

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

**Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники**

Кафедра электронной техники и технологии

С.В. Грушецкий

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

по дисциплине

«Робототехника и гибкие автоматизированные производства в
электронно-оптическом аппаратостроении»

для студентов специальности

«Электронно-оптическое аппаратостроение»

Минск 2002

УДК 658.512.012 (075.8)
ББК32.81я73 Г 90

Грушецкий С. В.

Г 90 Лабораторные работы по дисциплине «Робототехника и гибкие автоматизированные производства в электронно-оптическом аппаратостроении» для студентов специальности «Электронно-оптическое аппаратостроение»/ С. В. Грушецкий.—Мн.: БГУИР, 2002- 51 с.: ил.
ISBN 985-444-405-8

Лабораторные работы предназначены для студентов специальности «Электронно-оптическое аппаратостроение». Включают в себя работы, составленные в соответствии с программой МО РБ, и охватывают основы построения роботизированных комплексов и устройств гибкой автоматизации производства РЭС или МЭА с применением роботов и микропроцессоров. Все лабораторные работы составлены с учетом использования вычислительной техники и имеют целью научить анализировать данные экспериментов.

УДК 658.512.012 (075.8)
ББК 32.81я73

ISBN 985-444-405-8

© С. В. Грушецкий, 2002
© БГУИР, 2002

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N 1

СИСТЕМА ЦИКЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ

Цель работы

Изучение цикловых систем управления роботами* Изучение принципа работы микроконтроллера, программируемого МКП-1, получение навыков составления управляющих программ.

Краткие теоретические сведения

Система управления предназначена для формирования логической последовательности действий робота и обеспечения автоматической работы его устройств в соответствии с заданной программой, осуществления связи между действиями самого робота и обслуживаемого им оборудования и контроля за выполнением операций. Системы управления могут работать по жесткой и гибкой программам. Система управления с жесткой программой предназначена для выполнения повторяющихся операций в неизменной среде, имеет механическую память и задает движение рабочим органам робота в виде последовательности значений требуемых положений. Жестко программируемые системы управления могут быть цикловыми, позиционными, контурными и контурно-позиционными. Цикловые системы управления применяются для простейших роботов, работающих по заданному циклу, в которых фиксация подвижных элементов в заданных точках осуществляется жесткими упорами или с помощью концевых выключателей.

Отработка управляющей программы заключается в реализации требуемых параметров перемещения отдельных исполнительных механизмов промышленных роботов и обслуживаемого оборудования. К этим параметрам относятся: положение исполнительных механизмов, скорость и ускорение их движения, время остановки и др. Для оценки временных параметров используют счетчики времени (таймеры), подключаемые в момент построения соответствующих команд. Временной интервал, формируемый с помощью таймера, и

его сравнения с требуемым позволяют устанавливать нужные выдержки времени при работе робота. Для поддержания заданных пространственных и скоростных параметров движения исполнительных механизмов применяют различные следящие устройства (как по положению, так и по скорости и по ускорению) в виде датчиков обратной связи (револьверы, индуктосины, потенциометры сельсины, тахогенераторы и др.).

Для управления промышленными роботами применяются серийные станочные устройства с ЧПУ, специализированные и унифицированные устройства управления. При использовании устройств с ЧПУ для управления промышленными роботами возникают следующие трудности: усложняются процессы программирования работы станка и комплекса «станок — ПР» (поскольку управляющая программа робота и станок объединены); начало функционирования робота и станка не совпадает по времени (поскольку число управляющих координат серийных устройств с ЧПУ меньше суммы числа координат робота и станка); невозможно обеспечить программирование робота методом обучения, станочные устройства с ЧПУ, предназначенные для управления технологическим оборудованием, во многом не удовлетворяют специфическим требованиям, предъявляемым к промышленным роботам. Поэтому применение серийных станочных устройств с ЧПУ для управления промышленными роботами является вынужденным.

Специализированные устройства управления промышленными роботами проектируются, как правило, разработчиками роботов и в значительно большей степени соответствуют предъявляемым к роботам требованиям

Цикловые устройства программного управления типа УЦМ-Ю, УЦМ-20, УЦМ-30 и УЦМ-663 различаются числом выходных сигналов и вспомогательных команд. Они имеют ограниченные манипуляционные и функциональные возможности, т.е. небольшое число точек позиционирования по каждой степени подвижности. Командный сигнал системы управления представляет собой сигнал определенной полярности, который появляется на соответствующий цикл.

Блок управления модели УЦМ-10 (рис. 1) выполнен по модульному принципу и состоит из модуля А (МА), предназначенного для связи с ЭВМ и внешним технологическим оборудованием, и не более пяти модулей Б (МБ1-МБ5), каждый из которых может управлять двумя координатами. Каждый модуль (А или Б) состоит из платы управления и платы задания управляющей программы. Требуемая управляющая программа составляется изменением очередности поступления этих импульсов на входы триггеров формирования управляющих команд. Плата управления модуля А синхронизирует работу всего устройства. Режимы работы: автоматический, полуавтоматический, наладочный.

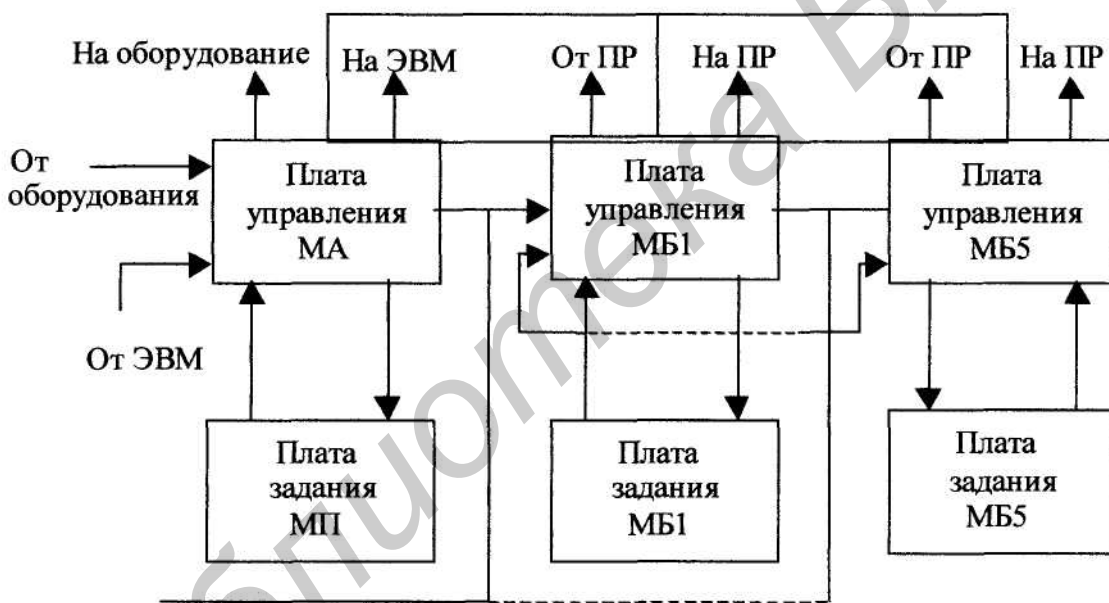


Рис. 1. Структурная схема циклового управления роботом УЦМ-10.

Устройство модели УЦМ-20 (рис. 2) построено по принципу синхронного программного автомата с жестким циклом управления. Управляющую программу набирают в блоке задания программы с помощью диодных штекеров. В блоке формирования управляющих команд определяется их последовательность на основании информации, поступающей из блока задания управляющей программы и блока управления.

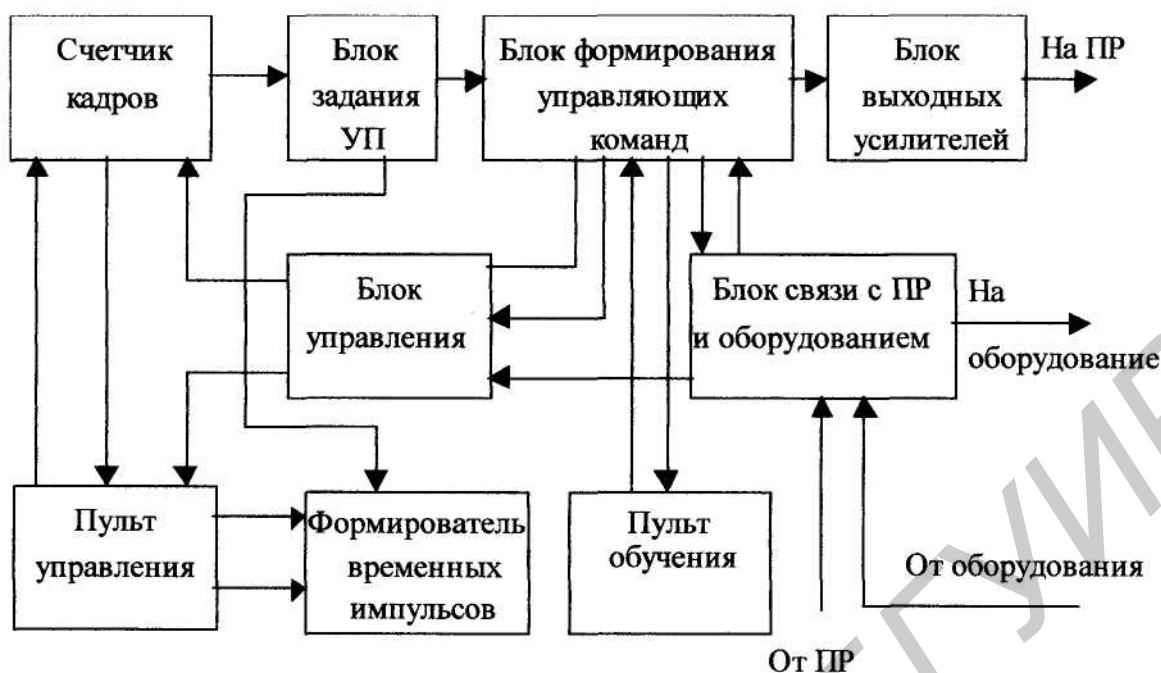


Рис. 2. Структурная схема циклового управления роботом УЦМ-20

Управляющие команды на перемещение рабочих органов робота выдаются через блок выходных усилителей. Управляющие команды на обслуживаемое оборудование, прием информации, поступающей с него и датчиков положения подвижных органов роботов, выдаются через блок связи с промышленным роботом и технологическим оборудованием. Режимы работы автоматический, полуавтоматический, наладочный

Устройство модели УЦМ-30 (рис.3) является модификацией устройства УЦМ-20 и отличается от последнего наличием оперативной памяти. Устройство сохраняет управляющую программу при отключении питания.

Основной принцип циклового управления автоматическими роботами, заключающийся в осуществлении позиционирования манипулятора по упорам, определяет ряд характерных особенностей цикловых систем управления, главными из которых являются следующие:

а) программирование логической и технологической информации дискретного вида, определяющей последовательность движения звеньев манипулятора, длительность позиционирования и т.д.;

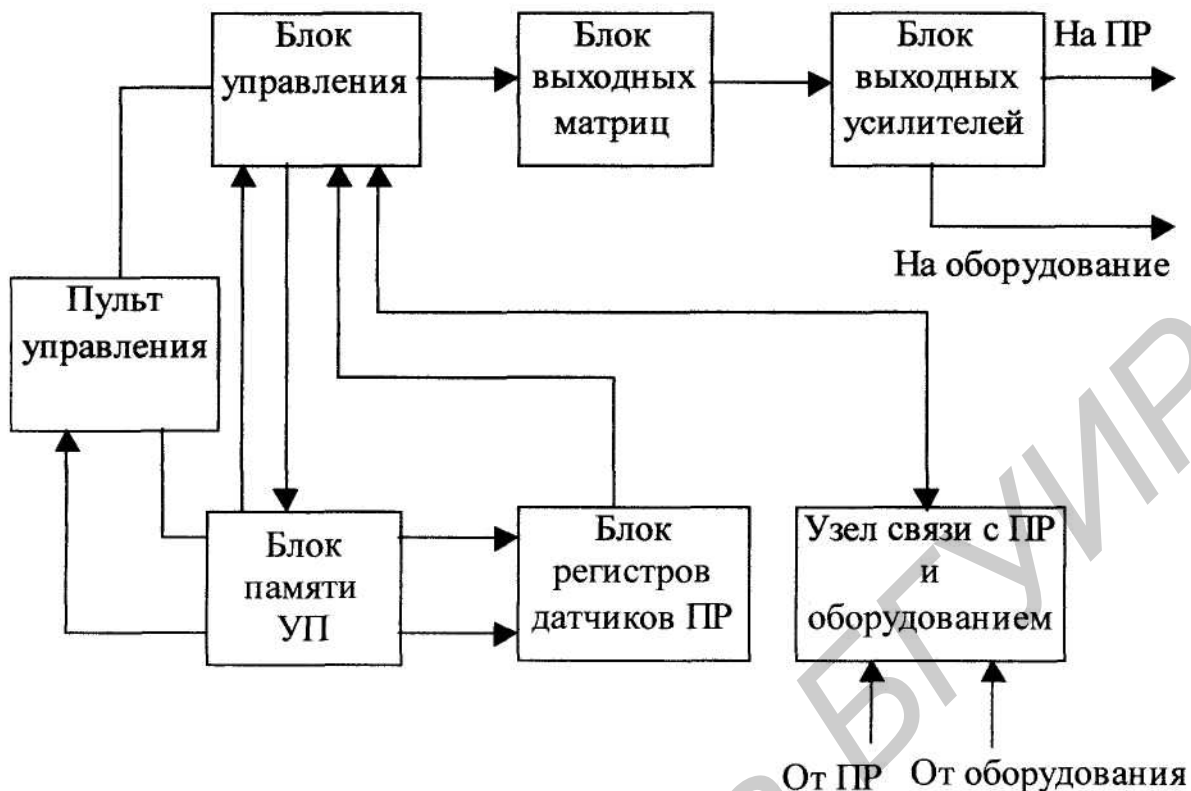


Рис. 3. Структурная схема циклового управления роботом УЦМ-30

б) выделение информации о перемещениях по отдельным степеням подвижности, задаваемым с помощью регулируемых упоров или датчиков положения;

в) сравнение заданного и фактического положений звеньев манипуляторов в естественном коде;

г) управление по разомкнутому циклу.

В общем случае состав устройства циклового программного управления включает в себя управляюще-вычислительный модуль, программноноситель, блоки сопряжения с роботом и технологическим оборудованием, панель управления и пульт ручного управления обучением.

Ядром системы является управляюще-вычислительный модуль, основная функция которого заключается в формировании микроопераций (управляющих импульсов), соответствующих требуемому алгоритму, для выдачи их в операционные узлы и другие функциональные блоки. В электронных устройствах

цикловое программное управление в качестве управляюще-вычислительного модуля, как правило, используются микропрограммные автоматы различных типов. Организация управляюще-вычислительных модулей микропроцессорных систем циклового управления реализуется на базе микропроцессорных наборов и микроЭВМ различных конфигураций.

Процесс обучения заключается в ручной регулировке упоров и занесении в программоноситель информации о последовательности смены положений его отдельных звеньев. Программирование управляющей информации производится по кадрам, состав и число которых определяются командами, выдаваемыми на приводы робота и технологическое оборудование. При автоматическом воспроизведении программы информация об очередности выполнения отдельных операций считывается по кадрам из программоносителя в управляюще-вычислительный модуль, формирующий команды управления на блок сопряжения с роботом и технологическим оборудованием.

Унифицированные цикловые системы, предназначенные для управления роботами с промежуточным позиционированием отдельных звеньев манипулятора по выдвижным упорам и различного рода технологическим оборудованием со сложной логикой управления, характеризуются рядом особенностей, из которых определяющими являются следующие:

- а) осуществляется управление выдвижными упорами;
- б) реализуются алгоритмы торможения звеньев робота при приближении к упору;
- в) формируются технологические команды с переменной последовательностью кадров;
- г) применяется развитая система аварийных блокировок.

Типичным примером систем такого типа является унифицированное устройство циклового управления УЦМ-663 (рис. 4).

Расширение логических возможностей как одно из требований, предъявляемых к системам подобного типа, привело к необходимости построения

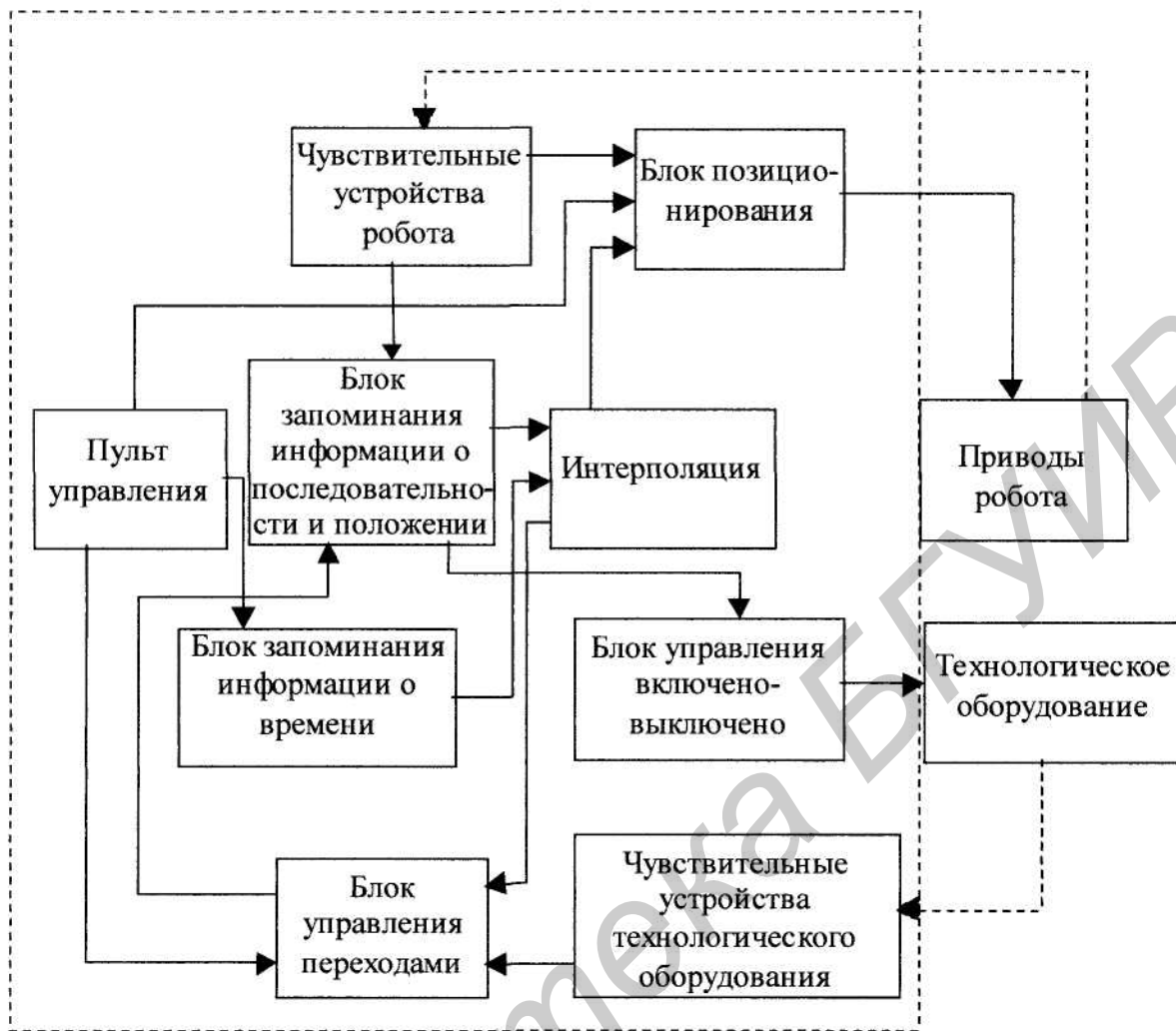


Рис 4. Структурная схема циклового управления роботом УЦМ-662

управляюще-вычислительного модуля в виде набора функциональных узлов с общим управлением от центрального блока, реализованного на базе микропрограммного автомата с жестким циклом управления.

Управляющая программа хранится в блоке памяти и сохраняется при отключении питания. По заданной управляющей программе в блоке управления обрабатывается информация. Затем через блоки выходных матриц и выходных усилителей управляющие команды выдаются на промышленный робот и технологическое оборудование. Управляющие команды блока управления формируются на основе информации, поступающей из следующих блоков: памяти управляющей программы связи с промышленным роботом и технологическим

оборудованием, накопителя информации датчиков промышленных роботов. Блок выходных усилителей, построенный на тиристорах, предназначен, с одной стороны, для выдачи управляющих команд необходимой мощности на промышленный робот и обслуживаемое оборудование, а с другой — для полной гальванической или электромагнитной развязки цепей управления и мощных выходных цепей. Режим работы устройства: автоматический, цикловой, покадровый, покомандный, ручной, задание программы, регенерация программы.

В качестве программносителя в системе используется «энергонезависимое» оперативно-запоминающее устройство (ЭНЗУ) на интегральных микросхемах, позволяющих сохранить записанную информацию при отключении источника питания.

Управляющая информация в процессе функционирования устройств формируется блоком центрального управления в соответствии с программой, записанной в запоминающее устройство. Система ввода команд роботу, включающая в свой состав программируемые диодные матрицы, которые реализуют алгоритмы управления, обеспечивает сопряжение устройства с приводами всевозможных типов цикловых роботов. Вырабатываемые блоками управления роботом и технологическим оборудованием сигналы управления непосредственно поступают на соответствующие приводы через блок входных усилителей. Блок сопряжения с датчиками робота и специальная схема в блоке управления технологическим оборудованием формируют сигналы отработки кадра. Для предотвращения аварийных ситуаций в устройстве предусмотрена программируемая с помощью специальной диодной матрицы система аварийной блокировки, выдающая на блок центрального управления сигналы разрешения команд. Программирование устройства осуществляется путем командного набора программы на пульте оператора. Переменный формат кадра, включающий одну или несколько одновременно выполняемых единичных команд, является одной из характерных особенностей системы.

Устройство УЦМ-663 обладает достаточно развитым языком программирования (системой команд). Каждая команда представляет собой разрядное

слово, состоящее из кода операции (старшие разряды), информационной части (младшие разряды) и контрольного разряда.

Команда «Движение» предназначена для осуществления ручного управления звеньями манипулятора.

Программирование робота обслуживаемого оборудования осуществляется командами «Внешнее оборудование». Соответствующие циклограмме временные интервалы задаются командой «Выдержка времени». Команда «Совместная обработка» позволяет компоновать кадры различной длины, содержащие до восьми единичных операций, число которых задается в ее информационной части. Обращение к подпрограммам реализуется с помощью команд «Обращение к подпрограмме» и «Конец подпрограммы». Для расширения числа переходов в системе команд предусмотрена команда «Условный переход». Команды «Начало цикла» и «Конец цикла» предназначены для формирования в программе локальных циклов. Программное прерывание робота устройства осуществляется командой «Останов». В информационной части команды «Конец программы», используемой для закиливания программы, указывается номер одной из четырех программ, одновременно хранимых в памяти.

Унифицированные устройства циклового управления, благодаря достаточно развитым языкам программирования, структурно-алгоритмическому построению, возможности гибкой привязки к позиционируемым по упорам роботам различных типов, широко применяются при построении локальных фототехнических комплексов со сложными циклограммами работы, большим числом единиц управляемого технологического оборудования.

Назначение микропроцессорных устройств циклового управления состоит в управлении цикловыми роботами в рамках сложных РТК, модулей ГАП и т.д., что связано с необходимостью обмена информацией с ЭВМ верхнего уровня. В отличие от унифицированных устройств циклового управления, ориентированных на аппаратную реализацию большинства функций, цикловые системы управления, выполненные на микропроцессорной основе, представляют собой управляющие устройства, построенные по блочно-модульному прин-

ципу, обладающие развитым математическим обеспечением и предназначенные для управления цикловыми манипуляторами при обслуживании различного технологического оборудования.

В общей структуре микропроцессорного устройства циклового управления (рис. 5) процессор, осуществляющий логическую обработку информации в соответствии с записанной в памяти программой по реализации алгоритмов управления, является основным элементом управляюще-вычислительного модуля и создает возможность работы в реальном масштабе времени за счет развитой системы прерывания и программируемого таймера. Система памяти устройства включает в свой состав следующие модули: а) постоянного запоминающего устройства; б) оперативного запоминающего устройства, в) полупостоянного запоминающего устройства.

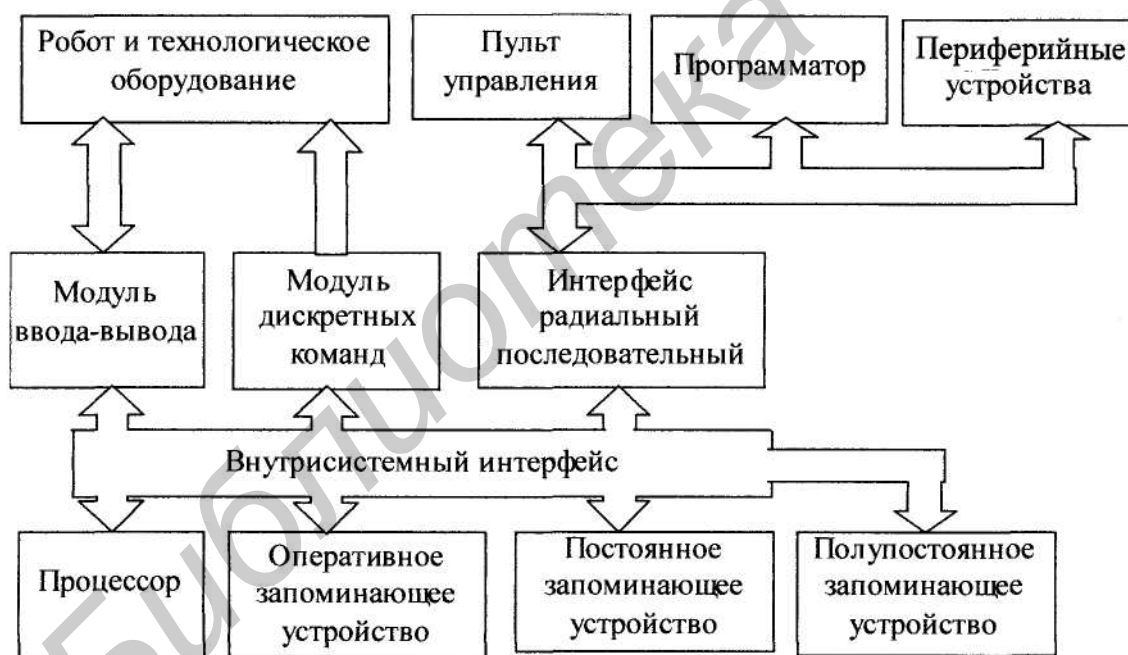


Рис. 5. Структурная схема микропроцессорного устройства циклового управления

Микроконтроллер программируемый МКП-1 (микроконтроллер) предназначен для циклового двухпозиционного управления манипуляторами и техническим оборудованием.

Особенностью наиболее эффективного применения микроконтроллера является управление робототехническими комплексами и автоматическими линиями при автоматизации ТП в условиях серийного и мелкосерийного производства, когда требуется развитое программно-логическое управление, оперативная смена управляющих программ и когда использование стандартных средств вычислительной техники экономически нецелесообразно ввиду их высокой стоимости и сложности оборудования.

Микроконтроллер МКШ-16 обеспечивает следующие режимы работы: 1 — автоматическое управление; 2 — ручное управление; 3 — пошаговое выполнение программы; 4 — запись программы в память, 5 — просмотр программы.

Микроконтроллер имеет объем памяти 0,5 Кбайт и способен выполнять 256 команд при выполнении программируемых функций, управление выходами на исполнительное устройство, прием информации, поступающей от датчиков, изменение состояния оборудования, формирование выдержек времени, обращение к подпрограммам, организацию условных и безусловных переходов по программе. В каждый текущий момент времени микроконтроллер может находиться в одном из пяти режимов, отображаемых соответственно индикаторам А, Р, Ш, ВП, КП. Режим «Ввод программы» используется для записи кодов команд управляющей программы в ЭНЗУ. Ввод в режим осуществляется одновременным нажатием клавиш Р и 3 пульта управления. Режим «Просмотр программы» используется для контроля оператором управляющей программы, хранящейся в памяти микроконтроллера. Вход в этот режим производится одновременно нажатием клавиш Р и 2 в сторону увеличения и Р и 5 в сторону уменьшения. В режиме «Ручной» сформированный код команды не записывается, а сразу выполняется и вводится нажатием кнопки «Сброс» или одновременным нажатием клавиш Р и 1. Автоматический режим работы является основным, предназначен для управления технологическим оборудованием в соответствии с алгоритмом, реализованным в виде управляющей программы, хранимой в ЭНЗУ, и вводится одновременным нажатием клавиш Р и 0. Режим

«Пошаговый» предназначен для отладки управляющих программ работы микроконтроллера и позволяет осуществлять выборку из ОЗУ и выполнение очередной команды. Вводится он одновременным нажатием кнопок пульта управления Р и 2.

Система команд микроконтроллера реализована исполнительной программой, хранящейся в ППЗУ модуля памяти. Команды микроконтроллера можно разделить по функциональному назначению на следующие группы: 1 — команда ввода-вывода; 2 — управления программой; 3 — управления счетчиками; 4 — контроля и редактирования программ; 5 -----тестового контроля функциональных блоков.

Виды команд и их обозначение приведены в приложении.

Непосредственному программированию работы промышленных роботов предшествует разработка алгоритма управляющей программы. Этот алгоритм формируется с учетом спецификации конкретного технологического процесса и оборудования. В указанном алгоритме определяются последовательность выполнения отдельных операции и их длительность. Помимо этого в алгоритме дается информация о взаимодействии промышленного робота и оборудования.

Особенности программирования промышленных роботов в значительной степени определяются их назначением. В состав одностаночного РГК (рис. 6) входят станок, промышленный робот и два магазина-накопителя. Основные функции робота в этом случае — разгрузка и загрузка станка. Существует определенное время простоя станка, связанное как с его загрузкой-разгрузкой, так и с выполнением роботом других подготовительных операции. Время простоя сокращается, если робот оснащен двухпозиционным захватом (см. рис. 6).

Однорукий или двурукий робот может обслуживать несколько станков, если время операции на одном станке значительно больше времени перемещения робота к заготовке, к таре или к станку. В основном экономически оправдано использование роботов для обслуживания двух, трех и более станков. Алгоритм обслуживания роботом нескольких станков представлен на рис. 7.

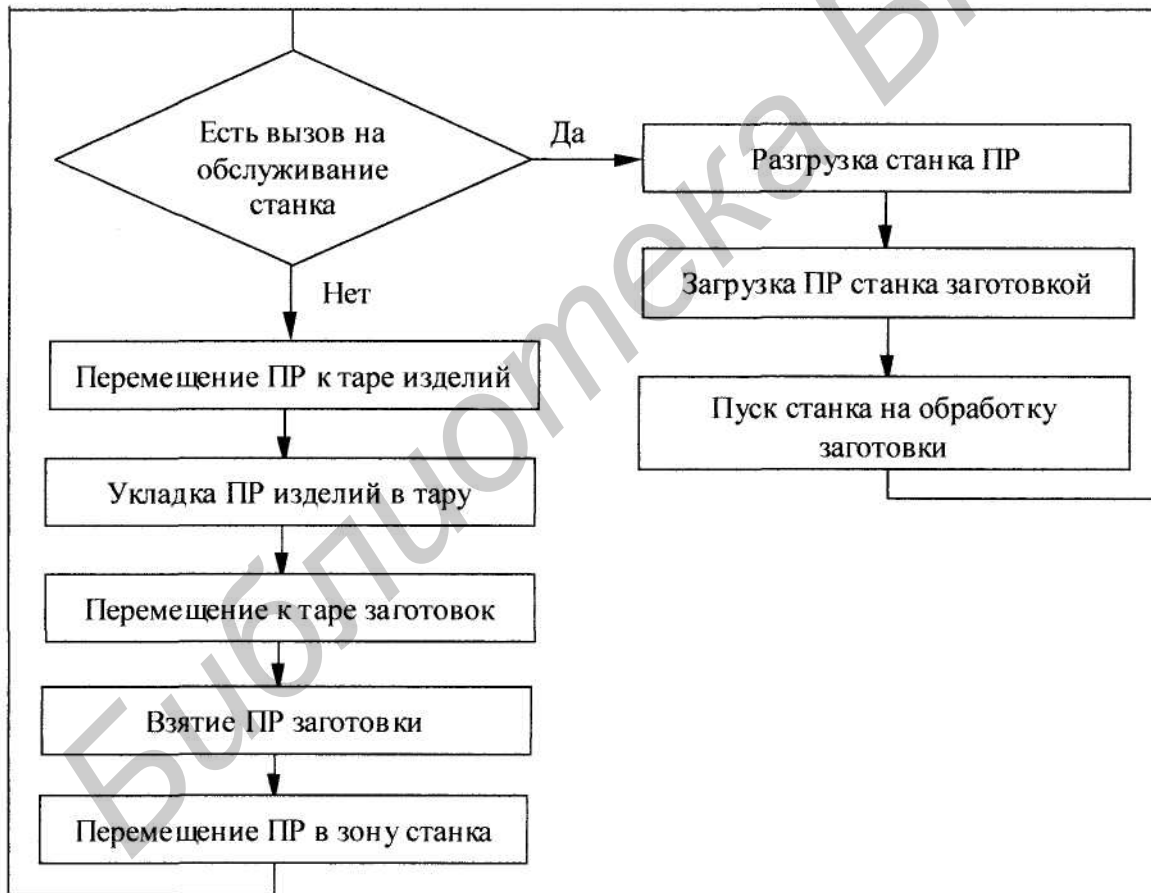
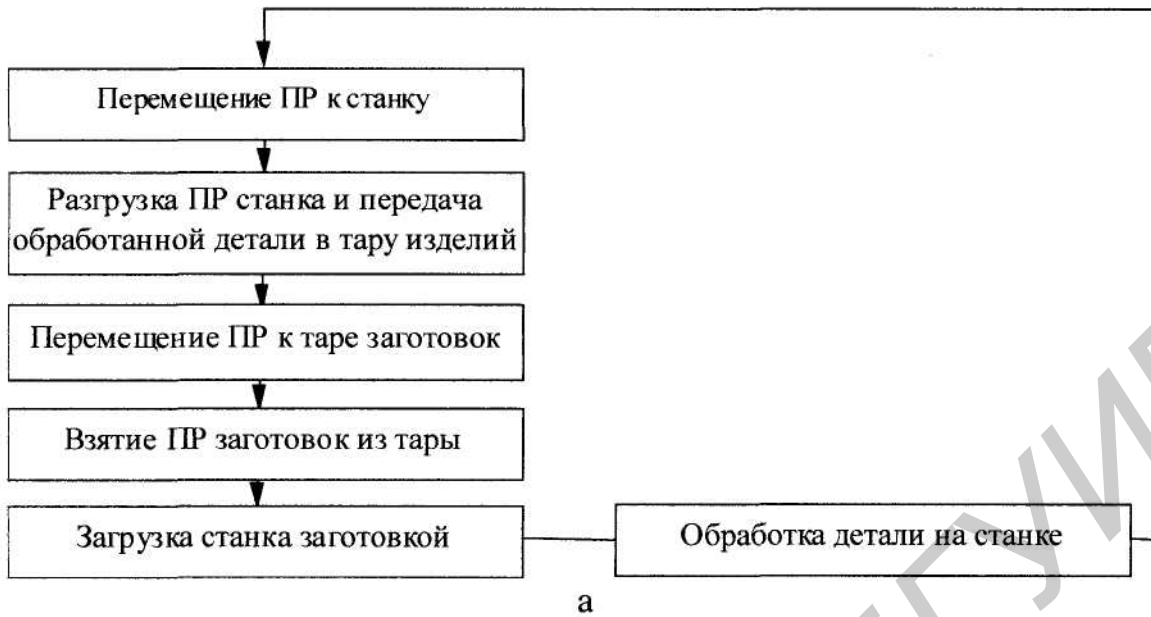


Рис. 6. Алгоритм управления промышленным роботом в составе одностаночного РТК: а — типовая схема; б — детализированная схема

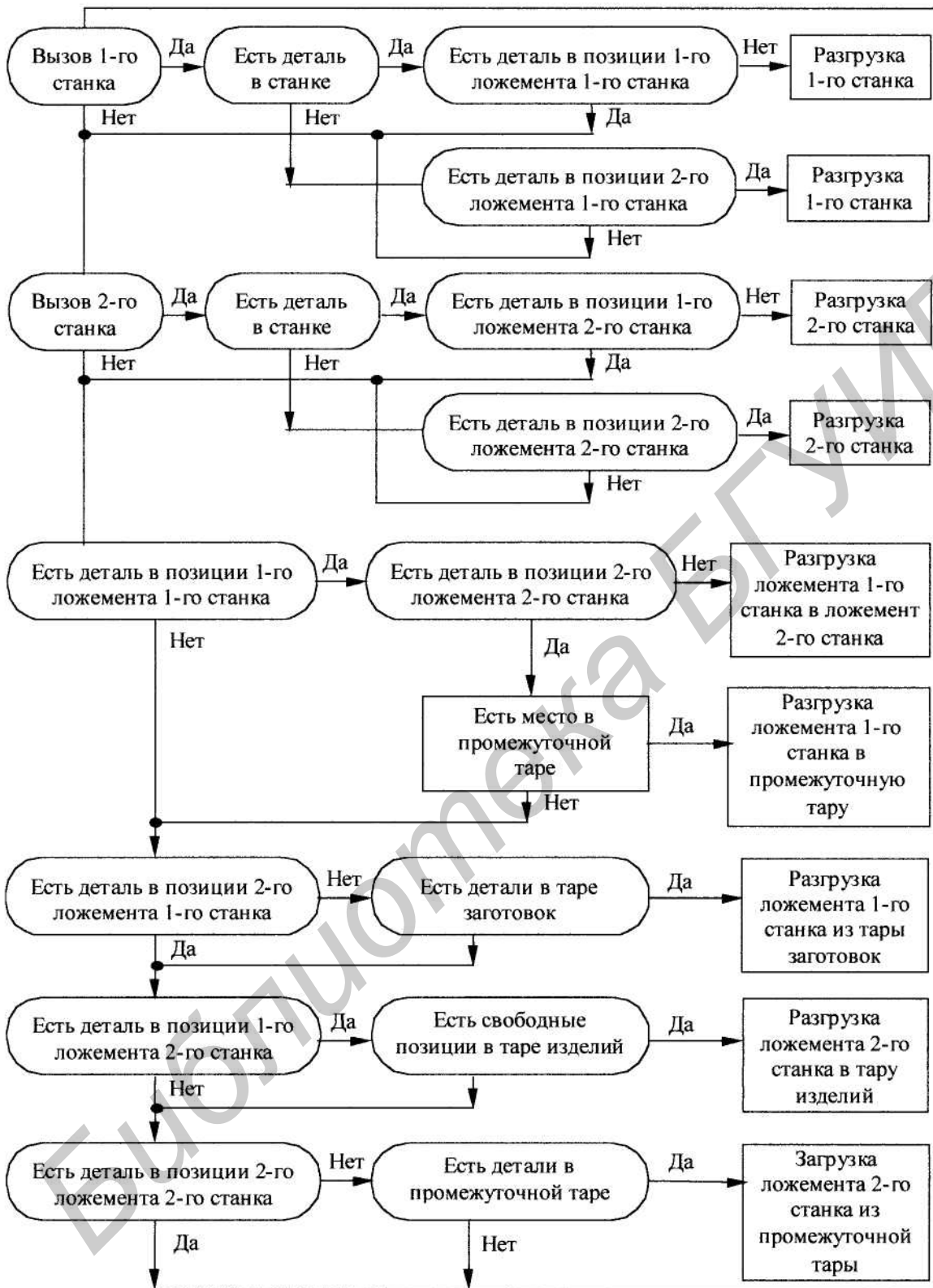


Рис. 7. Алгоритм работы типовой программы для промышленного робота в двухстаночном РТК

Порядок выполнения работы

1. Составить алгоритмы и написать программу работы РТК и отдельно взятого робота в РТК и по одному из вариантов определить количество станков, необходимых для обслуживания

2. Проверить работу микроконтроллера в режиме «Ручной», «Автоматический», «Шаговый», «Ввод программы».

3. Составить программу работы двурукого робота по алгоритму и в соответствии с индивидуальным заданием.

4. Включить микроконтроллер.

5. Составить программу работы однорукого робота по алгоритму и в соответствии с индивидуальным заданием.

6. Смоделировать по программе работу однорукого робота на персональной ЭВМ, используя устройство сопряжения.

7. Смоделировать по программе работу однорукого робота на персональной ЭВМ, используя устройство сопряжения.

Подключение устройства сопряжения с ЭВМ выполняется с помощью лаборанта!

Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Теоретическая часть.

3. Программа и алгоритм работы РТК и робота.

4. Программа и алгоритм работы однорукого и двурукого робота.

5. Анализ работы роботов.

6. Выводы

Контрольные вопросы

1. Области использования цикловых СУ.

2. Принцип работы устройства управления УЦМ-10, УЦМ-20, УЦМ-30.

3. Состав устройства управления УЦМ-663 и принцип его работы.

4. Особенности цикловых СУ.
5. Состав устройства цикловых СУ.
6. Особенности унифицированных цикловых СУ.
7. Сущность процесса обучения в цикловых СУ.
8. Система команд УЦМ-663.
9. Отличие микропроцессорных унифицированных цикловых СУ и их структура.
10. Режимы работы микроконтроллера МКШ-16.
11. Система команд микроконтроллера МКШ-16.

Библиотека БГУИР

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N 2 РОБОТ НА УЧАСТКЕ С ОДНИМ СТАНКОМ

Цель работы

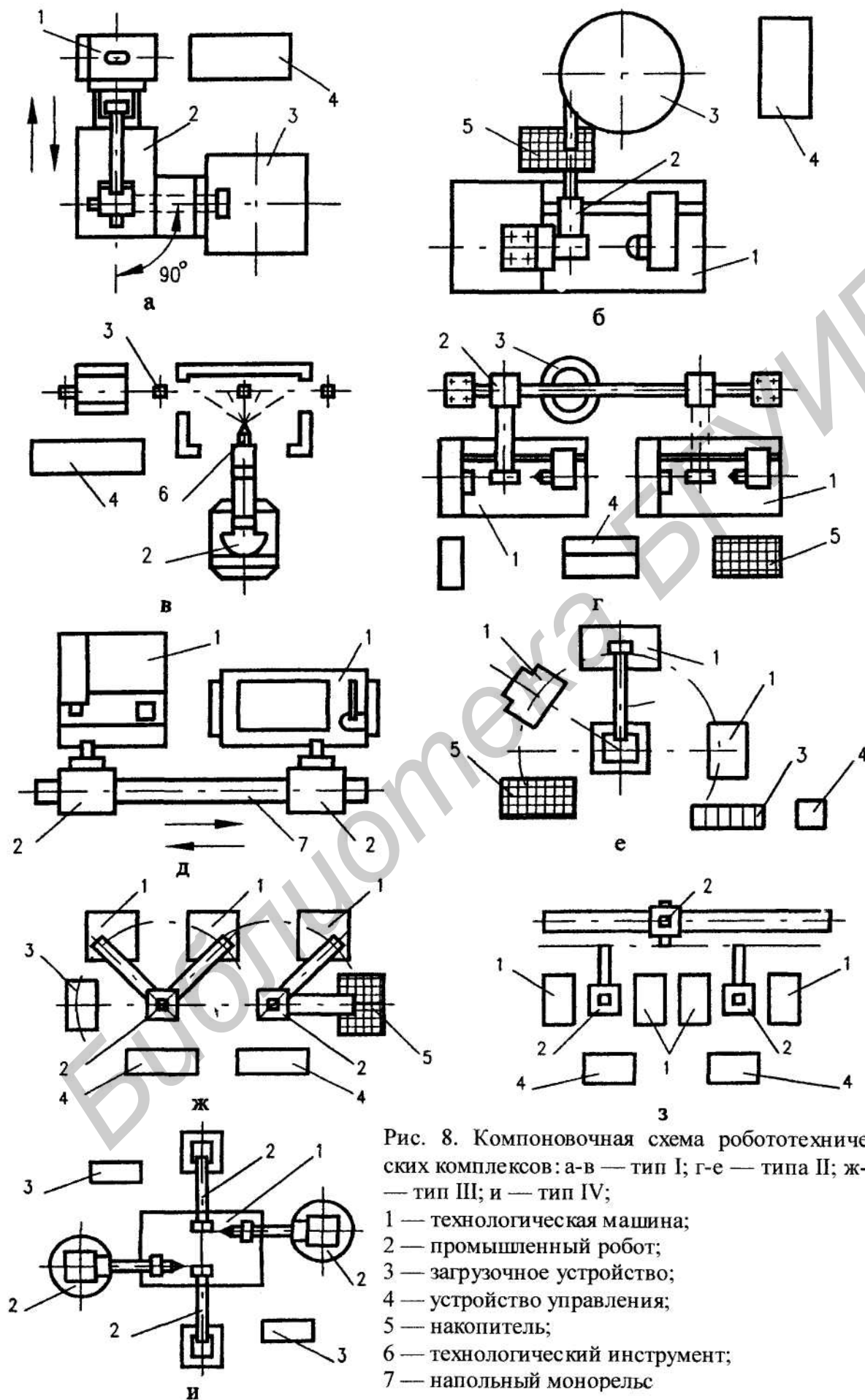
Изучение работы робота в составе одностаночного РТК и определение его производительности.

Краткие теоретические сведения

Производственные роботы, используемые в составе РТК, как правило, выполняют операции по захватыванию деталей из накопителей и других устройств и установке их в изделие, тару.

Каждый класс РТК подразделяется по количеству входящего технологического оборудования и промышленных роботов на четыре типа. РТК первого типа наиболее просты и могут использоваться не только в серийном, но и в мелкосерийном производстве. При этом один промышленный робот обслуживает одну единицу технологического оборудования. На рис. 8 показана компоновка РТК, для которой промышленный робот, установленный на отдельном фундаменте, извлекает из загрузочного устройства деталь, разворачивается на 90° в горизонтальной плоскости, выдвигает хват и устанавливает деталь в фиксирующее приспособление технологической оснастки. Управляющее устройство обеспечивает последовательность работы всех элементов РТК. Другая компоновка РТК отличается от первой тем, что детали (заготовки) из загрузочного устройства перемещаются в накопитель, а затем промежуточным роботом, установленным непосредственно на технологической площадке, закрепляются для обработки в приспособлении. При компоновке РТК третьего вида промышленный робот оснащен технологическим инструментом, а роль загрузочного устройства выполняет подвижный конвейер.

РТК второго типа близки по составу к автоматическим линиям, т.к. в них входит несколько единиц технологического оборудования, которое обслуживает один робот, выполняющий вспомогательные операции по транспортировке,



установке и снятию деталей (заготовок).

При компоновке РТК первого вида подвесной монорельсовый робот обслуживает несколько технологических машин, установленных в линию. Кроме того, в РТК входит загрузочное устройство и накопитель. Промышленный робот извлекает деталь из загрузочного устройства и устанавливает для обработки на технологическую машину, после чего снимает ее и укладывает в накопитель. Управляющее устройство обеспечивает автоматический цикл работы РТК. При другой компоновке РТК промышленный робот перемещается вдоль линии технологических машин по напольному монорельсу. При этой компоновке технологические машины расположены по окружности, а промышленный робот — в середине. Угол поворота руки в горизонтальной плоскости может составлять более 270° . Промышленный робот извлекает детали (заготовки) из загрузочного устройства и устанавливает для обработки на технологические машины, а после обработки снимает их и переносит в накопитель.

В РТК третьего типа несколько технологических машин обслуживаются двумя или несколькими промышленными роботами.

В первой компоновке один из роботов захватывает заготовку из загрузочного устройства и устанавливает ее на первую технологическую машину, а после окончания цикла обработки устанавливает деталь на вторую технологическую машину. Второй робот передает деталь со второй машины на третью и соответственно, после обработки снимает деталь и укладывает ее в накопитель. При другой компоновке используют несколько промышленных роботов, которые обслуживают несколько технологических установок, а готовые изделия забирает один транспортный робот, который передвигается вдоль трассы обслуживания.

В РТК четвертого типа несколько роботов обслуживают одну технологическую машину.

Промышленные роботы с цикловым программным управлением нашли широкое применение для создания тех РТК, в которых, несмотря на недостатки роботов рассматриваемого класса, существенное значение приобрели их пре-

имущества. Низкая стоимость и высокое быстродействие в сочетании с высокой точностью установки объектов в места позиционирования, предельные соотношения между размерами, грузоподъемностью и скоростными показателями во многом определяют эффективность промышленных роботов с цикловым управлением.

Наибольшее распространение в ПР с цикловым управлением получил пневмопривод. Однако область его применения ограничивается грузоподъемностью: 10-15 кг. Кинематическая структура робота должна удовлетворять условиям его сопряжения с технологическим оборудованием РТК. Из анализа такого сопряжения вытекают требования к грузоподъемности, точности перемещения захвата робота по всем координатам, его размерам, динамическим параметрам, числу точек позиционирования по каждой координате.

Одним из прогрессивных направлений в развитии роботостроения является создание роботов модульной конструкции. Основными модулями робота являются: основание робота, стойка или колонна, рука робота, захватное устройство.

Погрешность позиционирования рабочего органа манипулятора является следствием неточной работы различных функциональных элементов робота. При расчете модуля степени подвижности определяют погрешность функционирования его конструктивных элементов и выбирают требования к этим элементам.

Каждой из систем координат, в которых проектируется ПР, соответствует определенный порядок перевода рабочих органов из одной точки P_i рабочей области в другую P_r , что учитывается при программировании движений ПР.

В прямоугольной системе координат траектория P_1P_2 движения рабочих органов обеспечивается за счет совокупности линейных приращений ΔX , ΔY , ΔZ и определяется следующим образом:

$$P_1P_2 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} .$$

Выбор системы координат при проектировании ПР имеет определяющее значение, так как точность позиционирования при перемещении зависит от способов попадания захвата в определенную точку.

Каждый вариант кинематической структуры в соответствующей системе координат иллюстрируется конфигурацией рабочего пространства, обслуживаемого роботом. В пределах этого пространства рука робота может вывести захват в любую точку, при этом особенности конструктивного оформления руки обуславливают запретные зоны, в которые захваты не могут быть выведены.

На рис. 9 рабочая зона характеризуется глубиной основания (а), его шириной (б), высотой робота (h), крайним нижним (1) и верхним (G) положением руки робота, положением максимально выдвинутой руки (А), исходным положением руки (В), ходом руки (С), крайним нижним положением руки (L), высотой подъема руки (К), крайним верхним положением захвата (Е), радиусом его (г), крайним нижним положением захвата (Q), параметрами запретной зоны (Н, М, N, Р) а также максимальным углом поворота а. Случайные динамические погрешности, прежде всего вибрации, могут вызываться:

- 1) силами инерции, возникающими при свободном перемещении манипулятора;
- 2) силой взаимодействия робота с внешней средой в процессе захватывания и отпускания объекта позиционирования, различных стадий сопрягающих движений;
- 3) переменными составляющими усилия привода, в том числе пульсациями давления питания;
- 4) нестабильностью работы привода и системы управления ПР;
- 5) вибрацией основания робота, вызываемой внешними источниками.

Случайные статические погрешности являются постоянными для каждого срабатывания робота и, следовательно, остаются неизменными при его остановке. Поэтому их необходимо измерять после затухания случайных динамических погрешностей. Источники случайных статических погрешностей:

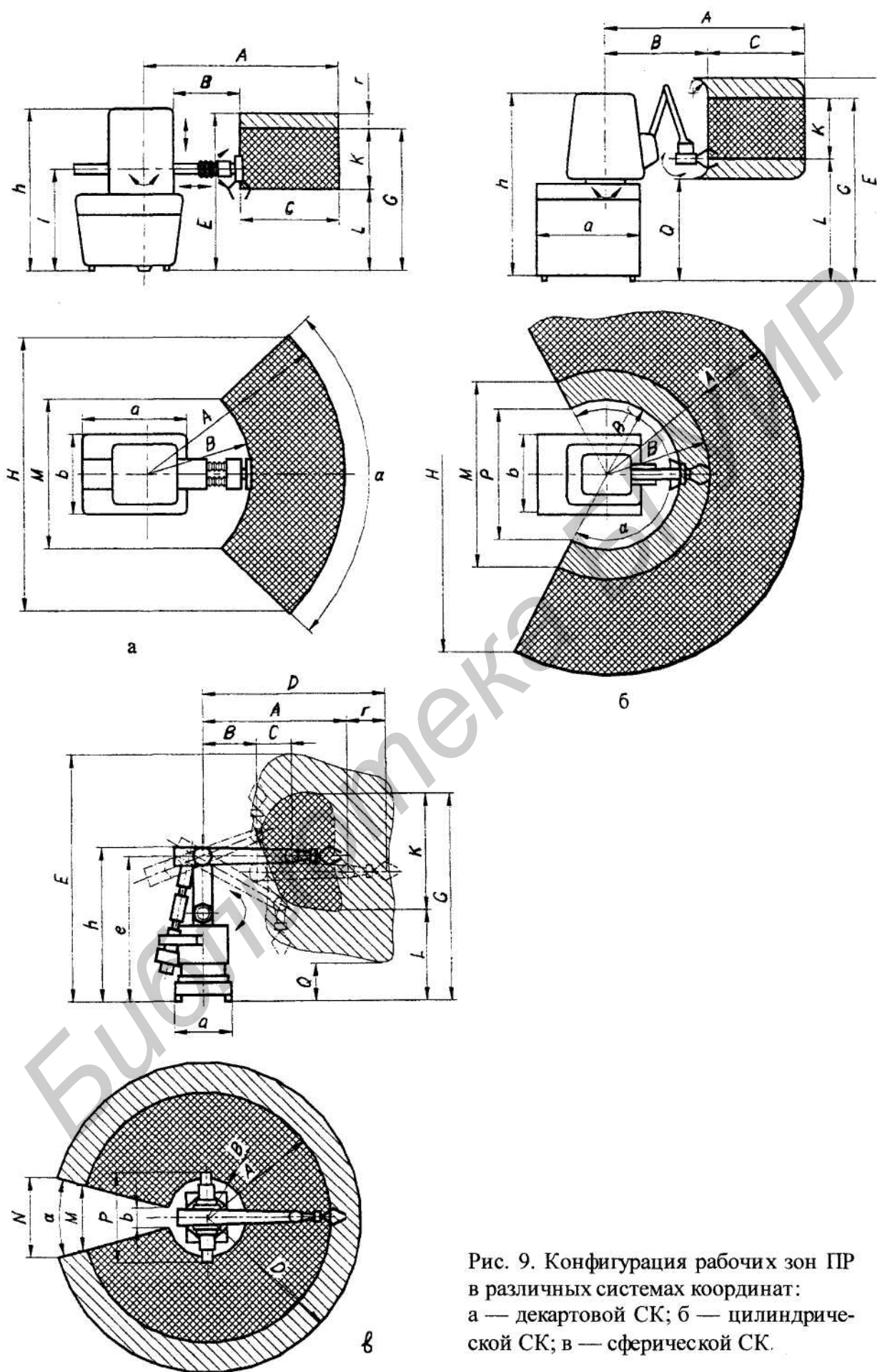


Рис. 9. Конфигурация рабочих зон ПР в различных системах координат: а — декартовой СК; б — цилиндрической СК; в — сферической СК.

1) переменная составляющая статических деформаций манипулятора, вызванная разбросом массы объекта манипулирования, низкочастотным колебанием давления питания и соответственно усилия привода, нестабильностью температуры;

2) зазоры в кинематических парах и передачах;

3) случайная (медленно меняющаяся) составляющая мощности привода и системы управления;

4) постоянная самопроизвольная разрегулировка робота (например, ослабление крепления).

Переменная составляющая массы объекта манипулирования A_{T_y} может возникнуть при нестабильности размеров одностипных обрабатываемых деталей (особенно заготовок) или разности масс разнотипных изделий в условиях гибкого производства.

Если специфика ТП требует совпадения с высокой точностью точки позиционирования робота с изделием и без него, то в качестве массы нужно принять полную массу обрабатываемой детали.

Изменение температуры манипулятора вызывается прежде всего нагретыми заготовками и излучением теплоты от печей.

Работа сил трения в кинематических парах, потери энергии в приводах:

$$L = 2000 \text{ мм}; \Delta t = 30^\circ; \Delta \approx 0,66 \text{ мм.}$$

Температура существенно влияет на;

- а) датчики положения и элементы системы управления;
- б) процессы срабатывания степеней подвижности;
- в) силы сопротивления в кинематических парах.

Уменьшить влияние нестабильности температуры робота на его точность можно за счет прогрева на рабочих режимах перед настройкой или началом выполнения производственных операций, за счет ввода теплоизоляции и термостабилизации в приводах.

Программирование микроконтроллера

Задача

В одностаночном РТК один робот обслуживает один станок. Он снимает готовые детали и устанавливает заготовки.

К станку поступают в таре 50 заготовок через интервал времени $T_1 = \Delta t_9$.

Готовые изделия укладываются в пустую тару; при заполнении 60 деталями тару отводится от РТК.

Тару с изделиями убирают с интервалом $T_2 = \Delta t_8$.

При отсутствии заготовок и пустой тары станок и робот простаивают. Определить время простоя станка и робота.

Исходные данные (для варианта № 1)

1.	Перемещение ПР к станку.....	$t_1 = 28 \text{ с}$
2.	Разгрузка станка ПР.....	$t_1 = 8 \text{ с}$
3.	Перемещение ПР к таре изделий и укладка их в тару.....	$t_1 = 10 \text{ с}$
4.	Перемещение ПР к таре заготовок.....	$t_1 = 12 \text{ с}$
5.	Взятие ПР заготовки из тары.....	$t_1 = 8 \text{ с}$
6.	Загрузка ПР станка заготовкой.....	$t_1 = 32 \text{ с}$
7.	Обработка деталей на станке.....	$t_1 = 96 \text{ с}$
8.	Разгрузка тары с изделиями.....	$t_1 = 2,4 \text{ ч}$
9.	Привоз заготовок.....	$t_1 = 1,5 \text{ ч}$

Исходное положение манипулятора

Манипулятор должен быть развернутым к таре заготовок; поднятым; выдвинутым; захват должен быть разжатым.

Приведение манипулятора в исходное положение производится автоматически в начале каждой смены программой в микроконтроллере.

Алгоритм работы манипулятора приведен на рис. 10.

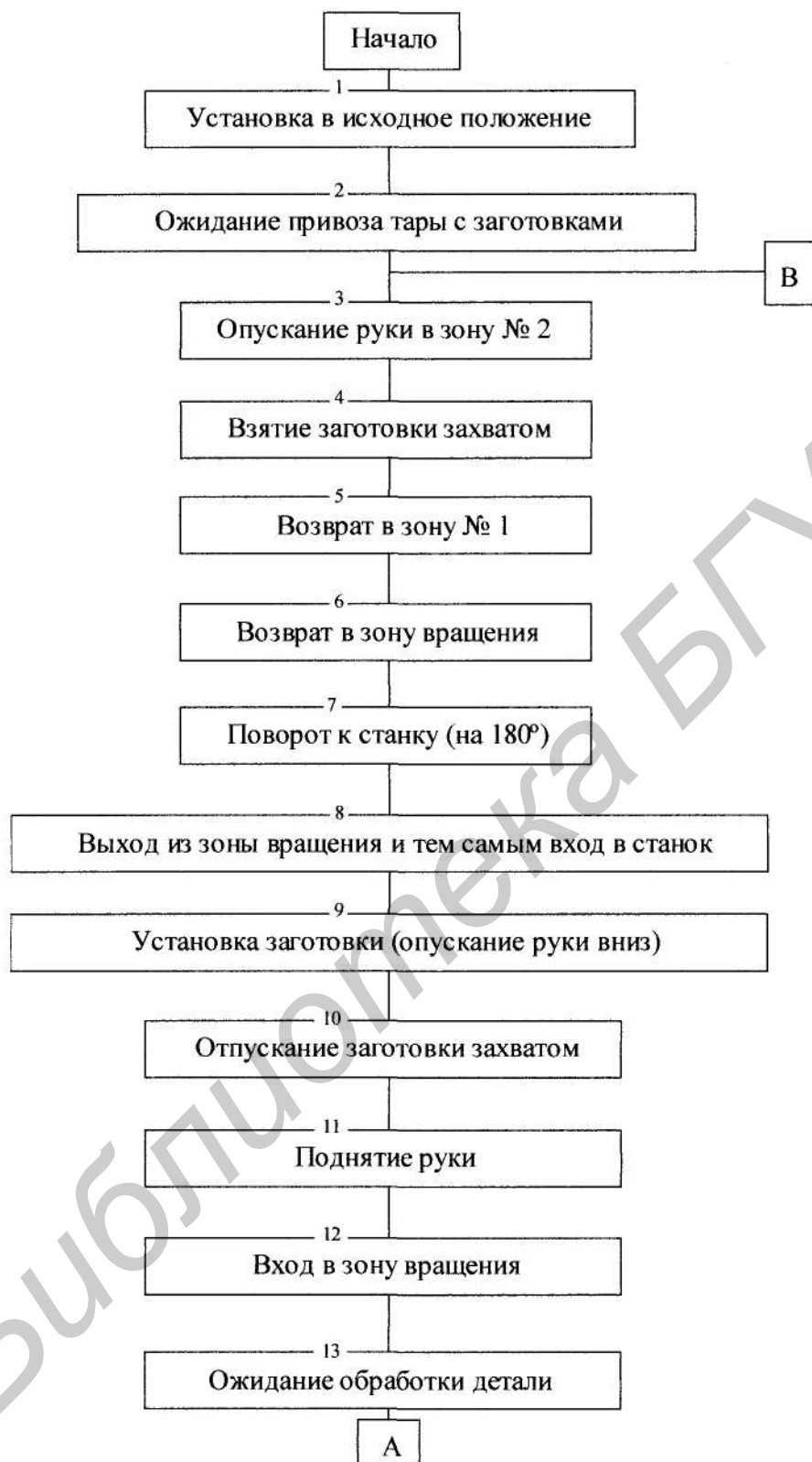


Рис. 10. Алгоритм работы манипулятора

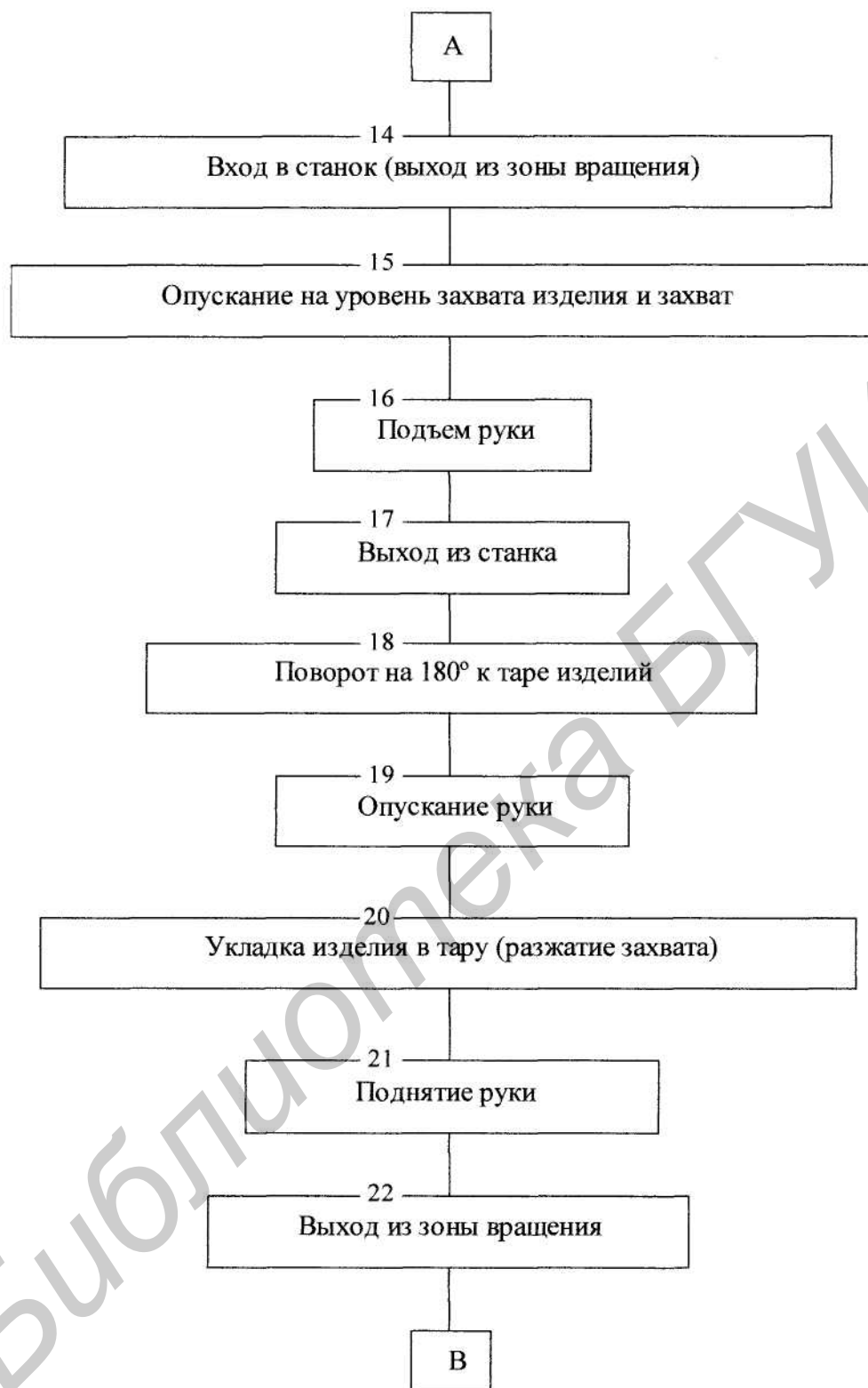


Рис. 10(Окончание)

Комментарий к листингу программы

Перед вводом программы заданное время по варианту разделить приблизительно поровну на все ячейки памяти с одинаковыми метками в операнда (но

не менее 1 с для каждой — специфика контроллера). Имеется пять режимов работы микроконтроллера (одновременное нажатие Р и цифры соответственно):

Р и 0 — автоматический режим работы;

Р и 1 — ручной цикл выполнения;

Р и 2 — пошаговый режим;

Р и 3 — ввод программы;

Р и 4 — просмотр программы.

Распределение времени рабочей смены (табл. 1)

Время обработки одной заготовки:

$$T_{\text{общ}} = t_4 + t_5 + t_1 + t_6 + t_7 + t_2 + t_1 + t_3 = 223 \text{ с} = 3 \text{ мин } 43 \text{ с.}$$

Время одной смены - 8 ч.

Реальное время одной рабочей смены — 7 ч 58 мин 56 с. За это время производится 131 изделие. При двухсменном рабочем дне количество изделий равно 262.

Листинг программы приведен в табл. 2.

Порядок проведения лабораторной работы

1. Изучить теоретические сведения, описание программы.
2. Получить вариант задания.
3. Ввести в ЭВМ программу и данные по варианту и определить время работы станка и робота.
4. На ЭВМ определить время простоя станка.
5. Набрать программу на микроконтроллере.
6. Запустить робот и по соответствующему варианту определить последовательность работы робота.
7. Изменить время t_b , t_3 , t_7 , t_8 и определить случаи простоя станка.

Таблица 1

ВРЕМЯ КОНЦА ОПЕРАЦИИ	ОПЕРАЦИЯ	ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИИ		
		ч	мин	с
0.0.0	Обработка 1-й заготовки ...	0	3	43
3.2.7	Обработка 49-й заготовки	3	2	7
3.5.50	{ Обработка 50-й заготовки Замена тары заготовок (отвоз пустой и привоз)			
3.9.33	Обработка 51-й заготовки ...			
3.46.43	Обработка 60-й заготовки	0	37	10
3.50.26	{ Замена тары изделий Обработка 61-й заготовки			
3.54.9	Обработка 62-й заготовки ...			
6.3.43	{ Обработка 100-й заготовки Замена тары заготовок ...	3	9	34
6.7.26	Обработка 120-й заготовки { Замена тары изделий Обработка 121-й заготовки			
7.58.56	Обработка 131-й заготовки			

Содержание отчета

1. Краткие теоретические сведения.
2. Программа и алгоритм перемещений робота.
3. Данные, полученные на ЭВМ и микроконтроллере по производительности станка и времени загрузки робота.

Таблица 2

АДРЕС	КОД	ОПЕРАНД	КОММЕНТАРИЙ
1	2	3	4
000	05	02	Установка в исходное положение:
001	05	0C	развернуться к таре
002	05	0F	поднять
003	07	1E	выдвинуть
004	07	0F	
			Ожидание привоза заготовок(t_g)(OF=1,5с)
			Цикл работы за 1 смену = 8
005	00	01	Обнуление счетчика «1»
006	00	00	Обнуление счетчика «0»
007	0C	00	Счетчик «0» + 1
008	10	14	Вызов ПП по адресу 014H
009	0E	0F	Равен ли счетчик «0» = $F_{16}(15_{10})$
00A	0B	07	Если сч. «0» $\neq F$, то переход на адрес 007H
00B	0C	01	Счетчик «1» + 1
00C	0E	81	Счетчик «1» = 8
00D	0B	06	Если сч. «1» $\neq 8$, то переход на адрес 006H
00E	00	02	Обнуление счетчика «2»
00F	0C	02	Счетчик «2» + 1
010	10	14	Вызов ПП по адресу 014H
011	0E	B2	Равен ли счетчик «2» = $B_{16}(11_{10})$
012	0B	0F	Если сч. «2» $\neq 8$, то переход на адрес 00F
013	08	00	Останов.
			<u>Подпрограмма работы ПР со станком</u>
014	06	0C	Опустить руки в зону №2
015	07	t_4	
016	05	03	Взять заготовку

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
017	07	t_5	
018	05	0C	Поднять заготовку
019	07	t_1	
01A	06	0F	Вход в зону вращения
01B	07	t_1	
01C	06	02	Поворот к станку
01D	07	t_1	
01E	05	0F	Вход в станок
01F	07	t_6	
020	06	03	Установка в станок заготовки
021	07	t_6	
022	05	0C	Опустить заготовку
023	07	t_6	
024	05	0C	Поднять руки
025	07	t_6	
026	06	0F	Выход из станка
027	07	t_7	
028	05	0F	Вход в станок
029	07	t_2	
02A	06	0C	Опуститься к изделию
02B	07	t_2	
02C	05	03	Взять изделие
02D	07	t_2	
02E	05	0C	Поднять изделие
02F	07	t_2	
030	06	0F	Выход из станка
031	07	t_2	

1	2	3	4
032	05	02	Поворот к таре изделий
033	07	t_1	
034	06	0C	Опустить изделие в тару
035	07	t_3	
036	06	03	Опустить изделие в таре
037	07	t_3	
038	05	0C	Поднять над тарой изделие
039	07	t_4	
03A	05	0F	Перемещение к таре заготовок
03B	07	t_4	
03C	11	00	Возврат в цикл из ПП

4. Расчетные данные с ЭВМ о времени простоя станка.
5. Расчетные данные об условиях простоя станка.

Контрольные вопросы

1. Типы РТК.
2. Виды компоновок РТК.
3. Принцип циклового управления.
4. Модули робота.
5. Погрешности позиционирования.
6. Случайные динамические погрешности.
7. Случайные статические погрешности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ВРАЩАЮЩИЙСЯ ТРАНСФОРМАТОР

Цель работы

Изучение принципов и режимов работы, схем включения и погрешностей.

Краткие теоретические сведения

Вращающимися (поворотными) трансформаторами (ВТ) называют электрические микромашины переменного тока, предназначенные для преобразования угла поворота ротора в напряжение, пропорциональное некоторым функциям угла (\sin , \cos) или самому углу поворота ротора. Вращающиеся трансформаторы применяют в электромеханических вычислительных устройствах, предназначенных для решения тригонометрических задач и преобразования координат в аналого-цифровых преобразователях типа «угол — амплитуда — код» и «угол — фаза — код», в системах дистанционной передачи угла повышенной точности и в качестве датчиков обратной связи по углу в цифровых следящих системах и системах программного управления промышленными роботами и автоматами.

В зависимости от режима работы, определяемого схемой включения обмоток, ВТ подразделяются на следующие:

1) синусно-косинусные (ВТСК), у которых выходное напряжение одной обмотки пропорционально синусу угла поворота ротора, а другой обмотки — косинусу угла поворота ротора (рис. 11);

2) линейные (ВТЛ), у которых выходное напряжение пропорционально углу поворота ротора (рис. 12);

3) масштабные (ВТМ), у которых выходное напряжение пропорционально входному и коэффициент пропорциональности (масштаб) определяется углом поворота ротора (рис. 13);

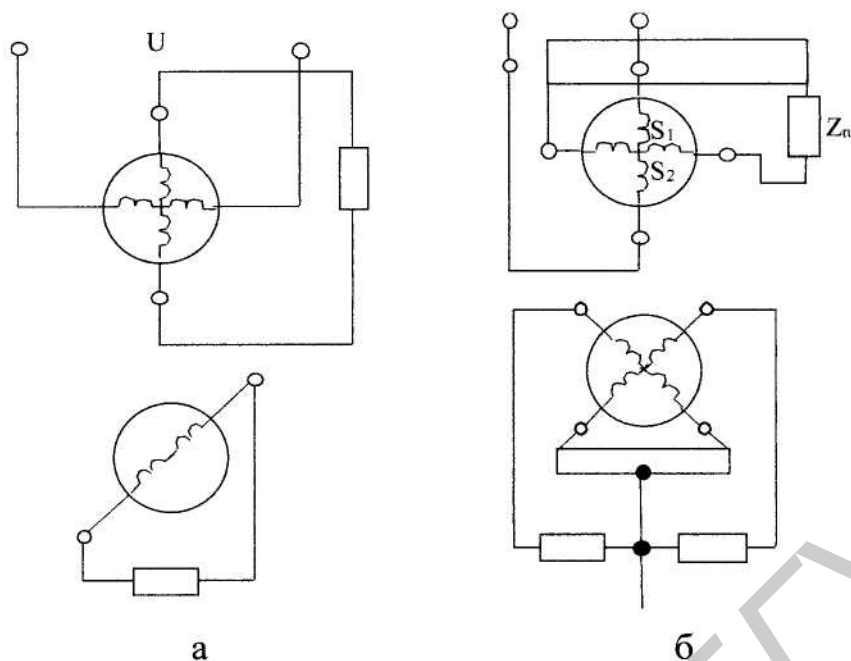


Рис. 11. Синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы (СКВТ): а — с первичным симметрированием; б — с полным симметрированием

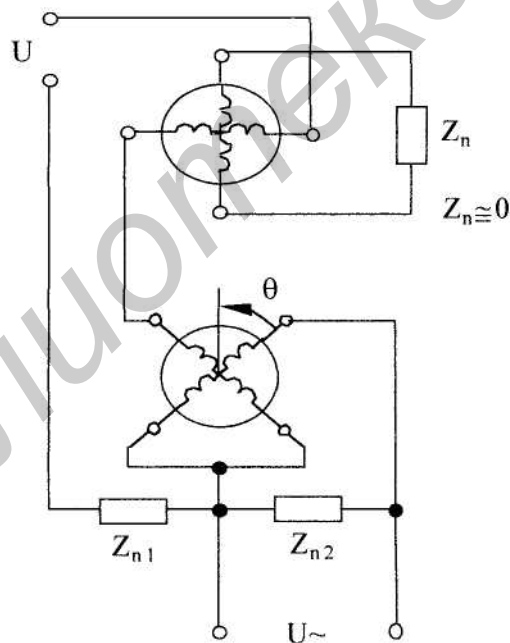


Рис. 12. Линейные вращающиеся трансформаторы (ВТЛ)

4) преобразователи координат, осуществляющие поворот осей декартовой системы координат или переход к полярной системе координат (построители) (рис. 14);

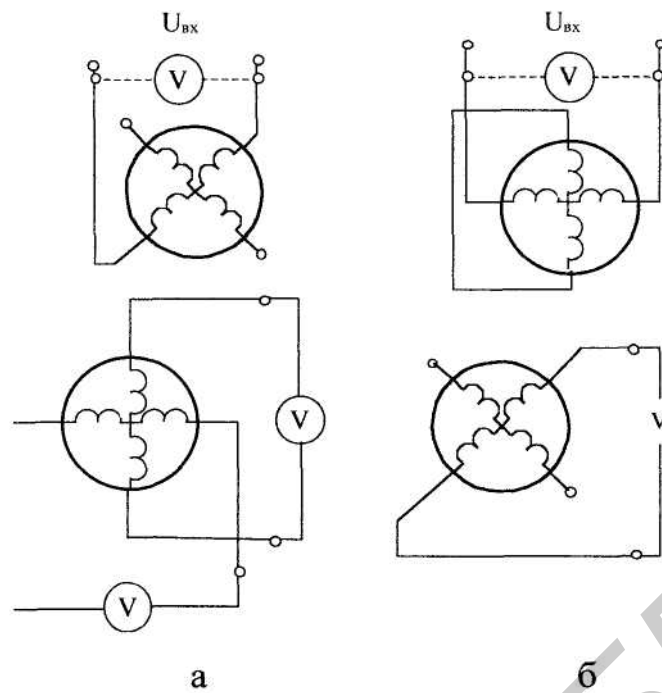


Рис. 13. Масштабные вращающиеся трансформаторы; а — с разомкнутой квадратурной обмоткой; б — с замкнутой квадратурной обмоткой

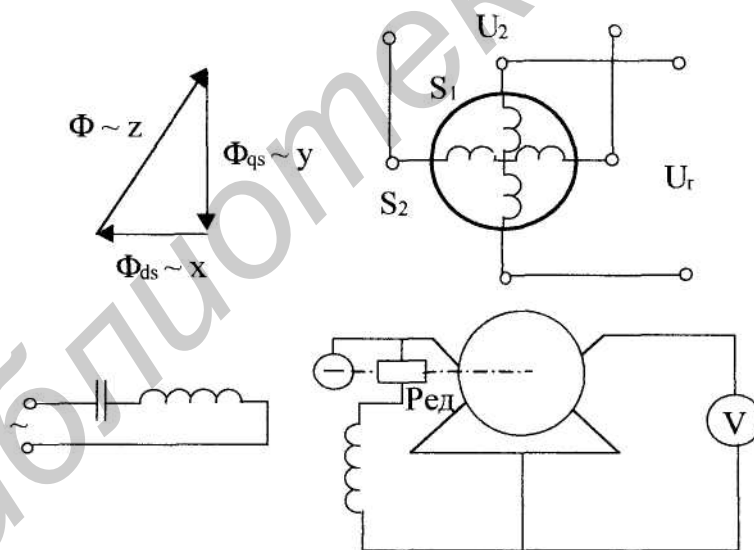


Рис. 14. СКВТ в режиме преобразователя координат

5) первичные преобразователи угла для индукционных ВТ, преобразующие пространственный угол во временной (рис. 15);

6) датчики и приемники трансформаторных дистанционных передач угла (ВДПТ), выполняющие функции, аналогичные трансформаторным сельсином.

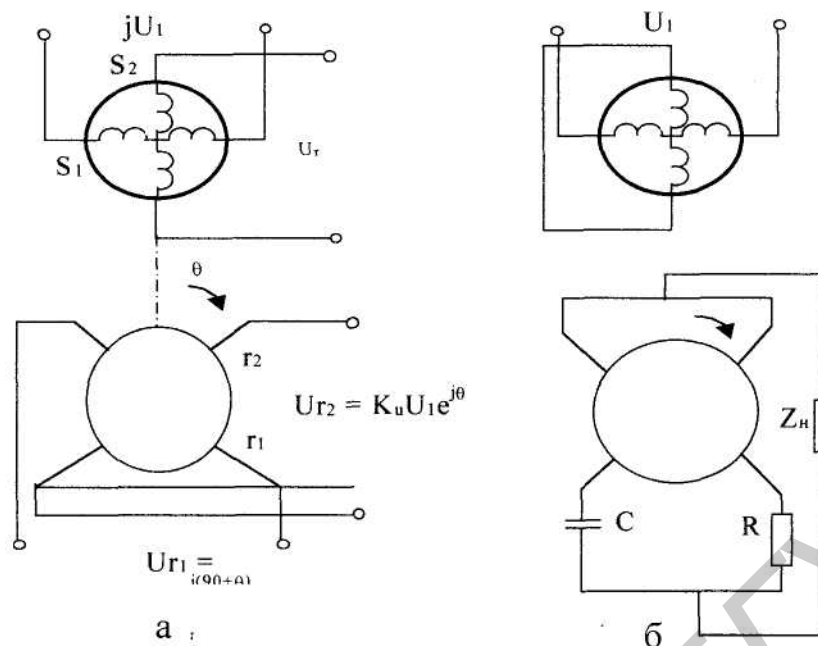


Рис. 15. СКВТ в режиме фазовращателя: а — с двухфазным питанием; б — с однофазным питанием и емкостью и сопротивлением в цепи ротора

Основное требование, предъявляемое к ВТ, — максимальная точность преобразования угла в напряжение по заданному функциональному закону.

Каково бы ни было назначение ВТ, его конструкция должна обеспечивать синусоидальное изменение взаимной индуктивности между обмотками статора и ротора.

Принцип действия ВТ основан на том, что при повороте ротора взаимная индуктивность между обмотками статора и ротора, а следовательно, и ЭДС в обмотках последовательно изменяются по синусоидальному закону в зависимости от угла поворота ротора (\sin).

ВТ в основном являются двухполосными машинами. Однако в аналоговых и аналого-цифровых машинах дистанционной передачи угла повышенной точности применяются переменные и двухполосные ВТ.

По конструкции и наличию скользящего контакта ВТ можно подразделить на контактные и бесконтактные. В контактных вращающиеся трансформаторные сердечники статора и ротора собирают из листов электротехнической

стали или пермаллоя — материала с сильным магнитным сопротивлением. Листы отделяют друг от друга изолирующим лаком.

В пазах сердечников статора и ротора функционируют по две отдельные обмотки, сдвинутые между собой на 90° . Обмотки статора выполняются одинаковыми с одинаковым числом витков, одинаковыми изготавливаются и роторные обмотки. Возможны два вида трансформаторных обмоток: возбуждающая и квадратурная (первичные) на статоре, синусная и косинусная на роторе и наоборот. Примем к рассмотрению первый вариант.

Выводы статорных обмоток подводят непосредственно к синусоидальным колодкам. Выводы роторных обмоток ВТ контактного типа выводят через токосъемное устройство: четыре контактных кольца и щетки.

Так как выходные напряжения ВТ должны сниматься по закону синуса и косинуса угла поворота, на практике необходимо устранять погрешности, возникающие от поперечного потока ротора, компенсируя его. Для этого используют вспомогательную статорную (первичное симметрирование) или косинусную роторную (вторичное симметрирование обмоток)

Синусно-косинусные ВТ

В синусно-косинусном режиме статорная обмотка возбуждения S_1 присоединена к источнику переменного напряжения постоянной амплитуды и создает продольный поток возбуждения Φ , а квадратурная обмотка замкнута на нагрузку Z_H . Для повышения точности воспроизведения синусоидального сигнала используется симметрирование обмоток.

Линейный вращающийся трансформатор

С помощью синусно-косинусного ВТ можно получить линейную зависимость выходного напряжения при небольших значениях угла (около $4-5^\circ$).

Однако, изменив схему включения ВТ, можно эти пределы значительно расширить. Если соединить обмотки так, чтобы на входе получить напряжение в виде функции

$$\varphi = k \cdot U ,$$

то при $c = 0,52$ линейность выходного напряжения обеспечивается с точностью до 0,1% в пределах $-55 \text{ — } +55^\circ$.

Для получения такой зависимости используют схемы линейных ВТ с первичным и вторичным симметрированием.

Линейный ВТ со вторичным симметрированием не может быть использован в тех устройствах, где нагрузка на сопротивление Z_H переменная, поэтому чаще на практике принимают схему с первичным симметрированием.

Синусно-косинусный ВТ в режиме преобразования координат (трансформатор-построитель)

Его можно использовать для определения длины вектора и его направления по заданным составляющим в декартовой системе координат, т.е. для преобразования от декартовых к полярным координатам (схема построителя). Работа схемы построителя сводится к оценке гипотенузы Z (как по значению, так и по углу) прямоугольного треугольника по двум заданным катетам x и y .

На обмотки статора $S1$ и $S2$ от однофазной сети переменного тока подаются напряжения, пропорциональные катетам $U1 \text{ — } x$, $U2 \text{ — } y$. На выводе роторной обмотки $r1$ подключают вольтметр, шкала которого при необходимости градуируется непосредственно в линейных мерах фаз, роторная обмотка питает непосредственно или через делитель обмотку управления асинхронного исполнительного двигателя ИД. Обмотку возбуждения этого двигателя подключают через конденсатор к той же сети, что и статорные обмотки ВТСК. Роторы исполнительного двигателя и ВТ связаны механически через редуктор. Магнитодвижущие силы обмоток $S1$ и $S2$ создают неподвижные в пространстве, пульсирующие по осям обмоток магнитные потоки Ods и Oqs , амплитуда которых при отсутствии насыщения магнитопровода будут пропорциональна вызвавшим их напряжениям $U1$ и $U2$. В результате симметрического сложения этих потоков возникает результирующий магнитный поток Φ , расположенный в

пространстве относительно обмоток S_1 и S_2 под тем же углом, что и гипотенуза исходного треугольника. Очевидно, что O_{ds} , O_{qs} , Φ пропорциональны сторонам x , y и z треугольника.

Магнитный поток Φ наводит в обмотке ротора ЭДС E_{r1} и E_{r2} . На обмотке управления исполнительного двигателя появляется напряжение U_y . Ротор двигателя начинает вращаться и через редуктор поворачивает ротор ВТСК. Когда обмотка Γ займет положение, при котором ее ось будет перпендикулярна магнитному потоку Φ , ЭДС этой обмотки станет равно нулю и ротор остановится. При этом ось обмотки γ совпадет с осью потока Φ и вольтметр покажет максимально возможное значение напряжения U_γ , пропорционально гипотенузе Z исходного треугольника. Угол поворота определяет угловое положение гипотенузы относительно катетов.

Синусно-косинусный трансформатор в режиме фазовращателя

Фазовращатели, выполненные на основе ВТСК, бывают двух основных типов: с двухфазным напряжением питания (вращающимся потоком возбуждения) и с однофазным напряжением питания (пульсирующим полем возбуждения).

Принцип работы фазовращателя с двухфазным питанием заключается в том, что не взаимно перпендикулярные первичные обмотки ВТСК подают напряжение, равное по амплитуде и сдвинутое по фазе на 90° . В машине создается круговое поле, наводящее ЭДС вращения в выходных обмотках. Временная фаза этой ЭДС по отношению к фазе напряжения питания строго соответствует углу поворота ротора.

Принцип работы фазовращателя с однофазным питанием основан на том, что в цепь одной из выходных обмоток включается емкость C , а в цепь другой — активное сопротивление R . Выходное напряжение $U_{\text{Влх}}$ снимается на сопротивлении нагрузки Z_H , подключаемой на выводы параллельно соединенных цепей выходных обмоток.

Условия, которым должно соответствовать сопротивление обмоток и внешних элементов:

$$R_{\text{ВХ}} = R_{\text{ВЫХ}}; X_{\text{ВХ}} = X_{\text{ВЫХ}},$$

где $R_{\text{ВЫХ}}$ и $X_{\text{ВЫХ}}$ — активная и индуктивная составляющие выходного сопротивления ВТ.

Фазовращатели, выполненные на основе ВТСК, широко используют в аналого-цифровых преобразователях типа «угол — фаза — код».

Масштабный ВТ

Такой трансформатор приводит в соответствие выходы напряжения предыдущей ступени схемы с требуемым входным напряжением последующей ступени без нарушения закона изменения напряжения. Его включают по обычной схеме ВТСК с первичным симметрированием. На выводы обмотки возбуждения S_1 подается выходное напряжение ВТ U_{r2} , снимаемое с обмотки r_2 рно является входным сигналом для последующей схемы. При фиксированном угле θ сигнал U_{r2} изменяется пропорционально сигналу U_2 с масштабным коэффициентом K и $\sin G$. Требуемый масштаб подачи сигнала выбирают путем плавного поворота, на корпусе ВТ может располагаться зубчатая передача для плавного поворота и фиксации углового положения ротора.

ВТ обычно работает в устройствах и приборах высокой точности, где устранение погрешностей является одной из основных задач. Погрешности преобразования углового перемещения в напряжении у ВТ в зависимости от их природы можно подразделить на четыре группы. Это погрешности, определяемые:

- 1) принципом работы в данном режиме;
- 2) конструкцией;
- 3) технологией изготовления;
- 4) условиями эксплуатации.

При определении класса точности устанавливаются следующие показатели:

- погрешности отображения функциональной зависимости. Ее определяют как полусумму полученных абсолютных значений наибольшего положительного и наибольшего отрицательного отклонений в установленные пределы поворота ротора к наибольшей выходной ЭДС; у ВГСК различных классов погрешность допускается в пределах 0,005-0,2 %;
- асимметрия нулевых положений ротора ВТ. Это отклонение действительных нулевых положений ротора 0, 90, 180, 270. Оценивается асимметрия как полусумма абсолютных значений наибольшего положительного и наименьшего отрицательного отклонений; у ВТСК различных классов асимметрия допускается от 10 до 640;
- ЭДС квадратурной обмотки. Ее определяют как отношение наибольшего в пределах оборота ротора значения ЭДС квадратурной обмотки к напряжению возбуждения, у ВТСК различных классов ЭДС допускается в пределах 0,04-1,2%;
- остаточная ЭДС. Ее определяют как отношение наибольшей остаточной ЭДС из всех нулевых положений ротора к наибольшей выходной ЭДС, у ВТСК различных классов остаточная ЭДС 0,003-0,1 %;
- разность коэффициентов трансформации. Ее определяют как отношение разности коэффициентов трансформации синусной и косинусной обмоток к наибольшему из этих коэффициентов, разность допускается в пределах 0,005-0,2 %.

Порядок выполнения работы

1. Установить тумблер «Сеть» в положение «Выкл» и вставить вилку шнура питания в розетку. Установить переключатель «Импульс — Пила» в положение «Пила»; «Ротор — Статор» — в положение «Статор». Повернуть регуляторы U_1 и U_2 против часовой стрелки до конца. Повернуть шкалу в положение «0». Включить тумблер «Сеть».

2. Подключить канал I осциллографа к гнезду С и, поворачивая регулятор U] по часовой стрелке, установить максимальный уровень сигнала. Подключить канал II осциллографа к гнезду P₁, а канал III к гнезду P₂. Снять зависимость амплитуды сигнала на разъемах P₁ и P₂; от угла поворота, вращая шкалу от 0 до 360° через каждые 15°. Результаты занести в табл. 3, по полученными данным построить графики.

Таблица 3

	0	15	30		345
U _{P1}					
U _{P2}					

3. Перевести переключатель «Ротор — Статор» в положение «Ротор». Подключить осциллограф к гнезду С. Снять зависимость амплитуды сигнала на разъеме С от угла поворота, вращая шкалу от 0 до 360° через каждые 15°. Результаты занести в табл. 4. По полученным данным построить график.

Таблица 4

	0	15	30		345
U _C					

4. Перевести переключатель «Импульс — Пила» в положение «Импульс». Задаться каким-либо углом, вычислить значение sin α и cos α . Вращением регулятора U] установить на роторной обмотке 1 (гнездо P₁) напряжение U_{P1}. Вращением регулятора U₂ установить на роторной обмотке 2 (гнездо P₂) напряжение U_{P2}.

5. Перевести ВТ в режим синусно-косинусного ВТ без симметрирования обмоток (рис. 11, а). Для этого на первичную обмотку статора подать переменное синусоидальное напряжение. На двухлучевом осциллографе сравнить фор-

мы сигналов на роторе и статоре. Поворачивая ротор от 0 до 360° через каждые 30°, измерить выходное напряжение на роторе и определить коэффициент трансформации по величине максимального сигнала на роторе.

Произвести первичное симметрирование обмоток ВТ (рис. 11, б), подать напряжение U_j на статорную (первичную) обмотку и определить влияние первичного симметрирования на форму и точность выходного сигнала. Затем произвести вторичное и полное симметрирование обмоток (рис. 11, в). Определить влияние симметрирования на точность воспроизведения выходного сигнала.

6. Определить погрешность отображения функциональной зависимости. Для этого определить наибольшее положительное и наибольшее отрицательное отклонения при повороте ротора на 100°. Отношение полусуммы этих значений к наибольшей выходной ЭДС и определит погрешность отображения функциональной зависимости

$$\sigma_{\phi} = \frac{U_1 + U_1^*}{U_{\max}}$$

7. Определить ЭДС квадратурной обмотки. Для этого определить $U_{\text{кв}}$ и измерить напряжение возбуждения U).

8. Определить коэффициент трансформации ВТ и разность коэффициентов трансформации. Для этого определить максимальное напряжение на синусной (вторичной) обмотке:

$$\frac{U_{1\max}}{U_{2\max}} = K.$$

Такой же коэффициент определяют и для косинусной обмотки. Отношение разности ($K_1 - K_2$) к наибольшему значению K определяет разность коэффициентов трансформации.

9. Подключить обмотки ВТ в режиме линейной ВТ (рис. 12). Подать на вход схемы напряжения U_1 , на выходе схемы снять зависимость $U_2 = f(\alpha)$, данные свести в табл. 5 и построить график $U_2 = f(\alpha)$.

10. На обмотки статора подать произвольное напряжение U_1 и U_2 . Обмотки ротора соединить по схеме, приведенной на рис 14. Измерить напряжение на выходе $U_{\text{ВЫХ}}$ и определить угол поворота α .

Убедиться, что $U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{U_1 + U_2}$, а угол $\alpha = \arctg(U_1/U_2)$.

Содержание отчета

1. Краткие теоретические сведения.
2. Схемы симметрирования обмоток.
3. Таблицы и графики зависимостей U_p , U_{pc} , U_c от угла поворота α .
4. Погрешность отображения функциональной зависимости.
5. Расчет коэффициентов трансформации, разность коэффициентов трансформации.
6. Графики U_p в режиме линейного ВТ.
7. В режиме ВТ-построителя определить и $U_{\text{ВЫХ}}$ по тригонометрической зависимости.

Контрольные вопросы

1. Виды вращающихся трансформаторов.
2. Принципы действия ВТ.
3. Устройства ВТ и их конструкции.
4. Симметрирующие обмотки и их значение.
5. Линейный ВТ.
6. Синусно-косинусный ВТ в режиме преобразования координат.
7. Масштабный ВТ.
8. Погрешности преобразователей угла поворота в напряжение.
9. Показатели класса точности ВТ.

Приложение

ПРИЛОЖЕНИЕ

Индивидуальные задания к лабораторной работе №1

Операции по алгоритму (рис. 6, б)	t, с	№ варианта					
		1	2	3	4	5	6
Перемещение ПР к станку	t ₁	100	20	30	10	80	5
Перемещение ПР к таре изделий	t ₂	50	10	40	100	80	60
Перемещение ПР к таре заготовок	t ₃	25	35	40	10	50	15
Укладка изделий в тару	t ₄	5	6	8	9	10	4
Взятие ПР заготовок	t ₅	15	10	5	4	6	8
Обработка деталей на станке	t ₆	200	250	150	100	300	800

Индивидуальные задания к лабораторной работе №2

Движения и перемещения робота	t, с	Варианты заданий							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Перемещение ПР к станку	t ₁	18	36	54	64	32	24	20	16
Разгрузка станка ПР	t ₂	6	4	8	10	12	5	3	9
Перемещение ПР к таре изделий и укладка их в тару	t ₃	9	8	15	15	20	8	9	20
Перемещение ПР к таре заготовок	t ₄	12	24	18	36	30	24	18	36
Взятие ПР заготовок	t ₅	6	18	12	24	30	36	48	42
Загрузка ПР станка заготовкой		16	32	48	60	82	32	48	16
Обработка деталей на станке		72	120	96	144	168	240	192	264
Разгрузка тары с изделиями		2160	2880	3000	3780	5040	5760	6480	1200
Привоз заготовок	t ₆	1680	1920	2400	2760	3120	3480	3820	4180

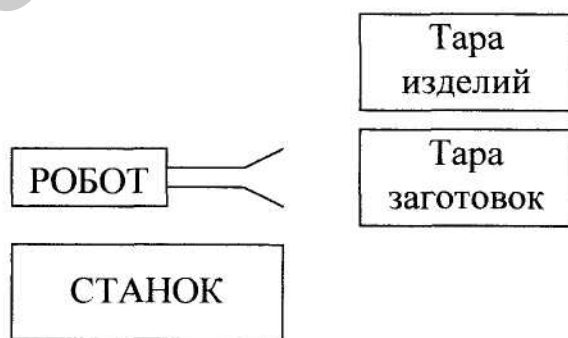


Рис. 16. Планировка участка работа с одним станком

ЛИТЕРАТУРА

1. Управление робототехническими системами и гибким автоматизированным производством / Под ред. И. М. Макарова. Сер. Робототехника и ГАПы N 3.—М.: Высш. Шк. 1989.
2. Василенко Н. В., Никитин К. Д., Пономарев В. Б., Смолин А. К). Основы робототехники. - М.: Раско, 1993. — 472 с.
3. Гибкая производственная система, промышленные роботы, робототехнические комплексы.: В 14 кн. Кн. 5. В. П. Царенко. Промышленные роботы: Практич. пособие / Под ред. Б. И. Черпакова.-М.: Высш. шк. 1990.-94 с.
4. Попов И. Г., Письменный Г. В. Основы робототехники.-М.: Высш. шк., 1990.-224 с.
5. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: Пер. с англ.-М: Мир. 1989. 624 с.
6. Гибкие производственные системы изготовления РЭА / А. И. Артемьев, В. П. Ковешников, И. С. Лапин и др.-М.: Радио и связь, 1990. - 340с.

Учебное издание

ГРУШЕЦКИЙ СВЯТОСЛАВ ВАСИЛЬЕВИЧ

Лабораторные работы

по дисциплине

«Робототехника и гибкие автоматизированные производства в
электронно-оптическом аппаратостроении»

для студентов специальности

«Электронно-оптическое аппаратостроение»

Редактор Е. Н. Батурчик

Подписано в печать 31.05.2002.

Формат 60x84 1/16.

Бумага

Печать

Усл. печ. л. 2,0.

Уч.-изд. л.

Тираж 100 экз.

Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Лицензия ЛП № 156 от 05.02.2001.

Лицензия ЛВ № 509 от 03.08.2001.

220013, Минск, П. Бровки, 6.