатического давления жидкости в аппарате. Гидростатическое давление измеряется с помощью дифманометра, двух манометров или пьезометрическим способом.

В пьезометрических уровнемерах мерой уровня является регистрируемое манометром давление газа, пропускаемого через трубку, опущенную в жидкость. В состав уровнемера входит регулятор, который обеспечивает постоянный расход подаваемого в трубку газа вне зависимости от текущего значения уровня.

Принцип измерений **акустических уровнемеров** основан на физических явлениях, связанных с распространением звука в жидкой или газовой фазе. Они подразделяются на локационный, поглощения и

резонансный. Широко применяется принцип локации, согласно которому измерение уровня осуществляют по времени прохождения расстояния от излучателя до границы раздела сред и обратно. Первичным преобразователем в них служит пьезоэлемент, выполняющий одновременно функции источника и приемника ультразвуковых колебаний. Они могут быть одноточечными и многоточечными.

Электрические уровнемеры подразделяются на кондуктометрические, емкостные и индуктивные.

Кондуктометрические уровнемеры используют измерение электрического сопротивления преобразователя, погруженного в электропроводную среду. Эти уровнемеры находят применение, в основном, в качестве сигнализаторов уровня электропроводящих жидкостей.

Работа **емкостных уровнемеров** основана на зависимости изменения емкости конденсатора, образованного электродами, частично погруженными в измеряемую среду. При изменении уровня жидкости изменяется емкость конденсатора, поскольку диэлектрическая проницаемость контролируемой среды больше, чем у воздуха. Конструкции емкостных преобразователей зависят от назначения прибора (измеритель или сигнализатор) и электропроводности среды. В измерителях уровня, в основном, применяют вертикально расположенные цилиндрические электроды. В сигнализаторах уровня электроды расположены горизонтально, что приводит к резкому изменению емкости преобразователя при заполнении аппарата до заданного уровня. Для неэлектропроводных жидкостей применяют неизолированные электроды, а для электропроводных один из электродов покрывают изоляционным слоем. Простота конструкции, надежность, высокая точность (погрешность не превышает 0,5%) обеспечили емкостным уровнемерам широкое применение в промышленности для измерения уровня сыпучих материалов и различных жидкостей. Например, емкостные уровнемеры типа РУС имеют различные диапазоны измерений от 0 до 20 м. Класс точности 0,5; 1,0; 1,5.

Действие **индуктивных уровнемеров** основано на зависимости индуктивности катушки от степени ее погружения в измеряемую электропроводящую среду. Основная погрешность обычно не превышает 0,5%.

Высокочастотные резонансные уровнемеры предназначены для работы с любыми жидкостями, а также сыпучими гранулированными материалами. Измерительные преобразователи этих уровнемеров

представляют собой отрезок электрической линии, собственная частота электромагнитных колебаний которого зависит от степени погружения его в измеряемую среду. Они имеют различные диапазоны измерений с верхней границей до 40 м. Погрешность 1,0; 1,5%.

Оптические уровнемеры можно подразделить на визуальные и фотометрические.

Визуальные уровнемеры представляют собой прозрачные вставки в стенках сосуда или сообщающихся с сосудом мерных трубках с нанесенной на них шкалой.

В фотометрических уровнемерах используется световой луч, падающий под острым углом на поверхность жидкости. Отраженный от поверхности жидкости луч через оптически прозрачную стенку попадает на протяженный приемник излучения. Координата приемника, в которой фиксируется максимальная освещенность, характеризует текущее значение уровня.

Принцип действия **тепловых уровнемеров** основан на зависимости удлинения или изменения электрического сопротивления подогреваемого стержня (трубки, проволоки) от степени погружения его в жидкость.

Лекция 5. Общие понятия и структура SCADA-систем

В настоящее время SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерское управление и сбор данных) является наиболее перспективной технологией автоматизированного управления во многих отраслях промышленности.

В последние несколько десятилетий за рубежом резко возрос интерес к проблемам построения высокоэффективных и высоконадежных систем диспетчерского управления и сбора данных.

С одной стороны, это связано со значительным прогрессом в области вычислительной техники, программного обеспечения и телекоммуникаций, что увеличивает возможности и расширяет сферу применения автоматизированных систем.

С другой стороны, развитие информационных технологий, повышение степени автоматизации и перераспределение функций между человеком и аппаратурой обострило проблему взаимодействия человека-оператора с системой управления. Расследование и анализ большинства аварий и происшествий в промышленности и на транспорте, часть из которых привела к катастрофическим последствиям, показали, что, если в 60-х годах XX века ошибка человека являлась первоначальной причиной лишь 20% инцидентов, то в 90-х годах доля «человеческого фактора» возросла до 80%, причем, в связи с постоянным совершенствованием технологий и повышением надежности электронного оборудования и машин, доля эта может еще возрасти (рис.1).

Основной причиной таких тенденций является старый традиционный подход к построению АСУ, который применяется часто и в настоящее время: ориентация в первую очередь на применение новейших технических (технологических) достижений, стремление повысить степень автоматизации и функциональные возможности системы и, в то же время, недооценка необходимости построения эффективного человеко-машинного интерфейса (HMI - Human-Machine Interface), т.е. интерфейса, ориентированного на оператора.

Возникла необходимость применения нового подхода при разработке таких систем, а именно, ориентация в первую очередь на человека-оператора (диспетчера) и его задачи. Реализацией такого подхода и являются SCADA-системы, которые иногда даже называют SCADA/HMI.

Управление технологическими процессами на основе SCADA-систем стало осуществляться в передовых западных странах в 80-е годы XX века. В России переход к управлению на основе SCADA-систем стал осуществляться несколько позднее, в 90-е годы.

SCADA-системы наилучшим образом применимы для автоматизации управления непрерывными и распределенными процессами, какими являются нефтегазовые технологические процессы. Кроме нефтяной и газовой промышленности, SCADA-системы применяются в следующих областях:

- управление производством, передачей и распределением электроэнергии;
- промышленное производство;
- водозабор, водоочистка и водораспределение;
- управление космическими объектами;
- управление на транспорте (все виды транспорта: авиа, метро, железнодорожный, автомобильный, водный);
- телекоммуникации;
- военная область.

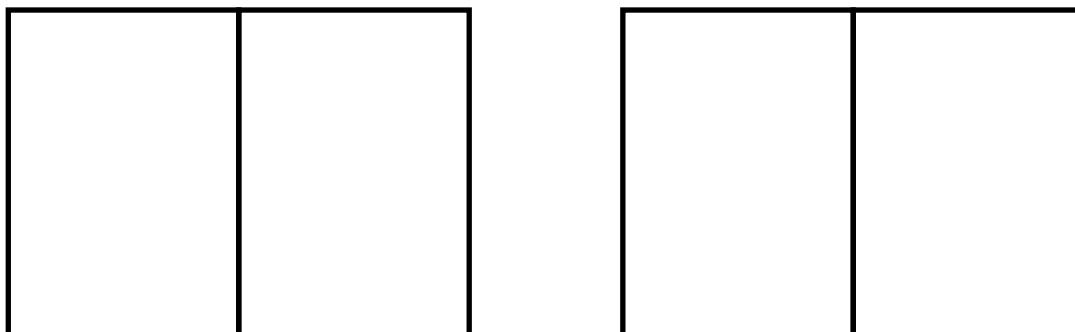
В мире насчитывается не один десяток компаний, активно занимающихся разработкой и внедрением SCADA-систем. Программные продукты многих из этих компаний представлены на российском рынке. Кроме того, в России существуют компании, которые занимаются разработкой отечественных SCADA-систем.

2.2. Определение и общая структура SCADA

SCADA - это процесс сбора информации реального времени с удаленных объектов для обработки, анализа и возможного управления этими объектами.

В SCADA-системах в большей или меньшей степени реализованы основные принципы, такие, как работа в режиме реального времени, использование значительного объема избыточной информации (высокая частота обновления данных), сетевая архитектура, принципы открытых систем и модульного исполнения, наличие запасного оборудования, работающего в «горячем резерве» и др.

Все современные SCADA-системы включают три основных структурных компонента (рис.2).



которых обеспечивает наибольшую эффективность технологического процесса.

SCADA-системы обеспечивают выполнение следующих функций:

1. Прием информации о контролируемых технологических параметрах от контроллеров нижних уровней и датчиков.
2. Сохранение принятой информации в архивах.
3. Обработка принятой информации.
4. Графическое представление хода технологического процесса, а также принятой и архивной информации в удобной для восприятия форме.
5. Прием команд оператора и передача их в адрес контроллеров нижних уровней и исполнительных механизмов.
6. Регистрация событий, связанных с контролируемым технологическим процессом и действиями персонала, ответственного за эксплуатацию и обслуживание системы.
7. Оповещение эксплуатационного и обслуживающего персонала об обнаруженных аварийных событиях, связанных с контролируемым технологическим процессом и функционированием программно-аппаратных средств АСУТП с регистрацией действий персонала в аварийных ситуациях.
8. Формирование сводок и других отчетных документов на основе архивной информации.
9. Обмен информацией с автоматизированной системой управления предприятием.
10. Непосредственное автоматическое управление технологическим процессом в соответствии с заданными алгоритмами.

Данный перечень функций, выполняемых SCADA-системами, не является абсолютно полным, более того, наличие некоторых функций и объем их реализации сильно варьируется от системы к системе.

1.4. Особенности SCADA как процесса управления

Существует два типа управления удаленными объектами в SCADA-системах: автоматическое и инициируемое оператором системы.

Процесс управления в современных SCADA-системах имеет следующие особенности:

- процесс SCADA применяется в системах, в которых обязательно наличие человека (оператора, диспетчера);
- процесс SCADA был разработан для систем, в которых любое неправильное воздействие может привести к отказу объекта управления или даже катастрофическим последствиям;
- оператор несет, как правило, общую ответственность за управление системой, которая при нормальных условиях только изредка требует подстройки параметров для достижения оптимальной производительности;

- активное участие оператора в процессе управления происходит нечасто и в непредсказуемые моменты времени, обычно в случае наступления критических событий (отказы, нештатные ситуации и пр.);
- действия оператора в критических ситуациях могут быть жестко ограничены по времени (несколькими минутами или даже секундами).

3.1. Основные требования к SCADA-системам

К SCADA-системам предъявляются следующие основные требования:

- надежность системы;
- безопасность управления;
- открытость, как с точки зрения подключения различного контроллерного оборудования, так и коммуникации с другими программами;
- точность обработки и представления данных, создание богатых возможностей для реализации графического интерфейса;
- простота расширения системы;
- использование новых технологий.

Требования безопасности и надежности управления в SCADA-системах включают:

- никакой единичный отказ оборудования не должен вызвать выдачу ложного выходного воздействия (команды) на объект управления;
- никакая единичная ошибка оператора не должна вызвать выдачу ложного выходного воздействия (команды) на объект управления;
- все операции по управлению должны быть интуитивно- понятными и удобными для оператора (диспетчера).

3.2. Основные возможности современных SCADA-пакетов

Исходя из требований, которые предъявляются к SCADA-системам, большинству современных пакетов присущи следующие основные возможности:

1. Автоматизированная разработка, позволяющая создавать ПО системы автоматизации без реального программирования.
2. Средства сбора и хранения первичной информации от устройств нижнего уровня.
3. Средства обработки первичной информации.
4. Средства управления и регистрации сигналов об аварийных ситуациях.
5. Средства хранения информации с возможностью ее постобработки (как правило, реализуется через интерфейсы к наиболее популярным базам данных).
6. Средства визуализации информации в виде графиков, гистограмм и т.п.

3.3. Тенденции развития аппаратных и программных средств SCADA-систем

3.3.1. Общие тенденции

Прогресс в области информационных технологий обусловил развитие всех 3-х основные структурных компонент систем диспетчерского управления и сбора данных - RTU, MTU и CS, что позволило значительно увеличить их возможности; так, число контролируемых удаленных точек в современной SCADA-системе может достигать 100 000 и более. На настоящий момент значение данного параметра практически не имеет ограничений.

Основная тенденция развития технических средств (аппаратного и программного обеспечения) SCADA - миграция в сторону полностью открытых систем. Открытая архитектура позволяет независимо выбирать различные компоненты системы от различных производителей; в результате - расширение функциональных возможностей, облегчение обслуживания и снижение стоимости SCADA-систем.

3.3.2. Удаленные терминалы

Главная тенденция развития удаленных терминалов (RTU) - увеличение скорости обработки и повышение их интеллектуальных возможностей. Современные терминалы строятся на основе микропроцессорной техники, работают под управлением операционных систем реального времени, при необходимости объединяются в сеть, непосредственно или через сеть взаимодействуют с интеллектуальными электронными датчиками объекта управления и компьютерами верхнего уровня.

Конкретная реализация RTU зависит от области применения. Для промышленных и транспортных систем существует два конкурирующих направления в технике RTU - промышленные компьютеры и программируемые логические контроллеры (в русском переводе часто встречается термин «промышленные контроллеры») - PLC.

Промышленные компьютеры представляют собой, как правило, программно-совместимые с обычными коммерческими персональными компьютерами машины, но адаптированные для жестких условий эксплуатации - буквально для установки на производстве, в цехах, газокompрессорных станциях и т.п. Адаптация относится не только к конструктивному исполнению, но и к архитектуре и схемотехнике, т.к.

изменения температуры окружающей среды приводят к дрейфу электрических параметров.

В качестве операционной системы в промышленных РС, работающих в качестве удаленных терминалов, все чаще начинает применяться Windows NT, в том числе различные расширения реального времени, специально разработанные для этой операционной системы. Наиболее известными поставщиками промышленных компьютеров являются американские фирмы Хусом, Octagon Systems и тайваньские Advantech, Axiom.

Промышленные контроллеры (PLC) представляют собой специализированные вычислительные устройства, предназначенные для управления процессами (объектами) в реальном времени. Промышленные контроллеры имеют вычислительное ядро и модули ввода-вывода, принимающие информацию (сигналы) с датчиков, переключателей, преобразователей и контроллеров и осуществляющие управление процессом или объектом путем выдачи управляющих сигналов на приводы, клапаны, переключатели и другие исполнительные устройства. Современные PLC часто объединяются в сеть с помощью промышленных (индустриальных) шин (сетей), а программные средства, разрабатываемые для них, позволяют в удобной для оператора форме программировать и управлять ими или непосредственно, или через компьютер, находящийся на верхнем уровне SCADA-системы - диспетчерском пункте управления (MTU). Исследование рынка PLC показало, что наиболее развитыми архитектурой, программным обеспечением и функциональными возможностями обладают контроллеры фирм Siemens, Fanuc Automation, Allen-Bradley, Mitsubishi.

Много материалов и исследований по промышленной автоматизации посвящено конкуренции двух направлений - РС и PLC; каждый из авторов приводит большое количество доводов «за» и «против» по каждому направлению. Тем не менее, можно выделить основную тенденцию: там, где требуется повышенная надежность и управление в жестком реальном времени, применяются PLC. В первую очередь это касается применений в системах жизнеобеспечения (например, водоснабжение, электроснабжение), транспортных системах, энергетических и промышленных предприятиях, представляющих повышенную экологическую опасность. Индустриальные РС применяются преимущественно в менее критичных областях.

3.3.3. Каналы связи

Каналы связи для современных диспетчерских систем отличаются большим разнообразием. Выбор конкретного решения зависит от архитектуры системы, расстояния между диспетчерским пунктом (MTU) и RTU, числа контролируемых точек, требований по пропускной способности и надежности канала, наличия доступных коммерческих линий связи.

Тенденцией развития CS как структурного компонента SCADA-систем можно считать использование не только выделенных каналов связи, но также и корпоративных компьютерных сетей и специализированных промышленных сетей (индустриальных шин). В современных промышленных, энергетических и транспортных системах большую популярность завоевали промышленные сети - специализированные быстродействующие каналы связи, позволяющие эффективно решать задачу надежности и помехоустойчивости соединений на разных иерархических уровнях автоматизации.

3.3.4. Диспетчерские пункты управления

Главной тенденцией развития MTU является переход большинства разработчиков SCADA-систем на архитектуру «клиент-сервер», состоящую из 4-х функциональных компонент:

* User (Operator) Interface (интерфейс пользователя/оператора) - исключительно важная составляющая систем SCADA. Для нее характерны: а) стандартизация интерфейса пользователя вокруг нескольких платформ; б) все более возрастающее влияние Windows; в) использование стандартного графического интерфейса пользователя (GUI); г) технология объектно-ориентированного программирования; д) стандартные средства разработки приложений, наиболее популярные среди которых, - Visual Basic for Applications (VBA), Visual C++; е) появление вариантов программного обеспечения класса SCADA/HMI для широкого спектра задач. Объектная независимость позволяет интерфейсу пользователя представлять виртуальные объекты, созданные другими системами. Результат - расширение возможностей по оптимизации HMI-интерфейса.

* Data Management (управление данными) - отход от узкоспециализированных баз данных в сторону поддержки большинства корпоративных реляционных баз данных (Microsoft SQL, Oracle). Эта независимость данных изолирует функции доступа и управления данными от целевых задач SCADA, что позволяет легко разрабатывать дополнительные приложения по анализу и управлению данными.

* Networking & Services (сети и службы) - переход к использованию стандартных сетевых технологий и протоколов. Службы сетевого управления, защиты и управления доступом, передачи почтовых сообщений,

сканирования доступных ресурсов могут выполняться независимо от кода целевой программы SCADA.

* Real-Time Services (службы реального времени) - решают задачи реального и квазиреального времени. Данные службы управляют обменом информацией с RTU, осуществляют управление базой данных реального времени, оповещение о событиях, выполняют действия по управлению системой, передачу информации о событиях на интерфейс оператора.

3.3.5. Операционные системы

Рынок однозначно сделал выбор в пользу операционной системы Windows. Решающими для быстрого роста популярности Windows стала ее открытая архитектура и эффективные средства разработки приложений, что позволило многочисленным фирмам-разработчикам создавать программные продукты для решения широкого спектра задач.

Рост применения Windows в АСУ обусловлен в значительной степени появлением ряда программных продуктов, которые являются расширениями Windows для реального времени (например, RTX).

Следует отметить, что в SCADA-системах требование жесткого реального времени (т.е. способность отклика/обработки событий в четко определенные, гарантированные интервалы времени) относится, как правило, только к удаленным терминалам; в диспетчерских пунктах (MTU) происходит обработка/управление событиями (процессами, объектами) в режиме «мягкого» (квази-) реального времени.

3.3.6. Прикладное программное обеспечение

Ориентация на открытые архитектуры при построении систем диспетчерского управления и сбора данных позволяет разработчикам этих систем сконцентрироваться непосредственно на целевой задаче SCADA - сбор и обработка данных, мониторинг, анализ событий, управление, реализация HMI-интерфейса.

В последнее время на рынке появилось большое количество программных продуктов класса SCADA/HMI, позволяющих решать специфические задачи по управлению технологическими процессами, выходящие за рамки целевой задачи SCADA, такие как задачи автоматизации для дискретного производства, отдельных производственных процессов, автоматизации с использованием новейших информационных технологий и др.

Наибольших успехов в этом направлении добились компании Intellution и Wonderware.

4.1. SCADA-продукты на российском рынке

В настоящее время на российском рынке представлено несколько десятков зарубежных и отечественных SCADA-продуктов. Некоторые зарубежные SCADA-системы, известные в мире, на российском рынке пока не представлены (например, Cube, Panorama, Cimview и др.). Но эта ситуация может в любой момент измениться, как это произошло, например, с австралийской SCADA-системой Citect: система завоевала рынок Юго-Восточной Азии и Америки, в Европе рост ее продаж составил 30% в год, а в России она была неизвестна, пока российская фирма-дистрибьютор RTSoft не начала распространение системы на российском рынке.

В России сегодня наиболее популярны следующие зарубежные SCADA-пакеты:

- * In Touch (Wonderware, США)
- * iFIX (Intellution, США)
- * SIMATIC WinCC (Siemens, Германия)
- * Citect (Ci technologies, Австралия)
- * RTAP/plus (HP, Канада)
- * Wizcon (PC Soft International, Израиль-США)
- * Sitex и Phocus (Jade SoftWare, Великобритания)
- * Real Flex (BJ Software Systems, США)
- * Factory Link (US Data Corp., США)
- * View Star 750 (AEG, Германия)
- * PlantScape (SCAN 3000) (Honeywell, США)

Отечественные SCADA-программы для персональных компьютеров появились в нашей стране в начале 90-х годов с уже привычным 10-летним запаздыванием в этой области, особенно усиленным долго преодолевавшимся недоверием к надежности и «серьезности» этих систем. Вначале на ПК создавались программы под конкретный объект и лишь затем появились универсальные решения. В настоящее время имеется около десятка отечественных SCADA-пакетов. Вот наиболее известные из них:

- * TRACE MODE (AdAstra, Москва)
- * СКАТ (Центрпрограммсистем, Тверь)
- * САРГОН (НБТ-Автоматика)
- * VNS, GARDEN, Vis-a-Vis (ИнСАТ)
- * VIORD («Фиорд»)

- * RTWin (SWD - Системы Реального Времени)
- * ЗОНД (АСУТП Программа).

4.2. Интегрированный пакет комплексной автоматизации **FactorySuite**

Главное направление развития современных программных технологий управления промышленным производством - органичное сочетание на новом техническом уровне, в рамках единого «глобального» инструментария, эффективного управления промышленным процессом как таковым и неразрывно связанным с ним общим бизнес-менеджментом предприятия.

Широко распространенные как на мировом, так и на отечественном рынке SCADA-системы в подавляющем большинстве ответственны лишь за тот уровень промышленной автоматизации, который связан с получением данных от различных датчиков и устройств ввода-вывода, визуализацией собранной информации и ее архивированием. Доступ же к этой информации со стороны руководителя предприятия, а также руководителей экономических подразделений до недавнего времени был лишь опосредованным. Для анализа производства в целом, моделирования его отдельных этапов, выявления критических участков и слабых звеньев важен доступ к производственной информации на всех уровнях в реальном времени.

Для решений подобных задач автоматизации промышленных предприятий в целом на рынке появился ряд новейших программных комплексов, в том числе пакет **FactorySuite** американской компании **Wonderware**.

FactorySuite состоит из следующих основных, хорошо интегрирующихся друг с другом компонентов:

InTouch - мощная SCADA-система (о ней будет более подробно рассказано ниже);

InControl - инструментальная система программирования контроллеров - ПО на базе Windows NT для управления контроллерным оборудованием и процессами. Поддерживает широкий набор устройств ввода-вывода, двигателей, датчиков и другого промышленного оборудования через устоявшиеся интерфейсы и открытые промышленные сети;

InTrack - система управления производством. Позволяет наблюдать и отслеживать в реальном времени незавершенное производство, материально-технические запасы, использование оборудования, простои и т.п. Система позволяет определять и моделировать производственные процессы, контролировать исполнение заказов на продукцию;

InBatch - система гибкого управления процессами дозирования и смешивания. При помощи InBatch пользователи в металлургической, химической, пищевой промышленности могут моделировать свои процессы, создавать рецепты, имитировать исполнение рецептов, сопоставляя их с моделью, управлять реальным процессом, пользуясь моделью;

InSupport - это программное средство для обнаружения и устранения неисправностей и ведения технической документации. InSupport позволяет разрабатывать процедуры нахождения и устранения неисправностей, которые выдают четкие инструкции по обслуживанию и ремонту оборудования для операторов и обслуживающего технического персонала.

IndustrialSQL Server - реляционная база данных реального времени для внутризаводского применения, является «сердцем» промышленного набора FactorySuite. IndustrialSQL Server собирает и хранит историю о производственном процессе, позволяя работать при этом с несколькими сотнями устройств ввода-вывода и управления, а также с множеством узлов InTouch и InControl. Он объединяет эту информацию с данными о конфигурации, аварийных ситуациях и событиях, с итоговыми и статистическими данными, с историей рецептов (из InBatch), с данными о ходе производства (от InTrack) и с данными о состоянии оборудования (из InSupport);

Scout - средство, позволяющее просматривать технологический процесс и данные автоматизированного производства, используя удаленный доступ через сети Internet/Intranet. Может использоваться руководителями и менеджерами для просмотра информации из любой географической точки.

Кроме перечисленных пакетов в FactorySuite входит несколько специализированных приложений-клиентов, объединенных под названием **FactoryOffice**. Они предназначены для создания текущих и архивных трендов, для создания параметрических графиков X-Y и для табличного отображения текущих и архивных данных.

SCADA-система TRACE MODE

8.1. Введение

TRACE MODE 5.04 для Windows NT – это российский SCADA-продукт, разработанный фирмой AdAstra Ltd. С его помощью можно не только разрабатывать распределенные АРМ операторов технологического процесса, но и запрограммировать контроллеры, а также связать АСУТП с

корпоративной информационной системой предприятия и глобальной сетью Internet.

TRACE MODE основана на DCOM - базовой 32-разрядной технологии корпорации Microsoft, положенной в основу всех ее современных продуктов, начиная от Windows NT и кончая Office2000. Взаимодействие между компонентами TRACE MODE в Internet также осуществляется через DCOM с использованием основных стандартов Internet/Intranet (например, TCP/IP, HTML и т.д.).

Система разработки TRACE MODE содержит ряд новых технологий проектирования АСУТП, отличающих ее от других SCADA-систем. Среди них следующие:

- Обеспечение единых инструментальных средств (единой линии программирования) как для разработки операторских станций, так и для программирования контроллеров;
 - Разработка распределенной АСУТП как единого проекта;
 - Технология автопостроения проекта.
- Рассмотрим эти технологии подробнее.

8.2. Единая линия программирования

Традиционно SCADA-системы понимались как инструмент разработки программного обеспечения для рабочих мест диспетчеров, т.е. для верхнего уровня АСУТП.

Программирование промышленных контроллеров или интеллектуальных датчиков производилось иными программными средствами или специальными программаторами, поставляемыми с оборудованием. После появления и массового распространения IBM PC-совместимых контроллеров появилась возможность унифицировать программное обеспечение для операторских станций и промышленных контроллеров.

Эта возможность реализована в системе TRACE MODE 4.20, в которую введены функции программирования контроллеров и выпущена специальная исполнительная система для контроллеров – Микро МРВ.

В новой версии TRACE MODE 5.04 технология сквозного программирования была усовершенствована. Наибольшие изменения коснулись средств разработки. Были разработаны язык схем на функциональных блоках (Техно FBD) и язык инструкций (Техно IL), которые являются языками визуального программирования и включают более 150 элементарных и библиотечных функций. Среди встроенных алгоритмов –

ПИД, ПДД, нечеткое, позиционное регулирование, динамическая балансировка, алгоритмы массового обслуживания, блоки моделирования объектов, арифметические, алгебраические, тригонометрические, статистические функции, функции расчета технико-экономических показателей и т.д. Добавлен ряд функциональных блоков, ориентированных на контроль и управление типовыми технологическими объектами (клапан, задвижка, привод и т.д.). Также разработаны алгоритмы адаптивных и модальных регуляторов.

8.3. Разработка сетевого комплекса как единого проекта

В распределенных SCADA-системах разработка проекта привязана к одной операторской станции. Поэтому при разработке сетевых комплексов сначала создаются базы данных реального времени для отдельных ПК, и лишь потом они объединяются в сеть.

Однако современные промышленные АСУ «живут» и развиваются десятки лет, имеют тенденцию к интеграции как между собой, так и с АСУ финансово-хозяйственных служб. За это время меняется технология, добавляются и заменяются датчики, АРМ, модифицируется программное обеспечение АСУ. Поддерживать и развивать системы, состоящие из многих обособленных ПК и контроллеров, каждый из которых ничего не «знает» о других, и трудно, и дорого. Чтобы этого избежать, можно использовать архитектуру клиент-сервер, но сосредоточение базы данных реального времени на сервере снижает надежность системы (что будет, если сервер откажет?).

В TRACE MODE 5 распределенная АСУ, включающая и ПК и контроллеры, *рассматривается как один проект*. Поэтому каждый узел (ПК или контроллер) имеет информацию об остальных узлах системы и в случае его модификации автоматически обновляет соответствующие базы на других узлах. При этом АСУ можно создавать как в архитектуре клиент-сервер, так и распределенную – технология разработки АСУТП как единого проекта будет одинаково эффективна.

8.4. Автопостроение

«Автопостроение» – это группа оригинальных технологий, реализованных в ТРЕЙС МОУД 5. Суть автопостроения заключается в автоматическом генерировании баз каналов операторских станций и контроллеров, входящих в проект АСУТП на основе информации о числе

точек ввода /вывода, номенклатуре используемых контроллеров и УСО, наличии и характере связей между ПК и контроллерами. В соответствии с этим в ТРЕЙС МОУД 5 реализованы следующие возможности:

- Автопостроение баз каналов для связи с УСО в РС-контроллерах. Пользователю достаточно указать марку и количество РС-контроллеров, используемых в проекте и запустить автопостроение – ТРЕЙС МОУД сформирует базу каналов для каждого контроллера и произведет настройку на УСО автоматически.
 - Автопостроение баз каналов для связи с обычными контроллерами. Эта процедура автоматически генерирует базы каналов операторских станций и производит настройку на наиболее распространенные в России контроллеры.
 - Автопостроение связей между узлами «ПК-ПК», «ПК-контроллеры», «контроллеры-контроллеры» осуществляет создание, автоматическое поддержание и обновление коммуникаций между узлами распределенной АСУТП.
 - Автопостроение при импорте баз технологических параметров. В наиболее технологически «культурных» организациях разработке проекта предшествует его детальная проработка и составление баз технологических параметров. Часто для этих целей используются распространенные базы данных и электронные таблицы, например, Excel, Access и др. ТРЕЙС МОУД 5 допускает импорт этих баз с последующим автопостроением.
Технология автопостроения является революционным шагом в разработке систем реального времени, так как снимает огромную часть рутинной работы по «набивке» и конфигурированию баз параметров. Благодаря автопостроению разработка АСУТП сводится к следующим несложным процедурам:
- Размещение в рабочем поле редактора базы каналов иконок контроллеров и операторских станций.
 - Указание наличия информационного обмена между узлами.
 - Запуск автопостроения проекта.
 - Задание математической обработки данных и алгоритмов управления.

8.5. Разработка графического интерфейса

Разработка графического интерфейса операторских станций осуществляется в объектно-ориентированном редакторе представления данных. Графические изображения создаются в векторном формате. Редактор дает возможность создания объемных изображений мнемосхем технологических объектов. Формы динамизации содержат все необходимые элементы, в том числе гистограммы, графические, цветовые и звуковые

сигнализаторы, тренды, бегущие дорожки, мультипликацию. Предусмотрен также обширный набор библиотек технологических объектов.

Если имеющихся динамических форм отображения недостаточно, пользователь может написать собственные формы как компоненты ActiveX, используя Visual Basic, Visual C++ и др. и встроить их в ТРЕЙС МОУД. Кроме того, в мире созданы десятки тысяч готовых бесплатных и коммерческих ActiveX-программ, доступных, в частности, через Internet. Среди них – электронные таблицы, программы доступа к базам данных, географические карты, графики и т.д.

Формы отображения могут объединяться в *графические объекты*. Графические объекты включают в себя неограниченное количество статичных элементов рисования и динамических форм отображения. Они вставляются в экраны в виде одного элемента, могут использоваться в будущих проектах или на других экранах текущего проекта.

8.6. Распределенная многоуровневая АСУТП на базе ТРЕЙС МОУД

ТРЕЙС МОУД позволяет создавать многоуровневые, иерархически организованные, резервированные АСУТП. Рассмотрим трехуровневую систему, включающую уровень контроллеров, диспетчерский уровень и административный уровень.

АСУТП **уровня контроллеров** создается на основе Микро-монитора реального времени (Микро-МРВ). Эта программа размещается в РС-контроллере и осуществляет сбор данных с объекта, программно-логическое управление технологическими процессами и регулирование параметров по различным законам, а также ведение локальных архивов. Программа ведет постоянный контроль работоспособности УСО, сетевых линий, и в случае их выхода из строя автоматически переходит на резервные средства. При помощи Микро-МРВ можно создавать дублированные или троированные системы с горячим резервом.

Основу **диспетчерского уровня** управления составляют Мониторы реального времени (МРВ). МРВ ТРЕЙС МОУД – это сервер реального времени, осуществляющий прием данных с контроллеров, управление технологическим процессом, перераспределение данных по локальной сети, визуализацию информации, расчет ТЭП и статистических функций, ведение архивов.

На **административном уровне** АСУТП используются модули Supervisor. Supervisor предоставляет руководителю информацию о ходе и ретроспективе технологического процесса, статистических и технико-экономических параметрах предприятия. Эта информация может обновляться в режиме, близком к реальному времени (задержка 10 – 30 с). Кроме того, Supervisor дает возможность просматривать ретроспективу (осуществлять «плейбек») процесса как фильм на видеомагнитофоне.

Графический «плейбек» архива дает в руки руководителя инструмент контроля работы диспетчерского комплекса и всего предприятия в целом.

8.7. Единое сетевое время

ТРЕЙС МОУД – одна из немногих на российском рынке SCADA-систем для операционных систем общего назначения, обладающих системой *единого сетевого времени* (кроме нее еще Citect). Все процессы в сетевых комплексах ТРЕЙС МОУД автоматически синхронизируются, что позволяет однозначно привязывать технологические события к временной шкале, каким бы из 256 сетевых ПК они не были зафиксированы.

4.3. InTouch

SCADA-система InTouch считается самой продаваемой в мире. Она имеет более 200 000 инсталляций.

Недавно появилась уже восьмая версия пакета – InTouch 8.0.

InTouch является первым продуктом, получившим сертификат соответствия на совместимость с Windows XP ("Designed for Windows XP") от Microsoft.

Программный пакет InTouch, как любой SCADA-пакет, состоит из двух основных компонентов - среды разработки и среды исполнения. В среде разработки создаются мнемосхемы, определяются и привязываются к аппаратным средствам входные и выходные сигналы и параметры, разрабатываются алгоритмы управления и назначаются права операторов. Созданное таким образом приложение функционирует в среде исполнения.

Для того чтобы приложение могло обмениваться данными с аппаратурой, необходимо использование третьего компонента - отдельной программы, называемой сервером ввода-вывода. Как правило, сервер ввода-вывода ориентирован на использование с конкретным видом оборудования, таким как промышленные контроллеры. InTouch имеет большое число готовых серверов ввода-вывода - более 600. При необходимости можно также разработать новый сервер ввода-вывода с помощью инструментального средства FactorySuite Toolkit. Вместе с тем, используются также серверы ввода-вывода, рассчитанные на обмен данными согласно определенным промышленным стандартам, и которые могут работать со всеми контроллерами, удовлетворяющими этому стандарту (например, Modbus, ProfiBus, DeviceNet и др.).

Архитектура системы и базы данных реального времени.

InTouch можно использовать как на отдельных машинах, так и в распределенной клиент-серверной архитектуре.

База данных реального времени также имеет клиент-серверную архитектуру, Она ведется только на сервере и не копируется на клиентские станции.

Исполнительная система InTouch поддерживает базу данных текущих значений процесса. Эти значение могут отражать заданные точки контроля устройств, представляющие параметры физического объекта, или точки, представляющие расчетные значения. Значения параметров собираются и обрабатываются на одном или большем количестве компьютеров, использующих распределенную структуру программного обеспечения. Поддерживаются следующие типы данных: переменные ввода-вывода, вещественные числа, целые числа, дискретные числа, строковые переменные (представляет собой строку символов длиной до 131 символа), суперпеременные (некоторая структура, определяющая составную переменную; суперпеременная может содержать до 64 переменных и иметь до 2 уровней вложенности).

Особенности среды разработки.

1. Динамическая разработка сетевых приложений.

Динамическая разработка обеспечивает централизованное сопровождение основной копии приложения InTouch с помощью сетевого сервера. Каждый клиентский узел делает локальную копию разрабатываемого приложения. Это обеспечивает полное резервирование. Если сервер недоступен, клиентский узел продолжает работать, используя свою локальную копию приложения. Когда сервер становится доступным, осуществление связи с ним происходит незаметно для пользователя или программы.

Другой возможностью сетевой распределенной разработки является то, что пользователи могут получать изменения на клиентских узлах без остановки запущенного приложения InTouch. Система сигнализирует оператору о доступности изменений в приложении, и оператор может принять их, когда это будет удобно. При приеме, только изменившиеся компоненты приложения будут загружены и обновлены на клиентских узлах.

1. Мощный редактор QuickScript

С помощью редактора QuickScript приложения InTouch можно расширить и настроить в соответствии со спецификацией системы. Скрипты могут быть сконфигурированы для исполнения с многочисленными параметрами, такими как специальные состояния процесса, изменения данных, события приложения, события окна, нажатие на клавиатуре, события ActiveX и другие. Среда QuickScript также поддерживает QuickFunctions, которые позволяют пользователям разработать библиотеку скриптов для дальнейшего использования.

Редактор QuickScript прост в использовании, и при этом позволяет пользователям полностью настраивать поведение приложения. При создании скриптов пользователь может использовать кнопки с наиболее часто используемыми выражениями и структурами, такими как “больше чем”, “меньше чем”, цикл, условные конструкции (“если-то-иначе”). Дополнительные функции, такие как, математические, строковые преобразования и другие, доступны посредством Мастера, который запрашивает необходимые аргументы и проверяет корректность синтаксиса функций. Встроенный механизм проверки корректности позволяет пользователям проверять правильность скриптов перед их развертыванием, тем самым, предотвращая появление ошибок исполнения.

Графический интерфейс пользователя.

InTouch предоставляет набор инструментов для графического отображения состояния процесса.

Во-первых, объектно-ориентированная графика. Мощные средства объектно-ориентированного проектирования облегчают рисование, расположение, выравнивание, разделение на слои, размещение в пространстве, вращение, инвертирование, дублирование, вырезание, копирование, вставку, стирание и многие другие операции. InTouch допускает неограниченное количество динамических изображений в каждом окне.

Во-вторых, анимационные связи. Эти связи обеспечивают возможность «оживления» любых объектов и их комбинаций для создания практически неограниченного набора мультипликационных характеристик, включая изменения размеров, цвета, перемещений, мигания, изменения уровня и т.д.

В-третьих, мастер-объекты. InTouch включает в себя обширную библиотеку мастер-объектов (Wizards), то есть предварительно сконфигурированных вспомогательных средств (таких как переключатели,

ползунковые регуляторы и счетчики), позволяющих быстро создавать прикладные программы для конкретных условий производственного предприятия. При помощи дополнительного набора инструментальных средств (Extensibility Toolkit) возможно также создать свои собственные мастер-объекты, приспособленные к нуждам отрасли.

В-четвертых, ActiveX. InTouch является ActiveX контейнером, что позволяет пользователям InTouch устанавливать элементы управления ActiveX сторонних фирм и использовать их в любом окне приложения без всякого программирования с помощью простой технологии конфигурирования “укажи и кликни”.

InTouch позволяет организовать взаимодействие с другими приложениями, используя следующие средства:

- стандартный **DDE-обмен** (Dynamic Data Exchange - динамический обмен данными). Большинство разработанных серверов ввода/вывода поддерживают именно DDE-обмен для передачи данных в InTouch-приложение. Обычные приложения, самое популярное из которых Excel, также используют DDE-механизм.
- **OLE-технологии** (Object Linking and Embedding - включение и встраивание объектов). Используется для взаимодействия с некоторыми компонентами FactorySuite и другими пользовательскими приложениями.
- **OPC-программы** (OLE for Process Control - OLE для управления процессами). OPC применяется для обмена информацией с технологическими устройствами типа ПЛК. InTouch 8.0, и все другие FactorySuite компоненты могут быть OPC клиентом для работы с любым из OPC серверов.

SCADA-система InTouch имеет встроенные механизмы интеграции с другими компонентами FactorySuite. Эти механизмы используют как указанные стандартные протоколы, так и собственный, разработанный фирмой Wonderware, протокол **SuiteLink**. В этом протоколе введена концепция меток времени и качества информации, выставляемых серверами ввода-вывода.

Лекция 6. Интеграция АСУТП и АСУП

1. Актуальность интеграции

Говоря о программном обеспечении систем автоматизации, нельзя оставить без внимания и процессы, связанные с внедрением бурно развивающихся информационных технологий и на вышестоящих уровнях управления промышленным предприятием. Конечно, эффективность функционирования предприятия определяется эффективностью работы его отдельных производственных подразделений, технологических установок (АСУТП). Но невозможно говорить об эффективности отдельной АСУТП в отрыве от системы управления предприятием в целом.



Автоматизация предприятий (в том числе и нефтегазовых) в России на протяжении последних десятилетий строилась по трехуровневому принципу (рис. слева). В любой системе управления, построенной по иерархическому принципу, предполагается движение информации в двух направлениях: «снизу вверх» (восходящий поток) и «сверху вниз» (нисходящий поток).

С нижнего уровня информация от различных датчиков поступает на автоматические регуляторы (контроллеры) и в виде управляющих воздействий возвращается на исполнительные устройства (ИУ). На этом уровне замыкаются контуры автоматического управления (САУ), а информация о параметрах технологического процесса поступает выше - на уровень АСУТП. Здесь (в операторной/диспетчерской) информация отображается на экранах, табло и регистрируется. Оперативный персонал имеет также возможность формировать управляющие воздействия: на регулятор - изменением задания, на объект - в режиме ручного дистанционного управления исполнительными устройствами.

Вверху, на уровне АСУП (в мировой практике этот уровень управления получил название ERP - Enterprise Resources Planning - планирование ресурсов предприятия), имеются структуры, обеспечивающие финансово-хозяйственную деятельность предприятия в целом, планирование и учет производства, в том числе:

- управление финансами;
- бухгалтерский учет;
- энергетическое обеспечение;
- материально-техническое обеспечение;

- сбыт готовой продукции;
- ремонтно-техническое обеспечение;
- управление персоналом и т. д.

Результатом их деятельности являются планы, задания, регламенты, которые в качестве управляющих воздействий «спускаются» на уровень АСУТП. Вот здесь и возникает главный вопрос - а на базе какой информации все эти задания и планы вырабатывались? Дело в том, что *автоматически* «поднять» *оперативную* информацию до уровня принятия стратегических решений долгое время не удавалось. В результате информация для принятия управленческих решений часто была не только **не оперативной** (устаревшей), но и **недоверенной** (человеческий фактор).

Развитие этих направлений обычно осуществлялось различными коллективами специалистов, подчиненных руководителям различных служб, было плохо скоординировано. Оба направления не были связаны между собой ни организационно, ни физически, ни информационно. Кроме того, автоматизация обоих этих направлений строилась на разнородных технических и программных средствах, не предусматривала возможности стандартизации каналов обмена информацией между уровнями.

- В 90-х годах прошлого века в России (особенно в нефтегазовой отрасли) начался бурный процесс модернизации технических средств автоматизации. На смену морально и физически устаревшим средствам пришли современные программно - технические комплексы. Это и **контроллеры (PLC)** различных производителей, и **DCS** различных масштабов, на базе которых можно строить интегрированные системы управления не только технологическими установками, а даже цехами и небольшими заводами. **SCADA**-системы уже стали неотъемлемой частью многих модернизированных и вновь введенных АСУТП.

Особенностью этих систем является то, что они работают с потоками данных, поступающими в реальном масштабе времени, с высокой частотой (периоды опроса – порядка секунд и даже долей секунд) и из большого числа источников (от сотен до десятков тысяч параметров). Эта информация хранится в базах данных не реляционного типа и используется для оперативного управления технологическим процессом. Но информация, успешно используемая в АСУ ТП, неудобна для системы верхнего уровня управления.

Положительные результаты автоматизации технологических процессов очевидны – успешно идет процесс замены морально и физически устаревших средств автоматизации на современные и надежные

микропроцессорные системы (DCS или SCADA). На предприятиях появились специалисты, владеющие компьютерными системами и современными методами управления, специалисты по информационным технологиям (ИТ).

- Для решения задач автоматизации управления административно-хозяйственной деятельностью предприятий (АСУП) в последнее время создается и широко внедряется большое количество типовых систем управления. По функциональным возможностям все эти системы неравнозначны. Среди них имеются и так называемые коробочные продукты, реализующие очень небольшое количество функций (бухгалтерские, складские и т. п.), и мощные системы, способные моделировать происходящие на предприятии процессы управления (SAP/R3, Baan, Oracle Applications). Представлены и системы среднего класса (JD Edward's, MFG – Pro, SyteLine, Renaissance, Concorde XAL, SunSystems, БОСС-Корпорация, Галактика, Парус, Ресурс и др.), способные реализовать достаточно большое количество функций по различным направлениям – финансы, персонал, сбыт.

Особенностью всех этих систем является применение современных **реляционных** баз данных, таких как, например, Oracle, Informix, Microsoft SQL Server и других, наиболее хорошо приспособленных для решения задач анализа. На этом уровне нужна только предварительно подготовленная, интегрированная информация о технологических процессах, состоянии оборудования, расходных показателях (данные типа средних за определенные промежутки времени, нарастающим итогом, объемы выработанной продукции и т. д.). Такие данные должны поступать в систему гораздо реже, чем данные реального времени, но они должны быть оперативными и достоверными.

Внедрение в процесс управления этих мощных программных комплексов не принесло ожидаемого эффекта. Основной недостаток таких систем заключается в том, что они изначально не могли **оперативно** и **адекватно** реагировать на реальные проблемы производства, которые на предприятии обычно непредсказуемы. Системы автоматизированного планирования и управления производством развивались из бухгалтерских систем, которые хорошо выполняют учетную роль, но не показывают пути совершенствования производства. А именно эта задача стоит сейчас перед большинством отечественных предприятий.

Вновь сложилась ситуация, когда и на новом витке автоматизации на предприятиях часто отсутствует обмен оперативной информацией не только

между уровнями управления (вертикальные связи), но и между системами одного и того же уровня (горизонтальные связи).

С технической точки зрения *горизонтальная* интеграция предполагает объединение между собой всех автономных систем автоматизации технологических и производственных процессов, а также административных отделений цехового уровня в единую информационную сеть. Это обеспечит необходимый обмен данными в реальном масштабе времени между всеми подразделениями основного и вспомогательного производства. С производственной точки зрения, это означает учет каждого шага производственного процесса от прибытия сырья до выдачи готовой продукции.

Вертикальная интеграция базируется на организации потоков информации от нижнего уровня (датчиков и контроллеров) во внутренние и внешние компьютерные сети предприятия и через них в административные системы управления. Данная задача решается путем объединения промышленных и административных сетей. Основная цель вертикальной интеграции - устранение препятствий на пути информационных потоков между уровнями АСУП и АСУТП с целью оперативного обмена данными.

На предприятиях автоматизированный обмен информацией часто бывает невозможным по следующим причинам:

- далеко не все технологические процессы автоматизированы на базе современных программно-аппаратных средств;
- имеются устаревшие системы автоматизации, подключение которых к сети организовать очень трудно;
- некоторые системы сделаны под DOS и отсутствует коммуникационное обеспечение;
- отсутствуют физические линии связи (ЛВС);
- организационные проблемы.

Современная автоматизация технологических процессов одного цеха часто бывает реализована на разнородных программно-аппаратных средствах. Здесь можно встретить системы управления различных фирм-производителей DCS и SCADA (ABB, Fisher Rosemount, Foxboro, Honeywell, Intellution, Wonderware и др.). Для анализа такой «разношерстной» информации ее потребуется привести к единому формату. В специальной периодической прессе даже появились такие термины, как «острова» или «лоскуты» автоматизации.

Можно констатировать, что на предприятиях часто отсутствует единая

информационная среда, которая смогла бы стать основой системы оперативного учета и управления ресурсами производства. Нехватка прежде всего технологической информации становится все более и более актуальной. Сегодня практически все службы предприятий заинтересованы в получении оперативных и объективных технологических данных.

Из всего вышеизложенного следует объективная необходимость **интеграции** уровней АСУТП и АСУП – сегодня для этого созданы все необходимые предпосылки:

- руководство предприятий становится все более заинтересованным в получении оперативной и объективной информации о текущих и архивных значениях параметров технологических процессов;
- на многих предприятиях уже создана достаточная сетевая инфраструктура (сети Ethernet на уровне предприятия, стандартные промышленные шины на уровне АСУТП);
- на рынке средств автоматизации уже появились специализированные программные продукты различных типов, в том числе и от разработчиков SCADA-систем.

Основная цель интеграции различных подсистем предприятия - объединение информационных потоков, создание единого информационного пространства для объективной и оперативной оценки текущей ситуации, оперативного принятия оптимальных управленческих решений, ликвидации информационных и организационных барьеров между управленческим и технологическим уровнями.

2. Интегрированная система управления предприятием

За последние три-четыре года в специальных периодических изданиях появилось большое количество статей, посвященных вопросам интеграции уровней АСУП и АСУТП. Все специалисты сходятся во мнении, что в иерархии управления необходим промежуточный **интегрирующий** уровень, который мог бы служить мостом между разнородными потоками информации этих уровней (рис. 1). Что касается инструментальных средств (программного обеспечения) для реализации задачи объединения информационных потоков, то их выбор определяется, прежде всего, конкретными условиями (сложившейся на предприятии структурой информационных потоков, используемым на разных уровнях программным обеспечением, действующими протоколами обмена и т. д.), а также потребностями в информации специалистов и руководителей всех уровней.

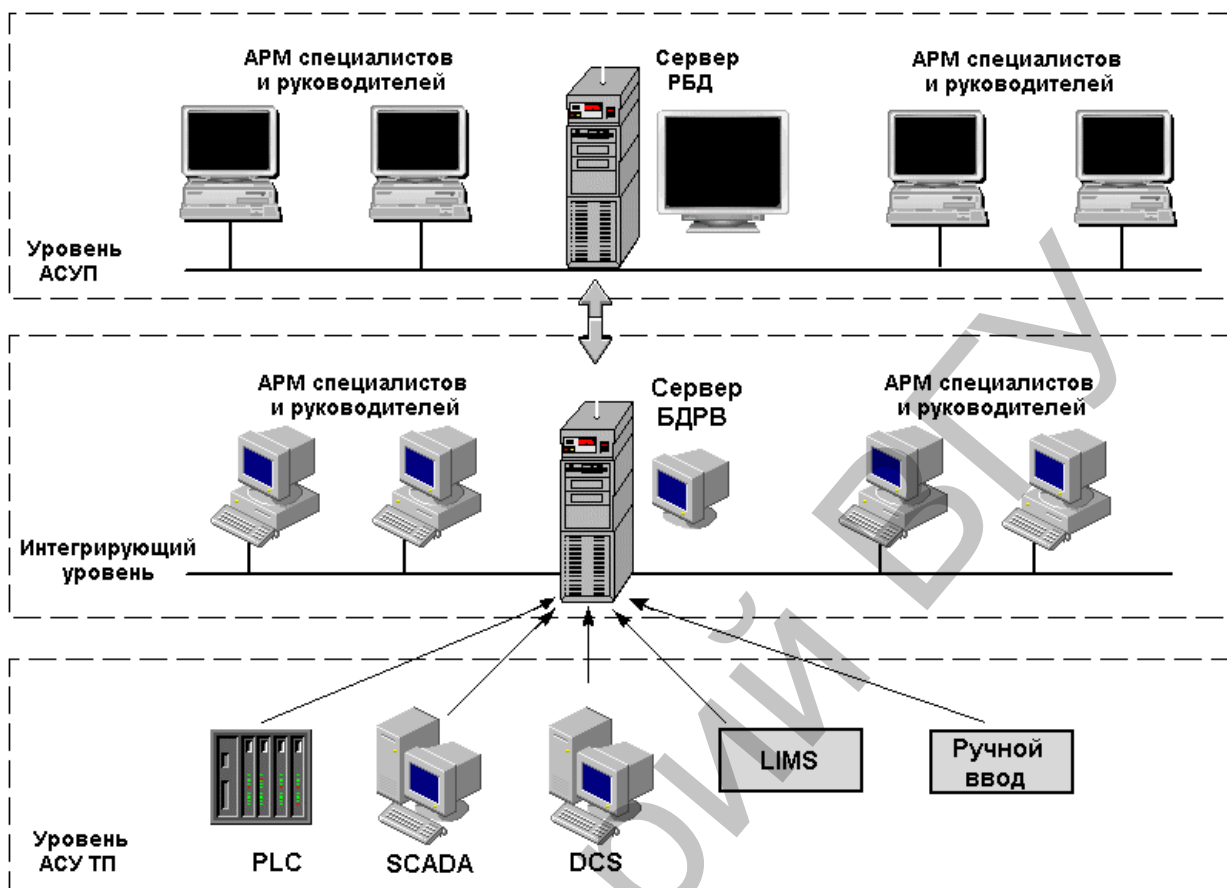


Рис. 1. Интегрированная система управления предприятием.

В общем случае обмен данными между АСУП и АСУ ТП осуществляется по вертикали во встречных направлениях.

Восходящий поток формируется производственной информацией, поступающей с технологических участков, установок и цехов. В основном эта информация передается автоматизированным способом от действующих АСУТП, созданных на базе SCADA и DCS. Результаты лабораторных анализов формируются в лабораторных информационных системах (LIMS - Laboratoire Informatic Management System). Предусмотрен ручной ввод данных, которые не могут быть введены в систему автоматизированным способом. Этот поток данных обеспечивает специалистов и руководителей верхнего уровня сведениями о количественных и качественных показателях переработанного сырья и продуктах переработки, технологических режимах и их нарушениях, состоянии технологического оборудования, потреблении реагентов и энергоносителей, затратах труда и т. д.

Нисходящий поток представляет собой производственные задания, графики работы и ремонтов, технологические регламенты, спецификации на качество вырабатываемых нефтепродуктов и т. п.

Анализ существующих АСУ показывает, что и между подсистемами технологического уровня (горизонтальные связи), и между подсистемами вертикального подчинения происходит интенсивный обмен информацией. В то же время многие каналы связи либо вовсе не автоматизированы, либо автоматизированы недостаточно.

Основные (базовые) функции интегрирующего уровня:

- сбор и унификация информации от различных АСУ ТП предприятия и других источников технологической информации, сильное ее сжатие и долговременное хранение единого архива;
 - быстрый доступ к информации любого «клиента» (специалиста или руководителя) и ее представление в едином формате;
 - поддержка каналов обмена информацией с уровнем АСУП, представленным такими системами, как SAP/R3, Oracle Application, Ваап, Галактика и другими.

На постсоветском пространстве сформировалось несколько основных подходов к автоматизации управления производством в реальном масштабе времени. В этих рамках ведутся работы по созданию информационных систем производства (ИСП), автоматизированных систем оперативного диспетчерского управления (АСОДУ), систем поддержки принятия решений (СППР) и т.п. Как правило, объем реализуемых функций и подходы к решению функциональных задач на различных предприятиях индивидуальны и обусловлены потребностями специалистов в производственной информации на момент внедрения информационной системы.

В различных источниках этот архитектурный уровень управления называют по-разному. Это и понятно - конкретно заниматься созданием интегрированных систем управления предприятием в России еще только начинают. А поэтому и отсутствие единой терминологии.

В мировой практике сформировалась и закрепилась идеология MES (Manufacturing Execution Systems). По определению APICS (American Production and Inventory Control Society) MES - это информационная и коммуникационная система производственной среды предприятия. Более развернутое определение дала международная некоммерческая ассоциация MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association). MES-система - это

АСУ производственной деятельностью предприятия, с помощью которой в режиме реального времени осуществляются контроль, документирование, планирование и оптимизация производственных процессов от поступления сырья до выпуска готовой продукции.

Используя фактические технологические данные, MES-системы поддерживают всю производственную деятельность предприятия в режиме реального времени. Быстрый результативный отклик на изменяющиеся условия помогает эффективно управлять производственными операциями и процессами. Кроме того, MES-системы формируют данные о текущих производственных показателях, необходимые для функционирования ERP-систем. Таким образом, MES-система - это связующее звено между



ориентированными на финансово-хозяйственные операции ERP-системами и оперативной производственной деятельностью предприятия на уровне цеха, участка или производственной линии.

Отсюда следует, что интегрированную автоматизированную систему управления промышленным предприятием можно представить в виде четырех взаимосвязанных уровней управления (рис. слева).

При этом каждый уровень управления характеризуется “своей” интенсивностью циркулирующей в нем информации, своим масштабом времени и своим набором функций.

- Контур управления уровня САУ является самым жестким по времени реакции, которое должно измеряться долями секунд и миллисекундами.
- Уровень АСУТП является самым интенсивным по объему информации, но, как правило, менее жестким с точки зрения времени. В SCADA-системах происходит накопление и обработка большого числа технологических параметров и создается информационная база исходных данных для производственного уровня.
- Оперативно-производственный уровень управления опирается на объективную информацию, поступающую как от АСУТП, так и от других служб производства. Интенсивность информационных потоков здесь существенно ниже и связана с задачами оперативного планирования и оптимизации заданных производственных показателей (качество продукции,

производительность, энергосбережение, себестоимость и т.д.). Временные циклы управления составляют минуты, часы, смены, сутки. Оперативное управление производством осуществляется специалистами, которые детально владеют производственной ситуацией (руководители производственных цехов, участков, главные технологи, энергетики, механики и др.). В связи с этим должно повышаться качество и эффективность принимаемых на этом уровне решений.

- Стратегический уровень управления освобождается в этом случае от решения оперативных задач производства и обеспечивает поддержку бизнес-процессов предприятия в целом. Поток информации от производственного уровня становится минимальным и включает в себя агрегированную управляющую и отчетную информацию с типовыми временами контроля декада, месяц, квартал. Сюда же поступает информация об аварийных ситуациях, требующих немедленного вмешательства высшего управленческого персонала предприятия.

Задачи, решаемые на уровне управления производством:

⇒ Сбор, хранение и предоставление данных

Эта функция обеспечивает информационное взаимодействие различных производственных подсистем для получения, накопления и передачи технологической и управленческой информации, циркулирующей в производственной среде предприятия. Данные о ходе производства могут вводиться как автоматически с заданной периодичностью из АСУТП, так и вручную оперативным персоналом.

⇒ Диспетчеризация производства

Обеспечивает текущий мониторинг и диспетчеризацию процесса производства, отслеживает выполнение операций, занятость оборудования и людей, контролирует в реальном времени выполнение работ в соответствии с планом.

⇒ Оперативное планирование

Эта функция обеспечивает оперативное и детальное планирование работы, основанное на приоритетах, атрибутах, характеристиках и свойствах конкретного вида продукции, а также детально и оптимально вычисляет загрузку оборудования при работе конкретной смены.

⇒ Управление качеством продукции

Предоставляет данные измерений о качестве продукции, в том числе и в режиме реального времени, собранные с производственного уровня, обеспечивая должный контроль качества и привлекая внимание к отклонениям качественных показателей продукции от заданных.

⇒ **Управление производственными фондами (техобслуживание)**

Поддержка процесса технического обслуживания, планового и оперативного ремонта производственного и технологического оборудования и инструментов в течение всего производственного процесса.

На Западе использование MES-систем считается очевидным, и при решении задач комплексной автоматизации предприятия одновременно ищутся решения для трех взаимосвязанных уровней управления: АСУТП, MES и ERP. В России же подобные системы практически неизвестны и игнорирование их необходимой роли является причиной существенных проблем при создании комплексных систем автоматизации промышленных предприятий.

Разработчики инструментальных систем (в том числе и разработчики SCADA) предлагают использовать в целях интеграции различные типы программных продуктов. Ясно одно: поскольку речь идет о создании единого информационного пространства, одним из основных компонентов программного обеспечения уровня управления производством должны быть базы данных (БД) или архивы, ориентированные на хранение и обработку больших объемов данных реального времени из различных источников. Ведение архива и обработка запросов — это задачи сервера. Не менее важны и клиентские приложения, способные представлять информацию в требуемом виде и формате.

3. Базы данных реального времени

Важными компонентами, используемыми на верхних уровнях, являются системы управления базами данных (СУБД). Предприятия с помощью СУБД преодолели проблемы, связанные с огромными объемами дублированной и иногда противоречивой информации, предоставляемой к тому же различными и зачастую несовместимыми друг с другом способами. Но использование традиционных реляционных баз данных, ориентированных на решение задач уровня АСУП, не всегда возможно в системах управления производственного уровня. Здесь можно выделить несколько основных ограничений.

- Производственные процессы генерируют данные очень быстро. Чтобы хранить производственный архив системы, например, с 7500 рабочими переменными, в БД каждую секунду необходимо вставлять 7500 строк. Обычные БД не могут выдержать подобную нагрузку.
- Объемы производственной информации огромны. Многомесячный архив завода с 7500 технологическими переменными требует под БД дисковую память объемом около 1 Терабайта. Сегодняшние технологии такими объемами манипулировать не могут.

- SQL как язык не подходит для обработки временных или периодических данных, типичных для производственных систем. В частности, чрезвычайно трудно указать в запросе периодичность выборки возвращаемых данных.

Как результат преодоления этих ограничений появился новый класс продуктов - базы данных реального времени (БДРВ). При этом намечаются две концепции создания БДРВ: независимая, новая разработка БД и разработка БДРВ на основе известных реляционных БД, например, MS SQL Server.

3.1. Industrial SQL Server (Wonderware) IndustrialSQL Server и его особенности

IndustrialSQL Server - внутризаводской хранитель архивной информации, включая данные о событиях и соответствующих реакциях. IndustrialSQL Server представляет собой РБД, в которой учтены источники, скорость поступления и объемы производственной информации (рис.3). Он позволяет осуществлять сбор и запись данных в сотни раз быстрее, чем это делают обычные БД на аналогичной платформе, и при этом занимает значительно меньше дискового пространства.

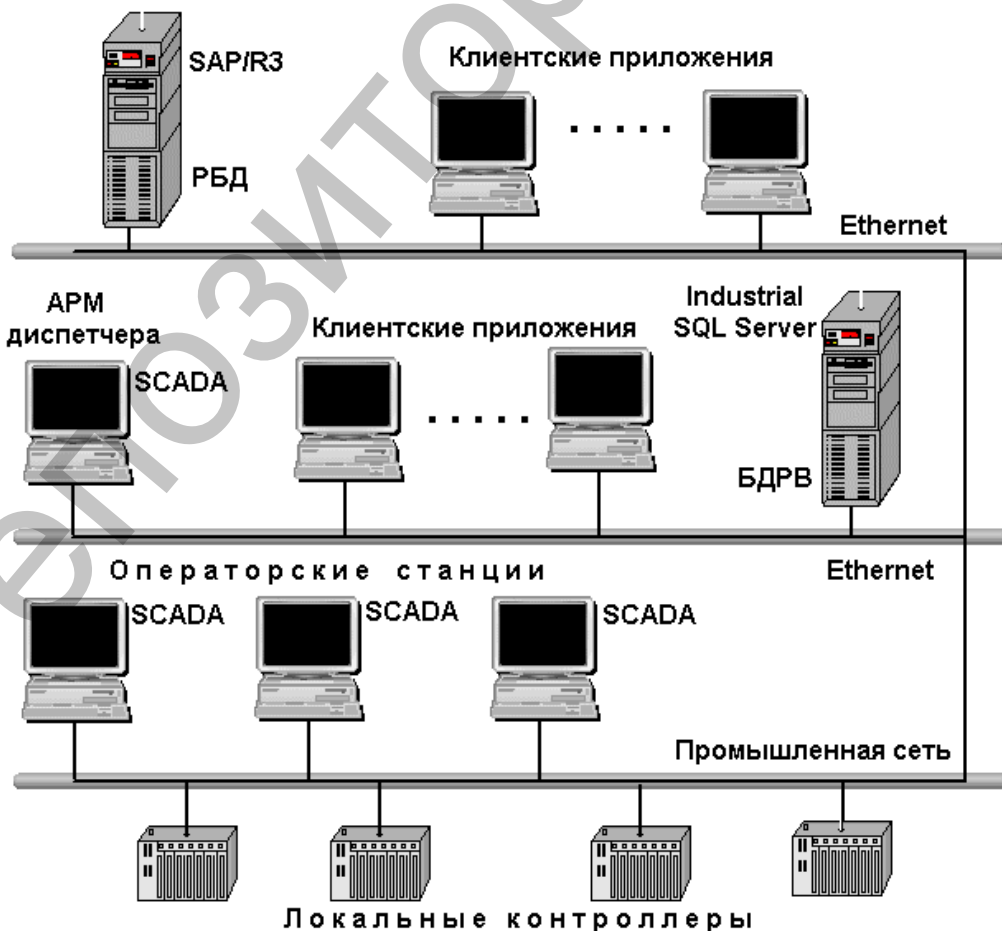


Рис. 3. Industrial SQL Server в интегрированной системе управления.

Несмотря на то, что IndustrialSQL Server поставляется компанией Wonderware как самостоятельный продукт, он в то же время является одним из главных компонентов пакета FactorySuite2000, его стержнем. Будучи интегрированным со SCADA-системой InTouch, IndustrialSQL Server способен накапливать при помощи серверов ввода/вывода информацию практически от любых измерительных приборов и устройств сбора данных.

Информационные потоки IndustrialSQL Server и их направление являются стандартными для баз данных реального времени: с одной стороны - это данные, поступающие из различных источников для сохранения в БД по стандартным протоколам DDE, OPC, SuiteLink, с другой - данные, запрашиваемые потребителями через интерфейс SQL сервера.

Стандартным механизмом поиска информации на сервере IndustrialSQL Server является SQL, что гарантирует доступность данных самому широкому кругу приложений. В подмножество языка SQL входит расширение, служащее для получения динамических производственных данных из IndustrialSQL Server и позволяющее строить запросы на базе временных отметок. Все приложения, работающие с Microsoft SQL Server, могут также подключаться и к IndustrialSQL Server.

Для хранения данных реального времени в IndustrialSQL Server используются исторические блоки или файлы специального формата. Основное требование к ним - обеспечение высокой скорости регистрации и повышенное сжатие данных.

В IndustrialSQL Server (версии 7.1 и выше) наряду с доступом по SQL-запросам, добавлена возможность получения данных по протоколам OPC, DDE, SuiteLink.

4. Специализированные программные средства

Для организации информационного потока между технологическим уровнем (АСУТП) и бизнес-системой ряд разработчиков инструментальных систем (в том числе и SCADA) предлагают использовать специальный тип программных продуктов.

Наиболее популярные программные продукты, способные решать задачи интеграционного уровня, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование продукта	Фирма-производитель
ABB Simcon Inc.	Integrated Refinery Information System (IRIS)
Aspen Technology	Aspen Tech's InfoPlus.21
Honeywell HI-Spec Sotution	Uniformance
Invensys Performance Solution	Integrated Control and Infomation System (ICIMS)
Petrocom	Калькулятор
OSISoft	Plant Information System (PI System)

Integrated Refinery Information System (IRIS) представляет собой интегрированный коммерческий пакет программных модулей. Он обеспечивает деятельность операторов, инженеров, планирование и управление с функциями хранения, представления и анализа технологических и лабораторных данных. Имеются библиотеки типовых приложений для конечных пользователей. Пакет включает также модули отчетов, расчета тепловых и материальных балансов, планирования, оптимизации, мониторинга окружающей среды, анализа данных, трендов и SQC-расчетов.

Ядро системы IRIS - реляционная база данных для хранения от 50 до 100 000 тегов за пять лет с минутным разрешением.

IRIS имеет распределенную клиент-серверную архитектуру, поддерживает платформы UNIX, RISC, Intel PC и стандартные технологии

TCP/IP, OLE, DDE и MS Windows, обеспечивая персоналу предприятия доступ к данным системы IRIS и приложениям по сети LAN.

Aspen Tech's InFoPlus.21 - информационно-управляющая система, обеспечивающая инфраструктуру для сбора, целостности, управления, и представления технологических данных, в то время как ERP-системы интегрируют управленческие данные. Эта система также обеспечивает инфраструктуру для интегрированных приложений, таких как управление технологическими процессами, управление производством, управление качеством.

Aspen Tech's InFoPlus.21 интегрирует технологические данные в ERP-систему для совершенствования и улучшения поддержки принятия решений, обеспечивает качественными данными все подразделения предприятия.

Integrated Control and Information System (ICIMS) усиливает поддержку принятия решений, обеспечивая интеграцию между системой управления нижнего уровня, информационными системами управления производством, техническими информационными системами и системой управления бизнес-процессами.

ICIMS включает сетевую TCP/IP-архитектуру, архив истории, лабораторную информационную систему, электронную систему документации, финансовой отчетности, базирующихся на ERP-инструментах (SAP, BAAN или JD Edwards).

Кроме перечисленных выше систем имеется еще целая гамма программных продуктов, ориентированных на конкретные технологические производства, например, нефтеперерабатывающие заводы, и предназначенных для решения отдельных задач этого уровня (системы расчета и согласования материальных балансов, системы управления движением нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках, лабораторные информационные системы и т. д.).

Программные продукты подобного класса совсем недавно появились в России. Тем не менее, уже проявляются критерии для сравнения этих систем:

- Количество интерфейсов к АСУТП (DCS, SCADA)
- Масштабируемость системы
- Характеристики алгоритма “сжатия” и восстановления данных

- Требования к памяти
- Возможность “горячего” резервирования серверов
- Клиентские приложения – удобство работы
- Количество одновременно поддерживаемых клиентов
- Скорость обработки операций чтение/запись
- Стоимостные характеристики

Список приведенных критериев не претендует на полноту. Глубокий анализ программных продуктов этого класса еще предстоит сделать специалистам. Но об одной важнейшей характеристике интегрированных информационных систем нельзя не сказать - наличие и число приложений для решения типовых задач производственного уровня.

Репозиторий ВГУ

Литература

1. Втюрин В.А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Основы АСУТП: Учебное пособие для студентов специальности 220301 "Автоматизация технологических процессов и производств". - СПб: СПбГЛТА. 2006. - 152 с.
2. Пьявченко Т. А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами и техническими объектами: Учебное пособие. Таганрог: изд-во ТРТУ. 1997. – 128 с.
3. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. Учеб. для вузов/М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин.— М.: Высш. шк., 2005.—768 с.
4. Андреев Е.Б. Современные технологии автоматизации, Уфимский государственный авиационный технический университет, Учебное пособие, 2000, 60 с.

РЕПОЗИТОРИЙ