

Кафедра Технологии машиностроения

А.А. Кулебякин

**УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ И ПРОЦЕССАМИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ**



Учебное пособие

ЯГТУ – 2008 г.

УДК 681.3

ББК

К ...

А. А. Кулебякин

К ... Управление системами и процессами в машиностроении :
учебное пособие. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2008. – 129 с.
ISBN

В учебном пособии представлено описание технических средств управления технологическими системами и процессами, основанное на системном подходе к процессу построения средств управления оборудованием. Рассмотрены способы реализации технологических систем ЧПУ, архитектура компьютерных систем технологического оборудования данного типа, нашедших отражение в таких разделах, как введение, гибкая производственная система, вспомогательное оборудование для комплексной автоматизации, программное управление технологическим оборудованием, компьютерное числовое программное управление объектами, приводы систем управления.

Предназначено для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

Ил. 85 . Табл. 1. Библиогр. 10.

УДК 681.3

ББК

Рецензенты: А. Н. Кренев, канд. техн. наук, доцент
кафедры «Радиофизика»

Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова;

А.М. Трофимов, канд. техн. наук, нач. КТО ППО ЗАО «Ярполимермаш-Татнефть».

ISBN

© Ярославский государственный технический университет, 2008 г.

Содержание

Введение.....	7
1. Гибкая производственная система.....	8
1.1. Основные параметры производственной системы.....	8
1.2. Структура производственной системы.....	9
1.3. Непрерывный и дискретный технологические процессы.....	10
1.4. Направления в развитии производственных систем.....	11
1.5. Гибкая производственная система.....	14
1.6. Управление гибкой производственной системой.....	21
1.7. Производственная система на базе станков с ЧПУ.....	25
2. Вспомогательное оборудование для комплексной автоматизации..	28
2.1. Типы стеллажных складских систем.....	29
2.2. Конвейерные транспортные системы.....	31
2.2.1. Ленточные конвейеры.....	33
2.2.2. Пластинчатые конвейеры.....	33
2.2.3. Скребковый конвейер.....	34
2.2.4. Ковшовые конвейеры.....	34
2.2.5. Подвесные конвейеры.....	35
2.2.6. Качающиеся конвейеры.....	35
2.2.7. Винтовые конвейеры.....	36
2.2.8. Шаговые конвейеры.....	37
2.2.9. Роликовые конвейеры (рольганги)	37
2.3. Пневмотранспортные установки.....	38
3. Программное управление технологическим оборудованием	39
3.1. Виды систем ЧПУ.....	39
3.2. Обработка детали.....	40
3.3. Структура программы.....	43
3.4. Функции переключения и дополнительные функции.....	46
3.5. Встроенные технологические циклы.....	46

3.6. Токарные и фрезерные циклы.....	48
3.7. СЧПУ «Электроника НЦ-31».....	49
3.8. Пульт оператора СЧПУ.....	51
3.9. Управление включением и выключением СЧПУ.....	54
4. Компьютерное числовое программное управление объектами	56
4.1. Основные принципы создания средств управления объектами ...	56
4.2. Варианты реализации средств управления	57
4.3. Передача и преобразование информации.....	60
4.4. Типы применяемых датчиков	63
4.4.1. Датчики перемещений.....	65
4.4.2. Потенциометрический датчик.....	67
4.4.3. Емкостные датчики.....	67
4.4.4. Индукционные датчики.....	68
4.4.5. Тензометрические датчики.....	68
4.5. Ввод информации в ЭВМ.....	69
4.6. Программируемые логические контроллеры (ПЛК).....	70
4.6.1. Структурная схема программируемого контроллера	72
4.6.2. Модуль ввода аналоговой информации.....	73
4.6.3. Модуль ввода - вывода дискретной информации.....	74
4.6.4. Управление объектом на базе программируемых контроллеров.....	75
4.7. Система мониторинга на базе ПЛК.....	76
4.7.1. Входы и выходы ПЛК.....	76
4.7.2. Система мониторинга на базе ПЛК.....	78
4.7.3. Основные характеристики контроллеров ПЛК 100 и ПЛК 150.....	80
4.7.4. Используемые средства автоматики	81
4.7.5. Устройства сопряжения с объектом.....	82
4.7.6. Преобразователь интерфейсов.....	83
4.7.7. Преобразователи частоты.....	83

4.8. Компьютерные устройства числового программного управления..	84
4.8.1. Устройство числового программного управления NC-110	85
4.8.2. Устройство числового программного управления NC-210.....	91
4.8.3. Особенности программного обеспечения.....	96
5. Приводы систем управления	98
5.1. Электрический привод систем управления.....	98
5.1.1 Электромеханический привод.....	98
5.1.2. Основные характеристики регулируемых ЭПР.....	100
5.1.3. Управляемый электрический привод	101
5.1.4. Шаговый электропривод.....	103
5.1.5. Тиристорный электропривод.....	104
5.2. Гидравлический привод.....	121
5.3. Пневматический привод.....	122
5.3.1. Схема пневматического привода.....	124
 Список литературы.....	 128

Перечень условных обозначений

АРЛ	– автоматическая роторная линия
АСУ	– автоматизированная система управления
АСУП	– автоматизированная система управления производством
АСУТП	– автоматизированная система управления технологическим процессом
АТНС	– автоматическая транспортно-накопительная система
АЦП	– аналого-цифровой преобразователь
ГПМ	– гибкий производственный модуль
ГПС	– гибкая производственная система
ЗУ	– запоминающее устройство
ИП	– измерительный преобразователь
ИУ	– исполнительное устройство
ЛВС	– локальная вычислительная сеть
МК	– микроконтроллер
ОУ	– объект управления
ПРК	– программируемый контроллер
РС	– рабочая станция
РТК	– робототехнологический комплекс
СВТ	– средства вычислительной техники
ТО	– технологическое оборудование
ТП	– технологический процесс
ТС	– технологическая система
УСО	– устройство сопряжения с объектом
ЦАП	– цифроаналоговый преобразователь
ШД	– шаговый двигатель
ЭВМ	– электронно-вычислительная машина
ЭМП	– электромеханический привод
ЭПР	– электропривод

Введение

В условиях машиностроительного производства современная технология обеспечивает возможность значительного повышения производительности труда и обеспечивает выпуск изделий высокого качества.

Такая технология основывается на применении автоматизированных и автоматических систем управления технологическими процессами и системами. По способу организации автоматизированные системы управления (АСУ) бывают разомкнутые, замкнутые и комбинированные.

Широкий спектр технологических операций может быть реализован посредством системы управления, эффективность которой определяется уровнем применяемых для этих целей средств вычислительной техники (СВТ).

Основные понятия:

Управление – это целенаправленное воздействие на объект или процесс, с целью достижения требуемого результата или обеспечения его работы по заданной программе. Устройство, агрегат, машину или технологический процесс, подлежащий управлению, называют **объектом**, а окружающие предметы, взаимодействующие с ним – **внешней средой**.

Механизация – совершенствование производственной системы, направленное на замену труда человека в производственном процессе работой механизмов, агрегатов, машин, систем машин и т.д.

Автоматизация – это совершенствование производственной системы, направленное на замену труда человека в управлении объектами и процессами машиностроительного производства работой ЭВМ, приборов и других устройств.

Характерной чертой современного подхода при изучении и построении объектов и процессов является представление последних как систем.

Целью курса являются: изучение основных законов и принципов управления системами и процессами машиностроительного производства; определение функций системы управления для решения геометрической, логической и терминальной задач управления; вопросы построения систем. **Предметом курса** являются автоматизированные системы управления процессами и системами машиностроительного производства.

1. ГИБКАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА

1.1. Основные параметры производственной системы

Одной из разновидностей систем является производство или производственная система. Понятие «система» часто употребляется в широком смысле, например, система управления, гибкая производственная система (ГПС), система знаний и т.д.

Система – это совокупность взаимосвязанных элементов, образующих единое целое по отношению к внешней среде. Производственная система – это система, которая объединяет предметы и средства труда, используя сырье, материалы, энергетические, информационные и людские ресурсы.

Основным элементом любой системы управления является **объект управления** (ОУ). В отношении производственных систем, объект управления – это оборудование для реализации технологического процесса и собственно технологический процесс. Техническими объектами управления являются:

- ◆ аппараты и станки;
- ◆ участки и цеха;
- ◆ производственные предприятия;
- ◆ предприятия, выпускающие однородную продукцию;
- ◆ отрасль.

Каждый объект, в зависимости от назначения, характеризуется его параметрами: входными и выходными величинами, т.е. материальным, энергетическим и информационными потоками на входах и выходах объекта, а также возмущающими воздействиями на объект, отклоняющими выходные величины от заданного значения.

Производственную систему представляют в виде схемы, представленной на рис.1.

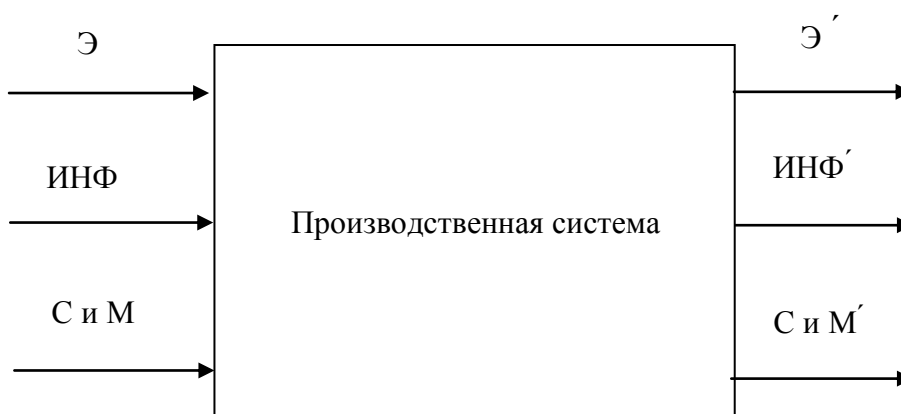


Рис. 1. Основные параметры производственной системы

Э – энергия, ИНФ - информация, С и М – сырье и материалы

1.2. Структура производственной системы

Производственную систему можно представить в виде иерархической структуры (рис. 2). **Структура** – это совокупность установившихся связей и отношений между элементами системы.

I-й уровень структуры – **технологический**. Он представляет собой набор или комплекс технологического оборудования, транспортных и складских систем.

II-й уровень – **управления**. На этом уровне осуществляется взаимосвязь отдельных видов технологического оборудования (ТО) в технологические системы (ТС).

III-й уровень – **производственный**, объединяющий отдельные участки и цеха.

IV-й уровень – **коммуникационный**, связующий производство с элементами внешней среды (предприятия поставщики, потребители, конкурентные предприятия и т. д.).

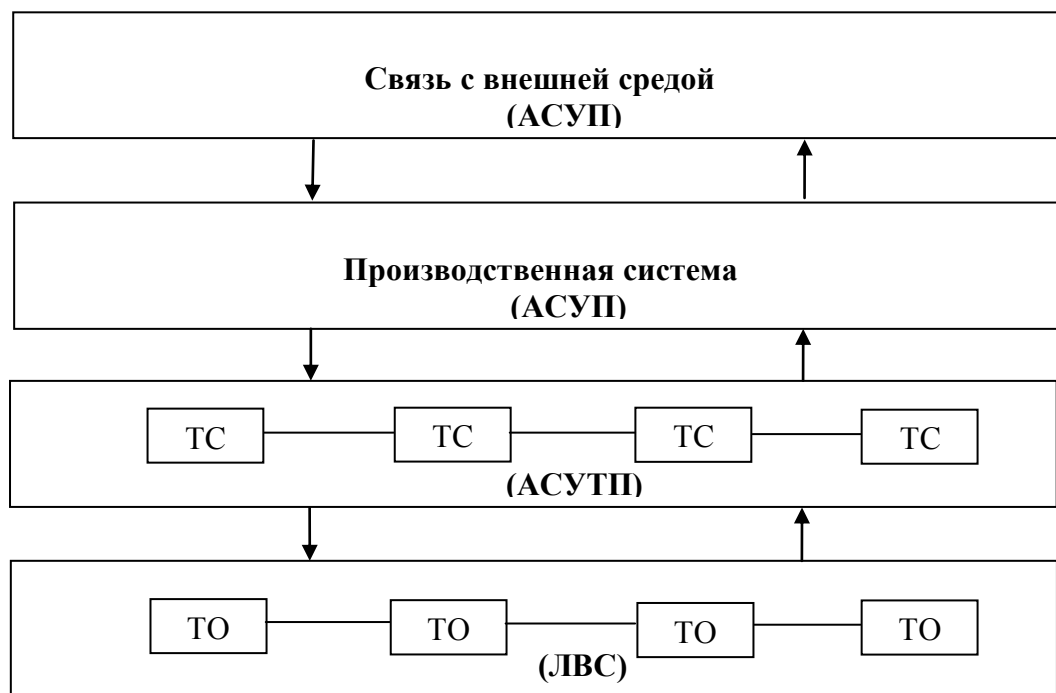


Рис. 2. Структура производственной системы

АСУП – автоматизированная система управления производством,
АСУТП - автоматизированная система управления
технологическим процессом, ЛВС – локальная вычислительная сеть

1.3. Непрерывный и дискретный технологические процессы

Основой любой производственной системы является технологический процесс.

Технологический процесс представляет собой определенное взаимодействие орудий и предметов труда, обслуживающей и транспортной систем, в результате чего выпускаются изделия требуемого качества.

Различают два вида технологических процессов: непрерывные и дискретные. Непрерывным называют такой технологический процесс, в котором переработка сырья, материалов и выпуск продукции осуществляется непрерывным способом. Остановки такого технологического процесса могут привести к авариям или крупным убыткам.

Дискретным называется технологический процесс, реализация которого осуществляется по схеме «загрузка – переработка – выгрузка». Выпуск изделий в таких процессах осуществляется в виде отдельных единиц, либо отдельными партиями. Общим недостатком можно считать необходимость выполнения холостого хода, для возврата оборудования в исходное состояние. Такие процессы составляют основу машиностроительных производств, производства шин и резинотехнических изделий.

На основе технологических процессов такого типа могут быть построены три вида систем: непрерывные, дискретные и комбинированные.

1.4. Направления в развитии производственных систем

Организация рабочей среды. Развитие производственных систем связано с организацией рабочей среды или с адаптацией к внешней среде (рис.3).

Автоматическая роторная линия (АРЛ) представляет собой систему, состоящую из **технологических и транспортных роторов**, устройств загрузки и выгрузки. Главным признаком системы, определяющим взаимосвязи элементов системы, является производительность. На каждом из технологических роторов выполняется одна технологическая операция. Инструмент при этом, жестко связан с исполнительными механизмами. Отличительными особенностями автоматической роторной линии является ее компактность и высокая производительность.

Автоматическая роторно-конвейерная линия (АРКЛ) построена по принципу, аналогичному автоматической роторной линии, однако в этом случае инструмент не связан жестко с исполнительным механизмом, а закреплен на отдельном цепном конвейере. Это позволяет использовать **один ротор** для различных технологических операций. Такие устройства удобно использовать в массовом производстве, поскольку их переналадка не требует больших затрат.



Рис. 3. Основные направления в развитии производственных систем

АРЛ – автоматическая роторная линия, АРКЛ – автоматическая роторно-конвейерная линия, ГПС – гибкая производственная система, ВС – внешняя среда

Примером адаптации производственной системы к внешней среде является гибкая производственная система (ГПС). Такие системы способны оперативно реагировать на изменяющийся спрос, обусловленный взаимодействием внешней среды и производства.

Функционирование ГПС основано на обработке информации, которая обеспечивает оперативную переналадку всей системы.

Адаптация к внешней среде. Эффективность производственной системы зависит от степени адаптации производственной системы к внешней среде, что заключается в обеспечении оптимального соотношения самонастройки и самообучения системы. Самонастраивающиеся системы должны обеспечивать необходимое качество процессов регулирования при изменении свойств объекта регулирования, автоматического регулятора и внешней среды.

Математическое описание объекта (производственной системы) в общем виде можно представить в виде системы уравнений:

$$\begin{aligned} F_{1,j} &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ F_{2,j} &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ &\vdots \\ F_m, j &= f_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned}, \quad (1)$$

Где $x_1, x_2, \dots, x_n$ – параметры системы; n – число неизвестных; m – число уравнений.

Самоорганизующиеся системы представляют собой набор элементов, первоначально связанных между собой произвольным образом. При оптимальном соотношении способности системы к самонастройке и самообучению наступает этап максимальной способности системы к изменениям внешней среды. Дальнейшее самообучение приводит к повышению жесткости системы, когда число уравнений близко к числу неизвестных. При $m = n$ наступает критическое состояние системы. Чтобы исключить такую ситуацию, имеются следующие варианты:

- ◆ оперативное снятие определенного числа наложенных связей;
- ◆ увеличение числа степеней свободы;
- ◆ объединение с другой системой.

Оптимальное соотношение самонастройки и самообучения наблюдается при $m = \frac{n}{2}$.

На рис. 4 представлена структурная схема адаптивного управления объектом.

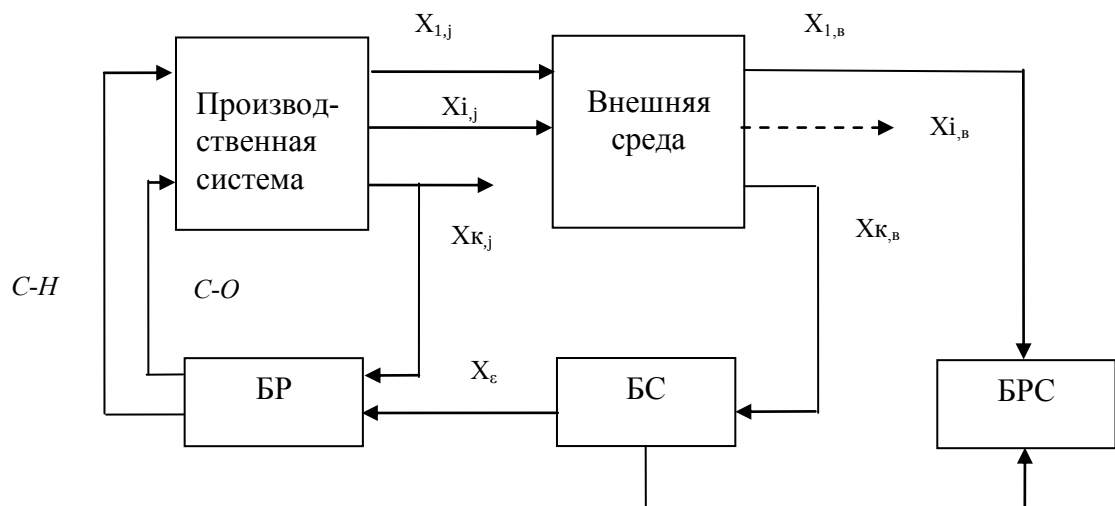


Рис. 4. Структурная схема адаптивного управления объектом

БР – блок регулирования, БС – блок сравнения, БРС – блок регистрации событий, *C-H* – самонастройка системы, *C-O* – самоорганизация системы

1.5. Гибкая производственная система

Основы организации ГПС

Гибкая производственная система – совокупность в разных сочетаниях технологического оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени. Она обладает свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры.

По организационной структуре ГПС имеют следующие уровни:

- ◆ гибкая автоматизированная линия (ГАЛ);
- ◆ гибкий автоматизированный участок (ГАУ) или гибкий производственный комплекс (ГПК);
- ◆ гибкий автоматизированный цех (ГАЦ).

Гибкая автоматизированная линия – это гибкая производственная система, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

Гибкий автоматизированный участок – это гибкая производственная система, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования. Обе эти системы (ГАЛ и ГАУ) могут содержать отдельно функционирующие единицы технологического оборудования.

Предусмотрены также гибкие производственные комплексы (ГПК), представляющие собой гибкую производственную систему, состоящую из нескольких гибких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления и автоматизированной транспортно-складской системой, автономно функционирующую в течение заданного интервала времени и имеющую возможность встраивания в систему более высокой ступени автоматизации.

Гибкий автоматизированный цех – это гибкая автоматизированная система, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических линий, гибких автоматизированных участков, роботизированных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры.

В соответствии с ГОСТ 26228-90 ГПС состоит из отдельных составных частей. Гибкий производственный модуль (ГПМ) – единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, и имеющая возможность встраивания в гибкую производственную систему.

В общем случае средства автоматизации ГПМ представляют собой накопители, спутники, устройства загрузки и выгрузки, устройства удаления отходов, устройства автоматизированного контроля, включая диагностирование, устройства переналадки и т.д. Частным случаем ГПМ является роботизированный технологический комплекс (РТК) при условии возможности его встраивания в систему более высокого уровня.

Средства обеспечения функционирования ГПС – совокупность взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управление гибкой производственной системой и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки.

В ГПС входят также автоматизированная система управления производством (АСУП), автоматизированная транспортно-складская система (АТСС), автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО), система автоматизированного контроля (САК), автоматизированная система удаления отходов (АСУО) и т.д.

Принципы построения ГПС

В своем законченном идеальном виде ГПС являются высшей, наиболее развитой формой автоматизации производственного процесса.

Можно сформулировать основные принципы организации ГПС.

1) Принцип совмещения высокой производительности и универсальности предполагает на данном уровне развития электронного машиностроения создание универсальности и автоматизации в программно-управляемом и программно-перенастраиваемом оборудовании. Гибкие производственные системы, сравнимые по производительности с автоматическими линиями, а по гибкости – с универсальным оборудованием, открывают огромные возможности для интенсификации производства. Например, автоматизация трансформаторного производства в электрон-

ной промышленности осложнена большим конструктивно-технологическим разнообразием его продукции. Именно это потребовало создания систем с гибко перестраиваемой технологией.

2) Принцип модульности ГПС основан на применении гибких производственных модулей. Например, типовые модули ГПС разработаны для основных видов производств изделий электронной техники.

3) Принцип иерархичности ГПС предусматривает построение многоуровневой структуры. На самом нижнем уровне находятся гибкие автоматизированные модули, на высших уровнях – гибкие автоматизированные линии, участки, цехи, предприятия в целом. Модульность и иерархичность позволяют разрабатывать ГПС для самого высокого организационно-структурного уровня.

4) Принцип преимущественной программной надстройки. Оборудование ГПС, как основное, так и вспомогательное, при смене изделий перенастраивается путем ввода новых управляющих программ модулей. Перенастройка модулей вручную допустима в минимальных объемах и только в случаях очевидной экономической неэффективности реализации программной перенастройки.

5) Принцип обеспечения максимальной предметной замкнутости производства на возможно более низком уровне структуры. ГПС позволяет свести к минимуму затраты на транспорт и манипулирование. Одновременно достигается снижение количества операций при общем повышении гибкости ГПС.

6) Принцип совместимости технологических, программных, информационных, конструкционных, энергетических и эксплуатационных элементов. Технологическая совместимость обеспечивает технологическое единство и взаимозаменяемость компонентов автоматизированного произ-

водства. Она предопределяет необходимость выполнения определенных требований к изделию, технологии и технологическому оборудованию.

Изделие должно быть максимально технологично с точки зрения возможности автоматизации его производства. Например, для распознавания, ориентации и позиционирования деталей при автоматической сборке необходимо предусматривать в них специальные отличительные признаки: реперные знаки, характерные отличительные внешние формы и др. Кроме того, изделия должны обладать высокой степенью конструкционного и технологического подобия, необходимого для организации группового производства.

Достигается это требование унификацией технологии производства изделий и их полуфабрикатов, конструкций деталей, комплектующих и изделий в целом.

В свою очередь, все компоненты ГПС: приспособления, оснастка, автоматические устройства загрузки-выгрузки, оборудование, – должны в наивысшей степени удовлетворять требованиям гибкой автоматизации.

Информационная совместимость подсистем ГПС обеспечивает их оптимальное взаимодействие при выполнении заданных функций. Для ее достижения вводятся в действие стандартные блоки связи с ЭВМ, выдерживается строгая регламентация входных и выходных параметров модулей на всех иерархических уровнях системы, входных и выходных сигналов для управляющих воздействий.

В условиях постоянного повышения стоимости программного обеспечения больших систем, во все больших пропорциях превышающей стоимость технических средств, особенно важное значение приобретает внутри- и межуровневая программная совместимость оборудования.

Конструкционная совместимость обеспечивает единство и согласованность геометрических параметров, эстетических и эргономических ха-

рактик. Она достигается созданием единой конструкционной базы для функционально подобных модулей всех уровней при условии обязательной согласованности конструкций низших иерархических уровней с конструкциями высших уровней.

Эксплуатационная совместимость обеспечивает согласованность характеристик, определяющих условия работы оборудования, его долговечность, ремонтпригодность, надежность и метрологических характеристик, а также соответствие требованиям электронно-вакуумной гигиены, технологического микроклимата и т.д.

Энергетическая совместимость обеспечивает согласованность потребляемых энергетических средств: воды, электроэнергии, сжатого воздуха, жидких газов, вакуума и т.д. При комплектовании ГПС необходимо стремиться к минимальному количеству разновидностей применяемых видов энергии.

Выбору объекта для создания ГПС предшествует анализ производственного процесса на данном предприятии с целью определения соответствия его организационно-технологической структуры принципам группового производства, т.е. определения степени готовности предприятия к созданию ГПС.

Автоматизация технологических операций в гибкой производственной системе

Работа гибкой производственной системы основана на использовании CAD/CAM технологий (конструкторской и технологической подготовки производства) и соответствующих автоматизированных систем управления:

- 1) Автоматизация получения знаний о конструкторской подготовке производства. Это направление получило название АСУ – САПР.

2) Автоматизация технологических процессов. Это направление получило название АСУ – ТП.

Автоматизированные системы конструкторской и технологической подготовки производства предусматривают активное участие человека-оператора в управлении производством.

Гибкость производственной системы заключается в оперативной подготовке новой технологической программы и ее функционировании при изменении условий производства. Описание такой программы включает в себя: параметры заготовки, инструмента, вспомогательных приспособлений и т.д.

Применение ГПС позволяет автоматизировать следующие операции:

- 1) планирования;
- 2) конструкторско-технологической подготовки производства;
- 3) обработки информации и управления;
- 4) диспетчеризации;
- 5) операций загрузки и выгрузки;
- 6) транспортно-накопительные;
- 7) контроля качества изделий.

Таким образом, совершенствование ГПС производится в следующих направлениях:

- ◆ подготовки производства;
- ◆ переналадки оборудования;
- ◆ загрузки-выгрузки;
- ◆ в организации циклов обработки;
- ◆ в совершенствовании методов контроля, диагностики и измерений.

В состав ГПС входит оборудование с ЧПУ, робототехнологические комплексы (РТК), автоматизированная транспортно-накопительная систе-

ма, автоматизированная система обработки информации, информационно-измерительная система, и т. д.

1.6. Управление гибкой производственной системой

ГПС, которая состоит из ряда гибких производственных модулей (ГПМ) различных подразделений и служб предприятия, объединяет автоматизированная транспортно-накопительная система и управляется автоматизированной системой управления предприятия (рис.5).

АСУП – автоматизированная система управления производством – система, посредством которой осуществляется взаимосвязь конструкторско-технологической подготовки производства с основным и вспомогательным технологическим оборудованием; осуществляется контроль за качеством выпускаемых изделий, состоянием, оборудования, инструмента и средств контроля.

СМИ – система маркетинговых исследований.

АСР/ТЭП – автоматизированная система расчета технико-экономических показателей.

АСИ – автоматизированный склад инструментов. Склад должен быть сформирован таким образом, чтобы обеспечить выполнение производственной программы с учетом функциональных возможностей оборудования и надежности инструмента.

АСЗ – автоматизированный склад заготовок, является элементом складского хозяйства, обеспечивающим непрерывную работу основного оборудования в течение необходимого времени.

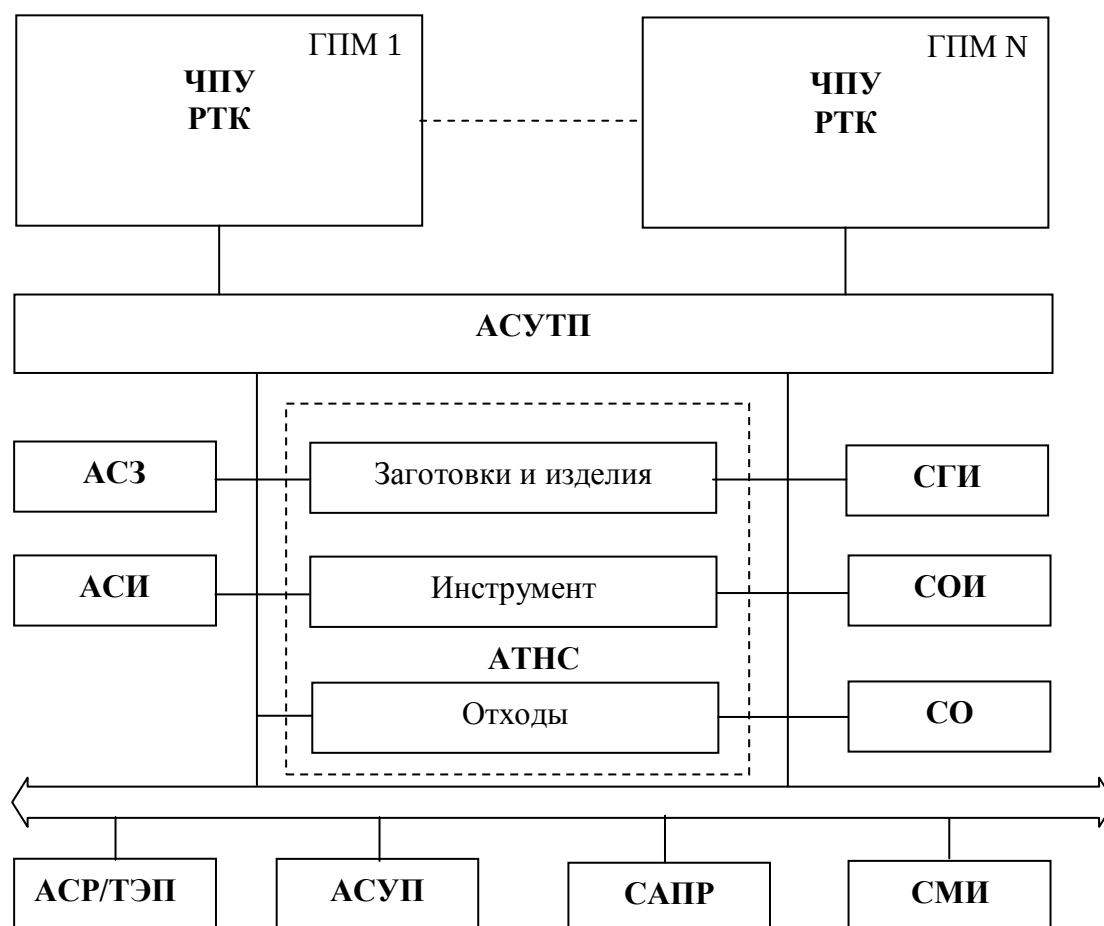


Рис. 5. Управление ГПС

ГПМ – гибкий производственный модуль, РТК – робототехнологический комплекс, АСУТП - автоматизированная система управления технологическим процессом, АСУП – автоматизированная система управления производством, АТНС - автоматизированная транспортно-накопительная система, СГИ – склад готовых изделий, СОИ – склад отработанного инструмента, СО – склад отходов, АСР/ТЭП – автоматизированная система расчета технико-экономических показателей, АСИ – автоматизированный склад инструментов, АСЗ – автоматизированный склад заготовок, САПР – система автоматизированного проектирования, СМИ – система маркетинговых исследований

Для обеспечения гибкости технологического процесса необходимо:

- ◆ реализовать автоматическое управление всеми элементами производственной системы;

- ◆ применять системы контроля и диагностики оборудования и инструмента;
- ◆ предусмотреть непрерывный контроль качества изготавливаемой продукции.

Как уже отмечалось, основными компонентами ГПС являются: гибкий производственный модуль (ГПМ), автоматические складская и транспортная системы (АСС и АТС) и система автоматизированного управления.

Гибкий производственный модуль должен выполнять в автоматическом режиме следующие функции:

- ◆ переналадку на изготовление другого изделия;
- ◆ установку изделий, подлежащих обработке в технологическом оборудовании, и выгрузку готовых изделий;
- ◆ очистку установок от отходов производства;
- ◆ контроль правильности базирования и установки обрабатываемого изделия;
- ◆ контроль рабочих сред и средств, осуществляющих обработку, а также формирование корректирующих воздействий по результатам контроля;
- ◆ замену средств обработки и рабочих сред;
- ◆ контроль параметров, обрабатываемого изделия и формирование корректирующих воздействий по результатам контроля;
- ◆ автоматическое управление технологическим процессом на основе принятых критериев эффективности;
- ◆ связь с верхним уровнем управления с целью обмена информацией и приема управляющих воздействий;
- ◆ диагностику технического состояния и поиск неисправностей.

Применение автоматической складской системы в ГПС необходимо для хранения запаса объектов обработки, инструмента, приспособлений, материалов в связи с тем, что при многономенклатурном производстве невозможно организовать обработку различных партий деталей в едином ритме, подобно автоматическим линиям с жестким циклом. Автоматическая складская система используется в качестве организующего звена, информационная модель которого может применяться для планирования работы ГПС, так как сменно-суточное задание рассчитывается на основании информации о наличии предметов и средств обработки на складе. Она должна иметь достаточную емкость для обеспечения непрерывности многосменного технологического цикла при рациональном использовании площадей и объемов производственных помещений, обеспечить сохранность обрабатывающих устройств и готовых изделий в заданном ориентировочном положении при операциях приема, хранения и выдачи, а также учет комплектности склада и выдачу информации об этом на верхний уровень управления.

Автоматическая транспортная система, входящая в ГПС, обеспечивает получение и возврат из АСС изделий (полуфабрикатов, материалов, комплектующих изделий, инструмента, технологической оснастки и др.), перемещение их в заданном направлении с заданной скоростью, перекладку с одних транспортных средств на другие, установку на приемные устройства с заданной точностью, транспортировку изготовленных изделий на склад готовой продукции и т.д. Эта система должна удовлетворять требованиям ГПМ, сохранять ориентацию перевезенного груза, осуществлять связь с верхним уровнем управления.

В состав АТНС входят основное транспортное оборудование, основу которого составляют накопительно-ориентирующие устройства.

В зависимости от условий производства в ГПС применяются транспортные средства трех видов: напольные роботы – электророботы, подвесные транспортные роботы и конвейерные системы.

В системах управления ГПС применяется большое количество вычислительных машин, выполняющих функции сбора, хранения, передачи, обработки и выдачи информации. Для координации работы элементов ГПС используется многоуровневая система.

К первому уровню относятся устройства управления промышленным роботом с программным управлением. Ко второму уровню относится система управления гибким производственным модулем (ГПМ).

Конкретные задачи, которые роботы решают в настоящее время на промышленных предприятиях можно разделить на три основных категории: манипуляции заготовками и изделиями; обработка с помощью различных инструментов; сборка.

1.7. Производственная система на базе станков с ЧПУ

Станки с ЧПУ выполняют операции обработки деталей по заданной программе.

В функции оператора при этом входит:

- загрузка инструмента, загрузка заготовки;
- выгрузка готовых изделий;
- контроль состояния оборудования и готовых изделий;
- мониторинг рабочего места.

Появление **производственной системы на базе станков с ЧПУ** (рис.6) обусловлено рядом условий.

1) Создание микропроцессорных средств управления.

Большинство современных программируемых контроллеров построены по одному стандарту (унифицированы) и имеют примерно одинаковую аппаратно-программную реализацию (архитектуру). Такое единообразие

позволяет существенно сократить временные затраты на создание управляющих программ и создает предпосылки для формирования пакетов прикладных программ.

2) Появление сменных спутников.

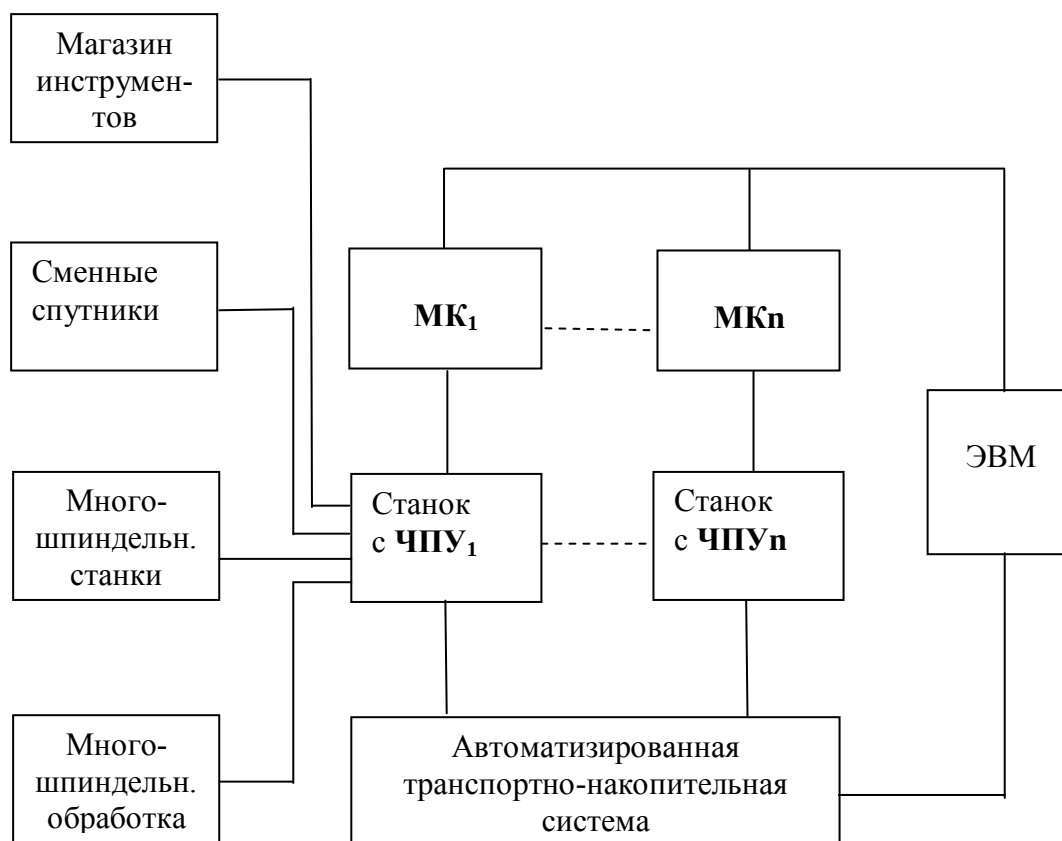


Рис. 6. Производственная система на базе станков с ЧПУ

МК – микроконтроллер, ЭВМ – электронно-вычислительная машина

Это позволяет значительно уменьшить время загрузочно-разгрузочных операций. Однако при этом возникает необходимость внедрения специальных кодирующих устройств для идентификации изделий, а также – необходимость в автоматизации операций контроля.

3) Объединение нескольких станков в группы.

Это повышает требования к уровню средств вычислительной техники (СВТ) с одной стороны, но с другой стороны позволяет исключить ручной труд из основного технологического процесса. Объединение оборудования выполняется при помощи автоматической транспортно-накопительной системы (АТНС).

4) Применение многошпиндельных станков.

Это направление связано с сокращением времени простоя для смены инструмента.

5) Внедрение многошпиндельной обработки.

В дополнение ко всем преимуществам, это позволило существенно повысить производительность оборудования. Способ объединения нескольких станков в группу на базе ЭВМ представлен на рис. 7.

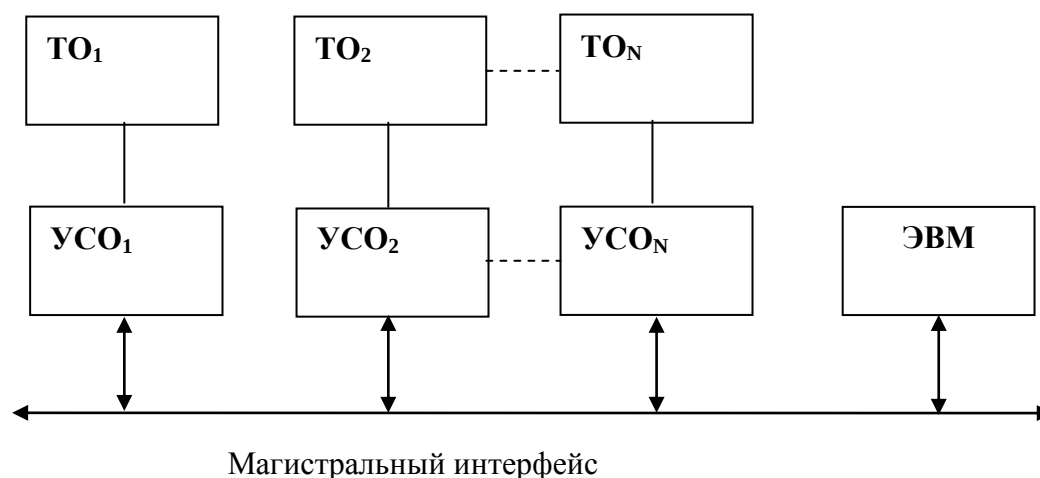


Рис. 7. Объединение нескольких станков в группу

ТО – технологическое оборудование, УСО – устройство сопряжения с объектом

2. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Различают два типа складских систем: **стеллажные и конвейерные** (рис. 8). Изделия, находящиеся на складе, не подвергаются внешним воздействиям, не изменяют свой размер, состав и форму. В процессе производства оказалось удобным совмещать операции складирования и операции контроля.

Для хранения исходного сырья, заготовок и материалов, готовых изделий, применяются стеллажные склады. При этом в зависимости от размеров, формы изделий, для их хранения могут использоваться специальные поддоны, магазины или емкости.



Рис. 8. Классификация автоматизированных складских систем

В поддонах хранят корпусные детали больших габаритов и масс; ма-
газины предназначены для хранения деталей в определенном положении;
хранение мелких деталей осуществляется в емкостях.

Для создания операционных заделов используются конвейерные
склады.

2.1. Типы стеллажных складских систем

а) **Одноярусные** (рис. 9). (Ярус – горизонтальное расположение
предметов в один ряд). Такие склады применяют при наличии небольших
производственных помещений, они удобны, обычно обладают низкой
производительностью, поскольку прием и выдача грузов осуществляется,
как правило, одним устройством. Одноярусные склады имеют ограничен-
ную вместимость и применяются для участков с небольшой программой
выпуска изделий.

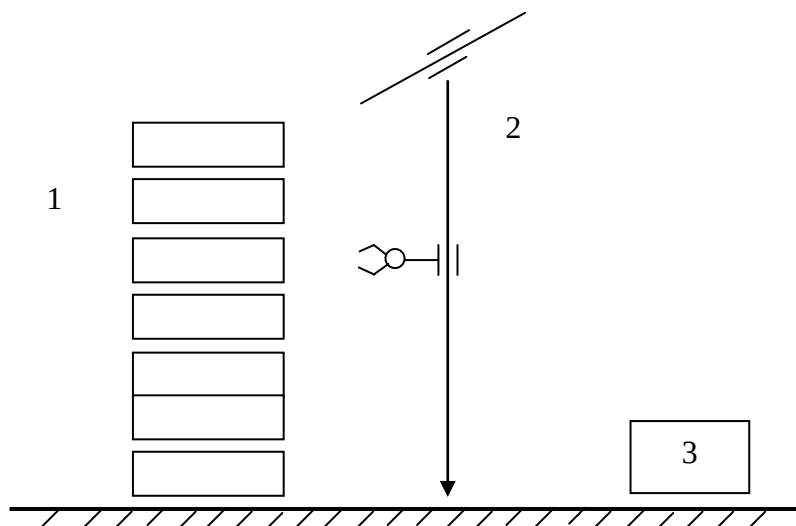


Рис. 9. Одноярусный стеллажный склад

1 – стеллаж, 2 – кран-штабелер, 3 – накопитель

б) **Многоярусные**. Вместимость таких складов (рис. 10) рассчитана
на большую программу выпуска изделий. Склад имеет высокую произво-

дительность благодаря наличию нескольких роботов-штабелеров, удобен для автоматизации складских операций, но занимает большую площадь.

в) **Гравитационные.** В складах такого типа изделия перемещаются от места загрузки к месту выгрузки под воздействием силы тяжести (рис. 11). Они имеют большую удельную вместимость, однако являются сложными в управлении.

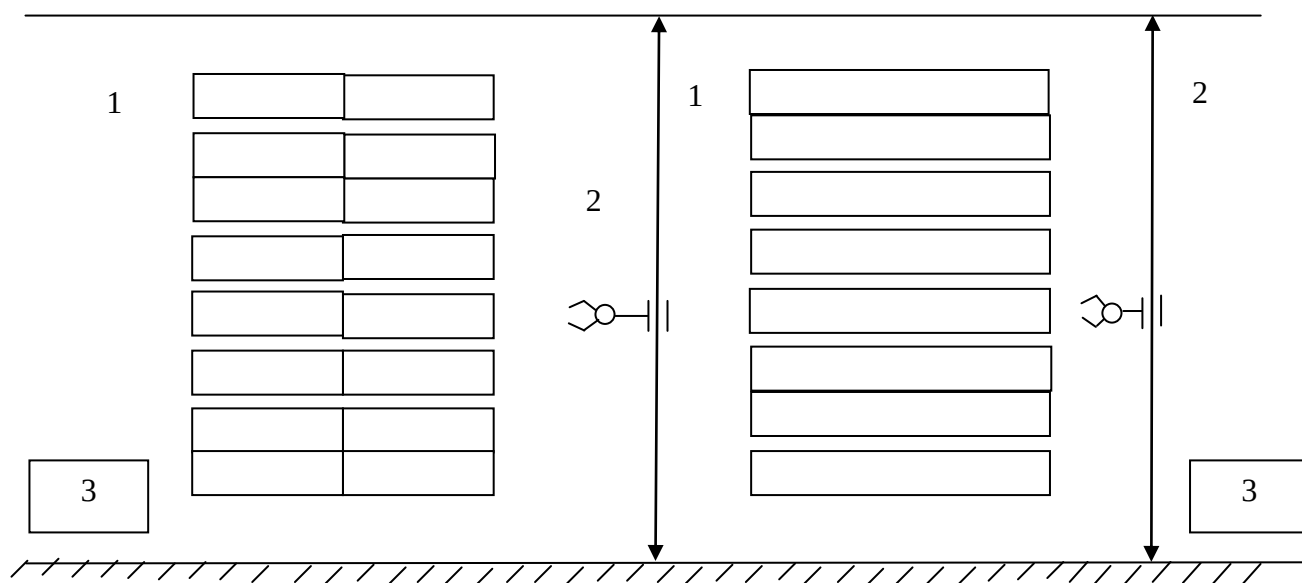


Рис. 10. Многоярусный стеллажный склад

1 – стеллаж, 2 – кран-штабелер, 3 – накопитель

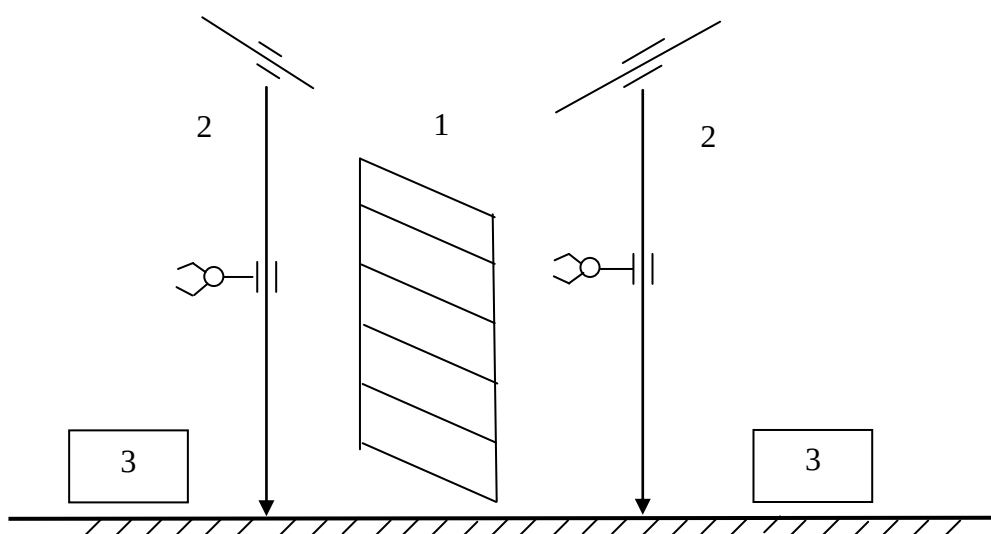


Рис. 11. Гравитационный стеллажный склад

1 – стеллаж, 2 – кран-штабелер, 3 – накопитель

2.2. Конвейерные транспортные системы

По направлению движения и виду трассы различают транспортирующие устройства с линейной (рис. 12), горизонтально-замкнутой (рис. 13) и пространственной схемой (рис. 14).

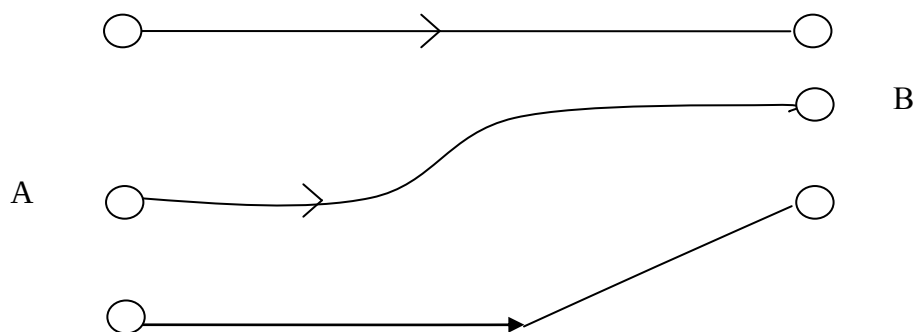


Рис. 12. Линейная схема

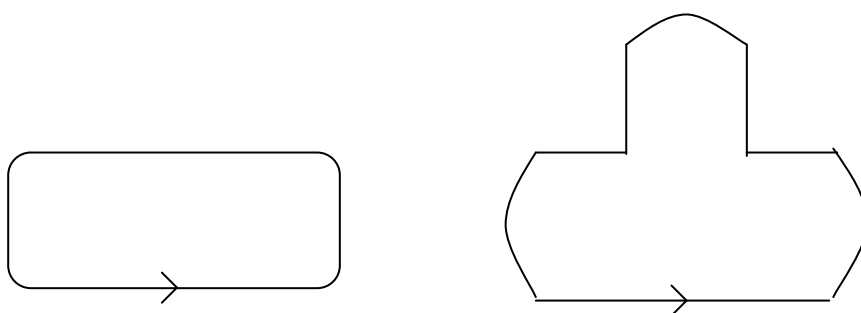


Рис. 13. Горизонтально-замкнутая схема

Транспортирующие устройства относятся к вспомогательному оборудованию и осуществляют связь между основными элементами ТП. Наличие этих устройств позволяет решать задачи оптимальной производительности комплекса в целом.

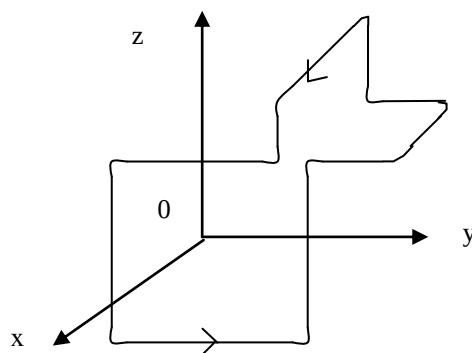


Рис. 14. Пространственная схема

Пространственная схема является продолжением замкнутой схемы, грузовые потоки, в данном случае, находятся в трех разных плоскостях пространственной системы координат.

В настоящее время известны два вида транспортирующих устройств: колесный и конвейерный. Наличие колесного транспорта на предприятии считается признаком нерациональной организационной архитектуры. Применение конвейерных транспортирующих средств считается более эффективным способом перемещения грузов.

Основным элементом в этих устройствах является конвейерная лента, которая может быть выполнена в виде резинокордной полосы, либо полосы металла. Двигаясь по направляющим роликам, она перемещает изделие с помощью электропривода. Транспортирование объектов может совмещаться с основными технологическими операциями. В ряде случаев транспортирующие устройства могут иметь сложную пространственную конфигурацию.

2.2.1. Ленточные конвейеры

На рисунке 15 приведены схемы ленточных конвейеров с разной траекторией перемещения грузов.

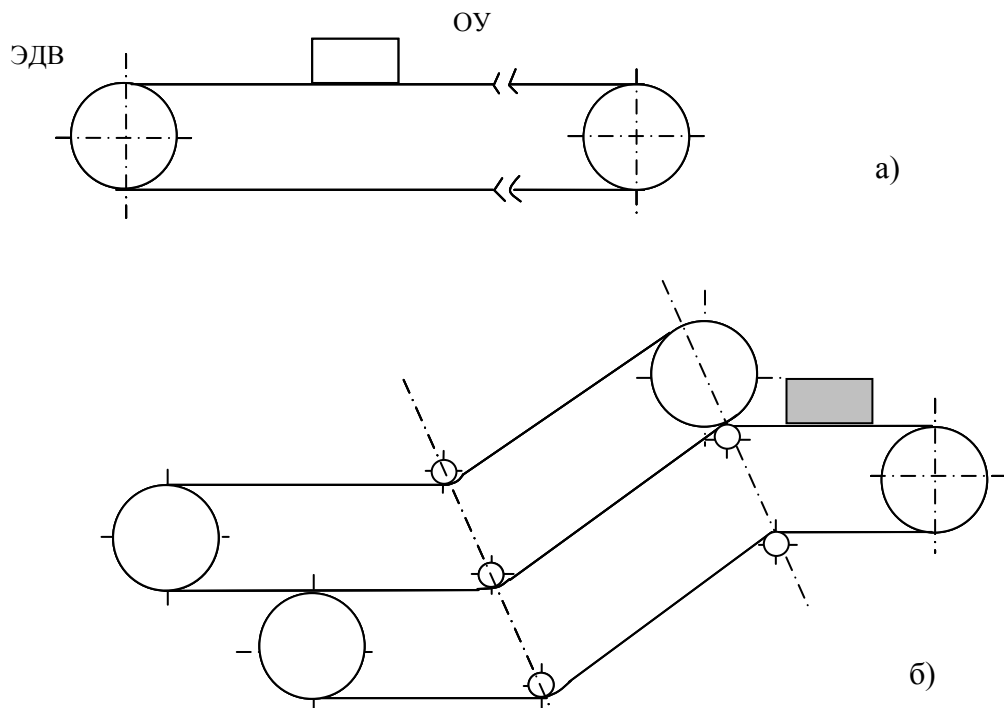


Рис. 15. Ленточные конвейеры

а) – с линейной траекторией перемещения грузов,

в) – со сложной траекторией перемещения грузов.

ЭДВ – электродвигатель, ОУ – объект управления (перемещения)

2.2.2. Пластинчатые конвейеры

Основным тяговым элементом является цепь, на которой установлены пластины (рис.16). Транспортируемый объект помещается на пластины. (Применяется для штучных грузов).

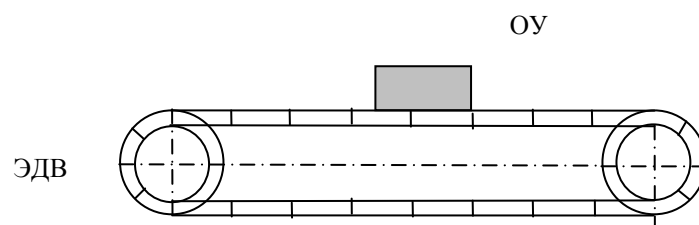


Рис. 16. Пластинчатые конвейеры

ЭДВ – электродвигатель, ОУ – объект управления (перемещения)

2.2.3. Скребковый конвейер

Устройства нашли применение для перемещения сыпучих материалов (рис. 17). К числу недостатков конвейера такого типа можно отнести изнашиваемость скребков и негерметичность системы транспортирования пылящих материалов.

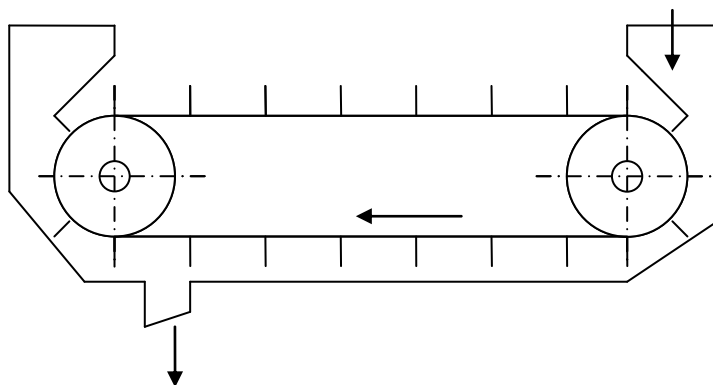


Рис. 17. Скребковый конвейер

2.2.4. Ковшовые конвейеры

Грузовой поток перемещается в специальных ковшах (рис.18). Устройства предназначены для транспортирования сыпучих или жидких материалов. Их недостатком является сложность системы контроля количества вещества в ковшах (требуются специальные устройства).

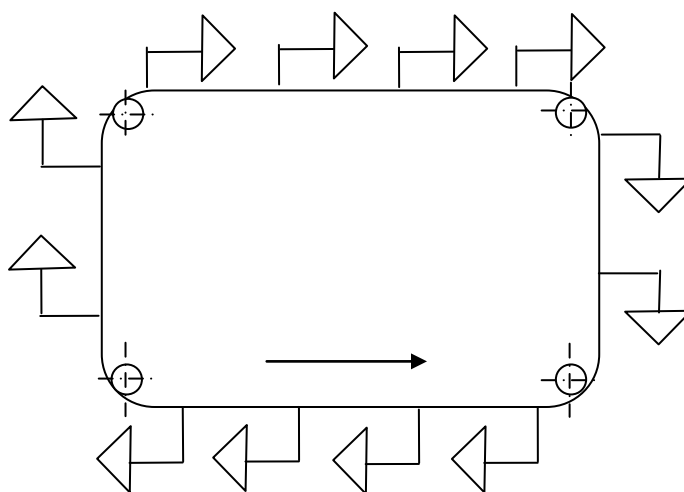


Рис. 18. Ковшовый конвейер

2.2.5. Подвесные конвейеры

Конвейеры предназначены для перемещения штучных и сыпучих материалов. Тяговым элементом является цепь. В качестве рабочего элемента используются тележки, платформы или крюки.

2.2.6. Качающиеся конвейеры

Таким конвейером можно считать виброконвейер, использующий инерционные свойства материалов (рис. 19). Подбором амплитуды и частоты вибраций обеспечивается движение транспортируемого материала под углом 20° . Недостатком являются трудности при осуществлении контроля за количеством перемещаемого материала.

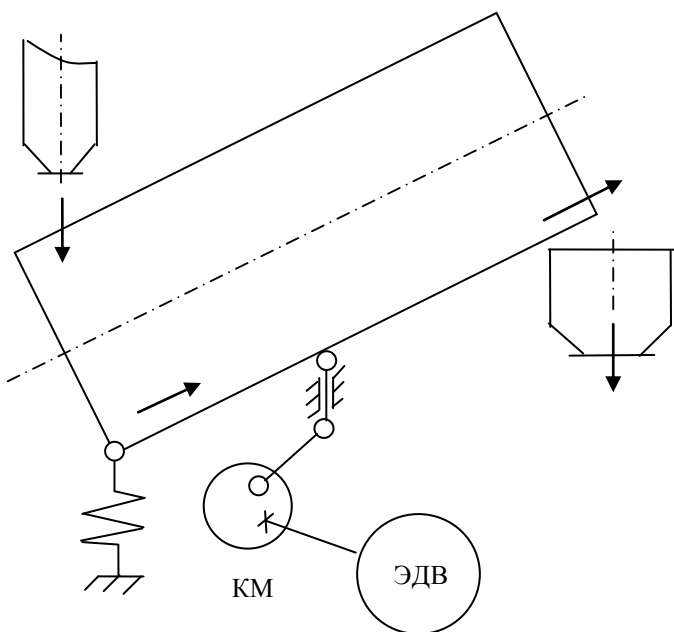


Рис. 19. Качающийся конвейер

ЭДВ – электродвигатель, КМ – кулачковый механизм

2.2.7. Винтовые конвейеры

Их основу составляет винт, при вращении которого обеспечивается транспортирование сыпучих материалов между винтом и стенками корпуса (рис. 20). Такого рода устройства позволяют обеспечить изоляцию

транспортируемого материала от окружающей среды и обеспечивают защиту внешней среды от пыли.

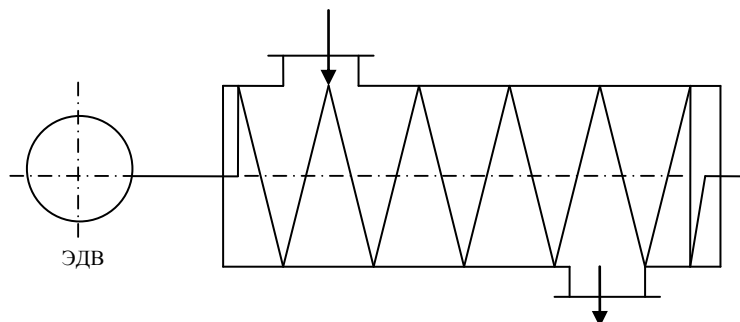


Рис. 20. Винтовой конвейер

ЭДВ – электродвигатель

2.2.8. Шаговые конвейеры

Они нашли применение для транспортирования штучных грузов, а также мелких деталей в контейнерах (рис. 21). В конвейере используется привод с возвратно-поступательным движением. Подпружиненные рабочие элементы на холостом ходу убираются внутрь, а во время рабочего хода захватывают перемещаемые объекты. Скорость транспортирования определяется частотой возвратно-поступательного движения.

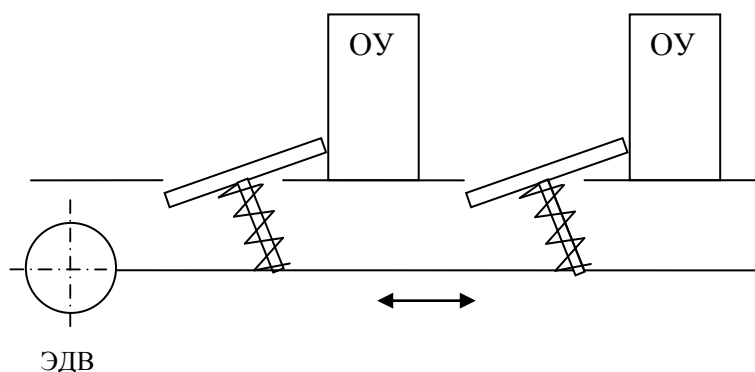


Рис. 21. Шаговый конвейер

ЭДВ – электродвигатель, ОУ – объект управления (перемещения)

2.2.9. Роликовые конвейеры (рольганги)

Различают два вида роликовых конвейеров (рис. 22) – приводные и не приводные. Первый тип снабжен электроприводом, который обеспечивает принудительное вращение роликов. Такие устройства могут быть использованы для горизонтального и наклонного перемещения грузов. Не приводные конвейеры в качестве движущей силы используют силу тяжести грузов.

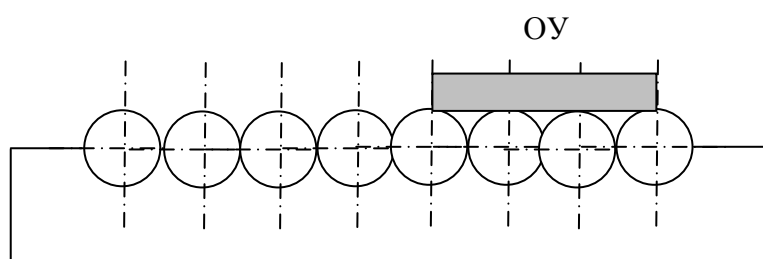


Рис. 22. Роликовый конвейер

ОУ – объект управления

2.3. Пневмотранспортные установки

В качестве рабочей среды для перемещения материалов используется сжатый воздух. Установка герметична и считается экологически чистой. Установки находят применение для транспортирования сыпучих материалов по сложной пространственной трассе.

3. ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

3.1. Виды систем ЧПУ

Под управлением оборудованием понимают совокупность воздействий на его механизмы, обеспечивающих выполнение технологического цикла обработки. Система управления является устройством или совокупностью устройств, реализующих эти воздействия.

Числовое программное управление (ЧПУ) – это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Процесс управления технологическим оборудованием с пульта оператора устройства числового программного управления (УЧПУ) представлен на рис. 23.



Рис. 23. Управление станком с ЧПУ

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают так называемые оперативные системы ЧПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа (УП) готовится независимо от места обработки детали.

Причем, независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав системы ЧПУ данного станка, либо – вне ее.

По технологическому назначению и функциональным возможностям системы ЧПУ подразделяют на четыре группы:

- ◆ позиционные, в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов, после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла;
- ◆ контурные или непрерывные, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;
- ◆ многоконтурные системы, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов оборудования;
- ◆ универсальные, осуществляющие программирование перемещений при позиционировании, и программирование движения исполнительных органов по траектории, а также программирование смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок.

3.2. Обработка детали

Для получения поверхности обрабатываемой заготовки с параметрами, заданными чертежом детали, движения инструмента и заготовки должны быть согласованы между собой. На станках с ЧПУ (так же, как и

на обычных металлорежущих станках) снятие припуска (в виде стружки) осуществляется:

- ◆ перемещением инструмента относительно заготовки;
- ◆ перемещением заготовки относительно инструмента;
- ◆ одновременным движением инструмента и заготовки.

Станок с программным управлением имеет механизмы, осуществляющие эти два основных движения: **главное движение и движение подачи**.

Движение, определяющее скорость резания V , называют главным движением, а движение, скорость которого определяет величину подачи, – движением подачи S .

Главное движение может быть вращательным (например, в токарных, фрезерных, расточных, сверлильных станках) и возвратно-поступательным (например, в строгальных, долбежных станках).

В каждом станке реализуются **вспомогательные** движения:

- ◆ транспортирование и закрепление заготовки;
- ◆ подвод и отвод инструмента;
- ◆ изменение величины подачи и т. д.

Если основные движения в станках с программным управлением автоматизированы, то вспомогательные можно осуществлять как автоматически, так и вручную.

Информацию для обработки заготовки на станке УЧПУ получает из УП, которая содержит два вида информации – геометрическую и технологическую.

Геометрическая информация содержит координаты опорных точек траектории движения инструмента. К геометрической информации, определяемой из чертежа детали, относятся:

- ◆ координаты центров отверстий;
- ◆ радиусы дуг окружностей контура;

- ◆ координаты центров этих окружностей;
- ◆ координаты опорных точек;
- ◆ элементы траектории и др.

Технологическая информация содержит данные о скорости, о величине подачи, номере режущего инструмента, и т. д.

Для начала работы по обработке деталей, необходимо заранее выбрать инструменты, которые будут использоваться для обработки детали. Оператор должен расположить выбранные инструменты в барабане и запомнить их адреса, т. к. в дальнейшем, при создании программы, он будет обращаться к данным инструментам по их адресам в барабане. В любом из станков с ЧПУ имеется барабан с инструментами (рис. 24).



Рис. 24. Расположение инструментов в станке с ЧПУ

Ручная подготовка управляющей программы состоит из следующих этапов.

1) Изучение технологом чертежа детали в целях получения геометрической информации и разработки технических условий на исходную заготовку с учетом минимального съема стружки при обработке.

2) Разработка маршрутной технологии обработки, представляемой в виде последовательности операций с выбором режущих и вспомогательных инструментов, станочных приспособлений.

3) Разработка технологом-программистом операционного технологического процесса с определением схемы закрепления заготовки, с расчетом (или выбором) режимов резания, с построением траекторий движения режущих инструментов, с указанием места входа и выхода инструмента и позиции исполнительного органа станка для смены инструмента.

4) Расчет координат опорных точек траекторий движения режущих инструментов.

5) Составление расчетно-технологической карты.

6) Разработка карты наладки станка.

7) Кодирование информации.

8) Запись информации на программноноситель.

9) Контроль УП и ее коррекция.

3.3. Структура программы

Программа – упорядоченная последовательность информации, состоящая из кадров (текстовых строк).

Начало программы и название программы

Каждая программа должна начинаться словом «**Начало программы**» (символ «%»), после которого ставится имя программы и символ «**Конец кадра**».

Имя программы не должно быть длиннее 80 символов. Далее следуют кадры со своими номерами.

Имя программы и подпрограммы

Для системных подпрограмм зарезервированы цифровые однозначные имена программ от «0» до «9». Для пользовательских подпрограмм и

циклов зарезервированы цифровые двухзначные имена программ от «00» до «99».

Конец программы

Программа должна заканчиваться словом **M2** («Конец программы») или **M30** («Конец информации») после которого ставится строка с символом «%».

Набор символов

Устройство управления (УУ) считывает каждый символ, записанный на носителе. Для формирования команд в управляющей программе можно использовать только определенные символы.

Буквы адресов: **D,E,F,G,I,K,L,M,N, P,S,T,U,W,X,Z.**

Цифры: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.**

Печатаемые специальные: **% . + - * # = < >**

Непечатаемые специальные символы: **SP** – пробел, **CR** – возврат каретки, **LF** – перевод строки.

Структура слова

Слово состоит из буквы адреса и последовательности цифр, с предшествующим знаком или без него.

Примеры:

- ◆ **X.23**
- ◆ **Z -123.4**
- ◆ **M 2**

При записи слов с использованием десятичного знака могут быть опущены незначащие нули, стоящие до и (или) после знака:

Примеры:

- ◆ запись **X.003** означает размер 0.003 мм по оси X;
- ◆ запись **X1030** – размер 1030.000 мм по оси X.

Размер, представленный одними нулями, может быть записан одним нулем. Запрещается использовать знак "+" для обозначения положительного числа.

Структура кадра

Кадр – последовательность слов, образующих информацию для одной рабочей операции и располагающихся в одной текстовой строке, оканчивающейся символами **CR, LF** («конец кадра»).

Длина кадра не должна превышать **80** символов. За исключением слова **N**, слова в кадре могут располагаться в произвольном порядке. Слово **N** должно быть первым в кадре. При повторении слова с одним адресом в одном кадре будет использовано последнее встреченное слово. Допускается использовать несколько слов с адресами **G** и **M**, как описано ниже.

Любое слово может быть пропущено, если оно не обязательно в кадре. Ведущие нули во всех словах разрешается опускать. Завершающие нули и точку в адресах с фиксированной точкой разрешается опускать.

Слово «**Номер кадра**» является обязательным в кадре. При отсутствии слова «**Номер кадра**» кадр не может быть использован для поиска кадра. В последовательности номеров кадров могут иметь место любые переходы и последовательность номеров. Каждый кадр должен заканчиваться символом «**Конец кадра**» (**CR, LF**).

3.4. Функции переключения и дополнительные функции

T - слово команды инструмента

Команда инструмента определяет необходимый для участка обработки инструмент (**номер инструмента**) и включает смещения и коррекции инструмента, заданные оператором при привязке инструмента. При этом коррекция на радиус инструмента будет включена или не включена в зависимости от действующей функции **G40/41/42**.

Механическая смена инструмента выполняется командой **M6**, поэтому программирование слова **TnnM6** (за исключением **T0**) необходимо выполнять с осторожностью, в безопасной позиции, чтобы не повлечь за собой повреждение детали или станка.

При задании **Tnn**, без указания **M6**, механическая смена инструмента не производится, но вступают в силу новые корректоры на длину и радиус инструмента.

При выборе нулевого инструмента командой **T0** вступают в силу нулевые значения смещений и коррекции радиуса (**dXs=0, dZs=0, R=0**), и все перемещения производятся в координатной системе станка.

3.5. Встроенные технологические циклы

К встроенным технологическим циклам относятся циклы:

G31,

G70-G75,

G77 и G78.

Тексты циклов хранятся в системной подпрограмме с именем **1**.

Не следует путать встроенные технологические циклы, которые выполняются один раз, когда они указаны командой **G**, и постоянные циклы (**G81-G89**), которые выполняются в конце каждого кадра с перемещением, до отмены командой **G80**.

G4 - пауза

G4X...

Время задержки указывается в адресе **X**. Допустимые значения задержки от 0,001 секунды до 99999,999 секунд. Задание паузы необходимо при свободном резании, при смене числа оборотов. **G4** действует в кадре.

G9 - снижение скорости

При помощи функции **G9** можно точно подвести инструмент к заданной позиции в конце кадра с перемещением. Скорость подачи при этом

снижается до нуля. В кадрах, содержащих функцию **G0**, функцию **G9** записывать не следует, так как **G0** уже содержит **G9**. **G9** действует в кадре.

G90/91 - программирование в исходных размерах и размерах с приращением

Все значения **X** и **U** действуют по диаметру.

Ввод в исходных размерах G90

При вводе **X** и **Z** в исходных размерах (называют также ввод в абсолютных размерах) все вводы размеров относятся к **установленной нулевой точке** обрабатываемой детали. Ввод в исходных размерах позволяет осуществлять простой вход в программу и выход из неё. Ввод в исходных размерах облегчает также коррекцию программы в области геометрии.

Ввод в размерах с приращением G91

При размере с приращением запрограммированный размер по **X** и **Z** соответствует пути, по которому происходит перемещение. Числовое значение информации пути указывает, на какое расстояние должно произойти перемещение для достижения конечной позиции. Размер с приращением применяют преимущественно для подпрограмм, вызов которых должен осуществляться в любых местах рабочей зоны станка.

3.6. Токарные и фрезерные циклы

а) Токарные циклы:

1) Однопроходные постоянные циклы:

- **G77** – однопроходный цикл продольного точения;
- **G78** – однопроходный цикл нарезания резьбы;
- **G79** – однопроходный цикл поперечного точения.

2) Многопроходные постоянные циклы:

- **G70** – чистовой замкнутый цикл;
- **G71** – многопроходный черновой продольный замкнутый цикл;
- **G72** – многопроходный черновой поперечный замкнутый цикл;

- **G73** – многопроходный черновой копировальный цикл;
- **G74** – многопроходный цикл расточки торцовых канавок;
- **G75** – многопроходный цикл расточки цилиндрических канавок;
- **G76** – многопроходный цикл расточки резьбы;
- **G171** – глубокое сверление;
- **G172** – глубокое точение.

б) Фрезерные циклы:

Постоянные циклы сверления и расточки:

- **G80** – отмена постоянного цикла **G81-G86**;
- **G180** – игнорировать последующий постоянный цикл **G81-G88**;
- **G98/G99** – возврат из постоянного цикла;
- **G81** - сверление с выводом инструмента на быстром ходу;
- **G82** – растачивание (сверление) с паузой перед выводом;
- **G83** – сверление с периодическим выводом инструмента;
- **G183** – сверление с периодическим отскоком инструмента;
- **G84** – нарезание резьбы с отводом на рабочей подаче и реверсе;
- **G85** – растачивание с отводом на рабочей подаче без реверса;
- **G86** – растачивание с быстрым отводом и остановом шпинделя.

3.7. СЧПУ «Электроника НЦ-31»

СЧПУ состоит из трех основных частей, это – боковая стойка пульта оператора (рис. 25), панель включения станка (рис. 26) и панель программирования станка (рис. 27).

Станки с программным управлением **по виду управления** подразделяют на станки с системами **циклового** программного управления (**ЦПУ**) и на станки с системами **числового** программного управления (**ЧПУ**).

Система числового программного управления (**СЧПУ**) – это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для осуществления ЧПУ станками.



Рис. 25. Пульт оператора СЧПУ «Электроника НЦ - 31»



Рис. 26. Панель включения

Устройство ЧПУ (**УЧПУ**) – это часть СЧПУ, осуществляющая прием информации и выдачу управляющих воздействий по заданной программе.



Рис. 27. Панель программирования

3.8. Пульт оператора СЧПУ

На рисунке 28 представлен пульт оператора СЧПУ – «Электроника НЦ-31».

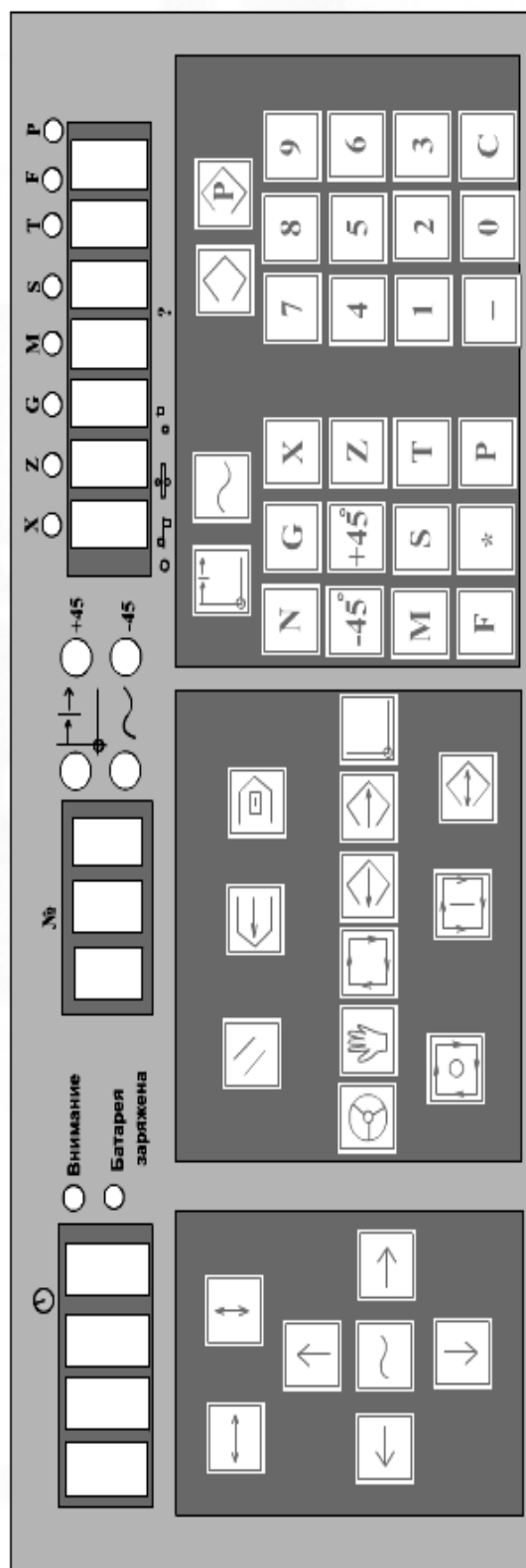


Рис. 28. Пульт оператора СЧПУ

Обозначение функциональных клавиш показано на рис. 29.



Рис. 29. Обозначение функциональных клавиш

Контрольное задание: определить назначение клавиш и индикаторов пульта оператора, показанных на рис. 30-32.



Рис. 30. Назначение клавиш пульта оператора



Рис. 31. Назначение клавиш пульта оператора



Рис. 32. Назначение клавиш пульта оператора

3.9. Управление включением и выключением СЧПУ

Включение станка в ручном режиме.

Для включения станка ЧПУ в ручном режиме необходимо проделать следующие шаги:

1. Включить рубильник
2. Нажать кнопку включения привода станка
3. Погасить мигающую кнопку пуск

4. Нажать 

5. Включить привод машины
(через 5-7 секунд раздастся звуковой сигнал)
Станок готов к работе.



Выключение станка

Для выключения станка необходимо проделать следующие операции

1.Нажать кнопку 

2.Выключить гидравлику и привод (обязательно)

3.Выключить стойку

4.Выключить рубильник

Внимание нажатие красной кнопки при включенной машине и приводе приводит к сбою инструмента по привязке



Включение станка в автоматическом режиме

Для включения станка в автоматическом режиме необходимо проделать следующие операции:

1.Включить рубильник

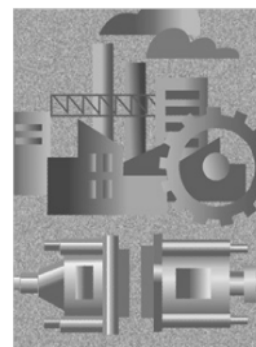
2.Нажать кнопку включения привода станка

3.Нажать  (выбор автоматического режима)

4.Нажать кнопку  (переход в покадровый режим)

5.Погасить мигающую кнопку  пуск

6.Включить привод машины
(через 5-7 секунд раздастся звуковой сигнал)



4. КОМПЬЮТЕРНОЕ ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ

Система управления включает в себя основное и вспомогательное технологическое оборудование и средства для реализации функций управления. Устройство управления представляет собой аппаратно-программный комплекс, управляющий объектом по заданной программе и выполненный на современной элементной базе.

Построение средств управления объектом производится в соответствии с алгоритмом работы объекта управления и в соответствии с ходом выполнения технологического процесса.

4.1. Основные принципы создания средств управления объектами

Созданию АСУ предшествует комплексная механизация соответствующего участка или цеха в целом. Эта задача может быть решена путем внедрения соответствующих транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских систем.

Следует различать **два направления** в создании средств управления производством:

- 1) Построение комплексной АСУ для вновь проектируемого производства.

- 2) Модернизация существующего производства.

В первом случае следует учитывать конкретную специфику и возможности производства и, с учетом этого, формировать систему управления. АСУ должна быть построена в соответствии с технико-экономическим обоснованием проекта.

Во втором случае проектирование средств управления осуществляется для всего предприятия, с учетом всех внутренних и внешних взаимосвязей системы. В исходном проекте предполагается иерархическая

структура системы управления, охватывающая отдельные участки, цеха, производства и внешние связи предприятия.

Поэтому, при создании АСУ рекомендуется соблюдать следующие **принципы**:

1) Производственная необходимость.

Соответствующую схему необходимо внедрять только на тех участках, где существует производственная необходимость, и которая имеет экономическое обоснование.

2) Своевременность внедрения.

Создание соответствующей системы должно быть подготовлено, а ее внедрение реализовано в момент, когда система может дать наибольшую отдачу.

3) Комплексный подход.

Всякое решение по созданию системы управления должно быть рассмотрено с позиций взаимодействия внедряемой системы с другими системами.

4) Новизна внедряемой техники.

Оборудование, применяемое в АСУ должно отвечать требованиям производства и быть рассчитанным на перспективное использование. При этом не рекомендуется использовать морально устаревшее оборудование или оборудование с устаревшей элементной базой.

5) Достижимость конечных результатов.

При создании АСУ должны быть сформулированы критерии, имеющие численное выражение, а их значения должны быть реально достижимыми.

4.2. Варианты реализации средств управления

Сквозное проектирование средств управления на основе использования современных САПР (CAD, CAM – систем конструкторской и техно-

логической подготовки производства) позволяет существенно повысить эффективность проектирования. В зависимости от применяемой элементной базы, системы управления подразделяются на системы, выполненные на однородных средах и выполненные на базе цифровых интегрирующих структур.

Структура и конфигурация технических средств управления должна соответствовать структуре и конфигурации механической подсистемы объекта управления. Открытая архитектура средств управления должна обеспечивать гибкость в распределении средств управления, которые могут быть с сосредоточенными и распределенными параметрами.

После появления микропроцессорных средств их развитие определялось классом задач, для которых они использовались. Таким образом, реализовались три направления в применении микропроцессорных средств.

Варианты реализации средств управления объектом с применением средств вычислительной техники (СВТ):

- вариант 1 – управляющие ЭВМ;
- вариант 2 – программируемые логические контроллеры (ПЛК);
- вариант 3 – автоматические регуляторы (АР).

При построении средств управления с применением средств вычислительной техники выполняют следующие **этапы**:

- Построение структурной схемы средств управления, составляющих основу системы управления.
- Построение математической модели средств управления.
- Построение временных диаграмм.
- Построение функциональных и принципиальных схем управления.

Автоматические регуляторы с применением микропроцессорных средств предназначены для управления непрерывными технологическими процессами. Наиболее массовое распространение получили ПИД-

регуляторы, которые реализуют один или несколько контуров регулирования.

Термином «**программируемый логический контроллер**» (ПЛК) обозначают специализированное микропроцессорное устройство со встроенным аппаратным и программным обеспечением, которое используется для выполнения функций управления технологическим оборудованием.

До появления ПЛК широко применялись релейные схемы автоматизации. До сих пор это определяет жесткость и цикличность выполнения программы и своеобразие языка программирования – языка «релейно-контактных схем» или «алгебры логики».

ЭВМ или компьютеры в настоящее время стали наиболее распространенным и многообразным классом микропроцессорных систем. С появлением ПК применение компьютеров для целей управления технологическими устройствами приобрело массовый характер.

Среди компьютерных систем управления появляются пакеты программирования, позволяющие разрабатывать алгоритмы для работы РС-совместимой техники на стандартных для **ПЛК** языках, например **Entity Studio**.

И, наоборот, среди классических серий контроллеров появляются процессорные модули со встроенной операционной системой Windows, и соответственно, с возможностями программирования средствами **Visual Studio**, с использованием таких стандартных для компьютерных систем интерфейсов, как **DDE** и **OPC** внутри **контроллера**.

При создании средств управления большое значение имеют вопросы, связанные с усовершенствованием устройств сопряжения с объектом (УСО), вопросы передачи и преобразования аналоговых и цифровых сигналов (рис. 33).

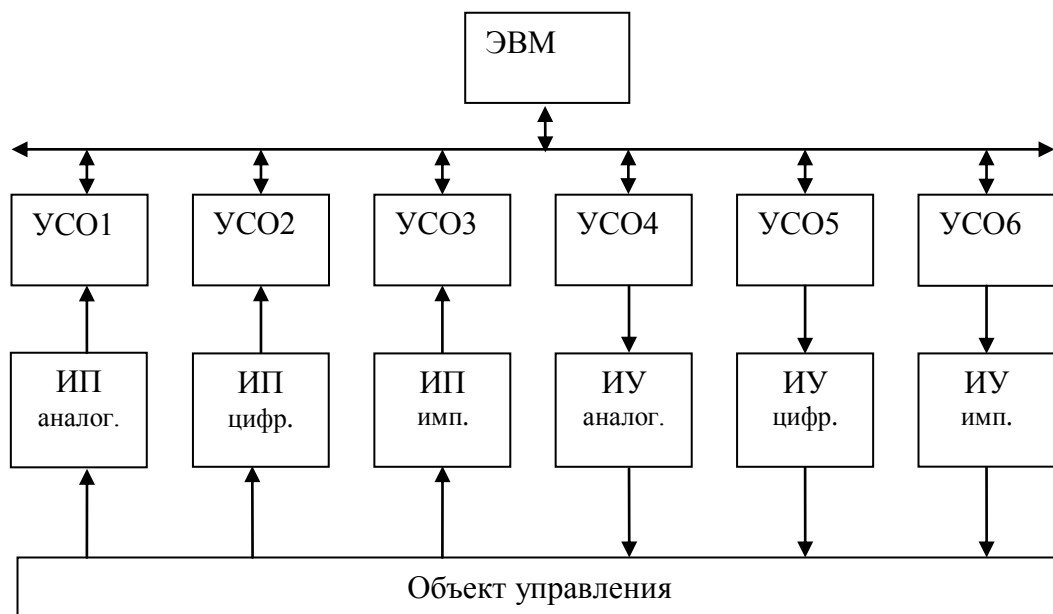


Рис. 33. Система управления объектом на базе ЭВМ

ЭВМ – электронно-вычислительная машина, УСО – устройство сопряжения с объектом, ИУ – исполнительное устройство, ИП – измерительный преобразователь

В зависимости от назначения, средства управления выполняют следующие функции:

- 1) Связь с ЭВМ верхнего уровня.
- 2) Сбор и обработку информации о состоянии, режимах работы, параметрах, пуске и останове системы управления и т.д.
- 3) Реализацию функций управления.

4.3. Передача и преобразование информации

Информация от датчиков передается в АСУ при помощи непрерывных и дискретных сигналов – аналоговых, импульсных и цифровых.

Для реализации процедуры передачи сигнала на расстояние, используют следующие виды преобразования сигналов: квантование (рис. 34), модуляцию и демодуляцию, кодирование.

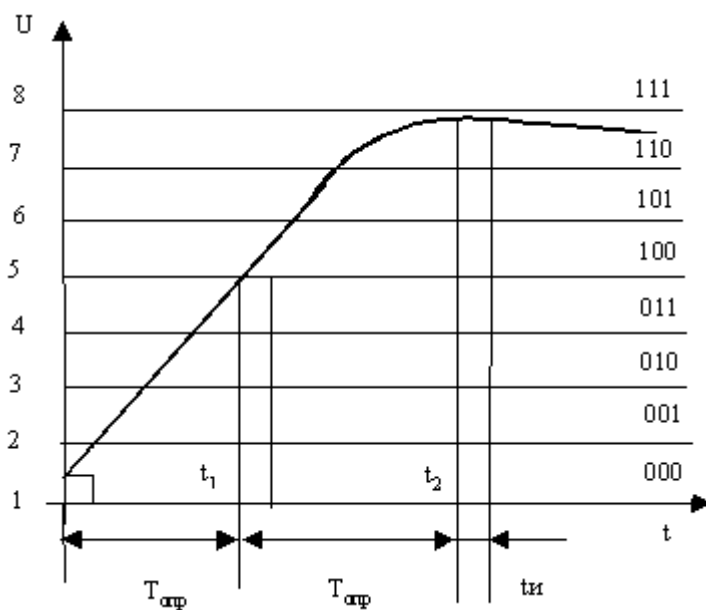


Рис. 34. Квантование аналогового сигнала

Структура устройств сопряжения с объектом

Устройства сопряжения с объектом – специальный класс периферийных устройств, обеспечивающий возможность подключения средств управления к силовым элементам и датчикам. УСО осуществляет двустороннюю связь, используя интерфейс различного типа для ввода и вывода информации.

Устройства сопряжения с объектом бывают аналогового, цифрового и импульсного типа, в зависимости от способа преобразования информации.

Существуют различные способы квантования аналогового сигнала (см. рис. 34). Шаг квантования – расстояние между уровнями квантования. Число уровней может быть различным, так же как и разрядность кода. Качество преобразования сигналов определяется абсолютной и относительной погрешностью квантования.

Качество преобразования сигналов или относительная погрешность квантования, $\Delta = 2^{-n}$, определяется числом уровней квантования сигнала 2^n , где n – разрядность кода (например, 8, 10, 16). При этом существенное значение имеет время между опросами уровня сигнала $T_{\text{опр}}$.

Например, 8-разрядному коду квантования соответствует число уровней, равное 256. При числе уровней квантования 2^8 , относительная погрешность квантования $\Delta = 0,004$.

Аналогово-цифровые преобразователи (АЦП) реализуют на интегральных микросхемах (ИМС), например, К572ПВ1, К1113ПВ1.

Квантование непрерывного сигнала бывает по уровню и по времени. Квантование по уровню осуществляется тогда, когда результаты измерений (от датчика) представляются в виде чисел. Квантование по времени – в случаях подключения различных датчиков к одному и тому же устройству передачи сигнала (мультиплексору).

Примером цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) являются ИМС серий К594ПА1, К572ПА2, К1108ПА1 и т. д.

Различают три типа конфигурации технических средств аналогового ввода-вывода:

- ◆ одноканальная – с АЦП в цепи каждого датчика;
- ◆ многоканальная – с АЦП, работающим в режиме мультиплексирования сигналов от датчиков;
- ◆ комбинированная.

Датчики давления, температуры резания обычно вырабатывают непрерывный сигнал. Дискретный сигнал поступает в АСУ от фотодатчика. От индуктивного датчика индекса поступает импульсный сигнал. Вне зависимости от способа передачи, сигналы должны обеспечивать однозначность представления сообщений и устойчивость к искажениям.

Модуляция – изменение во времени одного или нескольких параметров сигнала. Применяется для нескольких параметров сигнала. Применяются амплитудная и частотная модуляции.

Кодирование – отображение состояния одной системы с помощью другой. Цель этого процесса – хранение, передача и обработка информа-

ции, находящейся в дискретных сообщениях. Кодирование применяется для представления информации в виде, удобном для обработки в ЭВМ.

Использование процедур квантования, модуляции и кодирования позволяет повысить надежность передачи информации и обеспечить рациональное использование в системах связи.

4.4. Типы применяемых датчиков

Выбор информационной подсистемы (ИПС) электронно-механической системы (ЭМС) производят в соответствии с ее функциональным назначением и характером решаемой задачи. Например, для восприятия внешней среды, для контроля состояния оборудования, для обеспечения техники безопасности, для контроля наличия объекта, контроля координат перемещаемого объекта, для определения физических параметров объектов. Средства сбора информации в ЭМС могут включать в себя локационную систему, тактильную систему, систему усилий и моментов и систему технического зрения (СТЗ) в наиболее совершенных мехатронных системах.

По **принципу** действия датчики подразделяются на следующие виды:

- ◆ аналоговые и цифровые;
- ◆ потенциометрические, импульсные и кодовые;
- ◆ индуктивные, емкостные, датчики Холла и ультразвуковые.

По **назначению** применяются датчики следующих типов:

- ◆ самонаведения (лазерные, ультразвуковые);
- ◆ тактильные;
- ◆ усилий (тензорезисторы, пьезоэлектрические, магнитоупругие, силомоментные).

Устройства для **контроля скоростей и ускорений** подразделяют на группы:

- ◆ для поступательного движения;
- ◆ для вращательного движения.

Основные характеристики датчиков: чувствительность, разрешающая способность, статические и динамические характеристики.

Положительными свойствами датчиков являются линейность статических характеристик, стабильность характеристик во времени и взаимозаменяемость.

Системы технического зрения:

1) В модулях визуального контроля ЭМС применяют телевизионные, фотоматричные, на приборах с зарядовой связью (ПЗС), лазерные и другие системы технического зрения.

2) Существуют обзорно поисковые СТЗ для получения информации о препятствиях.

3) Специальные СТЗ (радиационные, тепловые, радиоволновые).

4) СТЗ, основанные на других физических принципах – электрические, тепловизионные, акустические, магнитно-резонансные).

Примером СТЗ является радиационный компьютерный томограф, основанный на принципе томографии: послойном сканировании объекта коллимированным рентгеновским пучком.

В системах технического зрения применяют и видеокамеры, основным элементом которых является видикон. Видиконы бывают с магнитным и электростатическим преобразованием луча.

В настоящее время в СТЗ широко применяются приборы с зарядовой связью (ПЗС). ПЗС находят применение в производстве ИМС, в аналогово-цифровых преобразователях, в запоминающих устройствах. СТЗ на базе ПЗС обладают матричной структурой чувствительного поля, что обеспечивает высокую плотность элементов, дискретизацию изображения, высокую информативность, быстроедействие и малые габариты.

Положительные характеристики: низкий уровень входных шумов, высокая линейность фотоэлектрического преобразования, малое энергопотребление, высокая устойчивость к механическим, электромагнитным и акустическим воздействиям, высокая надежность и долговечность.

Устройства сопряжения средств управления с объектом (УСО) позволяют выполнить квантование видеосигнала по яркости и преобразование его, например, в 16-разрядный код, для обработки в ЭВМ. Задача распознавания характеристик объекта решается методом сравнения с эталонными данными, находящимися в памяти ЭВМ.

Программное обеспечение информационной подсистемы ЭМС состоит обычно из нескольких частей, которые реализуют функцию распознавания объекта, обработки и отображения информации. В качестве примера применяемого ПО для ИПС можно привести пакет прикладных программ (ППП) обработки видеоинформации "СПЕКТР".

4.4.1. Датчики перемещений

Управляемость объектов обеспечивается информацией о состоянии оборудования. Для этих целей применяют датчики различных типов, в том числе, датчики перемещений. Для определения конечных положений рабочих органов используются контактные и бесконтактные концевые переключатели.

Датчики линейных и угловых перемещений построены на использовании различных физических принципов, например, изменения сопротивления, емкости, индуктивности, изменения светового потока. Принцип действия контактных концевых выключателей основан на замыкании контактов при механическом воздействии на подвижный контакт.

Оптические датчики (рис. 35) и **индуктивные** датчики (рис. 36) являются примером бесконтактных датчиков.

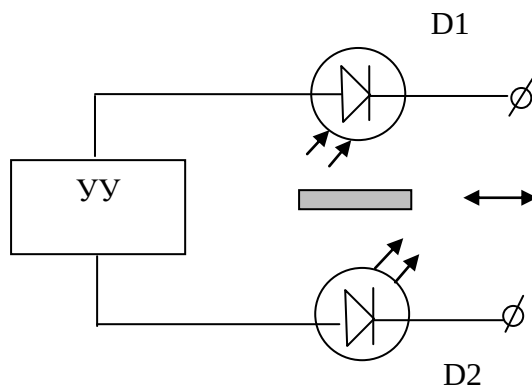


Рис. 35. Схема фотодатчика

УУ – устройство управления;
 Д1, Д2 – источник излучения и фотоприемник

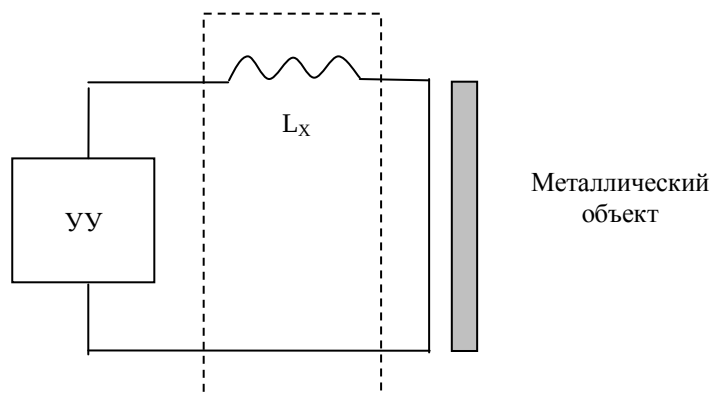


Рис. 36. Схема индуктивного датчика

УУ – устройство управления

4.4.2. Потенциометрический датчик

Схема потенциометрического датчика приведена на рисунке 37.

Преимущества: простота в конструкции и линейная зависимость сопротивления от перемещения. К числу недостатков можно отнести наличие подвижного контакта.

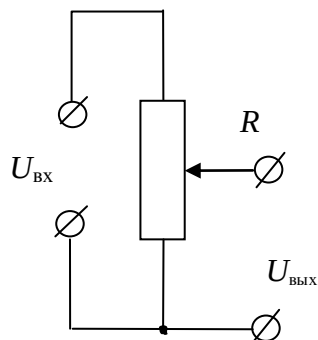


Рис. 37. Схема потенциометрического датчика

$U_{\text{ВХ}}, U_{\text{ВЫХ}}$ – входное и выходное напряжение

4.4.3. Емкостные датчики

Принцип действия таких датчиков основан на изменении емкости (рис. 38). Емкость зависит от площади обкладок конденсатора S , расстояния между ними и диэлектрической проницаемости среды ϵ .

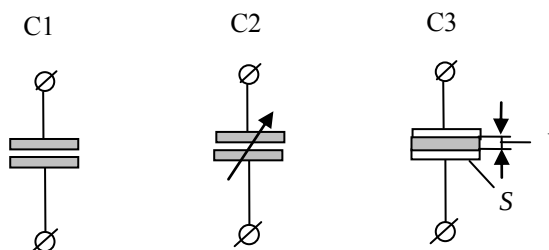


Рис. 38. Схема емкостного датчика

4.4.4. Индукционные датчики

Принцип действия этих датчиков (рис. 39) основан на изменении параметров магнитной системы, которые зависят от расстояния между отдельными элементами системы.

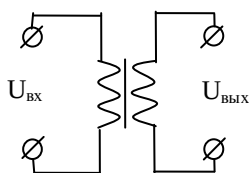


Рис. 39. Индукционный датчик

4.4.5. Тензометрические датчики

Принцип действия датчика такого типа (рис. 40) основан на изменении сопротивления, включенного в одно из плеч измерительного моста.

Условие равновесия моста: $R_x R_3 = R_2 R_4$.

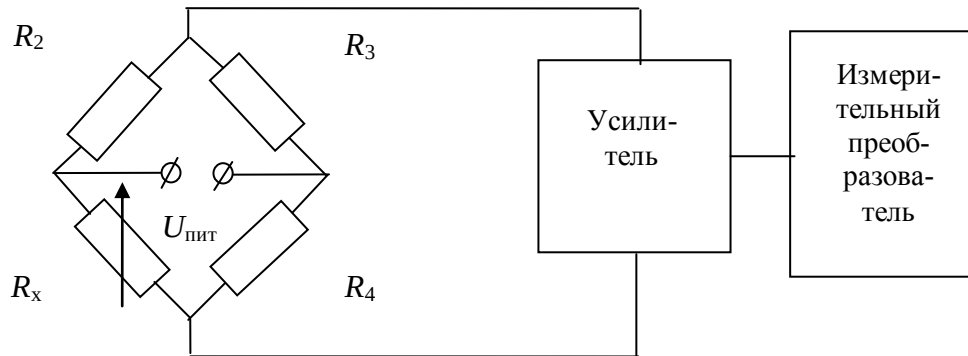
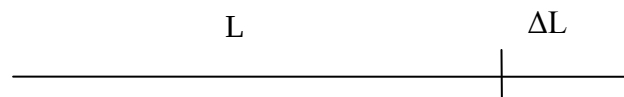


Рис. 40. Схема подключения тензодатчика

Коэффициент тензочувствительности $k_m = \frac{\Delta R}{\Delta L}$.



Тензодатчики измеряют деформацию, вызываемую механическими напряжениями.

Конструктивное исполнение: нихром, константан, (сплавы никеля, молибдена, платины). Коэффициент тензочувствительности k_m от 2 до 14.

Для полупроводниковых кристаллов (германия, кремния и др.) k_m от 100 до 200. Металлические тензорезисторы изготавливают из проволоки или фольги.

4.5. Ввод информации в ЭВМ

Схема ввода информации в ЭВМ приведена на рисунке 41

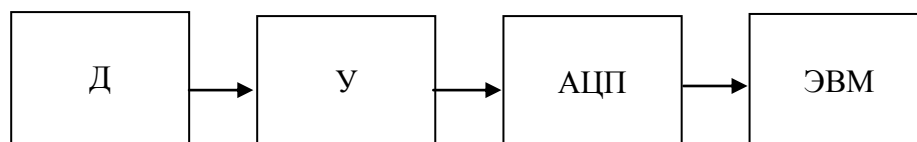


Рис. 41. Структурная схема ввода информации в ЭВМ

Д – датчик (измерительный преобразователь); У – усилитель (нормирующий преобразователь); АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Измерительный преобразователь необходим для преобразования какого-либо параметра технологического процесса в сигнал, удобный для передачи на расстояние.

Нормирующий преобразователь предназначен для преобразования сигнала от датчика в унифицированный входной сигнал.

Аналого-цифровой преобразователь преобразует непрерывный сигнал в цифровой код. Бывают: 8-ми, 16-ти, 24-х и более разрядные АЦП. Разрядность означает дискретность выходного сигнала. 2^n – количество комбинаций выходных сигналов, где n – разрядность кода. Для связи АЦП и ЭВМ используется **интерфейс** – аппаратно-программный комплекс, имеющий унифицированные линии связи и протокол обмена.

По принципу действия интерфейс может быть последовательным и параллельным.

4.6. Программируемые контроллеры (ПЛК)

Программируемые контроллеры – устройства, позволяющие реализовать функции средств управления программным путем, при минимальном использовании аппаратных средств. При проектировании программируемых логических контроллеров обычно ставится ряд задач:

- ◆ создание современного контроллера, обладающего достаточными вычислительными и коммуникационными ресурсами;
- ◆ простота и удобство программирования;

- ◆ соответствие мировым и российским стандартам.

ПЛК в общем виде состоит из двух основных блоков: процессорного модуля и системы ввода/вывода внешних сигналов.

Процессорный модуль управляет всей логикой работы ПЛК и делится на процессор и память.

Система ввода/вывода физически подключается к так называемым внешним устройствам (реле-усилители, выключатели, пускатели, датчики и т. д.) и обеспечивает интерфейс между процессорным модулем и информационными (входами) и управляющими (выходами) каналами.

При работе процессор «читает» входные данные с подключенных внешних устройств с помощью входных интерфейсов и затем выполняет управляющую программу, которая загружается в память процессорного модуля.

Программы обычно разрабатываются на языке релейной логики и должны быть загружены в память ПЛК до начала его работы. На основании программы ПЛК «записывает» или обновляет управляющие выходы через выходной интерфейс. Этот процесс постоянно выполняется в одной и той же последовательности без остановки и изменяется, когда вносятся изменения в управляющую программу.

Дискретные приложения ПЛК обычно управляют машинами или процессами последовательными по своему происхождению, используя «дискретные» входы-выходы для определения состояния объекта. Например, если концевой выключатель определяет наличие детали, то он переходит в состояние «ВКЛЮЧЕНО», а если не обнаруживает деталь, то выдает сигнал «ВЫКЛЮЧЕНО».

Машина или устройство постоянно выполняет predetermined последовательные действия, либо на основании событий, либо по истечению

заданного времени. Предполагаемая последовательность действий обычно прерывается только тогда, когда возникает аварийная ситуация.

Аналоговые приложения

ПЛК может также управлять непрерывными процессами, т.е. принимать и выдавать аналоговые сигналы. Например, температурный датчик выдает изменяющийся во времени сигнал напряжения 0... 10 В на основании измерения фактической температуры. Программа контроллера постоянно отслеживает данные от датчика и обслуживает оборудование, которое может быть также аналоговым по своему происхождению.

Примером подобного устройства может служить клапан с диапазоном открытия задвижки от 0 до 100 %, управляемый через аналоговый выход контроллера 4-20 мА, или управление скоростью двигателя. Подобные применения называют также непрерывными приложениями, поскольку они обычно не имеют определенного начала или конца. Как только подобный алгоритм инициализируется, ПЛК должен поддерживать обслуживаемый процесс в «устойчивом» состоянии.

При создании контроллеров часто используется модульный принцип построения (рис. 42). Модули имеют одинаковые размеры и связаны между собой общей шиной.

4.6.1. Структурная схема программируемого контроллера

Модуль расширения (МР) предназначен для дополнительных координат с модулями ввода-вывода, управляемыми от одного процессора.

1) Модуль дискретного ввода информации (МВВД) предназначен для ввода дискретных сигналов с датчиков. В зависимости от модификации различают модули на 24 В – постоянного напряжения, и 110 и 220 В – переменного напряжения.

В качестве источников информации для этих модулей используются концевые выключатели или ДИПы (датчики исходного положения). Ко-

личество входных сигналов обычно бывает 8 или 16. Подключение датчиков осуществляется через клеммную колодку.

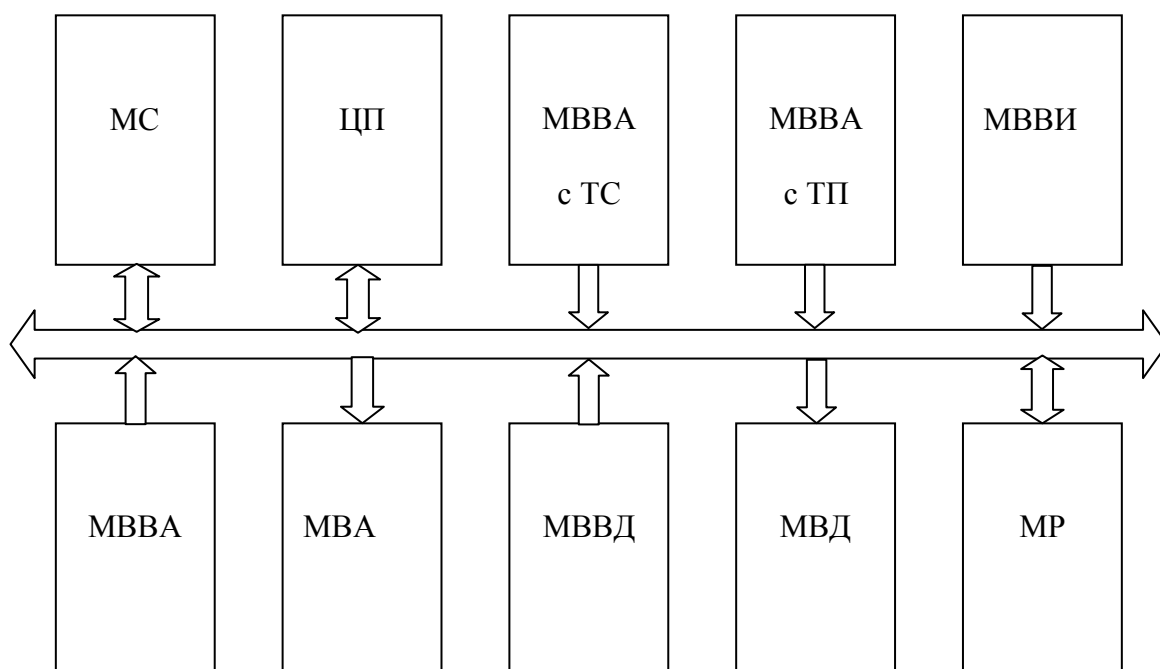


Рис. 42. Структурная схема программируемого контроллера

МС – модуль связи; ЦП – центральный процессор; МВВА – ввода аналоговой информации; МВВИ – модуль ввода импульсной информации; МВА – модуль вывода аналоговой информации; МВВД – ввода дискретной информации; МВД – вывода дискретной информации; МР – модуль расширения;
ТП – термопара; ТС – термометр сопротивления

2) Модули дискретного вывода информации (МВД) предназначены для выдачи управляющих сигналов на исполнительные устройства технологического оборудования. Параметры сигналов: $U_{\text{вх}}$ – 24 В, $U_{\text{вых}}$ – 110, 220 В. Число выходных сигналов – 8 или 16. Ток нагрузки – 0,5; 2 А.

3) Модули аналогового ввода информации (МВВА) в зависимости от типа входного сигнала бывают:

- модули ввода сигналов с термопар;
- модули ввода сигналов с термометров сопротивлений.

Параметры сигналов: $I_{\text{вх}}$ от 4 до 20 мА, U от минус 5 до плюс 5 В.

4.6.2. Модуль ввода аналоговой информации

Модуль ввода аналоговой информации представлен на рис. 43, а схема подключения термопары и термометра сопротивления – на рис. 44.

		Тип, код	
PE	102	1	Адр.
	101	Общ	
LE	103	2	Адр.
	101	Общ	
FE	104	3	Адр.
	101	Общ	
SE	105	4	Адр.
	101	Общ	

Рис. 43. Модуль ввода аналоговой информации

Обозначения типов сигналов: Е – электрический сигнал, Р – давление, L – уровень, F – расход, S – скорость

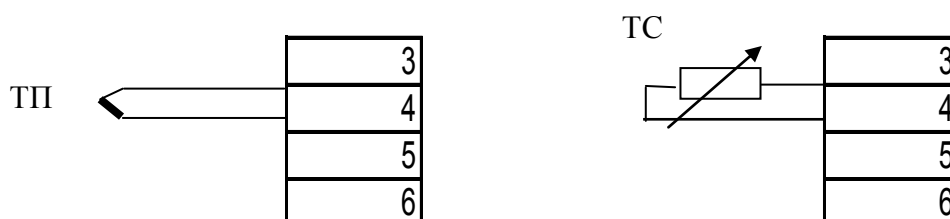


Рис. 44. Схема подключения термопары и термометра сопротивления

ТП – термопара, ТС – термометр сопротивления

В зависимости от типа модуля каждый из них может содержать первичный преобразователь и АЦП. Эти устройства обычно подключаются к каждому из каналов через коммутатор, однако в ряде случаев, для повышения быстродействия АЦП может быть включен в каждый из каналов.

Аналоговый модуль вывода информации имеет в своем составе цифроаналоговый преобразователь, для преобразования кода выходного сигнала в выходной аналоговый сигнал.

4.6.3. Модуль ввода-вывода дискретной информации

Модуль ввода представлен на рис. 45, а модуль вывода – на рис. 46.



Рис. 45. Модуль ввода дискретной информации

ИУ – исполнительное устройство: Р – реле

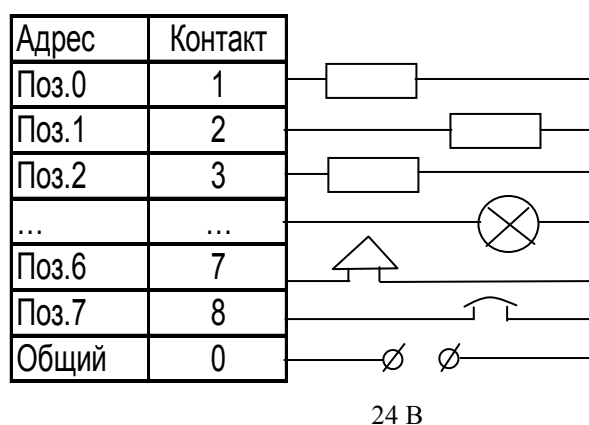


Рис. 46. Модуль вывода дискретной информации

4.6.4. Управление объектом на базе программируемых контроллеров

На рис. 47 представлена система управления объектом на базе программируемых контроллеров.

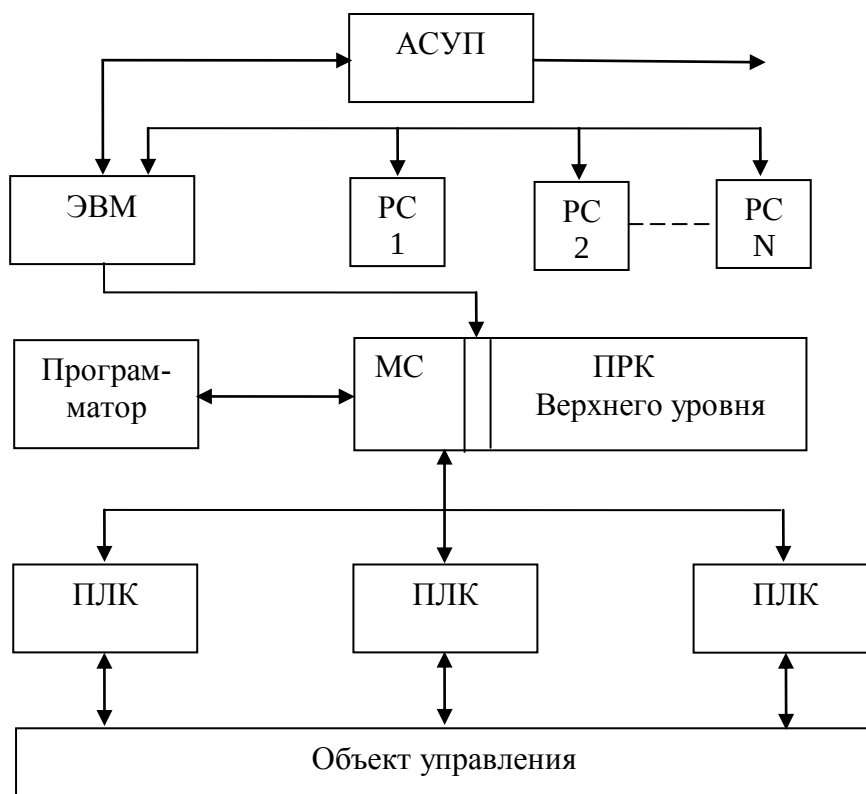


Рис. 47. Система управления объектом на базе программируемых контроллеров

АСУП – автоматизированная система управления производством;
 РС – рабочая станция; МС – модуль связи; ПЛК – программируемый логический контроллер

4.7. Система мониторинга на базе ПЛК

В качестве примера ПЛК можно привести ряд программируемых контроллеров, представленный двумя моделями: **ПЛК100** и **ПЛК150** фирмы «ОВЕН» (рис. 48).

Оба контроллера программируются в среде программирования **CoDeSys**, являющейся одной из самых перспективных.

Контроллеры имеют встроенный цифровой интерфейс:

- **RS-232, RS-485, Ethernet 10/100;**
- поддерживают работу с протоколами **Modbus, Dcon;**
- и протоколом **ОВЕН**.

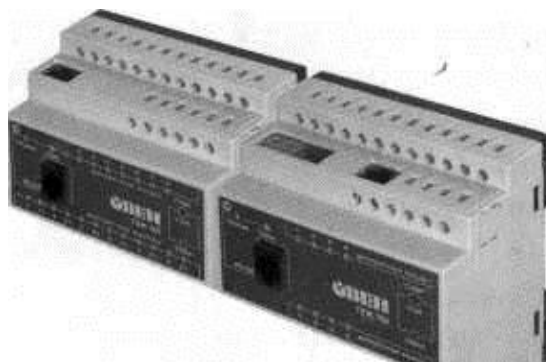


Рис. 48. ПЛК 100 и ПЛК 150

Контроллеры имеют определенное количество дискретных входов-выходов, а ПЛК150 имеет и аналоговые входы-выходы.

4.7.1. Входы и выходы ПЛК

Все дискретные входы (DI) ПЛК являются высокочастотными; любой из них может быть настроен на работу с импульсными сигналами с рабочей частотой до 10 кГц. Дискретный вход имеет возможность работать в режиме счетчика, энкодера или триггера, а также в нескольких режимах одновременно (рис. 49).

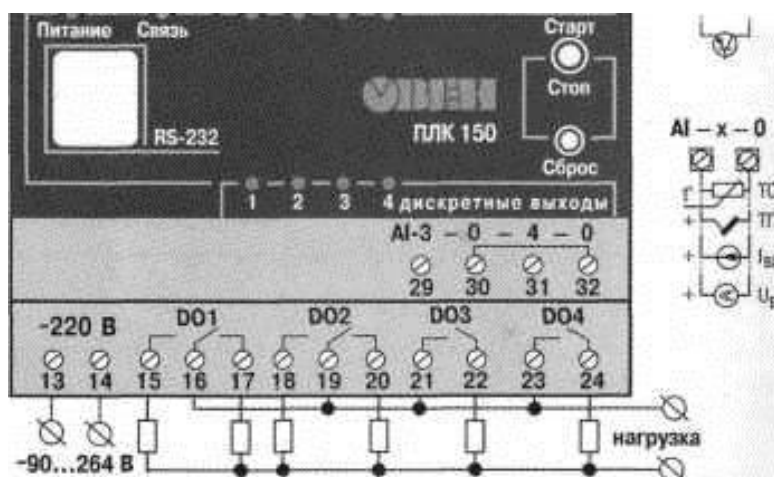


Рис. 49. Схема подключения ПЛК 100

Дискретные выходы (DO) ПЛК100 могут быть двух типов – в виде силовых реле или сдвоенных транзисторных ключей. Шесть силовых реле

способны коммутировать нагрузку до 8 А, при напряжении 220 В, а транзисторные ключи (12 штук в ПЛК100) коммутируют напряжение питания (+24 В) на выходные клеммы. Максимальный ток транзисторного ключа составляет 150 мА. **ПЛК150** оснащены четырьмя менее мощными э/м реле (до 4 А, 220 В).

Любой дискретный выход может быть настроен на выдачу широтно-импульсного (ШИМ) сигнала, генерируемого с высокой точностью, что избавляет разработчика программы ПЛК от необходимости использовать специальные алгоритмы для точной генерации ШИМ-сигнала и вводить дополнительные таймеры: все эти функции выполняет ПЛК.

Аналоговые выходы (АО) ПЛК150 могут быть одного из двух типов: токовый – 4...20 мА, или напряжения – 0...10 В.

Аналоговые входы (АИ) ПЛК150 выполнены по двухпроводной схеме. Они являются универсальными и работают как с унифицированными сигналами по току [0...5; 0(4)...20 мА] и по напряжению (0...1; 0...10 В), так и с сигналами от датчиков температуры: термосопротивлений 50; 100; 500 и 1000 Ом по двухпроводной схеме и термопар ТХК, ТХА, ТЖК, ТНН, ТПП, ТПР, ТВР или универсальных, выдающих либо напряжение, либо ток, в указанных диапазонах.

Переключение выходного сигнала на универсальном выходе осуществляется программным способом при конфигурировании ПЛК. Аналоговые выходы имеют свой собственный встроенный гальванически развязанный блок питания, поэтому подключение внешнего блока питания не требуется.

Контроллеры разработаны в соответствии с европейскими стандартами и не уступают по характеристикам аналогам ведущих мировых производителей, таких как **Siemens, Omron, Wago, Vipa** и др.

4.7.2. Система мониторинга на базе ПЛК

При помощи встроенного интерфейса RS-485 регулятор ТРМ138 осуществляет передачу данных на модем НЕВОД–5, который в свою очередь передает эту информацию модему-приемнику, установленному в диспетчерском пункте (рис. 50). Модем-приемник осуществляет прием информации одновременно от трех модемов и передает эти данные посредством интерфейса RS-232 на персональный компьютер с установленной системой **Master SCADA**, которая осуществляет мониторинг и регистрацию 22 параметров, например, от 3-х водопроводных станций.

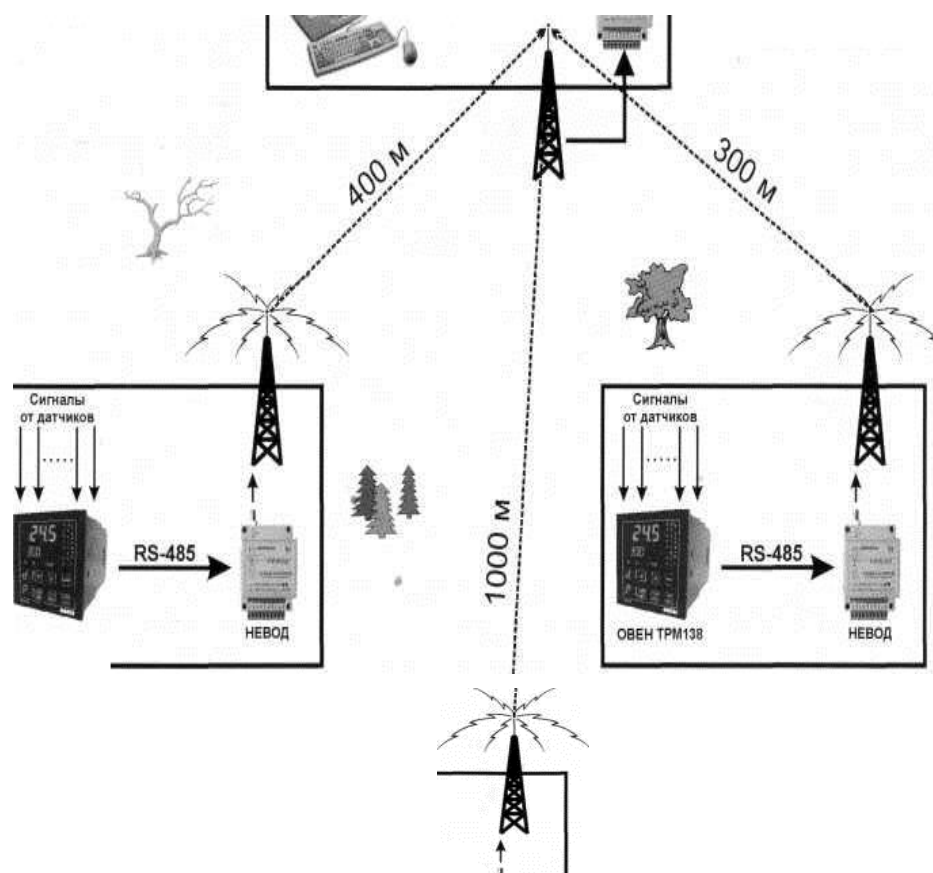


Рис. 50. Схема системы мониторинга

Master SCADA, фирмы «ИнСат», является одной из лучших сред визуализации технологических процессов, совместимых с данными приборами. Данный пакет позволяет наглядно отобразить любой технологический процесс в реальном времени на обычном персональном компьютере. При этом программа предоставляет широкий набор функций и операций,

позволяющих управлять ходом процесса, осуществлять мониторинг и регистрацию различных параметров.

Рабочее место оператора – в диспетчерской; на мониторе отображаются графики расхода по различным направлениям (см. рис. 50).

Наличие библиотеки готовых элементов и типовых технологических объектов значительно упрощает работу с программой.

В диспетчерской устанавливается полнофункциональная версия пакета с ограничением на 32 точки ввода/вывода.

Помимо регуляторов ТРМ138 на водопроводных станциях установлены 8-ми канальные измерители температуры УКТ38.

4.7.3. Основные характеристики контроллеров ПЛК 100 и ПЛК 150

В таблице 1 приведены основные параметры контроллеров ПЛК.

Таблица 1 – Параметры контроллеров ПЛК

Параметры		ПЛК100	ПЛК150
Общие сведения			
Тип корпуса	крепление на 35-мм DIN-рейку, длина 105 мм		
Степень защиты	IP20		
Диапазон рабочих температур	от –20 до +70 °С		
Потребляемая мощность	6 Вт		
Ресурсы			
Центральный процессор	32-х разрядный RISC-процессор 200 МГц на базе ядра ARM9		
Объем оперативной памяти	8 Мбайт		
Объем памяти программ	4 Мбайт (Flash-память, специализированная файловая система)		
Размер Retain-памяти	4 Кбайт		
Количество дискретных входов	8	6	
Количество аналоговых входов	-	4 универсальных	
Количество дискретных выходов	6 э/м реле (220 В, 8 А) или 12 транзисторных ключей	4 реле (220 В, 4 А)	
Количество аналоговых выходов	-	2(0...10Вили 4...20мА)	

Окончание таблицы 1

Параметры	ПЛК100	ПЛК150
<i>Интерфейс связи</i>		
Интерфейс	Ethernet 10/100 mbps, RS-232 - 2 шт., RS-485	Ethernet 10/100 mbps, RS-232, RS-485
Скорость обмена по интерфейсу RS	настраиваемая, до 115200 bps	
Протоколы	OБEH, Modbus - RTU, Modbus - ASCII, Modbus - TCP, Dcon, Gateway (протокол CoDeSys)	
<i>Программирование</i>		
Среда программирования	CoDeSys - 2.3 - распространяется бесплатно	
Языки программирования	IL, ST, LD, SFC, FBD + дополнительный язык CFC	
Размер пользовательской программы	около 1 млн. инструкций	

(Bps – скорость обмена информацией – бит в секунду.)

4.7.4. Используемые средства автоматикки

Модемы (рис. 51), обеспечивают диспетчера достоверной информацией о текущих значениях параметров объекта в реальном времени.

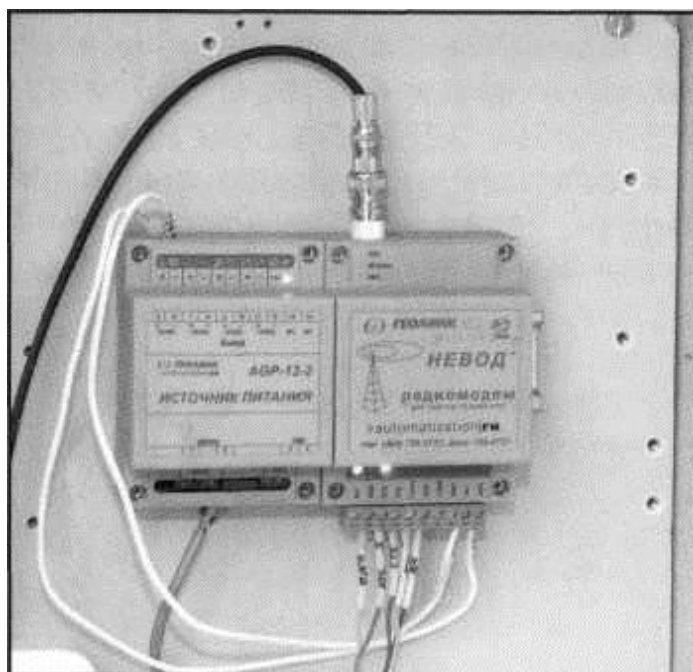


Рис. 51. Модем НЕВОД-5

Поиск оптимального решения при организации автоматизированных комплексов приводит к целому ряду проблем, одна из которых – органи-

зация надежной связи между удаленными объектами и пунктами сбора, и анализа информации.

Модем предназначен для передачи и приема цифровой информации при работе в составе распределенных сетей управления, автоматизации технологических процессов и телеметрии. Модем представляет собой программно-управляемое приемно-передающее устройство, преобразующее сигналы стандартных последовательных интерфейсов RS-232 или RS-485 в частотные посылки информации и обратно.

Конфигурация модема осуществляется через последовательный интерфейс набором команд. Гибкая система настройки модемов позволяет программировать их для работы в составе сетей самой разнообразной конфигурации:

- 1) «Радиальная» с центральным пунктом сбора данных (как в нашем случае).
- 2) «Последовательная» – протяженная сеть.
- 3) «Последовательно-параллельная» – разветвленная сеть с промежуточными пунктами ретрансляции и/или обработки информации.
- 4) Комбинация вышеперечисленных конфигураций.

4.7.5. Устройства сопряжения с объектом

Благодаря наличию 8-ми универсальных независимых аналоговых входов и поддержке интерфейса RS-485 прибор ТРМ138 идеально подходит для решения задачи сбора информации (рис. 52).

Прибор осуществляет местную индикацию регистрируемых параметров, что очень удобно для обслуживающего персонала станций.

Универсальные входы прибора поддерживают следующие типы датчиков:

- ◆ термопары типа ТХК (L), ТХА (K), ТЖК (J), ТНН (N), ТПП (S), ТПП (R), ТВР (А-1);

- ◆ термосопротивления 50М, 100М, 50П, 100П, ТСМ гр. 23, Pt100;
- ◆ датчики с унифицированными токовыми сигналами 0...5; 0...20; 4...20 мА;
- ◆ датчики с унифицированными сигналами по напряжению 0...50 мВ, 0...1 В.



Рис. 52. ТРМ138

4.7.6. Преобразователь интерфейсов

Автоматический преобразователь интерфейсов АС-3М разработан и запущен в серийное производство. Устройство используется для взаимного преобразования сигналов интерфейсов RS-232 и RS-485, при этом обеспечивается гальваническая изоляция входов между собой и от питающей сети. Следует отметить, что преобразователь, АС-3М (в отличие от предшественника АС-3) совместим с приборами других производителей, т. е. является универсальным и представляет собой аналог популярного модуля I-7520 компании ICP Electronics.

4.7.7. Преобразователи частоты

Преобразователи частоты, например, серии FDU (фирма Emotron, рис. 53) адаптированы для отечественного производства. Компанией разрабо-

тана новая модификация данной серии FDU 2.0, отличающаяся рядом особенностей.

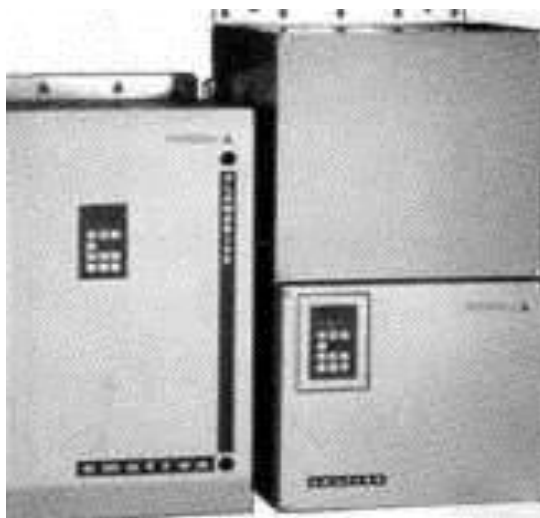


Рис. 53. Преобразователи частоты

Как и серия-предшественник, FDU 2.0 используется для **управления электродвигателями насосов и вентиляторов** мощностью от 0,75 до 630,00 кВт. Достоинства новой серии:

- ◆ меню управления на русском языке;
- ◆ защита от "сухого хода" насоса /обрыва ремня вентилятора;
- ◆ функция "спящего режима" – дополнительная экономия энергии;
- ◆ съемная панель управления с функцией копирования настроек;
- ◆ отображение физических величин в виде реальных значений (масштабирование);
- ◆ усовершенствованная система защиты двигателя от перегрева;
- ◆ автонастройка ПИД-регулятора.

4.8. Компьютерные устройства числового программного управления

Устройства такого типа легко адаптируются для самых сложных объектов, элементы которых могут требовать одновременного и независимого

управления в реальном времени. Мощное программное обеспечение позволяет управлять станками всех основных типов:

- ◆ токарными;
- ◆ фрезерными;
- ◆ обрабатывающими центрами;
- ◆ копировальными, шлифовальными;
- ◆ кузнечно-прессовым оборудованием;
- ◆ термической и лазерной резки и др.

Графическая поддержка позволяет:

- ◆ просматривать реальное движение инструмента;
- ◆ проверять элементы траектории инструмента при отключенном станке;
- ◆ производить точную настройку приводов в режиме осциллографирования.

Пооперационный контроль. Система изготавливается с использованием пооперационного контроля, начиная от подготовки производства и до выпуска готового изделия, включая температурный прогон с последующей функциональной проверкой работы всех модулей.

Особенности программирования. Технологическое программирование использует: привычные G-функции; трехбуквенные коды, позволяющие давать осмысленные названия макрокомандам; встроенный язык описания графических объектов, позволяющий программировать сложные 2D-контуры непосредственно с чертежа **без использования САПР.**

УЧПУ само вычисляет точки пересечения и касания геометрических элементов. Такое решение позволяет легко ориентироваться в выборе функций для составления управляющих программ вручную.

4.8.1. Устройство числового программного управления NC-110

Устройство числового программного управления NC-110 (рис. 54) является развитием серии УЧПУ NC-100. Обслуживание и работа с УЧПУ не вызывает трудностей у персонала. Через сообщения пользователю предоставляется полный контроль за выполняемыми функциями и операциями, а также за состоянием комплекса УЧПУ – станок.

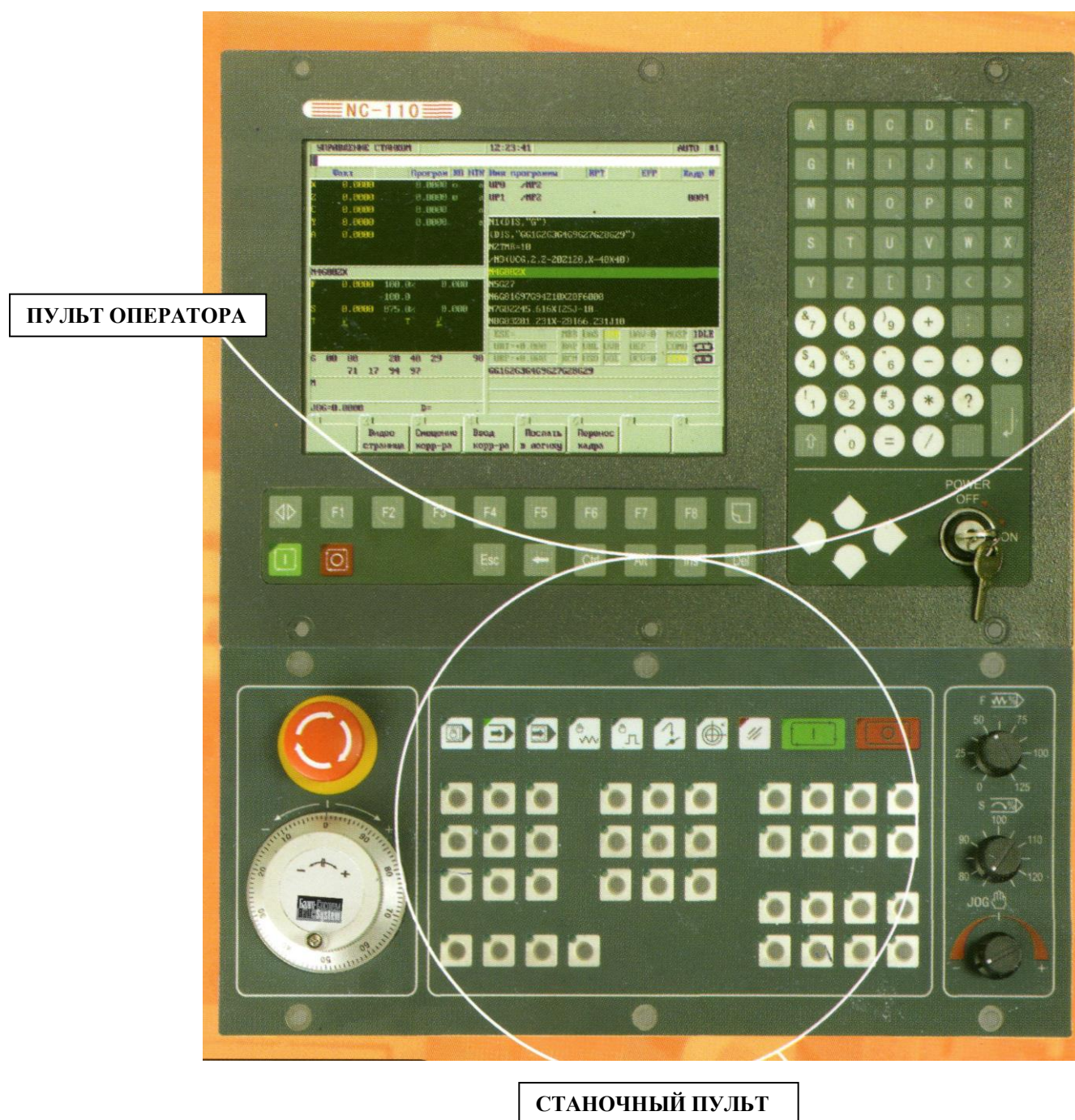


Рис. 54. Устройство числового программного управления NC-110

Управление устройством ЧПУ выполняется в диалоговом режиме с использованием меню, которое позволяет легко ориентироваться в выполняемых операциях. Программное обеспечение УЧПУ существует в русской, английской и китайской версиях. Программное обеспечение преемственно и совместимо для всех серий УЧПУ.

Устройство отличается уникальным сочетанием многофункциональности, надежности, простоты изготовления. УЧПУ построено по модульному принципу и позволяет удовлетворять растущие требования различных потребителей путем встраивания дополнительных модулей.

Пульт оператора включает в себя:

- ◆ дисплей TFT 10,4";
- ◆ герметизированную кнопочную алфавитно-цифровую клавиатуру с тактильным эффектом;
- ◆ функциональную клавиатуру.

Габаритные размеры пульта 430×299×71 мм.

Общий вид **выносных плат** представлен на рис. 55. Модуль входов-выходов выполнен с релейной коммутацией и индикацией (24 входа, 16 выходов): DC24В/3А, AC 110В/3А, AC 220В/1,5А; габаритные размеры, 255×115×43 мм.

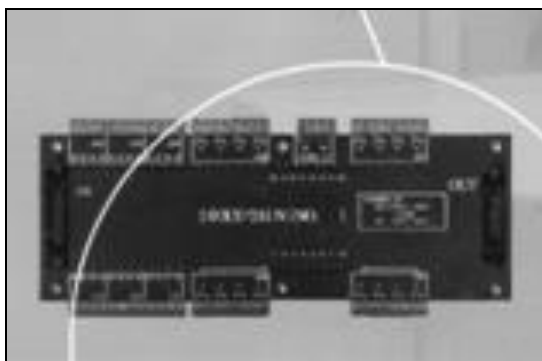


Рис. 55. Выносная плата

Станочный пульт включает в себя:

◆ герметизированную кнопочную клавиатуру с тактильным эффектом и светодиодной индикацией (8 кнопок выбора режима работы; 38 свободно-программируемых кнопок);

◆ корректор подачи (11 положений);

◆ корректор ручных перемещений (11 положений);

◆ корректор оборотов шпинделя (11 положений);

◆ электронный штурвал.

Габаритные размеры, 430×194×90 мм.

Блок управления представлен на рис.56.

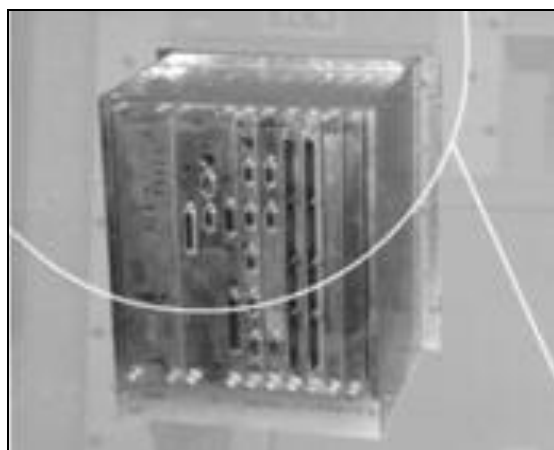


Рис. 56. Блок управления

Характеристики блока управления:

◆ системная плата: PENTIUM MMX; интерфейс FDD, HDD; RS-232, Ethernet (LAN);

◆ память ЧПУ для данных и программ пользователя: не менее 6 Мб;

◆ количество управляемых осей от 2 до 16;

◆ количество входов/выходов до 384/256;

◆ вход датчика касания;

◆ разрешающая способность ЦАП: 14 бит и 16 бит;

◆ разрешающая способность АЦП: 12 бит;

- ◆ Габаритные размеры, 305×335×244 мм

Основные функции программного обеспечения:

- ◆ программирование в абсолютных размерах и приращениях;
- ◆ программирование в миллиметрах и дюймах;
- ◆ компенсация радиуса инструмента;
- ◆ смещение нуля;
- ◆ определение величины припуска;
- ◆ коническое и цилиндрическое резбонарезание с постоянным и переменным шагом;
- ◆ поддержание постоянства скорости резания;
- ◆ циклы черновой обработки;
- ◆ циклы чистовой обработки;
- ◆ циклы обработки пазов;
- ◆ цикл снятия стружки;
- ◆ циклы резбонарезания;
- ◆ программирование полного круга;
- ◆ прямое программирование при помощи точек, прямых и окружностей;
- ◆ параметрическое программирование;
- ◆ повторение частей управляющих программ;
- ◆ подпрограммы с параметрами;
- ◆ условные и безусловные переходы;
- ◆ масштабирование;
- ◆ пропуск кадров;
- ◆ 9999 инструментов и коррекций инструментов;
- ◆ возможность включения нескольких функций G и M в кадре;
- ◆ цикл измерения инструмента;

- ◆ параллельные оси;
- ◆ непрерывные оси вращения;
- ◆ оси вращения с заданием более 360° ;
- ◆ скоординированная ось шпинделя;
- ◆ виртуальные оси с преобразованием декартовых координат/полярные координаты/ цилиндрические координаты;
- ◆ проверка отработки управляющих программ на быстром ходу;
- ◆ проверка отработки управляющих программ при заблокированных осях;
- ◆ определение длины инструмента на станке;
- ◆ управление расточными и обточными головками;
- ◆ сохраненный в памяти поиск для продолжения отработки после останова;
- ◆ многокадровое обратное прослеживание по профилю;
- ◆ цикл контроля инструмента;
- ◆ отвод инструмента от профиля и автоматический возврат на профиль;
- ◆ встроенный редактор; реализован через горизонтальное (текстовое) и вертикальное (графическое) свободно-программируемые меню;
- ◆ герметизированная кнопочная клавиатура с тактильным эффектом;
- ◆ корректоры JOG, F%, S%, MODE;

4.8.2. Устройство числового программного управления NC-210

Устройство ЧПУ NC -210 является продолжением УЧПУ серии NC - 200, в котором соединены в единое целое: блок управления, пульт оператора и станочный пульт. Устройство предназначено для управления станками простой конфигурации с количеством осей не более 4-х и дискретными входами/выходами не более 64/48. Заложенный принцип компакт-

ности сделал возможным получение в устройстве высокой надежности, помехозащищенности, малого потребления мощности.

Станочный пульт

В станочном пульте имеется модуль выходов с релейной коммутацией NC-210-41 (24 выхода): DC 24В/3А, AC 110В/3А. Габариты: 270×83×30 мм.

А также имеется модуль входов с индикацией NC-210-42 (32 входа).

Габариты: 103×83×40 мм.

Пульт оператора (рис. 57). Включает в себя:

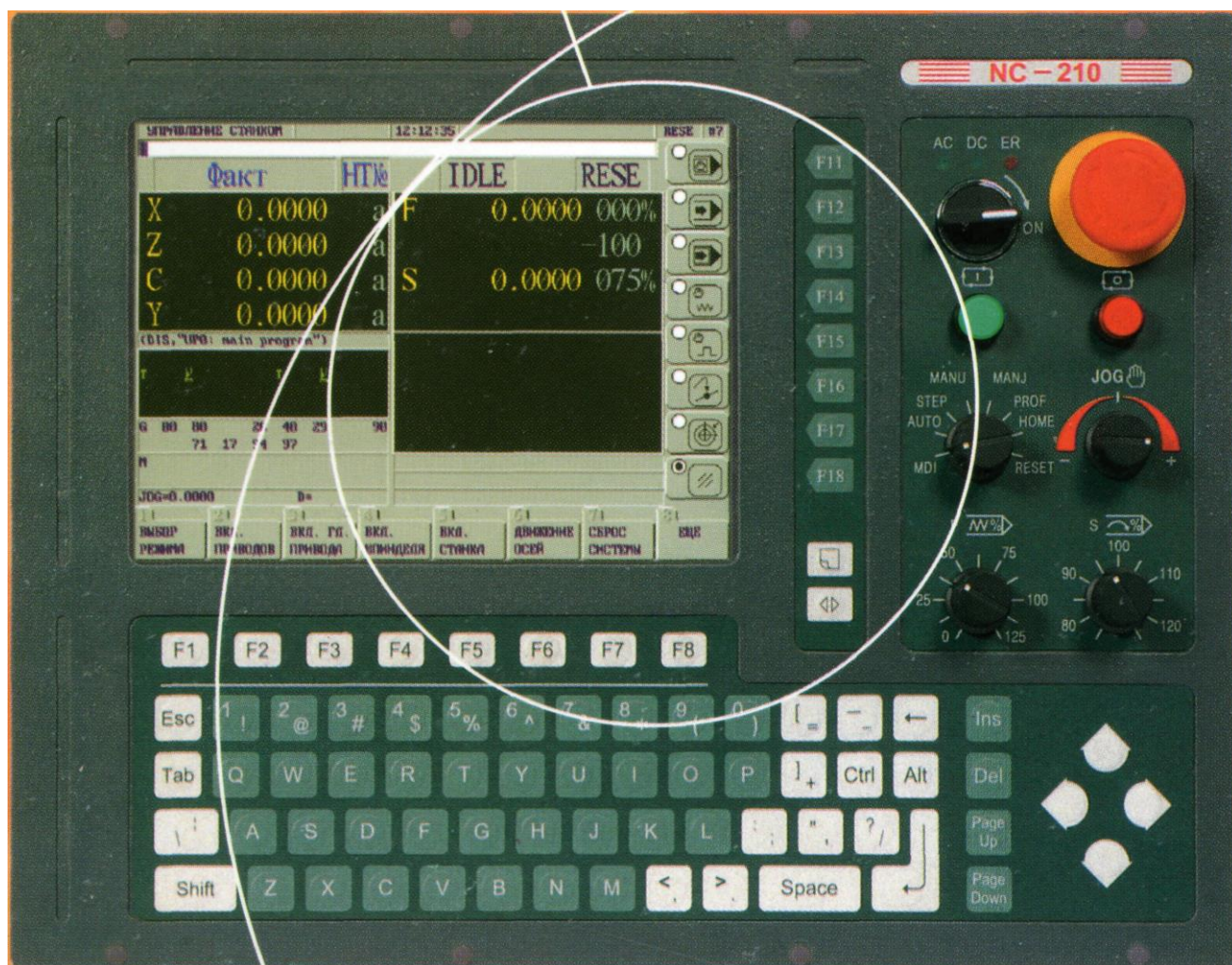
- дисплей TFT 10,4";
- герметизированную кнопочную алфавитно-цифровую клавиатуру с тактильным эффектом;
- функциональную клавиатуру.

Выносные платы представлены на рис. 58.

Блок управления (рис. 59) имеет следующие характеристики:

- ◆ системная плата 5×86, интерфейс FDD, HDD, RS-232, Ethernet (LAN);
- ◆ память УЧПУ для данных и программ пользователя не менее 6 Мб;
- ◆ количество управляемых осей: 4+1;
- ◆ количество входов/выходов: до 64/48;
- ◆ вход датчика касания;
- ◆ разрешающая способность ЦАП 14 бит;
- ◆ габаритные размеры УЧПУ, 432×340×140 мм;
- ◆ настройка приводов с выводом диаграммы на экран и в файл;
- ◆ возможность управления дискретными сигналами из управляющей программы;
- ◆ графический и цифровой вывод дискретных сигналов в реальном времени;

ПУЛЬТ ОПЕРАТОРА



СТАНОЧНЫЙ ПУЛЬТ

Рис. 57. Устройство управления NC-210



Рис. 58. Выносные платы

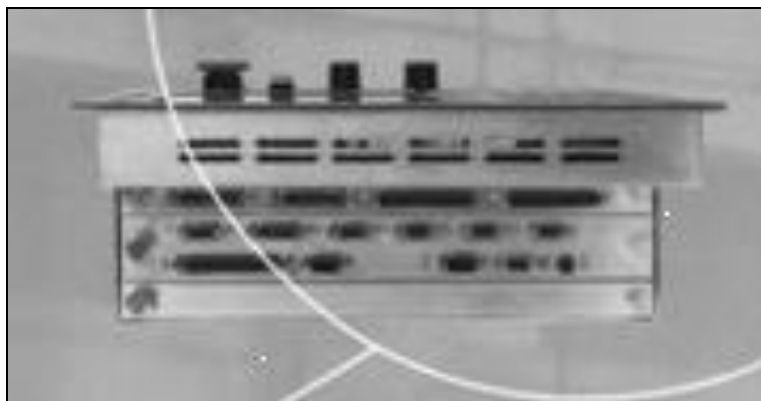


Рис. 60. Блок управления

- ◆ данные организованы в файлах (**таблицы инструментов, таблицы коррекций инструментов, начальные точки**);
- ◆ подготовка управляющих программ одновременно с выполнением цикла обработки детали;
- ◆ различные сообщения (ошибки при подготовке кадров, ошибки оператора, ошибки диагностики системы и станка), конфигурируемые из логики станка;
- ◆ компенсация погрешности ходового винта;
- ◆ компенсация люфтов;
- ◆ программные ограничения;

- ◆ защищенные области;
- ◆ определение рабочего поля из управляющей программы;
- ◆ оптимальное управление скоростью обработки с анализом заданного количества последующих кадров (LOOK AHEAD);
- ◆ компенсация дрейфа приводов;
- ◆ учет люфта при движении от штурвала;
- ◆ диагностика при включении и во время работы;
- ◆ язык высокого уровня для программирования интерфейса логики станка;
- ◆ индикация кадров отрабатываемой управляющей программы;
- ◆ видеографика 3D;
- ◆ журнал сообщений;
- ◆ управление несколькими процессами.

Цикл измерения показан на рис. 60.

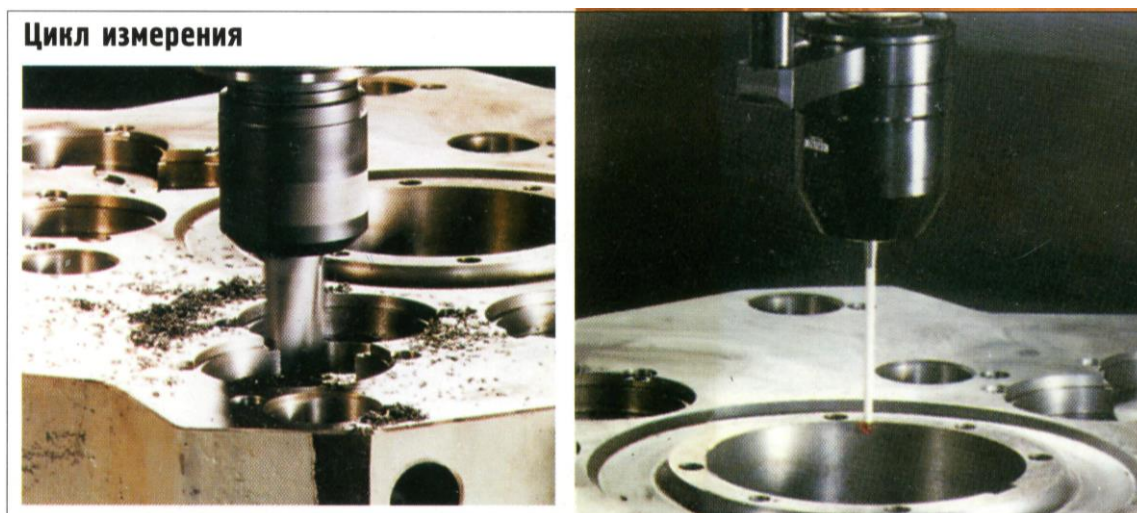


Рис. 60. Цикл измерения

Дополнительные функции программного обеспечения:

- ◆ управление разгоном/торможением по линейному, экспоненциальному или S-образному закону;

- ◆ переключаемые зоны оперативных пределов для каждой оси;
- ◆ объемные защищенные зоны;
- ◆ контролируемые зоны для каждой оси;
- ◆ поворот системы координат в пространстве;
- ◆ пространственная ориентация инструмента при перемещении вдоль заданной траектории;
- ◆ вывод ошибки кругового контура;
- ◆ компенсация трения;
- ◆ 5-осевое преобразование;
- ◆ сплайновая интерполяция;
- ◆ управление независимыми осями;
- ◆ косоугольная система координат.

4.8.3. Особенности программного обеспечения

Программное обеспечение предоставляет возможность использовать множество постоянных циклов, позволяющих эффективно решать задачи программирования типовых движений: черновые/чистовые токарные циклы точения и нарезки пазов, циклы резьбонарезания, циклы сверления/расточивания, циклы измерения, экономя при этом время на расчеты десятков кадров и объем памяти.

Полярная или цилиндрическая система координат представлена на рис. 61.

Программное обеспечение позволяет выполнять фрезерные циклы на токарных станках на торце тела вращения и на его цилиндрической поверхности.

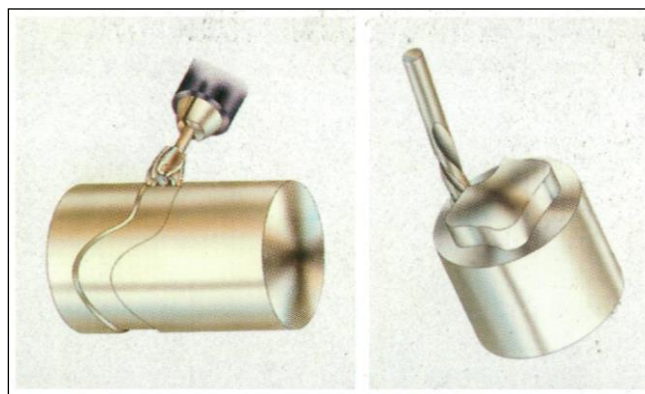


Рис. 61. Полярная или цилиндрическая система координат

Черновые/чистовые токарные циклы точения и нарезки пазов приведены на рис. 62.

Циклы точения в одном кадре позволяют по заданному профилю генерировать кадры перемещения для черновой, предварительной чистовой (с припуском) и финишной чистовой обработки параллельно или абсциссе, или ординате, или окончательному профилю.

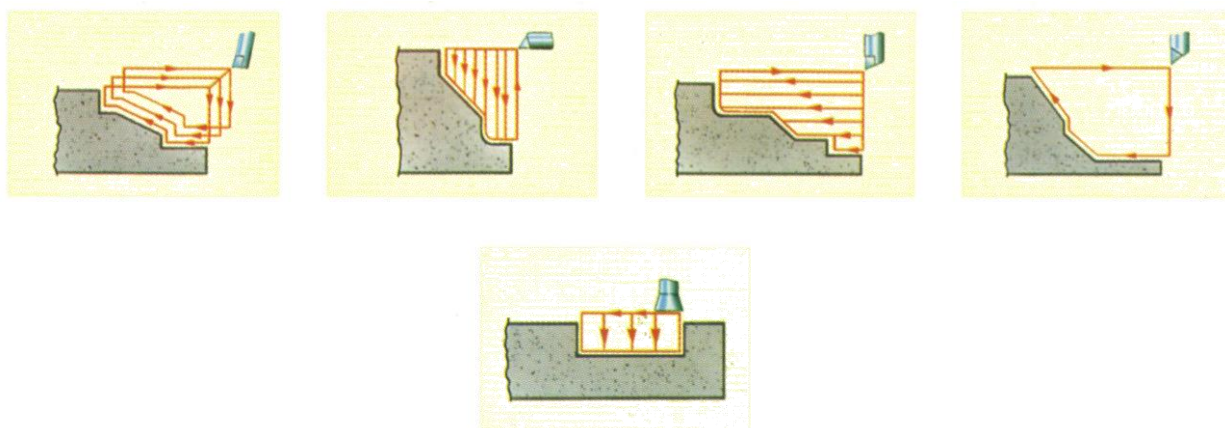


Рис. 62. Токарные циклы точения и нарезки пазов

Циклы сверления/расточивания (рис. 63) позволяют проводить обработку операций: сверления, растачивания, глубокого сверления с разгрузкой стружки, нарезания резьбы метчиком, рассверливания, развертки отверстий, не требующих переопределения параметров каждого отверстия.

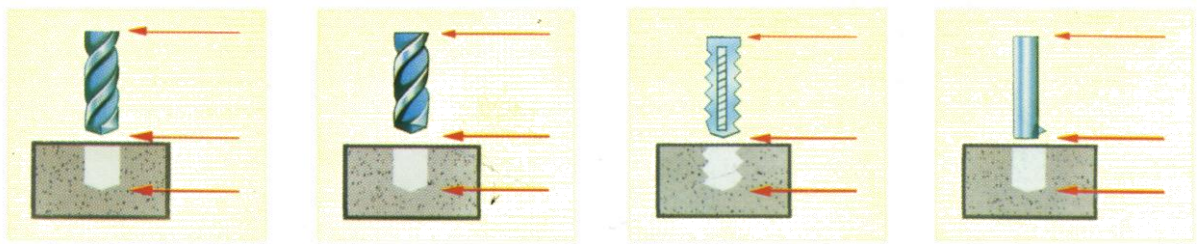


Рис. 63. Циклы сверления/расточивания

Циклы резьбонарезания (рис. 64). Цикл, заданный в одном кадре, обеспечивает полный расчет резьбонарезания при задании всего двух координат. Широкий выбор параметров позволит обработать многозаходную внешнюю или внутреннюю резьбу с цилиндрической или конической поверхностью, при этом возможно задание нестандартных углов.

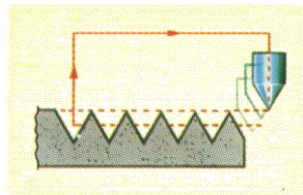


Рис. 64. Циклы резьбонарезания

5. ПРИВОД СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

5.1. Электрический привод системы управления

Это устройство или комплекс устройств, предназначенных для приведения в действие рабочих органов технологического оборудования. В станках с ЧПУ приводы подразделяются на **приводы главного движения, подачи и вспомогательные**. Эффективность оборудования во многом определяется динамическими свойствами приводов.

По алгоритму функционирования электропривод (ЭПР) бывает:

- регулируемый и нерегулируемый;
- следящий и программно-управляемый;
- адаптивный.

В системах управления, помимо приводов, изменяющих скорость и перемещение по заданному закону или программе, существуют ЭПР, изменяющие различные технологические параметры, например, момент резания, усилие резания, уровень вибрации и т.д. Такой привод является адаптивным.

По принципу действия различают:

- ◆ электродвигательный;
- ◆ и электромагнитный привод.

5.1.1. Электромеханический привод

Электромеханический привод (ЭМП) состоит из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств и предназначен для приведения в движение исполнительных механизмов (ИМ).

Режимы работы ЭПР характеризуются как двигательный и управляемый. Двигательный режим характеризуется непрерывной работой привода в течение длительного времени. При этом «ОСТАНОВ» и «ПУСК», т.е.

перезапуски электродвигателя (ЭДВ), рассматриваются как нежелательные или исключительные состояния. Управляемый режим, наоборот, характеризуется частыми пусками, остановами и реверсивным движением.

Основным элементом в **электродвигательном** приводе является электродвигатель. При работе в двигательном режиме широко используются электродвигатели переменного тока, электродвигатели постоянного тока, шаговые и линейные двигатели. Важнейшими элементами ЭПР являются регуляторы тока (Рег.Т) и регуляторы частоты вращения (Рег.С).

Для станков с ЧПУ разрабатывают **специальные** ЭДВ различных серий: малоинерционные, высокомоментные и вентильные (бесколлекторные). Специальные ЭДВ имеют ряд вспомогательных и информационных устройств: тормоз, тахогенератор, датчики перемещений и температуры.

Вентильный ЭПР отличается тем, что не имеет скользящих контактов, поэтому отсутствует их искрение; такой электропривод применяют во взрывопожароопасных помещениях.

В **ЭПР постоянного тока** тиристорные преобразователи строятся по схеме: «управляемый вентиль». (Выпрямленное напряжение регулируется по значению).

В **ЭПР переменного тока** преобразователи строятся по схеме: «выпрямитель-инвертор». В инверторе регулируется значение напряжения, подаваемого на электродвигатель путем изменения соотношения времени подключения ЭДВ к импульсному преобразователю и паузы. Преобразователь такого типа называется **шиотно-импульсным**.

Электромагнитный привод применяется в системах, где управление объектами осуществляется по схеме: «Включено-выключено», либо для создания вибраций с частотой более 50 Гц. В электромагнитном приводе основным элементом является электромагнит. Режимы эксплуатации ЭПР: двигательный режим, управляемый режим.

В **следящих ЭПР** сигнал с датчиков перемещения обрабатывается измерительными преобразователями.

Сервопривод – электропривод, обеспечивающий непрерывное плавное управление электродвигателем по заранее заданному закону.

5.1.2. Основные характеристики регулируемых ЭПР

- 1) M_n – номинальный вращающий момент на валу ЭДВ.
- 2) P_n – номинальная механическая мощность.
- 3) ω_n – номинальная частота вращения.
- 4) $D = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}}$ – диапазон регулирования, при сохранении параметров

ЭПР.

- 5) $U_{\min}$ – чувствительность.
- 6) $\frac{M_{\max}}{M_{\min}}$ – перегрузочная способность.
- 7) t_n, t_T – время пуска, время торможения.

Динамические характеристики ЭПР по нагрузке

Зависимость предельной мощности и предельного вращающего момента на валу ЭДВ от угловой скорости Ω , при регулировании U_y и потока возбуждения $\Phi_b (U_b)$, приведена на рис. 65.

Область I. U_y уменьшается до нуля; Ω_n стремится к нулю.

Область II, III. Поток Φ_n уменьшается.

$T_{эм}$ – время, необходимое для разгона ЭДВ до номинальной угловой скорости Ω_n , при постоянном моменте короткого замыкания, развиваемом при прямом включении якоря ЭДВ на номинальное напряжение U_n .

T_γ – электромагнитная постоянная времени – время, необходимое для нарастания тока в обмотке якоря до значения $0,63 I_n$, при подаче на заторможенный якорь ЭДВ ступенчатого напряжения (рис. 66).

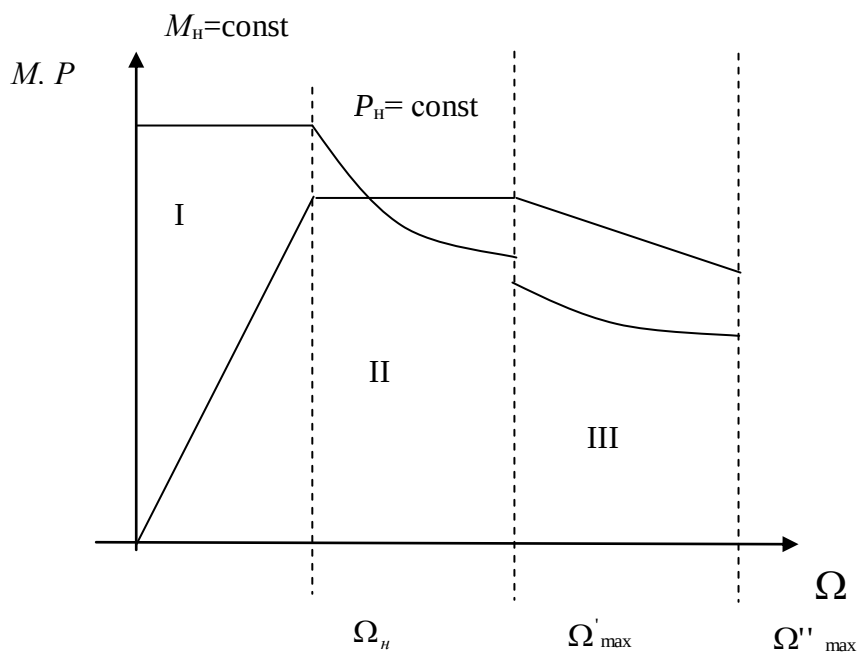


Рис. 65. Динамические характеристики регулируемого электропривода

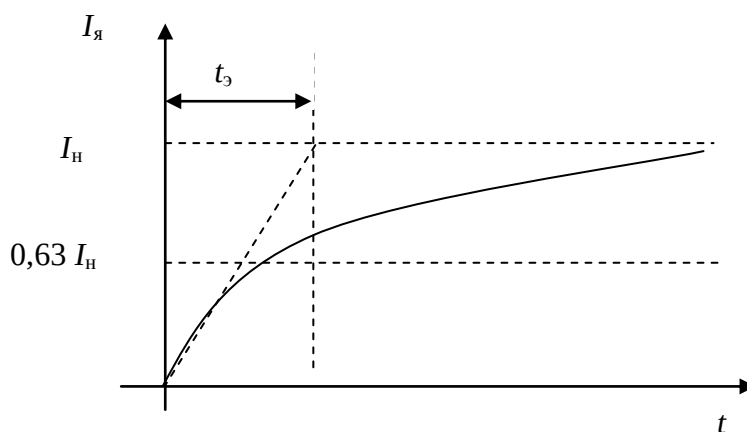


Рис. 66. Нарастание тока в обмотке якоря при подаче на якорь ЭДВ ступенчатого напряжения

5.1.3. Управляемый электрический привод

Управляемый ЭПР состоит из следующих узлов: трансформатора, преобразователя тока или напряжения и электродвигателя. В зависимости от типа применяемого преобразователя, который может быть выполнен на тиристорах или транзисторах, соответственно различают тиристорные или транзисторные ЭПР.

Устройство управления является основным элементом электропривода. Устройство управления асинхронными электродвигателями позволяет осуществлять программное управление движением исполнительного механизма (ИМ). **Основной задачей** управления является регулирование частоты вращения электродвигателя.

ЭП по **принципу управления** бывает замкнутый и разомкнутый. Структурная схема разомкнутого ЭП представлена на рис. 67, когда САУ является замкнутой – на рис. 68. Когда САУ является разомкнутой, имеет место параметрическое регулирование, во втором случае, когда САУ является замкнутой – автоматическое регулирование.

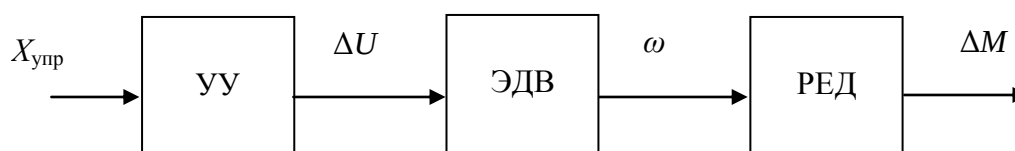


Рис. 67. Структурная схема разомкнутого ЭП

УУ – устройство управления, ЭДВ – электродвигатель, РЕД – редуктор

Структурная схема замкнутого ЭП приведена на рис. 68.

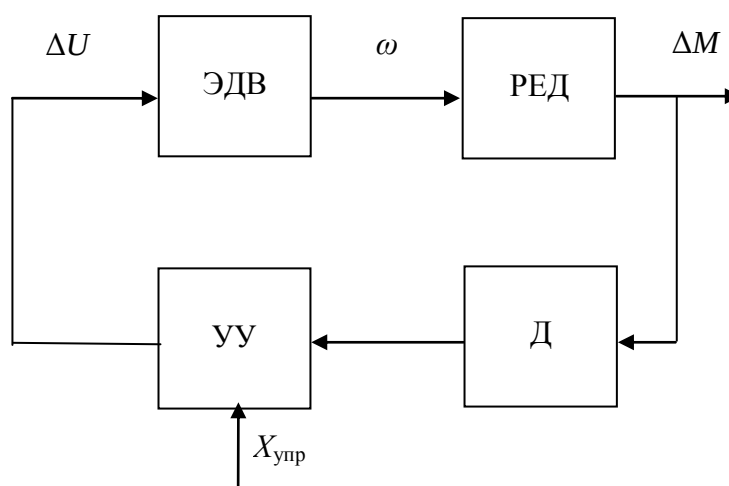


Рис. 68. Структурная схема замкнутого ЭП

УУ – устройство управления; ЭДВ – электродвигатель;
РЕД – редуктор; Д – датчик

В зависимости от выходного параметра, **динамика ЭПР** может быть представлена двумя типами передаточных функций.

Если в качестве выходной величины используется **угловая скорость** Ω , то ЭПР представляют как апериодическое звено 1-го или 2-го порядка.

$$W(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{k}{T_{эм} p + 1}.$$

Если в качестве входной величины используется **угол поворота** φ , то передаточная функция ЭПР может быть представлена следующим образом:

$$W(p) = \frac{\varphi(p)}{U(p)} = \frac{k}{(T_{эм} p + 1)(T_э p + 1)},$$

где $T_{эм}$ – электромеханическая постоянная, $T_э$ – электромагнитная постоянная.

Часто в качестве источника энергии используют однофазную сеть, преобразуя ее в 3-х фазную. Контроль сети осуществляется по более, чем 40 параметрам. Производится регистрация отклонений параметров от предельно-допустимых значений и блокирование ЭПР в случае аварийного режима. ЭПР такого типа экономичны и позволяют исключить редуктор из структурной схемы, что упрощает техническое обслуживание и ремонт ЭПР.

5.1.4. Шаговый электропривод

Механической характеристикой шагового двигателя (ШД) называют зависимость момента от частоты вращения: $M = f(\omega)$.

Жесткость шагового ЭПР:

$$\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}.$$

При $\beta \rightarrow \infty$ получается абсолютно жесткая характеристика. Механические характеристики для других значений β жесткие и мягкие, соответственно уменьшению его значения.

Характеристики подразделяются на естественные и искусственные, в зависимости от того, питается ли шаговый двигатель напряжением с номинальной частотой ω_n , без подключения к его обмоткам добавочных резисторов, или же – с подключением.

Механические характеристики шагового ЭПР подразделяются на три основные группы, в зависимости от характера изменения $M_{ст}$ с изменением частоты ω (рис. 69):

- 1) $M_{ст} = f(\omega) = \text{const}$ (момент статического сопротивления),
- 2) $M_{ст}$ уменьшается, при возрастании частоты ω ,
- 3) $M_{ст}$ возрастает пропорционально изменению частоты ω .

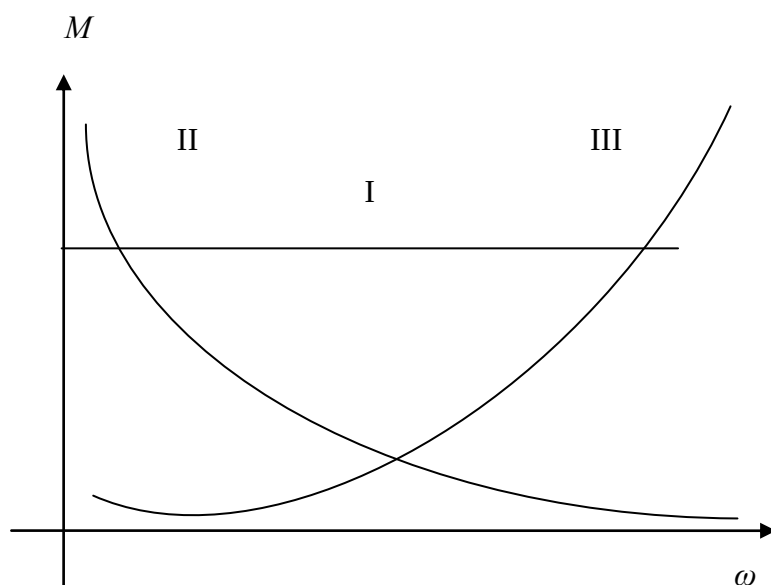


Рис. 69. Механические характеристики шагового ЭПР

Шаговый электропривод применяется в станках с ЧПУ и РТК в сочетании с гидроусилителями.

5.1.5. Тиристорный электропривод

Тиристорные электроприводы постоянного тока

В настоящее время в отечественных станках с ЧПУ и промышленных роботах наибольшее распространение получили тиристорные электроприводы постоянного тока. Основным в работе ЭПР является принцип действия тиристорного преобразователя. Поэтому вначале ознакомимся с основным элементом преобразователя – тиристором, после чего на примере упрощенного тиристорного преобразователя проследим совместную работу тиристорного преобразователя и двигателя при регулировании скорости последнего. Далее рассмотрим принцип работы электроприводов, установленных в станках с ЧПУ и промышленных роботах.

Тиристор – это полупроводниковый прибор с неполным управлением.

Отпирание тиристора может производиться подачей напряжения определенной формы по цепи: управляющий электрод – катод. При этом полярность напряжения, подаваемого на силовую цепь тиристора, должна быть такой, чтобы анод имел положительный потенциал относительно катода.

Ток в силовой цепи может протекать только в одном направлении. Запирание тиристора производится только по силовой цепи. Зависимость между током, протекающим по силовой цепи тиристора, и напряжением может быть проиллюстрирована вольт-амперной характеристикой, представленной на рис. 70.

Сопротивление закрытого тиристора велико, открытого – мало. После того, как тиристор открылся, он не реагирует на сигналы управления.

При отсутствии напряжения, подаваемого на управляющую цепь тиристора, и при наличии напряжения любой полярности на силовой цепи, тиристор практически закрыт. Так, при обратной полярности

напряжения, не превышающего по значению обратное напряжение $U_{обр}$, в силовой цепи протекают малые токи в обратном направлении.

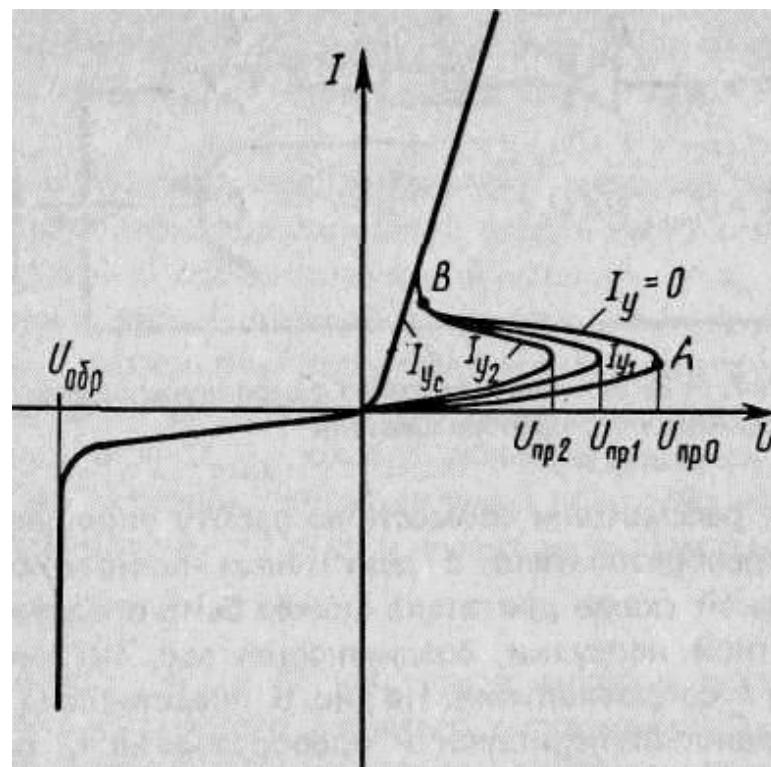


Рис. 70. Вольтамперная характеристика

Представленное на рис. 70 семейство характеристик при напряжении прямой полярности характеризует поведение тиристора при различных уровнях силового напряжения. Как следует из рисунка, чем меньше анодное (силовое) напряжение, тем больший ток управления необходим для переключения тиристора. Падение напряжения на тиристоре не превышает 0,5-1,2 В, а процесс отпираания происходит за 15-20 мкс.

Далее рассмотрим совместную работу **упрощенного тиристорного преобразователя** с двигателем постоянного тока. В электрической схеме двигатель может быть представлен в виде эквивалентной нагрузки, соединяющей ЭДС E , активное сопротивление R и индуктивность L . На рис. 71 представлена схема однофазного однополупериодного преобра-

зователя, работающего на двигатель постоянного тока, а на рис. 72 – диаграмма напряжений и тока в этой схеме.

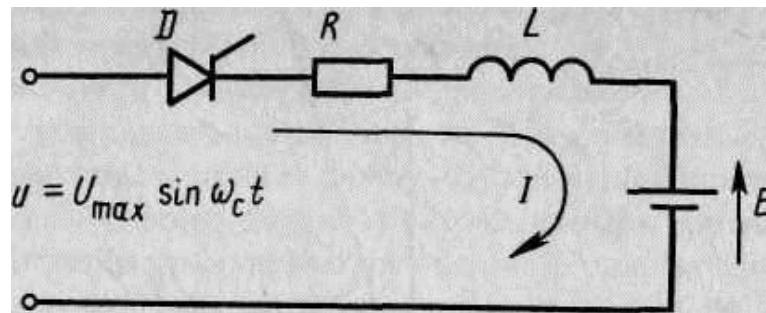


Рис. 71. Эквивалентная схема однополупериодного тиристорного преобразователя

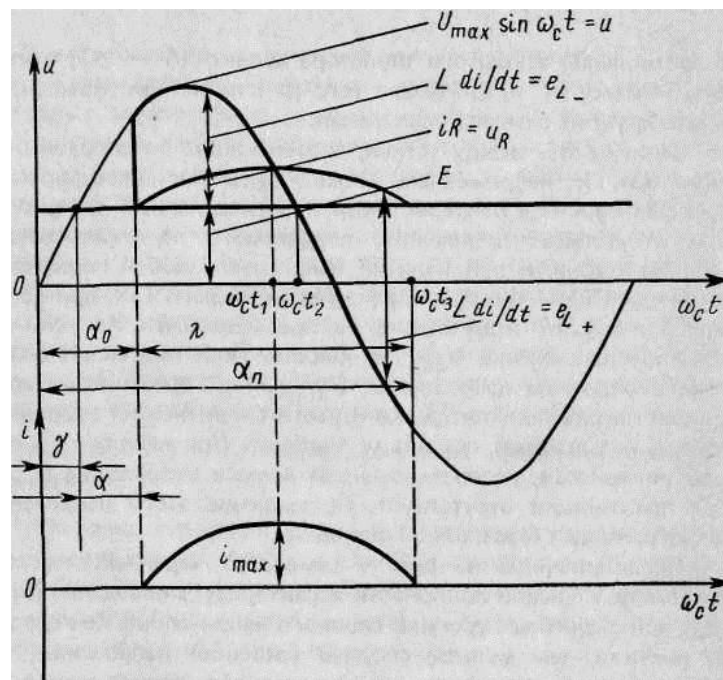


Рис. 72. Диаграмма напряжений и тока для однополупериодного тиристорного преобразователя

На вход схемы подается синусоидальное напряжение $u = U_{\max} \sin \omega_c t$, где u – мгновенное значение напряжения, $U_{\max}$ – амплитуда, ω_c – частота питающей сети.

Если в полупериод положительного анодного напряжения на управляющий электрод тиристора подать импульсный сигнал в момент времени, соответствующий углу $\omega_c t = \alpha_0$ (где α_0 – угол отпирания, отсчитываемый от начала синусоиды анодного напряжения), то тиристор открывается и через нагрузку протекает ток i . В цепи устанавливается баланс напряжений: $U_{\max} \sin \omega_c t = iR + L di/dt + E$.

На рис. 73(а – д) представлены нулевые одно-, трех- и шестифазные схемы преобразователей, а также мостовые одно- и трехфазные.

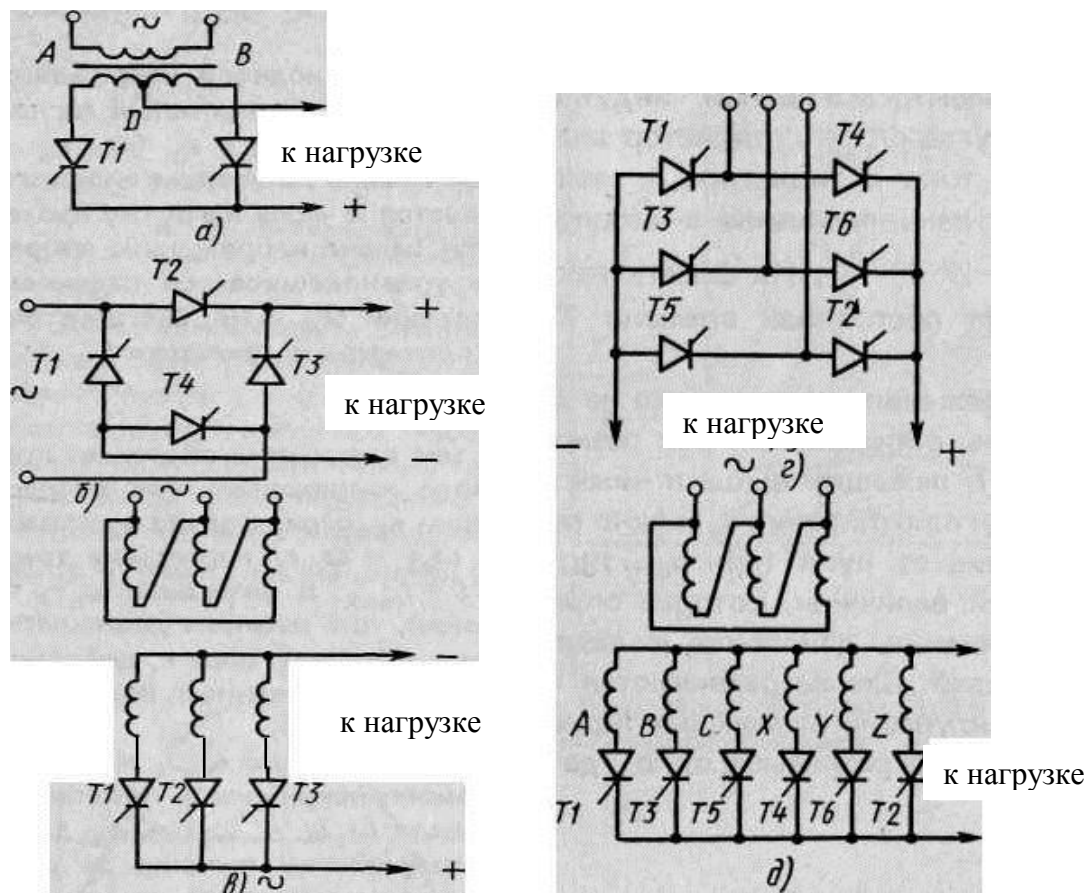


Рис. 73. Схемы однокомплектных тиристорных преобразователей

а – однофазный нулевой двухполупериодный, б – однофазный мостовой, в – трехфазный нулевой, г – трехфазный мостовой, д – шестифазный нулевой

При угле $\omega_c t = \alpha_n$ тиристор закрывается. Длительность протекания тока i в тиристоре зависит от электромагнитной энергии W , накапливаемой в индуктивности цепи нагрузки, и величины тока: $W = Li^2/2$.

Схемы различаются как по количеству фаз, так и по конфигурации включения тиристоров.

В зависимости от количества фаз различают одно-, двух-, трех- и шестифазные схемы, по включению тиристоров – нулевые и мостовые.

На форму тока нагрузки влияет электромагнитная постоянная времени: $T_\gamma = L/R$. Значение выпрямленного напряжения, подаваемого на двигатель и изменяющего его скорость, определяется как разность площадей кривой $U = U_{\max} \sin \omega_c t$, лежащих выше и ниже оси абсцисс в пределах угла λ .

Меняя угол отпирания α , можно регулировать выпрямленное напряжение от нуля до некоторого максимального значения, которое определяет максимальную частоту вращения двигателя и зависит от схем включения преобразователей.

Эти схемы нашли наибольшее применение в приводах. Для каждой из представленных схем минимальный угол управления преобразователем $\alpha_{\min}$, при котором выпрямленное напряжение, подаваемое на двигатель, имеет наибольшее значение, различен.

Для расчета $\alpha_{\min}$ необходимы осциллограммы выпрямленного напряжения. Они представлены на рис. 74 с учетом различного числа фаз m ($m = 2$; $m = 3$ и $m = 6$).

Для любого числа фаз выпрямителя m – угол естественного отпирания определяется по формуле: $\gamma = \pi/2 - \pi/m$.

Угол, отсчитываемый от точки естественного отпирания, обозначают α . Он связан с углом, отсчитываемым от начала синусоиды, соотношением $\alpha = \alpha_0 - \gamma$. При наличии противо-ЭДС в нагрузке, тиристоры не смогут открыться в точке естественного отпирания, так как при $\omega_c t = \gamma$ мгновенное значение положительного напряжения источника $u = U_{\max} \sin \gamma$

меньше отрицательной противо-ЭДС двигателя, что создает на аноде тиристора отрицательный запирающий потенциал.

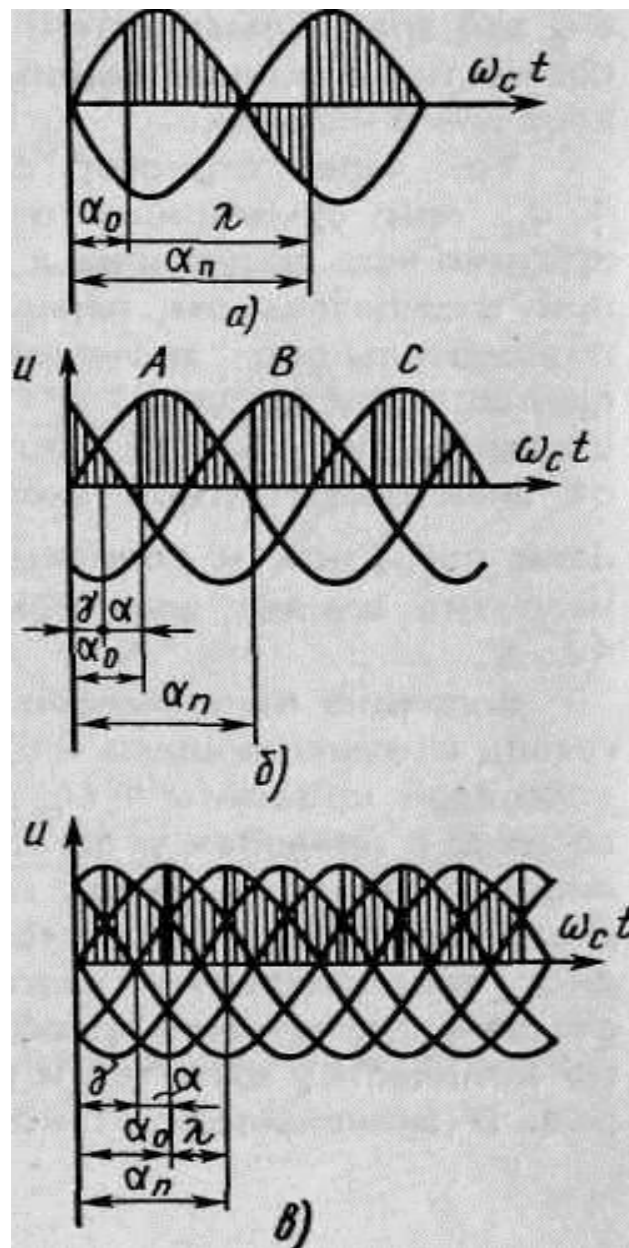


Рис.74. Диаграммы напряжений для двух- (а), трех- (б) и шестифазных (в) тиристорных преобразователей

α_0 – угол отпирания, отсчитываемый от начала синусоиды силового анодного напряжения; α_n – угол запираания; λ – продолжительность включения тиристора; γ – угол естественного отпирания; α – угол отпирания, отсчитываемый от точки естественного отпирания; $\alpha = (\alpha_0 - \gamma)$ – заштрихованная область соответствует напряжению на нагрузке без противо-ЭДС

Минимальный угол отпирания $\alpha_{\min}$ тиристорного преобразователя, работающего на против-ЭДС, определяется из условия равенства положительного мгновенного напряжения источника и отрицательной против-ЭДС двигателя:

$$\alpha_{\min} = \arcsin E/U_{\max}$$

Противо-ЭДС двигателя при максимальной скорости, соответствующей минимальному углу регулирования, приблизительно равна среднему значению выпрямленного напряжения:

$$U_d = \frac{m}{2\pi} \int_0^{2\pi/m} U_{\max} \sin(\alpha_0 + \omega t) d\omega t ,$$

где m – число фаз тиристорного преобразователя; $2\pi/m$ – максимальный угол работы тиристора.

С помощью этой формулы можно определить максимальное значение выпрямленного напряжения U_{d0} при отпирании тиристоров в точке естественного зажигания, соответствующей углу γ , и минимальный допустимый угол регулирования $\alpha_{\min}$.

Для правильного построения системы управления преобразователем необходимо знать угол управления, при котором выпрямленное напряжение (а, следовательно, и скорость двигателя) равно нулю: $\alpha_0 = 90^\circ$ для $m = 2$, $\alpha_0 = 120^\circ$ для $m = 3$ и $\alpha_0 = 150^\circ$ для $m = 6$.

Так определяется диапазон изменения угла управления при изменении скорости от нуля до максимальной.

Статические и динамические характеристики тиристорного электропривода зависят от формы тока, протекающего через двигатель. Как было показано ранее (см. рис. 72), ток через тиристор и двигатель протекает даже в то время, когда напряжение питания отрицательно, что объясняется действием ЭДС самоиндукции: $e_L = L di/dt$.

Продолжительность включения тиристора λ зависит от энергии, запасенной в индуктивности нагрузки, и от числа фаз преобразователя. Если этой энергии недостаточно, то ток прекратится раньше, чем откроется следующий тиристор, и ток в нагрузке будет иметь разрывы – так называемый режим прерывистого тока (рис. 75,а). Чтобы уменьшить пульсации тока в нагрузке, следует увеличить ее индуктивность, установив последовательно с якорем двигателя дополнительный сглаживающий дроссель. При этом продолжительность включения тиристора увеличится, и ток станет начально-непрерывным (рис. 75, б) или непрерывным (рис. 75, в).

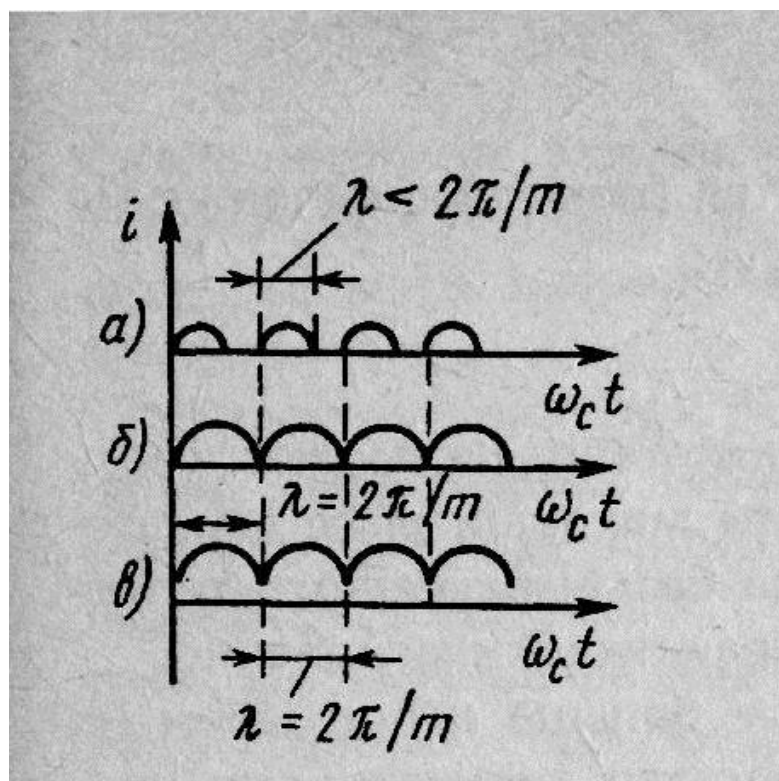


Рис. 75. Ток в нагрузке в режимах прерывистом (а), начально-непрерывном (б) и непрерывном (в)

Максимальная продолжительность включения X равна периоду пульсации выходного (выпрямленного) напряжения тиристорного преобразователя: $X = 2n/m$.

Рассмотренные выше тиристорные преобразователи допускали протекание тока через двигатель лишь в одном направлении, что при неизменном потоке возбуждения приводит к вращению его только в одну сторону. Электроприводы, устанавливаемые в станках с ЧПУ и роботах, способны вращаться в двух противоположных направлениях. Такие приводы принято называть **реверсивными**. Для того чтобы двигатель вращался в обе стороны, в преобразователе должны быть два комплекта тириستоров, каждый из которых дает свое направление тока, протекающего через двигатель.

Двухкомплектные приводы могут работать во всех четырех квадрантах согласно графику, представленному на рис.76.

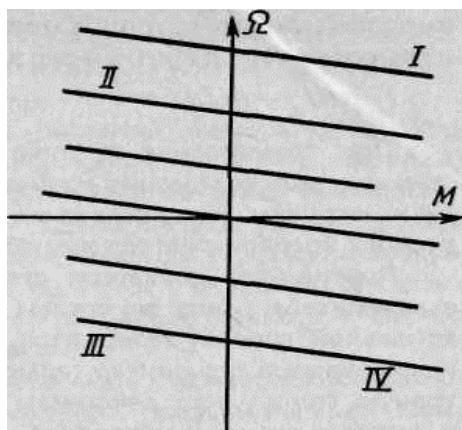


Рис. 76. Механические характеристики реверсивного (четырёхквadrантного) электропривода

В квадрантах I и III тиристорный преобразователь работает в выпрямительном режиме: скорость и момент (ток) имеют одинаковый знак; в квадрантах II и IV ток изменяет свое направление и преобразователь работает в инверсном режиме с отдачей энергии в сеть. При работе в квадранте IV направления момента и скорости также противоположны, знак тока соответствует выпрямительному режиму, преобразователь работает в режиме противотока.

Реверсивные двухкомплектные тиристорные преобразователи могут быть построены по двум принципам – с совместным или отдельным управлением. При совместном управлении открыты тиристоры обеих групп. При этом в каждый момент времени одна группа тириستоров работает в выпрямительном режиме, а другая – в инверсном.

Ток нагрузки протекает через выпрямительную группу и определяется разностью напряжения на выпрямителе и противоэдс двигателя:

$$I_B = (U_B - E) / R.$$

При торможении противо-ЭДС двигателя не может сразу уменьшиться вследствие инерционности маховых масс двигателя и нагрузки. Напряжение на выходе безынерционного тиристорного преобразователя изменяется практически мгновенно.

Противо-ЭДС двигателя становится больше напряжения на выпрямителе; под действием противо-ЭДС тиристоры выпрямительной группы запираются. Ток в двигателе изменяет свое направление и становится тормозным. Он протекает через инверторную группу под действием разности противо-ЭДС двигателя и напряжения на инверторе:

$$I_{и} = E - UJ / R.$$

Упрощенная силовая **схема реверсивного тиристорного электропривода** при совместном управлении приведена на рис. 77. Регулировочные характеристики реверсивного тиристорного преобразователя представлены на рис. 78.

Среднее значение выпрямленного напряжения для выпрямительной и инверторной групп одинаково в том случае, если соблюдено равенство: $\alpha_{и} = 180^\circ - \alpha_{в}$, где $\alpha_{и}$, $\alpha_{в}$ – соответственно углы отпирания тириستоров инвертора и выпрямителя, отсчитываемые от точки естественного отпирания. В этом случае отсутствует постоянная составляющая в цепи урав-

нительного тока $U_B \sim ДР1 - ДР2 - U_{и}$, что является одним из условий нормального режима работы преобразователя. Это условие реализуется системой управления преобразователя.

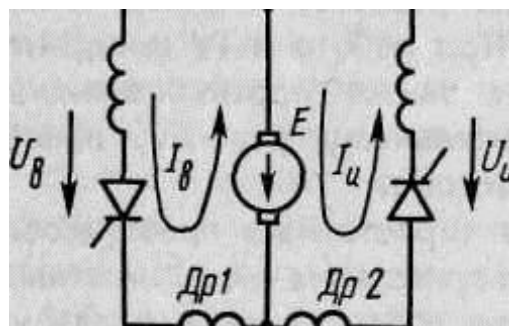


Рис. 77. Упрощенная схема реверсивного тиристорного электропривода

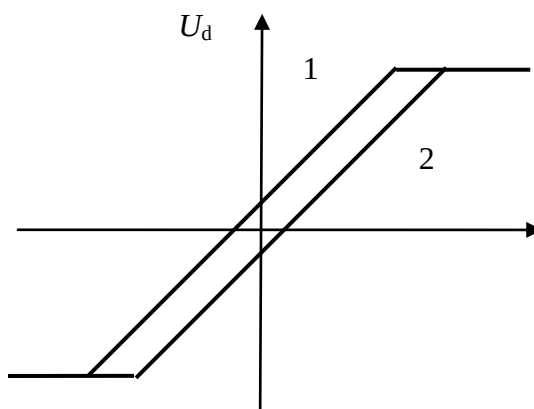


Рис. 78. Регулировочные характеристики реверсивного тиристорного преобразователя

Напряжения на выпрямителе, инверторе и уравнильных реакторах представлены на рис. 79. Уравнильный ток между группами тиристорov ограничивается индуктивным сопротивлением дросселей Др1 и Др2. Вследствие вентильных свойств тиристорov уравнильный ток между группами однонаправленный – от катодной группы (+) к анодной (–).

В станках с ЧПУ и роботах применяются реверсивные тиристорные электроприводы постоянного тока, как с совместным, так и с отдельным управлением преобразователем.

В последнем случае также необходимы два комплекта тиристоров, отсутствует контур уравнивающего тока и отпадает необходимость в применении уравнивающих дросселей Др1 и Др2, что уменьшает расход меди и электротехнической стали. Однако наряду с этим ухудшаются энергетические характеристики двигателя, и существенно усложняется алгоритм управления преобразователем, что усложняет наладку и обслуживание электропривода.

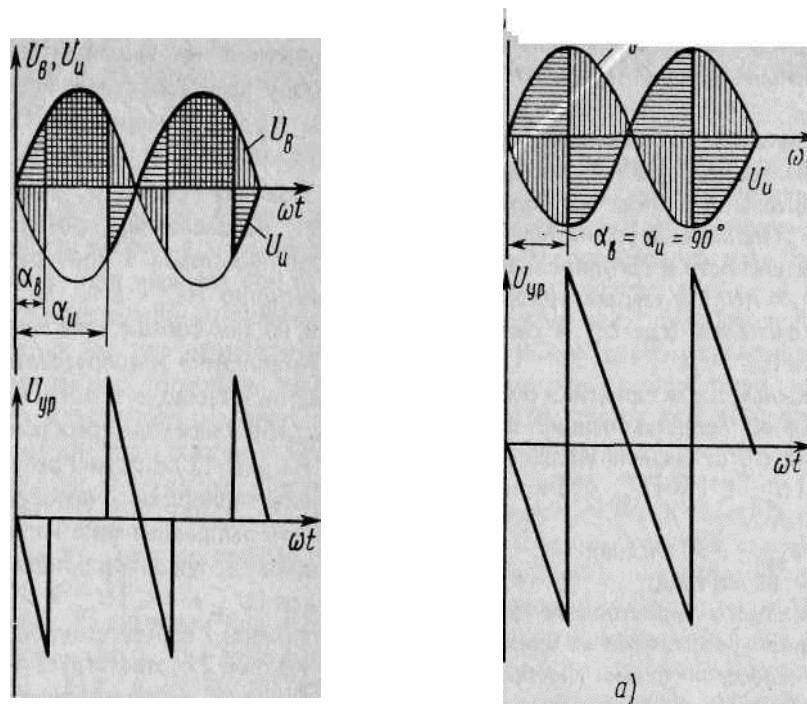


Рис. 79. Кривые напряжений на выпрямителе, инверторе и уравнивающих реакторах

а) $\alpha_B = \alpha_U = \alpha_{нач} = 90^\circ$; б) $\alpha_B = 45^\circ$ и $\alpha_U = 180^\circ - 45^\circ = 135^\circ$

Технические характеристики обоих видов электроприводов примерно одинаковы. Поэтому выбор того или иного вида зависит от конкретных требований.

В состав тиристорного электропривода, как уже отмечалось, помимо двигателя и преобразователя входят либо токоограничивающие реак-

торы, либо трансформаторы. Они служат для подключения преобразователя к питающей сети.

Токоограничивающие реакторы ограничивают токи короткого замыкания и снижают скорость изменения тока в нагрузке di/dt . **Трансформатор** служит для согласования напряжения сети с напряжением двигателя. В результате этого повышается коэффициент мощности привода при высоких скоростях и снижается амплитуда пульсаций напряжения на якоре двигателя, что положительно сказывается на работе постоянных магнитов возбуждения и облегчает коммутацию двигателей. Кроме того, трансформатор так же, как и реакторы, ограничивает ток короткого замыкания и снижает скорость изменения тока в тиристорах, а также уменьшает влияние помех сети и других источников на работу привода.

Типовая функциональная схема регулируемого тиристорного электропривода показана на рис. 80.

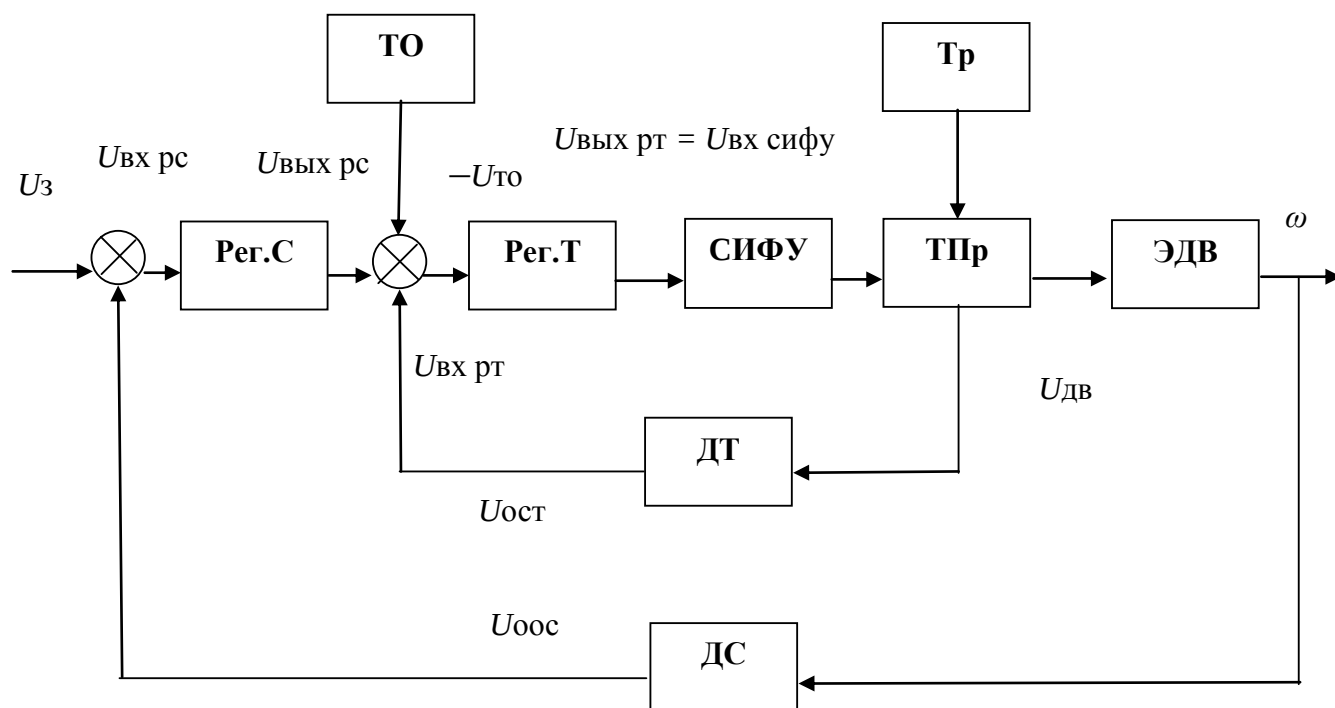


Рис. 80. Типовая функциональная схема тиристорного электропривода

На входе первого сумматора алгебраически суммируются сигнал задания скорости U_3 и сигнал отрицательной обратной связи по скорости $U_{оос}$ с датчика скорости ДС. Эта разность $U_3 - U_{оос} = U_{вх\text{ рс}}$ поступает на вход регулятора скорости **Рег.С**. С выхода **Рег.С** напряжение $U_{вых\text{ рс}}$ передается во второй сумматор, где оно суммируется с сигналом отрицательной обратной связи по току $U_{ост}$ с датчика тока ДТ. Сигнал с выхода регулятора тока **Рег.Т** подается на вход **системы импульсно-фазового управления СИФУ**.

Значение и знак этого напряжения определяют значение и знак напряжения на выходе тиристорного преобразователя **ТП**, а, следовательно, скорость ω и направление вращения двигателя **ЭДВ**. Переменное сетевое напряжение через силовой трансформатор **Тр** поступает на тиристорный преобразователь **ТПр**, выполненный по принципу отдельного или совместного управления.

Управляющее напряжение на тиристоры подается от системы импульсно-фазового управления **СИФУ**. Система импульсно-фазового управления служит для формирования управляющих импульсов, распределения их по тиристорам и регулирования их фазы.

Структурная схема системы импульсно-фазового управления состоит из компаратора, усилителя-формирователя и импульсного трансформатора. На вход компаратора поступают опорное напряжение и управляющее напряжение с выхода регулятора тока.

Компаратор формирует двухполярное напряжение переменной скважности, которая зависит от уровня и знака управляющего напряжения. Компаратор строится на аналоговом интегральном усилителе без обратных связей.

Усилитель-формирователь преобразует напряжение на выходе компаратора в серию однополярных узких импульсов постоянной ам-

плитуды и ширины, фаза импульсов зависит от скважности сигнала на выходе компаратора. Усилитель-формирователь строится на биполярных транзисторах и резистивно-емкостных цепях.

Импульсный трансформатор гальванически разделяет силовую часть преобразователя и систему управления.

Таким образом, система импульсно-фазового управления преобразует двухполярное аналоговое напряжение на выходе регулятора тока в серию импульсов прямоугольной формы, поступающих на управляющие электроды тиристоров в требуемой фазе.

С помощью регуляторов тока и скорости, как уже упоминалось, достигаются необходимые статические и динамические характеристики тиристорного привода.

Статические характеристики этого привода (диапазон регулирования, чувствительность) в основном определяются параметрами регулятора скорости, а динамические характеристики (форма переходных процессов при пуске, реверсе и торможении, реакция на возмущение по нагрузке) зависят от параметров регуляторов скорости и тока.

На регуляторах реализуют самые различные законы управления, но чаще всего – пропорционально-интегральный (ПИ).

Схемотехника регуляторов относительно проста – аналоговый интегральный усилитель с резистивно-емкостными обратными связями. Особенность регулятора скорости состоит в том, что он должен иметь малый собственный дрейф выходного напряжения, так как этот параметр определяет стабильность нижней скорости двигателя.

Узел токоограничения предохраняет двигатель от протекания по его обмоткам токов, которые могут вывести его из строя при пусках (торможениях) на большие скорости. Принцип работы узла заключается в сравнении истинного тока, протекающего в двигателе (сигнал с датчика тока), с

допустимым значением. Если сигнал датчика тока превышает допустимый, то на выходе регулятора тока уменьшается уровень сигнала и снижается значение напряжения, подаваемого с выхода тиристорного преобразователя на двигатель. В результате ток двигателя падает до допустимого уровня. Узел токоограничения построен на аналоговых интегральных усилителях и резистивно-диодных цепях.

Датчик тока дает информацию о размере и направлении тока, протекающего через двигатель. Датчик тока состоит из измерительной (шунт, магнитодиоды, элементы Холла) и преобразовательной частей (магнитно-транзисторная и интегральная схемотехника). Требования к стабильности линейности и точности датчика тока не жесткие, но он должен быть помехоустойчив и обладать большим быстродействием. Кроме того, он должен гальванически разделять силовую часть преобразователя и систему управления.

Датчик скорости (тахогенератор) дает информацию о размере частоты и направлении вращения вала двигателя. Это специальная электрическая машина – тахогенератор, встроенная в двигатель. К датчику скорости предъявляются очень жесткие требования по крутизне, линейности, стабильности выходного напряжения и уровню его пульсаций.

Параметры датчика скорости определяют как статические, так и динамические характеристики привода в целом.

Тахогенератор является неотъемлемой частью всех аналоговых регулируемых электроприводов для станков с ЧПУ и роботов.

Тиристорные электроприводы выпускаются комплектно. В комплект входят:

- силовой трансформатор (токоограничивающие реакторы);
- тиристорный преобразователь;
- уравнивательные дроссели;

- двигатель со встроенным тахогенератором.

Двигатели, применяемые в станкостроении, существенно отличаются от двигателей общепромышленных серий.

5.2. Гидравлический привод

В приводе такого типа в качестве рабочей среды используются специальные минеральные масла. Основными элементами гидропривода являются гидроцилиндры и электро-клапаны, выполненные конструктивно так же, как и для пневмопривода.

Однако в данном случае предъявляются более жесткие требования к качеству соединений, а выброс рабочей среды производится в специальную магистраль.

Данный привод обеспечивает надежную работу оборудования и высокие усилия при малых габаритах.

Подготовка рабочей среды производится в специальных гидростанциях (рис. 81), для размещения которых необходимо выделять соответствующее место в цехе. В отличие от пневмопривода гидравлический привод представляет определенную опасность для обслуживающего персонала, поскольку при нештатных ситуациях, за счет несжимаемости жидкости создается высокое давление в гидросистеме, что может привести к ее разрыву. С другой стороны, свойство несжимаемости жидкости позволяет использовать данный тип привода в различных гидроустановках.

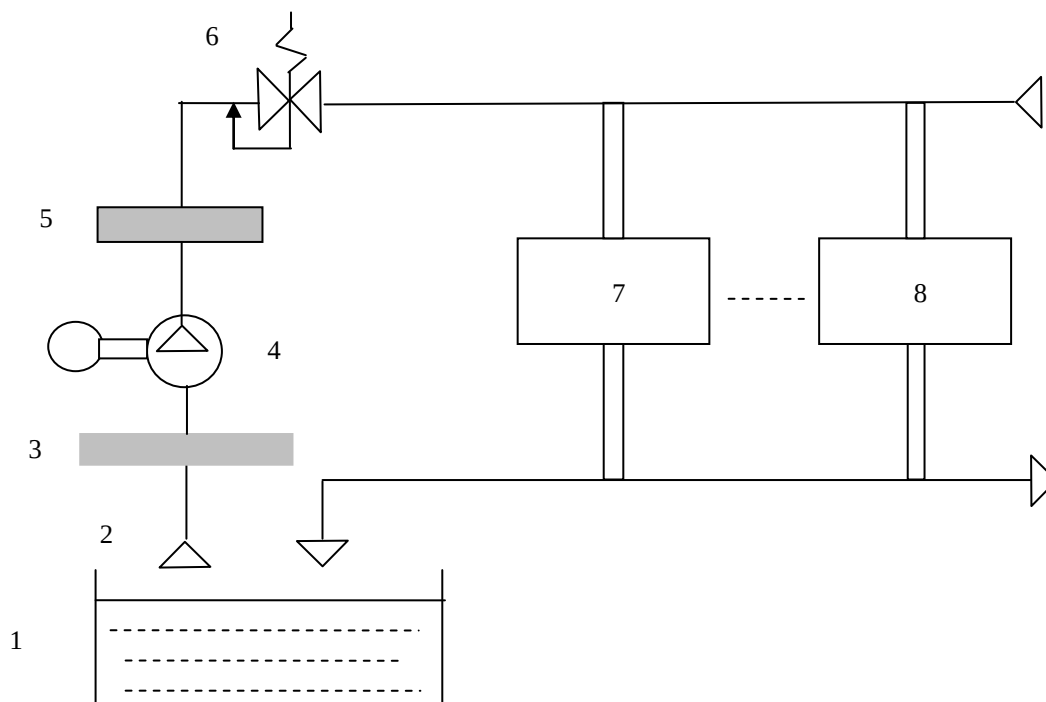


Рис. 81.Схема гидравлического привода

1 – бак с рабочей жидкостью; 2 – штуцер; 3 – фильтр грубой очистки; 4 – насос переменной производительности, которая определяется числом потребителей; 5 – фильтр тонкой очистки; 6 – предохранительный клапан; 7, 8 – потребители

5.3. Пневматический привод

Система УСЭППА (унифицированная система элементов и приборов пневмоавтоматики). Система состоит из большого количества элементов, выполняющих простейшие функции в системах регулирования:

- ◆ задатчики;
- ◆ дроссели;
- ◆ повторители сигналов;
- ◆ усилители;
- ◆ емкости.

Входные и выходные сигналы, действующие в непрерывных и дискретных системах унифицированы: $0,2-1,0$ и $0-1,4 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$.

Элементы и приборы УСЭППА по функциональному назначению делятся на следующие типы:

- ◆ элементы для **формирования** информации (задатчики, пневмотумблеры);
- ◆ элементы для **обработки** информации (дрессели, емкости, усилители, повторители, реле);
- ◆ элементы для **представления информации** (табло, блинкеры);
- ◆ элементы для **преобразования** сигналов;
- ◆ **измерительные преобразователи** (конечные выключатели, элементы сравнения);
- ◆ **вспомогательные элементы** (фильтры, редукторы, вентили).

Условные обозначения элементов приведены на рис. 82.



Рис. 82. Условные обозначения элементов

- 1 – пневмолиния питания; 2 – пневмолиния, связанная с атмосферой;
3 – пневмолиния входного сигнала; 4 – пневмолиния выходного сигнала;
5 – мембрана с жестким центром; 6 – сопло; 7 – постоянный дроссель

5.3.1. Схема пневматического привода

Основным элементом в этом приводе является пневмоцилиндр, в состав которого входит поршень с уплотнительными кольцами, помещенный в корпус пневмоцилиндра. Эта конструкция закрывается крышками,

через которые в рабочие полости подводится воздух – рабочая среда (рис. 83).

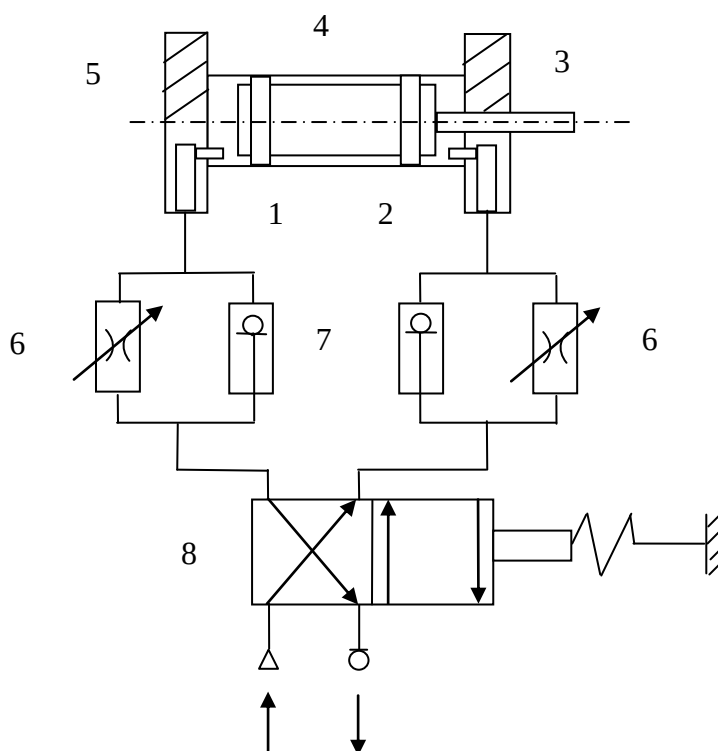


Рис. 83. Схема пневматического привода

- 1 – поршень; 2 – уплотнительные кольца; 3 – шток; 4 – корпус; 5 – крышка;
 6 – регулируемый дроссель; 7 – запорный клапан;
 8 – электромагнитный пневмоклапан

Пневматический привод работает следующим образом: исходное положение, изображенное на рис. 84, соответствует отсутствию напряжения питания на катушке электромагнита. Воздух под давлением по правому каналу подается в правую полость цилиндра. Так как регулирующий и запорный клапаны имеют различное сопротивление движению воздуха, он проходит по пути наименьшего сопротивления через запорный клапан, поскольку в этом направлении он полностью открыт.

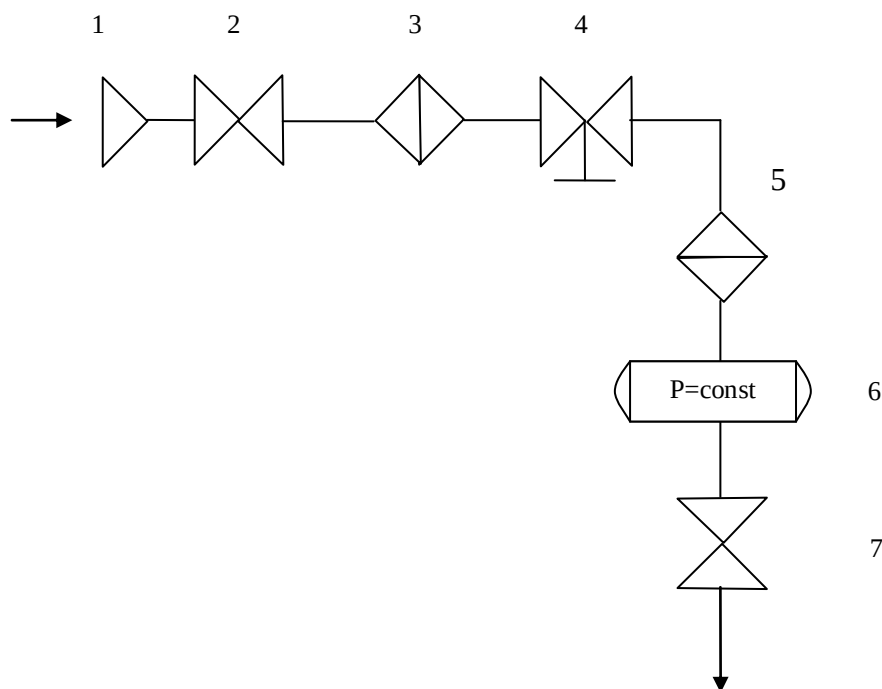


Рис. 84. Схема подготовки воздушной смеси

1 – штуцер для подачи воздуха от компрессора; 2 – дроссель;
3 – фильтр-влагоотделитель; 4 – регулирующий дроссель, задающий давление в магистрали; 5 – маслораспылитель; 6 – ресивер, емкость, обеспечивающая поддержание постоянного давления при подключении нескольких потребителей; 7 – вентиль, отключающий потребителя при выполнении ремонтных работ

Левая полость цилиндра соединена с атмосферой и воздух, при вытеснении из нее, проходит только через регулируемый клапан. Запорный клапан на этом участке закрыт. Шток находится в крайнем левом положении. При подаче питающего напряжения на обмотку электромагнита, полости электро-пневмоклапана меняются местами. При этом воздух под давлением подается в левую полость, а правая – соединяется с атмосферой. Шток начинает перемещаться вправо. Скорость его перемещения изменяется настройкой регулируемых дросселей.

Рассмотренный пневмопривод является приводом с **поступательным движением** рабочего органа. Передаточная функция привода соответствует передаточной функции интегрирующего звена.

В производственных системах необходимо обеспечить подачу в пневмоцилиндры специально подготовленного воздуха, который не должен содержать влаги и в составе которого должно быть распыленное масло. Для этого предусматривается специальная схема подготовки воздуха.

Пример:

Пневмоцилиндры серии Nwt (рис. 85). Серия приборов обладает рядом преимуществ и предназначена для замены стандартной серии пневмоцилиндров TTM и TTR.

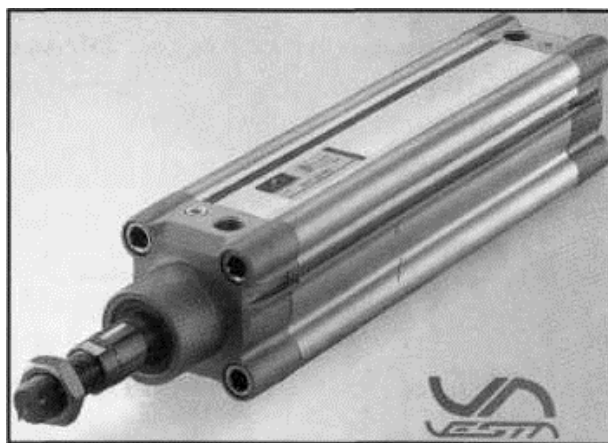


Рис. 85. Пневмоцилиндр

Особенности серии пневмоцилиндров:

- ◆ соответствует стандарту ISO 15559;
- ◆ наличие магнитного поршня;
- ◆ шток выполнен из нержавеющей стали;
- ◆ применяются полиуретановые уплотнения;
- ◆ работает без смазки;
- ◆ срок службы – не менее пяти тысяч километров.

Конструкция пневмопривода вращательного движения включает в себя вращающуюся подвижную часть с лопастями. Частота вращения выходного вала может достигать 10000 об/мин. Такой инструмент применяется во взрывопожароопасных помещениях. По этому принципу построены пневмодрели – пневматические устройства для сверления отверстий.

Список литературы

1. Михайлов, О.П. Современный электропривод станков с ЧПУ и ПР : учеб. пособие. Кн. 14. / О. П. Михайлов, Р. Т. Орлова, А. В. Пальцев; под ред. д-ра техн. наук Б. И. Черпакова. – М. : Высш. шк., 1989. – 111 с.
2. Фаразани, Н. Г. Технологические измерения и приборы: учебник для студентов вузов / Н. Г. Фаразани, Л. В. Илясов, А. Ю. Азим-заде. – М.: Высш. шк., 1989. – 456 с.
3. Сосонкин, В. Л. Программное управление технологическим оборудованием: учебник для вузов / В. Л. Сосонкин. – М.: Машиностроение, 1991 г.
4. Шемелин, В. К. Проектирование систем управления в машиностроении: учебник для вузов / В. К. Шемелин. – М.: Изд-во Станкин, 1998.
5. Теория автоматического управления: учебник для вузов / В. Н. Брюханов, М. Г. Косов, С. П. Протопопов, Ю. М. Соломенцев, Н. М. Султан-Заде, А. Г. Схиртладзе; под ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2000.
6. Синопальников, В. А. Надежность и диагностика технологических систем : учебник / В. А. Синопальников, С. Н. Григорьев. – М.: Высш. шк., 2005. – 343 с.
7. Обучение. Станки с ЧПУ [Электронный ресурс] /CD-ROM, 2001. – Режим доступа: www.madi.ru.
8. InterNet – Режим доступа: www.kipservis.ru.
9. InterNet – Режим доступа: www.stankopark.ru.
10. Трофимов Б. Ф. Курс лекций по УПОМ / Б. Ф. Трофимов. – Ярославль: ЯГТУ, 2000.