

Введение в инженерную деятельность



Кафедра «Автоматизация производственных
процессов»

Лекционный курс

Составители

А.А. Губанова, С.В. Иванов, Т.С. Полях

Аннотация

Курс лекций по дисциплине «Введение в инженерную деятельность» (теоретическая часть) является частью образовательного модуля «Введение в инженерную деятельность», ориентированного на начальную подготовку студентов к комплексной инженерной деятельности и входит в состав профессионального цикла дисциплин по направлению 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 220400.62 «Управление в технических системах».

Содержание курса лекций дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием представлений о будущей профессиональной деятельности бакалавров по направлениям 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 220400.62 «Управление в технических системах».

Составители

ст. преподаватель А.А. Губанова,

ст. преподаватель, к.т.н. С.В. Иванов,

вед. инженер Т.С. Полях

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ.....	5
1.1 Анализ инженерной деятельности в области автоматизации и управления.....	5
1.1.1 Краткая история развития автоматизации.....	5
1.2 Эволюция характера и содержания инженерной деятельности	12
1.2.1 Место инженерной деятельности в техносфере	12
2 ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ...	21
2.1.Краткая характеристика систем управления	21
2.2 Понятия «автоматизация и управление» в производстве	24
2.3 Основные принципы автоматизации управления технологическим процессом.....	26
3 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	34
3.1 Технологическое оборудование в сфере автоматизации и управления: классификация и основные требования	34
3.2 Технические средства современного производства	35
3.3 Применение технических средств автоматизации в АСУТП.....	45
4 СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ.....	56
4.1 Классификация систем управления	56
4.2 Общие принципы построения систем ЧПУ. Признаки нового поколения систем ЧПУ	71
4.3 Задачи управления	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	85
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	89

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития инженерной деятельности характеризуется системным подходом к решению сложных научно-технических задач, обращением ко всему комплексу социальных гуманитарных, естественных и технических дисциплин. Однако был этап, который можно назвать классическим, когда инженерная деятельность существовала еще в "чистом" виде: сначала лишь как изобретательство, затем в ней выделились проектно-конструкторская деятельность и организация производства. Обособление проектирования и проникновение его в смежные области, связанные с решением сложных социотехнических проблем, привело к кризису традиционного инженерного мышления и развитию новых форм инженерной и проектной культуры, появлению новых системных и методологических ориентаций, к выходу на гуманитарные методы познания и освоение действительности.

Инженерная деятельность предполагает регулярное применение научных знаний (т.е. знаний, полученных в научной деятельности) для создания искусственных, технических систем - сооружений, устройств, механизмов, машин и т.п. В этом заключается ее отличие от технической деятельности, которая основывается более на опыте, практических навыках, догадке. Поэтому не следует отождествлять инженерную деятельность лишь с деятельностью инженеров, которые часто вынуждены выполнять техническую, а иногда и научную деятельность (если, например, имеющихся знаний недостаточно для создания какой-либо конкретной технической системы).

Возрастание специализации различных видов инженерной деятельности привело в последнее время к необходимости ее теоретического описания в целях обучения и передачи опыта и для осуществления автоматизации самого процесса в технических системах.

1 ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

1.1 Анализ инженерной деятельности в области автоматизации и управления.

1.1.1 Краткая история развития автоматики

Развитие мировой техники шло в трех направлениях:

- 1) Создание машин двигателей (водяные, ветряные, паровые, дизельные и электрические), которые освободили человека от тяжелого физического труда;
- 2) Создание машин-орудий, т.е. станков и технологического оборудования различного назначения.
- 3) Создание машин для контроля и управления производственными процессами. Развитие этого направления было вызвано необходимостью надежно, точно и быстро управлять машинами-двигателями, машинами-орудиями и сложными технологическими процессами.

Идея создания машин и механизмов, которые бы работали без участия человека, возникла в древности. Первые автоматические действующие устройства, созданные людьми, создавались и использовались в религиозных или развлекательных целях. Практического значения автоматы древности и средневековья, за редким исключением, не имели.

С необходимостью построения управляющих устройств первыми столкнулись создатели высокоточных механизмов, в первую очередь, часов. Даже очень небольшие, но действующие непрерывно, помехи, накапливаясь, приводили, в конечном итоге, к отклонениям от нормального хода, недопустимым по условиям точности. Противодействовать им чисто конструктивными методами, например, улучшая точность и чистоту обработки деталей, повышая их массу или увеличивая полезные усилия, не

Введение в инженерную деятельность

всегда удавалось. И для повышения точности, в состав часов стали вводить регуляторы. На рубеже нашей эры арабы снабдили поплавковым регулятором уровня водяные часы.

Первое автоматическое устройство практического назначения было изобретено Х.Гюйгенсом в 1657г – автоматический регулятор маятникового типа для стабилизации скорости хода часового механизма.

Другой причиной, побудившей строить регуляторы, была необходимость управлять процессами, подверженными столь сильным помехам, что при этом утрачивалась не только точность, но зачастую и работоспособность системы вообще. Предшественниками регуляторов для таких условий можно считать применявшиеся еще в средних веках центробежные маятниковые уравниватели скорости хода водяных мукомольных мельниц.

Первые автоматические устройства промышленного назначения появились в связи с изобретением и развитием паровых машин и турбин в 18 и 19 веках в эпоху промышленного переворота в Европе.

Первым автоматическим регулятором такого типа является поплавковый регулятор питания парового котла, разработанный знаменитым русским механиком и изобретателем Н.И. Ползуновым в 1765 году. Он был применен на барнаульском механическом заводе для поддержания заданного уровня воды в паровом котле паровой поршневой машины.

В 1784 году английский механик Джеймс Уатт получил патент на центробежный регулятор скорости паровой машины, используемый для поддержания постоянства частоты вращения.

Принцип работы этих регуляторов оказался одним и тем же: они поддерживают заданное значение физического параметра не точно, а в некотором заданном диапазоне, поэтому такой принцип регулирования, широко применяемый в настоящее время, называется принципом «Ползунова-Уатта».

Введение в инженерную деятельность

К первым промышленным регуляторам относят также первое программное устройство управления ткацким станком от перфокарты, построенное в 1808 году Ж. Жаккардом. Оно применялось для воспроизведения узоров на коврах.

Эти регуляторы как бы открыли путь потоку изобретений принципов регулирования и регуляторов, продолжающемуся вплоть до середины 20-го века.

Паровая машина не случайно стала первым объектом для применения техники и теории управления, т.к. она не обладала способностью работать сама по себе, не имела «самовыравнивания». Ее неблагоприятные динамические свойства часто приводили к тому, что подключенный к ней регулятор действовал не так, как ожидал конструктор, «раскачивал» машину или вообще оказывался неспособным управлять ею. Все это, естественно, побуждало к проведению теоретических исследований.

Две фундаментальные работы внесли коренное изменение в подходе к проблеме и в методологии исследований и содержали, по существу, изложение начал новой науки об управлении.

Это работы Дж. Максвелла «О регуляторах» (1866 г.) и И.А. Вышнеградского «Об общей теории регуляторов» (1876) и «О регуляторах прямого действия» (1877 г.).

Дж. Максвелл и И.А. Вышнеградский впервые рассмотрели паровую машину и регулятор как единую динамическую систему, что позволило разработать методику исследования самых разнообразных по принципам действия и конструкции систем, заложить основы теории устойчивости и установить ряд важных общих закономерностей регулирования (по принципу обратной связи).

Особо важную роль в то время сыграла работа профессора Петербургского технологического института Вышнеградского «О регуляторах прямого действия» (1877 г.). В этой работе был проведен детальный анализ характеристик паровой машины и регулятора Дж. Уатта,

Введение в инженерную деятельность

раскрыта динамика работы машины и доказано, что во время работы регулятор и машина образуют единую систему. Эта работа отличалась глубоким инженерным подходом, рассмотрением важных для техники тех лет объектов и содержала кроме ценных практических рекомендаций истоки ряда современных методов исследования качества регулирования (диаграммы устойчивости и распределения корней, выделение областей устойчивости и монотонности и так далее).

Поэтому современники считали И.А. Вышнеградского основоположником теории автоматического управления (регулирования).

Работа Дж. Максвелла осталась в то время практически незамеченной, поскольку рассматривала малоинтересный для широкого круга инженеров объект (механизм ведения телескопа), явно полезных практических выводов не делала и рекомендовала регуляторы (астатические), практически непригодные для промышленных машин того времени. Ее роль была оценена значительно позже, когда теория автоматического управления (ТАУ) сформировалась в самостоятельную дисциплину.

Одна из первых теоретических работ, посвященных созданию теоретических основ работы и расчёта автоматических регуляторов, выполнена русским математиком П.Л. Чебышевым и посвящена теории работы астатического регулятора.

Помимо этих ученых большой вклад в развитие ТАУ внесли работы словацкого инженера и ученого А. Стодолы, рассматривавшего вопросы устойчивости регулирования паровых и гидравлических турбин, в учете влияния на процесс регулирования длинного трубопровода;

- А. Гурвица, разработавшего детерминантный критерий устойчивости по просьбе Стодолы (детерминантный – от лат.: “определитель” - определяющий);

- Э. Рауса, разработавшего алгоритм для оценки расположения корней характеристического уравнения и устойчивости (по рекомендации Максвелла).

Введение в инженерную деятельность

В 1892 году А.М. Ляпунов опубликовал работу «Общая задача устойчивости движения», в которой доказал возможность решения вопросов устойчивости регулирования. Большой вклад в развитие автоматики внесли работы русских ученых К.Э. Циолковского и Н.Е. Жуковского. Н.Е. Жуковский является автором труда «О прочности движения» и первого русского учебника «Теория регулирования хода машин» (1909 г.), в которых дал описание процессов в длинных трубопроводах, рассмотрел влияние сухого трения в регуляторах, исследовал некоторые процессы импульсного регулирования посредством уравнений в конечных разностях.

Значительное развитие получили работы по теоретическим и прикладным вопросам автоматики в нашей стране. Фундаментальные работы выполнены И.Н. Вознесенским, А.А. Андроновым, И.М. Крыловым, А.Н. Колмогоровым, А.В. Михайловым, В.Н. Петровым, Л.С. Понтрягиным, А.А. Фельдбаумом, В.В. Солодовниковым, А.Г. Бутковским и многими другими. Эти работы способствовали установлению приоритета нашей науки в ряде ведущих областей теории управления.

Развитие науки позволило осуществить широкое внедрение автоматического управления в технике и промышленности, в том числе в металлургии и химической промышленности.

Начало работ по автоматизации процессов черной металлургии СССР следует отнести к концу тридцатых годов двадцатого века, когда были разработаны и внедрены системы регулирования теплового режима мартеновских печей на Магнитогорском и Кузнецком металлургических комбинатах.

В довоенные и первые послевоенные годы основные усилия были направлены на создание систем автоматического регулирования отдельных параметров теплового и технологического режимов металлургических агрегатов, таких как температура, давление, расход, уровень, влажность и других.

Введение в инженерную деятельность

Широко развернулись работы по автоматизации процессов черной металлургии в пятидесятые годы. Созданы системы регулирования доменных и мартеновских печей, нагревательных и термических печей, прокатных станов, различных энергетических установок. Существенные результаты были получены в области автоматизации процессов электроплавки – разработаны системы управления тепловым и электрическим режимами дуговых печей. В эти же годы В.А. Сорокиным была осуществлена первая попытка применения ЭВМ для расчёта и управления тепловым состоянием доменной печи.

Со второй половины шестидесятых годов в связи с развитием ЭВМ и появлением достаточно дешёвых, надёжных и быстродействующих ЭВМ в мире появились первые автоматизированные системы управления (АСУ).

Это особенно стало необходимым в связи с появлением и развитием высокопроизводительных агрегатов большой единичной мощности и быстродействующих технологических процессов. В металлургии были созданы 350-ти тонные кислородные конвертеры, прокатные станы производительностью более 5 млн. тонн проката в год и др., поэтому существенно возросли требования к качеству продукции и экономичности производства.

АСУ построены на базе управляющих вычислительных комплексов (УВК), представляющих собой специализированную промышленную ЭВМ, предназначенную для вычислений и реализации функций автоматизированных систем управления. Именно разнообразие этих функций позволило поднять автоматизацию на качественно новый уровень. Автоматизированные системы управления развиваются в двух основных направлениях: автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) и автоматизированные системы управления производственными процессами (АСУП).

До АСУТП имели место так называемые “локальные” системы автоматического регулирования (САР), в которых за функционирование

Введение в инженерную деятельность

отдельно взятого контура регулирования определённого технологического параметра отвечал свой автоматический регулятор (лат. “локальный” – местный, ограниченный по месту).

Согласованная работа контуров, число которых в технологическом процессе может быть большим, проводилась оперативным персоналом.

В АСУТП насчитываются десятки – тысячи отдельных локальных контуров регулирования, согласование которых также проводит оперативный персонал, но при использовании управляющего вычислительного комплекса. Таким образом, локальные САР входят в АСУТП, как составная часть.

Автоматизированные системы управления производственными процессами выполняет функции: маркетинга, календарного планирования, поставок сырья, сбыта готовой продукции, финансирования и т.д. Объектом управления для АСУП является трудовой процесс непосредственного производства товарной продукции и вся административно-хозяйственная деятельность предприятия, неизбежно сопровождающая основной процесс производства продукции

В настоящее время созданы принципиально новые системы управления – интеллектуальные АСУ, использующие принципы и методы искусственного интеллекта.

Развитие промышленного производства включает в себя три основные составляющие:

- наука;
- проектирование;
- производство (внедрение).

Автоматизация используется не только в промышленном производстве в виде АСУТП И АСУП. В науке создаются автоматизированные системы научных исследований (АСНИ), которые позволяют на порядок увеличить производительность труда ученых.

Введение в инженерную деятельность

В промышленности созданы системы автоматизированного проектирования (САПР), которые позволяют увеличить скорость проектирования, значительно уменьшая число ошибок в проекте.

Технический прогресс, осуществляемый на основе автоматизации, включает в себя три основные составляющие: АСНИ – САПР - АСУТП, что позволяет значительно повысить эффективность, как научных разработок, так и конечных производственных результатов.

1.2 Эволюция характера и содержания инженерной деятельности

1.2.1 Место инженерной деятельности в техносфере

Под техносферой понимают область технической деятельности в биосфере и за ее пределами. Функции инженерной деятельности в современной цивилизации - оптимальное сопряжение искусственной среды жизнедеятельности человеческого общества (техносферы) с его потребностями и возможностями на основе всех ресурсов науки и производства. Техносфера включает три взаимосвязанных компонента: технические объекты, технические науки и инженерную деятельность.

Предметной средой инженерной деятельности является техника - система искусственно созданных материальных производительных сил, включающая в себя единичные технические объекты (инструменты, механизмы, станки, машины, автоматы, кибернетические устройства) и их системы (агрегаты, установки, технологические линии). Техника в широком значении этого слова включает в себя не только орудия труда, но и материалы и технологию. Под материалами понимают, во-первых, перерабатываемые в технических устройствах сырье и полуфабрикаты, во-вторых, конструкционные материалы, из которых изготовлены машины,

Введение в инженерную деятельность

аппараты и т.д. Технология - совокупность процессов, направленных на получение продукции в сфере производства. Технология включает в себя изменение свойств, формы, состояния сырья или полуфабрикатов в процессе производства готового продукта. Технология материализуется в материалах, а также формах организации и управления производством.

Технические науки - исторически сложившаяся форма обслуживания знаниями инженерной деятельности, предметом которой являются изучение взаимосвязи между физическими (процессными), функциональными (технологическими) и конструктивными (морфологическими) параметрами технических объектов. Возникновение первых технических наук относится к концу XVIII в. К техническим наукам относятся: гидравлика, теплотехника, теория машин и механизмов и др.

Инженерная деятельность дифференцируется по предметно-отраслевому (машиностроение, энергетика, транспорт и т.д.) и функциональному (производственно-технологическая, проектно-конструкторская, организационно-управленческая, научно-исследовательская, изобретательская, экспертная) признакам.

Основными тенденциями развития современной инженерной деятельности являются значительное усложнение технических объектов и систем; возникновение новых видов инженерной деятельности и инженерных специальностей; автоматизация процессов решения инженерных задач. Хотя содержание, методы и средства современной инженерной деятельности существенно отличаются от деятельности создателей первых станков и машин, ее истоки лежат в технике древних цивилизаций.

1.2.2 Профессия инженера в исторической перспективе

Слово «инженер» происходит от латинского *ingenium*, что буквально означает остроумное изобретение. В словаре В. Даля «инженер» толкуется как ученый-мостостроитель. Хотя термин «инженер» в странах Европы появился в XV-XVI вв., а в России стал известен в начале XVIII в. (введено Феофаном Прокоповичем в 1703 г.) инженерная деятельность и инженерные понятия, такие как «машина», «автомат», «рычаг», «винт», «зубчатое колесо» и многие другие появились еще в Древней Греции и Риме. Лица, имеющие инженерное образование, относились к элите древнего мира, а инженерное искусство сакрализировалось так в титулы римских императоров, начиная с Юлия Цезаря, входило звание «верховный понтифик» (в переводе с латыни понтифик - мостостроитель). Можно привести большое количество примеров технической и инженерной деятельности из истории европейской цивилизации. Это изобретение водяных, ветряных и паровых двигателей, печатного и ткацкого станков, огнестрельного оружия, механических часов и т. д.

До XVIII в. инженерную деятельность не разделяли по предметно-отраслевому принципу, а до XX - по функциональному, а слова «техническая» и «инженерная» деятельность употреблялись как синонимы. В настоящее время под технической деятельностью в широком смысле понимают трудовую деятельность, связанную с проектированием и эксплуатацией технических объектов, а под инженерной деятельностью в узком смысле - профессиональную деятельность специалистов со средним техническим образованием.

О соотношении изобретательства, проектирования и конструирования писал в работе «О проектирование машин» П. К. Энгельмейер, выделяя три вида продуктов любой деятельности - предметы (материальные вещи) в пространстве, процессы во времени и идеи в сознании, он соответственно

Введение в инженерную деятельность

рассматривал и три основных продукта инженерной деятельности: принцип, схему машины и ее конструкцию. Тогда первый этап инженерной деятельности - акт изобретательский, второй этап - акт научный, проектировочный. Третий этап - разработка схемы детально до рабочих чертежей - состоит в конструировании машины. Энгельмейер считал, что инженерная деятельность заканчивается после изготовления рабочих чертежей, остальное - практическое построение машины - дело ремесла.

В настоящее время в сферу инженерной деятельности включена эксплуатация инженерного объекта - управление и контроль за функционированием технической системы, ее ремонт и техническое обслуживание. Анализ функционирования системы служит основанием как для возможной модернизации, так и для снятия системы с эксплуатации. На основе оценки функционирования технической системы может быть сформулировано техническое задание на разработку новой системы. Так, известный русский инженер-кораблестроитель академик А.Н. Крылов написал книгу «Некоторые случаи аварии и гибели судов», где отмечал, что «всесторонний анализ причин аварий и повреждений является основным источником, который позволяет объективно судить о правильности исходных положений, принятых при проектировании или конструировании кораблей».

Инженер XXI в. ответственен за полный жизненный цикл изделия - от идеи до утилизации технического объекта. Полный жизненный цикл изделия включает следующие этапы:

- 1 Маркетинг, поиск и изучение рынка.
- 2 Проектирование и конструирование изделий.
- 3 Материально-техническое обеспечение.
- 4 Технологическая подготовка производства.
- 5 Производство, контроль и проведение испытаний.

Введение в инженерную деятельность

- 6 Упаковка и хранение продукции.
- 7 Реализация и распределение продукции.
- 8 Монтаж и эксплуатация.
- 9 Техническая помощь в обслуживании.
- 10 Утилизация.

1.2.3 Виды инженерной деятельности

В квалификационных требованиях к специалисту с высшим техническим образованием приведены следующие виды инженерной деятельности: производственно-технологическая, проектно-конструкторская, организационно-управленческая, научно-исследовательская, изобретательская. Особым видом инженерной деятельности является изобретательская. В последние годы в качестве отдельных видов инженерной деятельности стали выделять также инновационную и экспертную [3]. Задачи и результаты различных видов инженерной деятельности приведены в таблице 1.1. Остановимся поподробнее на некоторых видах инженерной деятельности.

Изобретательская деятельность заключается в создании новых принципов действия, способов реализации этих принципов или конструкций инженерных объектов или отдельных их компонентов, т.е. создания особого продукта - изобретений, закрепляемых в виде патентов, авторских свидетельств. Изобретение используется в качестве исходного материала при конструировании и изготовлении многих инженерных объектов

Введение в инженерную деятельность

Таблица 1.1- Виды инженерной деятельности

Виды инженерной деятельности	Задачи инженерной деятельности	Результаты деятельности
Научно-исследовательская	Разработка на основе фундаментальных и технических наук новых способов получения продукции, принципов действия и схем технических устройств	Отчеты о научно-исследовательских работах, статьи, патенты
Проектно-конструкторская	Создание комплекса технической документации, испытание опытных образцов и выбор оптимального	Проект (схемы, сметы, расчеты, чертежи и др.), опытные образцы
Производственно-технологическая	Реализация технологического процесса производства продукции	Серийный выпуск изделий
Организационно-управленческая	Организация работы коллектива исполнителей, управление производственным процессом	Серийный выпуск изделий

Изобретательство для многих инженеров-практиков было основной и даже единственной выполняемой ими инженерной деятельностью. Одним из таких инженеров был русский изобретатель П.М. Голубицкий, посвятивший всю свою жизнь усовершенствованию телефонной аппаратуры.

Изобретения возникают в результате долгой и систематической работы. Вдохновение, озарение приходит тогда, когда для них уже создан солидный фундамент. Как показал французский историк науки Жан-Жак Саломон на примере известного американского изобретателя Эдисона, миф о неотесанном, но гениальном изобретателе и об изобретательстве как о

Введение в инженерную деятельность

божественном даре, для современного инженера-изобретателя не имеет под собой исторических оснований. Записные книжки Эдисона свидетельствуют о том, что он занимался целенаправленным исследованием на основе использования достижений науки. Его «фабрика изобретений» в Менло-парк, стала первой современной промышленной лабораторией, прежде всего потому, что в ней работали квалифицированные ученые, и она была оснащена самым передовым научным оборудованием.

Обычно работа по изобретательству состоит из следующих четырех этапов: 1) четкая постановка задачи; 2) анализ задачи, разложение ее на составляющие элементы; 3) комбинаторика (творчество); 4) критический фильтр, т.е. проверка новизны, целесообразности.

Для активизации мышления и воображения в настоящее время используют неалгоритмические и алгоритмические методы. Неалгоритмические методы в своей основе подразделяются на два больших класса: метод проб и ошибок и методы перебора вариантов (мозговой штурм, синектика, морфологический анализ и др.). В основе алгоритмического подхода к творческой деятельности лежит разработанная Г.С. Альтшуллером концепция методологии творчества: общее развитие технических систем происходит в соответствии с законами диалектики и не подчиняется субъективной воле человека. Наиболее признанные алгоритмические методы: АРИЗ - алгоритм решения изобретательских задач (автор Г.С. Альтшуллер) и ПАСАО - проблемно-ориентированная система активного обучения (автор М.М. Зиновкина).

Конструкторская деятельность становится необходимой с развитием серийного и массового производства технических изделий и заключается в создании, испытании и обработке опытных образцов различных вариантов будущего инженерного объекта, выборе из них наиболее оптимального, с точки зрения заказчика, и в разработке технической документации -

Введение в инженерную деятельность

руководства к изготовлению на производстве. Например, после изобретений А. С. Попова инженерная деятельность была направлена на создание и совершенствование различных конструкторских схем радиотехнических устройств. Так, система Мар-кони не содержала в себе фактически ничего нового: для передатчика он использовал усовершенствованный вибратор Герца, приемник, по существу, был разработан Монжем, общую компоновку схемы предложил Попов. Однако, казалось бы, незначительные усовершенствования, имеющиеся в ней, позволили создавать экономичную, технологичную и удобную для эксплуатации конструкцию.

Прогресс в технике выражается в том, что нововведение усваивается и переходит из разряда изобретений в разряд конструкций. Конструктор выполняет расчет технических и технологических параметров инженерного объекта и комплект чертежей, необходимых для изготовления данной конструкции. Чертеж, по словам Г. Монжа - «язык инженера», но он еще и язык общения с исполнителями: техниками, мастерами, рабочими. В дальнейшем разработка технологии изготовления переходит к инженерам-технологам.

Производственно-технологическая деятельность заключается в организации производства конкретного типа изделий и разработке технологии изготовления определенной конструкции технического объекта. Инженер-технолог руководит изготовлением отдельных деталей и их сборкой. Продуктом его профессиональной деятельности являются готовый технический объект и руководство по его эксплуатации.

Крупные инженеры часто сочетают в одном лице и изобретателя, и конструктора, и технолога, и организатора производства. Так Г. Модсли, который был сначала искусным ремесленником-самоучкой, став организатором крупного машиностроительного производства, постепенно превратился в квалифицированного инженера, который работал

Введение в инженерную деятельность

одновременно как изобретатель, конструктор и технолог. Однако уже на одном из самых первых машиностроительных заводов - заводе Модсли - наметилось разделение инженерного труда на отдельные виды профессиональной деятельности. Современное разделение труда в сфере создания, эксплуатации и утилизации технических объектов неизбежно ведет к специализации инженеров в одном из видов технической деятельности, однако специалист должен хорошо представлять и смежные виды инженерной деятельности [2, 5].

2 ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

2.1.Краткая характеристика систем управления

Система управления - это совокупность управляемого объекта или процесса и устройства управления, к которому относится комплекс средств приема, сбора и передачи информации и формирования управляющих сигналов и команд. При этом действие системы управления направлено на улучшение и поддержание работы процесса или объекта. В некоторых случаях без АСУ вообще невозможно решение задачи в силу сложности процесса управления. Управляемый объект - это элемент системы, который для нормального функционирования нуждается в систематическом контроле и регулировании. Управляющий объект - элемент системы, который обеспечивает слежение за деятельностью управляемого объекта, выявляет возможные отклонения от заданной программы и обеспечивает своевременное приведение его к нормальному функционированию.

Все системы управления, с точки зрения логики их функционирования, решают три задачи:

- 1 Сбор информации об управляемом объекте;
- 2 Обработка информации;
- 3 Выдача управляющих воздействий в той или иной форме.

В зависимости от вида системы, управление представляет собой воздействия на физическом или информационном уровне, направленные на поддержание или улучшение функционирования управляемого объекта в соответствии с имеющейся программой или целью управления.

Различают два основных типа систем управления:

Введение в инженерную деятельность

1 Системы управления технологическими процессами в широком смысле этого слова, предназначенные для непосредственного управления производственными процессами на физическом уровне процесса;

2 Системы информационного управления, имеющие дело с объектами организационной природы, предназначенные для решения задач управления таких объектов управления, как крупные технические подразделения, военные, строительные и иные объекты разных рангов.

Главное отличие между ними заключается в характере объекта управления. В первом случае это всевозможные установки, приборы, станки и прочее, во втором - прежде всего люди.

Другое отличие между указанными системами заключается в форме передачи информации. Если в системах управления технологическими процессами основной формой передачи информации являются различного рода сигналы, то в системах организационного управления это документы. Четкую границу между двумя рассматриваемыми типами систем провести невозможно, чаще всего передача информации осуществляется как с помощью документов, так и с помощью сигналов.

Автоматизация систем управления осуществляется с помощью вычислительной техники. В зависимости от степени участия человека в управлении, системы управления можно классифицировать следующим образом:

- 1 Автоматические;
- 2 Полуавтоматические;
- 3 Автоматизированные.

Автоматизированная система не исключает, а наоборот, предполагает участие человека в управлении системой и принятие человеком ключевых решений, в то время как автоматические системы управления исключают

Введение в инженерную деятельность

участие человека в управлении объектом. Полуавтоматическая система может рассматриваться как вариант автоматической системы, в которой уровень развития техники еще не позволяет исключить человека из контуров системы управления.

Центральным ядром системы управления, с помощью которого осуществляется ее автоматизация, является вычислительная машина. Возможны два способа взаимодействия между ЭВМ, объектом управления и органом управления.

В первом случае ЭВМ используется, как правило, для решения отдельных периодически повторяющихся трудоемких задач. Сбор информации ведется вручную, так же осуществляется и подготовка документов с управляющими воздействиями. Подобная система может быть названа системой обработки данных. Обращение пользователей к системам обработки данных чаще всего приводит к обновлению информации; вывод информации может вовсе отсутствовать или представлять собой результат программной обработки хранимых сведений, а не сами сведения. Примером системы обработки данных может быть система сберегательного банка города. Она содержит сведения о вкладах жителей города, большинство обработок банковской информации предполагает обновление сумм вкладов, расчет процентов, подведение итогов за некоторый период работы и т.п.

Во втором случае основная информация о состоянии управляемого объекта собирается автоматически машиной (в общем случае - вычислительным центром). ЭВМ перерабатывает поступающую информацию и в том или ином виде готовит выходную документацию, после чего выносятся решение о воздействии на объект. Автоматизированные системы управления классифицируют также в зависимости от вида выдаваемой ими выходной документации. Последняя может быть представлена в виде:

Введение в инженерную деятельность

Переработанной, упорядоченной совокупности сведений об управляемом объекте. На основании их человек (или группа людей) принимает решение о характере воздействия на объект. Это свойственно системе обработки данных, но не собственно автоматизированной системе.

Совокупности рекомендаций (вариантов решения) относительно характера воздействия на управляемый объект. Окончательное решение в данном случае принимает человек. Такая реализация наиболее типична для автоматизированных систем управления.

2.2 Понятия «автоматизация и управление» в производстве

Научно-технический прогресс приводит к росту скорости производства. Если «скорость» управления при этом постоянна, то качество управления падает, ибо управление как бы «не успевает» за производством.

Одновременно научно-технический прогресс создает предпосылки для повышения качества управления за счет использования вычислительной техники, математических методов, теории управления и автоматизации управления. Все это концентрируется, находит конкретную реализацию в автоматизированных системах управления (АСУ).

Управление в простейшей форме заключается в сборе информации (данных о ходе технологического процесса), ее переработке и выводе управляющей информации для изменения хода процесса. Этот цикл происходит периодически или непрерывно и может осуществляться с помощью автоматизированной системы управления, которая выполняет все или некоторые из перечисленных операций.

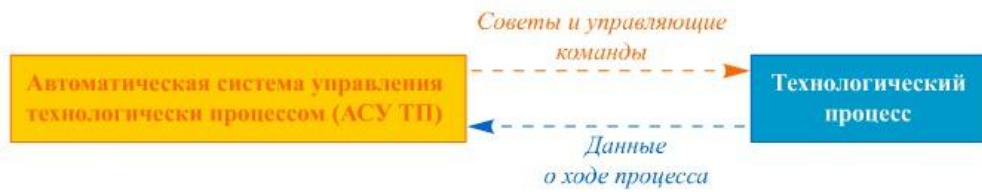


Рисунок 2.1- Схема автоматизированного управления технологическим процессом

В схеме, представленной на рисунке 2.1, выбор оптимального хода технологического процесса обеспечивается АСУ ТП. Обратная связь проявляется в том, что изменения состояния процесса, возникшие в результате управляющих воздействий со стороны АСУ ТП и внешних случайных воздействий, в виде данных о ходе процесса снова поступают в АСУ ТП.

Данные о состоянии производства и аварийные сигналы применяются при оперативном управлении и частично накапливаются для статистических расчетов и анализа. Значительная часть этих данных может собираться в виде отклонений от плана, нормы, задания. Данные оперативного учета используются также при оперативном планировании.

Качество управления определяется тремя основными факторами: выбором эффективного решения, своевременностью его принятия и возможностью реализации этого решения.

Основным путем повышения качества управления является автоматизация управления производством, при которой перечисленные задачи решаются средствами вычислительной техники.

Приведем пример высокого качества управления. При реализации билетов на самолеты используются автоматизированные информационные

Введение в инженерную деятельность

системы, хранящие данные о свободных местах на все рейсы. По запросам пассажиров, вводимым в систему кассирами, система сообщает сведения о наличии мест и учитывает реализацию билетов. Это позволяет снизить число свободных мест в самолетах, своевременно вводить резервные рейсы.

Сложность управления технологическим процессом определяется суммарными потоками информации, которые выявляются в процессе тщательного изучения и анализа, сложностью их обработки и использования результатов. Эти потоки определяют число датчиков, устанавливаемых в АСУ ТП, и устройств вывода информации, алгоритмы обработки информации, объемы памяти ЭВМ.

2.3 Основные принципы автоматизации управления технологическим процессом

Автоматизация и управление основывается на ряде принципов организации, которые можно разбить на четыре основных группы.

К первой группе можно отнести принципы организации производственного процесса. Эта группа принципов отвечает на вопрос: «Как управлять?»

При автоматизированном управлении производством действуют также принципы, определяющие организацию и функционирование АСУ). Эта группа принципов отвечает на вопрос: «Как организовать автоматизированное управление?»

Автоматизация управления стала возможной благодаря наличию современных технических средств, математического и организационного обеспечения, а также благодаря гибкости производственной информации. Это позволяет выделить группу принципов, определяющих возможность создания АСУ. Эта группа принципов отвечает на вопрос: «На чем основано автоматизированное управление?».

Введение в инженерную деятельность

Процессы создания АСУ - от проектирования до внедрения - характерны наличием своих собственных принципов. Эта группа принципов отвечает на вопрос: «Как создавать автоматизированное управление?».

Третья и четвертая группа принципов будет последовательно рассматриваться во всех разделах данного курса. Первую и вторую группы принципов кратко изложим в настоящем разделе.

Принципы организации производственного процесса (первая группа)

Эти принципы определяют рациональное сочетание в пространстве и во времени всех основных, вспомогательных и обслуживающих процессов.

Принцип специализации. Специализация обуславливает выделение и обособление отраслей, предприятий, цехов, участков, линий и т. д., изготавливающих определенную продукцию или выполняющих определенные процессы. Уровень специализации предприятий и подразделений определяется сочетанием двух основных факторов - объемом производства и трудоемкостью продукции. На специализацию в значительной степени влияет стандартизация и нормализация, которые могут повысить масштабы производства однородной продукции. Специализация в целом отличается большой экономической эффективностью.

Соблюдение принципа специализации состоит в закреплении за каждым производственным подразделением, за каждым участком, вплоть до рабочего места, ограниченной номенклатуры работ, минимально возможного числа различных операций.

Принцип пропорциональности. Все производственные подразделения основных и вспомогательных цехов обслуживающих хозяйств, участков, линий, группы оборудования и рабочие места должны иметь пропорциональную производительность в единицу времени. Пропорциональные производственные возможности позволяют при полном

Введение в инженерную деятельность

использовании оборудования и площадей обеспечить равномерный выпуск комплектной продукции.

Несоблюдение принципа пропорциональности приводит к появлению "узких мест" и диспропорций, когда объем продукции или услуг тех или иных подразделений оказывается недостаточным для выполнения производственных заданий и тормозит дальнейшее развитие производства.

Принцип параллельности. Параллельное (одновременное) выполнение отдельных частей производственного процесса, этапов, фаз, операций расширяет фронт работ и резко сокращает длительность производственного цикла. Параллельность проявляется во многих формах - в структуре технологических операций, в совмещении основных и вспомогательных операций, в одновременном выполнении нескольких технологических операций и т. п.

Принцип прямоочности. Изделие, изготавливаемое предприятием, в процессе производства следует пропускать по всем фазам и операциям производственного процесса - от запуска исходного материала до выхода готовой продукции по кратчайшему пути без встречных и возвратных движений.

Соблюдение этого принципа реализуется в расположении зданий, сооружений, цехов, станков и в построении технологического процесса. Вспомогательные подразделения и склады размещаются возможно ближе к обслуживаемым ими основным цехам.

Принцип непрерывности. Перерывы в производстве необходимо устранять или уменьшать. Это относится ко всем перерывам, в том числе внутри операционным, междуоперационным, внутрисменным, междусменным. Машины или системы машин тем совершеннее, чем выше степень непрерывности их рабочего процесса. Организация

Введение в инженерную деятельность

производственного процесса тем совершеннее, чем выше степень достигнутой в нем непрерывности.

Принцип ритмичности. Производственный процесс должен быть так организован, чтобы в равные интервалы времени выпускались равные или возрастающие количества продукции и через эти интервалы времени повторились все фазы и операции процесса. Различают ритм запуска (в начале процесса), операционный ритм (промежуточный) и ритм выпуска продукции. Ведущим ритмом является последний.

Создание АСУ ТП должно быть направлено на соблюдение принципов организации производственного процесса. Функционирование АСУ ТП должно обеспечивать соблюдение принципов непрерывности и ритмичности.

Принципы организации автоматизированного управления (вторая группа)

Эти принципы определяют технологию управления в условиях АСУ.

Повышение экономической эффективности производства является первым общим принципом автоматизации управления. При несоблюдении этого принципа автоматизация становится неэкономичной, нецелесообразной.

Общее упорядочение является вторым общим принципом автоматизации управления. В процессе создания АСУ ТП и при ее функционировании на предприятии происходят интенсивные процессы упорядочения. Упорядочивается все - технология и процессы управления, структура и потоки информации, методы управления и обязанности должностных лиц, в результате чего организация производства поднимается на более высокий качественный уровень.

Принцип соответствия - третий общий принцип автоматизации управления. Он является частным проявлением системного подхода и

означает, например, гармоничное соответствие между потребностями автоматизируемого объекта и возможностями АСУ ТП.

Принцип единообразия является четвертым общим принципом. Он означает унификацию и стандартизацию элементов АСУ ТП. Унификация элементов АСУ ТП упрощает и удешевляет процессы проектирования, процессы эксплуатации и облегчает преемственность при создании новых АСУ.

2.4 Современное состояние и потенциал развития производства

Для современного развития комплексной автоматизации процессов машиностроения характерны три главные тенденции. Первая тенденция - широкое применение метода концентрации (совмещения) элементарных технологических операций при создании автоматического оборудования для массового, серийного и мелкосерийного производства. Концентрация операций в одной рабочей машине резко повышает ее производительность, позволяет быстро окупить затраты на автоматизацию.

Вторая тенденция - использование метода агрегатирования (агрегатно-модульного принципа построения) металлорежущих станков - автоматов и автоматических линий, сборочных машин, контрольных, транспортных устройств, роботов и систем управления, что в несколько раз сокращает сроки проектирования и изготовления средств автоматизации и оборудования, создает возможность его перекомпоновки и переналадки при изменении объекта производства.

Третья тенденция - применение микропроцессорной техники и компьютеров для управления технологическими процессами на всех уровнях (включая управление качеством продукции), что создает гибкость

Введение в инженерную деятельность

производства, высокую надежность управляющих систем, позволяет реализовать большие потенциальные возможности современных технологий.

Автоматизированное машиностроительное производство характеризуется постоянным наращиванием выпуска продукции, резким повышением требований к ее качеству, все более частой сменяемостью моделей машин и приборов, позволяющей непрерывно совершенствовать их конструкции.

Отсюда возникает необходимость организации гибкого, переналаживаемого производства, внедрения гибкого технологического оборудования во всех типах производства - от мелкосерийного до массового. Главное условие здесь - обеспечение максимальной экономической эффективности, то есть производство изделий с минимальными затратами труда и денежных средств.

Все это позволяет сформулировать основные направления его совершенствования:

- 1) повышение технологичности деталей, сборочных единиц и изделий в целом, унификация их конструкций;
- 2) повышение точности и качества заготовок, обеспечение стабильности припуска, совершенствование существующих и создание новых методов получения заготовок, снижающих их стоимость и расход металла;
- 3) создание автоматических линий и систем машин для комплексного изготовления деталей и сборки изделий с включением всех операций технологического процесса (заготовительных, обработки резанием, термической обработки, гальванопокрытий, контроля, сборки, консервации, упаковки и др.);
- 4) повышение степени концентрации операций технологического процесса и связанное с этим усложнение структур ТСМ;

Введение в инженерную деятельность

5) развитие прогрессивных технологических процессов - основы эффективной автоматизации производства, создание новых методов обработки деталей, выбор наиболее эффективной структуры процессов и структурно-компоновочных схем оборудования, разработка новых типов и конструкций режущих инструментов, обеспечивающих высокую производительность и качество обработки;

6) повышение степени непрерывности процессов, замена, где это возможно, дискретных процессов непрерывными, более широкое применение систем машин непрерывного действия (роторных и роторно-конвейерных линий), совмещающих во времени технологические и транспортные операции;

7) развитие идеи агрегатирования и модульного принципа создания станков, станочных систем и других средств автоматизации: сборочных машин и сборочных линий, загрузочных и транспортных устройств, промышленных роботов, систем управления; разработка на основе стандартных модулей автоматических систем машин, позволяющих быстро перестраивать оборудование, обеспечивающих гибкость производства;

8) расширение работ в области автоматизации процессов сборки изделий, применение автоматизированных линий синхронного и несинхронного типа, позволяющих сочетать автоматические сборочные операции с операциями, выполняемыми вручную; применение сборочных роботов, создание роботизированных комплексов машин, в том числе быстропереналаживаемых;

9) более широкое использование вычислительной техники (программируемых контролеров, миниЭВМ и др.) для управления работой оборудования, диагностирования его технического состояния, быстрой перестройки производства, повышения эксплуатационной надежности оборудования; как результат этого - создание полностью

Введение в инженерную деятельность

автоматизированных производств (цехов и заводов - автоматов), где технологический процесс реализуется без непосредственного участия рабочих-операторов;

10) разработка и применение систем комплексного проектирования на ЭВМ: конструкций изделий; технологических процессов изготовления деталей и сборки машин; технологического оборудования и средств автоматизации производства.

Успешно решить задачи можно при углублении научных исследований в области автоматизации производства, формировании фундаментальных теоретических основ автоматизации процессов машиностроения, опережающей подготовке инженерных кадров в области автоматизации и управления.

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Технологическое оборудование в сфере автоматизации и управления: классификация и основные требования

Характерной особенностью развития современной электронной промышленности является бурный рост, сопровождающийся столь же бурным снижением стоимости средств автоматизации, вычислительной техники, коммуникаций, устройств высокоточных измерений параметров.

Цифровые технологии быстро вытесняют аналоговые, преобладавшие в системах управления в недалеком прошлом. Это связано с тем, что возможности цифровых средств измерения и управления на порядок выше, чем у аналоговых.

К числу их достоинств относятся:

- 1) более точное представление измеряемых величин;
- 2) большая помехозащищенность;
- 3) возможности построения вычислительных сетей;
- 4) большая гибкость и эффективность в управлении процессом и т.д.

Все эти возможности связаны с конкретными выгодами для пользователей:

- 1) ускорение работы операторов системы управления;
- 2) экономия финансовых ресурсов;
- 3) повышение качества и корректности решений, принимаемых операторами;
- 4) уменьшение потерь продукции и др.

Введение в инженерную деятельность

Средства автоматизации производства включают в себя технические средства автоматизации (ТСА) - это устройства и приборы, которые могут как сами являться средствами автоматизации, так и входить в состав программно-аппаратного комплекса. Системы обеспечения безопасности на современном предприятии включают в свой состав технические средства автоматизации. Наиболее часто ТСА – это базовый элемент системы комплексной безопасности.

Технические средства автоматизации включают в себя приборы для фиксирования, переработки и передачи информации на автоматизированном производстве. С помощью них осуществляется контроль, регулирование и управление автоматизированными линиями производства.

3.2 Технические средства современного производства

Датчики. Датчик - это один из элементов автоматизации систем вентиляции, отопления, водоснабжения и др. Датчики применяются для получения требуемых данных о текущем состоянии контролируемой системы. Посредством датчиков осуществляется непосредственное наблюдение и контроль за состоянием системы, поэтому их разделяют исходя из физических параметров, которые они измеряют, т.е датчик температуры, датчик влажности, датчик давления, и т.д.

В основном большинстве, датчики представляют собой блок, включающий в себя первичный и вторичный преобразователи. Под первичным преобразователем подразумевается чувствительный элемент или, как его еще принято называть сенсор. Под вторичным преобразователем подразумевается устройство, позволяющее обеспечить связь выходного сигнала из датчика с получающим его узлом системы автоматизации.

Подразделяются на: датчики давления, температуры, перемещения, положения, радиоактивности и др.

Исполнительные механизмы (ИМ). Исполнительный механизм - 1) устройство, выполняющее непосредственно требуемую технологическую операцию; 2) механизм автоматической системы регулирования, осуществляющий в соответствии с сигналами механическое воздействие на объект регулирования.

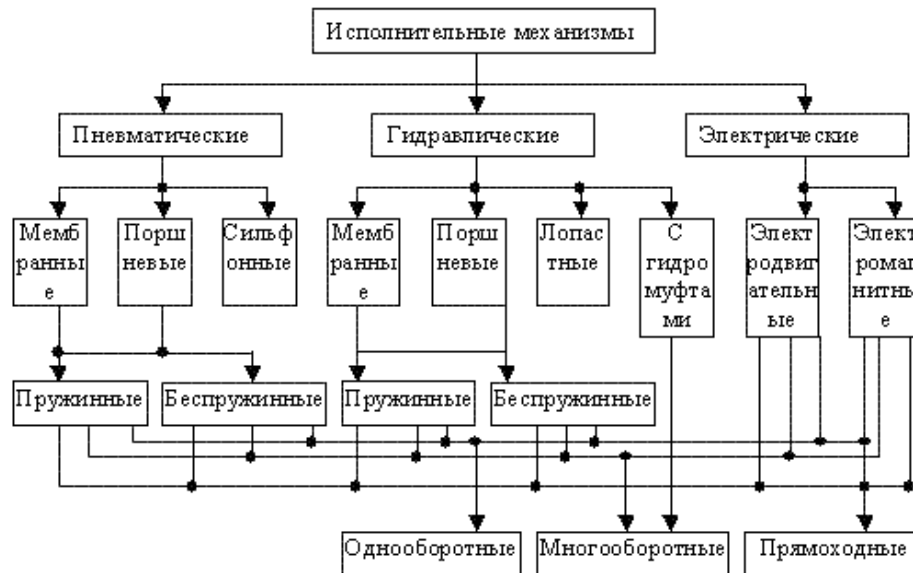


Рисунок 3.1 - Классификация исполнительных механизмов

Исполнительные механизмы, применяемые в системах автоматически, очень разнообразны. Классификация производится в первую очередь по виду энергии, создающей усилие (момент) перемещения регулирующего органа. Соответственно, исполнительные механизмы бывают пневматические, гидравлические и электрические, механические и комбинированные.

По конструкции различают электродвигательные, электронные, электромагнитные, поршневые, мембранные и комбинированные исполнительные механизмы.

В пневматических исполнительных механизмах усилие перемещения создается за счет давления сжатого воздуха на мембрану, поршень или сильфон; давление обычно не превышает 10 кПа. В гидравлических

Введение в инженерную деятельность

исполнительных механизмах усилие перемещения создается за счет давления жидкости на мембрану, поршень или лопасть; давление жидкости в них находится в пределах (2,5 - 20) 10 кПа.

Отдельный подкласс гидравлических исполнительных механизмов составляют исполнительные механизмы с гидромуфтами.

Пневматические и гидравлические мембранные и поршневые исполнительные механизмы подразделяются на пружинные и беспружинные. В пружинных исполнительных механизмах усилие перемещения в одном направлении создается давлением в рабочей полости исполнительного механизма, а в обратном направлении - силой упругости сжатой пружины. В беспружинных исполнительных механизмах усилие перемещения в обоих направлениях создается перепадом давления на рабочем органе механизма.

По характеру движения выходного элемента большинство исполнительных механизмов подразделяются на: прямоходные с поступательным движением выходного элемента, поворотные с вращательным движением до 360° (многооборотные).

Управление исполнительными механизмами осуществляется, как правило, через усилители мощности. Помимо того, непосредственно к исполнительным механизмам может подводиться энергия от дополнительного источника, т.е. используются одновременно два вида энергии: электропневматические, электрогидравлические и пневмогидравлические. Вид энергии управляющего сигнала может отличаться от вида энергии, создающей усилие перемещения.

В электрических системах автоматизации и управления наиболее широко применяются электродвигательные (электромашинные) и электромагнитные исполнительные механизмы. Основным элементом электромашинного исполнительного механизма является электрический двигатель постоянного или переменного тока. Такие исполнительные

Введение в инженерную деятельность

механизмы обычно называют электроприводами, т.к. согласно ГОСТ электропривод - это электромеханическая система, состоящая из электродвигательного, электрического преобразовательного, механического передаточного, управляющего и измерительного устройств, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением. Электромагнитные ИМ дискретного действия выполняются в основном на базе электромагнитов постоянного и переменного тока и постоянных магнитов. Жесткое и упругое соединение узлов систем осуществляют различного рода электромагнитные муфты.

В качестве исполнительных механизмов в системах автоматики в основном применяются мощные электромагнитные реле, электромагниты, электродвигатели постоянного тока, двухфазные электродвигатели переменного тока, электромагнитные муфты, мембранные и поршневые, гидравлические и пневматические двигатели и др.

Регуляторы. Этот термин пришел из теории автоматизированного управления. Регулятором называется устройство, которое следит за функционированием объекта управления и, постоянно анализируя его состояние, вырабатывает определенное управляющее воздействие (сигнал управления). Очевидно, что сам по себе регулятор — это вещь бесполезная. Однако он начинает приносить пользу, когда его включают в контур регулирования и настраивают в соответствие с требуемыми характеристиками управления (термины “регулирование” и “управление” здесь употребляются как синонимы). В общем случае каждый контур регулирования можно рассматривать как некоторую систему, состоящую непосредственно из самого объекта регулирования и регулятора, который через исполнительное устройство может влиять на регулируемый параметр объекта. Работа регулятора осуществляется на основе постоянного анализа регулируемого параметра, характеризующего состояние объекта, для чего к входу регулятора подключают датчик. Информационная связь между

Введение в инженерную деятельность

датчиком, измеряющим регулируемый параметр, и входом регулятора называется обратной связью. Так образуется замкнутый контур управления, а сама система управления называется замкнутой. Вообще понятие «обратная связь» (feedback) является фундаментальной категорией в теории управления. Именно благодаря наличию обратной связи с объектом становится возможным реализовывать действительно качественное, можно сказать, зрячее управление.

Регуляторы реализуются в микропроцессорной САУ программным путем и являются (из-за наличия в системе квантования по времени и уровню) цифровыми регуляторами.

К регуляторам относятся классические виды регуляторов типа П-регулятор, ПИ-регулятор, ПИД-регулятор (который во многих случаях позволяет достичь оптимального качества управления, в современных АСУ ПИД-регулирование является фундаментальным элементом управления непрерывными процессами, этакой основой всех основ) и их модификации. К структурно оптимизируемым - компенсационные регуляторы и регуляторы состояния, а также двухпозиционные регуляторы (on/off control), регуляторы с таймером или задержкой (timer control, delay control) и т.д.

Рассмотренные выше регуляторы называют регуляторами "входа-выхода", так как они контролируют входную и выходную величины и вырабатывают управляющее воздействие согласно определенному закону управления.

В отличие от этих регуляторов, регуляторы состояния контролируют характеристики вектора состояния объекта управления, описанного уравнениями в пространстве состояний. При наличии полной информации о векторе состояния применяется модальный регулятор в совокупности с модальным анализатором на входе и модальным синтезатором на выходе для синтеза реального вектора управления. Если некоторые переменные

Введение в инженерную деятельность

состояния невозможно измерить, используются регуляторы с наблюдателями, восстанавливающими переменные состояния объекта.

Микропроцессорные устройства. Применение микропроцессоров (МП) позволило создать новый класс вычислительной техники - микропроцессорные системы, обобщенная логическая структура которых приведена на рисунке 3.2.

Центральное место в этой структуре занимает микропроцессор, который выполняет арифметические и логические операции над данными, осуществляет программное управление процессом обработки информации, организует взаимодействие всех устройств, входящих в систему. Работа МП происходит под воздействием сигналов схемы синхронизации и начальной установки, часто выполняемой в виде отдельного кристалла.

Показанный на рисунке 3.2 МП может представлять собой или однокристалльный МП с фиксированной системой команд или многокристалльный МП с микропрограммным управлением.

Представленная структура отражает магистрально-модульный принцип организации микропроцессорных устройств и систем. Отдельные блоки являются функционально законченными модулями со своими встроенными схемами управления, выполненными в виде одного или нескольких кристаллов БИС или СБИС. Межмодульные связи и обмен информацией между модулями осуществляются посредством коллективных шин (магистралей), к которым имеют доступ все основные модули системы. В каждый данный момент времени возможен обмен информацией только между двумя модулями системы.

Магистральный принцип построения сопряжения модулей (интерфейс ЭВМ) предполагает наличие информационно-логической совместимости модулей, которая реализуется путем использования единых способов

Введение в инженерную деятельность

представления информации, алгоритма управления обменом, форматов команд и способа синхронизации.

Для большинства микропроцессоров характерна трехшинная структура, содержащая шину адреса (ША), двунаправленную шину данных (ШД) и шину управления (ШУ). Как видно из рисунка, типовая структура МП-системы предполагает наличие общего сопряжения для модулей памяти (постоянных и оперативных запоминающих устройств) и периферийных устройств (устройств ввода-вывода).

В качестве периферийных устройств в МП-системах используются устройства ввода с клавиатуры и различных датчиков, вывода на дисплеи, ввода-вывода на сетевые карты, модемы, диски и т.п.

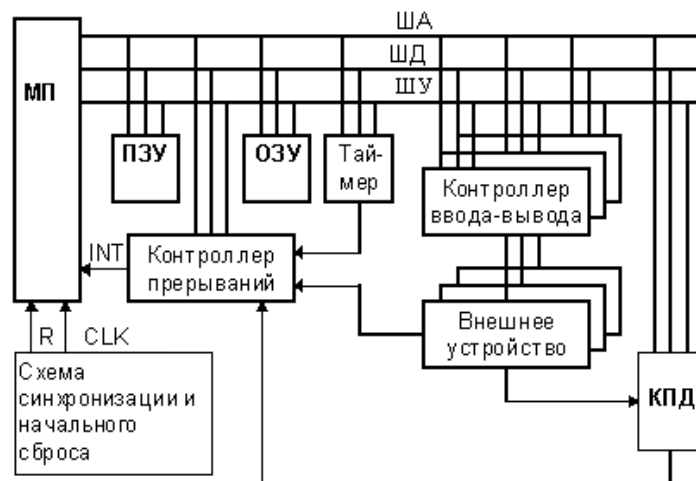


Рисунок 3.2- Обобщенная структура МП системы

Периферийное устройство подсоединяется к шинам МП не непосредственно, а через программируемый периферийный адаптер (ППА) или программируемый связной адаптер (ПСА), обслуживающие периферийные устройства соответственно с передачей информации параллельным или последовательным кодом. Наличие программно

Введение в инженерную деятельность

настраиваемых адаптеров делает весьма гибкой и функционально богатой систему ввода-вывода информации в МП-системе.

Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) хранит системные программы, необходимые для управления процессом обработки. В оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) хранятся прикладные программы, данные и результаты вычислений.

Работа МП синхронизируется тактовыми сигналами CLK, поступающими на его входы от генератора синхронизации. Схема начальной установки вырабатывает сигнал RESET (сброса) микропроцессора на основе анализа напряжений на выходе блока питания или при принудительной остановке работы МПС с ее клавиатуры.

В состав этих МПС, как правило, входят:

- шинный контролер для сопряжения устройств с системной шиной по параллельному интерфейсу;
- адаптер последовательного интерфейса для построения многопроцессорных систем или сопряжения источников и приемников сигналов, не увеличивающих нагрузку на системный интерфейс;
- специализированный процессор арифметической обработки сигналов (сопроцессор);
- ПЗУ команд и констант;
- ОЗУ операндов.

Для обеспечения работы МПС к их системному интерфейсу можно подключать устройства специализированной обработки арифметических алгоритмов, таких как быстрое преобразование Фурье, и устройства обработки аналоговых сигналов.

Промышленные контроллеры. Промышленный контроллер — управляющее устройство (контроллер от англ. control — управлять), применяемое в промышленности и других отраслях по условию применения и задачам, близким к промышленным (например, на транспорте). Применяется для автоматизации технологических процессов, в быту — для управления климатом и др.

Широкий термин, охватывающий множество возможных реализаций:

- программируемые логические контроллеры и близко примыкающие к ним программируемые интеллектуальные реле;
- встроенные электронные контроллеры;

Устройство управления на основе механических, гидравлических, пневматических, электрических и электронных схем, созданные до внедрения в системы автоматизации вычислительной техники; сохраняются благодаря тому, что оптимально решают некоторые частные задачи управления в конкретных устройствах, например контроллер электрического двигателя.

Часто промышленные контроллеры изготавливаются для конкретного технологического процесса в соответствии с требованиями заказчика.

Промышленные контроллеры совместимы с разнообразными датчиками и исполнительными механизмами, осуществляют управление техпроцессами по различным законам регулирования.

В случае необходимости контроллеры можно подключить к компьютеру или создать сеть контроллеров. Модели промышленных контроллеров могут быть одно- и многоканальные с входами и выходами разного типа с индивидуальной логикой управления. Входы могут быть аналоговыми или дискретными, а выходы ключевыми или аналоговыми.

К достоинствам промышленных контроллеров можно отнести

Введение в инженерную деятельность

- почти полное исключение влияния человеческого фактора на технологический процесс;
- уменьшение расходов сырья;
- улучшение качества исходного продукта;
- относительно низкая стоимость аппаратных средств (в зависимости от типа контроллера);
- возможность интегрирования устройства различных производителей в одну систему, за счет использования открытых протоколов;
- минимальные затраты времени и средств на создание системы за счет простоты программирования и широкого спектра программного обеспечения;
- упрощение доступа к данным технологических процессов стороны систем управления предприятием как следствие простой интеграции с системами управления более высокого уровня;
- любая логика управления, в зависимости от требования заказчика;
- индивидуальный дизайн внешней панели, различные варианты корпусов, питания и типов индикаций.

Промышленные контроллеры можно разделить на:

- контроллеры встречающиеся в электрических, механических и электронных схемах, в частности в устройствах управления разработанных до внедрения в системы автоматизации вычислительной техники;
- промышленные контроллеры, основывающиеся на базе промышленного компьютера, сходного с персональным компьютером, но подготовленного для работы в промышленных условиях;
- программируемые логические контроллеры

- встроенные контроллеры и микроконтроллеры в том числе

Одной из разновидностей промышленных контроллеров являются контроллеры с заказным программированием. Благодаря отсутствию ненужных функций заказные контроллеры имеют минимально возможную стоимость и могут быть использованы при серийном производстве изделий. Применение открытых архитектур на базе PC-совместимой платформы, быстро и успешно развивающихся на сегодняшний день, позволяет применять контроллеры с заказным программированием там, где раньше использовались обычные программируемые логические контроллеры.

3.3 Применение технических средств автоматизации в АСУТП

Стоимость управления является одним из важных показателей управления. Большую часть стоимости определяют затраты на оргтехнику и математическое обеспечение. Последнее, порой, бывает во много раз дороже. Проблема стоимости вычислительной техники находит свое решение в использовании локальных вычислительных сетей. Широкое внедрение ПЭВМ дает возможность децентрализации обработки информации. Система управления технологическим процессом независимо от размещения ЭВМ должна обеспечить получение информации, передачу ее в систему обработки данных, обработку (систематизацию, сортировку, вычисления) и выдачу команд, управляющих ходом производства и обеспечивающих строгую регламентацию протекающих процессов, печатных документов, информационных сообщений и советов (рисунок 3.3).

В автоматизированной системе управления сбор, переработка и вывод информации осуществляются автоматически или автоматизировано. При обработке информации для анализа обстановки, кроме текущих данных о состоянии производственного процесса, используют также нормативные

Введение в инженерную деятельность

данные, плановые данные и математическое описание (модель) производства.

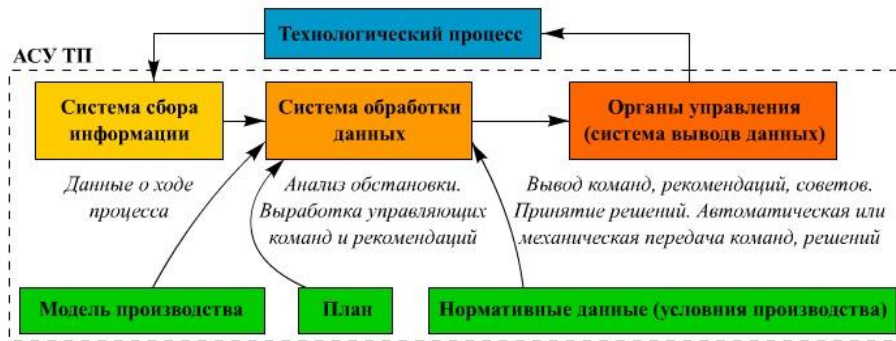


Рисунок 3.3- Структурная схема автоматизированного управления ТП

Управление с автоматическими органами управления образует автоматическую систему с замкнутой цепью воздействий (с обратной связью). Разработка и внедрение такой системы возможны лишь при наличии большого опыта эксплуатации разомкнутых систем с непосредственным управлением человеком или группой людей, которые принимают решение на основании своего опыта и знания производства.

Уровни автоматизации управления обычно совпадают с принятыми уровнями управления.

На предприятиях ряда отраслей промышленности различают три уровня в общей схеме автоматизированного управления предприятием:

- автоматизация управления технологическими процессами (нижняя ступень);
- автоматизация управления на уровне производств (средняя ступень);
- автоматизация управления на уровне предприятия (верхняя ступень).

На нижней ступени решаются технические задачи: соблюдение технологических режимов, правил эксплуатации оборудования и техники

Введение в инженерную деятельность

безопасности. На этой ступени применяют локальные системы стабилизации и регулирования параметров, поисковую автоматику, некоторые элементы вычислительной техники, а также автоматическую сигнализацию, блокировку, регистрацию и т. п.

На средней ступени определяется экономически обоснованное распределение нагрузок между цехами и агрегатами, оптимальный режим технологического процесса, а также вырабатываются и передаются команды управления системам автоматизации нижней ступени. Для этого используют системы централизованного сбора информации и программы для анализа деятельности производства.

На верхней ступени решаются технические и в основном экономические задачи. Планируется производство отдельных цехов и участков, выполняются учетные работы, осуществляется управление транспортом, складами, энергоресурсами, определяются показатели для оперативного управления, которые передаются в соответствующие системы автоматизации средней ступени.

Решение вопросов автоматизации на уровне всех трех ступеней является, по существу, решением вопросов комплексной автоматизации производств.

Обычно АСУ ТП находится на нижней ступени автоматизации, однако может в зависимости от обстоятельств охватывать среднюю и высшую ступени управления, но не подменяя АСУ П.

Любую автоматическую систему управления технологическим процессом (АСУ ТП) можно в конечном итоге разделить на 3 основных уровня иерархии:

Самым нижним уровнем является уровень датчиков и исполнительных механизмов, которые устанавливаются непосредственно на технологических объектах. Их деятельность заключается в получении параметров процесса, преобразовании их в соответствующий вид для дальнейшей передачи на

Введение в инженерную деятельность

более высокую ступень (функции датчиков), а также в приеме управляющих сигналов и в выполнении соответствующих действий (функции исполнительных механизмов).

Средний уровень - уровень производственного участка. Его функции:

- сбор информации, поступающей с нижнего уровня, ее обработка и хранение;
- выработка управляющих сигналов на основе анализа информации;
- передача информации о производственном участке на более высокий уровень.

На верхнем уровне осуществляется контроль за производством продукции. Этот процесс включает в себя сбор поступающих с производственных участков данных, их накопление, обработку и выдачу руководящих директив нижним ступеням. Атрибутом этого уровня является центр управления производством, который может состоять из трех взаимопроникающих частей:

- 1) операторской части,
- 2) системы подготовки отчетов,
- 3) системы анализа тенденций.

Операторская часть отвечает за связь между оператором и процессом на уровне управления. Она выдает информацию о процессе и позволяет в случае необходимости вмешательство ход автоматического управления. Обеспечивает диалог между системой и операторами.

Система подготовки отчетов выводит на экраны, принтеры, в архивы и т.д. информацию о технологических параметрах с указанием точного времени измерения, выдает данные о материальном и энергетическом балансе и др.

Введение в инженерную деятельность

Система анализа тенденций дает оператору возможность наблюдения за технологическим параметрами и делать соответствующие выводы.

На верхнем уровне АСУТП размещены мощные компьютеры, выполняющие функции серверов баз данных и рабочих станций и обеспечивающие анализ и хранение всей поступившей информации за любой заданный интервал времени, а также визуализацию информации и взаимодействие с оператором. Основой программного обеспечения верхнего уровня являются пакеты SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - системы управления и доступа к данным).

Аппаратная реализация систем управления.

1. Средства измерения технологических параметров

«Интеллектуальные датчики». Этот термин означает, что устройство имеет встроенный микропроцессор, который позволяет осуществлять определенные функции. Интеллектуальный датчик может давать более точные показания благодаря применению числовых вычислений для компенсации нелинейностей чувствительного элемента или температурной зависимости. Так, основная погрешность приборов серии «Метран-45» составляет 0,25 % от шкалы, а основная погрешность интеллектуального датчика серии 3051 Coplanur (фирма Fisher-Rosemount Inc.) - 0,075 %. В круг возможностей некоторых приборов входит измерение нескольких параметров и пересчет их в одно измерение (например, объемный расход, температуру и давление в массовый расход, т.н. многопараметрические датчики), функции встроенной диагностики, автоматическая калибровка.

Некоторые интеллектуальные приборы (например, семейство приборов Rosemount SMART FAMILY) позволяют посылать в канал передачи и аналоговый сигнал, и цифровой. В случае одновременной трансляции обоих видов сигналов аналоговый используется для трансляции значения измеренного параметра, а цифровой - для функций настройки, калибровки, а

Введение в инженерную деятельность

также позволяет считывать измеряемый параметр. Эти устройства обеспечивают преимущества цифровой связи и, в то же время, сохраняют совместимость и надежность аналоговых средств, которые требуются для существующих систем.

2. Устройства связи с объектом (УСО).

Почти все технологические параметры, присутствующие в реальном технологическом объекте имеют аналоговый или дискретный вид. Существует много датчиков, которые могут преобразовывать измеряемые величины только в аналоговый вид (напряжение, сопротивление, давление), а также много исполнительных механизмов, имеющих только аналоговые входные сигналы. Для того, чтобы связать между собой параметры, представленные в аналоговом и цифровом видах, в современной АСУТП используют устройства связи объектом.

Модули УСО - это конструктивно законченные устройства, выполненные в виде модулей, устанавливаемых, как правило, в специализированные платы с клеммными соединителями или стандартный DIN-рельс.

На УСО возлагаются следующие функции:

1) Нормализация аналогового сигнала, т.е. приведение границ шкалы первичного непрерывного сигнала к одному из стандартных диапазонов входных сигналов АЦП.

2) Предварительная низкочастотная фильтрация аналогового сигнала - ограничение полосы частот первичного непрерывного сигнала с целью снижения влияния на результат измерения помех различного происхождения.

3) Обеспечение гальванической изоляции между источниками сигнала и каналами системы.

Введение в инженерную деятельность

Помимо этих функций ряд УСО может выполнять более сложные функции за счет наличия в их составе АЦП, дискретного ввода-вывода, микропроцессора и интерфейсов передачи данных.

По характеру обрабатываемого сигнала УСО можно разделить на аналоговые, дискретные и цифровые.

Аналоговые УСО (аналого-цифровые преобразователи АЦП, цифро-аналоговые преобразователи ЦАП и др.) должны обладать большой точностью, линейностью и большим напряжением изоляции.

Дискретные УСО обеспечивают опрос датчиков с релейным выходом, выключателей, контроля наличия напряжения в сети и т.д., а выходные дискретные УСО формируют сигналы для управления пускателями, двигателями и прочими устройствами. Дискретные УСО удовлетворяют тем же требованиям, что и аналоговые, но, кроме того, обладают минимальным временем переключения, а выходные могут обеспечивать коммутацию более высоких токов и напряжений.

Среди модулей УСО существуют также устройства, работающие только с цифровой информацией. К ним относятся коммуникационные модули, предназначенные для сетевого взаимодействия (например, повторители для увеличения протяженности линии связи, преобразователи интерфейсов RS-232/RS-485).

По направлению прохождения данных модули УСО можно разделить на три типа:

- 1) устройства ввода, обеспечивающие передачу сигналов датчиков;
- 2) устройства вывода для формирования сигналов на исполнительные механизмы;
- 3) двунаправленные.

В реальных системах модули УСО могут не присутствовать в виде самостоятельных устройств, а входить в состав датчиков (в этом случае

Введение в инженерную деятельность

датчики называют интеллектуальными) или промышленных компьютеров. Примером могут служить датчики, выдающие готовый цифровой сигнал в этом случае граница между первичным преобразователем и УСО проходит где-то внутри датчика. С другой стороны, УСО могут быть выполнены в виде АЦП/ЦАП-плат, вставляемых в стандартные ISA или PCI слоты компьютера. В этом случае аналоговые сигналы могут быть введены прямо в компьютер, где и преобразуются в цифровой вид.

3. Аппаратная и программная платформа контроллеров.

Промышленные контроллеры и компьютеры расположенные на среднем уровне АСУТП играют роль управляющих элементов, принимающих цифровую информацию и передающих управляющие сигналы.

До последнего времени роль контроллеров в АСУТП в основном исполняли PLC (Programmable Logic Controller - программируемые логические контроллеры) зарубежного и отечественного производства. Наиболее популярны в России PLC таких зарубежных производителей, как Allen-Braidly, Siemens, ABB, Modicon, а также отечественные модели: «Ломиконт», «Ремиконт», Ш-711, «Микродат», «Эмикон» и др.

В связи с бурным ростом производства миниатюрных PC-совместимых компьютеров последние все чаще стали использовать в качестве контроллеров.

Первое и главное преимущество PC-контроллеров связано с их открытостью, позволяющей применять в АСУ оборудование разных фирм. Теперь пользователь не привязан к конкретному производителю.

Второе важное преимущество их заключается в более «родственных» связях с компьютерами верхнего уровня. В результате не требуются дополнительные затраты на подготовку персонала.

Введение в инженерную деятельность

Третье преимущество - более высокая надежность. Обычно различают физическую и программную надежность контроллеров. Под физической надежностью понимают способность аппаратуры устойчиво функционировать в условиях окружающей среды промышленного цеха и противостоять ее вредному воздействию. Под программной понимается способность программного обеспечения (ПО) устойчиво функционировать в ситуациях, требующих реакции в заданное время. Программная надежность определяется в первую очередь степенью отлаженности ПО. Поскольку в большинстве PC-контроллеров используются коммерческие широко распространенные и хорошо отлаженные операционные системы (Windows, Unix, Linux, QNX и др.), то следует ожидать, что программная надежность будет выше, чем у PLC.

Операционные системы контроллеров должны удовлетворять не только требованиям открытости, но и требованиям работы в режиме реального времени, была компактна и имела возможность запуска из ПЗУ или флэш-памяти.

4. Операционная система PC-контроллеров

Операционная система контроллеров должна удовлетворять требованиям открытости. Но не только им. Специфика условий работы контроллеров требует, чтобы ОС поддерживала работу в режиме реального времени, была компактна и имела возможность запуска из ПЗУ или флэш-памяти.

Для PC-контроллеров лучше всего подходит операционная система QNX (фирма QSSL, Канада). Прежде всего, это связано с тем, что архитектура QNX является открытой, модульной и легко модифицируемой. QNX может загружаться как из ПЗУ, флэш-памяти, так и с помощью удаленной загрузки по сети. QNX разработана в соответствии со стандартами POSIX, является коммерческой операционной системой, широко распространена на мировом

Введение в инженерную деятельность

рынке (сотни тысяч продаж), поддерживает все шины, используемые в PC-контроллерах, включая ISA, PCI, CompactPCI, PC/104, VME, STD32. Более ста фирм - производителей программного и аппаратного обеспечения выпускают продукцию, ориентированную на QNX.

QNX является операционной системой, которая дает полную гарантию в том, что процесс с наивысшим приоритетом начнет выполняться практически немедленно и что критическое событие (например, сигнал тревоги) всегда будет обработано. Она известна как операционная система, функционирующая в «защищенном режиме». Это означает, что все программы в системе защищены друг от друга и любая «фатальная» ошибка в одной из программ не приводит к «краху» всей системы. Файловая система QNX была разработана с учетом обеспечения целостности данных при отключениях питания. Даже при аварийном отключении питания потеряются лишь некоторые данные из кэш-памяти, но файловая система не разрушится. После включения компьютера будет обеспечена нормальная работа системы. В QNX полностью реализовано встроенное сетевое взаимодействие «точка-точка». По существу, сеть из машин QNX действует как один мощный компьютер. Любые ресурсы (модемы, диски, принтеры) могут быть добавлены к системе простым подключением к любой машине в сети. QNX поддерживает одновременную работу в сетях Ethernet, Arcnet, Serial и Token Ring и обеспечивает более чем один путь для коммуникации, а также балансировку нагрузки в сетях. Если кабель или сетевая плата выходят из строя и связь прекращается, то система будет автоматически перенаправлять данные через другую сеть. Это предоставляет пользователю автоматическую сетевую избыточность и увеличивает скорость и надежность коммуникаций во всей системе.

5. Средства технологического программирования контроллеров

Специфика работы с контроллерами по сравнению с обычными офисными компьютерами состоит не только в ориентации на работу с

Введение в инженерную деятельность

платами ввода-вывода, но и в преимущественном использовании языков технологического программирования. Как правило, на промышленных предприятиях с контроллерами работают не программисты, а технологи, хорошо знающие специфику объектов управления и технологического процесса. Для описания процессов обычно используются такие языки, как язык релейно-контактных схем, функциональных блоков и так далее, теоретические основы которых взяты из методов автоматического управления. Накопленный многими фирмами опыт был обобщен в виде стандарта IEC 1131-3 [1], где определены пять языков программирования контроллеров: SFC - последовательных функциональных схем, LD – релейных диаграмм, FBD - функциональных блок-диаграмм, ST-структурированного текста, IL-инструкций. Важно отметить, что использование данного стандарта полностью соответствует концепции открытых систем, а именно, делает программу для контроллера независимой от конкретного оборудования - ни от типа процессора, ни от операционной системы, ни от плат ввода-вывода.

4 СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

4.1 Классификация систем управления

Если сравнивать системы ЧПУ лишь по их внешним «паспортным» характеристикам, то трудно объяснить их функциональное разнообразие и их несовместимость при попытках интеграции различного уровня в пределах одного и того же предприятия. Для понимания причин несовместимости необходимо обратиться к внутренней организации и структуре систем ЧПУ, и здесь полезной оказывается классификация архитектурных решений. Эта классификация позволяет проследить эволюцию ЧПУ, которая привела к построению систем управления на базе персонального компьютера.

Классифицированные архитектурные варианты сведены в таблице 4.1. Классические системы CNC (первый вариант) до сих пор выпускаются лишь фирмами с богатой традицией производства высококачественной собственной микроэлектронной аппаратуры. Но и эти фирмы под давлением конечных пользователей, желающих иметь гибкий интерфейс оператора, предлагают модификацию с персональным компьютером в качестве терминала (второй вариант). По многим причинам [1] первые системы типа PCNC относились к двухкомпьютерной архитектуре (третий вариант); они и сегодня очень популярны и наиболее широко распространены. Несколько позднее появились системы PCNC, ядро которых реализовано на отдельной плате, устанавливаемой в корпусе промышленного персонального компьютера (четвертый вариант). Наконец, по мере повышения мощности микропроцессоров все большее распространение получает однокомпьютерный вариант системы PCNC (пятый). Все варианты отражают суммарный опыт разработчиков систем ЧПУ и перспективные тенденции. В этой связи их рассмотрение достаточно

Введение в инженерную деятельность

поучительно, в особенности для тех, кто занимается разработкой новых моделей у нас в стране.

Таблица 4.1- Классификация архитектурных решений систем ЧПУ

	CNC	PCNC-1	PCNC-2	PCNC-3	PCNC-4
<i>Персональный компьютер</i>		Интерфейс оператора			Интерфейс оператора. Ядро ЧПУ. Программно-реализованный контроллер электроавтоматики.
<i>Встроенный одноплатный компьютер</i>				Ядро ЧПУ. Программно-реализованный контроллер электроавтоматики.	
<i>Интерфейс</i>		<i>Коммуникационный интерфейс</i>			
<i>Второй компьютер</i>			Ядро ЧПУ. Программно-реализованный контроллер электроавтоматики		
<i>Специальный процессорный модуль</i>	Интерфейс оператора. Ядро ЧПУ. Внешний контроллер электроавтоматики.	Ядро ЧПУ. Одноплатный контроллер электроавтоматики			
<i>Интерфейс</i>	Управление приводами и электроавтоматикой		Периферийные шины следящих приводов и электроавтоматики		
<i>Объекты управления</i>	Локальные объекты		Сетевые объекты		

Системы CNC и PCNC-1

Семейство систем фирмы NUM построено по принципу многопроцессорных CNC-систем, т.е. с ЧПУ-процессором, процессором программируемого контроллера автоматки и графическим процессором (рисунок 4.1). Система NUM может быть оснащена пассивным терминалом или промышленным компьютером с операционной системой Windows. Семейство представлено компактными, а так же и модульными версиями, которые различаются числом координат (и возможностью формировать независимые каналы ЧПУ из координатных групп), использованием традиционных аналоговых или автономных цифровых следящих приводов, подключенных к оптоволоконной сети, а также числом входов-выходов электроавтоматики и использованием удаленных (сетевых) входов-выходов.

Вычислительная мощность систем NUM исключительно высока, и этим объясняется широкий набор их функциональных возможностей. Так, предусмотрены сплайновый и полиномиальный (до пятого порядка) алгоритмы интерполяции, пяти-девятикоординатная интерполяция, пятикоординатная коррекция инструмента, одновременная работа по двум различным управляющим программам, 3D-графика и др. В системах с терминальным компьютером возможна адаптация интерфейса оператора к запросам конечных пользователей, диалоговое программирование с помощью инструментальных систем PROGRAM MILL и PROGRAMTURN.

Введение в инженерную деятельность

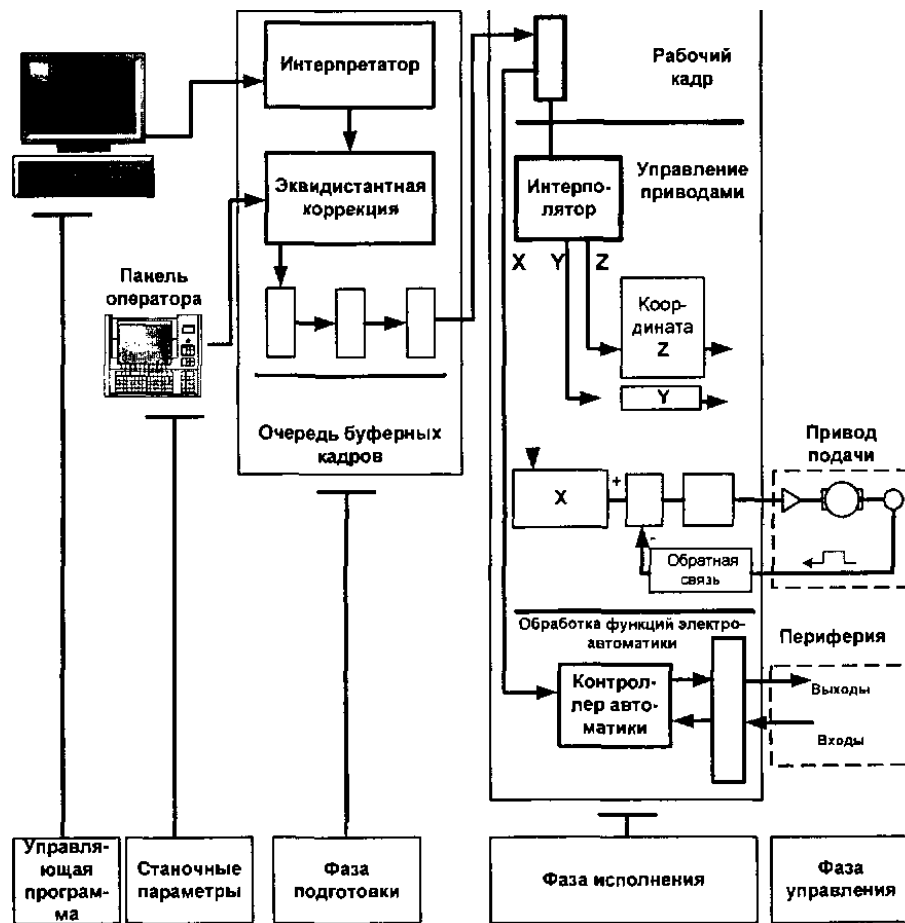


Рисунок 4.1- Архитектура системы ЧПУ класса CNC фирмы NUM

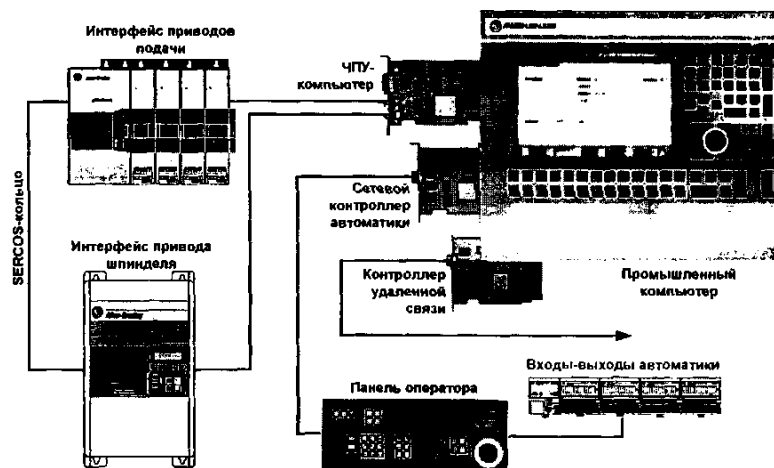


Рисунок 4.2- Архитектура системы ЧПУ класса PCNC-1 фирмы Allen-Bradley

Фирма Allen Bradley в составе концерна Rockwell (США) выпускает широкое семейство систем ЧПУ: от традиционной CNC (модель 9/440) до

Введение в инженерную деятельность

систем CNC с персональным компьютером в качестве терминала (модель 9/260(290)) и систем класса PCNC (модель 9/PC). Последняя модель (рисунок 4.2) выполнена по вполне классической схеме: специализированный промышленный компьютер с Windows NT операционной системой и возможностью разрабатывать пользовательские приложения на Visual Basic (функции прикладного интерфейса API опубликованы); PC1 - одноплатный ЧПУ-3 компьютер, выполняющий все функции ядра, включая программно-реализованный контроллер электроавтоматики.

Программирование и редактирование контроллера осуществляются через общий для всей системы терминал. Программируемый контроллер имеет собственную сеть (и сетевую плату).

Система PCNC-2

К этому классу принадлежат системы фирм ANDRON и BoschRexroth (Германия). Система ЧПУ фирмы ANDRON относится к полному двухкомпьютерному варианту. Ее структура представлена в виде набора модулей: терминального компьютера, ЧПУ-компьютера, панели оператора и монитора, удаленных входов-выходов программируемого контроллера, одной или нескольких групп цифровых (SERCOS) приводов подачи и главного привода. Аппаратура системы практически полностью состоит из покупных компонентов и плат. В силу этого обстоятельства фирма ANDRON не скрывает деталей аппаратной реализации, и эта реализация весьма представительна для двухкомпьютерных версий систем ЧПУ других фирм.

В состав терминального компьютера входят: материнская плата с Celeron-процессором и интегрированными контроллерами SCSI, VGA, TFT, IDE; многофункциональная интерфейсная плата MFA с памятью CMOS- ROM (связь с внешним модемом; транспьютерный контроллер коммуникационного канала, связывающего терминальный и ЧПУ-компьютеры). Все

Введение в инженерную деятельность

платы установлены на пассивной ISA-шине, при этом предусмотрена установка дополнительных (по заказу) резервных плат: внутреннего модема, сетевой платы, SCSI-платы. Для специальных задач возможна установка PCI-плат.

В состав ЧПУ-компьютера входят: материнская плата с Celeron-процессором; плата MIO (Main Input-Output) поддержки как коммуникационного интерфейса с терминальным компьютером (со скоростью 10 Мбит/с), так и интерфейса маховичка ручного перемещения; плата программируемого контроллера с интерфейсом InterBus-S (с циклом 4 мс для 1024 входов-выходов); одна или несколько плат SERCOS-интерфейса (с микросхемой SERCON410-B). Все платы установлены на пассивной ISA-шине. Каждый SERCOS-интерфейс обслуживает (с периодичностью 0,5 мс) одну группу из трех автономных приводов подачи и одного привода шпинделя. Приводы одной группы включены в кольцевую оптоволоконную сеть.

В платформе системы ЧПУ фирмы ANDRON аппаратный уровень расположен под операционной системой Windows NT в терминальном компьютере и оригинальной операционной системой реального времени в ЧПУ-компьютере. На прикладном уровне терминальный компьютер открыт для разнообразных приложений и специальных диалогов конечного пользователя, которые можно назвать САМ-приложениями. Для построения САМ-приложений предусмотрен инструментальный язык ANLOG-C, обеспечивающий доступ к функциям ядра в ЧПУ-компьютере.

Система ЧПУ фирмы BoschRexroth построена на основе высокопроизводительных компьютеров (классический двухкомпьютерный вариант) и обладает исключительно мощным набором функций. Терминальный компьютер имеет операционную систему Windows NT, а ЧПУ-компьютер - операционную систему UNIX. Связь операционных сред осуществляется с помощью протоколов TCP/IP, что опускает удаленное

Введение в инженерную деятельность

размещение терминала и работу нескольких терминалов с одним ЧПУ-компьютером. В свою очередь ЧПУ-компьютер предполагает многоканальную работу более чем с одной управляющей программой. Прикладное математическое обеспечение терминального компьютера и прикладное математическое обеспечение ядра в ЧПУ-компьютере окружены оболочкой из нескольких сот интерфейсных API-функций (Application Programming Interface), которые предоставляют конечным пользователям возможность разрабатывать собственные приложения и расширения. В оболочку терминального компьютера включена мощная DLL-библиотека NCS (Numerical Control System) классов объектов, «покрывающая» API-функции, делающая разработку дополнительных приложений более простой и комфортной. В остальном состав прикладного математического обеспечения традиционен; впрочем, можно отметить хорошо проработанный программно-реализованный контроллер электроавтоматики и несколько очень интересных приложений. Среди них - отладчик высокоуровневых управляющих программ, логический анализатор для удаленного контроля программируемых контролеров, осциллограф для анализа динамики следящего привода, в том числе и с помощью рассчитываемых здесь же частотных характеристик.

Введение в инженерную деятельность

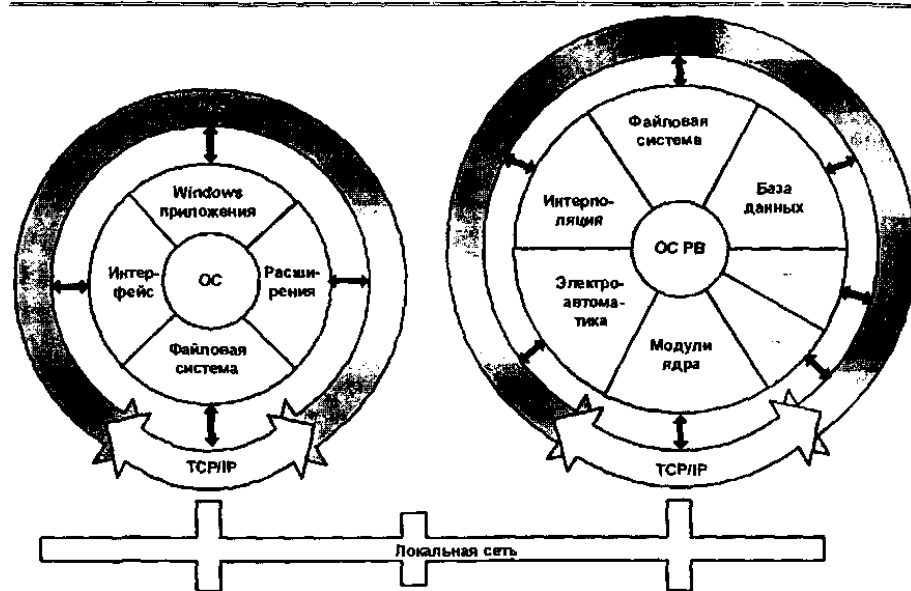


Рисунок 4.3- Архитектура системы ЧПУ класса PCNC-2 фирмы BoschRexroth: ОС-операционная система; ОС РВ-операционная система реального времени

Система PCNC-3

Типичным представителем систем этого класса является система фирмы DeltaTau (Великобритания). Она относится к двухкомпьютерному варианту, но такому, при котором ЧПУ-компьютер выполнен в виде отдельной платы РМАС (Programmable Multi-Axes Controller), устанавливаемой на ISA (или PC1)-шине терминального персонального компьютера (рисунок 4.4). Терминальный компьютер с Windows NT операционной системой выполняет классические функции терминальной задачи и функции интерпретатора управляющих программ. Одноплатный ЧПУ-компьютер РМАС (процессор Motorola 56300) решает геометрическую и логическую задачи [2, 3], выполняя функции интерполятора, контроллера управления приводами (подачи и шпинделя), программно-реализованного контроллера электроавтоматики.

Интерполятор обеспечивает все виды интерполяции (включая сплайновую), разгоны и торможения, опережающий просмотр кадров Look Ahead,

Введение в инженерную деятельность

циклическое формирование управляющих воздействий с периодом 440 мкс (в этом же периоде в фоновом режиме работает и контроллер электроавтоматики).

Контроллер приводов способен управлять 32 координатными осями, сгруппированными в 16 координатных систем; он принимает сигналы позиционных датчиков обратной связи, замыкает позиционные контуры, выполняет функции ПИД-регулятора, имитирует в цифровом виде сигналы обратной связи по скорости, вырабатывает (в цифровом виде) широтно-импульсный сигнал для приводов подачи и сигнал $\pm 10\text{В}$ для привода главного движения. Программно-реализованный контроллер электроавтоматики поддерживает параллельное управление 64 циклами электроавтоматики.

Выходные сигналы (для управления приводами и электроавтоматикой) поступают в кольцевой оптоволоконный канал (со скоростью передачи данных 125 Мбит/с) для дистанционного управления своими объектами. Принимающим устройством служит интеллектуальный периферийный терминал Масго-станция (Motion and Control Ring Optical). Допустимо включение в кольцо нескольких таких терминалов. Терминал замыкает скоростные контуры восьми приводов и принимает сигналы ограничителей рабочей зоны и датчиков нулевых точек координатных систем (в блоках ACS), формирует сигналы управления двигателями любого типа (асинхронными, постоянного тока и др.) с помощью блока Quad Amplifier (для управления четырьмя двигателями общей мощностью до 25 кВт). Другая функция периферийного терминала - управление электроавтоматикой через модули оптоизолированных входов-выходов.

Введение в инженерную деятельность

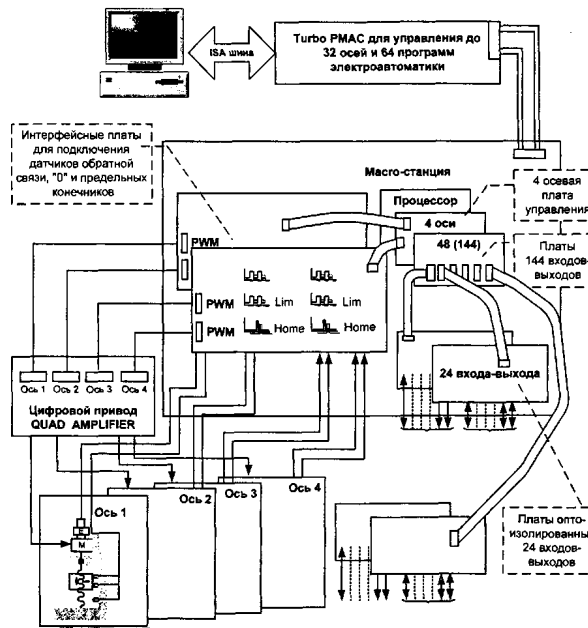


Рисунок 4.4- Архитектура системы ЧПУ класса PCNC-3 фирмы DeltaTau:

PWM - Pulse Width Modulation, широтно-импульсная модуляция; Lim (Limit) - ограничители; Home - нулевая точка

Набор модулей фирмы DeltaTau (PMAC и Macro) ориентирован на построение собственных систем ЧПУ у конечных пользователей, на долю которых остается разработка терминальной задачи, и интерпретатора в среде промышленного персонального компьютера. Однако сами модули являются для конечного пользователя «черными ящиками» и их архитектура закрыта.

Системы PCNC-4

Система ЧПУ фирмы Beckhoff (Германия) демонстрирует яркий пример чисто однокомьютерной архитектуры PCNC, в рамках которой все задачи управления (геометрическая, логическая, терминальная) решены чисто программным путем, без какой-либо дополнительной аппаратной поддержки (рисунок 4.5).

Внешний интерфейс выстроен на базе любой стандартной (по выбору) периферийной шины Fieldbus, в частности на базе шины Lightbus фирмы Beckhoff. Эта шина выполнена в виде кольцевого канала для передачи сиг-

Введение в инженерную деятельность

налов управления автономными следящими приводами, а также сигналов электроавтоматики. Выход к объектам осуществляется с помощью периферийных терминалов ввода-вывода. Операционная среда представляет собой комбинацию Windows NT для поддержания процессов машинного времени и системы TwinCat (Total Windows Control and Automation Technology).

Операционная система TwinCat фирмы Beckhoff интегрирована в Windows NT, добавляет ей функции реального времени, не изменяя самой Windows NT. Перемещение данных и доступ к прикладным функциям API программных модулей осуществляется через программную шину ADS (Automation Device Specification).

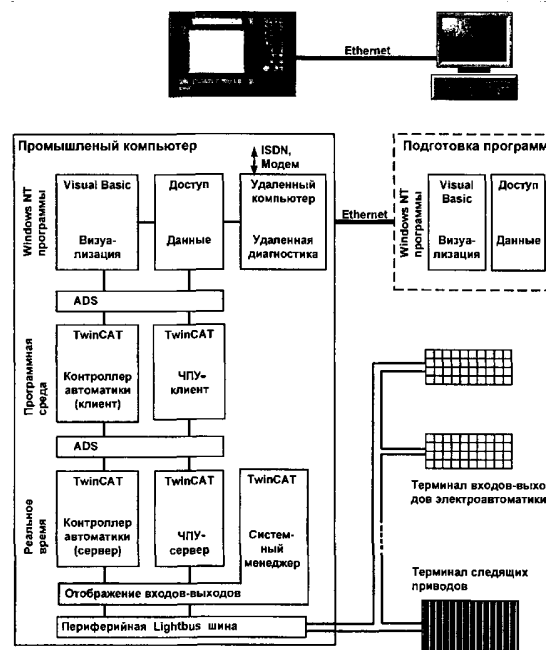


Рисунок 4.5- Архитектура системы ЧПУ класса PCNC-4 фирмы Beckhoff

Системный менеджер, являющийся подсистемой TwinCat, служит центром системной конфигурации, поддерживающим синхронное или асинхронное взаимодействие всех процессов, а также ввод-вывод сигналов управления. На прикладном уровне в потоках управления работают программные модули ЧПУ и программируемые контроллеры, имеющие кли-

Введение в инженерную деятельность

ентскую (для подготовки данных) и серверную (для работы в реальном времени) части. ЧПУ-клиент интерпретирует кадры управляющей программы в стандарте DIN 66025, а ЧПУ-сервер выполняет интерполяцию в группах приводов - по три координаты в группе. Группы формируются системным менеджером. Для безэквидистантных программ можно обойтись без интерпретации, которую заменяет компилятор клиента контроллера автоматки. Одновременно работают до четырех контроллеров (виртуальных процессоров, выполненных в стандарте IEC 1131-3), каждый из которых решает четыре задачи, имеющих свой приоритет и свое время цикла.

Система ЧПУ фирмы Power Automation (Германия) построена на основе промышленного персонального компьютера с PCI-шиной (рисунок 4.6), операционной системой Windows NT и ядром реального времени (собственной разработки). Операционная система Windows NT поддерживает работу интерфейса оператора, в том числе системы программирования ЧПУ и контроллера электроавтоматики, встроенную САМ-систему (опирающуюся на базы данных инструментов, материалов и технологических циклов), приложения конечного пользователя. Ядро реального времени синхронизирует задачи ЧПУ с электроавтоматикой, диспетчеризует работу интерпретатора, интерполятора и модуля управления следящими приводами. Одновременно могут работать до восьми каналов ЧПУ и два программно-реализованных контроллера электроавтоматики с разными приоритетами.

Система имеет открытую архитектуру, которая допускает расширение функций ядра ЧПУ за счет специальных функций пользователя (compile cycles - терминология Power Automation) (рисунок 4.7), и исключительно мощное сетевое окружение, как внешнее (Ethernet-TCP/IP, Novell), так и периферийное (восемь оптоволоконных SERCOS-колец для 64 следящих

Введение в инженерную деятельность

приводов, InterBus-S, Profibus DP, CAN-Bus, ASI-BUS). Кроме того, предусмотрены собственная периферийная SUPERBUS-шина для удаленных входов-выходов электроавтоматики, а также удаленные входы-для стандарта фирмы OMRON (Япония) на PCI-шине.

Фирма Siemens не раскрывает особенностей своей архитектуры, этом плане можно лишь строить догадки. Однако обращает на себя внимание механизм поддержания открытой архитектуры, который абсолютно идентичен такому же механизму фирмы Power Automation.

В этой связи, по-видимому, можно предположить и идентичность архитектур Siemens и Power Automation.

При разработке новой модели системы ЧПУ фирма Siemens сделала акцент на открытую для конечного пользователя архитектуру со стороны как интерфейса оператора, так и ядра системы. Интерфейс оператора работает в операционной системе Windows NT, поэтому включение в интерфейс windows-приложений проблемы не составляет. Однако возможна и сравнительно глубокая реконфигурация интерфейса с помощью оригинальной инструментальной системы ProTool.

Введение в инженерную деятельность

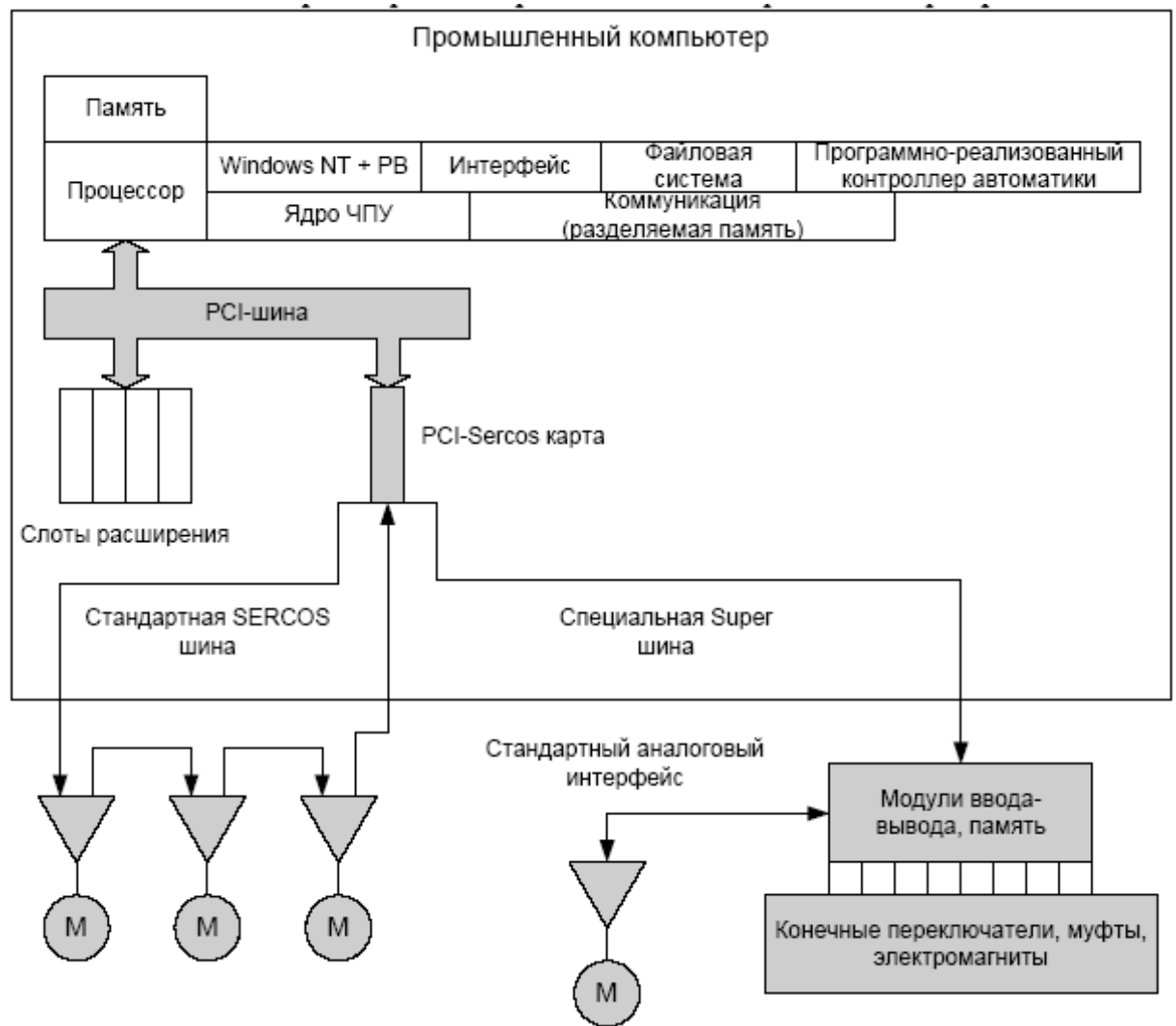


Рисунок 4.6- Архитектура системы ЧПУ класса PCNC-4 фирмы Power Automation

Введение в инженерную деятельность

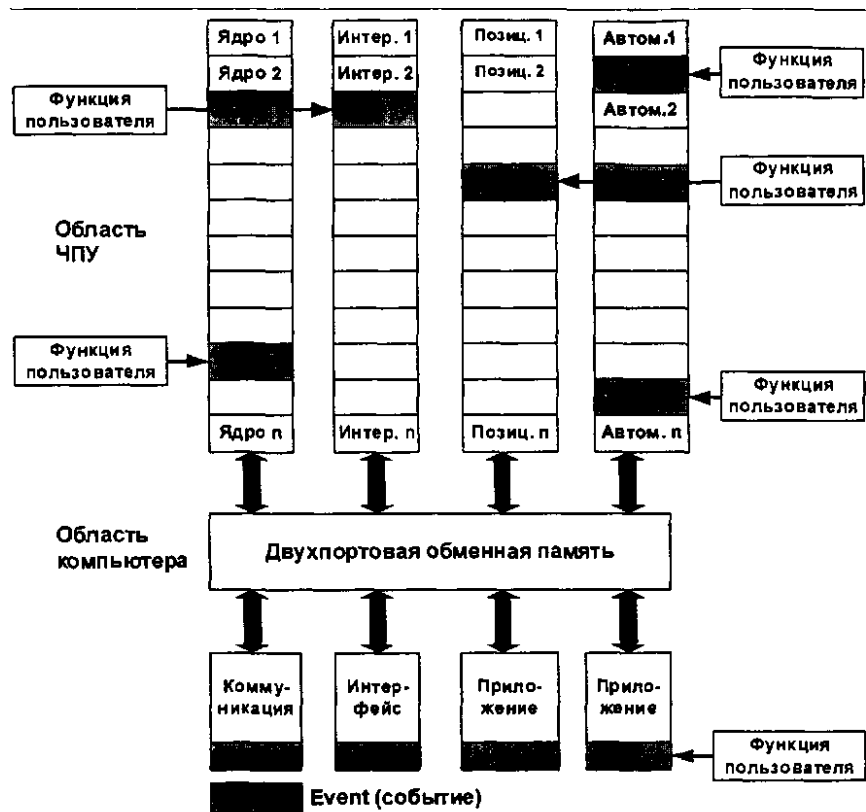


Рисунок 4.7- Схема расширения функций ядра ЧПУ в системе фирмы Power Automation

Для расширения функций ядра предложена схема, в соответствии с которой в процессы ядра включены своеобразные точки останова «breakout-points», называемые «events» (события). События инициируют фрагменты пользовательского кода на Visual C++, называемого здесь «compile cycles» (скомпилированные циклы). Скомпилированные циклы имеют унифицированный интерфейс OPI (OEM Program Interface), что обеспечивает им стандартный доступ к системным данным и функциям посредством механизма связывания «binding». С другой стороны, скомпилированные циклы могут использовать и собственные данные. Такой подход обеспечивает полную совместимость расширенного программного обеспечения системы ЧПУ.

Для сравнения обратимся вновь к архитектуре системы ЧПУ фирмы Power Automation. Даже беглое сопоставление и одинаковая терминология указывают на то, что в обоих случаях использованы одинаковые механизмы

Введение в инженерную деятельность

внедрения функций конечного пользователя, т.е. одинаковый подход к реализации открытой архитектуры.

В спектре архитектурных решений наиболее уверенные позиции занимает концепция PCNC, при этом по мере роста вычислительной мощности процессоров все чаще предпочтение отдают однокомпьютерному варианту. В качестве операционной системы стандартом де-факто стала Windows NT с расширением реального времени [4]. Программируемые контроллеры реализуют программным путем в рамках единой вычислительной среды для ядра ЧПУ, а терминал системы ЧПУ используют для программирования электроавтоматики.

Периферия систем ЧПУ становится сетевой, причем все чаще единая сеть используется как для приводов подачи, так и для системы управления электроавтоматикой. Наиболее значительная тенденция состоит в развитии идей открытой архитектуры [5], предоставляющей конечному пользователю широкие возможности для реализации собственных функций.

4.2 Общие принципы построения систем ЧПУ. Признаки нового поколения систем ЧПУ

Очередная смена поколений существенно меняет потребительские свойства, структуру, архитектуру и математическое обеспечение систем ЧПУ. Огромный опыт, накопленный в области ЧПУ мехатронными системами, серьезно пересматривается под давлением производителей мехатронного оборудования и конечных его пользователей. В свою очередь производители систем ЧПУ прекрасно понимают, что простая эволюция традиционных решений приведет к потере рынка и полному их забвению. Внешние причины подобной ситуации состоят в увеличении разнообразия мехатронных систем, ориентированных на решение специфических задач (разнообразные технологические машины, роботы, испытательные стенды и др.),

Введение в инженерную деятельность

расширение зоны активности оператора мехатронного оборудования, росте привлекательности персональных систем ЧПУ типа PCNC. Однако есть и глубинная внутренняя причина - внедрение новой объектно-ориентированной технологии, без которой создание мультимегабайтного программного обеспечения систем ЧПУ просто невозможно. Подобную технологию используют не только на уровне программирования (для повышения надежности и обзорности математического обеспечения), но и на уровне макропроектирования системы: основные модули определяют как «вложенные объекты», отношения между которыми носят клиент-серверный характер. Одним из вариантов общего решения является выделение глобального сервера-программной (виртуальной) шины, которая служит основным средством межмодульной коммуникации.

Принципиальной особенностью системы ЧПУ типа PCNC является использование открытой архитектуры, которая предполагает:

- конфигурирование системы у производителя мехатронного оборудования и конечного пользователя;
- интеграцию покупных программных пакетов;
- эволюцию системы в условиях максимальной независимости от изменений системной платформы;
- доступ к информации любого модуля, в том числе к диагностической информации самой мехатронной системы;
- подключение к внешней сетевой коммуникационной среде;
- использование в архитектуре системы принципов системной интеграции.

Остановимся более подробно на использовании принципов системной интеграции.

Известны принципы реализации тотального информационного сервиса на уровне предприятия, когда интегрируют многочисленные приложения и

Введение в инженерную деятельность

коммерческие инструментальные средства (базы данных, CAD-CAM системы и др.), чтобы собрать целостную систему. При правильной организации системной интеграции внимание концентрируют на доступе к данным, но не на структурах и типах этих данных.

Таким образом, возникает проблема доступа приложений к данным любого компонента производственной системы. Трудности состоят в бесконечном множестве коммерческих и пользовательских приложений, располагающих собственными интерфейсами и написанных на различных языках программирования. Трудности могут быть преодолены на основе концепции OLE/COM компании Microsoft. Эта концепция была использована при разработке европейского проекта OPC. Цель проекта состояла в определении стандартной клиент-серверной архитектуры и спецификаций COM-интерфейсов, обеспечивающих унифицированный доступ к данным, независимо от их типа и структуры. Таким образом, акцент был сделан на интеграцию, построенную на передаче данных (в том числе управляющих состояниями), а не на прямом управлении компонентами системы.

Обратимся теперь к области ЧПУ мехатронными системами. Основная задача при разработке систем типа PCNC нового поколения состоит в наиболее полном использовании принципов открытой архитектуры. Международные программы OSACA и другие не справились до конца с этой проблемой. Между тем ее решение состоит в использовании лучших достижений системной интеграции больших систем. В самом деле, математическое обеспечение системы ЧПУ содержит оригинальные программные компоненты производителя, компоненты, заказанные у других компаний, готовые коммерческие продукты, компоненты заказчика и конечного пользователя. При этом система должна сохранять все признаки открытой архитектуры. В архитектуре PCNC с наименьшим успехом могут быть использованы принципы OLE/COM и некоторые спецификации OPC, как при

разработке отдельных модулей, так и на уровне макропроектирования всей системы в целом.

Модульная архитектура систем ЧПУ на прикладном уровне

Архитектура на прикладном уровне определяется количеством и составом прикладных разделов, называемых задачами управления. В числе подобных задач можно упомянуть:

- геометрическую, ориентированную на управление следящими приводами;
- логическую, организующую управление электроавтоматикой;
- технологическую, гарантирующую поддержание или оптимизацию параметров технологического процесса;
- диспетчеризации, обеспечивающую управление другими задачами на прикладном уровне;
- терминальную, поддерживающую диалог с оператором, отображение состояний системы, редактирование и верификацию управляющих программ.

Структура системы ЧПУ (рисунок 4.8) представляет собой совокупность базовых модулей (обведены сплошными линиями) и дополнительных модулей (обведены пунктирными линиями). Модули закреплены за задачами управления. К дополнительным модулям отнесены коммерческие приложения. Модуль автономен и является вложенным объектом: он располагает собственными алгоритмической структурой, структурой данных и интерфейсной оболочкой для работы в клиент-серверной среде. Общая структура представлена NC-подсистемой (Numerical Control) и PC-подсистемой (Personal Computer). Первая формирует среду для ЧПУ ориентированных модулей, работающих в реальном времени, и (возможно) для специальных приложений пользователя. Вторая подсистема образует среду Windows-образного интерфейса пользователя и включает инструментальную

Введение в инженерную деятельность

систему подготовки и тестирования управляющих программ, а также (возможно) другие специальные приложения.

Взаимодействие модулей осуществляется посредством программной объектно-ориентированной магистрали, которая не только поддерживает коммуникационные протоколы, но и выполняет серверные функции. Это значит, что магистраль является глобальным механизмом предоставления модулям информационных услуг. Такая возможность отражена и в самих интерфейсах модулей: они могут предоставлять данные, запрашивать данные, управлять состояниями других модулей. Запрос данных осуществляется синхронным, асинхронным способами или по событию. Выбор механизма запроса зависит от конкретной задачи. При синхронном запросе клиент (модуль, осуществляющий запрос) останавливается в точке запроса и ждет до истечения тайм-аута ответа от сервера (модуля, обслуживающего запрос). При асинхронном запросе клиент продолжает свою работу, а обработка ответа, независимо от времени его получения, выполняется специальной функцией (callback-функцией); ее работа напоминает механизм обработки прерывания. Запрос по событию (синхронный, асинхронный) означает, что ответ будет получен только после изменения данных.

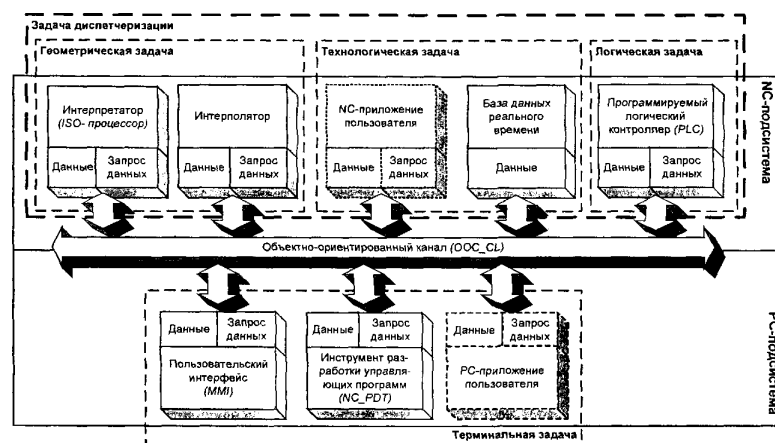


Рисунок 4.8- Модульная архитектура системы ЧПУ типа PCNC и задачи управления

Открытая архитектура систем управления

Гибкие и наиболее сложные системы ЧПУ с открытой архитектурой выполняют согласно двухкомпьютерной архитектурной модели. По мере роста вычислительной мощности компьютеров все более привлекательным становится однокомпьютерный вариант.

Двухкомпьютерная модель предполагает размещение РС-подсистемы на одном компьютере, а NC-подсистемы - на другом. В РС-подсистеме наиболее целесообразна операционная система Windows NT, а в NC-подсистеме - операционная система реального времени UNIX. Обе операционные системы совместимы в том смысле, что поддерживают коммуникационные протоколы TCP/IP. Это позволяет построить коммуникационную среду, объединяющую подсистемы. Включение в эту среду прикладного уровня с функциями доступа к интерфейсам модулей (а общее число таких функций может достигать нескольких сот) создает виртуальную шину, оказывающую низкоуровневые услуги доступа. Объектная надстройка в шине формирует глобальный сервер, т.е. единую для обеих подсистем объектно-ориентированную магистраль.

Однокомпьютерная модель предполагает использование традиционного компьютера, оснащенного дополнительными контроллерами для связи с мехатронными объектами управления. В их числе могут быть контроллер следящих приводов, программируемый контроллер PLC (Programmable Logic Controller), специальные устройства для управления технологическими процессами и др. В качестве операционной может быть использована система Windows NT, которая, однако, не является системой реального времени и в этой связи требует соответствующего расширения, например в виде системы RTX 4.1 американской фирмы VentureCom.

Система RTX (Real Time eXtention) модифицирует слой HAL (Hardware Abstraction Layer) операционной системы Windows NT и дополняет его

Введение в инженерную деятельность

диспетчером потоков (threads) реального времени. Диспетчер изолирует прерывания, позволяя строить приложения реального времени, о существовании которых любые другие приложения не подозревают.

Подсистема реального времени RTSS (Real-Time Sub-System) выполняет собственные функции и осуществляет управление ресурсами RTX. Подсистема RTSS реализована в виде драйвера Windows NT, служит дополнением к операционной системе и использует сервисы Windows NT и HAL для работы подсистемы реального времени отдельно от любых других приложений. При этом обычные приложения «видят» подсистему реального времени как устройство (устройства).

Другими компонентами системного уровня являются ядро и драйверы Windows NT. На интерфейсном уровне прикладные программные интерфейсы Win32 и RTX похожи; в них реализованы функции, необходимые соответственно для создания обычных приложений и приложений реального времени.

Разработанную с использованием RTX программу можно отлаживать и запускать также в среде Win32. Однако в RTX есть функции, не имеющие аналогов в Win32, например функции работы с прерываниями.

Архитектурные варианты, показанные выше, дают общее представление о принципах открытой архитектуры применительно к ЧПУ: четкое разграничение между системным, прикладным и коммуникационным компонентами; возможность независимого развития любого из этих компонентов как на основе оригинальных разработок, так и путем встраивания покупных программных систем; клиент-серверная организация взаимодействия подсистем; стандартизация интерфейсов и транзакций.

Виртуальная модель PC-подсистемы ЧПУ

В вертикальном сечении PC-подсистема имеет многоуровневую структуру (рисунок 4.9) и в полной мере соответствует модели виртуальной машины.

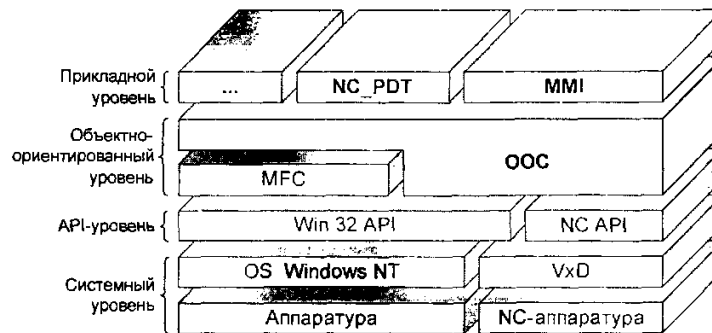


Рисунок 4.9- Виртуальная модель PC-подсистемы

Нижний уровень составляет компьютерная аппаратура, выше размещается операционная система Windows NT вместе с драйверами виртуальных устройств (VxD), обеспечивающими управление внешними устройствами, например контроллером панели оператора. Доступ к операционной системе и ее службам осуществляется посредством API-слоя (прикладной интерфейс), который поддержан Win32 и NC-функциями, обеспечивающими вход в подсистемы Windows NT и NC. Функции реализованы в виде DLL (Dynamic Link Library, библиотека с динамическим связыванием). Поверх API-слоя расположен объектно-ориентированный сервер, служащий фундаментом для приложений в системе PCNC.

В числе классов объектов - стандартные из библиотеки MFC (Microsoft Foundation Classes), а также специально разработанные классы OOC_CL объектно-ориентированной магистрали OOC (Object Oriented Channel). Сервер содержит в том числе и общие для всех приложений алгоритмы, такие как обработчики ошибок, средства форматирования и конвергирования данных, управляющие элементы многооконного экрана и др. На прикладном уровне размещаются разнообразные приложения: интерфейс

Введение в инженерную деятельность

пользователя MMI (Man Machine Interface), инструмент разработки и верификации управляющих программ NC PDT (NC Program Data Tool) и др.

Основными признаками систем ЧПУ нового поколения для мехатронных систем являются принадлежность к классу персональных систем управления PCNC и использование принципов открытой архитектуры. Открытая архитектура предполагает исключительную гибкость (конфигурируемость) системы, использование клиент-серверного подхода в организации транзакций, привлечение объектно-ориентированного подхода к определению макроструктуры, а также на уровне технологии программирования.

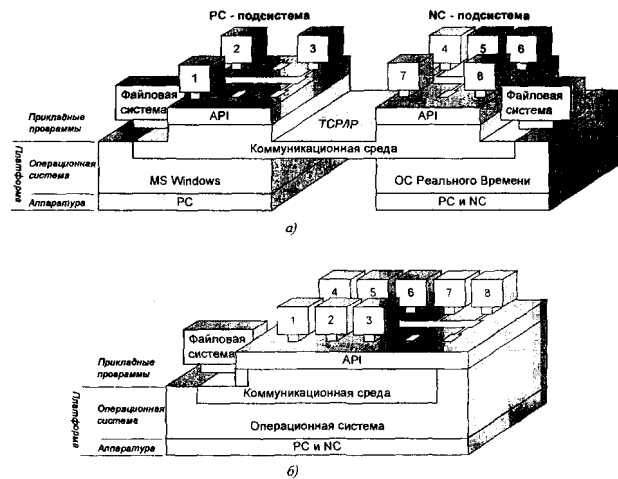


Рисунок 4.10- Открытая архитектура систем типа PCNC

4.3 Задачи управления

При переходе от архитектуры системы ЧПУ к ее математическому обеспечению (МО) необходимо сформировать некоторый подход к систематизации, который объяснил бы логику построения обеспечения, сделал бы процесс его разработки прозрачным и регулярным. Этот подход состоит в выделении задач ЧПУ в качестве автономных объектов разработки. В числе этих задач - геометрическая, логическая, терминальная и диагностическая. Тот или иной набор их зависит от конфигурации конкретной системы

управления и особенностей объекта управления. Этот набор определяет, в конечном счете, функциональные возможности управления.

4.3.1 Геометрическая задача управления

Математическое обеспечение системы ЧПУ на прикладном уровне состоит из нескольких фундаментальных разделов, называемых задачами ЧПУ [1]. Важнейшей из таких задач является **геометрическая** (*motion control*), которая присутствует во всех без исключения системах ЧПУ типа PCNC. В свою очередь геометрическая задача состоит из трех крупных модулей: интерпретатора управляющих программ, интерполятора, модуля управления следящими приводами. Последний модуль сильно зависит от типа следящих приводов и способа замыкания позиционных контуров, в то время как для двух первых модулей могут быть предложены инвариантные решения. В этой связи остановимся на проблемах реализации двух первых модулей.

Интерпретатор управляющих программ. Интерпретатор транслирует кадры управляющей программы в коде ISO-7bit с целью представления данных во входном формате интерполятора. В фазе интерпретации кадра система ЧПУ выполняет эквидистантные расчеты и расчеты, связанные со стыковкой эквидистантных контуров; осуществляет преобразование координатных систем (в абсолютную или относительную системы) и преобразование систем измерения (в миллиметры или дюймы); вызывает стандартные циклы и подпрограммы; разделяет потоки данных геометрической, логической и других задач.

Введение в инженерную деятельность

Интерполятор. Задачами модуля интерполяции являются уменьшение цены дискретности в приводе до 0,5 микрона и меньше; прямой выход на приводы, при котором перемещение в кадре задано в приращениях следящего привода, что необходимо при особо высоких скоростях подачи; разложение сложных перемещений на линейные комбинации основных перемещений. Подобные требования определяют новую (открытую) архитектуру интерполятора, в которой четко обозначены отдельные блоки.

Открытый интерполятор допускает свободное наращивание алгоритмов интерполяции и произвольную их комбинацию при воспроизведении сложных траекторий в многокоординатном пространстве

4.3.2 Логическая задача управления

Логическая задача, являясь по сути системой управления цикловой электроавтоматикой, реализуется двояко: программно в рамках системы ЧПУ или с помощью программируемого контроллера. Традиционный контроллер - это специализированный аппарат, дооснащенный терминалом в виде персонального компьютера. При этом возрастание мощности и уровня сервиса персонального компьютера позволяет объединить терминал, программатор и собственно контроллер в рамках единой компьютерной архитектуры с дополнительным модулем ввода-вывода сигналов электроавтоматики.

Существует прообраз, который называют системой ПСС (Personal Computer- Controller -персональный программируемый контроллер). Прогнозируя развитие концепции ПСС, можно постулировать такие ее особенности:

- использование однокомпьютерного варианта, с операционной системой Windows NT и расширением реального времени;

Введение в инженерную деятельность

- увеличение числа функций интерфейса оператора за счет многорежимного управления и применения встроенных инструментальных систем программирования;
- поддержание в реальном времени динамических графических моделей (мнемограмм) управляемого объекта;
- построение терминальной части системы РСС по типу «виртуального прибора»;
- применение визуального программирования электроавтоматики (например, по типу графического языка HighGraph фирмы Siemens) с генерацией C++ кодов исполняемого модуля; организация многопоточного управления (multi-thread).
-

4.3.3 Терминальная задача управления

Терминальная задача в составе математического обеспечения ЧПУ имеет особое значение, поскольку предъявляет конечному пользователю функциональные возможности управления. Наполнение терминальной задачи определяет привлекательность и конкурентоспособность системы ЧПУ на рынке. Свойства открытой системы ЧПУ развиты настолько, насколько терминальная задача поддается конфигурации и расширению. Наиболее важными разделами терминальной задачи служат: интерпретатор диалога оператора в Windows-интерфейсе, редактор управляющих программ в коде ISO-7bit, редактор-отладчик управляющих программ на языке высокого уровня.

Интерпретатор диалога оператора в Windows-интерфейсе

Современные системы управления используют архитектуру персонального компьютера и располагают широкими возможностями организации человеко-машинного интерфейса MMI (Man-Machine Interface) в операционных средах Windows NT или Windows 95/98/2007. Терминальную задачу

управления обычно сводят к проблеме построения MMI; в этом случае задача выполняет функции клиента в клиент-серверной архитектуре математического обеспечения системы управления. Проектирование MMI-приложения предполагает создание скелета приложения, реализацию экранов, разработку интерпретатора диалога, организацию информационных сессий с другими модулями системы управления.

Редактор-отладчик управляющих программ на языке высокого уровня (в составе терминальной задачи)

В числе языков высокого уровня управляющих программ можно упомянуть AnlogC (фирма Andron, Германия), CPL (фирма Bosch, Германия) и множество других. Независимо от версии структуры всех языков однотипны: имеется основная программа и некоторый набор вызываемых подпрограмм. В теле программы представлен список переменных, которые по ходу реализации программы меняют значения. Процесс выполнения сопровождается информационными сообщениями, предупреждениями, сообщениями об ошибках.

4.3.4 Диагностическая задача управления

Наиболее совершенные системы ЧГГУ располагают отдельным режимом диагностики, который реализован в виде программно-аппаратного комплекса и ориентирован на тестирование и глубокое исследование логической и геометрической задач управления. Диагностика, как правило, выполняется «вне реального времени», что означает- измерения сохраняются в памяти, а затем анализируются. Подсистема диагностики способна конфигурировать измерения, считывать измеряемые сигналы, запоминать результаты измерений вместе с результатами конфигурации измерений, распечатывать осциллограммы измерений, считывать файлы с результатами измерений и результатами конфигурации измерений, выполнять разнооб-

Введение в инженерную деятельность

разные операции над измеренными сигналами. Для диагностики логической задачи управления служит логический анализатор, а для диагностики геометрической задачи предназначен осциллограф.

К числу важнейших в практике диагностических измерений относятся такие понятия, как триггер, точка измерения, сигнал, состояние процесса измерения, виртуальный прибор диагностики.

Триггеры используют для формирования события, устанавливающего границы измерительного горизонта.

Группа стартовых триггеров устанавливает начало измерения, а окончание измерения определяет группа конечных триггеров. Кроме того, существуют триггеры специального назначения, например для выделения в процессе измерения некоторого события. Группа срабатывает при выполнении логических операций над ее триггерами.

Точки измерения представляют собой адреса аппаратных средств, осуществляющих измерительный процесс. Сигналы являются результатами измерительного процесса. Процесс измерения включает несколько фаз, которые назовем состояниями измерительного процесса; в числе возможных состояний - «конфигурация», «начало измерения», «ожидание», «конец измерения», «ошибка».

Под виртуальным прибором диагностики будем понимать активный элемент, предоставляющий результаты диагностических испытаний и создающий внешний образ измерительного устройства, например логического анализатора или осциллографа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс инженерной деятельности является выражением интеллектуальных потенций личности, однако на его реализацию как и на смысл этого творчества оказывают воздействие не только технологические, но и экономические и социально - политические факторы. Именно поэтому многие результаты технического творчества не получив социально - практического запроса в течение длительного периода времени не находили своего практического воплощения и общественного признания.

В инженерном творчестве, как правило, существует два подхода к моделированию новой техники в процессе ее создания. Первый имеет дело только с техническими объектами и пренебрегает человеком, человеко - машинные отношения в лучшем случае отходят на задний план. При втором подходе исходным моментом модели является не техническое устройство, а процесс преобразования веществ и сил природы с целью удовлетворения человеческих потребностей. В этом случае моделируется система "человек - техника - производственная среда". В этой системе человеческие и технические носители функций взаимодействуют при исполнении общей функции. В первом случае в технике видят лишь способ достижения цели, творчество деформируется, сам человек приносится в жертву совершенно внешней для него цели. Однако ценность техники всегда соотнесена с прогрессивной целью общественного развития, с реализацией творческих способностей человека, поэтому подобный подход к моделированию техники по своей сути является антигуманным, поскольку он не только не учитывает человеческие потребности, но и человеческие возможности. Он противоположен второму, гуманному подходу к техническому моделированию, учитывающему социальную обусловленность создания новой техники и технологии. В процессе инженерного творчества огромную роль играют логические и психологические свойства сознания творящих субъектов, в частности, так называемое опережающее сознание - способность человеческого сознания определять будущее.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Тема 1. Введение. Инженерная деятельность как основа развития современных технических знаний

1. Перечислите основные отрасли промышленности, в которых велись и ведутся работы по автоматизации производства.
2. Что такое управляющие устройства?
3. Что такое регуляторы?
4. Назовите основное технологическое оборудование, подлежащее автоматизации.
5. Что называется частичной механизацией?
6. Что называется комплексной механизацией?
7. Что называется частичной автоматизацией?
8. Что называется комплексной автоматизацией?
9. Что понимают под объектом регулирования?
10. Какой процесс называется механизированным?
11. Дайте классификацию автоматическим машинам, системам и устройствам.
12. Для каких объектов используется телемеханизация?
13. Какой процесс называется автоматизированным?

Тема 2. Основы инженерной деятельности в сфере автоматизации и управления

1. Какой объект называется управляемым?
2. В чём состоит принципиальное отличие «автоматической системы» от «автоматизированной»?
3. Приведите схему управляемого объекта.
4. Какая система называется одноконтурной?
5. Какая система называется многоконтурной?

6. Перечислите признаки, по которым классифицируются системы автоматического регулирования.
7. Какие САР называют релейными?
8. Как классифицируются САР по характеру воздействия на регулируемый орган?
9. Как классифицируются САР по виду используемой энергии?
10. Что называется алгоритмом функционирования и алгоритмом управления?
11. Поясните термин «управляемый объект».
12. Что понимают под внешним управляющим и задающим воздействиями?
13. Чем отличается автоматическая система управления от автоматической системы регулирования?
14. Каковы преимущества автоматической системы регулирования с замкнутым циклом воздействий в сравнении с автоматической системой регулирования с разомкнутым циклом воздействий?
15. Что такое обратная связь и какие виды обратных связей Вы знаете?
16. Перечислите и охарактеризуйте основные элементы автоматических систем регулирования.
17. Изложите принципы составления принципиальных и функциональных схем автоматических систем управления.
18. Каковы основные функции, выполняемые элементами автоматических систем?

Тема 3. Технические средства автоматизации

1. Дайте определение понятия «регуляторы».
2. Дайте классификацию автоматических регуляторов по функциональному назначению.

Введение в инженерную деятельность

3. Что такое микропроцессор?
4. Что такое логические элементы?
5. Из каких элементов состоят измерительные устройства?
6. Объясните назначение следующих элементов измерительных устройств: чувствительных элементов, задающих элементов, суммирующих элементов (сравнения), датчиков.
7. Что такое исполнительные механизмы?
8. Как классифицируются исполнительные механизмы по использованию видов энергии?
9. Что такое промышленные контроллеры?
10. Схемы автоматизации: назначение и применение
11. Применение технических средств в автоматизации

Тема 4. Современные системы управления

1. Как классифицируют современные системы управления?
2. Раскройте принцип семейства систем CNC
3. Охарактеризуйте признаки нового поколения систем
4. Что такое открытая архитектура систем управления?
5. Что такое модульная архитектура?
6. Что такое геометрическая задача управления?
7. Что такое логическая задача управления?
8. Что такое диагностическая задача управления?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Дьяченко В.Я. Автоматизация технологических процессов и производств. Введение в специальность. М., Академия, 2012
- 2 Кондратьев В.В. Инженерное образование, инженерная педагогика, инженерная деятельность / Л.И.Гурье, В.Г.Иванов, А.А.Кирсанов, В.В.Кондратьев // Высшее образование в России, – 2008. – №6 –С. 37-40.
- 3 Литвинов Б.В. Основы инженерной деятельности : курс лекций / Б. В. Литвинов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Машиностроение, 2005. - 288 с. : ил
- 4 Минаев И.Г. Программируемые логические контроллеры. Практическое руководство для начинающего инженера. /И.Г. Минаев, В.В. Самойленко - Ставрополь: АГРУС, 2009. - 100 с. ISBN 978-5-9596-0609-1
- 5 Минаев И.Г. Программируемые логические контроллеры в автоматизированных системах управления / И.Г. Минаев, В.М. Шарапов, В.В. Самойленко, Д.Г. Ушкур. 2-е изд., перераб. и доп. - Ставрополь: АГРУС, 2010. - 128 с. ISBN 978-5-9596-0670-1
- 6 Морозов В. В. История инженерной деятельности : Курс лекций / В. В. Морозов, В. И. Николаенко. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. - 336 с
- 7 Основы автоматизации и управления технологическими процессами в машиностроении: Уч. Пособ. для вузов по специальностям: "Автоматизация технологических процессов и производств", "Мехатроника", "Технология машиностроения", "Металлорежущие станки и инструменты" / , Уфим. гос. авиационный техн. ун-т ; Общ. ред. В. Ц. Зориктуев, Н. С. Буткин . – Уфа : УГАТУ, 2010 . – 406 с.
- 8 Пантелеев В. Н., Прошин В. М. Основы автоматизации производства. М. изд.: «Академия», 2011.- 192 с.

Введение в инженерную деятельность

9 Пятибратов Г.Я. Введение в специальность. Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов. Новочеркасск, ЮРГТУ, 2007

10 Рогов В. А. Средства автоматизации производственных систем машиностроения / В. А. Рогов, А.Д.Чудаков. — М.: Высш. шк., 2005. — 400 с.