

621.9(075)

с 28

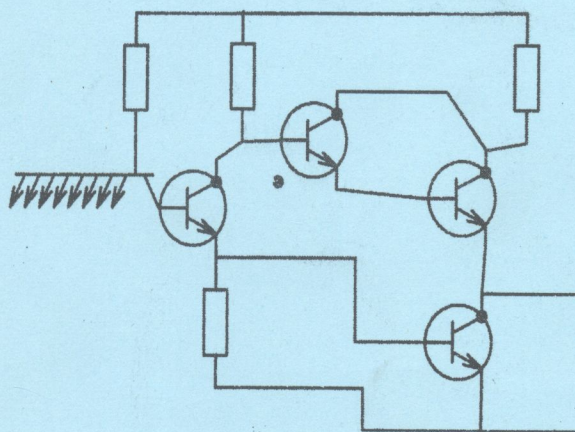
51



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Л.М.СЄДІНКІН

**СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ
ВЕРСТАТАМИ
ТА ВЕРСТАТНИМИ
КОМПЛЕКСАМИ**



Суми Вид-во СумДУ 2005

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Л.М. СЕДІНКІН

**СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ВЕРСТАТАМИ ТА
ВЕРСТАТНИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

НТБ ВНТУ



424082

621.9(075) С 28 2005

Седінкін Л.М. Системи керування верстатами та

Суми Вид-во СумДУ 2005

621.9.06-349

ББК 32.973

С 28

УДК 621.9-52(0758)

Рецензенти:

д-р технічних наук, професор М.В. Захаров,
д-р технічних наук, професор П.М. Учасв

*Рекомендовано до друку вченою радою Сумського державного
університету Міністерства освіти і науки України*

Седінкін Л.М.

С -- 28 Системи керування верстатами та верстатними
комплексами: Навчальний посібник. -
Суми: Вид-во СумДУ, 2005. -- 214 с.

ISBN 966-657-047-5

У посібнику розглянуті елементи пристроїв числового програмного керування, структура і методи побудови систем керування металорізальними верстатами та верстатними комплексами, пристрої керування промисловими роботами, розглянуті засоби перероблення і передавання інформації при обробці на верстатах.

Посібник розрахований на студентів, інженерів -- механіків та широке коло читачів.

424082

ББК 32.973

ISBN 966-657-047-5

© Л.М. Седінкін, 2005

© Вид – во СумДУ, 2005

**НТБ ВНТУ
м. Вінниця**

Зміст

	С.
Вступ	7
Розділ 1 Класифікація систем керування	16
Аналогові системи керування верстатами.....	16
Системи числового програмного керування верстатами.....	31
Розділ 2 Структурні варіанти систем ЧПК	41
Системи, побудовані за принципом цифрової моделі.....	41
Пристрої, побудовані за структурою ЕОМ.....	43
Пристрої ЧПК, побудовані з застосуванням мікропроцесорів.....	44
Пристрої ЧПУ, побудовані на базі ЕОМ.....	45
Системи ЧПК із формуванням програми з оброблення першої деталі.....	47
Розділ 3 Елементна база систем ЧПК	49
Елементи типу ТТЛ.....	49
Тригери.....	51
Тригери з встановлювальним запуском (RS -тригери).....	52
Д-тригер.....	55
Т-тригер.....	57
TV-тригер.....	57
RST-тригер.....	58
JK - тригер.....	59
Регістри.....	61
Регістри паралельної дії.....	61
Регістри послідовної дії.....	63
Пристрої, що здійснюють арифметичні	

операції.....	64
Суматор	64
Лічильники.....	66
Дешифратори.....	68
Запам'ятовуючі пристрої.....	69
Приклади схемної організації постійної пам'яті.....	70
Розділ 4 Структурні схеми деяких керуючих машин.....	75
Керуюча машина, побудована на базі агрегатних вузлів (Н22-1М).....	75
Структурна схема машини.....	75
Структурна схема пристрою введення даних.....	76
Структурна схема ПКіП.....	78
Пристрій задання швидкості.....	80
Інтерполятор.....	81
Контурний імпульсно-кроковий пристрій ЧПК моделі Н33-1М.....	84
Контурний мікропроцесорний пристрій ЧПК на базі мікро ЕОМ „Електроніка НЦ-31”.....	90
Позиційний пристрій ЧПК моделі 2П323.....	95
Комбінований пристрій ЧПК моделі „Розмір-4”.....	101
Комбінований мікропроцесорний пристрій ЧПК моделі 2С42.....	111
Розділ 5 Апаратна реалізація деяких функцій у системах ЧПК.....	119
Аналітичний метод перетворення інформації.....	119
Розв'язання задачі першого перетворення інформації методом нарисної геометрії.....	124

Розв'язання задачі другого перетворення інформації методом нарисної геометрії.....	125
Цифрові моделі креслярських інструментів.....	128
Цифрові моделі лінійки.....	128
Цифрова модель косинця.....	130
Цифрова модель циркуля.....	130
Цифрові моделі транспортира.....	132
Розділ 6 Методи інтерполяції.....	140
Інтерполяція за принципом ЦДА.....	140
Лінійний інтерполятор на ЦДА.....	140
Круговий інтерполятор на ЦДА.....	142
Інтерполятори, що працюють за методом оцінної функції.....	146
Лінійна інтерполяція за методом оцінної функції....	146
Кругова Інтерполяція за методом оцінної функції...	150
Розділ 7 Аналогові пристрої в системах ЧПК.....	154
Фазовий метод перетворення цифрової інформації..	154
Амплітудний метод перетворення цифрової Інформації.....	157
Імпульсний метод перетворення інформації.....	160
Імпульсний метод перетворення інформації з використанням ІДЗ.....	163
Кодовий метод перетворення інформації.....	164
Кроковий метод перетворення інформації.....	166
Розділ 8 Керуючі пристрої промислових роботів..	168
Керуючі пристрої з програмним керуванням.....	168
Циклові керуючі пристрої.....	173
Позиційні керуючі пристрої.....	180
Контурні керуючі пристрої.....	185
Зв'язок робота з технологічним устаткуванням.....	193

Розділ 9 Автоматизовані системи	
централізованого керування ділянками	
верстатів із ЧПК.....	197
Загальні поняття про автоматизовані системи	
централізованого керування.....	197
Автоматизовані системи централізованого керу-	
вання.....	198
Автоматизовані системи централізованого керу-	
вання автоматизованими ділянками типу АСВ і	
АСК.....	202
Системи групового керування металорізальними	
верстатами з ЧПК.....	205
Список літератури.....	213

Вступ

При вивченні верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) виникла необхідність виділення питань, пов'язаних із побудовою систем керування різними видами обладнання, у самостійну проблему. З метою створення загального підходу як до систем керування верстатами традиційного типу, так і обладнання з ЧПК, за основу класифікації була прийнята інформаційна ознака. Системи керування верстатами можна розрізняти за числом потоків інформації, що є в кожній системі, і за способом відтворення на програмоносії інформації про процес обробки (програми).

У загальному випадку під інформацією розуміють різні повідомлення, що несуть корисні відомості, а під керуванням - таку систему ведення того чи іншого процесу (переробку інформації), що забезпечує досягнення визначених цілей (тому можна говорити про керування засобами транспорту, хімічними реакціями, машинами). Сукупність усіх пристроїв, що забезпечують керування яким-небудь об'єктом, прийнято називати *системою керування*.

У більшості випадків процес керування зводиться до одержання інформації про задачі керування і результати керування, аналізу отриманої інформації, вироблення рішень і, нарешті, до виконання рішень. Створюються принципово нові машини, що виконують деякі функції людського мозку, наприклад, керують складними процесами. Спостерігається тенденція об'єднання робочих машин в автоматичні системи із загальним керуванням від ЕОМ.

Роль людини в системі керування зводиться до організації роботи автоматичних систем і пристроїв обчислювальної техніки, до такого їх проектування, з'єднання і

використання, що забезпечує одержання необхідних результатів з мінімальними загальними витратами всіх наявних у нашому розпорядженні засобів.

Досягнутий рівень розвитку науки і техніки дозволяє вивчати процеси керування, зокрема верстатами, як процеси перетворення і передачі інформації, тобто застосовувати положення технічної кібернетики. Одне із положень цієї науки розглядає питання про зворотні зв'язки. Часто в керуючих системах мають місце два потоки інформації: сигнал керування і сигнал зворотного зв'язку. Однак треба сказати, що класичний зворотний зв'язок спостерігається, як правило, у більш складних сучасних системах керування верстатами, тому що під сигналом зворотного зв'язку розуміють сигнал, що виробляє коригувальний керуючий сигнал для того, щоб система керування по можливості точніше виконувала програму, тобто сигнал у слідкуючих системах. Необхідно також розрізнити місце появи сигналу зворотного зв'язку в системі керування; чи є він джерелом інформації про результати керування (стосовно джерела інформації про задачі керування — вихідній програмі) чи він має місцеве значення, виникаючи, наприклад, у блоці посилення сигналу керування. У першому випадку ми будемо мати справу із загальною замкнутою системою керування, а в другому — наявність місцевого зворотного зв'язку ще не характеризує систему керування в цілому.

У простих системах керування може мати місце потік інформації про результати керування і їх варто відносити до замкнутих систем. Однак правильно говорити про наявність у цих верстатах зворотного зв'язку, якщо датчик лише фіксує стан керованого об'єкта, а система керування не забезпечує вироблення сигналу, що коректує програму (наприклад, кінцевий вимикач відключає привод переміщення столу фрезерного верстата, але при цьому

розміри деталі не контролюються). У цьому випадку можна говорити лише про наявність квазіоберненого зв'язку. Надалі будемо користуватися для джерела інформації про результати керування переміщеннями виконавчих вузлів верстатів терміном датчик (перетворювач) шляху (чи переміщення положення) чи в загальному випадку для слідкуючої системи керування — датчик зворотного зв'язку.

За відсутності потоку інформації про результати керування система стає незамкнутою, що містить лише апіорну інформацію про результати керування, що забезпечується застосуванням особливого виду привода чи дозованих переміщень привода від копіра.

Створення системи керування яким-небудь автоматичним устаткуванням ні в якому разі не повинне розглядатися лише на рівні керування власне даним устаткуванням (наприклад, металорізальним верстатом) і обмежуватися ним. Порушення цього положення приводить до малої ефективності використання такого устаткування, до появи слабкої ланки (невиправдано дорогого) у загальному ланцюзі взаємозалежного процесу виробництва виробів. Як правило, застосування сучасних систем числового керування окремими об'єктами (верстатами) має потребу в перегляді процесу керування виробництвом на рівні ділянки, цеху, а іноді і заводу. У практиці це не завжди враховується. Розглядаючи процес виготовлення будь-якого нового виробу в машинобудуванні, можна відзначити, що першоджерелом прийняття всіх організаційних і технічних рішень, спрямованих на успішне створення системи керування даного виробництва, є конструкція цього виробу і кількість виробів, яку потрібно випустити. Це означає, що в кресленні, таблиці, технічному завданні чи в іншому умовному виді об'єкта виготовлення закладена вихідна

інформація, необхідна для виробництва даного виробу. При цьому вкрай бажане і навіть необхідне комплексне розв'язання великої кількості окремих задач загальної системи керування виробництвом. Більш загально ці задачі можна було б розділити на технологічні, організаційні і задачі щодо питань безпосереднього керування обладнанням.

Насамперед для виготовлення визначеного виробу повинні бути розв'язані такі задачі загальної системи керування, що забезпечать для кожної деталі даного виробу вибір чи виготовлення необхідного устаткування, інструмента, оснащення, одержання заготовки визначеної форми і розмірів і самих деталей (розроблення програми), а також вибір оптимальних режимів обробки і т.д. (можливі випадки виготовлення деталей і по кооперації з іншими підприємствами), тобто повинні бути вирішені питання технологічної підготовки виробництва.

Далі система керування будь-якого рівня повинна доцільно дозволити всі організаційно-транспортні заходи: збереження і своєчасне забезпечення верстатів заготовками, евакуацію готових деталей, збереження і забезпечення верстатів інструментом, оснащенням і технічною документацією, включаючи програмоносії. Вести облік на всіх стадіях виробництва: заготовок, напівфабрикатів, готових деталей, інструментів і допоміжних матеріалів, а також здійснити поточне планування виробництва (змінне, тижневе, місячне і т.п. завдання) і установлювати періодичність профілактичного ремонту обладнання, тобто всі питання, що стосуються керування виробництвом.

Інша група задач системи керування пов'язана безпосередньо з керуванням обладнанням, а саме: забезпеченням циклу обробки (визначеної, звичайно повторюваної послідовності дії окремих механізмів

верстата), вмиканням і вимиканням виконавчих механізмів (наприклад, обертання шпинделя, закріплення заготовки чи інструмента), забезпеченням позиціонування і керування траєкторією руху виконавчих механізмів при робочих і холостих ходах (включаючи складальні операції, зварювання, різання листів і розмірний контроль складних поверхонь), керуванням завантаженням і вивантаженням деталей, зміною інструмента і режимів обробки, а також усіма допоміжними командами й операціями (наприклад, збирання стружки, робота систем гідравліки і ЗОР, різні блокування і сигналізація, розмірний контроль деталі та ін.) і, нарешті, забезпеченням підналагодження устаткування (за параметрами точності, навантаження і т.д.), самонастроювання (з урахуванням випадкових факторів з метою забезпечення оптимальної обробки) і переналагодження, включаючи роботу обладнання за зовсім новою програмою.

Розв'язання поставлених задач можна подати у такому загальному вигляді.

1 Вибір об'єктів керування (верстата, інструмента, оснащення, режимів і т.д.). Ця частина системи керування зводиться до підбирання найбільш придатного варіанта для даної ситуації шляхом перебирання декількох можливих варіантів і вибору (чи виклику із пристрою пам'яті ЕОМ) однозначної відповіді. Наприклад, при токарній обробці для інструмента типу Т при оброблюваному матеріалі марки М вибирають подачу для чорнового проходу F. Вибрати розміри і придатну конфігурацію заготовок складно. Це здійснюють шляхом перебирання різних варіантів заготовок із пруткового матеріалу, поковок чи отриманих литтям з відповідними мінімальними припусками на обробку та ін. Також складний, наприклад, автоматичний вибір типу і розмірів затискного патрона. За необхідності автоматичного керування видачею чого-

небудь зі складу вибір можна здійснити простим звертанням до пам'яті ЕОМ із подальшим пошуком необхідного серед осередків складу.

2 Калькуляція та облік, різні розрахунки економічного порядку (часу обробки, доцільні режими обробки і т.д.), фіксування наявності сировини і готової продукції, інструментів і матеріалів на всіх стадіях виробництва.

3 Підтримка якого-небудь параметра в межах визначеного рівня здійснюється шляхом заздалегідь установлених припустимих границь коливання параметра відповідною частиною системи керування, що забезпечує підтримку цього параметра (наприклад, потрібного запасу заготовок і готових деталей, підналагодження обладнання за якісними показниками результату обробки і т.д.).

4 Власне керування яким-небудь процесом (у верстатах — це керування виконавчими вузлами різного устаткування з метою їх позиціонування, функціонального руху чи встановлення циклу дії), подавання простих команд на вмикання і вимикання двигунів, соленоїдів, різних блокувань і сигналізації.

Природно, що все перелічене можна виконувати вручну чи з різним ступенем автоматизації аж до цілком автоматизованої системи, але тільки комплексне розроблення системи керування виробничого об'єкта дозволяє успішно розв'язувати все коло поставлених задач і забезпечувати найбільшу ефективність створюваної системи керування при заданих умовах.

Іноді досить проста задача розроблення системи керування ускладнюється наявністю великої кількості складених елементів такої системи і їх взаємних зв'язків.

Тільки комплексний і повний розгляд і вирішення всіх питань, пов'язаних з побудовою системи керування виробництвом яких-небудь визначених (конкретних)

виробів, можуть привести до успішних результатів створення такого виробництва.

Розглянемо широко розповсюджені (традиційні) системи керування верстатами. Найпростішу систему керування металорізальним верстатом за участю робочого ми можемо подати такою схемою (рисунок 1)



Рисунок 1—Схема ручного керування верстатом

Робітник, користуючись ескізом чи кресленням деталі, перетворює «прочитану» інформацію у певний рух рук і впливає на органи керування верстата, що обробляє деталь. Людина керує циклом верстата і величинами переміщень його виконавчих механізмів. Головною перевагою такої системи керування є її гнучкість. Дійсно, будь-яка зміна креслення відразу може бути відтворена робітником при керуванні верстатом і відбита на оброблюваних деталях. Також не складно перейти на обробку інших деталей. Однак введення робітника в ланцюг системи керування однієї з її ланок є гальмом зростання продуктивності такого обладнання.

Розглянута система керування характерна для універсальних верстатів, її застосовують в одиничному і дрібносерійному чи дослідному виробництвах.

Автоматична система керування (рисунок 2) відрізняється від розглянутої тим, що вихідна інформація перетворюється у процесі підготовки виробництва в новий вид програмоносія — копій, шаблон чи розставлені певним чином при налагодженні верстата упори. При цьому інформація фізично матеріалізується у вигляді моделі — аналога програми переміщень, а виконавчі вузли

верстата відтворюють за цією моделлю задану програму при



Рисунок 2— Автоматичне керування верстатом

обробці деталі. Цикл роботи верстата в аналогових системах керування найбільш часто встановлюється при розробленні самої системи чи програмоносія (наприклад, кулачка), і дії більшості його елементів, крім зміни режимів обробки, є, як правило, незмінними (постійними) для даного верстата. У такій системі вдається вивести людину (робітника) з ланцюга безпосереднього керування верстатом. Робітник присутній звичайно лише на стадії підготовки виробництва при виготовленні шаблонів чи налагодженні верстата. При роботі верстата робітник перетворюється в оператора, що стежить за правильною роботою обладнання, якщо воно автоматичне, чи здійснюючого завантаження і вивантаження деталей на напівавтоматичних верстатах. Варто враховувати, що верстати-напівавтомати втрачають свої позитивні якості при використанні їх для обробки деталей з коротким циклом обробки, тому що при підвищенні продуктивності робітник стає помічником верстата, напружено і монотонно здійснюючи завантаження і знімання деталей.

Використання аналогового програмоносія є великим досягненням системи керування, тому що забезпечує не обмежені людиною можливості зростання продуктивності праці. Але є і недоліки: наявність програмоносія у вигляді моделі-аналога зменшує можливість швидкого переналагодження обладнання, тобто підвищується вартість переналагодження. Така система керування не є

гнучкою, і її застосування властиве великосерійному і масовому виробництвам, часто вона придатна лише для деталей зі стійкою в часі конструкцією.

У машинобудуванні спостерігається тенденція скорочення термінів зміни об'єктів виробництва, і виявляється, що навіть для деяких масових видів виробництва спеціальні верстати чи автоматичні лінії з аналоговими системами керування застосовувати нерентабельне, тому що на виготовлення і упровадження устаткування втрачається час, часто порівняний з часом виробництва даного об'єкта. Для оснащення універсальним і одночасно автоматичним устаткуванням дрібносерійного виробництва, що займає велику питому вагу в машинобудуванні, перспективним є використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Поява систем числового керування дозволила одержати автоматичні верстати, що мають велику гнучкість при переналагодженні.

З розвитком верстатів із ЧПК спостерігаються стирання спеціалізації верстатів за видами обробки і поява багатоопераційних верстатів. Подальший розвиток систем ЧПК проходить у напрямку все більшого впровадження ЕОМ.

Розділ 1

Класифікація систем керування

Аналогові системи керування верстатами

Аналогові системи керування поділяють на системи керування замкнутого типу (системи, що працюють у режимі технологічної готовності, наприклад, з контролем шляху, часу, швидкості, потужності чи тиску з так називаним активним контролем), незамкнуті системи, тобто системи з одним потоком інформації, серед яких можна виділити системи керування зі спеціальним приводом, що забезпечує дозоване переміщення виконавчого пристрою (привод від кулачка, копіра, храпового чи мальтійського механізму), і копіювальні системи керування слідкуючим приводом, що має зворотний зв'язок.

Системи керування замкнутого типу. Найпростіша схема системи керування замкнутого типу (рисунок 1.1)

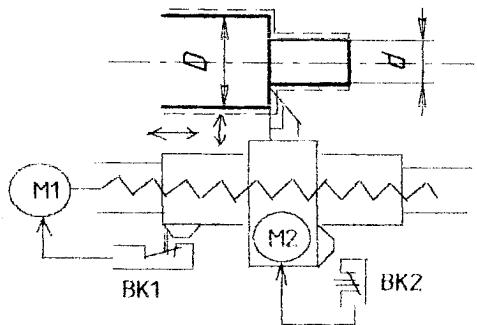


Рисунок 1.1—Схема системи керування замкнутого типу з аналоговим програмоносієм

відтворює керування подовжнім і поперечним супортами токарного верстата. Складена за кресленням деталі програма обробки перетвориться в такий вид, що може бути просто прийнятий системою керування верстата. У даному випадку програмоносієм величин переміщень є розставлені заздалегідь при налагодженні упори і кінцеві вимикачі. Цикл же програмується стаціонарною електричною (гідравлічною, пневматичною і т.д.) схемою керування даного верстата (крім режимів обробки, що звичайно можуть бути змінені при налагодженні верстата в процесі обробки). Для одержання необхідних розмірів оброблюваної деталі положення упорів повинні відповідати необхідним переміщенням інструмента, а отже, супортам верстата, тобто його виконавчим вузлам. Це означає, що в розставлених певним чином упорах вміщена інформація про необхідні розміри даного виробу — візьмемо її за вихідний чи перший потік інформації в даній системі керування верстатом. Наприкінці подовжнього ходу різця після обробки поверхні діаметром d (положення, зазначене на

рисунок 1.1) упор впливає на шляховий перемикач $BK1$, що вмикає двигун $M1$ подовжнього супорта і вмикає двигун $M2$ поперечного супорта (відпрацьовується частина циклу, обумовленого електросхемою). Поперечний супорт буде переміщатися доти, поки вершина різця не виявиться на поверхні діаметра D заготовки східчастого валика. Після припинення поперечного переміщення від перемикача $BK2$ почне переміщатися подовжній супорт, при цьому різець переміщається по поверхні діаметром D до впливу на перемикач $BK1$ чергового упора (кулачка).

Упори визначають одержання інформації про фактичне положення виконавчих пристроїв при дії цих упорів на різні датчики (перетворювачі), тобто забезпечують появу

іншого потоку інформації; цикл роботи залежить від складеної задалегідь схеми взаємодії керуючої апаратури і для кожного верстага є незмінним параметром.

Принцип дії замкнутої системи керування з аналоговим програмоносієм не залежить від типу застосовуваного привода і датчика. Можуть бути використані як шляхові перемикачі і кулачки, так і тверді упори, що працюють разом з реле тиску, встановленому в системі гідроприводу, чи реле струму в ланцюзі електропривода, тобто різні пристрої, що контролюють пройдений шлях за навантаженням привода виконавчого пристрою.

Головним недоліком таких систем є неможливість точного введення інформації про величини переміщень, що приводить до необхідності виконання пробних обробок на верстатах із подальшими корекціями положення програмоносіїв. У зв'язку з тим, що на налагодження витрачається значний час, ці системи в дрібносерійному виробництві економічно себе не виправдовують.

Замкнуті системи керування можуть працювати не тільки у функції шляху, пройденого виконавчим пристроєм (керування з контролем по шляху). Широко поширені також системи керування, що працюють у функції швидкості, часу й інших параметрів, що змінюються в процесі роботи, (у функції технологічної гідності). Як приклад можна навести систему керування зупинкою електродвигуна за допомогою реле контролю швидкості, коли при гальмуванні двигуна за допомогою противовключіння при досягненні швидкості, близької до нуля, вимикається живлення двигуна. Застосовують і інші системи керування, що іноді лише побічно характеризують результат відпрацьовування інформації, заданої програмою. Поширена, наприклад, така технологічна операція, як виходжування при закінченні шліфування деталей, що відбувається без примусової подачі

шліфувального кола на деталь, але з контролем за часом, чи, наприклад, примусове автоматичне виправлення кола після шліфування якогось визначеного (установлюваного програмою) числа деталей і т. д.

При виборі місця знімання інформації про результати керування для забезпечення потрібної вірогідності (точності) відтворення програми дуже важливо правильно визначити в кожній системі керування місце установлення датчика (перетворювача). Можливі кілька варіантів установлення датчика, що контролює розміри оброблюваної деталі: датчик (командоапарат КА) кінематично зв'язаний із приводом виконавчого вузла і може видати непряму інформацію про фактичне положення виконавчого вузла *ВВ* (рисунок 1.2 а); датчик (кінцевий вимикач ПК) розташований на виконавчому вузлі (рисунок 1.2 б).

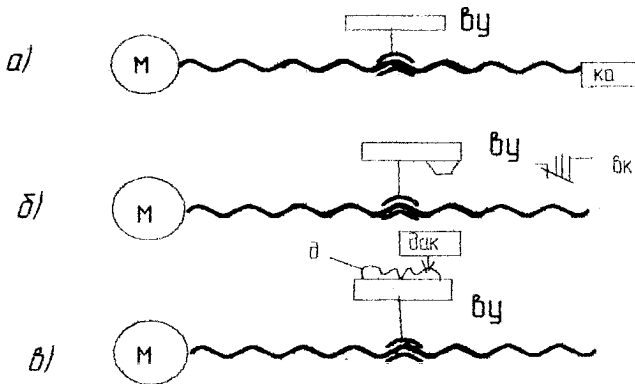


Рисунок 1.2—Можливі варіанти сполучення другого потоку інформації

Датчик активного контролю *ДАК* контролює безпосередньо оброблювану деталь *д* (рисунок 1.2 в). Прикладом системи керування з найбільшим охопленням ланок загального ланцюга є система активного контролю розмірів оброблюваної деталі. У цьому випадку джерелом

інформації є датчик (перетворювач шляху, вимірювальний пристрій), що контролює безпосередньо розміри деталі в процесі обробки. Інформація, що надходить від датчика, звичайно, крім подачі сигналу про момент закінчення обробки, змінює в процесі самої обробки і її режими, тобто впливає на цикл роботи верстата. При такому керуванні, наприклад, на шліфувальних верстатах може бути досягнута висока точність обробки (порядку декількох мікрометрів).

Аналогові системи замкнутого типу звичайно конструктивно досить прості, мають невелику вартість, забезпечують дистанційне керування і порівняно просте переналагодження верстата, тобто зміну програми його роботи, що стосується керування величинами переміщень і іноді режимами (але рідко окремими елементами циклу), а також можуть мати необмежені щодо відстані переміщення виконавчих вузлів. Але ці системи, крім недоліків, властивих всім аналоговим системам (значний час переналагодження, а отже, висока її вартість, і складність контролю введення інформації про величину переміщення), мають ще й інші. Насамперед це відсутність безупинного кінематичного зв'язку між виконавчими вузлами верстата, а отже, і неможливість одержання складних рухів, необхідних для обробки криволінійних поверхонь. Можна, звичайно, зв'язати, наприклад, на токарному верстаті шпindelь деталі через гітару кроку з подовжнім супортом і забезпечити формоутворення різьблення на визначеній довжині, використовуючи для програмування довжини переміщення керування з контролем по шляху. Однак така система керування буде змішаною і нетиповою. Два виконавчих вузли, маючи один загальний привод, при кожному налагодженні верстата будуть зв'язані один з одним постійною кінематичною схемою, що забезпечує лише необхідний для даного

випадку крок різьблення, інша ж частина загальної системи керування може бути виконана як замкнута система зі шляховим перемикачем, що фіксує довжину нарізки різьблення. Як правило, для систем керування замкнутого типу характерним є індивідуальний привод, для окремого виконавчого вузла чи верстата - один загальний привод, що підключається по черзі до різних виконавчих вузлів. Відсутність керування положенням виконавчих вузлів безпосередньо в процесі їх руху природно ускладнює синхронізацію їх роботи.

Два потоки інформації збільшують кількість керуючої апаратури, що може знизити надійність роботи верстата, а іноді і точність. Крім динамічних властивостей виконавчих вузлів, що виявляються при обробці під час перехідних процесів, на точність деталі будуть впливати також час спрацьовування керуючої апаратури і вільний вибіг виконавчих вузлів.

Для підвищення якості обробки практикується зниження швидкості виконавчого вузла при його підході до запрограмованої точки останова (звичайно застосовується при позиціонуванні, тобто установлювальних переміщеннях). Також застосовуються зниження кінетичної енергії мас, що рухаються, і скорочення шляху переміщення по інерції виконавчих вузлів, що досягається від'єднанням від виконавчого вузла за допомогою муфти ротора приводного двигуна, що має значний маховий момент і гальмування виконавчого вузла. Найбільша точність зупинки може бути досягнута при використанні твердих упорів, що механічно припиняють рух. Наприклад, така схема: контроль шляху, а наприкінці ходу рух до твердого упору із загасаючою швидкістю, потім зі зниженою швидкістю (місце зниження швидкості визначається контролем по шляху), і відключення привода при досягненні упора з контролем по навантаженню.

Крім установлення величин переміщень виконавчих вузлів для автоматичного устаткування, необхідно програмувати цикл його роботи, тобто визначену повторювану послідовність дії виконавчих вузлів (включення, реверс, зміна швидкості і т.д.). При розробленні циклу зручно користуватися циклограмою, що є частиною програми, на якій зазначають у часі всі моменти зміни стану системи керування і проставляють індекси апаратів, що беруть участь у роботі.

У децентралізованих системах керування команди видаються послідовно виконавчими вузлами в міру відпрацьовування програми рухів цими вузлами, що забезпечує велику надійність синхронізації такої системи керування.

Керування циклом при централізованій системі зосереджується в командоапараті, і доводиться особливо стежити за синхронізацією керування, що може порушуватися при зміні швидкостей руху виконавчих вузлів. Коли доцільно об'єднати в командоапараті також і керування величиною переміщення виконавчого вузла, останній зв'язується кінематично з командоапаратом (рисунок 1.2 а).

Системи керування незамкнутого типу. Серед систем незамкнутого типу можуть бути виділені системи зі спеціальним приводом, що забезпечує дозоване переміщення виконавчого вузла, а також копіювальні системи керування прямої дії (без підсилювача потужності). Нагадаємо, що всяка незамкнута система керування, тобто система керування з одним активним потоком інформації, припускає наявність апріорної інформації, що забезпечує правильне функціонування такої системи керування. У цьому випадку, наприклад, застосування копіра чи храпового механізму визначає наявність апріорної інформації про переміщення. У таких

системах керування величина переміщення виконавчого вузла при впливі на нього сигналу керування (імпульсу) заздалегідь відома в межах необхідної точності.

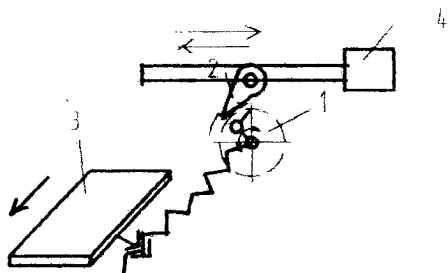


Рисунок 1.3—Система керування з приводом переміщення від храпового колеса

Наприклад, за допомогою храпового колеса 1 (рисунок 1.3) і собачки 2 можна переміщати каретку 3 на визначену величину, регульовану заслінкою 4 при подачі напруги на електромагніт 5. Задавши потрібне число імпульсів, подаваних на електромагніт, можна програмувати загальну величину переміщення каретки і бути упевненим, що ця величина буде нею точно відпрацьована без участі (і наявності) іншого потоку інформації про фактичний, відносно положення даної каретки, тобто така система керування буде функціонувати лише на основі апріорної інформації про процес. Аналогічна система керування з приводом руху виконавчого вузла через мальтійський механізм (систему іноді використовують у приводі повороту револьверної голівки). У деяких випадках доводиться в таких крокових системах керування встановлювати різного типу датчики для відключення і повернення механізму привода у початкове положення після закінчення чергового циклу або фіксатори, що підвищують точність і утримують у запрограмованому положенні виконавчий вузол. Однак ці датчики не є джерелами інформації про фактичне положення

виконавчого вузла і не змінюють тип незамкнутої системи керування. Програмоносієм у таких системах є особливий вид привода (тягового механізму) і власне система його керування (спосіб подачі команд).

Кулачкові системи керування. За таким самим принципом працює система керування з приводом від кулачка, що обертається періодично чи безупинно (рисунок 1.4).

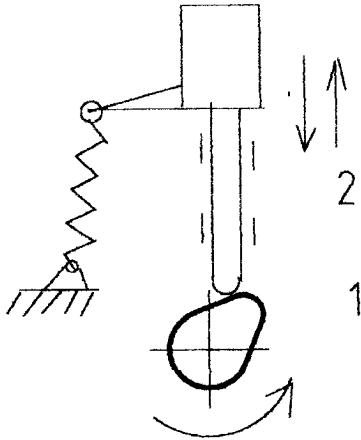


Рисунок 1.4—Система керування із кулачковим приводом

Профіль (робоча поверхня) кулачка 1 через штовхач 2 забезпечує дозоване переміщення виконавчого вузла 3 і повернення його у вихідне положення. За один оберт кулачка виконавчий вузол робить один цикл рухів. Змінюючи профіль, можна одержати будь-який закон зміни шляху і швидкості руху виконавчого вузла протягом циклу і повторювати його необмежену кількість разів.

За час подачі одного імпульсу сигналу керування, тобто за один робочий цикл, привод здійснить строго визначене за величиною переміщення виконавчого вузла (переміщення на один крок). Профіль кулачка повинен враховувати як динамічні властивості механізму передачі

руху виконавчого вузла, так і можливе заклинювання штовхача при куті нахилу профілю, близькому до кута тертя штовхача і кулачка. Враховуються також обмеження і щодо швидкості обертання кулачка.

При використанні єдиного джерела руху для декількох кулачків, для чого їх необхідно об'єднати розподільним валом (РВ), можна здійснити систему керування з точною синхронізацією руху декількох виконавчих вузлів, тобто забезпечити необхідний кінематичний зв'язок для відтворення будь-якої криволінійної траєкторії обробки деталі (рисунок 1.5). Тоді за один оберт РВ (1) буде здійснюватися повний цикл обробки деталі (3). Іноді кулачкові системи керування невдало називають тимчасовими. В описуваних системах керування кулачок забезпечує строго дозоване пряме і поворотне переміщення виконавчого вузла, будучи одночасно частиною привода (тяговим механізмом) і програмоносцем, що здійснює не тільки керування переміщеннями, але і програмування циклу роботи верстата.

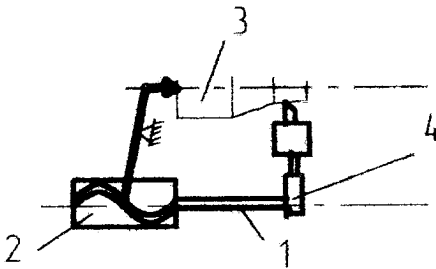


Рисунок 1.5—Система керування від розподільного вала із кулачками:

1-розподільний вал; 2-барабанний кулачок поздовжнього переміщення; 3-деталь; 4-дисковий кулачок поперечного переміщення

У верстатах-автоматах з кулачковими системами керування інформація про обробку (величина переміщення виконавчих вузлів) переноситься з креслення на програмоносії-кулачок і відтворюється в процесі обробки.

З конструктивних розумінь (лімітують габаритні розміри верстата) величина ходу виконавчого вузла при його переміщенні дисковим (плоским) кулачком обмежується відстанню 120 — 200 мм, а при використанні кулачків барабанного типу до 300 мм. У визначених межах кулачкові системи керування дозволяють змінювати величину ходу виконавчого вузла за рахунок налагодження верстата. За попередніми розрахунками і відповідно до задалегідь побудованої циклограми на виконання технологічного циклу обробки деталі виділяється визначений проміжок часу, що розподіляється між окремими елементами циклу. Наприклад, для профілювання дискового кулачка його звичайно розбивають на 100 частин (секторів), що враховують ці елементи.

У верстатах використовуються два способи зв'язку робочої поверхні кулачка зі штовхачем: силовий і кінематичний. Силовий зв'язок забезпечується пружинною масою штовхача і виконавчого вузла (рисунок 1.6). Кінематичний зв'язок досягається двобічним профілем кулачка. Потрібний профіль виготовляють у вигляді канавки звичайно на кулачках барабанного типу (рисунок 1.5). Дискові кулачки із силовим зв'язком застосовують (хід до 120 — 200 мм) у невеликих верстатах з малою масою супорта щоб уникнути сильних ударів, що виникають особливо при відведенні виконавчого вузла (ділянка профілю відведення можна виконувати майже по радіусу кулачка). Кут підйому профілю кулачка з кінематичним зв'язком на ділянках

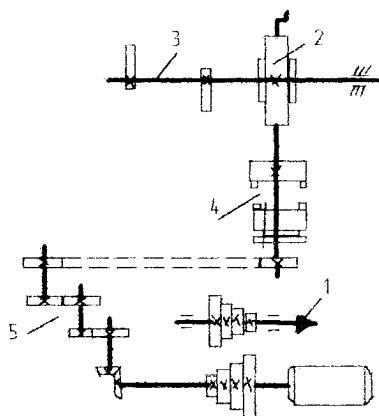


Рисунок 1.6—Схема автомата з постійною швидкістю
оберту розподільного вала:

1-шпиндель верстата; 2-черв'ячна передача привода РВ;
3-розподільний вал з кулачками; 4-муфта відключення
привода при ручному обертанні РВ; 5-ланцюг настроювання
циклу

швидкого переміщення виконавчого вузла з точки зору
можливого заклинювання штовхача потрібно вибирати в
межах $45 - 55^\circ$.

У залежності від тривалості циклу обробки і
складності оброблюваних деталей, що вимагають у деяких
випадках застосування декількох різноманітних
інструментів, встановлюваних у револьверних голівках,
системи керування кулачковими автоматами мають три
основні структури.

Перша структура — з постійною швидкістю
обертання розподільного вала (РВ). При цьому частина
часу холостих ходів у загальному циклі обробки є
величиною приблизно постійною. Цю структуру
використовують у простих автоматах, призначених для
виготовлення дрібних і нескладних деталей із тривалістю
циклу обробки до 20—30 с (за такою структурою
виготовляють, наприклад, автомати подовжнього точіння).

Така тривалість циклу досягається обертанням РВ із частотою не менше 1,5 — 2 об/хв. Схема автомата з постійною швидкістю обертання РВ зображена на рисунку 1.6. Привод РВ (у будь-яких кулачкових автоматах) звичайно здійснюється через черв'ячну передачу, що самогальмується, для того, щоб уникнути можливого прокручування РВ від дії штовхача (пружини) на кулачок.

Друга структура характеризується двома швидкостями обертання РВ, необхідними для робочих подач і холостих ходів. При напрацюванні деталей, що вимагає значного часу циклу, структура з постійною швидкістю обертання РВ стає не вигідною через значний час холостих ходів (зменшувати цей час за рахунок зміни кута нахилу профілю кулачка не можна, тому що можливе заклинювання штовхальника). Тому ускладнюють кінематичну схему автомата для того, щоб одержати на ділянці кулачка з профілем холостих ходів прискорене обертання РВ. Частота прискореного обертання РВ у різних автоматах коливається від 6 до 30 об/хв. У приводі РВ для спрощення схеми застосовують обгінну муфту, що дозволяє передавати прискорене обертання РВ без вимикання привода робочої швидкості РВ.

Такою схемою оснащено багато металорізальних автоматів, наприклад, токарські багатошпindelні з циклом роботи більше 20 с. При цьому час холостих ходів не залежить від часу циклу, що настроюється.

Якщо протягом одного циклу обробки необхідно неодноразово включати який-небудь виконавчий вузол (наприклад, револьверну голівку), застосовують третю структуру системи керування з двома розподільними валами: основним і допоміжним. Допоміжний вал включається від кулачка основного РВ за час одного циклу потрібне число раз, і його кулачки керують відповідними виконавчими вузлами. Частота обертання допоміжного

вала може досягати 300 об/хв. Для того щоб не було кінематичної неузгодженості в роботі двох керуючих валів, відключення і підключення допоміжного вала до привода виробляються при тому самому кутовому положенні вала за допомогою однооборотної муфти. Дану структуру застосовують для порівняно невеликих, але зі складною послідовністю обробки деталей. У цих автоматах одну частину холостих ходів (від кулачків, розміщених на основному РВ) змінюють пропорційно тривалості робочих ходів, іншу залишають постійною величиною для даного автомата.

Системи керування з РВ є дуже надійними автоматичними системами, мають тверду конструкцію і забезпечують високу точність повторення розмірів. Вони стабільно підтримують постійну в часі синхронізацію циклу. Система керування з РВ і кулачками широко поширена, вона зберігається надалі в автоматах будь-якого технологічного призначення для масового і великосерійного виробництва виробів зі стійкою номенклатурою, тому що час переналадження кулачкових автоматів значно менше.

Проф. Г. А. Шаумян, позначаючи технологічну продуктивність автомата буквою K , дав такі рекомендації:

- а) якщо $K > 10$ шт./хв, автомати будують за структурою I;
- б) якщо $K < 1$ шт./хв, автомати будують за структурою II;
- в) якщо $K = 0,5—10$ шт./хв, автомат може мати схему структури III.

Копіювальні системи керування можуть бути замкнутими і незамкнутими системами керування з різним ступенем охоплення системи зворотними зв'язками. Чим копіювальні системи керування прямої дії (без підсилювача) відрізняються від кулачкових систем за

числом потоків інформації? В обох цих системах відсутній потік інформації про фактичне положення виконавчого вузла. Загальним є і програмоносій — кулачок чи копір (копір можна розглядати як кулачок, розгорнутий на площину). Головна ж відмінність полягає в способі синхронізації руху декількох виконавчих вузлів.

Розглянемо принципову схему копіювальної системи керування прямої дії (рисунок 1.7). Два виконавчих вузли подовжніх 1 і поперечних 2 полозків переміщуються по двох координатах одним загальним приводом подовжніх полозків. Рух, одержуваний від привода, називають провідним (наприклад, координата X). Поперечний рух полозків (наприклад, координата Y) є наслідком переміщення щупа 3 по шаблону 4, його називають слідкувальним приводом руху. Програмоносієм є шаблон. Описану примітивну схему керування застосовують на практиці рідко — у зв'язку із значними силами що, виникають на щупі, деформаціями та зносом.

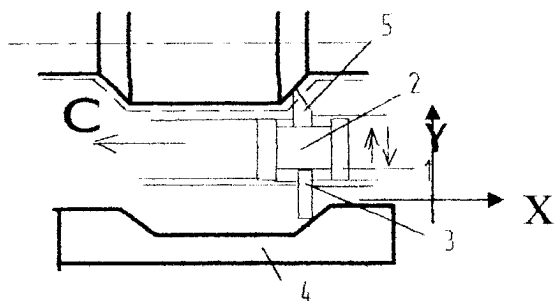


Рисунок 1.7—Копіювальна система керування прямої дії

У системах із прямим копіюванням, тобто силових системах, функції керування і силового механізму — тягового пристрою для однієї координати сполучені. Для зменшення сил на щупі застосовують різного типу

підсилювачі (гідравлічні, електричні і т.д.). Будь – який підсилювач, працюючи як слідкуюча система, має зворотний зв'язок.

Значним недоліком розглянутої системи керування є незалежність провідної S_B і слідкуючої S_C подач, що приводить до різної подачі S_K уздовж контуру. А це приводить до неоднакової якості поверхні обробки. Для поліпшення умов різання застосовують нахил напрямних полозків на кут 60° чи навіть 45° , але при цьому погіршуються умови обробки зворотних конусів і сходинок: для кутів профілю деталі $\pm 30^\circ$. Рекомендується зберігати положення поперечного супорта під кутом 90° до напрямку руху подовжнього супорта. Також використовуються спеціальні схеми, що забезпечують одержання залежних швидкостей.

Системи числового програмного керування верстатами

У числових системах керування вся інформація подається в літерно-цифровому коді. Ця програма містить у собі вичерпну інформацію про обробку деталі на даній установці. Це і траєкторія переміщення формотвірної точки різального інструмента, і режими різання, і цілий ряд допоміжних і службових команд (включити і виключити подачу ЗОР, включити і виключити транспортер збирання стружки, передати керування роботу і т.д.). Програма може бути або записана на програмоносії або за рукописом з пульта оператора вручну заведена в пам'ять системи.

У свою чергу, числові системи програмного керування (ЧПК) розділяються на кілька видів і класів за різними ознаками (рисунок 1.8).

Основними ознаками є:

- 1) ступінь досконалості і функціональні можливості;
- 2) вид руху виконавчого механізму;
- 3) число потоків інформації.

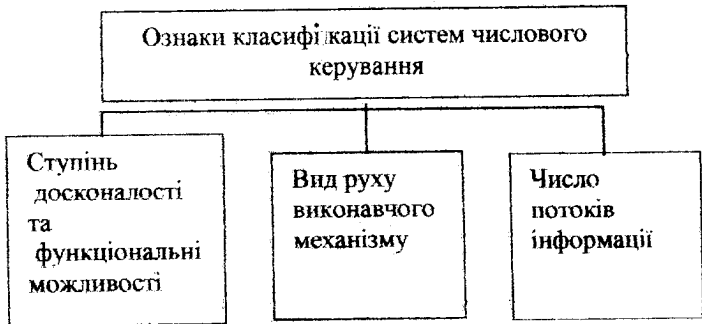


Рисунок 1.8 – Ознаки класифікації систем ЧПК

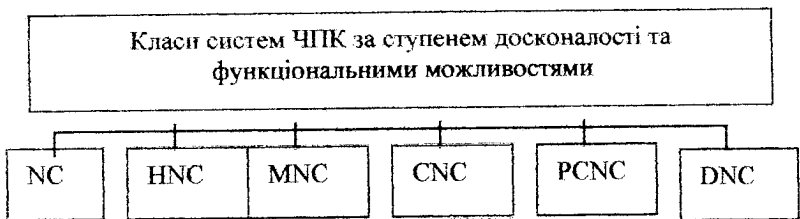


Рисунок 1.9—Класи систем ЧПК

За ступенем досконалості та функціональними можливостями системи ЧПК поділяються на 5 класів (рисунок 1.9):

- 1) NC (Numerical control);
- 2) HNC (Hand numerical control);
- 3) MNC (Memory NC);
- 4) CNC (Computer NC);
- 5) PCNC (Personal Computer NC);
- 6) DNC (Direct NC).

Системи NC—це керуючі машини, що працюють за твердою логікою, коли кожен блок машини вже при його конструюванні і виготовленні призначається для виконання чітко визначеної функції. Наприклад, пристрій уведення може тільки прочитувати програму, контролювати її за визначеними параметрами; обчислювати, обробляти інформацію за чітко визначеним алгоритмом і т.д. При цьому алгоритм роботи кожного блока в процесі експлуатації не може бути змінений. Програма задається у літерно – цифровому коді. Як програмоносій можуть використовуватися перфострічка, магнітна стрічка, перфокарта і т.д. Прикладом таких систем є H22, H33 та ін. Ці системи мають пам'ять тільки на два кадри програми і програмоносій, як зовнішня пам'ять системи.

Системи HNC називають ще оперативними. Програма в їх пам'ять записується за рукописом вручну з пульта оператора. Ці системи дозволяють швидко редагувати керуючі програми, однак обсяг пам'яті їх обмежений. У деяких випадках вони оснащуються периферійними пристроями у вигляді магнітофонів (як система 2P22) чи блоками додаткової пам'яті (як HЦ-31). Це істотно розширює їх можливості щодо запам'ятовування керуючих програм і дає можливість створювати бібліотеку програм на деталі, закріплені за даним верстатом. За рахунок цього істотно скорочується час налагодження верстата на виконання роботи. Цими системами оснащуються токарні верстати.

MNC відрізняється від перших двох тільки більш розвиненою пам'яттю, у якій може бути записано кілька програм. Прикладом такої системи є керуюча машина H33-1M з модулями пам'яті. Запис програми в пам'ять машини здійснюється чи з перфострічки, чи з пульта оператора шляхом ручного

набору. У такий спосіб ці машини також можна назвати оперативними, тому що виправлення і коректування програми можуть здійснюватися безпосередньо на робочому місці без перезапису перфострічки, як у систем класу NC. Цими системами оснащуються вертикально-фрезерні верстати.

Ці три системи не є гнучкими, тому що в основі їх міститься система з твердою логікою, що не підлягає перепрограмуванню. Хоча системи HNC і MNC можуть мати набір стандартних циклів-набір алгоритмів обробки типових поверхонь деталей (наприклад, нарізування різі різцем, свердління глибоких отворів і т.д.), що істотно розширює їх технологічні можливості.

CNC - автономна система числового програмного керування, що містить у своєму складі EOM (міні-EOM чи мікропроцесор). Структура такої системи змінна. Основні алгоритми роботи задаються від програми і можуть змінюватися за необхідності. Таких можливостей не мала жодна система керування, крім останньої. Тому ці системи, крім стандартних циклів, дозволяють формувати і нестандартні цикли обробки. У цих системах істотно спрощується процес підготовки і редагування програм, тому що ці системи є одночасно оперативними і здатними приймати програму з зовнішнього програмоносія (перфострічки).

Крім того, ці системи мають можливість параметричного програмування, суть якого полягає в тому, що конкретні цифрові величини керуючої програми замінюються літерами. Це дає можливість створювати програми для групової обробки деталей, а також програми, в яких поточні розміри не можна задавати явно, тому що вони вимагають попередніх розрахунків. Наприклад, при свердлінні отворів у фланці координати чергового отвору X і Y розраховуються за радіусом, на якому вони

розміщені і кутам між осями отворів. При цьому машина не тільки підраховує координати, але і контролює задане число отворів. І коли всі отвори просвердлені, програма зупиняється для завантаження наступної деталі. Інший приклад, фрезероване внутрішніх канавок в отворі підшипника кочення для акумулювання змащення. Ці канавки розміщуються по довжині втулки в шаховому порядку в кілька рядів. У цьому випадку машина не тільки визначає координати чергової канавки, але підраховує число канавок у ряді, зрушує наступний ряд і вважає задане число рядів по довжині втулки. Прикладом такої системи є 2C42-65.

DNC—це системи, призначені для керування групою верстатів від ЕОМ. Така ЕОМ розробляє і зберігає керуючі програми і розподіляє їх за запитами від автономних систем верстатів і агрегатів. До складу ділянки верстатів із ЧПК, крім самих верстатів, входять автоматизовані склади заготовок, інструмента, деталей, а також пристрої доставки зі складів до верстатів заготовок, інструменту і складання оброблених деталей в автоматизований склад деталей. Усі верстати, роботи й інші робочі агрегати постачені автономними системами ЧПК типу NC, HNC чи MNC. Прикладом такої системи є машина M6000.

За видом руху виконавчого механізму верстата системи ЧПК поділяються на позиційні (координатні), контурні і комбіновані (рисунки 1.10).

Позиційні системи застосовуються для верстатів, де від програми задаються лише холості переміщення. Це необхідно у свердильних, розточувальних верстатах. При цьому траєкторія переміщення системою не відслідковується і особливого значення не має. Головне, що потрібно від цієї системи, це перемістити інструмент у задану точку з визначеною точністю.

Контурні системи забезпечують переміщення формотвірної точки інструменту по заданій траєкторії. При цьому в кожній точці траєкторії забезпечується

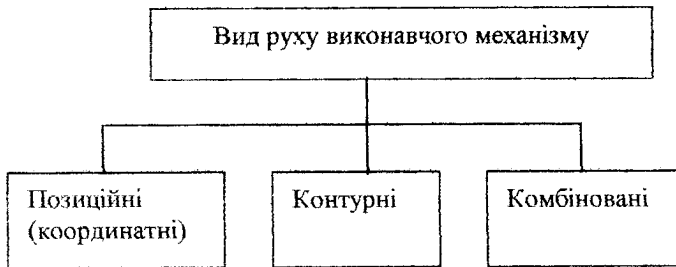


Рисунок 1.10 - Класифікація систем ЧПК за видом руху виконавчого механізму

сталість результуючої швидкості подачі. При цьому швидкості подачі по координатах постійно залишаються функціонально зв'язаними між собою. Виходячи з виконуваних функцій, контурні системи істотно складніші і дорожчі, ніж координатні.

Комбіновані системи можуть працювати в обох режимах і застосовуються у верстатах, що називають багатоцільовими чи фрезерно-свердлильно-розточувальними. Коли такий верстат виконує фрезерну роботу, то працює контурна частина системи, якщо свердлильні чи розточувальні операції, то працює координатна частина системи керування.

За числом потоків інформації системи ЧПК поділяються на розімкнуті, замкнуті й адаптивні (рисунок 1.11).

Розімкнуті системи (імпульсно-крокові) мають тільки один потік інформації від керуючої машини до виконавчого механізму верстата. Передбачається, що усі вузли машини й агрегати верстата мають 100% надійність при передачі інформації.

Для забезпечення 100 - відсоткової передачі інформації ці верстати і системи передбачають ряд конструктивних змін у приводах переміщення виконавчих механізмів. Так, ходові гвинти тертя ковзання замінюються на кулькові гвинтові пари, що не мають ні кінематичних, ні пружних люфтів. Редуктори в таких приводах при реверсі руху не повинні мати люфтів, що досягається рядом конструктивних прийомів (бічне підтискання косозубого зачеплення за рахунок зсуву одного з валів за допомогою гідравліки, розрізні зубчасті колеса розперті в різні боки за допомогою пружин і т.д.). Схема розімкнутої системи показана на рисунку 1.12.

Замкнута система керування має два потоки інформації: один від керуючої машини до верстата, інший від верстата через датчик зворотного зв'язку (ДЗЗ) до машини (рисунок 1.13). Наявність датчика зворотного зв'язку знижує вимоги до приводів верстатів, однак така система і складніша, і дорожча. У той самий час це не вирішує проблеми підвищення точності обробки деталі, тому що датчик не охоплює головну ланку системи - деталь.

Різновидом замкнутих систем є адаптивна система, що здатна пристосовуватися до реальних умов обробки. Наприклад: система контролює величину кутового моменту на шпинделі. У випадку збільшення кутового моменту, відбувається зменшення подачі, при зміні припуску на будь - яку поверхню відбувається зміна глибини різання і т.д. Для цього верстат обладнується цілим комплексом датчиків, кожний з яких має свій зворотний зв'язок. Таким чином, ці системи можуть мати більше двох потоків інформації.

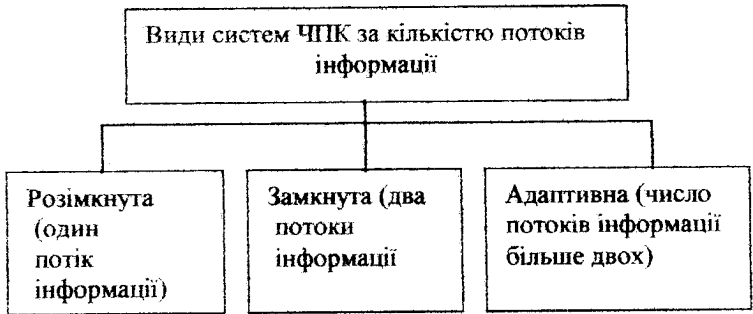


Рисунок 1.11—Види систем ЧПК за кількістю потоків інформації

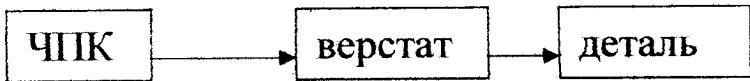


Рисунок 1.12—Розімкнута система керування

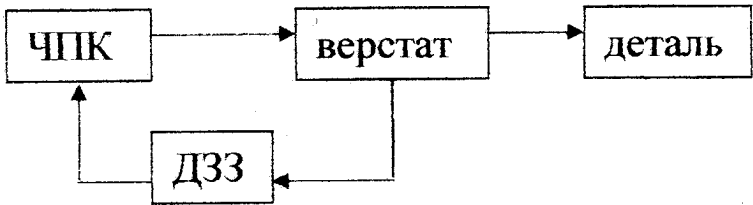


Рисунок 1.13 — Замкнута система керування

Питання для самоконтролю

- 1 Назвіть дві основні системи керування верстатами.
- 2 У чому полягає принципова відмінність числових систем керування від циклових ?
- 3 Назвіть основні ознаки числових систем керування.
- 4 Чому циклові системи керування не знайшли широкого застосування в промисловості?
- 5 Перелічіть основні ознаки, за якими вираховується класифікація систем числового керування.
- 6 На які класи поділяються системи керування за ступенем досконалості і функціональних можливостей?
- 7 Які види систем керування ви знаєте за видами руху виконавчого механізму?
- 8 На які види поділяються системи керування за числом потоків інформації?
- 9 Дайте характеристики машин класу NC.
- 10 У чому принципова відмінність машин класу CNC від машин HNC?
- 11 Дайте характеристику машин класу DNC.
- 12 Чим відрізняються машини в міру зростання їх ступеня досконалості?
- 13 Дайте характеристику позиційних систем керування.
- 14 Відмінність контурних систем керування від координатних.
- 15 У яких випадках застосовуються комбіновані системи керування?
- 16 Переваги і недоліки розімкнених систем керування?

- 17 Переваги і недоліки замкнутих систем керування?
- 18 Адаптивні системи керування. Їх переваги та недоліки. Перспективи застосування.
19. Наведіть приклади реально існуючих систем класу CNC, DNC, HNC.

Розділ 2

Структурні варіанти систем ЧПК

Системи, побудовані за принципом цифрової моделі

Ця система здійснює переробку інформації так званим «апаратним способом», тобто всі операції (передача, перетворення, обчислення) виконуються спеціалізованими електронними блоками, функції яких чітко регламентовані. Усі блоки машини працюють паралельно за незмінним алгоритмом і виконують закріплені за ними операції над введеними від програми числами.

Такі системи називають ще агрегатними, тому що вони складаються з окремих спеціальних вузлів-агрегатів з чітко вираженими функціями (рисунок 2.1).

Як правило, такі системи керування складаються з

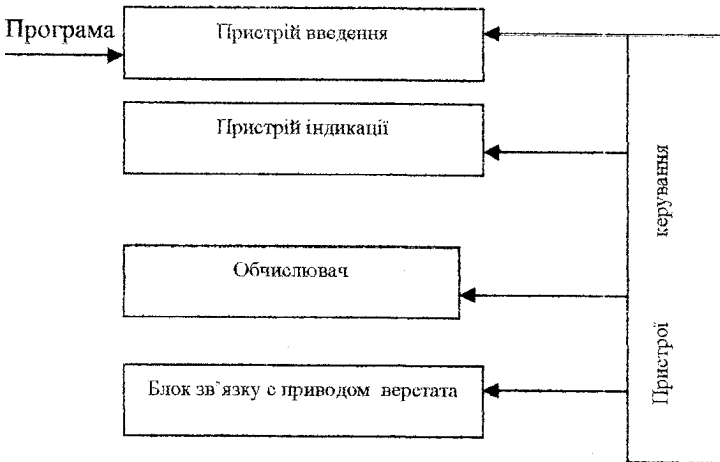


Рисунок 2.1— Структурна схема машини, побудованої за принципом цифрової моделі

п'яти агрегатів: пристрою введення, пристрою індикації, обчислювача, блока зв'язку з верстатом і пристрою керування.

Пристрій введення здійснює первинну обробку інформації. При цьому відбуваються її дешифрування і переведення із двійково-десятькового коду у двійковий. Якщо на пульті корекції була набрана величина корекції, то відбувається коректування введеної від програми геометричної інформації з урахуванням знака корекції. У результаті дешифрування визначаються вид інформації і місце, куди після перетворення коду ця інформація повинна бути передана.

Обчислювач робить розрахунок усіх проміжних точок елементарної технологічної ділянки оброблюваного контуру (відрізок прямої чи дуга кола), забезпечує розгін при збільшенні швидкості подачі чи гальмування при її зменшенні, підтримує сталість швидкості подачі протягом відпрацьовування елементарної технологічної ділянки.

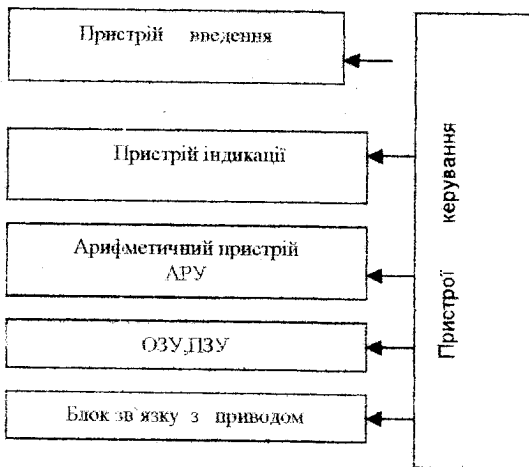


Рисунок 2.2—Пристрої, побудовані за структурою ЕОМ

Блок індикації дозволяє візуально слідкувати за процесом відпрацьовування інформації системою керування і верстатом.

Блок зв'язку з верстатом здійснює передачу команд від керуючої машини до виконавчих органів верстата і, крім того, гальванічне розв'язування системи керування від верстата.

Пристрій керування організує єдиний темп роботи всіх агрегатів системи, виробляючи прямокутні імпульси визначеної частоти, що змушують одночасно спрацьовувати всі блоки машини.

Пристрої, побудовані за структурою ЕОМ

Ці пристрої мають характерні ознаки обчислювальної машини: універсальний характер блоків і програмувальні зв'язки, послідовне виконання всіх операцій за допомогою арифметичного пристрою (АРУ), наявність оперативної пам'яті (ОЗУ) і постійної (ПЗУ) (рисунки 2.2).

Для того щоб універсальне АРУ виконувало визначені функції, воно повинне бути певним чином запрограмоване. Для цього системи мають спеціальне математичне забезпечення, що являє собою комплекс алгоритмів переробки інформації, яка надходить з керуючої програми. Це математичне забезпечення може вводитися в систему через пристрій введення. Така система буде називатися «вільно програмувальною».

В інших випадках математичне забезпечення «твердо зашите» у постійній пам'яті системи на стадії її виготовлення. Але й у цьому випадку є можливість для зміни, додавання, збагачення цього математичного забезпечення шляхом „перешивання” пам'яті. Ця операція виконується на спеціальних установах.

Таким чином, ці системи керування мають більшу гнучкість і здатність до функціонального нарощування.

Недоліком таких систем є послідовний характер виконання операцій, що обмежує швидкість системи. Тому зараз випускаються гібридні системи, у яких частина

операцій виконується апаратним, а частина програмним шляхом.

Пристрої ЧПК, побудовані з застосуванням мікропроцесорів

Найбільш цікаве втілення цієї ідеї одержало в пристроях з мікропроцесором, розташованим на вході (рисунк 2.3). Мікропроцесор має визначену автономію і розв'язує задачі розподілу в пам'яті великих масивів керуючої інформації, звертання із широким набором периферійних засобів первинної переробки інформації, що випереджає її подальшу переробку.

Пам'ять системи поділена на два види: пам'ять для зчитування і запису і пам'ять для зчитування. У пам'яті для зчитування і запису зберігаються одна чи кілька керуючих програм. Ця пам'ять має доступ до редагування і виправлення програм. У пам'яті для зчитування зберігаються основні алгоритми переробки інформації і стандартних циклів (алгоритми обробки типових елементів оброблюваних деталей). Ця пам'ять заблокована від зовнішнього втручання і руйнування збереженої тут інформації. Інша частина ЧПК може бути побудована за принципом цифрової моделі.

Однак наявність тільки одного мікропроцесора накладає обмеження на швидкодію системи, тому що переробка інформації відбувається послідовно. У даний час є рішення цієї проблеми, що забезпечує паралельно-послідовну переробку інформації. У цьому випадку мікропроцесори вбудовуються в кожен агрегат і програмуються тільки на завдання даного агрегату

Пристрої ЧПК, побудовані на базі ЕОМ

Якщо мікропроцесор розвантажити від другорядних операцій шляхом передачі їх автономним устроєм-

контролерам, то вийде дуже економічна і швидкодіюча керуюча машина (рисунок 2.4).

Контролер - це автономний пристрій, що являє собою засіб програмувальної логіки.

Коли мікропроцесор передасть за інформаційними каналами інструкції, контролер переходить до самостійного керування обміном інформацією з фотовведенням, панеллю керування й іншими периферійними пристроями.

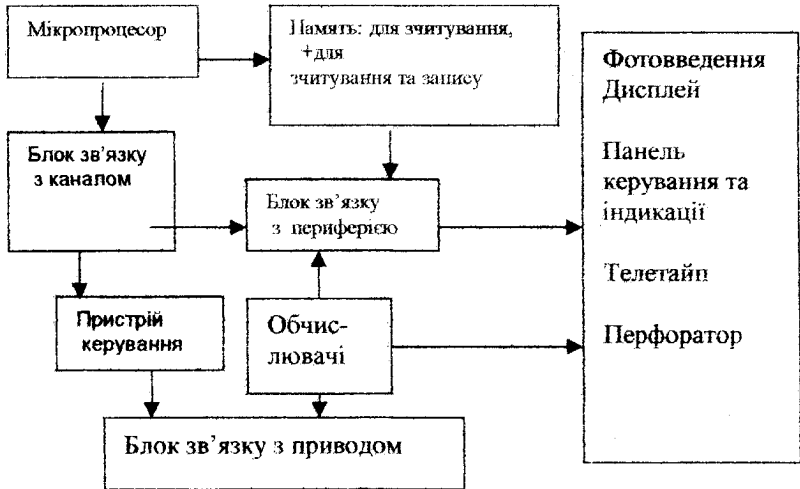


Рисунок 2.3—Пристрій, побудований за структурою ЕОМ з розширеною пам'яттю

Наприклад, контролер привода подач здійснює тонку інтерполяцію, порівнюючи сигнали від програми і датчиків зворотного зв'язку і в результаті цього порівняння формує керуючий вплив на регульовані за швидкістю приводи.

Обмін інформацією з контролером займає 10% часу мікропроцесора. В іншому випадку обчислення пов'язані з оперативним керуванням.

Якщо швидкодії системи буде бракувати (складна криволінійна інтерполяція), то робота системи може бути організована в режимі випереджальних розрахунків із записом результатів у пам'ять на диску. Зчитування з диска може проходити з тією швидкістю, що потрібна для технології.



Рисунок 2.4—Структурна схема системи ЧПК, побудованої на базі EOM

Системи ЧПК з формуванням програми з обробки першої деталі

Це системи регенераційного типу. Головними вузлами цієї системи є арифметичний і керуючий мікропроцесори. Арифметичний мікропроцесор забезпечує розміщення і

збереження в пам'яті інформації, що вводиться з клавіатури, і підготовляє дані для інтерполяції.

Керуючий мікропроцесор реалізує стандартні цикли, узгоджуючи ці цикли з загальною програмою.

З пульта оператора в пам'ять машини заводяться розміри і конфігурація заготовівлі, розміри і конфігурація деталі. Технологічна інформація заводиться тільки у збільшеному вигляді. При обробці першої деталі відбувається ніби випробування технології обробки: уточнюється число проходів, розподіл припуску за проходами, виходячи з заданої шорсткості обробки і фактичних моментів різання, уточнюються величина подачі і т.д. Усе це заноситься в пам'ять програми, і інші деталі обробляються в автоматичному циклі.

Запитання для самоперевірки

- 1 Назвіть основні ознаки машин, побудованих за агрегатним способом?
- 2 Відмітна риса машин, побудованих за структурою ЕОМ.
- 3 Переваги систем керування, побудованих із застосуванням мікропроцесорів?
- 4 Функціональні можливості систем керування з вбудованими ЕОМ?
- 5 Принцип дії машини, що формує керуючу програму при обробці першої деталі?
- 6 Перелічіть основні вузли системи керування, побудованої на базі цифрової моделі.
- 7 Переваги і недоліки машини, побудованої за принципом цифрової моделі.
- 8 Переваги і недоліки машини, побудованої за структурою ЕОМ?
- 9 Особливості роботи системи керування, побудованої із застосуванням мікропроцесора.

- 10 У чому відмінність і подібність машин із вбудованим мікропроцесором і машин із вбудованою ЕОМ?
- 11 Яка відмінність пам'яті для зчитування і запису від пам'яті тільки для зчитування?
- 12 Яку функцію виконують контролери як елементи машин з вбудованими ЕОМ?
- 13 Яку функцію виконує в системах керування блок зв'язку з приводом верстата?
14. У чому принципова відмінність обчислювачів у машині, побудованій на базі твердої логіки, від АРУ в машинах, побудованих за принципом ЕОМ?

Розділ 3

Елементна база систем ЧПК

Елементи типу ТТЛ

Це елементи малої інтегральної серії, вхідна логіка яких побудована на основі багатоємітерних транзисторів. На рисунку.3.1 показана принципова схема комірки І-НІ. Комірка І-НІ складається з вхідної частини (транзистори Т1 і Т2) і вихідного каскаду (транзистори Т3, Т4, Т5), який виконує функцію підсилювача сигналу.

Символічно операція, виконувана коміркою, може бути записана. $Z = \overline{X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdots X_n}$.

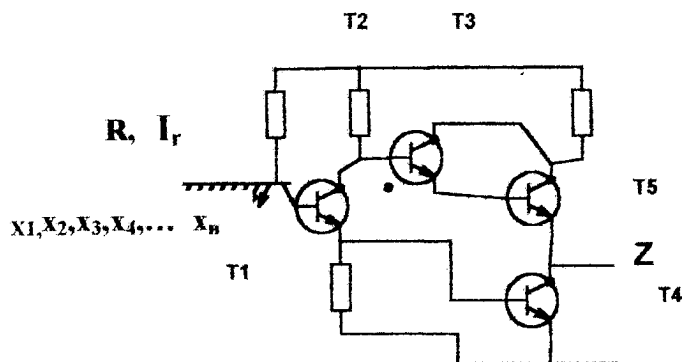


Рисунок 3.1—Принципова схема комірки І-НІ

Розглянемо роботу комірки. Нехай на усі входи багатоємітерного транзистора Т1 подані позитивні сигнали, що кодують логічні одиниці. У цьому випадку багатоємітерний транзистор встановлюється у стан активного інверсного включення, при якому в ланцюг емітерів, що виконують роль колекторів, передається незначна частина струму I_r , основна ж частина струму

надходить на базу транзистора T2, насичуючи його. Активному інверсному включенню транзистора T1 сприяє такий розподіл потенціалів: найвищий потенціал на емітерах транзистора T1, оскільки сигнали на входи його знімаються з замкнених транзисторів попередніх логічних елементів; трохи нижче потенціал на його базі через спадання напруги на резисторі R при протіканні струму I_r ; ще нижче потенціал на колекторі, з'єднаному з базою транзистора T2. Транзистор T2 встановлюється в стан насичення і з його колектора знімається низький потенціал, що кодує логічний нуль. Вихідним каскадом він підсилюється по потужності і з'являється на загальному виході Z.

Якщо ж хоча б на один вхід транзистора T1 буде поданий логічний нуль, то за цим входом транзистор встановлюється в стан нормального (неінверсного) включення. При цьому потенціал колектора T1 падає і транзистор T2 закривається. У цьому випадку з його колектора знімається високий потенціал, що кодує логічну одиницю. Цей сигнал після посилення по потужності з'являється на загальному виході Z. Посилення по потужності необхідно для того, щоб ця комірка змогла забезпечити сигналами не менше ніж 7 подібних логічних елементів.

Конструктивно комірки оформляються у вигляді прямокутних паралелепіпедів різних розмірів. До складу серії входять набори модифікацій, що дозволяють будувати будь-які логічні пристрої. Приклади деяких інтегральних мікросхем показані на рисунку 3.2.

На принципових схемах внутрішній зміст комірок не показується, вони просто зображуються

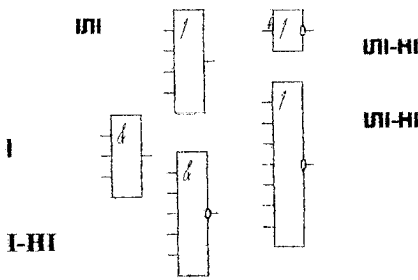


Рисунок 3.2—Умовні зображення мікросхем на принципових схемах систем

прямокутниками з входами і виходами. Причому показуються тільки інформаційні входи і виходи. Так само на схемах не показуються входи, по яких подається живлення на комірки. У середині прямокутника, що зображує комірку, пишеться її умовна позначка. Коло на вході чи виході позначає інверсний вхід чи вихід.

Тригери

Найбільш поширеними комірками пам'яті одного двійкового розряду числа є тригери.

Тригер - це електронна схема з двома стійкими станами. Один з цих станів вважається станом, що відповідає логічній одиниці, інший-логічному нулю.

За функціональними можливостями тригери поділяються на такі типи:

- тригери з встановлювальним запуском (RS-тригери);
- тригери затримки (Д-тригери);
- лічильні тригери (Т-тригери);
- комбіновані тригери (TV, RST-тригери);
- універсальні тригери (JK-тригери).

Розглянемо структуру і роботу зазначених типів тригерів.

Тригери з встановлювальним запуском (RS-тригери)

Принципова схема такого тригера показана на рисунку 3.3. Він побудований на базі чотирьох тривходових елементів І-НІ. Тому що для роботи тригера потрібні тільки один чи два входи, то на зайві входи постійно подані потенціали відповідні логічній одиниці.

На вході R тригер встановлюється в нульовий стан

$$Q = 0, \bar{Q} = 1.$$

На вході S тригер встановлюється в стан, відповідний запису в нього логічної одиниці ($Q = 1, \bar{Q} = 0$).

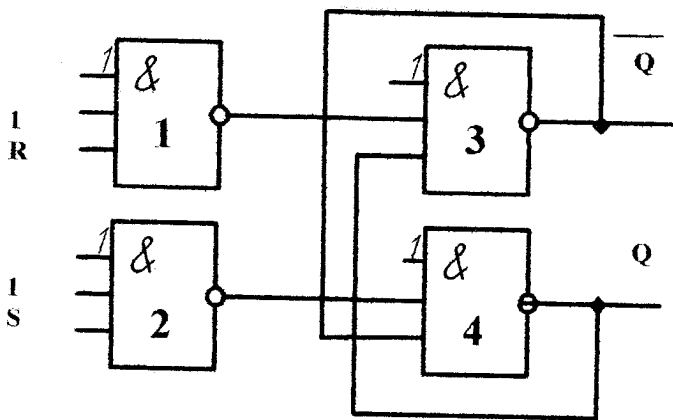


Рисунок 3.3—Принципова схема RS-тригера

Одновременна подача двох одиниць по входах R і S неприпустима, тому що стан тригера буде невизначений. Тобто не можна передбачити що буде записано в тригер

нуль чи одиниця. При одночасній подачі двох нулів стан тригера не змінюється.

Розглянемо роботу тригера. Припустимо, що тригер перебуває в стані нуль. Якщо на вхід R подається логічна одиниця, то на входах комірки 1 буде збіг сигналів, і з інверсного виходу її зніметься сигнал, відповідний логічному нулю. Цей сигнал надійде на вхід комірки 2, де збігу сигналів на вході не буде, тому що на одному вході подана одиниця, на другому вході нуль і на третьому вході теж нуль (за умовою нульового стану тригера). Тобто стан тригера не зміниться. Якщо одиницю подати по входу S, то на входах комірки 3 відбудеться збіг сигналів (три одиниці), і з її інверсного виходу на вхід комірки 4 надійде нульовий потенціал. Отже, на входах комірки 4 не буде збігу сигналів (дві одиниці і нуль), і тоді з її виходу з'явиться сигнал, що відповідає логічній одиниці. При цьому на входах комірки 2 відбудеться збіг сигналів (три одиниці), і, отже, з її виходу буде зніматися нульовий потенціал. Таким чином, тригер установився в одиничний стан ($Q = 1, \bar{Q} = 0$).

Нехай тепер тригер перебуває в стані логічної одиниці ($Q = 1, \bar{Q} = 0$).

Якщо до входу S подати одиницю, то на входах комірки 3 буде збіг і з її виходів знімається нуль. Тоді на входах комірки 4 збігу не буде і з її виходу знімається одиничний потенціал. При цьому на входах комірки 1 немає збігу сигналів ($R=0$). Отже, з її виходу знімається одиниця. На входах комірки 2 сигнали збігаються (три одиниці), і з її виходу знімається нульовий потенціал. Таким чином, тригер свого стану не змінює.

Якщо при цьому одиницю подати до входу R, то на входах комірки 1 буде збіг, і з її виходу зніметься нуль. Тоді на входах комірки 2 збігу не буде, і з її виходу знімається логічна одиниця. На входах комірки 3 збігу не

буде, отже, з неї зніметься одиниця. На входах комірки 4 збігаються три одиниці, і з її виходу зніметься нульовий потенціал. Таким чином, тригер установився в нульовий стан ($Q = 0, \bar{Q} = 1$). А тепер доведемо, що при подачі двох нулів стан тригера не зміниться. Нехай у тригер записаний нуль. Тоді при подачі двох нулів на виходах комірок 1 і 3 з'являться одиничні сигнали (на входах немає збігу). На вході комірки 2 не буде збігу, тому що $Q = 0$. Отже, з її виходу знімаємо одиничний потенціал, але він там і був одиничним! На вході комірки 4 будуть усі три одиниці, і з її виходу знімається нуль. Тобто стан тригера не змінився. Тепер нехай у тригері записана одиниця. Тоді на вході комірки 2 будуть три одиниці, і з її виходу зніметься нульовий потенціал (але він там і був нульовим за умовою). На вході комірки 4 збігу не буде. Отже, з її виходу зніметься одиничний потенціал (але він там і був за умовою стану). Таким чином, і в цьому випадку прихід двох нулів не змінює стану тригера. На принципових схемах систем керування цей тригер зображується у вигляді прямокутника, показано на рисунку 3.4.

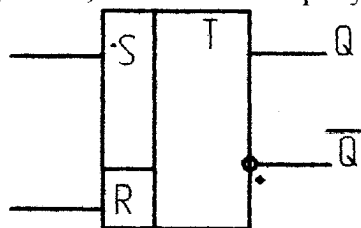


Рисунок 3.4—Умовне зображення RS-тригера на принципових схемах систем

Д - тригер

Цей тригер складається з трьох комірок І-НІ і RS-тригера з інверсними входами (рисунок 3.5). Працює тригер у такий спосіб. Нехай на Д-вхід подана одиниця, тоді за відсутності синхронізуючого сигналу С на обох входах RS-тригера виявляться одиниці; інверсними входами вони перетворюються в нулі і, як описано вище, стан тригера не зміниться. Тобто в тригері буде зберігатися записана раніше в нього інформація. З надходженням синхросигналу С на виході комірки 2 через збіг на її вході двох одиниць з'явиться нульовий потенціал, що надійде на вхід S тригера. Тут він перетвориться в одиницю, і, отже, у тригер запишеться одиниця, чи, якщо тут уже була одиниця, то вона так і залишиться. Вхід R тригера при цьому не буде діяти, тому що на нього надходить одиниця з комірки 3, яка інверсним входом перетвориться в нуль.

Тепер нехай на вході Д буде нуль, а синхросигнал — відсутній. Тригер знову не змінить свого стану, тому що на його входах будуть подані дві одиниці, які інверсними входами перетворяться в нулі. Якщо на вході Д буде нуль, а на вході С одиниця, то з виходу комірки 2 на вхід S-тригера надійде одиниця і, будучи перетворена в нуль інверсним входом тригера, вона не буде впливати на тригер. У той самий час з комірки 3 на вхід R надійде нуль, що, перетворившись в одиницю, перекине тригер у нульовий стан. Таким чином, у тригер запишеться нуль. Тобто Д-тригер може бути використаний для запам'ятовування інформації, але тільки за наявності синхросигналу.

На принципових схемах цей тригер зображується прямокутником, як показано на рисунку 3.6.

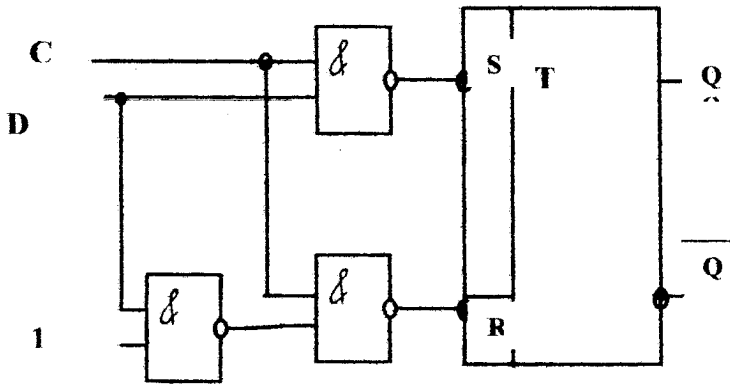


Рисунок 3.5 — Принципова схема Д-тригера

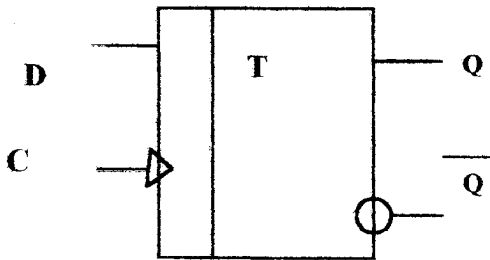


Рисунок 3.6 — Зображення Д-тригера на принципових схемах систем керування

Т-тригер

Функціональна схема Т-тригера складається з Д - тригера з лінією затримки на вході Д (рисунок 3.7).

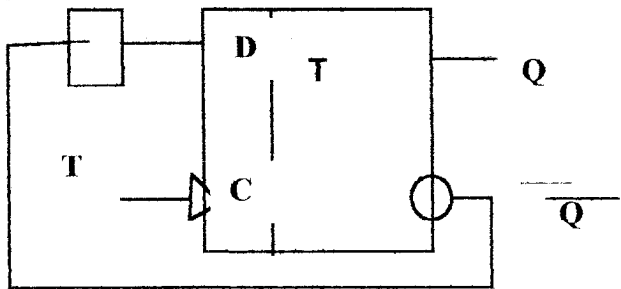


Рисунок 3.7—Принципова схема Т-тригера

Принцип дії цього тригера полягає в тому, що з надходженням кожного тактового імпульсу на вході С тригера він буде змінювати свій стан на протилежний, тому що на вході Д завжди буде який - небудь потенціал. Цей потенціал надходить сюди через лінію затримки з інверсного виходу тригера, тому за часом він збігається з надходженням наступного тактового імпульсу.

Отже, цей тригер може бути використаний як лічильник тактових імпульсів. Наприклад, при відпрацьовуванні інформації інтерполятором після кожного кроку інтерполяції такий лічильник буде підраховувати кількість зроблених приводом кроків.

TV-тригер

Це лічильний тригер із заборонаю рахунку на вході. Тригер складається з RS - тригера з двома лініями затримки і двома схемами І-НІ на вході. При цьому входи тригера інверсні, тобто сигнал, що надходить на вхід, для тригера має протилежне значення. Працює такий тригер як

звичайний лічильний Т-виду, якщо вхід V заживлений одиничним потенціалом. При цьому тригер буде змінювати свій стан на протилежний з надходженням кожного тактового імпульсу. Якщо на вході V буде нульовий потенціал, то робота тригера буде заборонена. Ми досить докладно пояснювали принцип дії попередніх тригерів, тому пропонуємо студентам самостійно простежити логіку проходження сигналів на цьому і наступному типах тригерів. Принципова схема тригера показана на рисунку 3.8

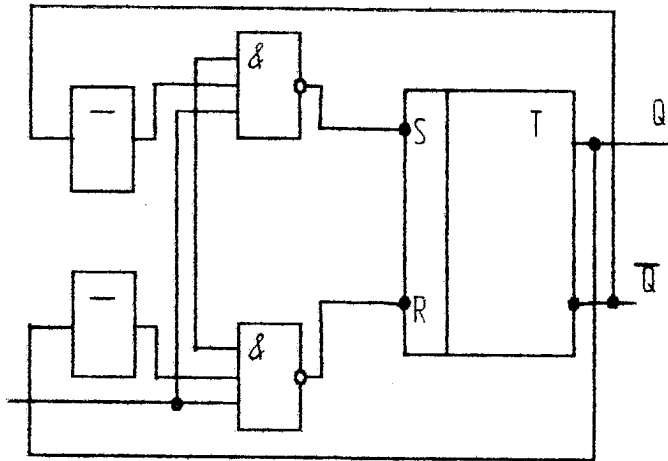


Рисунок 3.8—Принципова схема TV-тригера

RST-тригер

Це ніби здвоєний RS - тригер із двома окремими входами. Він побудований на шести елементах І-НІ. Якщо до входу Т надходить одиниця, то працюють входи 3 і 4. Якщо на вході Т нульовий потенціал, то працюють входи 3 і 4. Принципова схема тригера показана на рисунку 3.9. Логіку роботи необхідно проаналізувати студентам самостійно.

JK - тригер

Принципова схема тригера показана на рисунку 3.10. Тригер складається з двох послідовно включених RS-тригерів 3 і 6 і чотирьох комірок І-НІ (комірки 1,2,4,5). Входи тригера позначаються J, K С. При цьому вхід С є інверсним.

Тригер має чотири характерних стани.

Перший стан $J=0, K=0$. Отже, на виходах елементів 1 і 2 будуть утримуватися одиничні потенціали незалежно від потенціалу тактового сигналу С.

З цієї причини тригер на тактовий сигнал С не буде реагувати.

Другий стан $J=0, K=1$. У цьому випадку можна розглянути два можливих варіанти роботи тригера.

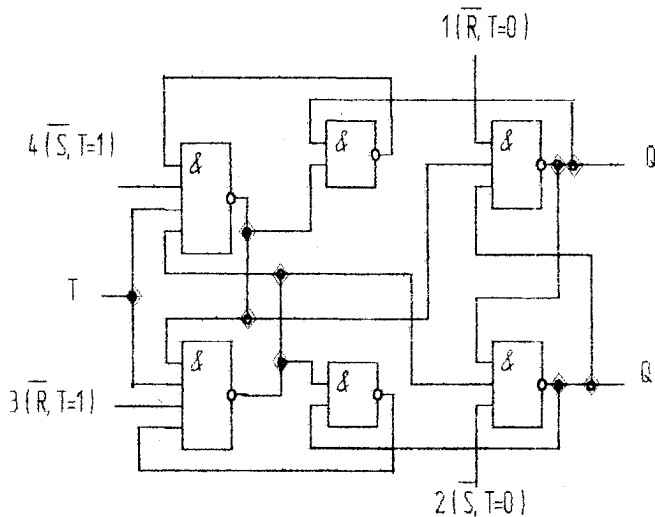


Рисунок 3.9—Принципова схема RST-тригера

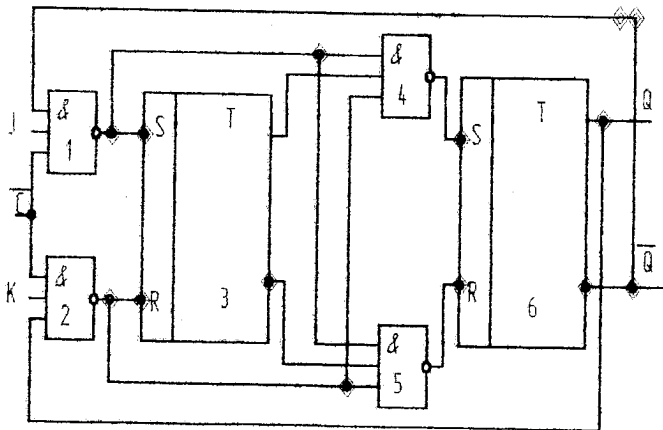


Рисунок 3.10—Принципова схема JK-тригера

Перший варіант $Q_{i+1} = 0$. Нехай перед цим $Q_i = 1$, тоді ще до надходження сигналу C в тригер 3 буде записаний нуль, а з появою сигналу C одиничні потенціали з'являться на виходах елементів 2 і 5, у результаті чого в тригер 6 буде записано $Q_{i+1} = 0$. Якщо $Q_i = 0$, то все одно $Q_{i+1} = 0$. Таким чином, стан тригера не змінюється.

У третьому стані $J = 1, K = 0$. Цей стан характеризується тим, що в тригер повинна бути записана одиниця, тобто $Q_{i+1} = 1$. Нехай перед цим тригер був у нульовому стані. Тоді ще до надходження імпульсу C в тригер 3 буде записана одиниця, а після надходження імпульсу C одиниці з'являться на виходах елементів 1 і 4. У результаті чого в тригер 6 буде записана одиниця, тобто $Q_{i+1} = 1$.

Якщо до цього $Q_i = 1$, то стан тригера не зміниться.

У четвертому стані $J=1, K=1$, і тригер буде працювати як лічильний тригер, підраховуючи кожен імпульс, який

надійшов на вхід S . Таким чином, цей тригер є універсальним, він має установлювальний і лічильний входи і працює з двома ступенями запам'ятовування, що зачищає вихідну інформацію від зміни ситуації на вході. Якщо до цього $Q_i = 1$, то стан тригера не зміниться.

Регістри

Тригер як комірка пам'яті одного двійкового розряду числа використовується для побудови регістрів пам'яті, у яких зберігаються багаторозрядні числа.

Регістри можуть бути побудовані за рівнобіжним і послідовним принципами. Послідовні регістри називають регістрами зсуву. Якщо тригери, до якої б модифікації вони не належали, є елементами пам'яті одного двійкового розряду, то регістри призначені для збереження багаторозрядних двійкових чисел.

Регістри паралельної дії

Регістр паралельної дії складається з такої кількості тригерів, якої розрядності число він повинен запам'ятати. Крім тригерів як комірок пам'яті, до складу регістра входить вхідна логіка, що складається з елементів І-ІІІ (рисунок 3.11). Нехай у регістрі записане деяке двійкове число A , що складається з двійкових розрядів α . Кожен розряд установлює відповідний тригер у визначений стан (0 чи 1). Після цього в регістр може бути записане число B однієї із двох модифікацій. Перша модифікація являє собою просте зображення слова, яке по розрядах надходить на входи S установки тригерів в одиничний стан. Друга модифікація являє собою парафазне зображення слова, коли на S -входи тригерів надходить пряме слово, а на R -входи тригерів надходить інверсне слово (одночасно з прямим).

Паралельний регістр універсальний тим, що придатний до приймання слів як у прямому, так і в парафазному зображенні. Для цього передбачені канали керування. Якщо на командний канал подається сигнал ρ , то регістр готовий приймати слова в прямому зображенні. На каналі τ_1 дозволяється приймання слова парафазного зображення. Канал τ_0 дозволяє приймання інверсного слова парафазного зображення. Канал u використовується для скидання тригерів у нульовий стан. Комбінуючи сигналами керування, можна виконувати операції зі словами А, В, У. Приймання слова у прямому зображенні здійснюється подачею сигналу u , а потім з деякою затримкою сигналу ρ . Парафазне приймання слова виробляється одночасним подаванням сигналів керування τ_0, τ_1 . Операція $A \vee B$ здійснюється при $\tau_1=1$. Операція A виконується подаванням керуючого сигналу $\tau_0=1$.

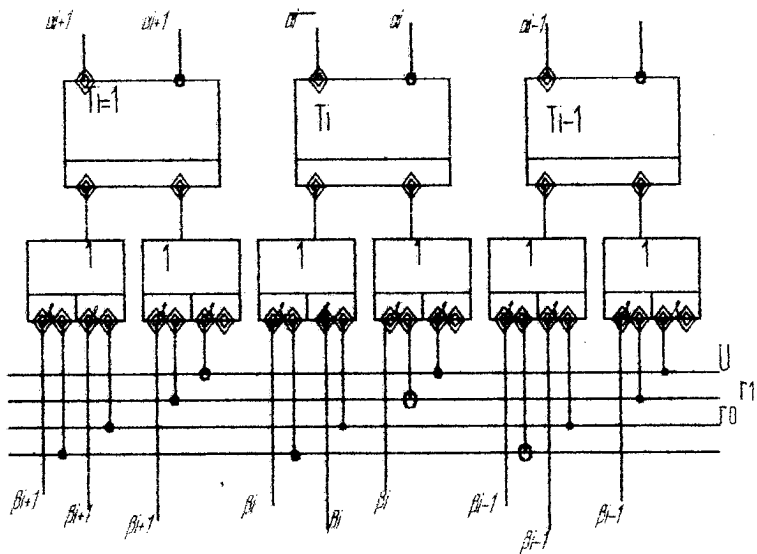


Рисунок 3.11— Схема регістра паралельної дії

Регістри послідовної дії

На рисунку 3.12 показаний реєстр, побудований на JK-тригерах. Двійкове число заводиться в реєстр у такий спосіб: у перший тригер записується одиниця, наступний тактовий імпульс скине цей тригер у нуль, переписавши одиницю в другий тригер, наступний тактовий імпульс запише одиницю в перший тригер, четверта одиниця скине перший і другий тригери у нуль, і одиниця запишеться в третій тригер. Таким чином, у реєстрі буде записане двійкове вираження десяткової цифри 4 (001). Тобто черговий тактовий сигнал переміщає двійкове число на один розряд вправо в напрямку до старшого розряду (чи вліво, до молодшого, залежно від характеру зв'язків).

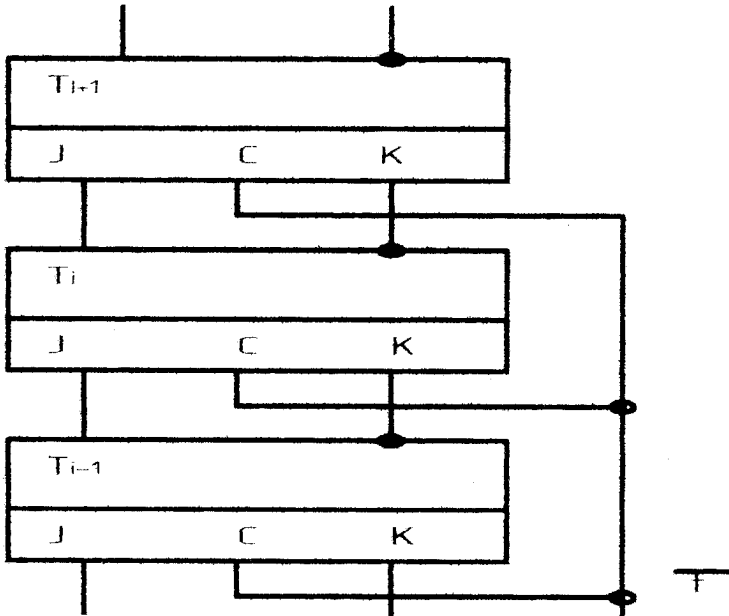


Рисунок 3.12—Схема реєстра послідовної дії (здвигового)

Пристрої, що здійснюють арифметичні операції

Це пристрої, що виконують арифметичні операції додавання, віднімання, зворотного додавання і віднімання сигналів в імпульсній формі.

Суматор

Арифметичні операції додавання ($A+B$), віднімання ($A-B$), зворотного додавання ($-A+B$) здійснюються за допомогою універсального суматора, один розряд якого показаний на рисунку 3.13. Вхідні канали суматора мають таке призначення. Входи α і β використовуються для запису розрядів чисел, вхід p —для перенесення з молодшого розряду. Вихід σ призначений для видачі суми, а вихід λ — для перенесення в старший розряд. Сума σ залежить від модуля розрядних чисел і наявності одиниці перенесення з молодшого розряду, але не залежить від виду операції (таблиця 3.1). У той самий час виникнення одиниці перенесення в старший розряд визначається ще і видом операції, тому структура розряду суматора містить чотири блоки. В одному з них формується розрядна сума відповідно до логічної функції, показаної в таблиці 3.1 (незалежно від типу операції). У трьох інших блоках формуються переноси $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, що відповідають типу арифметичної операції. Для виконання конкретної операції до старшого розряду підключається тільки один із трьох блоків.

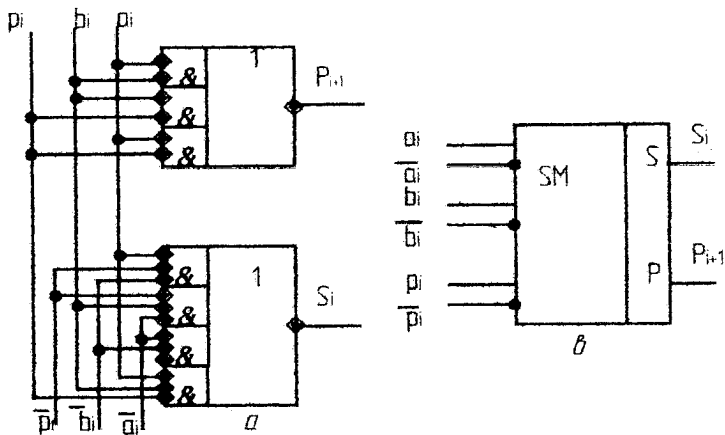


Рисунок 3.13— Схема суматора для дворозрядного двійкового числа:

а) принципова схема суматора;

в) зображення суматора на принципових схемах систем керування

Таблиця 3.1—Стан розряду суматора

Входи		Виходи				
Доданки		перенос	сума	додавані	вираховані	зворотні удруковані
$\alpha_{до}$	$\beta_{до}$	$\rho_{л}$	$\sigma_{до}$	λ_1	λ_2	λ_3
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0	1
1	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1

Лічильники

Для нагромадження і запам'ятовування чисел (імпульсів) використовуються двійкові лічильники. Схема такого лічильника наведена на рисунку 3.14. Лічильник побудований на базі JK-тригерів. Старші розряди збільшуються на рисунку зліва направо. Імпульси, які потрібно підраховувати, надходять по каналу $X_{вх}$ до всіх розрядів одночасно. Оскільки в молодшому розряді тригер має стан $J=1, K=1$, то він працює під дією вхідних імпульсів у лічильному режимі (із надходженням кожного імпульсу змінює свій стан на протилежний). В усіх інших розрядах у вихідному стані $J=0, K=0$, тому з надходженням першого імпульсу в лічильнику буде записане число 10000. Тепер у другому розряді, як і в першому, встановлюється стан $J=1, K=1$, і другий імпульс скине молодший розряд у нуль, а в старший розряд запишеться одиниця. Таким чином, у лічильнику буде записане число 01000, а стан тригерів буде такий самий, як на початку роботи. Отже, третій імпульс запише одиницю тільки в молодший розряд, і в лічильнику встановиться стан 11000. Так буде відбуватися доти, поки у всіх розрядах будуть записані одиниці, тобто в лічильнику буде записане число 11111.

Дуже важливу групу арифметичних пристроїв становлять реверсивні лічильники. Імпульс на вході в такий лічильник має ознаку знака й залежно від знака може або поповнювати, або зменшувати вміст лічильника. Розпізнавання знака здійснюється двома шляхами чи подачею керуючих імпульсів на різні входи (вхід додавання і вхід віднімання), чи подачею команди знака на обслуговуючу лічильник логічну схему одночасно з надходженням керуючого імпульсу на єдиний вхід.

Реверсивний лічильник, що працює за першою схемою, показаний на рисунку 3.15.

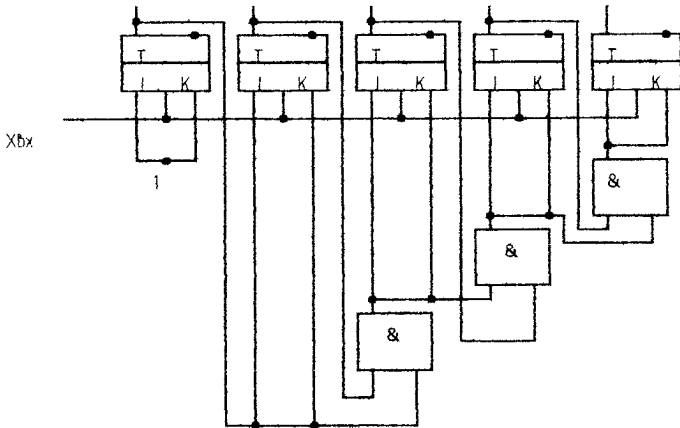


Рисунок 3.14—Схема двійкового лічильника імпульсів

Розглянемо його роботу. Нехай знаковий сигнал надійшов на шину "+". Імпульси, що підлягають підрахунку, надходять по каналу x_{ax} . У цьому випадку реверсивний лічильник працює як розглянутий вище двійковий лічильник, і в лічильнику послідовно накопичуються двійкові числа 0001,0010,0011, і так далі. Припустимо, що після третього імпульсу знаковий сигнал надійшов на шину "-". При цьому у всіх розрядах, крім першого, буде стан $J=0, K=0$, і черговий лічильниковий імпульс запише в лічильнику число 0010. Як бачимо, обсяг лічильника зменшився на одиницю. Після цього стан входів у двох молодших розрядах буде $J=1, K=1$. Черговий рахунковий імпульс викликає зміну стану тільки в цих розрядах. У результаті в лічильнику виникне стан 0001, причому ми бачимо, що відбулося подальше зменшення обсягу лічильника.

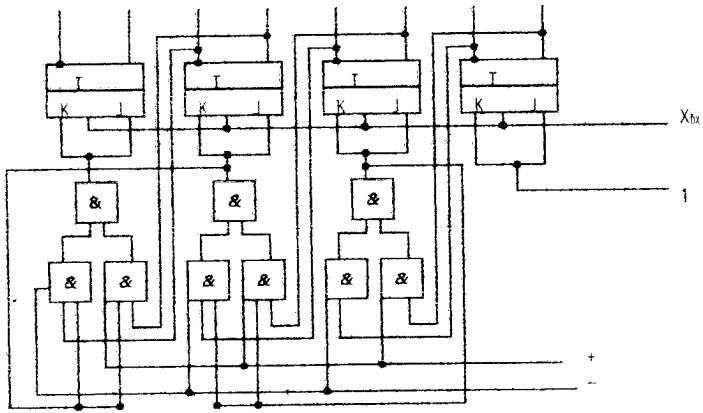


Рисунок 3.15—Схема реверсивного лічильника імпульсів

Дешифратори

При перетворенні двійково – десяткового коду в двійковий виникає проблема дешифрації. По – перше, пристрій введення повинен визначити що введено: цифру, знак чи букву. По – друге, визначити, які цифра, знак, буква. Найпростіші дешифратори будуються на базі діодних матриць, що складаються з вертикальних шин (канали входу) і горизонтальних шин (канали виходу). Необхідні діодні зв'язки між каналами входу і виходу можуть бути встановлені за допомогою так званих «перемикальних функцій».

Нехай, наприклад, треба спроектувати дешифратор для чотирьох двійкових розрядів на виході. Схема такого пристрою показана на рисунку 3.16. Запишемо відповідність десяткових чисел двійковим: $0=0000$, $1=0001$, $2=0010$, $3=0011$,... З цього запису випливає, що одиниця в молодшому розряді випадає в тому випадку, якщо на вході з'являються десяткові числа 1,3,5,7,9. Одиниця в другому розряді повинна бути в тому випадку, якщо на вході

з'являється 2, 3, 6, 7 і т.д. Подібні міркування дозволяють скласти перемикальну функцію в такому вигляді:

$$2^0 = 1v3v5v7v9\dots; 2^0 = 0v2v4v6v8v10\dots\dots; 2^1 = 2v3v6v7v10\dots;$$

$$2^1 = 0v1v4v5v8v9\dots;$$

$$2^2 = 4v5v6v7v12\dots; 2^2 = 0v1v2v3v8v9\dots; 2^3 = 8v9v10v11v12\dots;$$

$$2^3 = 0v1v2v3v4v5\dots$$

Таким чином, перемикальна функція являє собою набір логічних операцій ІЛП, що і здійснюються за допомогою діодних зв'язків.

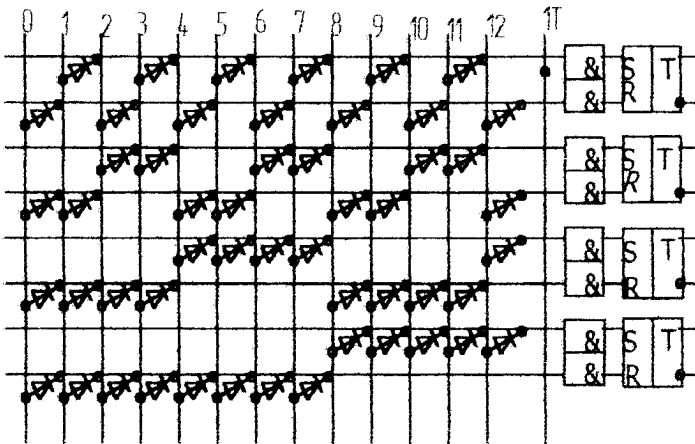


Рисунок 3.16—Принципова схема дешифратора

Запам'ятовувальні пристрої

Запам'ятовувальні пристрої систем числового керування бувають двох видів залежно від їх функціонального призначення: оперативні запам'ятовувальні пристрої (ОЗП) і постійні (ПЗП). ОЗП, це пам'ять керуючих програм, пам'ять параметрів та ін. Ця пам'ять діє тільки при наявності напруги живлення.

При відключенні живлення вона повинна живитися від акумуляторів.

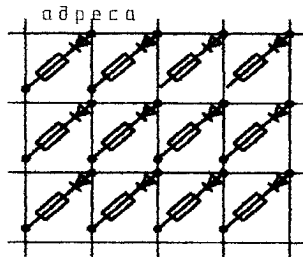


Рисунок 3.17—Схема комірок постійної пам'яті на базі діодної матриці і плавких запобіжників

Тому при відключенні живлення більш ніж на трое діб ця пам'ять може втратити інформацію, тому що вона, як правило, організована на базі звичайних регістрів, побудованих на базі тригерів RS, JK та інших.

Постійна пам'ять не має потреби в живленні і може тривалий час зберігати свою інформацію без втрати. У цій пам'яті зберігаються алгоритми обробки керуючої інформації (лінійна і кругова інтерполяція , стандартні цикли та ін).

Приклади схемної організації постійної пам'яті

Як перший приклад розглянемо маскову пам'ять, побудовану на плавких вставках і діодній матриці — (рисунок 3.17). При запису інформації з тих шин , де треба записати нуль, подається висока напруга, і плавкі запобіжники вигорають. При опитуванні таких масок з їх виходу знімається нуль. Там, де плавкі запобіжники не оплавився, при опитуванні з'явиться на виході одиниця. Таким чином, можна записати будь-яку комбінацію кодів.

Таку пам'ять неможливо перепрограмувати, вона створюється один раз при її виготовленні.

У наш час постійні ЗУ створюються на основі двох спеціальних типів МОП транзисторів.

Наприклад, транзистор ПЛ МОП (плаваючий затвор). Відрізняється від звичайного МОП транзистора тим, що його затвор, який складається з полікристалічного кремнію, з усіх боків оточений двоокисом кремнію і не з'єднаний з іншою схемою (рисунок 3.18). Такий транзистор являє собою розімкнуту мережу доти, поки на цей затвор не буде поміщений заряд.

Для цього між відтіканням і стіканням прикладається напруга приблизно 30 В. Під дією цієї напруги відбувається лавинний пробій, і на затворі утвориться залишковий заряд, величина якого достатня для утворення каналу під затвором, і транзистор стає струмопровідним ланцюгом.

У схемі запам'ятовувального пристрою транзистори ПЛ МОП включають послідовно зі звичайними МОП-транзисторами, що використовуються для адресації. При зчитуванні струм джерела проходить тільки через ті комірки, в яких записана 1 (логічна одиниця), тобто поміщений заряд.

Нейтралізація заряду полікристала відбувається шляхом ультрафіолетового опромінення. Термін збереження інформації в такому запам'ятовувальному пристрої – нескінченний. Але його можна перепрограмувати тільки 10 разів, після чого кристал руйнується.

Другий тип комірки пам'яті – метал – нітрид – окисел – напівпровідник (МНОП) (рисунок 3.19).

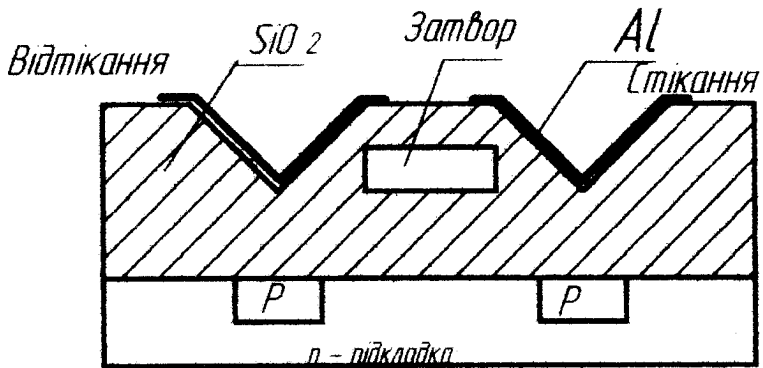


Рисунок 3.18—Схема комірки пам'яті на базі плаваючого ізолюваного затвора

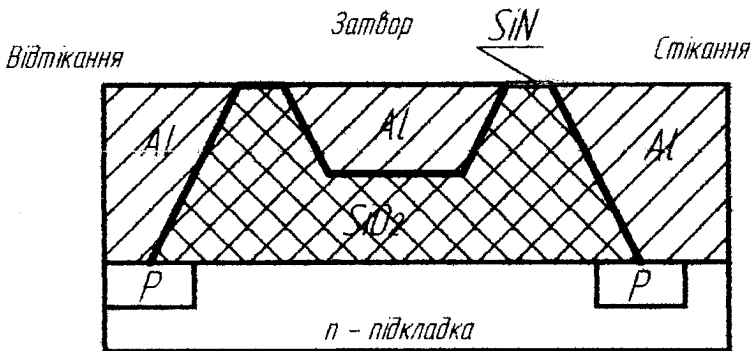


Рисунок 3.19—Схема комірки пам'яті одного двійкового розряду на базі МНОП

Якщо між відтіканням і стіканням подати напругу 30 вольт у приблизно протягом 5 мс, то між тонким шаром окису кремнію і шаром нітриду кремнію під затвором за

рахунок тунельного ефекту з'являться нерухомі заряди. Ці заряди фіксуються і діють, як затвор у ПЛ МОП – транзистора.

Щоб зняти ці заряди, треба подати ті самі 30 В, але зворотної полярності.

Цей транзистор не має обмежень з перешивання пам'яті, але термін збереження інформації в ньому обмежений.

Запитання для самоперевірки

- 1 У чому принципова відмінність регістрів рівнобіжної і послідовної дій ?
- 2 Які функції в системах керування виконують регістри ?
- 3 За рахунок чого здійснюється парафазне приймання слова до регістра рівнобіжної дії ?
- 4 У чому достоїнства і недоліки пам'яті на діодній матриці і запобіжниках ?
- 5 Як працює комірка пам'яті на основі ПЛ МОП ?
- 6 Які недоліки властиві цій схемі ?
- 7 Яким чином запам'ятовує інформацію комірка пам'яті на основі МНОП ?
- 8 Які переваги і недоліки властиві цьому осередку ?
- 9 Яким чином можна «перешити» пам'ять, створену на базі осередків ПЛ МОП і МНОП ?
- 10 У чому принципова відмінність регістрів рівнобіжної і послідовної дій ?
- 11 Які функції в системах керування виконують регістри ?
- 12 За рахунок чого здійснюється парафазне приймання слова до регістра рівнобіжної дії ?
- 13 Які арифметичні дії виконуються суматорами ?
- 14 Поясніть, що таке прямий, зворотний і додатковий коди числа. Як вони формуються ?
- 15 Поясніть за схемою, показаною на рисунку 3.14, процес підрахунку двійкових імпульсів ?

- 16 Відмінна риса реверсивного лічильника, показаного на рисунку 3.15 ?
- 17 Опишіть алгоритм дешифрації літери X, знака «мінус» і цифри 4 ?
- 18 Поясніть, причину зміни вихідного сигналу на протилежний вхідному в осередку I-НІ?
- 19 Яка комбінація сигналів на вході RS - тригера є забороненою і чому ?
- 20 Яку основну властивість має електронна схема-тригер ?
- 21 Яким чином Д-тригер захищений від запису в нього випадкового сигналу ?
- 22 За рахунок якого елемента Т-тригер є універсальним лічильником ?
- 23 Дайте опис процесу роботи TV-тригера.
- 24 Опишіть процес приймання і переробки інформації RST-тригером.
- 25 Які характерні стани може мати JK-тригер і чим відрізняється алгоритм його роботи в цих станах ?
- 26 Яким чином у JK-тригері здійснюється захист вихідної інформації від зміни ситуації на вході ?

Розділ 4

Структурні схеми деяких керуючих машин

Керуюча машина, побудована на базі агрегатних вузлів (Н22-1М)

Структурна схема машини

Структурна схема такої машини показана на рисунку 4.1. Як бачимо, вона складається з таких вузлів і блоків: пристрою введення даних (ПВД), пристрою керування і перетворення (ПКІП), вузла G – функції, інтерполятора, пристрою задання швидкості (ПЗШ), пристрою керування приводом (ПКПВ), пристрою синхронізації і блока індикації.

Пристрій введення даних використовується для зчитування програми з перфострічки, її первинного контролю за паритетом (парність пробивань у рядку), розшифрування залежно від адреси, передачі у відповідний блок чи вузол машини. Вузол G – функції визначає режими роботи машини (розгін, гальмування, лінійна інтерполяція, кругова інтерполяція і т.д.) Пристрій керування і перетворення виконує дві функції: у режимі перетворення – перетворює введену числову інформацію з двійково-десятькового коду в двійковий, у режимі індикації-навпаки- перетворює відпрацьовану інтерполятором двійкову інформацію в десяткову для відображення на табло індикації. Пристрій задання швидкості залежно від величини подачі, заданої в програмі, видає в інтерполятор імпульси ИШ, частота яких визначає швидкість обчислювальних процесів, які відбуваються в інтерполяторі, а отже, і швидкість подачі.

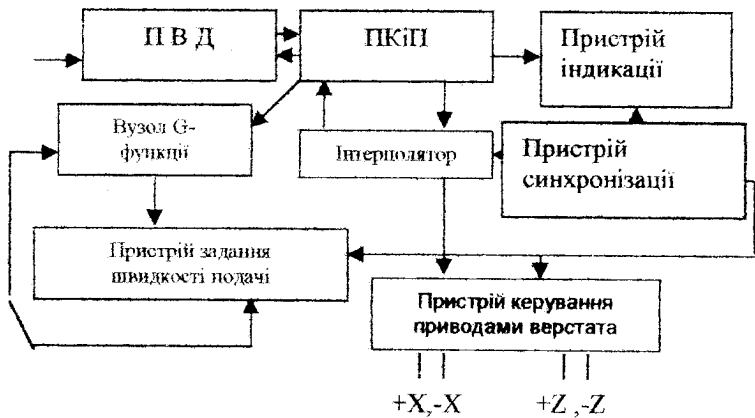


Рисунок 4.1—Структурна схема машини

Пристрій керування приводом перетворює імпульси, видавані інтерполятором, у вигляд, необхідний для даного типу привода подач верстата.

Пристрій синхронізації - це генератор прямокутних імпульсів визначеної частоти, якими заживлені всі вузли і блоки машини. Тому робота усіх вузлів машини здійснюється в єдиному ритмі.

Структурна схема пристрою введення даних

Пристрій введення (рисунок 4.2) даних складається із зчитувального пристрою (ФСР), підсилювача зчитування, вхідного регістра ємністю на один рядок програми, дешифратора числа й адреси і двох регістрів - числа й адреси, а також плати пам'яті технологічних команд. Роботою всього пристрою керує блок керування ПВД.

Коли інтерполятор відірає цілком кадр програми, розміщений в робочій пам'яті, з буферної пам'яті в робочу передається наступний кадр і пристрій керування і перетворення видає команду в блок керування ПВД. За цією командою починається зчитування з перфострічки наступного кадру. З виходу фотоелементів надходить

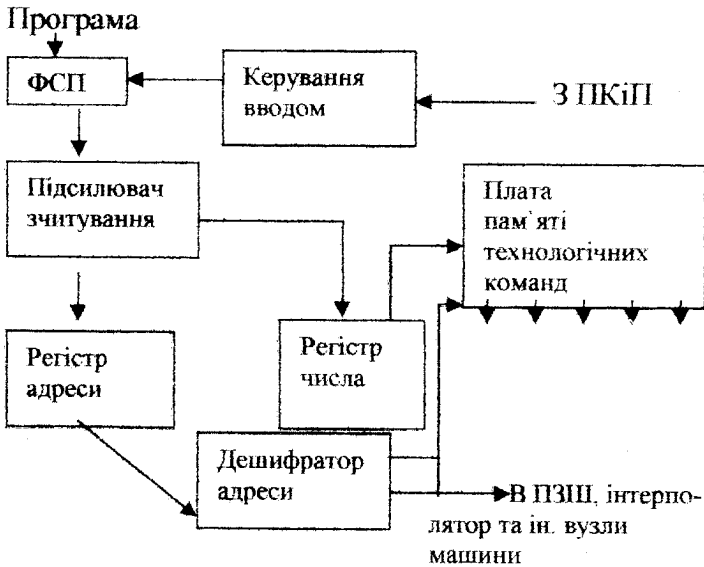


Рисунок 4.2— Пристрій введення даних

сигнал величиною 12мв, після посилення в підсилювачі зчитування він дорівнює 2,4 В для логічної одиниці і 0,4 В для логічного нуля. Ця інформація на якийсь час міститься у вхідному реєстрі, ємність якого дорівнює одному рядку програми. За цей час відбувається контроль інформації рядка на парність пробивань (контроль за паритетом), дешифратори числа й адреси визначають, що записано в цьому рядку: буква чи цифра, якщо буква, то яка. Розшифрована адреса міститься в реєстрі адреси, де зберігається на час зчитування числа, що йде за адресою. Саме число під час його зчитування накопичується в реєстрі числа. Після повного прочитування числа воно передається по відповідному адресу, пройшовши спочатку пристрій керування і перетворення. І лише технологічні команди (S,T,M) і номер кадру-N залишаються в ПВД, де є плата пам'яті, складена з двох частин – буферної і робочої. Швидкість зчитування-600 рядків у сек.

Структурна схема ПКІП

ПКІП складається з реєстра -суматора, шифратора констант, лічильників рядків і цифр і блока режимів керування (рисунок 4.3).

Оскільки геометрична інформація складається з двох частин: тієї, що записано в програмі та додаткової, що вводиться з пульта корекції, до ПКІП відносять також вузол корекції, що складається з пульта корекції, лінійки ручного введення, вузла корекції і вузла режимів.

ПКІП працює в двох режимах: режимі перетворення і режимі індикації. Режим перетворення встановлюється при введенні інформації з ПВД і полягає в перетворенні двійково – десяткового коду чисел у двійковий. Режим індикації встановлюється при відпрацьовуванні інформації інтерполятором для того, щоб на табло індикації показати величину переміщення виконавчого органа. Для цього відбувається зворотне перетворення двійкового коду в десятковий. При введенні адреси числа лічильник рядків встановлюється в стан І рядок. У лічильник цифр заноситься цифра відповідного розряду десяткового числа, що записана в даному рядку програми. Залежно від стану лічильника рядків шифратор констант видає двійкову константу даного десяткового розряду, і ця константа заноситься в реєстр - суматор стільки разів, скільки число записане в лічильнику цифр плюс ще один раз. При цьому кожного разу з лічильника цифр віднімається одиниця, і його стан порівнюється з нулем. У кінцевому підсумку воно виявляється менше нуля. Тоді з реєстра віднімається остання константа, і лічильник рядків зменшує свій стан на одиницю, а в лічильник цифр заноситься цифра наступного розряду перетвореного числа. І знову нова константа цього розряду записується в реєстр – суматор. Так відбувається доти, поки в лічильнику рядків не виявиться нульовий рядок. Після цього перетворене число

передається у відповідний регістр буферної пам'яті інтерполятора.

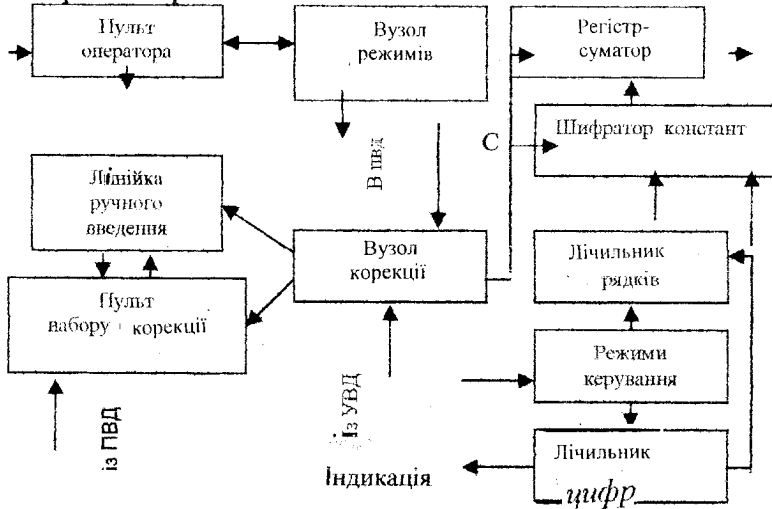


Рисунок 4.3— Структурна схема пристрою керування і перетворення

Режим індикації відбувається в зворотному порядку. У регістр - суматор заноситься двійковий код числа, відповідний величині пройденого шляху, і з цього числа починають віднімати константи десяткових розрядів починаючи зі старшого. Щоразу після віднімання константи вміст регістра порівнюється з нулем, і якщо стан регістра виявиться менше нуля, константа даного розряду повертається назад, а лічильник рядків зміщується для видачі константи наступного розряду числа. Так відбувається доти, поки всі розряди числа не будуть переведені в десяткову систему. Це число буде показано на табло індикації.

Пристрій задання швидкості

Схема пристрою показана на рисунку 4.4. Він складається з вузла приймання інформації, пам'яті

Схема пристрою показана на рисунку 4.4. Він складається з вузла приймання інформації, пам'яті швидкості, вузла розгону-гальмування, генератора розгону – гальмування, вузла підтримки сталості швидкості подачі, інтегратора і формувача вихідних сигналів.

Пристрій задання швидкості виконує дві функції: при відпрацьовуванні траєкторії на робочій подачі він видає в інтерполятор імпульси кроку, частота яких визначає швидкість виконання розрахунків координат точок, траєкторії і, отже, швидкість переміщення виконавчого механізму. При виконанні допоміжних переміщень на прискореному ході він забезпечує розгін на початку руху і гальмування наприкінці переміщення.

Механізм розгону і гальмування необхідний тому, що механічна частина привода (супорт, стіл, полозки і т.д.) має значну масу і розігнати їх відразу до швидкості холостого ходу дуже важко через інерційні властивості механізму. Так само важко їх і зупинити в заданій точці. Крім того, ПЗШ при відпрацьовуванні траєкторії забезпечує сталість швидкості за заданою кривою шляхом зміни швидкості руху по координатах залежно від кута нахилу прямої чи кривизни кола. Це забезпечується за допомогою додаткових чисел, які заносяться в інтегратор.

Інтегратор представляє реєстр постійної ємності, частота переповнення якого і є імпульсом кроку. Отже, чим більше осередків реєстра буде заповнено, тим швидше на виході реєстра з'явиться імпульс кроку, і тим вище буде швидкість подачі по даній координаті. І навпаки, чим менше число, записане в реєстрі, тим рідше з'явиться імпульс кроку, і тим менше буде швидкість подачі. Так, залежно від кута нахилу прямої, що

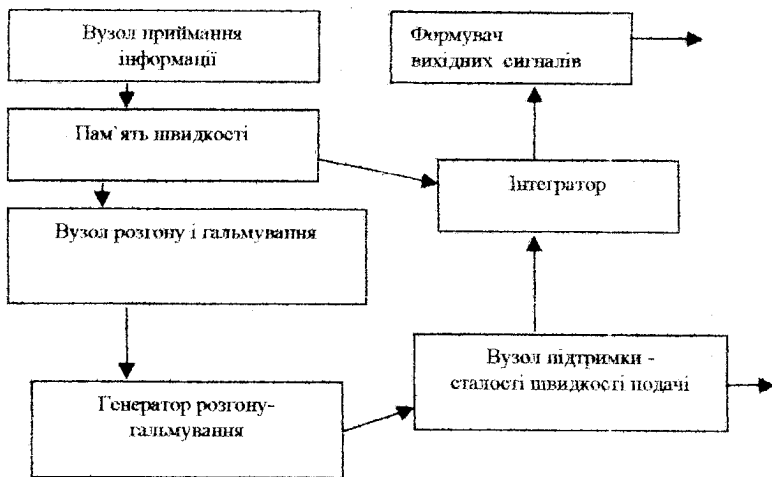


Рисунок 4.4— Пристрій задання швидкості

відпрацьовується, змінюється швидкість обчислень по різних координатах i , отже, швидкість подачі. У результаті цього швидкість руху по прямій залишається постійною, а інструмент відпрацьовує пряму під заданим кутом. При відпрацьовуванні дуги потрібно не тільки заносити в інтегратор різні числа по кожній координаті, але й у кожнім кроці змінювати величини цих чисел, тому що в міру обходу дуги треба поступово зменшувати швидкість по одній координаті і збільшувати по іншій.

Ілюстрації до сказаного наведені на рисунку 4.5— для прямої, і на рисунку 4.6 — для дуги кола.

Інтерполятор

Структурна схема інтерполятора показана на рисунку 4.7. Як бачимо з наведеної схеми, інтерполятор складається з буферної пам'яті, яка має чотири регістри: регістр (Pr X), куди може бути записана або абсолютна координата по осі X, або збільшення по цій осі; регістр (Pr Z), куди може бути записана абсолютна

координата по осі Z , або збільшення по цій осі ;
регістр($PгГ$), у який записується відстань від початкової

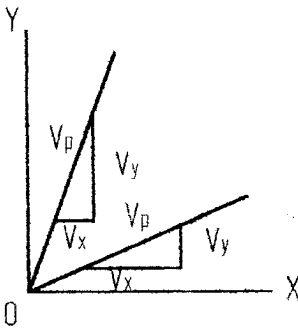


Рисунок 4.5

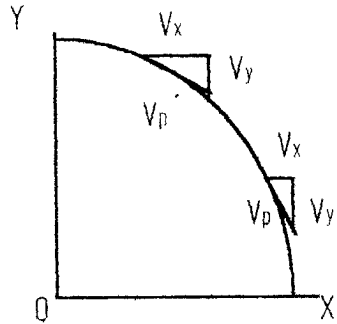


Рисунок 4.6

точки дуги до її центра по осі X ; регістр($PгК$), у який записується відстань від початкової точки дуги до її центра по осі Z .

Робоча пам'ять складається тільки з трьох регістрів: регістра $PгX$, регістра $PгZ$ і регістра оцінної функції $PгF$.

Імпульс кроку, що надходить з ПЗЩ, визначає швидкість виконання обчислювальних операцій.

Алгоритм обчислювальних процесів залежить від виду інтерполяції, що задається блоком G -функцій.

Розглянемо спочатку процес лінійної інтерполяції:

При лінійній інтерполяції залежно від кута нахилу відрізка прямої, що відпрацьовується, швидкість по координатах X, Z повинна бути різною. Крім того, інтерполятор постійно повинен стежити за тим, щоб траєкторія відповідала заданій прямій. Це відстеження траєкторії здійснюється за допомогою системи визначення оцінної функції. Задана пряма поділяє координатну площину XZ на дві області: область, де функція F більше

нуля, й область, де вона менше нуля, сама пряма — це область, де функція дорівнює нулю.

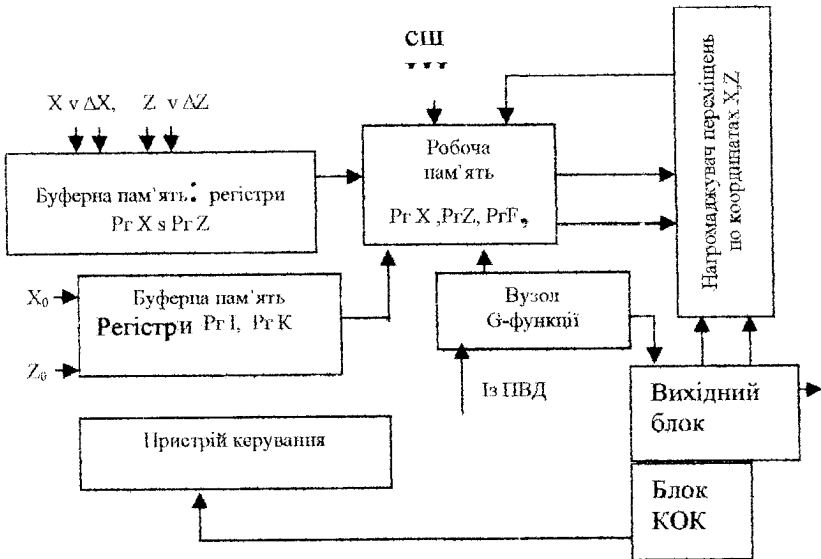


Рисунок 4.7—Структурна схема інтерполятора

Якщо в результаті здійснення чергового кроку блок обчислення оцінної функції встановив, що точка міститься в області, де функція більше нуля, то черговий крок система зробить у напрямку осі Z.

Якщо оцінна функція виявиться менше чи дорівнює нулю, то черговий крок відбувається по осі X. При цьому швидкість виконання кроків залежить від кута нахилу відрізка прямої.

При круговій інтерполяції, у залежності від напрямку обходу дуги — за, чи проти годинникової стрілки — змінюється введення інформації в реєстри робочої пам'яті. При обході дуги за годинниковою стрілкою інформація записується в реєстри робочої пам'яті так, як описано вище. При обході дуги проти годинникової стрілки в

регістр X записується інформація про переміщення по осі Z. І навпаки, у регістр Z записується інформація про переміщення по осі X.

Оцінна функція при круговій інтерполяції визначає порядок виконання чергового кроку: якщо при здійсненні чергового кроку оцінна функція виявилася більше нуля, то черговий крок робиться по осі Z, якщо функція дорівнює чи менше нуля, то черговий крок робиться по осі X.

Цей алгоритм записаний для обходу дуги в першому квадранті за годинниковою стрілкою. При зміні номера квадранта чи при зміні напрямку обходу дуги алгоритм зазнає коректування.

Контурний імпульсно-кроковий пристрій ЧПК моделі НЗЗ-1М

Пристрій ЧПК моделі НЗЗ-1М належить до розімкнених пристроїв ЧПК III покоління і являє собою визначену модифікацію агрегатного ряду пристроїв ЧПК. Він побудований на базі інтегральних кремнієвих мікросхем, у наш час випускається серійно і застосовується для керування фрезерними верстатами середніх розмірів (наприклад, моделі 6Р13РФЗ) з автоматичною зміною різального інструмента, використовуваного для обробки деталей складної форми. Пристрій ЧПК моделі НЗЗ1М і пристрій ЧПК моделі Н22-1М, що описані вище, мають уніфіковані вхідні і вихідні параметри, а також привод подач.

Пристрій може працювати в ручному й автоматичному режимах, оснащений цифровою індикацією, дозволяє вводити корекцію на радіус і довжину різального інструмента, технологічні і допоміжні команди, забезпечувати сталість контурної швидкості, здійснювати розгін і гальмування робочого органа верстата. Корекція на положення інструмента виконується автоматично за його номером, записаним в програмі.

Як програмоносії керуючої інформації використовується восьмидоріжкова перфострічка шириною 25,4 мм. Інформація кодується за системою ISO. Інформація про оброблюваний контур, нанесена на перфострічку, являє собою послідовність кадрів, у кожному з яких містяться необхідні дані для відпрацьовування прямолінійної ділянки чи дуги кола контуру, холостого переміщення робочого органа верстата. Спосіб задання розмірів у програмі - тільки в збільшеннях. Інтерполяція — лінійна і кругова.

У пристрої ЧПК моделі НЗЗ-1М передбачаються деякі діагностичні ланцюги, що забезпечують контроль введення інформації, індикацію перебоїв роботи самого пристрою ЧПК і привода. Конструктивно пристрій ЧПК моделі НЗЗ-1М (рисунок 4.8) виконано у вигляді таких двох частин, розміщених у спеціальних шафах: обчислювача А і пристрою керування кроковими приводами Б.

Обчислювач є однією з основних частин пристрою і призначений для виконання тих самих функцій, що й у пристрої ЧПК моделі Н22-1М.

До складу обчислювача входять такі пристрої і блоки. Блоки вхідних I і вихідних II реле призначені для сполучення верстата з пристроєм ЧПК. Вони сприймають і передають інформацію в двійково-десятковому коді на верстат із пристрою введення — виведення, і з верстата - в пристрій введення-виведення.

Блок індикації III здійснює індикацію номера кадру, номера інструмента й ін.

Нульовий блок IV призначений для формування керуючих сигналів блока задання швидкості при установленні робочих органів верстата в нульове положення при ручному керуванні.

Обчислювач має кілька пультів керування (Δ), наприклад, пульт оператора, пульт корекції та ін. Пульт оператора 1, розміщений на передній панелі обчислювача, задає режим роботи (наприклад, пошук кадру, покадрова робота, скидання, відпрацьовування технології та ін.),

ручне введення інформації, корекцію швидкості подачі, а також світлову індикацію роботи пристрою (наприклад, індикацію номерів кадру, інструмента, корекції). Ряд операцій блок оператора виконує разом із блоком режимів *Пульт корекції 3* використовується для набору величин корекції на довжину (при лінійній інтерполяції) і радіус інструмента (при круговій інтерполяції). Величина корекції набирається перемикачами у вигляді чотирирозрядних чисел і надходить на дешифратор. Потім у двійково-десятковому коді вона записується в реєстр пристрою введення-виведення.

Блок задання швидкості VI забезпечує формування сигналів, частота проходження яких відповідає заданій швидкості переміщення робочого органа верстата, підтримку сталості контурної швидкості у випадку переміщення різального інструмента по криволінійних траєкторіях, а також формування режимів розгону і гальмування.

Робоча подача може досягати 4800 мм/хв, а швидкість холостого ходу також дорівнює 4800 мм/хв. У блоці завдання швидкості передбачені автоматичний розгін і гальмування робочого органа верстата, а також автоматичне обчислення гальмового шляху відповідно до заданої швидкості. Час розгону (гальмування) коливається в межах від 0,1 до 2,1 с.

Пристрій введення-виведення VII забезпечує зчитування і дешифрацію керуючої інформації, а також її контроль за паритетом і структурою кадру, перетворює частину інформації з двійково-десяткового коду в двійковий, робить ручне введення ряду даних, виводить інформацію в інтерполятор і блок завдання швидкості, у блок цифрової індикації і технологічні команди - на блок реле. Пристрій введення— виведення містить у собі

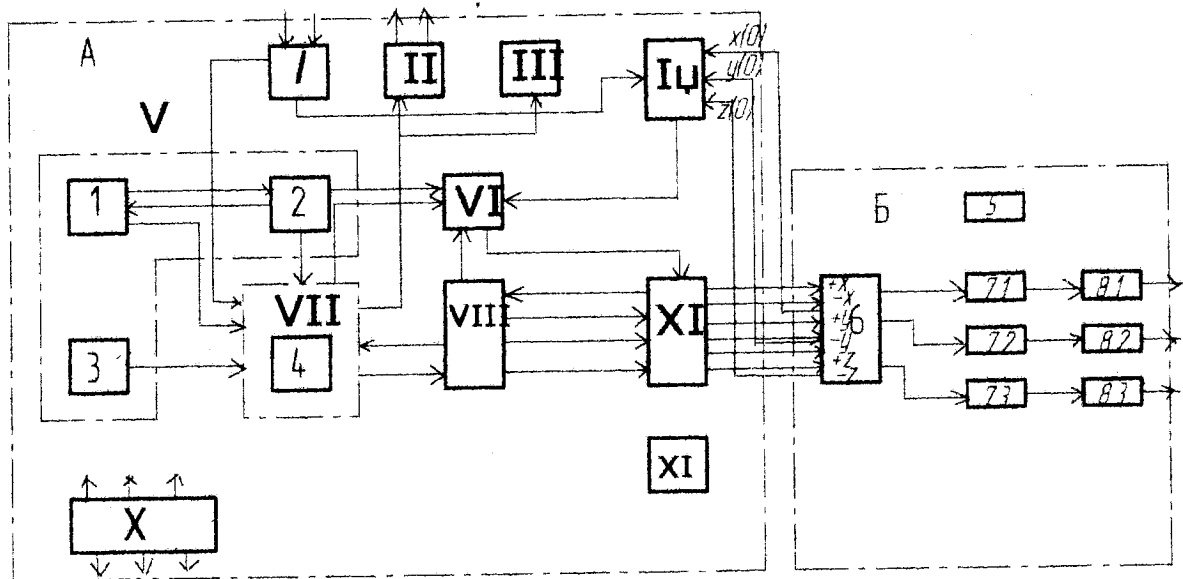


Рисунок 4.8—Структурна схема системи керування H33-1M

Фотозчитувальний пристрій 4 послідовно рядок за рядком за командами блока керування зчитує інформацію з перфострічки. Швидкість зчитування не менше 600 рядків/с. Блок реєстра введення призначений для введення інформації одного рядка в реєстр введення і запам'ятовування її до приходу наступної, контролю введеного рядка на парність (контроль за паритетом) і дешифрування деяких команд. Блоки керування цілком керують пристроєм введення-виведення, фотозчитувальною приставкою та іншими блоками пристрою.

Блоки пам'яті містять у собі блоки пам'яті допоміжних (L, N) і технологічних команд (M, S, T). Блок пам'яті L, N (L - номер і координата корекції, N - номер кадру) зберігає номера кадру, вибирає необхідну інформацію на пульті і виводить її по відповідній координаті. Блок пам'яті M, S, T (M - допоміжна функція, S - швидкість головного руху, T — номер інструмента) використовується для збереження інформації технологічних команд на час уведення кадру з перфострічок у реєстр буферної пам'яті і виведення технологічних команд на релейні реєстри.

Інтерполятор VIII є основною частиною обчислювача. Він автоматично розраховує еквідистанти, реалізує лінійний (при одночасному керуванні по трьох координатах) чи круговий (при одночасному керуванні по двох координатах) закон інтерполяції, здійснює корекцію за довжиною і діаметром різального інструмента вздовж осей координат і задає необхідну послідовність керуючих впливів для переміщення робочого органа верстата.

Вихідний блок IX призначається для синхронізації роботи інтерполятора і блока задання швидкості і розподілу імпульсів інтерполятора по координатних осях з урахуванням напрямку переміщення послідовно, рядок за рядком за командами блока керування. Швидкість зчитування не менше 300 рядків/с. Блок реєстра введення призначений для введення інформації одного рядка в реєстр введення і запам'ятовування її до надходження

наступної, контролю введеного рядка на парність (контроль за паритетом) і дешифрування деяких команд. Блоки керування цілком керують пристроєм введення-виведення, фотозчитувальною приставкою та іншими блоками пристрою.

Генератор тактів і стробів X використовується для синхронізації роботи всіх вузлів обчислювача.

Блоки живлення XI призначаються для живлення всіх пристроїв числового програмного керування і випрямлячів і перетворення змінної напруги трифазної мережі в постійну стабілізовану, нестабілізовану і змінну напругу.

Пристрій керування кроковими приводами *B* містить пульт контролю 5, блок логічних плат 6, блоки керування кроковими приводами 7.1, 7.2, 7.3, блоки форсувальних резисторів 8.1, 8.2, 8.3 нагадує пристрій керування кроковими приводами пристрою ЧПК моделі Н-22-1М.

У процесі роботи металорізального верстата фотозчитувальний пристрій здійснює порядкове зчитування інформації з перфострічки, закодованої в кодї ISO, і спрямовує її в пристрій введення-виведення. Останнє забезпечує контроль і попередню обробку зчитаної інформації. Інформація з пристрою введення-виведення надходить залежно від її призначення, у блок реле, пристрій задання швидкості та інтерполятор.

Пристрій задання швидкості формує сигнали з урахуванням заданої швидкості переміщення робочого органа верстата і спрямовує їх у вихідний блок.

Інтерполятор реалізує заданий алгоритм інтерполяції і формує сигнали, що керують роботою крокового привода. Сигнали з інтерполятора через вихідний блок (який синхронізує роботу інтерполятора і блока задання швидкості) спрямовуються в пристрій керування кроковими приводами.

Останнє перетворює і підсилює сигнали, що надходять з інтерполятора, у сигнали, що керують кроковими двигунами верстата. Крокові двигуни приводять в обертальний рух гвинт передачі гвинт-гайка кочення й у

такий спосіб забезпечують лінійне переміщення робочого органа верстата.

Контурний мікропроцесорний пристрій ЧПК на базі мікроЕОМ "Електроніка НЦ-31"

Мікропроцесорний пристрій ЧПК з ручним введенням програми створено на базі мікроЕОМ "Електроніка НЦ-31" і характеризується малими габаритами і вартістю. Він призначений для застосування в оперативній системі керування універсальним токарним верстатом, оснащеним слідкуючими приводами і фотоелектричними імпульсними перетворювачами.

Оперативна система ЧПК є новим різновидом систем ЧПК, що поєднує в собі традиційні функції систем ЧПК (введення і корекція програми обробки, керування верстатом) з функціями розрахунку керуючої програми за мінімальним обсягом вихідних даних безпосередньо на робочому місці. Розглянута система має широкі технологічні можливості задання і корекції програми в режимі діалогу оператора з пристроєм ЧПК. Оперативні системи у порівнянні з іншими мають ряд переваг. Стосовно токарного верстата, наприклад, вони забезпечують підвищення продуктивності обробки дрібних серій деталей, поліпшення умов праці і не мають потреби в розробленні керуючих програм в обчислювальних центрах. Вони найбільш ефективно можуть використовуватися при обробці деталей досить простої конфігурації (деталі східчастої форми з рядом додаткових геометричних елементів, розміщені по контуру, наприклад, конуса, різьблення, канавки, галтелі та ін.) в умовах дрібносерійного та одиничного виробництва.

Наведені вище конфігурації деталей є найбільш поширеними. За даними ЭНИМС, їх питома вага на машинобудівних підприємствах досягає 80%. Усе це говорить про перспективність розглянутих систем

керування. Пристрій ЧПК на базі "Електроніка НЦ-31" являє собою проблемно-орієнтовану мікроЕОМ, побудовану на мікропроцесорних ВІС (великі інтегральні схеми).

Розглянутий мікропроцесорний пристрій ЧПК належить до контурних пристроїв типу CNC і забезпечує оперативне введення, розрахунок, редагування програми, автоматичне виконання керуючих програм обробки і керування верстатом із клавіатури пульта.

Пристрій ЧПК на базі мікроЕОМ "Електроніка НЦ-31" оснащений цифровою індикацією, дозволяє вводити корекцію програми, технологічні та допоміжні команди, здійснювати зсув "О" верстата, виконувати обробку деталей у метричній і в дюймовій системах вимірювання. Він може здійснювати як автоматичне виконання програми обробки, так і переміщення супорта від маховичка і клавіатури пульта оператора. Система відліку - в абсолютних і відносних величинах, інтерполяція - лінійна і кругова.

Програми обробки деталей вводяться на спеціальній спрощеній мові і можуть бути складені токарем середньої кваліфікації.

Спеціальне програмне забезпечення (системні програми) для токарної групи верстатів заноситься в постійний запам'ятовуючий пристрій на етапі виготовлення пристрою ЧПК. За допомогою цих програм здійснюється перетворення введених програм обробки в програму керування верстатом. Процес перетворення здійснюється автоматично, без участі людини.

Заміна постійного запам'ятовуючого пристрою дозволяє застосовувати пристрій ЧПК для керування іншими групами верстатів.

Мікропроцесорний пристрій ЧПК на базі мікроЕОМ "Електроніка НЦ-31" конструктивно виконаний у вигляді об'єднаного блока, що вбудовується в спеціальний відсік фартуха верстата або виконується у вигляді виносного пульта оператора. До складу пристрою входять (рисунок

4.9) процесори 1, 2, пам'ять 3, 4, пульт оператора 5, адаптер каналу і таймерів 6,

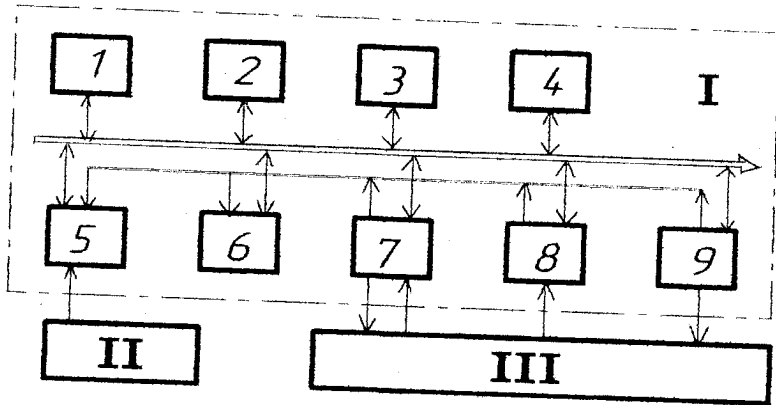


Рисунок 4.9—Структурна схема системи ЧПК моделі "Електроніка НЦ-31"

контролер електроавтоматики 7, контролер імпульсних перетворювачів 8, контролер електропривода 9. Усі ці вузли пристрою взаємодіють між собою з використанням магістралі, побудованої за принципом "загальна шина".

Процесори 1, 2 є однією з основних частин пристрою ЧПК, виконують алгоритми роботи пристрою і здійснюють весь процес обробки даних (включаючи інтерполяцію), що надходять на його входи (із програми обробки деталі, даних корекції програми і з контролера імпульсних перетворювачів).

Вихідні сигнали процесорів надходять на ряд вузлів, у тому числі і на контролер електропривода. Усього в пристрої два процесори, побудованих на основі великих інтегральних схем, що дозволило одержати в них малі габарити при великих функціональних можливостях.

Кожен процесор містить у собі шістнадцять 16-бітних регістрів і має в основному ту саму систему команд, що і мікроЕОМ "Електроніка НЦ-31".

Пам'ять є важливою частиною пристрою і виконується у вигляді постійної та оперативної пам'яті 3 і зовнішньої пам'яті 4. Постійна пам'ять має ємність до 8 Кбайт (з резервуванням місця для розширення до 16 Кбайт) і використовується для збереження системних програм. Оперативна пам'ять має ємність 4 Кбайт і використовується для збереження програм обробки деталей і проміжних результатів. Зовнішня пам'ять ємністю до 4 Кбайт використовується для збереження бібліотеки програм.

Пульт оператора 5 містить у собі ряд органів керування та індикації (цифрові індикатори, світлодіоди і клавіші), розміщені на лицьовій панелі, і забезпечує введення, редагування, виконання програм обробки і керування верстатом у різних режимах (вручну, у режимі "автомат" та ін.), налагодження програм, зсув початку відліку координат, цифрову індикацію та ін. З пульта пристрою оператор може ввести програму обробки ємністю до 250 кадрів. Найбільший за інформаційним обсягом кадр може містити символ координати (X чи Z), знак числа (" $+$ " чи " $-$ "), число із шести десяткових цифр, ознаку фаски ($+45^\circ$, -45°).

Адаптер каналів і таймерів 6 функціонально і конструктивно є самостійним пристроєм і має два інтерфейсних стики. Він виконує функції перетворення магістралі в радіальний канал керування електронними блоками (наприклад, контролером привода, контролером імпульсних перетворювачів та ін.), що збільшує функціональну гнучкість пристрою ЧПК і реалізує функцію тимчасового відліку інтервалів часу, що задаються. Дискретність задання інтервалу 0,1 мс. Задання на відпрацювання інтервалу часу може надходити з будь-якого процесора.

Контролер електроавтоматики 7 здійснює переключення виконавчих реле верстата і приймання сигналів стану контактів реле і кнопок, розміщених в електросилової частині верстата. Інтерфейс модуля електроавтоматики має 16 вхідних і 16 вихідних ліній

Контролер імпульсних перетворювачів 8 призначений для приймання сигналів з фотоелектричних імпульсних перетворювачів, установлених на приводах, шпинделі, штурвалі, і перетворення їх у стандартні, цифрові сигнали, що сприймаються цифровими блоками пристрою ЧПК. Він забезпечує зворотний зв'язок переміщення.

Контролер привода 9 забезпечує керування від пристрою ЧПК швидкістю руху (подачі) різального інструмента по осях X і Z, виконуючи функцію перетворення двійкового коду швидкості подачі (за рахунок наявності цифроаналогового перетворювача) у строго пропорційний цьому коду аналоговий сигнал. Код, що перетворюється в аналоговий сигнал, має розрядність 12 біт, включаючи знаковий розряд. Діапазон аналогового сигналу може змінюватися від - 10 до +10 В.

Принцип роботи пристрою ЧПК на базі мікроЕОМ "Електроніка НЦ-31" полягає у такому. Програма обробки деталі і необхідні дані про її корекцію з пульта оператора вносяться в оперативний запам'ятовуючий пристрій і запам'ятовуються в ньому. В ході роботи пристрою ЧПК процесори здійснюють необхідну обробку інформації з урахуванням сигналів зворотного зв'язку і видають її на електронні блоки, в тому числі і на контролер привода. В останньому здійснюється перетворення коду швидкості подачі в аналоговий сигнал, що спрямовується в електропривод верстата. Електропривод приводить в обертальний рух ходовий гвинт передачі гвинт - гайка кочення і у такий спосіб здійснює переміщення супорта верстата у визначеному напрямку.

Позиційний пристрій ЧПК моделі 2П323

Позиційний пристрій ЧПК призначений для керування процесом позиціонування і прямолінійної обробки (паралельно координатним осям) на свердильних верстатах (наприклад, моделі 2Р135Ф2) у цехах із

дрібносерійним і серійним виробництвами. Число керованих координат - три, позиціонування може здійснюватися одночасно по двох координатах (X і Y).

Пристрій побудований за принципом порівняння, що реалізується арифметичним пристроєм, і виконаний на інтегральних мікросхемах серії К-155. Як датчики зворотного зв'язку використовуються сельсини. Розглянутий пристрій оснащений цифровою індикацією поточних і заданих координат робочого органа верстата, дозволяє вводити корекцію на довжину інструмента по осі Z і технологічні команди, здійснювати зсув нуля відліку координат і зменшувати швидкість переміщення робочого органа при підході до заданої координати.

Пристрій ЧПК моделі 2П323 може працювати в різних режимах "автомат", "ручне керування", "по постійних циклах" та ін. У режимі «автомат» відбуваються автоматичне зчитування інформації з перфострічки та її відпрацьовування. При ручному керуванні може здійснюватися переміщення в позитивному і негативному напрямках по всіх координатах. Він використовується найчастіше при настроюванні верстата. При роботі в режимі постійних циклів робочий орган переміщається по осі Z відповідно до програми, що задається підготовчими функціями груп G8 чи G9. Постійні цикли використовуються при виконанні визначених технологічних операцій, наприклад, свердління, розточення, різенарізування.

Керуюча інформація може вводитися як від восьмидоріжкової перфострічки, так і від ЕОМ. Можливість введення інформації від ЕОМ - специфічна особливість розглянутого пристрою. Структурна схема пристрою ЧПК моделі 2П323 наведена на рисунку 4.10. До складу пристрою ЧПК моделі 2П323 входять такі вузли і блоки.

Фотозчитувальний пристрій 1 призначений для введення інформації в пристрій з восьмидоріжкової перфострічки

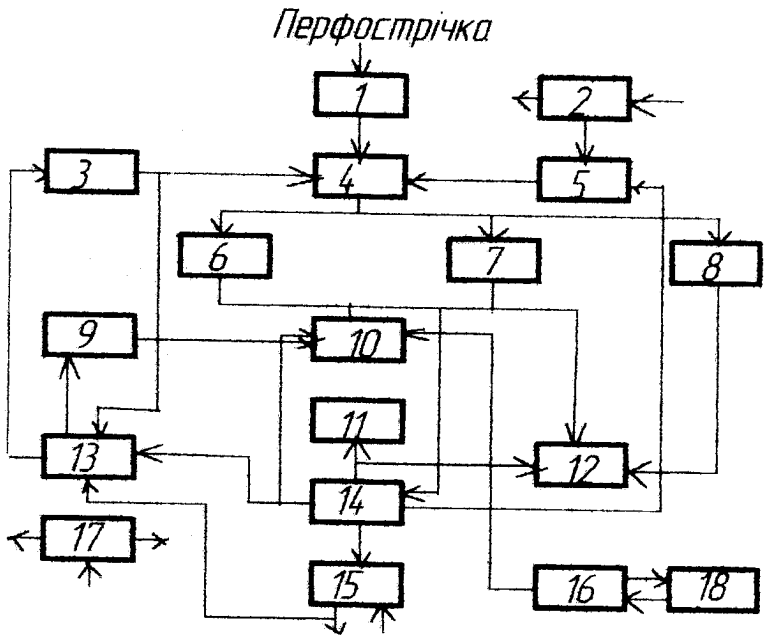


Рисунок 4.10 — Структурна схема системи ЧПК моделі 2П323

шириною 25,4 мм, швидкість зчитування при цьому не менше 150 рядків/с, здійснює синхронізацію операцій, виконуваних пристроєм.

Розподільник імпульсів 2 здійснює синхронізацію операцій, виконуваних пристроєм.

Пульт керування 3 і пристрій керування 13 дозволяють здійснювати роботу пристрою в різних режимах. Пульт керування пристрою застосовується найчастіше для здійснення ряду циклів при ручному керуванні, наприклад, покадрового введення (покадрового зчитування інформації з перфострічки при ручному

керуванні); переднабору (зчитування інформації в межах одного кадру): пошуку кадру (пошуку номера кадру, заданого на пульті керування); відновлення (пошуку номера кадру, заданого на пульті керування, з одночасним відновленням технологічної інформації на верстаті). Пристрій керування призначений для задання режимів роботи пристрою (наприклад, режиму "автомат"), для організації роботи з постійних циклів, для керування зчитувальним пристроєм, , для видачі сигналів, що дозволяють роботу вузла керування приводом.

Пристрій введення 4 використовується для введення інформації, розшифрування і запису її в пам'ять, а також для контролю інформації, що вводиться, на парність отворів і за структурою кадру. Варто підкреслити, що в розглянутому позиційному пристрої ЧПК інформація може вводиться як від фотозчитувального пристрою, так і від пульта керування й ЕОМ 5. Усе це істотно розширює можливості пристрою.

Вузол пам'яті заданих координат 6 призначається для збереження і видачі у вузол збору інформації величину заданої координати.

Вузол пам'яті технологічних команд 7 використовується для збереження заданої інформації про технологічні команди, наприклад, номера подачі (P), номера швидкості шпинделя (S), номера інструмента (T) та ін.

Вузол пам'яті номера кадру 8 застосовується для збереження поточного і шуканого номерів кадрів, порівняння їх і видачі сигналу на індикацію й у пристрій керування, а також для перевірки на парність технологічних команд і номера кадру.

Блок корекції 9 використовується для введення корекції по осі Z , а також зсуву початку відліку. Величини корекції і плаваючих нулів задаються на програмних перемикачах блока корекції.

Блок збору інформації 10 призначається для порозрядного розподілу в часі всіх доданків, що надходять в арифметичний пристрій, а саме величин плаваючого нуля, корекції, заданої координати, зон включення ступіней швидкості (уставок) і контролю показань датчика.

Арифметичний пристрій 11 застосовується для визначення знака і величини неузгодженості, порівняння отриманої величини неузгодженості із уставками і зоною контролю, а також для видачі результату порівняння у вузол керування приводом. Робота арифметичного пристрою ґрунтується на принципі порозрядного алгебраїчного додавання доданків, що надходять, з подальшим порозрядним порівнянням із уставками і зоною контролю. Останні завжди надходять в арифметичний пристрій зі знаками, протилежними знаку неузгодженості. Тому в дійсності арифметичний пристрій визначає різницю між неузгодженістю кожної із уставок і зоною контролю.

Вузол індикації 12 забезпечує візуальне спостереження за роботою як окремих вузлів, так і всього пристрою в цілому. При цьому в десятковому коді можуть бути подані такі величини: неузгодженість заданої координати, плаваючого нуля, показання датчика зворотного зв'язку, зони контролю, уставок, технологічних команд та ін.

Вузол керування приводом 14 призначається для завдання напрямку руху й організації східчастого зниження швидкості привода подач при підході робочого органа до заданої точки, для організації контролю зони зупинки за наявності підготовчих функцій G60 і G61, для здійснення опитування уставок і попереджень.

Блок реле 15 використовується для узгодження сигналів від пристрою на верстат із сигналами від верстата на пристрій. Сигнали від пристрою подаються на верстат через підсилювач, що виконаний на мікросхемах і здійснює деякі логічні функції. Сигнали від верстата в пристрій подаються безпосередньо від реле.

Блок зв'язку з датчиками 16 призначається для перетворення сигналів синусоїдальної форми від датчиків

зворотного зв'язку в дискретні величини, виражені в двійково-десятковому коді.

Як датчики зворотного зв'язку 18 використовуються сельсини (по одному на кожну координату). При цьому застосовується абсолютно циклічний спосіб відліку. Суть цього способу полягає в тому, що в межах оберту сельсина відлік абсолютний, що характеризує кут повороту сельсина, а інформація про число повних обертів сельсина відбивається за допомогою нагромаджувача обертів.

Принцип роботи пристрою полягає в такому. За допомогою датчика переміщень визначається положення (координата) робочого органа верстата. Результати показання датчика через вузол збору інформації передаються в арифметичний пристрій, у якому вони порівнюються з координатою, заданою від перфострічки чи від органів ручного керування з урахуванням плаваючого нуля. Арифметичний пристрій визначає знак і величину неузгодженості, порівнює її з уставками і зоною контролю і видає результати порівняння у вигляді керуючого імпульсу у вузол керування приводом

Алгоритми обчислення величини і знака неузгодженості (рисунок 4.11):

$$l = l_1 - l_2 \pm l_3 \pm l_4,$$

де l — величина неузгодженості;

l_1 — значення координати плаваючого нуля;

l_2 — координата робочого органа верстата (показання датчика);

l_3 — задана координата;

l_4 — величина корекції (тільки для координати Z). При підході робочого органа до заданої точки арифметичний пристрій здійснює подачу керуючих імпульсів на зниження швидкості переміщення і на припинення руху. При цьому може бути кілька випадків. Деякі з них наведені на рисунку 4.12.

Перший випадок (рисунок 4.12 а) характеризується тим, що неузгодженість (відрізок AB) і координата виконавчого органа більші відповідно за всі уставки і

координат заданої точки. За наявності підготовчої функції G60, що визначає підхід з одного боку, рух виконавчого органа здійснюється в такий спосіб:

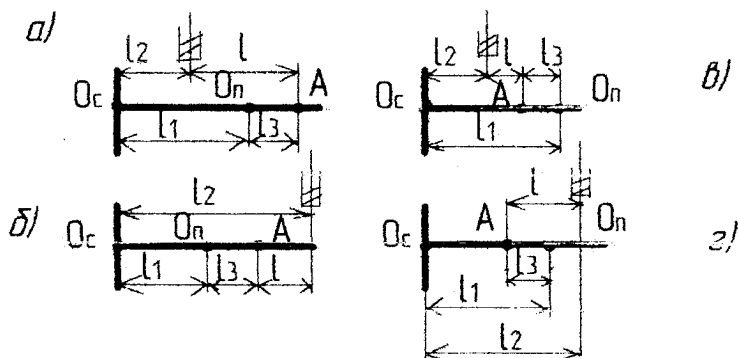


Рисунок 4.11— Схема розміщення робочого органа верстата відносно нуля верстата O_c , плаваючого нуля O_n , та заданої точки A

1) від точки B до точки I на швидкому ході зі зміною напрямку переміщення і деяким зниженням швидкості в кінці;

2) при підході до зони 1-ї уставки (при русі до точки A) - на повільному ході (у даному випадку включений другий ступінь зниження швидкості);

3) при переході зони 2 - ї уставки - на повільному ході (при цьому включена третій ступінь зниження швидкості);

4) при переході зони 3-ї уставки (коли величина неузгодженості стає меншою від 3-ї уставки, але більшою від зони контролю) дається команда на зупинення виконавчого органа.

Другий випадок (рисунок 4.12 б) нагадує перший, але координата виконавчого органа при цьому має менше значення, ніж координата заданої точки. Підхід виконавчого органа до заданої точки здійснюється так, як було описано в позиціях 2, 3 і 4 у першому випадку .

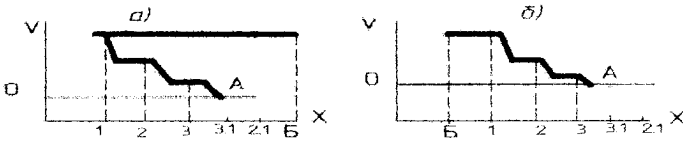


Рисунок 4.12—Варіанти підходу до заданої точки

Комбінований пристрій ЧПК моделі „Розмір-4”

Пристрій ЧПК моделі "Розмір-4" є подальшим розвитком пристроїв серії "Розмір", має загальні кодові шини, якими передається інформація з поділом часу, і містить у собі вбудовану спеціалізовану міні-ЕОМ із жорстким програмуванням алгоритмів керування. Він побудований на базі інтегральних мікросхем і належить до замкнених пристроїв III покоління. За своїми функціональними можливостями належить до пристроїв ЧПК типу CNC. Як привід використовується слідкуючий привод подач, а як датчики зворотного зв'язку — блок сельсинів, обертальні трансформатори та індуктосини. Пристрій призначений для автоматичного програмного керування обробкою деталей для широкого класу устаткування (наприклад, токарно-карусельні, фрезерно-розточувальні верстати та ін.), а також багатоопераційні верстати з автоматичною зміною інструмента (обробні центри).

Пристрій ЧПК "Розмір-4" забезпечує узгоджене переміщення механізмів верстата при контурній обробці деталей, позиціонування механізмів у задане положення, керування зміною інструмента і допоміжних механізмів верстата. Воно здійснює покадрове редагування програми керування, дозволяє вводити корекцію програми (з урахуванням розміру інструментів, зміни частоти обертання різального інструмента і швидкості подачі), здійснювати зсув початку відліку і цифрову індикацію всієї керуючої інформації. Пристрій може працювати в різних режимах (наприклад, у режимі „автомат", вручну, постійними циклами та ін.) і здійснювати керування по 8

каналах (шість для керування координатами і по одному для керування магазином і головним приводом). Він забезпечує підвищені швидкості подачі і швидкість позиціонування робочого органу верстата.

Керуюча інформація може вводитися від восьмидоріжкової перфострічки шириною 25,4 мм, вручну і від ЕОМ.

Завдання розмірів може здійснюватися в абсолютних значеннях і збільшеннях. Інформація кодується за системою ISO. Пристрій може здійснювати лінійну, кругову і гвинтову інтерполяцію; остання може бути три - і чотирикоординатною. При трикоординатній гвинтовій інтерполяції має місце кругова інтерполяція в заданій площині, а лінійна - при третій координаті.

Використовується при нарізуванні різьблення фрезю.

Чотирикоординатна інтерполяція містить у собі кругову інтерполяцію у площині, лінійну — по третій координаті й орієнтацію шпинделя таким чином, щоб край різального інструмента був завжди спрямований по нормалі до оброблюваної поверхні. Застосовується при нарізуванні різьблення різцевою оправкою.

Під системою числового програмного керування розуміють сукупність спеціалізованих пристроїв, методів і засобів, необхідних для здійснення числового програмного керування верстатом. Вона містить у собі (рисунок 4.13) систему підготовки програми керування 1, пристрій числового програмного керування 11, електропривід 111, ряд елементів (тахогенератор 1, електродвигун постійного струму 2, редуктор 3, робочий орган 4, вимірювальний перетворювач переміщень 5, допоміжні механізми верстата 6), які розміщені у самокерованому верстаті IV, і станцію керування V.

Система підготовки програми керування призначається для розроблення програми обробки. Програма може розроблятися як вручну, так і з використанням ЕОМ. Керуюча програма може видаватися або у вигляді перфострічки, або зберігатися в керуючій ЕОМ.

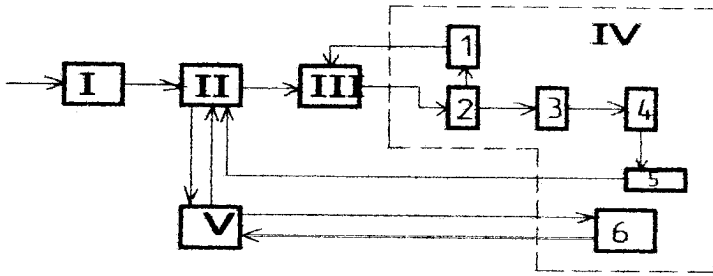


Рисунок 4.13 — Структурна схема системи ЧПК моделі "Розмір 4"

Пристрій числового програмного керування (ПЧПК) є основною частиною системи числового програмного керування. Воно формує і видає керуючі сигнали відповідно до програми обробки деталі й таким чином реалізує основні функції програмного керування програмним шляхом, тобто здійснює:

- переміщення різального інструмента щодо оброблюваної деталі в задане положення і по заданій траєкторії;
- керування допоміжними функціями верстата, наприклад зміна інструмента, вмикання і вимикання затискачів та ін.

На вхід ПЧПК сигнали надходять із системи підготовки програми керування, датчика зворотного зв'язку по відповідній координаті і сигнали від допоміжних механізмів про виконання допоміжних функцій. Сигнал датчика зворотного зв'язку перетворюється в цифрову форму і порівнюється з цифровим завданням положення, вироблюваним усередині ПЧПК на основі програми обробки деталі. Різниця заданого і фактичного положення (неузгодженість з положенням) перетворюється в аналогову форму і надходить на вихід ПЧПК.

ПЧПК складається з трьох умовних груп (рисунок 4.14) процесора, периферійних пристроїв і пристроїв обслуговування. Процесор II являє собою спеціалізовану малу ЕОМ із жорскою програмою. Він безпосередньо

здійснює процес обробки даних, що надходять від програми (у тому числі інтерполяцію) і від датчиків зворотного зв'язку, і керує цим процесом. Програма роботи процесора зберігається (зашивається) у постійному

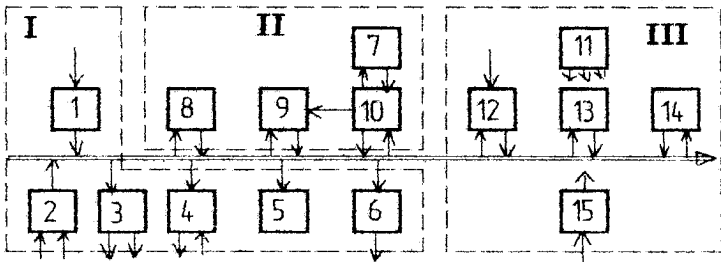


Рисунок 4.14 — Структурна схема пристрою ЧПК моделі "Розмір-4"

запам'ятовувальному пристрої. Виконання програми полягає в почерговому вибиранні команд і в їхньому виконанні процесором. До складу процесора належать: постійний запам'ятовувальний пристрій; оперативний запам'ятовувальний пристрій; арифметико-логічний пристрій і пристрій керування процесором.

Постійний запам'ятовувальний пристрій 7 використовується для збереження програми роботи процесора. Він створений на базі феритових осердь.

Оперативний запам'ятовувальний пристрій 8 призначається для збереження інформації, що вводиться з периферійних пристроїв, проміжних даних і кінцевих результатів обчислень. Він побудований на базі інтегральних мікросхем середнього ступеня інтеграції. Арифметико-логічний пристрій 9 застосовується для виконання передбачених операцій над операндами, у тому числі й інтерполяцією.

Пристрій керування процесором 10 керує вибиранням команд, введенням в оперативну пам'ять і виведенням на індикацію щодо сигналів запиту чи введення індикації

Периферійний пристрій 1 здійснює введення і виведення інформації, необхідної для роботи процесора,

керування верстатом і відображення внутрішнього стану ПЧПК. До складу периферійного пристрою належать: пристрій введення даних; пристрій вимірювання положення; цифроаналоговий перетворювач; пристрій літерно-цифрової і контрольної індикації; пристрій виведення на перфторатор і на ЕОМ.

Пристрій введення даних 1 забезпечує введення програми обробки деталі з перфострічки, пульта ручного введення, а також введення геометричної корекції програми (тобто зсув нуля відліку і корекцію розмірів ріжучого інструмента). Швидкість зчитування з перфострічки в даному випадку досягає 300 рядків/с.

Пристрій вимірювання положення 2 використовується для перетворення аналогових вихідних сигналів вимірювальних перетворювачів координат у цифровий код.

Цифроаналоговий перетворювач керування приводами 3 призначається для перетворення отриманого в результаті обчислень коду неузгодженості в аналогові сигнали керування приводами подач.

Пристрій керування допоміжними функціями верстата 4 використовується для видачі команд групи М на станцію керування й одержання зі станції керування сигналів про виконання цих команд.

Пристрій буквенно-цифрової і контрольної індикації 5 призначається для забезпечення виведення на індикатор інформації, необхідної для обслуговування УЧПУ.

Пристрій виведення на перфторатор і на ЕОМ 6 забезпечує виведення на ЕОМ чи перфторатор стану буферної пам'яті при редагуванні програми обробки деталі.

Пристроєм обслуговування III виконують загальні функції, що забезпечують роботу в цілому (задання режимів роботи, синхронізація, контроль, живлення і т.п.). До складу пристроїв обслуговування належать пристрій синхронізації, пристрій керування, пристрій формування постійних циклів обробки, пристрій контролю, блок живлення.

Пристрій синхронізації 11 використовується для синхронізації роботи частин ПЧПК шляхом видачі сигналів частот від 50 Гц до 800 кГц, одержуваних розподілом вихідної частоти кварцового генератора, яка дорівнює 4 МГц.

Пристрій формування постійних циклів обробки 13 використовується для керування постійними циклами згідно з ISO.

Пристрій керування 12 призначається для керування режимами роботи ПЧПК, пуском відпрацьовування програми, а також для зв'язку з ЕОМ і перфратором.

Пристрій контролю 14 використовується для контролю інформації, переданої по загальних шинах, аналізу помилок, що з'являються в інших пристроях, і індикації кодів помилок.

Блок живлення 15 забезпечує усі вузли ПЧПК стабілізованими і випрямленими напругами, підтримує ці напруги в заданих межах і захищає ПЧПК від коротких замикань.

Електропривід призначений для керування приводними електродвигунами верстата по відповідній координаті і забезпечення необхідного відпрацьовування заданих координат робочим органом верстата. Розглянутий привід належить до слідкуючих приводів подачі і відрізняється від регульованого привода тим, що має, крім тахогенератора, що виконує роль датчика зворотного зв'язку за швидкістю, датчик зворотного зв'язку за положенням і порівнювальний пристрій. Завданням для слідкуючого привода, є величина шляху. Швидкість переміщення робочого органа верстата по координаті визначається керуючим впливом, що надходить на вхід електропривода від ПЧПК. Цей вплив видається обчислювальним пристроєм у вигляді визначеної зміни (збільшення) шляху за одиницю часу.

Структурна схема слідкуючого привода по одній координаті зображена на рисунку 4.15. Вона складається з ряду вузлів, наприклад, вимірника неузгодженості, регулятора частоти обертання електродвигуна й ін.

Вимірник незгодженості I є частиною ПЧПК і виконує функцію порівнювального пристрою. Він здійснює зіставлення заданої програми з фактичної і формує сигнал керування електроприводами. Він містить у собі обчислювальний

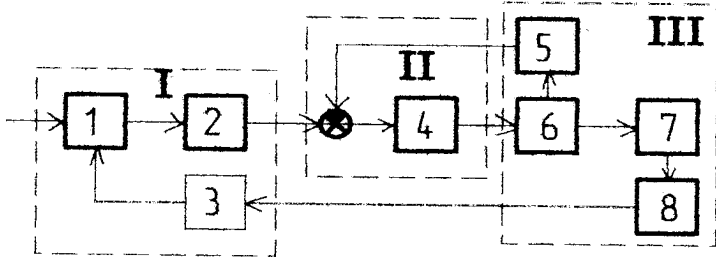


Рисунок 4.15— Схема слідкуючого привода подач по одній координаті

пристрій, цифроаналоговий і аналого-цифровий перетворювачі.

Обчислювальний пристрій I призначається для вироблення поточного значення положення робочого органа верстата відповідно до заданої програми і порівняння його з фактичним положенням, що надходить від аналого-цифрового перетворювача.

Регулятор частоти обертання електродвигуна II застосовується для відпрацювання керуючого впливу у вигляді постійного струму з урахуванням незгодженості за шляхом і швидкістю. На його вхід надходять два сигнали - від вимірника незгодженості I і тахогенератора 5. Сумарний сигнал підсилюється підсилювачем 4.

Електродвигун постійного струму 6 з'єднаний кінематичними ланцюгами з робочим органом верстата і здійснює його переміщення. Найбільш важливою перевагою цього електродвигуна є висока лінійність зовнішніх і регульовальних характеристик при керуванні за рахунок зміни напруги на якорі, що забезпечує постійний

момент при будь-якій швидкості в межах діапазону регулювання.

Тахогенератор 5 використовується як датчик зворотного зв'язку за швидкістю.

Вимірювальний перетворювач переміщень механізму 8 призначається для вимірювання фактичного переміщення робочого органа верстата 7 і видачі сигналів зворотного зв'язку з урахуванням цього переміщення.

На рисунку 4.16 зображена структурна схема замкнутого контура шляху слідкуючого привода у вигляді окремих ланок з коефіцієнтами передачі K_i . Відповідно до рисунка 4.16 можна написати такі рівняння:

$$\Delta S = K_1 K_2 \Delta S$$

$$\Delta S = S_3 - S_{oc};$$

$$S_{oc} = K_6 K_7 S_{\Phi};$$

$$D_{\omega} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7,$$

де S_3 , — код заданого переміщення робочого органа верстата відповідно до програми; S_{Φ} - код фактичного переміщення робочого органа верстата; S_{oc} - переміщення, викликане наявністю зворотного зв'язку; ΔS - код неузгодженості; ΔS_n - нормоване значення коду ΔS у вхідному реєстрі цифроаналогового перетворювача; D_{ω} — добротність привода за швидкістю, під якою розуміють відношення заданої швидкості слідкуючого привода до неузгодженості; K_1, K_2 - додаткові коефіцієнти для зведення коду ΔS до коду ΔS_n ; K_3 - коефіцієнт передачі цифроаналогового перетворювача; K_4 - коефіцієнт передачі регулятора частоти; K_5 - коефіцієнт передачі кінематичного ланцюга з'єднання електродвигуна з

робочим органом верстата; K_6 - коефіцієнт передачі аналого-цифрового перетворювача; K_7 - коефіцієнт передачі вимірювального перетворювача переміщення робочого органа верстата.

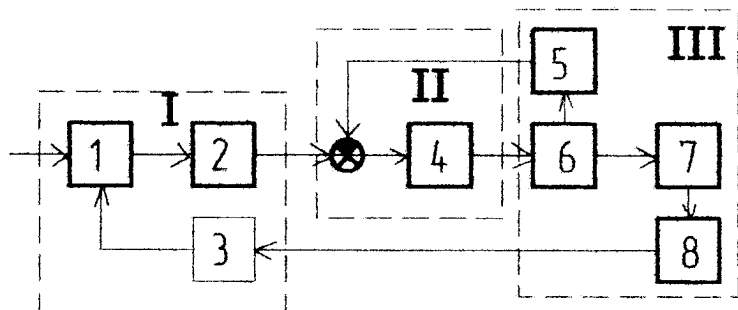


Рисунок 4.16—Структурна схема замкнутого контура шляху: 1,2 блоки для зведення коду ΔS к коду ΔS_m ; 3—цифро-аналоговий перетворювач; 4—регулятор частоти обертання електродвигуна; 5—редуктор; 6—аналого-цифровий перетворювач; 7—вимірюючий перетворювач руху

Наведені вище рівняння дозволяють зробити необхідні розрахунки замкнутого контура шляху слідкуючого привода у сталому режимі.

При конструюванні слідкуючих приводів подач варто прагнути до такого:

1 Мати досить велику добротність привода за швидкістю.

2 Виконувати умови:

$$D_{\infty} = 1/4 T; \quad 1/2 \pi f_m \leq T/2,$$

де f_m — нижча частота механічного резонансу кінематичного ланцюга привода.

3 Враховувати, що необхідна точність відпрацьовування заданого шляху (Δ) приводом забезпечується в тому випадку, якщо регулятор частоти здатний відпрацьовувати мінімальну швидкість

$$V_{\min} = D_{\omega} \Delta / 2.$$

4 Мати регулятор швидкості, що має необхідний діапазон регулювання, тобто

$$D_p = V_{\max} / V_{\min}.$$

Для слідкуючих приводів з тиристорними перетворювачами при $X = 1$ мкм, $f_m = 30$ Гц,

$$V_{\max} = 10 \text{ м/хв}; \text{ маємо } T = 0,01 \text{ с};$$

$$D_{\omega} = 25 \text{ 1/с};$$

$$V_{\min} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ м/хв}; D_p = 13000.$$

Слідкуючий привід може працювати у двох режимах: позиціонування і безупинне слідкування при контурній обробці.

Позиціонування здійснюється шляхом розганання привода, руху на постійній швидкості (у більшості випадків на максимальній) і гальмування. Розганання і гальмування виробляються при постійному прискоренні. Зміна фактичної швидкості привода на ділянці гальмування (при зазначеному законі зміни заданої швидкості) відбувається спочатку лінійно в часі, а наприкінці - за законом, близьким до експонентного. Час гальмування на експонентній ділянці прямо пропорційний необхідній точності останова і обернено

пропорційний добротності привода. Контурна обробка здійснюється взаємозалежною роботою обох приводів. Закон зміни заданої контурної швидкості при цьому той же, що і при позиціонуванні, але з меншим прискоренням для зменшення динамічних помилок.

Керування пристроєм ЧПУ моделі "Розмір-4" виробляється відповідно до програми керування й алгоритмів керування, що зберігаються в постійному запам'ятовувальному пристрої. Інформація що нанесена на перфострічку, зчитується фотозчитуючим пристроєм і надходить у пристрій введення даних. З пристрою введення даних інформація передається в оперативний запам'ятовувальний пристрій процесора. Останній здійснює весь процес обробки даних (разом з інтерполяцією) і спрямовує керуючі сигнали по восьми каналах керування (шість каналів для керування координатами і по одному для керування головним приводом і магазином). Інформація про переміщення робочих органів верстата спрямовується у вимірник неузгодженості, у якому формується керуючий сигнал для слідкуючого привода з урахуванням сигналів зворотного зв'язку по шляху. Слідкуючий привід керує електродвигуном сталого струму (з урахуванням сигналів, отриманих від вимірника неузгодженості і датчика зворотного зв'язку за швидкістю) і забезпечує відпрацьовування робочим органом верстата координат.

Комбінований мікропроцесорний пристрій ЧПК моделі 2С42

Пристрій ЧПК моделі 2С42 є найбільш сучасним замкнутим пристроєм і за своїми функціональними можливостями і ступенем досконалості елементної бази може бути віднесений до пристроїв ЧПК IV покоління. Він містить у собі вбудовану мікро - ЕОМ "Електроніка-60" і

побудований за принципом пристрою ЧПК типу CNC з вільним програмуванням алгоритмів керування. Як привід використовується слідкуючий привід подач сталого струму, а датчиків зворотного зв'язку - обертовий трансформатор чи індуктосин. Пристрій застосовується для автоматичного програмного керування складними і багатоопераційними верстатами (обробними центрами), службовцями для обробки деталей типу тіл обертання (включаючи нарізування різьблення), а також координатно-розточувальними верстатами.

Пристрій ЧПК моделі 2С42 забезпечує контурну обробку і позиціонування робочого органа верстата в задане положення, здійснює редагування програми керування, дозволяє вводити корекцію програми на радіус і довжину інструмента, корекцію швидкості головного руху і робочих подач, здійснює зсув початку відліку, забезпечує цифрову індикацію і видачу технологічних команд. Він може працювати в різних режимах, здійснювати керування типовими технологічними циклами, робити тестовий контроль функціональних вузлів, здійснювати захист від перевантажень і коротких замикань, забезпечувати адаптивне керування по двох каналах, здійснювати запис керуючої програми в оперативний запам'ятовувальний пристрій і збереження системно-технічних і функціональних програм у постійному запам'ятовувальному пристрої.

Використовувана в пристрої мікро - ЕОМ у поєднанні з необхідним математичним забезпеченням реалізує заданий склад алгоритмів керування (наприклад, введення-виведення, обчислення траєкторії і швидкостей переміщення робочих органів верстата, видачу керуючих послідовностей команди й ін.). Багато що з перелічених властивостей є специфічними особливостями розглянутого пристрою ЧПК. Керуюча інформація може вводиться від восьмидоріжкової перфострічки шириною 25,4 мм і вручну з пульта керування. Задання розмірів може здійснюватися в абсолютних значеннях і збільшеннях. Інформація

кодується за системою ISO. Пристрій може здійснювати лінійну і кругову інтерполяцію. Пристрій має функціонально-модульний принцип побудови, тобто усі функціональні блоки пристрою виконані у вигляді закінчених пристроїв (модулів). Структурна схема пристрою ЧПК моделі 2С42 зображена на рисунку 4.17.

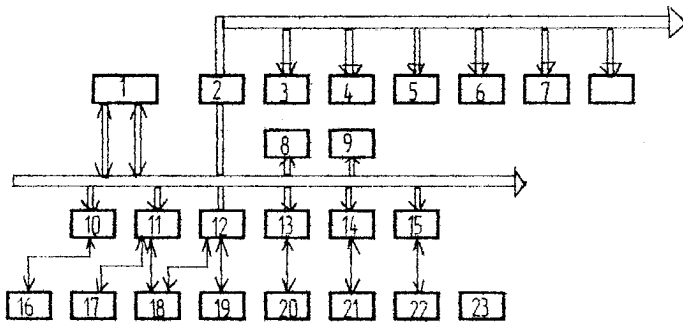


Рисунок 4.17—Структурна схема ЧПК моделі 2С42

У пристрої ЧПК моделі 2С42 передбачений єдиний канал зв'язку, що здійснює його між усіма блоками пристрою. Умовно він розподілений на дві частини: верхню і нижню панелі. Через інтерфейс зв'язку з верстатом усі сигнали каналу передаються на верхню панель, де проходить магістраль верстатної периферії. По нижній панелі проходить канал мікро-ЕОМ, що здійснює зв'язок між центральним процесором, пам'яттю і всіма зовнішніми пристроями.

Розглянемо основні пристрої і блоки пристрою ЧПК моделі 2С42 (рисунки 4.17).

Мікро-ЕОМ "Електроніка-60 "(1) є основним вузлом пристрою ЧПК моделі 2С42 і забезпечує керування всіма блоками пристрою. Основними модулями мікро-ЕОМ є центральний процесор, постійний запам'ятовувальний пристрій, оперативний запам'ятовувальний пристрій і

оперативний запам'ятовувальний пристрій після відключення живлення (на рисунку не наведений)

Центральний процесор виконує всі необхідні арифметико-логічні операції для обробки інформації і керує розподілом часу використання каналу зовнішніми пристроями і блоками. Основними функціональними блоками центрального процесора є мікропроцесорний набір ВІС (великих інтегральних схем), що складається з ВІС керування, ВІС реєстрового й арифметико-логічного пристрою і двох ВІС постійного запам'ятовувального пристрою мікрокоманд. Елементи набору пов'язані один з одним 22-розрядним каналом мікрокоманд. Синхронізація роботи всіх ВІС і інших блоків центрального процесора забезпечується чотирма серіями тактових сигналів генератора. Центральний процесор виконує одно- і двоадресні команди і може обробляти як 16-розрядні слова, так і 8-розрядні.

Постійний запам'ятовувальний пристрій призначається для збереження і видачі в центральний процесор інформації про системно-технологічні і функціональні програми (наприклад, мікропрограми, табличні дані та ін.). Обсяг збереженої інформації з 12-до 16-розрядних слів. Час вибирання інформації (після надходження сигналу на вибирання) не більше 65 нс.

Оперативний запам'ятовувальний пристрій призначається для збереження програми, різних констант і задоволення потреб центрального процесора.

Збереження інформації після відключення живлення досягається за рахунок живлення від акумуляторів. Воно виконано на мікросхемах і має ємність 4К 16-розрядних слів. Запис і зчитування інформації здійснюється під керуванням центрального процесора. Тривалість циклу запису не перевершує 1,5 мкс, а тривалість циклу зчитування менше 1,8 мкс. Оперативний запам'ятовувальний пристрій підключається до каналу мікро-ЕОМ.

Оперативний запам'ятовувальний пристрій після відключення живлення використовується для збереження і

зчитування констант, що не руйнує дані корекції на розмір інструмента, плаваючих нулів і інших даних при відключенні основних джерел живлення. Ємність пам'яті 1024 16-розрядних слів. Час запису і зчитування не більш 1,5 мкс. Оперативний запам'ятовувальний пристрій підключається до каналу мікро-ЕОМ.

Інтерфейс зв'язку з верстатом (2) являє собою пристрій, що виконує функції зв'язку каналу мікро-ЕОМ із поруч блоками, керуючим металорізальним верстатом.

Блоки вхідних і вихідних сигналів (3, 4) забезпечують безконтактну видачу сигналів на верстат і безконтактний прийом сигналів від верстата. Вони забезпечують видачу технологічних і допоміжних команд.

Блок керування приводами (5) призначений для формування напруги керування приводами (а також привід головного руху), а також корекції цих напруг при використанні блоку адаптивного керування. Напруга керування (тобто вихідний сигнал блоку) може змінюватися від -10 до $+10$ В. Кожен канал керування складається з двох цифроаналогових перетворювачів, один із яких перетворює код помилки по шляху, а інший код швидкісної компенсації. У режимі контурної обробки блок керування приводом здійснює перетворення коду помилки по шляху і коду швидкісної компенсації в напругу відповідної полярності і величини, підсумовування цих величин і видачу сумарного сигналу на електропривід верстата.

Блок адаптивного керування (6) використовується для забезпечення оптимального закону керування приводом подачі. При цьому аналоговий сигнал датчика крутного моменту перетворюється в цифрову форму і подається в блок керування приводами.

Блок зв'язку з датчиками (7) призначається для вимірювання переміщень робочого органа верстата і перетворення цих переміщень у сигнали зворотного зв'язку. Як датчик зворотного зв'язку в цьому блоці використовується обертовий трансформатор чи індуктосин.

Таймер (8) являє собою спеціалізований блок, що видає сигнали з інтервалом, обумовленим частотою генератора 100 кГц, і програмно-заданою величиною. Після закінчення заданого інтервалу часу відбувається переривання програми. Вимога переривання від таймера має більш високий пріоритет у порівнянні зі звичайною вимогою переривання від зовнішніх блоків. Переривання за допомогою таймера виробляється у тих випадках, коли потрібне переривання програми через задані інтервали.

Програмований годинник реального часу (9) служить для відліку тимчасових інтервалів різної тривалості. Величина інтервалів задається програмно і може змінюватися від 10 до 0,7 с. Годинник реального часу можна використовувати як інтервальний таймер. Він підключаються до лінії переривання від зовнішніх пристроїв.

Інтерфейси (10-15) блоків (16-22) являють собою пристрої, що виконують функції зв'язку каналу мікро-ЕОМ із цими блоками.

Пульт корекції (16) призначається для зміни швидкості головного руху і швидкості подачі. Перша може змінюватися від 40 до 140%, а друга - від 0 до 120% запрограмованої величини.

Пульт ручного керування (17) дозволяє задавати режими роботи пристрою, робити ручне введення даних, вести діалог із пристроєм і здійснювати редагування програми. Він складається з універсальної клавіатури (російсько-латинський алфавіт) і ряду кнопок.

Електронна друкарська машинка (18) забезпечує виведення на друк всіх необхідних даних.

Блок відображення символної інформації (19) призначається для відображення на електронно-променевої трубі літерно-цифрової інформації (об'єм 192 символи, 6 рядків по 32 знаки).

Блок використовується при введенні програми і її редагуванні.

Фотозчитувальний пристрій (20) призначається для зчитування інформації з перфострічки і передачі її через інтерфейс у центральний процесор. Зчитування інформації здійснюється в **старт-стопному режимі**. Керування фотозчитувальним пристроєм виробляється від центрального процесора.

Перфоратор (21) дозволяє одержувати відкоректовані перфострічки і дублювати перфострічок.

Блок перетворення кодів (22) використовується для перетворення двійково-десятькового коду в двійковий код і двійкового коду у двійково-десятьковий. Час виконання перетворень 700 нс.

Блок живлення (23) призначений для живлення всіх пристроїв і блоків пристрою ЧПК моделі 2С42.

Керування пристроєм ЧПК моделі 2С42 виконується відповідно до програми обробки деталі й алгоритмами керування, що зберігаються в постійному запам'ятовувальному пристрої. Принцип роботи пристрою полягає у такому. Інформація про програму обробки деталі, нанесена на перфострічку, зчитується фотозчитувальним пристроєм і надходить в оперативний запам'ятовувальний пристрій центрального процесора і запам'ятовується в ньому. Центральний процесор здійснює весь процес обробки інформації (включаючи й інтерполяцію) з обліком даних корекції програми і сигналів зворотного зв'язку по шляху потім видає її в електронні блоки, у тому числі й у блок керування приводами. Останній формує напругу керування приводами (у випадку використання блоку адаптивного керування з обліком його вихідних сигналів) і спрямовує його в слідкуючий привід. Привід керує електродвигунами постійного струму (з урахуванням сигналів зворотного зв'язку за швидкістю) і забезпечує відпрацювання робочим органом верстата заданих координат.

Запитання для самоперевірки

- 1 Перелічіть основні переваги систем керування, побудованих на базі ЕОМ?
- 2 Що таке «базовий комплект даних»?
- 3 Чим відрізняється керуюча програма від додаткових програм, що входять у споживчий комплект ?
- 4 Які функції виконують драйвери?
5. Яка функція в організуючій програмі?

- 6 Які функції виконує ПВД на рисунку 4.1?
- 7 Які функції виконує ПКІП, зображений на рисунку 4.1?
- 8 Для яких цілей у системах керування вбудовують блок зв'язку з приводом верстата ?
- 9 Яким чином двійково-десятковий код числа перетворюється в двійковий ?
- 10 Для якої мети в схемі ПКІП (рисунок 4.3) вбудовано два лічильники : лічильник рядків і лічильник цифр ?
- 11 Яким чином здійснюється зміна швидкості подачі і підтримка її сталості ?
- 12 Для якої мети на рисунку 4.4 зображений вузол розгону-гальмування і генератор розгону-гальмування?
- 13 Яким чином за допомогою оцінної функції інтерполятор відслідковує заданий контур обробки?

Розділ 5

Апаратна реалізація деяких функцій у системах ЧПК

Аналітичний метод перетворення інформації

Сучасні системи ЧПК інформацію, що надійшла від програми, перетворюють протягом трьох етапів.

На першому етапі визначають координати опорних точок еквідистанти чи проміжні точки при чорновому зрізанні припуску (рисунок 5.1).

На другому етапі ведеться розрахунок опорних точок еквідистанти з урахуванням коригувальних виправлень, тобто величини координат, знайдені на першому етапі, коректуються з урахуванням тієї інформації, що набрана на коректорах системи керування.

На третьому етапі виробляється розрахунок моментів початку чи розгону гальмування, стабілізація прискорень.

Оскільки опорні точки еквідистанти визначаються, як правило, точками перетинання чи сполучення, то для визначення їх координат необхідне проведення складних багатоетапних обчислень, що включають у себе розрахунок прямих і зворотних тригонометричних функцій, зведення в ступінь, витяг коренів і т.д. При цьому для кожної конкретної задачі необхідні складання і збереження в пам'яті власного алгоритму, тому що таких задач для двох координатних систем нараховується близько 33, то зрозуміло, який обсяг пам'яті системи ЧПК необхідний для їх збереження. Для прикладу розглянемо розв'язання однієї із 33 задач. На рисунку 5.2 наведена розрахункова схема.

Умови задачі: центр кола з більшим радіусом заданий точкою $O_1(a_1, v_1)$, а центр кола з меншим радіусом заданий абсцисою a_2 і кутом γ ; R_1 і R_2 Дотична проходить вище

лінії центрів. Необхідно визначити координати точок торкання 1 і 2.

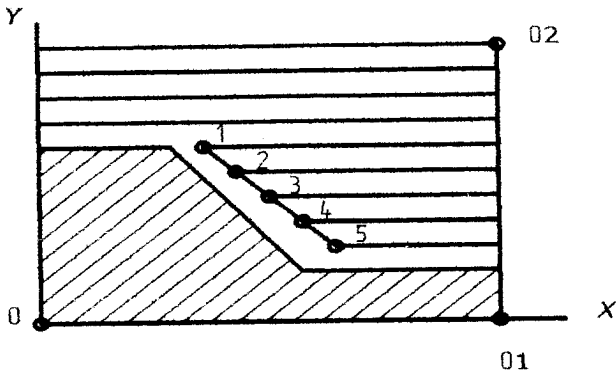


Рисунок 5.1— Приклад визначення траєкторій чорнових проходів у багатопрохідному циклі

За таблицею знаходимо величини $\operatorname{tg} \gamma$ і $\operatorname{Cos} \gamma$.
Обчислюємо кут α — кут між дотичною і прямою, яка з'єднує центри кіл.

$$\operatorname{Sin} \alpha = (R_1 - R_2) \operatorname{Cos} \gamma / (a_1 - a_2),$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{sin} \alpha / \sqrt{1 - \operatorname{sin}^2 \alpha}$$

Потім

$$\operatorname{tg}(\gamma - \alpha) = \frac{\operatorname{tg} \gamma - \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

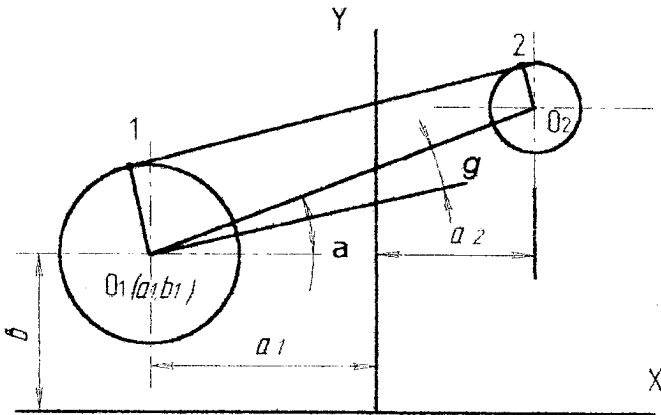


Рисунок 5.2— Визначення точок сполучення двох кіл прямою

Тепер можна визначити координати точки 1:

$$X_1 = R_1 \frac{\operatorname{tg}(\gamma - \alpha)}{\pm \sqrt{\operatorname{tg}^2(\gamma - \alpha) + 1}} + a_1;$$

$$Y_1 = R_1 \frac{1}{\pm \sqrt{\operatorname{tg}^2(\gamma - \alpha) + 1}} + b_1.$$

Аналогічно знаходимо координати точки 2:

$$X_2 = R_2 \frac{\operatorname{tg}(\gamma - \alpha)}{\pm \sqrt{\operatorname{tg}^2(\gamma - \alpha) + 1}} + a_2;$$

$$Y_2 = R_2 \frac{1}{\pm \sqrt{\operatorname{tg}^2(\gamma - \alpha) + 1}} + b_1 \pm |(a_1 - a_2) \operatorname{tg} \gamma|.$$

Перед радикалами треба ставити знак плюс, якщо точка лежить праворуч (при визначенні координати X) і вище (при визначенні Y) точки O_1 , і знак мінус, якщо точка ліворуч (при визначенні X) і нижче (при визначенні Y) точки O_1 . Якщо центр кола з меншим радіусом розміщений вище центра кола з більшим радіусом, то перед модулем

ставимо знак плюс, якщо нижче, то перед модулем знак мінус. Величини $\text{tg}(\alpha)$ і $\text{tg}(\gamma)$ завжди позитивні, інші величини беруться зі своїми знаками.

Традиційно подібні задачі розв'язуються методами тригонометрії й аналітичної геометрії і для своєї реалізації вимагають великого обсягу ОЗП, що істотно підвищує вартість системи ЧПК. У той же час ці задачі легко розв'язати за допомогою лінійки, циркуля і косинця, тобто методами нарисної геометрії.

На другому етапі обчислюють і підсумовують коригувальні еквідистантні виправлення.

На гладкій ділянці контуру координати еквідистанти знаходять за формулами:

$$X_s = X \pm r_{\text{фр}} \cos \alpha, \quad Y_s = Y \pm r_{\text{фр}} \sin \alpha,$$

де X і Y - координати основного контуру; $\alpha = \arctg \frac{dy}{dx}$.

кут нахилу дотичної до осі X у розглянутій точці основного контуру; $r_{\text{фр}}$ - радіус застосовуваної фрези.

При корекції еквідистанти в наведені формули замість $r_{\text{фр}}$ необхідно підставляти $r_{\text{фр}} \pm \Delta r_{\text{фр}}$, тоді останні формули набудуть вигляду:

$$X_{\text{э}}' = X_{\text{э}} \pm \Delta r_{\text{фр}} \cos \alpha,$$

$$Y_{\text{э}}' = Y_{\text{э}} \pm \Delta r_{\text{фр}} \sin \alpha,$$

тобто і в цьому випадку, як і на першому етапі, необхідні складні обчислювальні операції, які включають розподіл, визначення прямих і зворотних тригонометричних функцій. Усі ці операції можна просто вирішити методами нарисної геометрії.

На третьому етапі відбувається інтерполяція заданих ліній у реальному масштабі часу з урахуванням заданих режимів. Основні види інтерполяції в сучасних системах: лінійна і кругова. Оскільки лінійна інтерполяція дозволяє

здійснити послідовний рух точки по прямій, то лінійний інтерполятор можна вважати цифровою лінійкою. При зворотному занесенні інформації, коли в регістр X записується координата Y, а в регістр Y координата X, лінійний інтерполятор дозволяє будувати перпендикуляр до заданої прямої. Таким способом лінійний інтерполятор є ще і косинцем.

Оскільки круговий інтерполятор дозволяє послідовно окреслювати дуги будь-якого радіуса, то його можна вважати цифровим циркулем. А круговий інтерполятор, побудований на цифрових диференціальних аналізаторах (ЦДА), дозволяє, крім того, розв'язувати задачі вимірювання кутів, тобто виконувати функції цифрового транспортира. Причому кутова ціна одного імпульсу аргументу такого інтерполятора

$$\Delta\varphi = 2^{-n} ,$$

де n-число двійкових розрядів кругового інтерполятора.

Так ми бачимо, що якщо два перших етапи перетворення інформації ведуться з використанням тригонометрії й аналітичної геометрії, то на останньому етапі перетворення використовуються інструменти нарисної геометрії (цифрова лінійка, косинець, циркуль і транспортир).

Далі ми покажемо, як за допомогою лінійки, косинця, циркуля і транспортира можна ефективно і просто розв'язувати задачі першого і другого етапів перетворення, а це означає, що будь-яку найсучаснішу за своїми характеристиками систему ЧПК можна побудувати функціонально однорідно зі спеціальних блоків, номенклатура яких буде невелика. Це дає можливість відмовитися від використання універсальними засобами обчислювальної техніки в системах ЧПК. Тоді системи стануть істотно дешевшими і надійнішими.

Розв'язання задачі першого перетворення інформації методом нарисної геометрії

Зупинимося на тій самій задачі, що зображена на рисунку 5.2. Але визначення координат точок 1 і 2 зробимо методом геометричних побудов (рисунку 5.3). Відкладаємо радіус R_1 на осі X так, що кінець радіуса виявиться в точці 3. Потім повертаємо його на кут γ і визначаємо положення точки 4. Продовжимо радіус-вектор O_14 до перетинання з прямою, проведеною паралельно осі Y на відстані a_2 . Визначаємо координату v_2 точки O_2 .

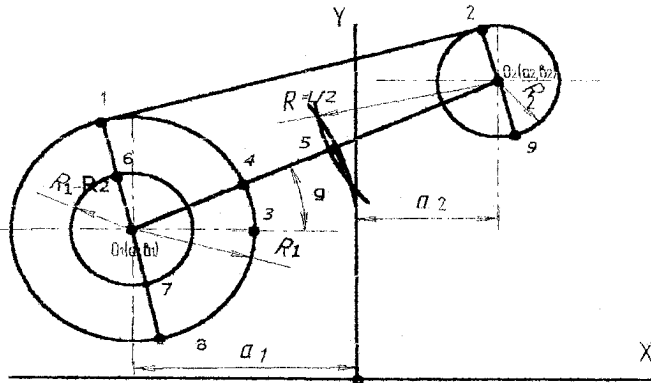


Рисунок 5.3— Визначення координат точок сполучення методом побудови

Розділивши O_1O_2 навпіл, знаходимо точку 5. Далі з точки O_1 проводимо коло радіусом $R=R_1-R_2$. Потім із точки 5 проводимо радіус, такий, що дорівнює половині відстані O_1O_2 ($L/2$), проводимо дугу до перетинання з колом радіусом R_1 у точках 6 і 7. Через точки 6 і 7 і центр O_1 проводимо прямі до перетинання з колом R_1 . Так знаходимо положення і шляхом вимірів координати точки 1. Провівши з точки O_2 прямі, рівнобіжні O_16 до перетинання з колом R_2 , знаходимо положення і

координати точки 2. Таким способом наша задача розв'язана. Якщо з центра O_1 провести пряму через точку 7, то можна знайти положення і координат точок 8 і 9. З усіх можливих задач за визначенням координат точок ця задача є найскладнішою, і в той же час ми бачимо, що її розв'язання в нас не викликало великих утруднень, хоча на різних етапах її розв'язання нам довелося користуватися всім набором геометричних інструментів: циркулем, транспортиром, лінійкою і косинцем.

Незважаючи на те, що число етапів побудови для визначення координат точок 1 і 2 було близьке до 10, вся робота зайняла не більше однієї хвилини, а наочність цілком виключає помилки знаків і напрямків.

Геометричні побудови на папері, природно, не можуть забезпечити необхідної точності обчислення координат, яка потрібна для сучасних систем ЧПК і такої, що дорівнює $0,001$ мм і вище. Однак цифрові лінійки, косинці, циркулі і транспортири, традиційно використовувані в системах ЧПК для виконання третього етапу перетворення інформації, у змозі забезпечити необхідну точність.

Розв'язання задач другого етапу методом геометричних аналогій

Оскільки основною задачею, розв'язуваною на другому етапі, є обчислення коригувальних еквідистантних виправлень, розглянемо, як можна їх визначити геометричними методами. Обмежимося обчисленнями виправлень тільки для гладких еквідистант. Обчислення виправлень до ламаних еквідистант буде розглянуто далі.

Розглядаючи геометричне визначення виправлень, обмежимося трьома способами. У кожного з цих способів є багато модифікацій, кожна з яких дозволяє будувати пристрої, що мають істотні технічні відмінності, однак сутність методу не змінюється.

Спосіб перший

Для розв'язання цієї задачі нам будуть потрібні цифрова лінійка і цифровий косинець. Схема, що ілюструє розв'язання задачі, показана на рисунку 5.3.

На координатній площині XOY знаходимо положення точки A , задане координатами X_n, Y_n , і проводимо пряму OA . На цій прямій від точки O відкладемо величину корекції на радіус фрези $\Delta r_{\text{фр}}$. Одержимо точку B .

Проектуючи точку B на координатні осі, одержимо поправку на радіус фрези по кожній із координат. Це відрізки Δ_x і Δ_y . Тепер у залежності від знака корекції треба від точки A в ту чи іншу сторону відкласти отримані величини поправок і отримати скоректоване положення точки A (точка A' чи A'').

Спосіб другий

Обчислення за другим способом вимагає застосування цифрового транспортира і цифрової лінійки.

Схема розв'язання цієї задачі показана на рисунку 5.4. Так само як і в першому випадку будуємо пряму OA .

На осі Y відкладаємо коригувальну виправлення на радіус фрези $\Delta r_{\text{фр}}$. Вимірюємо кут, утворений прямою OA з віссю Y . Повертаємо вектор $\Delta r_{\text{фр}}$ у будь-який бік від осі Y на цей кут. Вимірюємо проекції поверненого вектора на осі X і Y , тим самим визначаємо виправлення по координатах з урахуванням корекції радіуса фрези (Δ_x, Δ_y). Складаючи чи віднімаючи ці виправлення з координатами точки A , визначимо координати точок скорегованих еквідистант (A' чи A'').

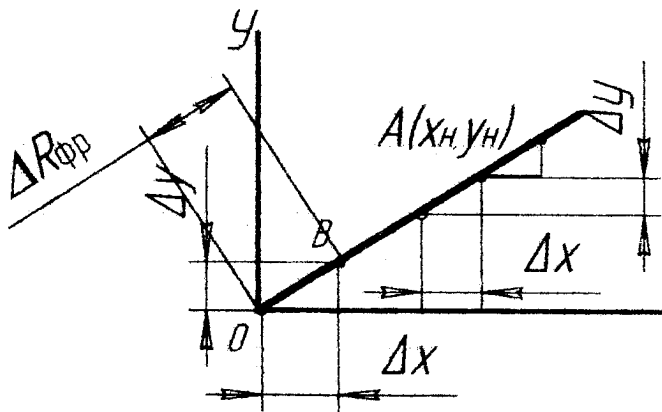


Рисунок 5.3—Визначення коригувальних поправок за допомогою цифрової лінійки і косинця

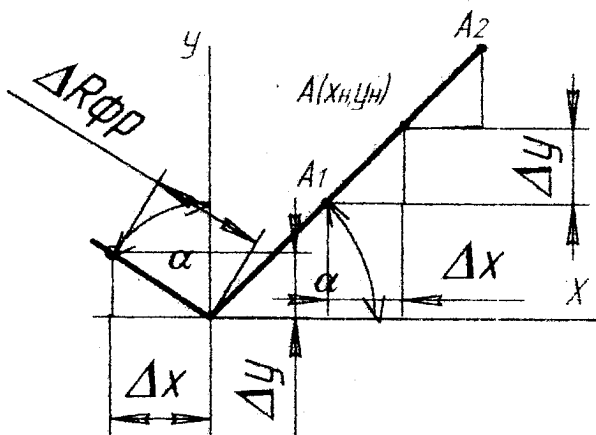


Рисунок 5.4—Визначення коригувальних поправок за допомогою цифрового транспортера і лінійки

Спосіб третій

Для розв'язання цієї задачі нам знадобляться цифровий циркуль і лінійка. Схема визначення коригувальних виправлень показана на рисунку 5.5.

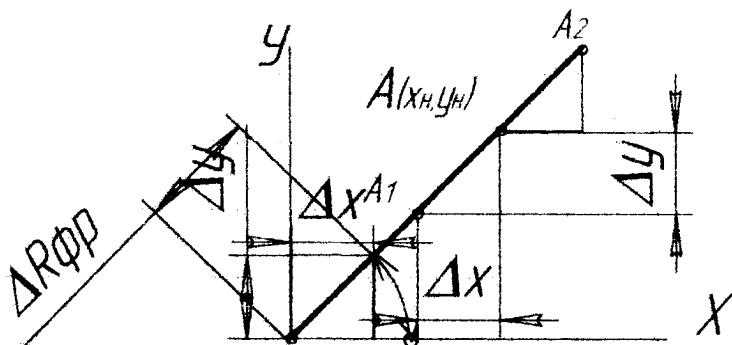


Рисунок 5.5— Визначення коригувальних поправок за допомогою цифрового циркуля і лінійки

Розв'язання задачі виконаємо в такій послідовності: на осі X відкладаємо відрізок, який дорівнює заданій величині корекції на радіус фрези ($\Delta R_{фр}$); розхилом циркуля, який дорівнює величині корекції, проводимо дугу до перетинання з прямою OA , одержуємо точку B ; проектуємо точку B на осі координат і визначаємо коригувальні поправки по координатах (Δx і Δy). Подальший хід побудови повторюється. Тобто від точки A в той чи інший бік відкладаємо знайдені поправки і знаходимо скоректовані точки еквідистанти (A' чи A'').

Цифрові моделі креслярських інструментів

Цифрові моделі лінійки

Призначення лінійки загальновідомо. З її допомогою можна провести пряму, задану двома точками, чи відкласти відрізок на заданій прямій. Точки задаються координатами обох точок від абсолютного нуля чи збільшеннями по координатах. Пряма може бути задана

свою довжиною чи збільшеннями по координатах $\Delta x, \Delta y$, тоді $L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ чи $L^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2$.

Оскільки час, необхідний для обчислення шуканих величин методами геометричних побудов, залежить від швидкості, з якою цифрові моделі здатні відтворювати ті чи інші геометричні побудови, то швидкодія цих моделей надалі буде розглядатися як один із основних параметрів.

Найбільше просто задача відтворення прямих по двох точках розв'язується лінійними інтерполяторами.

Практично з усіх способів організації лінійних інтерполяторів у даний час широко використовують принцип оцінної функції і принцип цифрових диференціальних аналізаторів. Обидва способи забезпечують необхідну точність, але їхньою істотною відмінністю є те, що інтерполятори побудовані за принципом оцінної функції реалізують залежність $Y = f(X)$, у той час як інтерполятори на ЦДА реалізують параметричне завдання функцій у вигляді

$$X = f_1(t),$$

$$Y = f_2(t).$$

Перевагою інтерполяторів, побудованих за оцінною функцією при числі координат не більш двох, є його більш висока швидкодія і відсутність допоміжних операцій, таких, як нормалізація. Однак при збільшенні числа координат складність інтерполятора на ЦДА зростає на багато менше і його застосування стає кращим. На рисунку 5.6 наведено умовне зображення лінійного інтерполятора, працюючого за принципом оцінної функції, і графік інтерполяції.

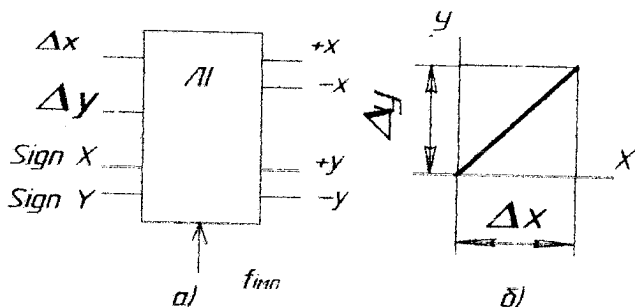


Рисунок 5.6—Цифрова модель лінійки, побудованої за принципом оцінної функції

Цифрова модель косинця

Лінійний інтерполятор будь-якого типу будує відрізок прямої, заданої збільшеннями $\Delta X, \Delta Y$. Якщо блокувати ланцюг закінчення відпрацьовування, то пряма буде продовжена в нескінченність. Для того щоб за допомогою лінійного інтерполятора побудувати пряму, перпендикулярну заданій, досить занести збільшення ΔX у регістр Y , а збільшення ΔY у регістр X і проінвертувати знак одного зі збільшень.

Така модель зображена на рисунку 5.6.

Цифрова модель циркуля

Кругові інтерполятори, побудовані за принципом оцінної функції, реалізують рівняння $X^2 + Y^2 = R^2$.

Інтерполятори, побудовані на ЦДА, розв'язують рівняння $X_i = R \cos \varphi$; $Y_i = R \sin \varphi$, де $\varphi = \Delta t f_{\text{им}}$.

В інтерполяторах, побудованих на цих принципах, для відтворення заданої дуги кола необхідно задати

координати X_n , Y_n початкової точки дуги і координати X_k , Y_k кінцевої точки дуги (рисунок 5.7)

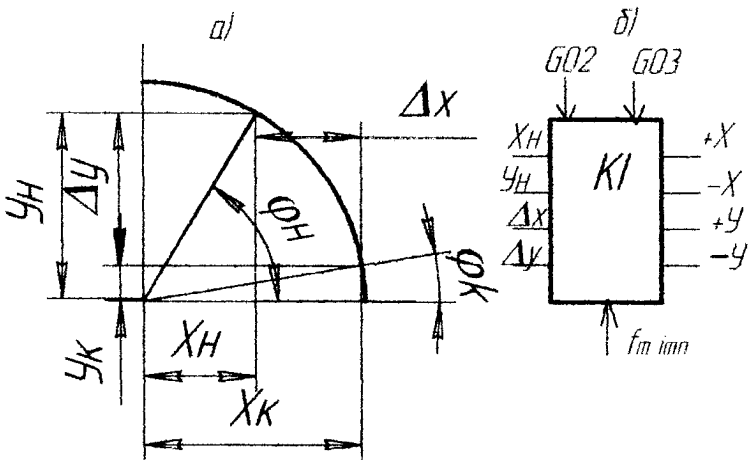


Рисунок 5.7— Задання інформації для цифрової моделі циркуля (а) і зображення циркуля на принципових схемах(б)

Однак найчастіше замість задання координат кінцевої точки дуги задають збільшення, що визначаються за такими рівняннями: $\Delta X = X_k - X_n$, $\Delta Y = Y_k - Y_n$, а крім того, ознака інтерполяції і напрямок обходження дуги за годинниковою стрілкою (G02), чи проти годинникової стрілки (G03). Якщо початкова точка збігається з віссю X , то $X_n=R$, $Y_n=0$. Якщо початкова точка дуги збігається із віссю Y , то $X_n=0$, а $Y_n=R$.

Порівнюючи рівняння, що лежать в основі першого і другого принципу побудови інтерполяторів, можна зробити висновок, що параметрична форма завдання, властива ЦДА, забезпечує наявність зв'язку між декартовими координатами поточної точки, що описує коло, і кутом радіуса – вектора R , що з'єднує поточну точку з початком координат. Розмірність імпульсів f_{imp} для кругового інтерполятора на ЦДА відповідає

збільшенню кута. Причому для того, щоб радіус – вектор повернувся на 90^0 , в інтерполяторі з числом двійкових розрядів, які дорівнює m , на вхід його аргументу необхідно подати число імпульсів $\Delta\varphi_{90} = 0,5\pi 2^m$

Тому за допомогою інтерполятора, побудованого на ЦДА, можна найпростішим чином виконувати перетворення, які за допомогою оцінної функції виконати дуже складно чи неможливо. А тепер, знаючи принципи можливості кругового інтерполятора, побудованого на ЦДА, розглянемо модель цифрового транспортира.

Цифрові моделі транспортира

Задачі транспортира полягають у тому, щоб провести пряму під заданим кутом чи виміряти кут між двома прямими. Розглянемо спочатку, як провести пряму під заданим кутом, чи, що практично те ж саме, повернути відрізок R на кут φ (рисунок 5.8 а). Ця операція виконується в два етапи.

На першому етапі за допомогою кругового інтерполятора (рисунок 5.8 б) здійснюється поворот радіуса-вектора R на 90^0 і лічильником Лч підраховується число імпульсів аргументу $\Delta\varphi 90^0$, що надійшли на вхід кругового інтерполятора за час повороту вектора на 90^0 . Для виконання цієї задачі в круговий інтерполятор КІ, побудований за принципом ЦДА, записуємо значення $X_H = R$, $Y_H = 0$, $\Delta X = R$, $\Delta Y = R$, а також службові функції G02 чи G03. Лічильник Лч $\Delta\varphi 90^0$ обертається в нуль. За сигналом «Пуск» тригер Т встановлюється в стан одиниці і відкриває вентиль I_1 . Цим самим відкривається доступ імпульсів генератора Γ з частотою $f_{\Gamma \text{имп}}$ на вхід інтерполятора і лічильника Лч $\Delta\varphi 90^0$.

Імпульси з генератора будуть надходити доти, поки радіус – вектор OB не повернеться на кут 90^0 і не сполучиться з віссю Y . Тоді інтерполятор виробляє команду «Стоп», чим обертає тригер T в нуль. Вентиль I_1 закривається. На цьому перший етап цифрового аналога закінчений. Кутова константа $\Delta\phi 90^0$, що відповідає кількості імпульсів, необхідних для повороту радіуса – вектора на кут 90^0 , підрахована і запам'ятована в лічильнику $Лч\Delta\phi 90^0$.

Тепер можна приступити до другого етапу – повороту радіуса - вектора на заданий кут ϕ .

Ця задача розв'язується за допомогою схеми, зображеної на рисунку 5.9

У круговий інтерполятор KI записується $X_n=R$, $Y_n=0$, ознака кругової інтерполяції- $G03$, у лічильник $ЛчX$ – величина R , а лічильник $ЛчY$ обертається в нуль; у лінійний інтерполятор $ЛІ$ у перший регістр записують число $\pi / 2$ в прийнятих для даної системи одиницях (або 90^0 , або $5400'$, або $324000''$), а в другий регістр - величина константи $\Delta\phi 90^0$ з лічильника $Лч\Delta\phi 90^0$. У лічильник $Лч\phi$, що віднімає, на виході $ЛІ$ записують величину заданого кута ϕ у розмірності відповідної розмірності константи (тобто в градусах, хвиликах чи секундах). За сигналом «Пуск» тригер T встановлюється в стан одиниці і відкриває вентиль I . Імпульси з виходу генератора через вентиль I починають надходити на вхід аргументу лінійного інтерполятора $ЛІ$. Лінійний інтерполятор починає відпрацьовувати пряму, розмір якої відповідає величині заданого кута ϕ у прийнятих одиницях.

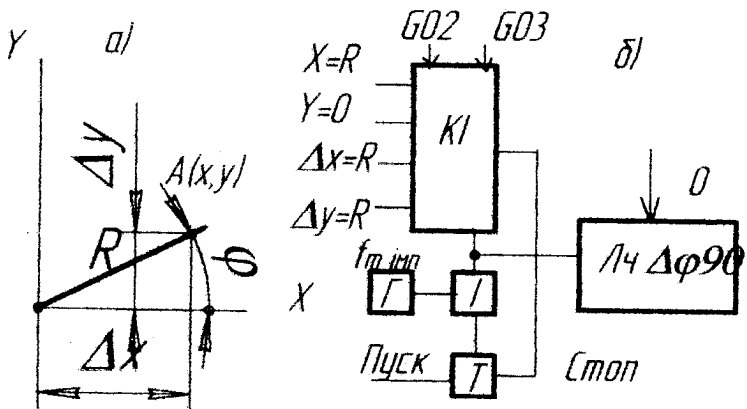


Рисунок 5.8— Задача побудови кута (а) і схема підрахунку константи $\Delta\varphi 90^\circ$ (б)

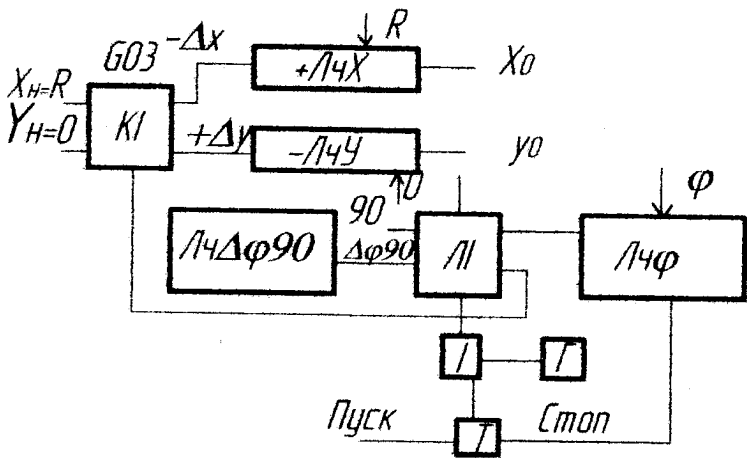


Рисунок 5.9— Схема, за допомогою якої здійснюється поворот радіуса – вектора на заданий кут φ

Імпульси, що імітують пряму φ , надходять на вхід лічильника Лч φ , що віднімає, зменшуючи його зміст. З другого виходу ЛІ імпульси відпрацьовування прямої

надходять на вхід аргументу кругового інтерполятора КІ. Під дією цих імпульсів круговий інтерполятор починає відпрацьовувати дугу кола, тобто повертає радіус – вектор R , що спочатку був сполучений з віссю X . Тому що задана функція $G03$, то поворот відбувається проти годинникової стрілки.

Імпульси з виходу кругового інтерполятора надходять на вхід лічильника ЛчХ, що віднімає, і на підсумовуючий вхід лічильника ЛчУ. Цей процес відбувається доти, поки в лічильнику ЛчФ не відбудеться нуль, тобто на його вхід надійшло з ЛІ число імпульсів, яке дорівнює записаній там величині заданого кута φ . При цьому з виходу цього лічильника надійде сигнал «Стоп», що скине тригер Т в нуль. Вентиль І закрийється й імпульси генератора Г перестануть надходити на вхід ЛІ. Поворот вектора закінчений. При цьому в лічильниках ЛчХ і ЛчУ виявляються шукані координати точки А.

Доведемо, що вектор $OB=R$ повернувся на заданий кут φ . У перший регістр ЛІ було занесене число, що у взятій розмірності кута φ відповідає 90^0 ($\pi/2$), а в другий регістр записане число, що відповідає числу імпульсів аргументу, яке необхідно подати на вхід КІ, щоб радіус – вектор $OB=R$ повернувся на кут 90^0 . Отже, якби з першого виходу ЛІ пішло число імпульсів, яке дорівнює 90^0 , то на вхід аргументу КІ з другого виходу ЛІ надійшло б число імпульсів, яке дорівнює $\Delta\varphi 90^0$.

Але ми закінчили процедуру, коли з першого виходу ЛІ пішло число імпульсів, що відповідає величині φ . А, отже, і на вхід КІ з другого виходу ЛІ прийшло число імпульсів, яке точно відповідає повороту круговим інтерполятором радіуса – вектора $OB=R$ на заданий кут φ .

Тепер розглянемо другу задачу, як виміряти кут, утворений прямою OA і віссю X . Ця задача розв'язується в

три етапи. Спочатку повертаємо радіус – вектор OA до збігу з віссю X , при цьому підраховуємо число імпульсів, що треба було для цього повороту ($\Delta\phi$). Схема, що дозволяє розв'язувати цю частину задачі, показана на рисунку 5.10.

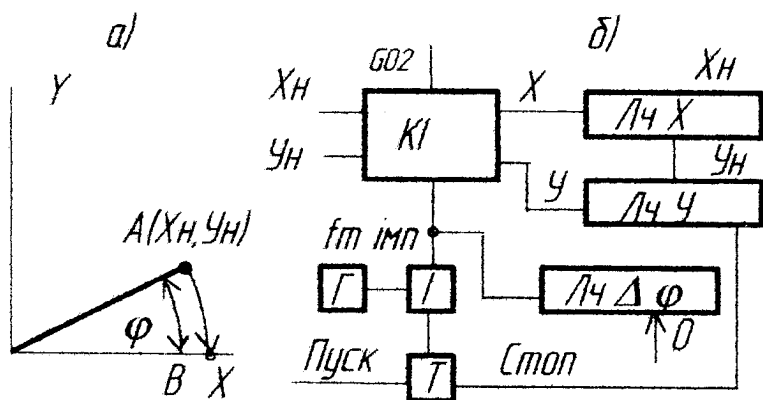


Рисунок 5.10— Геометрична інтерпретація (а) і схемна реалізація задачі (б)

Ознакою сполучення OA з віссю X буде обнуління його проєкції на вісь Y .

Для реалізації першого етапу в регістри кругового інтерполятора запишемо координати точки $A (X_n, Y_n)$, ознака інтерполяції і напрямок обходу дуги ($G02$). У лічильник $LчX$ і $LчY$ також заносяться координати точки A . Лічильник $Lч\Delta\phi$ обертається в нуль.

За сигналом «Пуск» тригер T відкриває вентиль I і імпульси генератора Γ подаються на вхід аргументу KI . Починається поворот вектора OA у бік осі X . Одночасно з цим за допомогою лічильника $Lч\Delta\phi$ відбувається підрахунок імпульсів, які надійшли в KI . З виходу кругового інтерполятора в лічильники $+LчX$ і $-LчY$ надходять сигнали переміщення по осях, необхідні для повороту вектора. Процес відбувається доти, поки в

лічильнику ЛчУ не з'явиться нуль. Тобто радіус – вектор збігся з віссю X і поворот закінчений. При цьому лічильник ЛчУ виробляє команду «Стоп», за якою тригер Т закриває вентиль І і процес повороту закінчується. У цей момент стан лічильників буде таким: у лічильнику ЛчХ буде величина, яка дорівнює радіусу (R); у лічильнику ЛчУ - нуль; у лічильнику Лч $\Delta\phi$ буде зберігатися число імпульсів, що треба було для повороту вектора на шуканий кут. Після цього починається другий етап розв'язання задачі. Схема, яка реалізує цей етап, наведена на рисунку 5.11. На цьому етапі ми визначасмо масштаб системи, тобто підраховуємо, скільки потрібно подати імпульсів у круговий інтерполятор, щоб радіус – вектор повернути на 90^0 . Для цього в КІ записуємо $X_n=R$, $Y_n=0$. У регістри збільшень записуємо відповідно $\Delta X=R$, $\Delta Y=R$. Лічильник імпульсів Лч $\Delta\phi 90^0$ обертаємо в нуль. Як і в минулих схемах, за сигналом «Пуск» тригер Т відкриває вентиль І, і круговий інтерполятор починає поворот вектора проти годинникової стрілки (G03). Поворот відбувається доти поки вміст регістра Y_n , де був записаний нуль, не стане таким, що дорівнює вмісту регістра ΔY , де був записаний радіус R . А це означає, що вектор збігся з віссю Y. Після цього круговий інтерполятор видає команду «Стоп» і тригер припиняє доступ імпульсів генератора, закриваючи вентиль І. У лічильнику Лч $\Delta\phi 90^0$ буде знаходитися число імпульсів, яке треба було для повороту вектора на 90^0 . Таким чином, тепер ми знаємо ціну одного імпульсу в кутових одиницях. Після цього можна визначати, яка ж величина шуканого кута. Ми вже знаємо, скільки імпульсів було потрібно для повороту вектора на шуканий кут і скільки їх потрібно для повороту на 90^0 . Третій етап реалізується схемою, наведеною на рисунку 5.12.

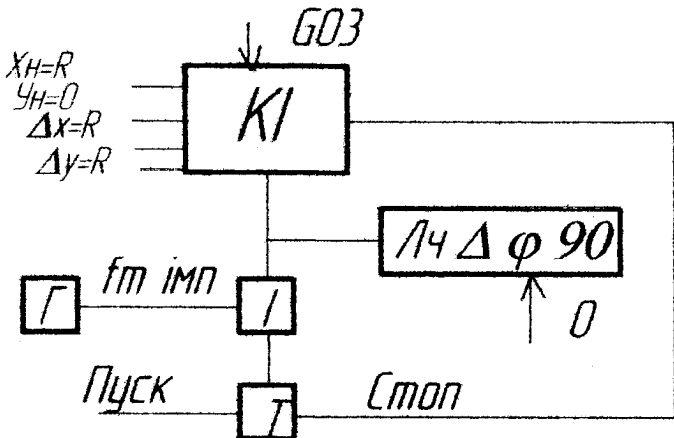


Рисунок 5.11—Схема визначення масштабу повороту вектора на 90°

Тепер ми знову використовуємо лінійний інтерполятор. В перший його регістр записуємо число імпульсів, яке було потрібно для повороту вектора на 90° , тобто $\Delta\varphi 90^{\circ}$. В другий регістр у взятих одиницях записуємо величину кута 90° . У лічильник Лч $\Delta\varphi$ записуємо число імпульсів, яке було потрібно для повороту вектора на шуканий кут φ , а лічильник Лч φ обертаємо в нуль. Після цього по команді «Пуск» інтерполятор починає неначе відпрацьовувати деяку пряму, Лч $\Delta\varphi$ відбувається вирахування, а в лічильнику $+\text{Лч } \varphi$ додавання імпульсів. Цей процес відбувається доти, поки в лічильнику Лч $\Delta\varphi$ не виявиться нульовий стан. Після цього цей лічильник видає команду «Стоп» і процес відпрацьовування припиняється. До цього моменту в лічильнику $+\text{Лч } \varphi$ виявиться шуканий кут φ у взятих кутових одиницях.

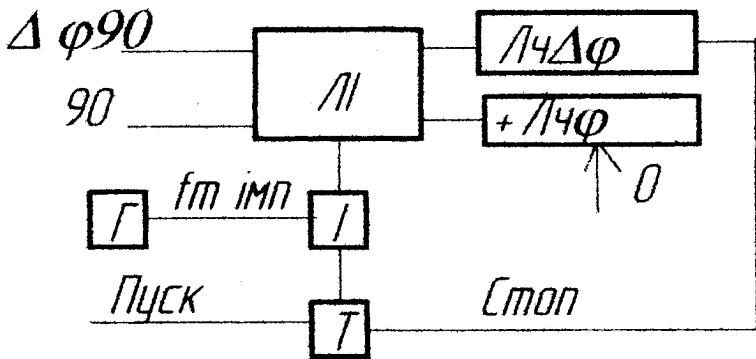


Рисунок 5.12—Схема для визначення шуканого кута φ

Таким способом усі задачі можна розв'язувати за допомогою послідовно працюючих двох інтерполяторів кругового і лінійного, які не потрібно спеціально створювати, тому що вони наявні у кожній системі ЧПК.

Запитання для самоперевірки

- 1 Чим відрізняється цифрова модель лінійки, побудованої за принципом оцінної функції і на ЦДА?
- 2 Який алгоритм реалізує цифрова модель циркуля побудованого на ЦДА?
- 3 Яким чином у цифровій моделі транспортера знаходиться масштаб кута 90^0 ?
- 4 Яким чином за масштабом кута 90^0 визнається вимірюваний кут чи будується заданий?
- 5 Опишіть процес підрахунку константи $\Delta\varphi_{90^0}$
- 6 Опишіть алгоритм повороту радіуса-вектора на заданий кут φ .
- 7 Які інтерполятори потрібні для розв'язання задачі побудови заданого кута чи визначення величини вже побудованого кута?

Розділ 6

Методи інтерполяції

Інтерполяція за принципом ЦДА

В основу інтерполяторів, побудованих на ЦДА, покладено принцип чисельного інтегрування. ЦДА являють собою спеціалізовані обчислювальні пристрої, призначені для наближеного обчислення визначеного інтеграла за однією з формул чисельного інтегрування. Спочатку ЦДА з'явилися для розв'язання систем диференціальних рівнянь як інструмент для різного роду наукових досліджень, і лише потім були використані в системах інерціальної навігації як генератори функцій. Оскільки в ЧПК використовують тільки лінійні і кругові інтерполятори, розглянемо їх властивості.

Лінійний інтерполятор на ЦДА

Лінійний інтерполятор, побудований за принципом ЦДА, реалізує такі залежності:

$$X = \Delta X t; \quad (6.1)$$

$$Y = \Delta Y t, \quad (6.2)$$

де t - час.

Диференціювавши за t формули (6.1) і (6.2), одержуємо $X' = \Delta X$, $Y' = \Delta Y$.

Отже, значення підінтегральної функції в процесі лінійної інтерполяції не змінюються.

Структурна схема двох координатних лінійних інтерполяторів наведена на рисунку 6.1.

Як бачимо з рисунка, він складається з двох цифрових інтеграторів ЦДАХ і ЦДАУ, кожний з яких, у свою чергу, складається з нагромаджуючого суматора S_m , блоку елементів І (БІ) і регістра Рг.

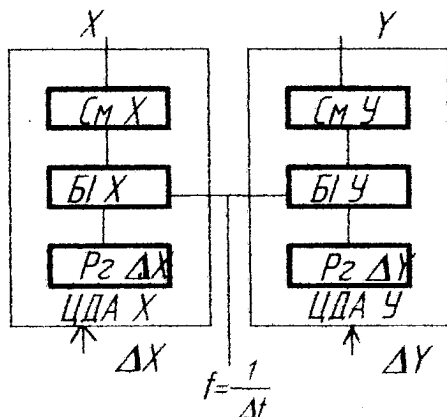


Рисунок 6.1—Лінійний інтерполятор на рівнобіжних ЦДА

Перед початком роботи збільшення $\Delta X, \Delta Y$ заданої прямої в прямому коді заносяться в регістри $Рг \Delta X$ і $Рг \Delta Y$ відповідно. Імпульси з частотою $f = \Delta t^{-1}$ починають надходити на керуючі входи блоків елементів І обох координат БІ Х і БІ У. Вентилі І відкриваються і в суматори надходять збільшення $\Delta X, \Delta Y$. Імпульси переповнення суматорів $СмХ, СмУ$ є вихідними унітарними кодами по координатах Х і У.

Покажемо це на прикладі. Нехай періоди суматорів дорівнюють 1000, тобто вони мають по три десяткових розряди, і максимальне число, що може бути в них записано, дорівнює 999. Нехай $\Delta X = 761, \Delta Y = 569$.

Запишемо їх у регістри $Рг \Delta X$ і $Рг \Delta Y$. Подамо на входи блоків БІ Х і БІ У імпульси з частотою, яка дорівнює періоду суматорів, тобто 1000. Тоді в суматор $СмХ$ надійде число $761 \times 1000 = 761000$, а в суматор $СмУ - 569 \times 1000 = 569000$. Тому що періоди суматорів однакові і дорівнюють 1000, перший з них переповниться 761 раз, а другий — 569 разів. Якщо спочатку обидва

суматори були в нульовому стані, то і по закінченні циклу вони будуть у нульовому стані. За цей час на виході X з'явиться 761 імпульс, а на виході Y- 569 імпульсів. Таким чином задача лінійного інтерполятора виконана і на координатній площині побудована пряма, у якої $\Delta X = 761$, а $\Delta Y = 569$.

До переваг лінійного інтерполятора, побудованого на ЦДА, можна віднести високу точність інтерполяції, простоту нарошування числа координат, наявність внутрішньої константи, яка дорівнює періоду суматора, можливість визначити закінчення відпрацьовування заданих переміщень при будь-якому числі координат за допомогою одного лічильника, період якого дорівнює періоду суматора.

Круговий інтерполятор на ЦДА

Круговий інтерполятор, побудований за принципом цифрового диференціального аналізатора, заснований на інтегруванні диференціального рівняння методом зворотного зв'язку. Дійсно, рівняння кола, задане в параметричній формі, має вигляд:

$$X = R \cos \varphi ,$$

$$Y = R \sin \varphi ,$$

де $\varphi = \omega \cdot t$; ω - кутова ціна імпульсу аргументу; t - число імпульсів аргументу.

Рівняння є розв'язками диференціального рівняння виду

$$Y'' + Y = 0.$$

Дійсно, нехай $Y = R \sin \varphi$, тоді $Y' = R \cos \varphi$, а $Y'' = -R \sin \varphi$. Підставляючи значення Y і Y' , одержимо $-R \sin \varphi + R \sin \varphi = 0$.

Тоді структурна схема кругового інтерполятора з рівнобіжними суматорами буде виглядати, як показано на

рисунку 6.2. Його застосовують для інтерполяції дуги кола, показаної на рисунку 6.3.

Круговий інтерполятор складається з двох інтеграторів ЦДАХ і ЦДАУ, кожний з яких містить нагромаджувальний суматор С_м, блок вентилів І (БІ), реверсивний лічильник РЛ. Крім того, до складу КІ входять: лічильник С_чΔХ закінчення відпрацьовування по координаті Х, лічильник С_чΔУ закінчення відпрацьовування по координаті У, тригер ТХ керування по координаті Х, тригер ТУ, керування по координаті У, елементи ІХ, ІУ, елемент ІХУ, елемент НІ і вентиль І. Перед початком роботи інформація розподіляється таким чином: $Y_n = R \sin \varphi_n$ записується в реверсивний лічильник ЦДАХ,

$Y_n = R \cos \varphi_n$ записується в реверсивний лічильник ЦДАУ у прямому коді, збільшення ΔХ і ΔУ у додатковому коді записуються в С_чΔХ і С_чΔУ. Суматори обох ЦДА обертаються в нуль або в них записується одиниця, тобто одиниця старшого розряду, що підвищує точність інтерполяції.

За сигналом «Пуск» тригери ТХ і ТУ встановлюються в стан одиниці і відкривають вентиля ІХ і ІУ одночасно. Оскільки на входах елемента ІХУ виявляються нульові потенціали, то і на його виході буде нульовий потенціал, що, пройшовши через інвертор НІ, перетворюється в одиницю і відкриває вентиль І.

Імпульси з частотою $f=1/\Delta t$ через вентиль І і вентиля ІХ і ІУ починають надходити на керуючі входи блоків БІ обох ЦДА.

Нагромаджуючі суматори С_м починають підсумовувати відповідні значення Y_n і X_n . Але інтеграл від

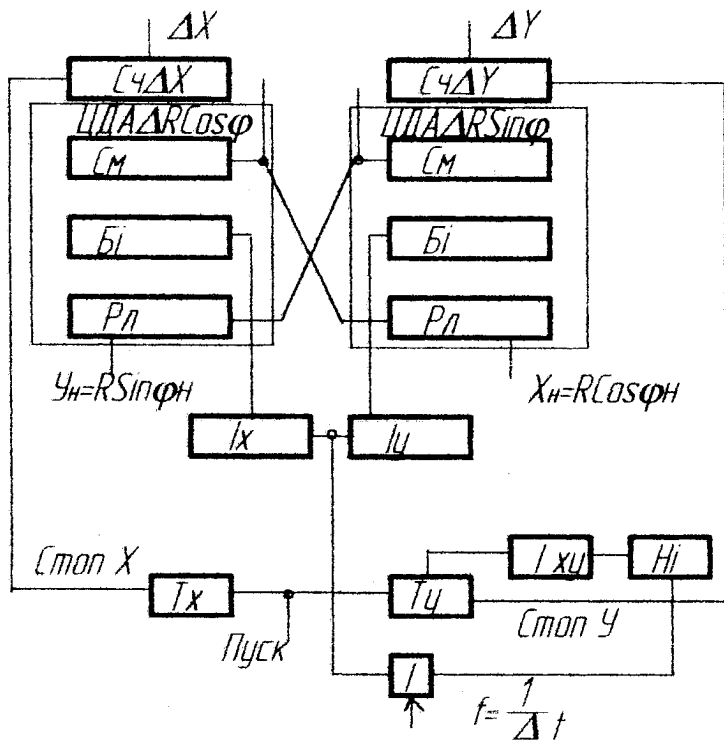


Рисунок 6.2—Структурна схема кругового інтерполятора на ЦДА

$\sin \varphi = -\cos \varphi$, а інтеграл від $\cos \varphi = \sin \varphi$, тому в суматорі ЦДАХ накопичуються збільшення величини $R \cos \varphi$, що при переповненні суматора надходять на вхід РС ЦДАХ, що віднімає, на вихід інтерполятора по координаті ΔX і на вхід лічильника Сч ΔX .

Аналогічно у суматорі ЦДАУ накопичуються збільшення величини $R \sin \varphi$, що при переповненні суматора надходять на вхід РС ЦДАХ, на вихід інтерполятора по координаті Y і на вхід лічильника Сч ΔY .

Таким чином, після кроку по осі X з початкового значення координати X_n віднімається одиниця, а після

кроку по осі Y до початкового значення Y_n додається одиниця.

У реверсивних лічильниках постійно знаходяться координати поточної точки, що рухається по колу. Так продовжується доти, поки імпульс переповнення $Sч \Delta X$ не оберне в нуль тригер $ТХ$. При цьому вентиль $ИХ$ закривається, а імпульс переповнення $Sч \Delta Y$ оберне в нуль тригер $ТУ$ і, отже, закриється вентиль $ИУ$.

Поява одиниць на інверсних виходах тригерів при обертанні їх у нуль відкриє вентиль $ИХУ$ і його вихідний інвертований сигнал закриє вентиль $И$. Відпрацьовування дуги закінчене.

До переваг кругового інтерполятора, побудованого на ЦДА, варто віднести наявність прямого зв'язку між декартовими координатами поточної точки і кутом повороту радіуса – вектора.

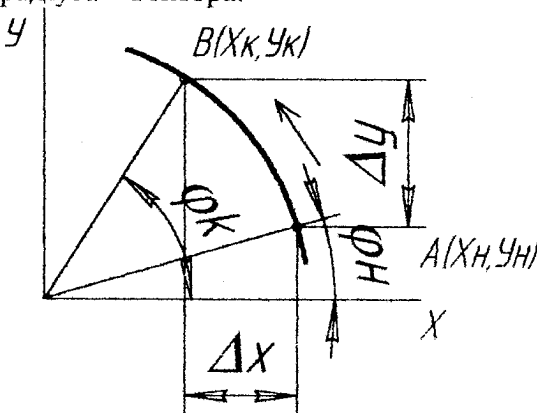


Рисунок 6.3— Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки

Інтерполятори, що працюють за методом оцінної функції

Загальним прийомом для всіх інтерполяторів, що працюють за методом оцінної функції, є аналіз знака оцінної функції, на підставі якого робиться крок по тій чи іншій координаті, з подальшим обчисленням нового її значення і корекцією відповідної координати поточної точки.

Розглянемо використання методу оцінної функції для різних видів інтерполяції.

Лінійна інтерполяція за методом оцінної функції

Нехай треба виконати інтерполяцію відрізка прямої, заданої збільшеннями $\Delta X, \Delta Y$ (рисунок 6.4).

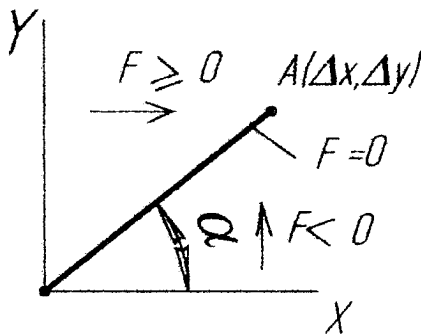


Рисунок 6.4—Ілюстрація принципу інтерполяції за методом оцінної функції

Умовимося, що якщо поточна точка перебуває вище прямої OA , то оцінна функція $F > 0$, і наступний крок треба робити по осі X , якщо точка перебуває нижче цієї прямої, то $F < 0$ і наступний крок необхідно робити уздовж осі Y .

Умовимося, що крок по осі X необхідно робити і при $F = 0$.

Нехай спочатку $F=0$. Робимо крок по осі X. Тоді нове значення координати $X_{i+1}=X_i+1$. Визначимо нове значення оцінної функції. Для цього підставимо значення X_{i+1} у формулу оцінної функції й одержимо

$$F_{i+1,j}=X_i+1. \quad (1)$$

Після кроку по осі Y при $F<0$ одержуємо нове значення оцінної функції

$$F_{i,j+1}=F_{i,j}-1. \quad (2)$$

Лінійний інтерполятор, працюючий за методом оцінної функції, зображений на рисунку 6.5.

Перед початком відпрацьовування заданої ділянки, інформація розподіляється по блоках інтерполятора в такий спосіб: $\Delta u = \Delta x - \Delta y$ у прямому коді ($\Delta u > 0$) заноситься в реєстр Rг1, а Δy в додатковому коді в лічильник Rг2, Δx і Δy у додатковому коді заноситься в лічильники Лч1 і Лч2. Додатковий код впливає з такого правила: прямий код числа в двійковий системі спочатку перетворюється в зворотний шляхом заміни одиниць у коді числа на нулі і, навпаки, нулі на одиниці; потім до зворотного коду додається одиниця і це є додатковий код. Наприклад, прямий код десяткового числа 9 буде 1001, тоді зворотний код буде 0110. Плюсуємо одиницю й одержуємо додатковий код дев'ятки 1011. Тепер цей код уже не віднімається, а складається, але в результаті одержуємо не суму, а різницю. Цей прийом використовується в системах ЧПК, тому що пристрої, які виконують операції вирахування, робити спеціально немає рації, а універсальних пристроїв не існує. Для підтвердження наведемо приклад: $7-3=4$. Двійковий код сімки 0111, двійковий код цифри 3 0011, зворотний код буде 1100 і додатковий 1101. Тепер замість вирахування виконаємо підсумовування прямого коду

цифри 7 і додатковий код цифри 3: $0111+1101=0100$. А це не що інше як двійковий код цифри 4, що і було потрібно довести.

Нагромаджуючий суматор C_m обернутий у нуль. Тригери T_1 , T_2 сигналом попередньої установки ПУ обернені в нуль.

За сигналом «Пуск» обидва тригери T_1 і T_2 встановлюються в одиничний стан і своїми прямими виходами, з яких знімається одиниця, відкривають вентиля I_1 і I_2 . На другі входи вентилів надходять імпульси f аргументу, а треті входи керуються сигналами X і Y відповідно.

Нехай $F > 0$. Тоді відкритий елемент I_1 і його вихідні сигнали надходять: на вихід інтерполятора, на вхід лічильника $Lч1$ і через елемент затримки $Зд1$ на вхід блоку $Бл_1$. Елементи блоку $Бл_1$ відкриваються, додатковий код величини ΔY_d додається до вмісту суматора C_m . Іншими словами, з первісного значення оцінної функції віднімається величина ΔY , як це бачимо з рівняння (2)

Якщо знак оцінної функції після цього не зміниться, то наступний крок буде зроблений по осі X і цикл повториться.

Якщо знак оцінної функції зміниться, тобто $F < 0$, то наступний імпульс f піде через елемент I_2 на вихід інтерполятора по осі Y , а також на входи лічильника $Lч2$ і через елемент затримки $Зд2$ на блок $Бл_1$, при цьому елементи I блоку $Бл_1$ відкриваються і ΔX у прямому коді підсумовуються з вмістом суматора C_m . Тобто реалізується рівняння (1). Якщо при цьому після визначення нового значення оцінної функції вона виявиться меншою від нуля, то наступний імпульс f також пройде через I_2 і цикл повториться.

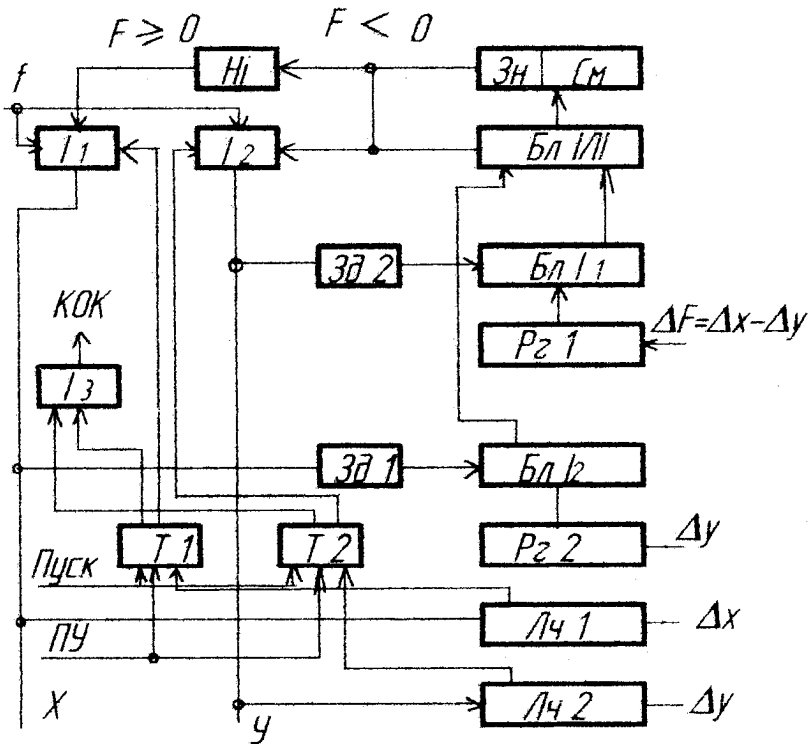


Рисунок 6.5—Структурна схема інтерполятора, що працює за принципом оцінної функції

Таким чином, у залежності від знака оцінної функції F імпульси частоти f будуть розподілятися по каналах X і Y . Цей процес буде відбуватися доти, поки по осі X не пройде ΔX імпульсів, при цьому лічильник $Лч1$ переповниться й імпульсом переповнення оберне в нуль тригер $T1$. Елемент I_1 закриється. Відпрацювання переміщення по осі X закінчені. Коли відробиться задане переміщення по осі Y , переповниться лічильник $Лч2$ і оберне в нуль тригер $T2$. Елемент I_2 закриється. Якщо обидва тригери виявилися в нульовому стані, то на виході елемента I_3 з'явиться сигнал КОК. Отже, ділянка прямої, заданої збільшеннями ΔX і

ΔY , відпрацьована. При цьому на вхід інтерполятора надійшло число імпульсів частоти $\Delta X + \Delta Y$.

Таким чином, для такого інтерполятора фізичний зміст вхідних імпульсів є сумарним переміщенням по координатах.

Відповідно і вихідні частоти f_x і f_y пов'язані з частотою f таким співвідношенням: $f=f_x+f_y$, тобто $K_f = 1$.

Так працює інтерполятор з почерговим кроком по координатах. Крім того, існують інтерполятори, що розпізнають більшу з координат і по ній шораз роблять подвійний крок чи число кроків такої кратності, яке співвідношення величин переміщення по координатах.

Кругова інтерполяція за методом оцінної функції

Оцінна функція, за допомогою якої можливо здійснити інтерполяцію кола, має вигляд

$$F_{ij} = X_i^2 + Y_j^2 - R^2. \quad (3)$$

Тоді, як показано на рисунку 6.6, при $F > 0$ крок треба робити по осі Y , а при $F < 0$ - по осі X , причому після кроку по осі X нове значення оцінної функції можна визначити, якщо в рівняння (3) поставити замість X_i величину $X_i + 1$. Тоді після перетворення одержимо

$$F_{i+1,j} = F_{i,j} + 2X + 1. \quad (4)$$

Після кроку по осі Y нове значення оцінної функції можна визначити, якщо в рівняння (3) замість Y_j підставити її нове значення $Y_j - 1$. Тоді після перетворення одержуємо

$$F_{i,j+1} = F_{i,j} - 2Y + 1. \quad (5)$$

Таким чином, після кроку уздовж осі X необхідно додати в суматор величину $2X + 1$, а після кроку по осі Y величину $2Y - 1$, тобто в будь-якому випадку додається одиниця і прямиий, і додатковий коди величин $2X$ і $2Y$.

Після цього необхідно відкоригувати значення X_i і Y_j для одержання $X_{i+1}=X_i+1$ і $Y_{j+1}=Y_j+1$.

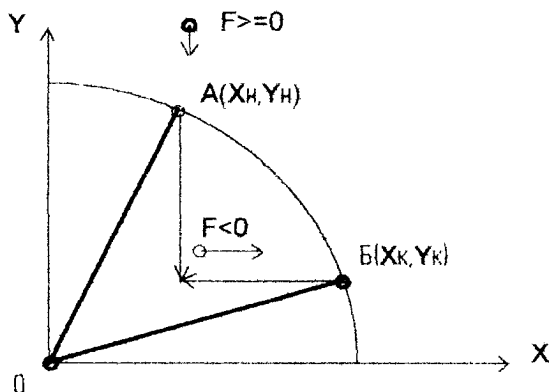


Рисунок 6.6— Принцип кругової інтерполяції за методом оцінної функції

Структурна схема кругового інтерполятора, що працює за методом оцінної функції, показана на рисунку 6.7.

Перед початком роботи суматор $Cm2$ обернений у нуль, у лічильник $Lч1$ записується величина $2Xн$ у прямому коді, а в лічильник $Lч2$ записується величина $2Yн$ у додатковому коді. У лічильники $Lч3$, $Lч4$ записуються величини збільшень ΔX , ΔY у додатковому коді. Тригери $T1$ і $T2$ сигналом ПУ обернені в нуль.

За сигналом «Пуск» обидва тригери встановлюються в стан одиниці і з прямих їхніх виходів з'являються одиниці. Цими одиничними потенціалами відкриваються вентиля I_4 і через елемент $НІ_2$ відкривають вентиль I_1 , у результаті імпульси з частотою f , з виходу елемента I_1 починають надходити на входи I_2 і I_3 , і через елемент затримки на вхід додавання одиниці в суматор $Cm1$. Оскільки в ньому

до цього був нуль, то на виході елемента $НІ_1$ був одиничний потенціал, тобто $F > 0$. Тому відкритий ventиль I_2 і на виході інтерполятора по координаті $У$ з'явиться імпульс, що надійде на вхід лічильника $Лч4$, і через елемент затримки $Зд3$ на вхід блоку $БлI_2$, таким чином величина $2Уд$ додається до вмісту суматора $См1$, здійснюючи тим самим корекцію оцінної функції на величину $-2Ун + 1$. А через елемент затримки $Зд4$ обчислюється значення $У_{n-1}$. Оскільки в $Сч2$ занесена величина $2Уд$, то в нього необхідно додати $+2$. Тепер знак оцінної функції стає від'ємним ($F < 0$). Тому наступний імпульс піде через ventиль I_3 на вихід інтерполятора по осі X , при цьому він надійде на вхід лічильника $Лч3$, і через елемент затримки $Зд1$ на блок елементів $БлI_1$, додаючи тим самим величину $2Xн$ у нагромаджуючий суматор $См1$. Сюди ж через елемент затримки $Зд5$ прийде одиниця. Отже, вміст суматора $См1$ коректується на величину $2 Xн + 1$, при цьому через елемент затримки $Зд2$, двійка додається в лічильник $Лч1$, тим самим здійснюючи корекцію $Xн + 1$.

У відповідності до зміни знака оцінної функції круговий інтерполятор буде розподіляти імпульси частоти f по координатах X і $У$ так, як описано вище. Так буде продовжуватися доти, поки лічильники $Лч3$ і $Лч4$ не переповняться. Сигналами переповнення вони обернуть у нуль тригери $T1$ і $T2$. Ventиль I_4 закриється і через інвертор $НІ_2$ закриє ventиль I_1 . Відпрацьовування заданої ділянки дуги закінчені.

Перевагою кругового інтерполятора, побудованого за принципом оцінної функції, є те, що при будь-якому радіусі і довжині дуги помилка не накопичується, тому здійснюється інтерполяція кола, а не спіралі Архімеда яка розкручується. У цьому інтерполяторі менше агрегатів, тому що в ньому тільки один нагромаджувальний суматор.

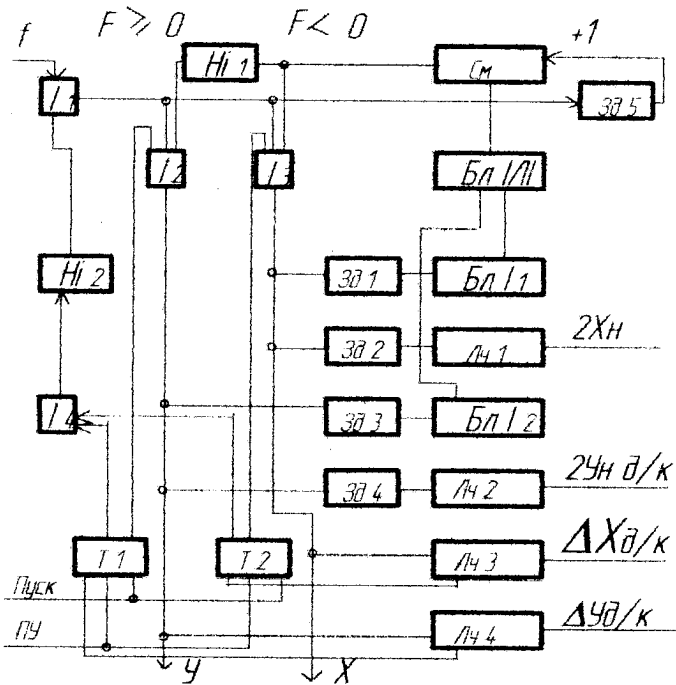


Рисунок 6.7 Схема кругового інтерполятора, побудованого за принципом оцінної функції

Питання для самоперевірки

- 1 Опишіть алгоритм лінійної інтерполяції на ЦДА.
- 2 Опишіть алгоритм кругової інтерполяції на ЦДА.
- 3 Основні переваги інтерполятора на ЦДА.
- 4 Опишіть процес лінійної інтерполяції за методом оцінної функції.
- 5 Опишіть процес кругової інтерполяції за методом оцінної функції.
- 6 Перевага і недоліки інтерполяторів, працюючих за методом оцінної функції.

Розділ 7

Аналогові пристрої в системах ЧПК

Під аналоговими пристроями систем ЧПК розуміють всі пристрої які не входять в цифрову частину ЧПК і які служать для зв'язку системи з виконавчими органами верстатів. Конструкція і схемна реалізація аналогових пристроїв залежать від способу перетворення цифрової інформації в переміщення виконавчого механізму верстата.

У практику конструювання верстатів із ЧПК ввійшли кілька методів перетворення цифрової інформації в переміщення:

- 1) фазовий метод;
- 2) амплітудний метод;
- 3) імпульсний метод;
- 4) кодовий метод;
- 5) кроковий метод.

До аналогових пристроїв систем ЧПК відносяться цифро-аналогові перетворювачі, датчики зворотного зв'язку, різного виду комутатори і так далі. Сюди ж відносяться і такі вузли слідкуючого привода, як фазові дискримінатори і демодулятори, операційні підсилювачі та ін., крім силової частини привода.

Фазовий метод перетворення цифрової інформації

Структурна схема аналогового пристрою даного типу показана на рисунку 7.1

Як бачимо з рисунка, аналоговий пристрій складається з фазового перетворювача (ФП), фазового дискримінатора (ФД), підсилювача потужності (ПП), датчика зворотного зв'язку, за який може бути використаний обертовий трансформатор (ОТ).

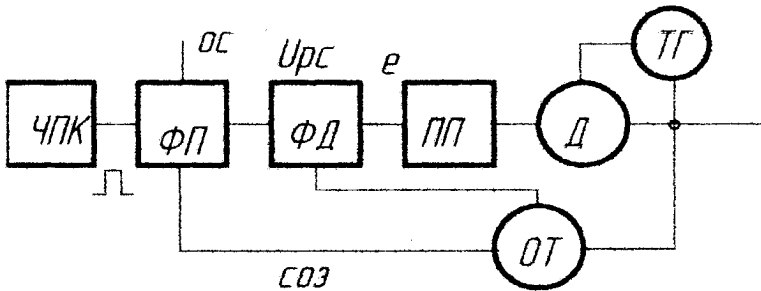


Рисунок 7.1— Структурна схема фазового методу перетворення інформації

Двигун (Д) і тахогенератор (ТГ) - це вже приналежності силової частини привода.

З виходу системи ЧПК надходять прямокутні імпульси, кількість яких визначає задану величину переміщення виконавчого органу верстата. Фазовий перетворювач цю послідовність імпульсів перетворює у зрушення фази φ робочого сигналу перемінного струму U_{rc} щодо опорного сигналу U_{oc} , таким чином, що

$$U_{rc} = U_m \sin(\omega t + \varphi), \text{ де } \varphi = 360^\circ \frac{n}{N},$$

де n - число імпульсів, що надійшли на вхід фазового перетворювача; N - коефіцієнт розподілу фазового перетворювача (число імпульсів, необхідне для зрушення фази на кут 360°).

Звичайно, коефіцієнт розподілу перебуває в межах 100-200, що дає дискретне зрушення фази від кожного

$$\text{імпульсу } \Delta\varphi = \frac{360}{100 - 200} = 1,8 - 3,6.$$

Якщо імпульси на вхід ФП надходять безупинно, з частотою f , то $n = f \cdot t$ і, отже,

$$\varphi = 360^\circ \frac{f}{N} t = \Omega t,$$

де $\Omega = 360 \frac{f}{N}$, а це означає, що на виході ФП частота буде не ω , а $(\omega + \Omega)$ чи $(\omega - \Omega)$ у залежності від напрямку руху виконавчого механізму. У такий спосіб виникає відхилення (девіація) частоти від опорної, і ця девіація буде пропорційна заданій в програмі швидкості подачі F .

За датчик зворотного зв'язку в цій схемі може використовуватися або обертовий трансформатор, або індуктосин, що працюють у режимі фазообертача, у такий спосіб, що на виході датчика виходить сигнал змінного струму

$$U_{oc} = U_m \cos(\omega t + \alpha),$$

фаза якого α дорівнює куту повороту його ротора, пов'язаного з переміщенням виконавчого механізму рівнянням

$$X = \frac{\alpha}{360} L,$$

де L - крок системи.

За дорівнюючий пристрій у цій системі застосований фазовий дискримінатор (ФД), за який може бути використаний будь-який помножувальний пристрій. У результаті перемножування робочого сигналу U_{pc} і сигналу зворотного зв'язку з ВТ одержимо сигнал помилки

$$\varepsilon = U_m^2 \sin(\omega t + \varphi) \cos(\omega t + \alpha) = \frac{1}{2} U_m^2 \sin(\varphi - \alpha) + \frac{1}{2} U_m^2 \sin(2\omega t + \varphi + \alpha).$$

Другий член цього виразу, що має подвоєну частоту опорного сигналу, у системі одфільтровується за рахунок

різних інерційністей, включаючи інерційність слідкуючого привода. У результаті одержимо сигнал помилки ε у вигляді постійної напруги

$$\varepsilon = \frac{1}{2}Um^2 \sin \psi,$$

де $\psi = \varphi - \alpha$.

Сигнал помилки подається на слідкуючий привід, що відпрацьовує переміщення зі швидкістю, пропорційною цьому сигналу. Таким чином, шляхом спостереження за фазою вхідного сигналу здійснюється підтримка її на мінімальному рівні.

Неузгодженість між фазою вхідного і вихідного сигналу не повинне перевищувати $\pm 90^\circ$, інакше привід, як говорять, перекинеться, тобто виконавчий механізм (полозки) зрушиться на величину кроку вимірювальної системи. Відбудеться незапрограмоване переміщення. Цей факт обмежує швидкість подачі, особливо швидкість холостих ходів.

Амплітудний метод перетворення цифрової інформації

На рисунку 7.2 подана структурна схема амплітудної системи ЧПК з цифро-аналоговим перетворювачем синусно-косинусного типу, що перетворить послідовність імпульсів з виходу пристрою ЧПК у дві змінні напруги E_1 і E_2 однакової фази, амплітуди яких змінюються синусоїдально і косинусоїдально.

$$E_1 = Um \sin \varphi \sin \omega t,$$

$$E_2 = Um \cos \varphi \sin \omega t,$$

де $\varphi = 360^\circ \frac{n}{N}$; n -число імпульсів, що додали з ЧПК;

N- коефіцієнт розподілу.

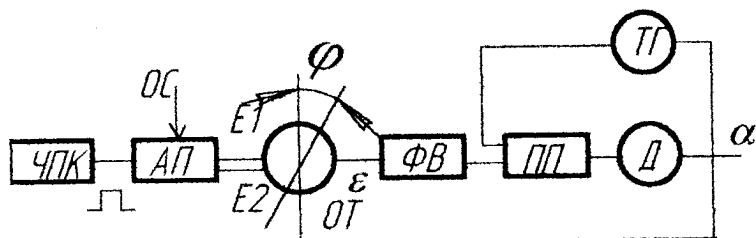


Рисунок 7.2—Структурна схема амплітудної системи перетворення інформації

Ці дві напруги подаються на дві вхідні статорні обмотки обертового трансформатора (чи індуктосина), розміщені під кутом 90° один до одного. У результаті чого в статорі обертового трансформатора (індуктосина) утвориться перемінне магнітне поле з максимальною індукцією B_m , напрямком вектора якої φ , тому що

$$\arctg \frac{E_1}{E_2} = \arctg \frac{Um \sin \varphi}{Um \cos \varphi} = \varphi.$$

При безупинному надходженні імпульсів цей вектор обертається зі швидкістю, пропорційною частоті імпульсів, тобто пропорційно швидкості подачі. У вихідній обмотці ротора обертового трансформатора при цьому наводиться змінна ЕДС, величина якої

$$\varepsilon_{\omega} = Um \sin \psi \sin \omega t,$$

де $\psi = \varphi - \alpha$.

Оскільки привід керується звичайно сигналом постійного струму, то змінна ЕДС за допомогою фазочутливого випрямляча (ФВ) перетворюється в сигнал постійного струму, і після відфільтрування одержуємо

$$\varepsilon_- = Um \sin \psi.$$

Таким чином, помилка амплітудної системи ЧПК має те саме вираження, що і для фазової, і поводження цих систем практично однакове в схожих режимах. При подачі керуючого сигналу слідкуючої привод прагне зменшити помилку, тобто неузгодженість між кутом φ вектора магнітної індукції в статорі ВТ і кутом α повороту ротора і, якщо цей вектор обертається з якоюсь швидкістю, то ротор ВТ також буде обертатися з цією швидкістю, відстаючи від нього на якийсь невеликий кут Ψ , що, як і у фазовій системі ЧПК, не може перевищувати $\pm 90^\circ$, і гранична швидкість спостереження має те саме вираження, що і для фазової.

Принциповою відмінністю амплітудної ЧПК від фазової є те, що в ній ВТ використовується як дорівнюючий пристрій, тому що на його виході безпосередньо виділяється сигнал помилки ε .

Однак практично ця обставина не дає спрощення схеми, тому що на виході ВТ через застосування слідкуючих приводів керованими сигналами постійного струму необхідний фазочутливий випрямляч ФВ, за який звичайно використовується такий самий фазовий дискримінатор ФД.

Більш того, амплітудні системи складніші за фазові через велику складність цифроаналогових перетворювачів (ЦАП) і через застосування великої кількості нестандартної апаратури (спеціальні трансформатори, безконтактні ключі і т.д.).

Зміст застосування амплітудних систем полягає в їх великій статичній точності в порівнянні з фазовими. У фазових системах важко отримати коефіцієнт розподілу більше 200 через вплив перекручування форми і нестабільності частоти сигналу, що живить ВТ, що знижують його точність. У той же час в амплітудних

системах порівняно легко досягаються коефіцієнти розподілу 1000 і більше, тому що в цьому випадку схеми, у яких використовують ВТ, не впливають на їх точність.

У зв'язку із цим амплітудний метод перетворення інформації знайшов застосування, в першу чергу, в суто позиційних системах ЧПК, від яких потрібна більш висока точність, ніж від суто контурних.

Імпульсний метод перетворення інформації

На рисунку 7.3 подана структурна схема системи ЧПК, у якої сигнал з виходу обертового трансформатора (ОТ) перетвориться за допомогою спеціального аналогоцифрового перетворювача (АЦП) в імпульси, що потім подаються на спеціальний реверсивний лічильник (РЛ), використовуваний як дорівнюючий пристрій. Вміст цього лічильника в кожен момент часу визначається різницею числа імпульсів, що прийшли від пристрою ЧПК й АЦП. Ця різниця, що являє собою число, перетвориться потім у відповідному ЦАП (звичайного резисторного типу) у сигнал помилки ε , у вигляді постійної напруги, яка подається на привід верстата.

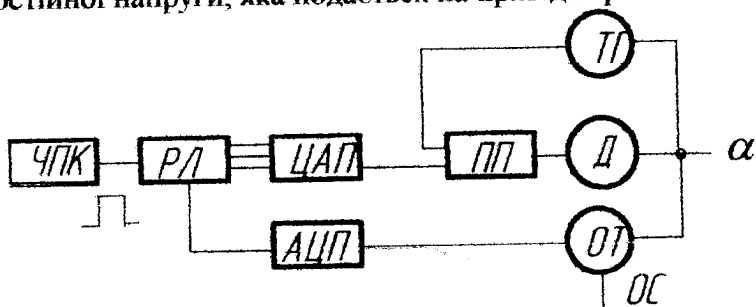


Рисунок 7.3— Структурна схема імпульсного методу перетворення інформації

Основний зміст застосування цієї схеми - можливість значного збільшення діапазону припустимих

неузгодженостей за рахунок вибору відповідної ємності реверсивного лічильника РС.

Якщо для фазових і амплітудних ЧПК цей діапазон звичайно не перевищує декількох міліметрів, то в імпульсних системах він легко може бути доведений до десятків і сотень міліметрів, у зв'язку з чим небезпека перекидання в таких системах практично відсутня, що дозволяє одержувати великі швидкості і прискорення.

Це ще не означає, що точність привода, а отже, і точність обробки за цей рахунок можливо збільшити. Якщо в нього малий коефіцієнт підсилення, то його помилки все одно будуть значні, але вони не приведуть до перекидання привода.

Такий метод перетворення інформації призведе до значного ускладнення і подорожчання ЧПК головним чином за рахунок складності АЦП, що являє собою цифрову слідкуючу систему у ланцюзі зворотного зв'язку якої включений даний ОТ.

Одна з можливих схем такого АЦП- схема перетворювача кута повороту в унітарний код подана на рисунку 7.4

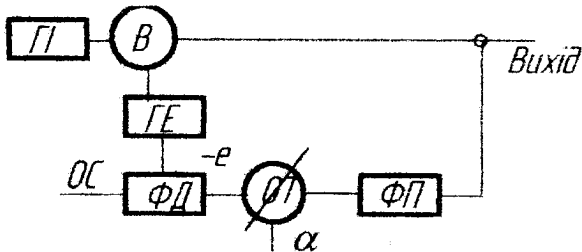


Рисунок 7.4 — Структурна схема перетворювача кута повороту в унітарний код

Ця схема працює так: якщо схема була збалансована, то вентиль В закритий, і на вихід імпульси від генератора Г не надходять. При повороті ОТ на якийсь кут α на

виході ФД виникає сигнал $-e$, що подається на граничний елемент ГЕ з релейною характеристикою і з зоною нечутливості, яка приблизно дорівнює необхідній ціні імпульсу даного перетворювача. При виникненні стрибка сигналу на виході ГЕ відкривається клапан В, у результаті чого перший імпульс від ГГ пройде на вихід схеми й одночасно на фазовий перетворювач ФП, від якого заживлений ОТ. У результаті зрушення фази, живлячої ОТ, сигнал $-e$ на виході ФД зменшиться, граничний елемент повернеться в нуль і клапан В закриється.

При стрибкоподібному повороті ОТ на якийсь досить великий кут α (але не перевищуючий 180°) клапан В пропустить стільки імпульсів, скільки необхідно для того, щоб компенсувати за допомогою ФП цей кут повороту ОТ. При безупинному обертанні ОТ клапан В буде відкриватися і закриватися, пропускаючи по одному імпульсу на вихід і для компенсації кута повороту ОТ. Для забезпечення такого процесу спостереження генератор ГГ повинний мати частоту свідомо більшу, ніж необхідна частота вихідних імпульсів. Для забезпечення досить високої швидкодії необхідно, щоб при стрибкоподібному повороті ОТ на максимальний кут 180° був такий час компенсації, що практично не позначається на динаміці слідкуючого привода, тобто порядку декількох мілісекунд, що при коефіцієнті розподілу ФП порядку 100 (при ціні імпульсу 3,60) дає необхідну частоту генератора порядку 50кГц (при цьому час компенсації буде порядку 1мс).

Якщо зона нечутливості граничного елемента ГЕ буде відрізнятися від заданої ціни імпульсу, то при набагато меншій його величині в системі можуть виникнути автоколивання на частоті, близькій до частоти генератора, поділеного на коефіцієнт розподілу ФП, а при більшій— виникає зона нечутливості. Однак в обох випадках нагромадження помилок не відбувається. Подібний

перетворювач з таким самим успіхом може бути здійснений і з застосуванням амплітудного перетворювача при необхідності мати значно меншу, ніж $3,6^0$ ціну імпульсу.

У сучасних ЧПК такий метод перетворення застосовують тоді, коли потрібна цифрова індикація фактичного переміщення робочих органів верстата, тому що для цієї мети досить на вихід АЦП ввімкнути лічильник імпульсів відповідного обсягу.

Імпульсний метод перетворення інформації з використанням ІДЗ

Структурна схема цієї системи ЧПК, де замість ОТ і АЦП використовується імпульсний датчик зворотного зв'язку (ІДЗ), показана на рисунку 7.5

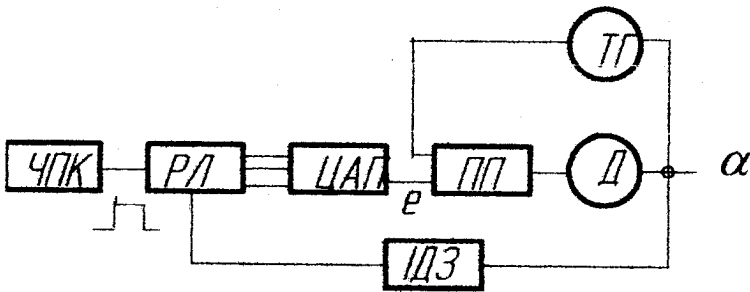


Рисунок 7.5 — Структурна схема імпульсної ЧПК з використанням ІДЗ

Використання ІДЗ істотно спрощує й здешевлює систему. За ІДЗ можна використовувати, наприклад фотоелектричний датчик імпульсів, що працює разом з вимірювальним диском, що має необхідне число прозорих

штрихів, і насадженим на ходовий гвинт верстата. Такі датчики випускаються серійно і мають марки ВЕ-50 і ВЕ-51. Вони дають порядку 6000 імпульсів на оберт. Однак для безпосереднього виміру лінійних переміщень з необхідною роздільною здатністю 100–200 імпульсів на міліметр імпульсні датчики, а також вимірювальні шкали до них у даний час не випускаються через складність їхнього виготовлення. У зв'язку із цим намітилася певна тенденція використання як ІДЗ лазерних інтерферометрів, що дозволяють отримати високу роздільну, шляхом використання як вимірювальна шкала електромагнітного коливання в оптичному діапазоні довжин хвиль порядку 0,5–0,6 мкм. Особливо ефективні такі ІДЗ для прецизійних верстатів невеликих габаритів і для великогабаритних верстатів із переміщенням робочого органа порядку 12–20 м і більше, але порівняно невисокої точності, де монтаж і юстирування шкал будь-якого типу (індуктосини, зубщоваті рейки і т.п.) завжди викликають великі труднощі.

А в іншому ця схема працює так само, як і попередня.

Кодовий метод перетворення інформації

На рисунку 7.6 показана структурна схема кодової системи ЧПК, у якій за датчик зворотного зв'язку використовується кодовий датчик переміщень (КДП). Цей датчик перетворює положення керованого об'єкта (тобто його координату) у багаторозрядне число, що подається на вхід порівнювального пристрою. Порівнювальний пристрій являє собою віднімаючий суматор СМ і реверсивний лічильник, де накопичуються імпульси, що надходять від пристрою ЧПК. Суматор періодично, з досить високою частотою, порівнює код на виході реверсивного лічильника з кодом, який надходить із КДП, і

ця різниця потім подається на ЦАП резистивного типу, що перетворить його в сигнал помилки ϵ .

Основне застосування кодової ЧПК-забезпечення абсолютного методу виміру координат керованого об'єкта, що дозволяє в ЧПК різко знизити вимоги до швидкодії цифрових елементів системи ЧПК, а також до швидкодії і швидкості слідкуючого привода, тому що в цьому випадку він працює в розімкнутому режимі, зупиняючи в момент збігу заданого положення з фактичним. Це дозволяє легко одержувати високі швидкості установки координат.

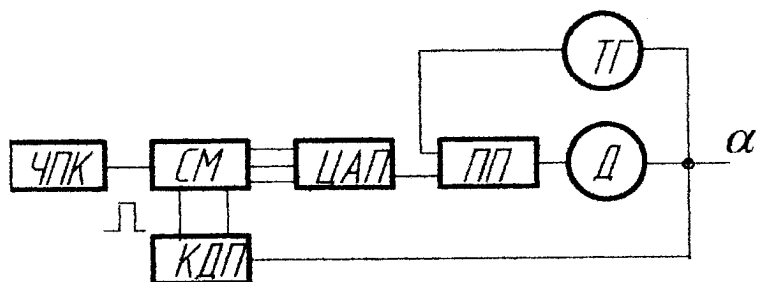


Рисунок 7.6—Структурна схема кодової системи перетворення інформації

Абсолютний метод відліку координат у принципі дозволяє також одержувати більш високу надійність ЧПК, ніж відносний. Крім того, після раптового короткочасного відключення живлення верстата абсолютний метод виміру координат дозволяє в деяких системах ЧПУ забезпечити продовження обробки з того самого місця, на якому вона була перервана, навіть якщо система в момент відключення поведилася неконтрольована. Це спрощує експлуатацію верстата.

Кроковий метод перетворення інформації

На рисунку 7.7 подана структурна схема крокової системи ЧПК, у якій перетворення інформації з цифрової форми в переміщення виконавчого органа верстата відбувається електромеханічним шляхом за допомогою крокового двигуна ШД.

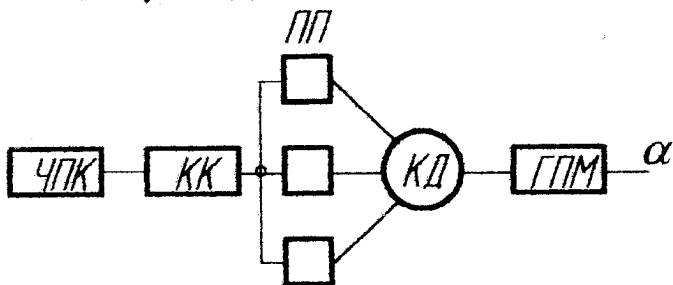


Рисунок 7.7— Структурна схема крокового методу перетворення інформації

Схема складається з кільцевого комутатора (КК), підсилювачів потужності (ПП), крокового двигуна (ШД) і гідравлічного підсилювача моменту (ГПМ).

Кільцевий комутатор перетворює однофазовий імпульс, який надходить з виходу ЧПК в трифазний, що після посилення в ПП надходить у симетрично розташовані обмотки статора ШД. Під впливом магнітного поля в статорі ротор двигуна повернеться на деякий кут (величина кута визначається комутацією обмоток статора і може бути $1,5^{\circ}$; 3° ; 6° і т.д.). Потужність крокового двигуна вимірюється ватами, то він не зможе безпосередньо повернути ходовий гвинт верстата, і тому він повертає лише золотник гідравлічного підсилювача моменту. Останній вже обертає ходовий гвинт верстата.

Основною перевагою крокової ЧПК є її порівняльна простота. Недоліком її є неможливість безпосереднього виміру переміщень, а тільки непрямого, через кут оберту

ходового гвинта. У зв'язку із цим крокові ЧПК застосовують тільки в невеликих верстатах і при невисокій точності обробки. Точність таких систем визначається пружною і кінематичною жорсткістю ходового гвинта і редукторів використовуваних у приводах верстата.

Відомі спроби застосовувати крокові ЧПК з датчиками зворотного зв'язку у вигляді індуктосинів. Але в цьому випадку вона втрачає головне перевагу-простоту, не здобуваючи при цьому високої швидкохідності, особливо при холостих переміщеннях, тому що вона визначається пропускнуою частотою крокового двигуна.

Запитання для самоперевірки

- 1 Які пристрої відносяться до аналогових в системах ЧПК ?
- 2 У чому переваги і недоліки фазового методу перетворення цифрової інформації в аналоговий сигнал ?
- 3 Яку функцію виконує фазовий перетворювач у схемі, показаній на рисунку 7.1?
- 4 Які переваги і недоліки має аналоговий метод перетворення інформації ?
- 5 Яку функцію виконує обертовий трансформатор на схемі 7.2 ?
- 6 У чому переваги і недоліки імпульсного методу перетворення інформації ?
- 7 Яку функцію виконує цифроаналоговий перетворювач на схемі 7.3 ?
- 8 Яким чином можна перетворити кут повороту радіуса - вектора в унітарний код ?
- 9 Які зміни в алгоритм перетворення інформації вносить імпульсний датчик переміщення ?
- 10 Основні переваги кодового методу перетворення інформації?

Розділ 8

Керуючі пристрої промислових роботів

За типом застосовуваної системи керування промислові роботи (ПР) прийнято поділяти на покоління, оскільки саме характер керування роботами істотно впливає на його технічні характеристики й експлуатаційні можливості.

Роботи першого покоління, до яких належить більшість, що випускаються на даний час ПР, - це роботи з програмним керуванням. Як правило, вони мають позиційну систему керування найчастіше циклового типу. Роботи цього покоління застосовувані для виконання операцій зварювання і фарбування, мають контурну систему керування.

Більшість ПР перших поколінь -- це стаціонарні роботи. Виняток складають спеціальні транспортні роботи (робокари), що служать для зв'язування окремих роботизованих технологічних одиниць у технологічні ділянки, а останні - зі складськими приміщеннями й іншими ділянками цеху. У таких роботів основною задачею системи керування є керування переміщенням робота, а керування маніпуляторами здійснюється гранично спрощеним способом (звичайно у вигляді циклової системи керування).

Керуючі пристрої з програмним керуванням

Керуючі пристрої з програмним керуванням нечуттєвих роботів являють собою пристрої керування переміщеннями ланок маніпулятора і зв'язаного з ним технологічного устаткування. Узагальнена схема керування ПР показана на рисунку 8.1. На пульті керування задаються режими роботи, індикуються стан маніпулятора і керуючого пристрою. У запам'ятовувальному пристрої розміщуються робочі

програми. Блок керування положенням забезпечує відпрацьовування заданих координат (чи траєкторії) приводами маніпулятора і технологічного устаткування. Блок керування переходами контролює закінчення відпрацьовування попереднього кроку програми, зберігає номер кроку, що відпрацьовується, і видає сигнал на відпрацьовування наступного. Тимчасовий пристрій формує необхідні за програмою витримки часу. Запам'ятовувальний пристрій, блок керування переходами і тимчасовим пристроєм складають програмно – тимчасовий пристрій, що є основою будь-якого пристрою програмного керування.

Для робота, працюючого за жорсткою програмою, оператор є єдиним джерелом зовнішньої інформації про необхідні дії. Ця інформація вводиться у вигляді програми в запам'ятовувальний пристрій. Потім цю програму робот відпрацьовує в автоматичному режимі, вже не одержуючи ніякої інформації ззовні. Тому перед початком роботи оператор визначає порядок дій робота й іншого технологічного устаткування, необхідний для виконання роботи, складає програму функціонування робота і вводить її в пам'ять керуючого пристрою. При цьому може бути кілька способів навчання робота:

1) програма розраховується і з пульта оператора за допомогою клавіатури вводиться в пам'ять пристрою керування роботом;

2) оператор у режимі ручного керування, користуючись виносним пультом керування, змушує руку робота виконувати послідовно необхідні маніпуляції. Пам'ять системи керування запам'ятовує ці дії і в подальшому в точності їх відтворює. Тому всі рухи руки робота в процесі навчання повинні бути оптимальними;

3) оператор бере в руки «руку» робота і механічним переміщенням показує роботу послідовну схему рухів і

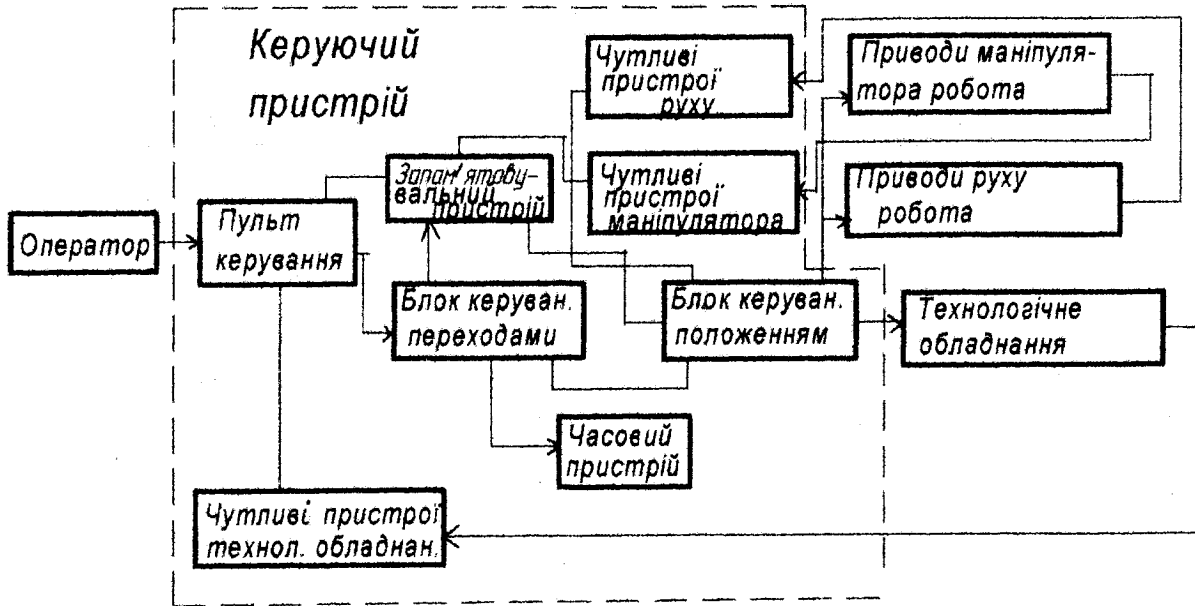


Рисунок 8.1—Схема керування роботом

інших маніпуляцій (захоплення заготовки, розтискання-затискання кліщів та ін.). Пам'ять системи всі ці дії запам'ятовує і при подальшій роботі відтворює їх автоматично.

У роботів на відміну від верстатів із ЧПК, крім програми дій є визначені внутрішні умови. Керування за внутрішніми умовами задаться в програмі з пульта оператора. Керування за внутрішніми умовами створює додаткові функціональні можливості, наприклад багаторазове відпрацьовування окремих ділянок програми за заданим в лічильнику числом; модифікація окремих команд програми за номером циклу, що відпрацьовується, і т.п. Робота щодо внутрішніх умов також є роботою щодо жорсткого алгоритму, тому що внутрішні умови, задані оператором, не змінюються в процесі відпрацьовування. Типовим прикладом роботи з внутрішніх умов є обслуговування мірної тари, де необхідно лічити число покладених деталей і від циклу до циклу модифікувати координату чергового осередку тари.

Крім внутрішніх умов, у робота є ще і зовнішні. Тому що це не робоча машина, а обслуговуюча. Зовнішні умови - це сигнали від верстата й інших технологічних одиниць, які працюють у єдиному комплексі. Наприклад, коли верстат за програмою обробляє чергову заготовку, робот нерухомий, але коли верстат закінчив обробку, патрон зупинився і керування всім комплексом передається роботу. Рука робота входить у робочий простір верстата, схват захоплює деталь і дає команду на розтискання кулачків патрона. Після того як прибрана деталь і в патрон установлена нова заготовка, дається команда на затискання кулачків. І тільки після того як рука робота вийде з робочого простору верстата і закриється щиток огорожування, керування передається системі ЧПК верстата.

Можливість роботи із зовнішніх умов дозволяє гнучко реагувати на ті зміни в технологічному процесі, можливість яких була заздалегідь передбачена при програмуванні робота. Сигнали внутрішніх і зовнішніх умов надходять у блок керування переходами керуючого пристрою і змінюють номер наступної команди, що відпрацьовується.

Пристрій блока керування переходами визначається встановленим принципом вироблення сигналу кінця відпрацьовування чергового кадру і готовності до відпрацьовування наступного. Використовуються три наступних основних принципи: за сигналами датчиків, тимчасовий і комбінований.

У першому випадку виконання одиничних операцій попереднього кроку підтверджується спрацьовуванням датчика або сигналом із блоку керування положенням, у другому — сигнал переходу до наступного кроку виробляється тимчасовим пристроєм після закінчення визначеного проміжку часу. У третьому випадку поперемінно для різних кроків використовуються обидва способи.

При тимчасовому принципі вироблення сигналу переходу датчики не вимагаються. Сигнали переходу програми виробляються або тимчасовим пристроєм, що запускається на початку кожного кроку, або тактуючим пристроєм, що запускається на початку циклу відпрацьовування. Фактичне підтвердження відпрацьовування у цьому випадку відсутнє.

Звичайно блок керування переходами містить у собі лічильник кроків, комутатор переходів у програмі і схеми збігу сигналів відпрацьовування.

Розглянемо особливості структурних схем керуючих пристроїв, що реалізують різні способи керування промисловими роботами — позиційне по упорах

(циклове), позиційне, контурне.

Циклові керуючі пристрої

Керуючі пристрої, що реалізують позиційний спосіб керування по упорах, є найпростішими пристроями позиційного типу і звичайно називаються цикловими.

Схема циклового керування промисловим роботом показана на рисунку 8.2. Запам'ятовувальний пристрій у цьому випадку звичайно складається з роздільних блоків запам'ятовування інформації про послідовність положення і час. Виділення інформації про положення є конструктивною особливістю роботів з позиційним (по упорах) способом керування. Інформація про положення запам'ятовується у вигляді визначеного положення упора чи прапорця шляхового вимикача на ланках маніпулятора. Запам'ятовування інформації про послідовність здійснюється на комутаційних елементах і блоках комутаційних елементів: штекерних панелях (роботи «АІДА», ПР-10І, «Циклон-3б»), програмних барабанах робот СМТ-1000, (наприклад, барабан з перфокартою), розніманнях (керуючий пристрій фірми „Електролюкс”), багатопозиційних перемикачах (роботи МП-5, МП-9), тумблерах і т.д. Інформація про час задається звичайно на потенціометрах і відпрацьовується тимчасовим пристроєм типу реле часу чи аналогічними схемами.

Блок керування положенням циклового керуючого пристрою видає на приводи ланок маніпулятора і технологічного устаткування команди типу «увімкнуте-вимкнуте». Звичайно цей блок виконується на релейних елементах контактного і безконтактного типів. Блок керування переходами виконується на різних комутаторах (крокові шукачі, лічильники з дешифраторами, регістри зрушення і т.д.).

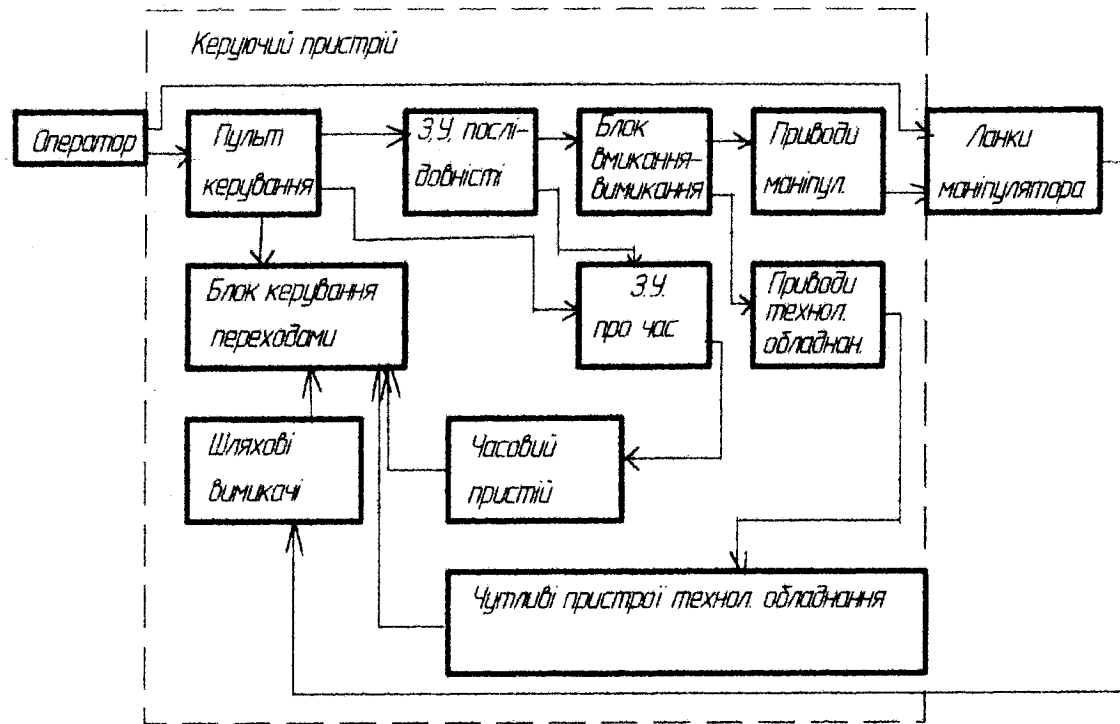


Рисунок 8.2—Схема циклового керування промисловим роботом

При програмуванні робота оператор вводить інформацію про положення ланок, переміщаючи упори чи прапорці шляхових вимикачів на ланках маніпулятора в необхідне положення, вносить у керуючий пристрій інформацію про послідовність відпрацьовування і величини тимчасових затримок. При відтворенні програми інформація про послідовність виконання одиничних операцій надходить у блок керування «увімкнуте-вимкнуте». Блок вмикає і вимикає приводи ланок маніпулятора і технологічного устаткування, забезпечуючи рух ланок у запрограмованій послідовності. Порівняння заданого переміщення і фактичного значення положення кожної ланки здійснюється в природному кодi. Дорівнюючим елементом фактично є датчик чи механічний упор.

У першому випадку при спрацьовуванні датчика виробляється сигнал підтвердження відпрацьовування, у другому — перехід здійснюється за сигналом тимчасового пристрою. При досягненні всіма ланками положень, заданих кадром, що відпрацьовується, сигнали з датчиків чи від тимчасового пристрою надходять у блок керування переходами, що виробляє сигнал переходу до наступного кроку.

Розглянемо кілька прикладів циклових керуючих пристроїв.

В ОКБТК ЛПІ розроблений керуючий пристрій ЕЦПУ-6030 для керування маніпуляторами з позиціонуванням по упорах.

Маніпулятор може мати до шести ступенів рухливості (включаючи кліщі) з позиціонуванням кожного ступеня в двох точках.

Пристрій може керувати чотирма ступенями рухливості по сигналах від датчиків, і двома - по сигналах від датчиків чи за часовим принципом. Це дозволяє керувати маніпулятором із двома кліщами.

Число технологічних команд на зовнішнє устаткування — до трьох. Команди керування електромагнітними клапанами маніпулятора і технологічних команд

видаються у вигляді напруги постійного струму 24В з потужністю 10 Вт.

У пристрої може бути запрограмована витримка часу в діапазоні 0,05-1 с, а також перевірка двох блокувальних зовнішніх сигналів. Число кроків програми — 28.

Структурна схема пристрою показана на рисунку 8.3. Поточний номер кадру програми, що відпрацьовується (зберігається в лічильнику кадрів), надходить на дешифратор, що адресує програмоносії (два набірних поля, що складаються з декадних перемикачів ПМП-102). Загальні точки перемикачів об'єднані попарно і під'єднані до відповідного виходу дешифратора. Виходи 28 перемикачів кожного поля з'єднані паралельно. Таким чином, із програмоносія знімаються команди, набрані на перемикачах.

При виконанні команди руху по якій-небудь з координат на вхід відповідного тригера регістра стану координат з пам'яті надходить сигнал, що встановлює тригер у необхідне положення. Електромагнітні клапани маніпулятора підключаються до виходів регістра через транзисторні підсилювачі.

При роботі зі шляхового принципу сигнали від датчиків маніпулятора надходять на комутатор, керований командами з набірних полів. У момент виходу ланки в точку останова сигнал з відповідного датчика проходить через комутатор і схему пуску останова на вхід лічильника кадрів. У лічильник додається одиниця і пристрій переходить до виконання чергового такту програми.

При роботі за часовим принципом, що забезпечується командою із набірних полів, запускається формувач витримки часу (витримка кліщів). По закінченні витримки в лічильник кадрів додається одиниця.

Технологічні команди можуть відпрацьовуватися з підтвердженням чи виконання за часом. Із набірних полів технологічні команди надходять безпосередньо на підсилювачі. Відпрацьовання технологічних команд виробляється аналогічно відпрацьовуванню команд руху.

При виконанні команд перевірки блокувань через комутатор опитуються відповідні датчики, установлені на зовнішньому устаткуванні чи маніпуляторі. Якщо з датчика надходить дозволяючий сигнал, пристрій переходить до наступного кроку. У протилежному разі пристрій очікує надходження дозволяючого сигналу.

Пристрій може працювати в чотирьох режимах: «Автомат», «Цикл», «Команда» і «Ручний». В автоматичному режимі з пам'яті послідовно зчитуються команди програми (кадри). При зчитуванні кодової комбінації «Кінець програми» лічильник кадрів встановлюється у початкове положення.

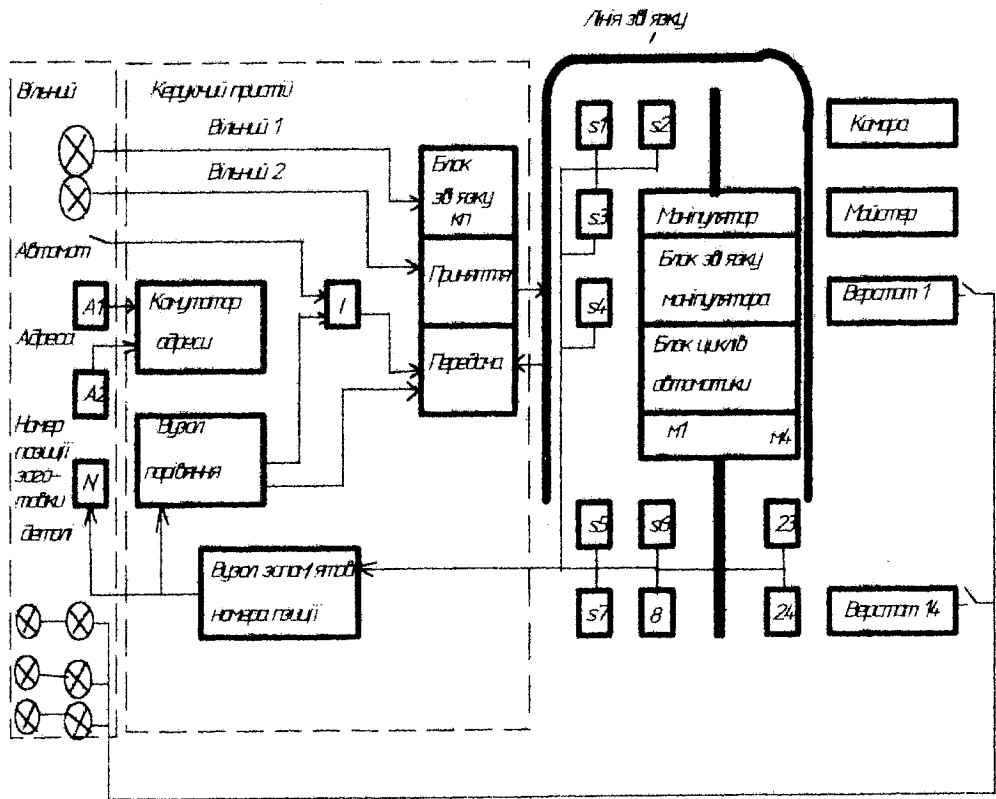
У режимі «Цикл» усі програми виконуються тільки один раз. При виконанні останньої команди «Кінець програми» разом зі скиданням лічильника скидається схема пуска-останова. Робота з програми припиняється. У режимі «Команда» виконується тільки одна записана в пам'яті команда.

Прикладом пристрою циклового програмного керування рухливою роботою є керуючий пристрій транспортного робота «Спрут-1». Робот призначений для внутрішньоцехового транспортування вантажів і складається з транспортного маніпулятора, монорельсової траси і керуючого пристрою (рисунок 8.4) Маніпулятор робота переміщається уздовж: завантажувально-розвантажувальних позицій на складі СС, майстра СМ і 14 позицій на робочих місцях верстатників 31-314. У процесі роботи робот здійснює автоматичне транспортування тари з деталями (чи заготівками), а також порожню тару між будь-якими двома зазначеними позиціями.

На кожній позиції встановлено два датчики типу

БКВ-24 (S1-S28) Перший датчик видає сигнал на зниження швидкості руху маніпулятора, другий — забезпечує точний останов. Керуючий пристрій складається з пульта, програмного блока і блока зв'язку УУ (керуючого пристрою).

Рисунк 8.4—Схема керування транспортним роботом
 На маніпуляторі розміщуються блок зв'язку і блок



циклової автоматики. У маніпулятора є чотири приводи: руху $\{M1\}$, піднімання-опускання ($M2$), кліщів ($M3$) і захистний сітки ($M4$). Передача команд між керуючим пристроєм і маніпулятором здійснюється безконтактним шляхом індуктивного зв'язку.

Робота керуючого пристрою і маніпулятора здійснюється таким способом. Майстер набирає на клавішних реєстрах пульта дві адреси: $A1$ -адреса позиції, з якої потрібно взяти тару, і $A2$ -адреса позиції, на яку потрібно поставити тару.

Потім встановлює режим роботи «Автомат» і запускає відпрацьовування. Адреса першої заданої позиції через комутатор адреси надходить на вхід вузла порівняння.

На інший вхід вузла порівняння надходить номер поточної позиції маніпулятора з вузла запам'ятовування номера позиції. При розбіжності заданої і поточної позицій вузол порівняння видає команду (у напрямку до заданої позиції першої адреси). Команда руху надходить у блок зв'язку, з виходу якого у вигляді сигналу визначеної частоти (f_1 , чи f_2) передається в індуктивну лінію зв'язку.

Установлений на маніпуляторі блок зв'язку маніпулятора приймає з індуктивної лінії сигнал, дешифрує його і передає в блок циклової автоматики. Блок включає привід руху маніпулятора в необхідному напрямку. При спрацьовуванні датчика зниження швидкості на заданій позиції сигнал руху знімається з виходу вузла порівняння.

Блок циклової автоматики виключає привід руху маніпулятора. Маніпулятор на вибігу двигуна проходить деяку відстань до наїзду на датчик точного зупинення. За сигналом датчика точного останова вмикається гальмо і маніпулятор зупиняється над заданою позицією з точністю ± 10 мм.

Одночасно зі зняттям команди руху на маніпулятор подається команда «Автомат», що запам'ятовується в блоці циклової автоматики маніпулятора. Після останова маніпулятор за командами блоку циклової автоматики виконує цикл роботи на позиції. Розкривається захисна сітка, кліщі опускаються на стіл позиції, захоплюють тару і

піднімають її наверх. Захисна сітка закривається. На цьому циклі автоматичної роботи на першій позиції закінчується і маніпулятор видає в керуючий пристрій по лінії зв'язку сигнал «Вільний 1» (f_3).

Сигнал «Вільний 1» індукується на пульті і підключає через комутатор адреси на вхід вузла порівняння адреси другої позиції A_2 . Аналогічно здійснюється переміщення на другу задану позицію. Виконуючи автоматичний цикл на другій позиції, маніпулятор встановлює тару на стіл. По закінченні циклу роботи на другій позиції маніпулятор видає сигнал «Вільний 2» (f_4) про виконання завдання. Після цього можна набирати наступні дві адреси.

Для перегону маніпулятора з однієї позиції на іншу команда «Автомат» не задається. Маніпулятор у цьому випадку після останова на заданій позиції не виконує автоматичного циклу. Для інформування майстра кожен верстатник зі свого робочого місця може подати сигнал необхідного обслуговування - заготівки Z , деталі D . Ці сигнали індукуються на пульті.

Позиційні керуючі пристрої

У позиційних керуючих пристроях при невеликому обсязі програмної інформації запам'ятовувальний пристрій для різних видів інформації конструктивно виконується роздільним. При цьому кожен вид інформації запам'ятовується на найбільш придатних для нього елементах (наприклад, інформація про послідовність — на штекерних панелях, про положення і час — на потенціометрах). У найпростіших позиційних керуючих пристроях цей поділ дозволяє більш гнучко користуватися програмною інформацією. При збільшенні обсягу програми інформація про положення і послідовність поєднуються і зберігаються в одному блоці запам'ятовуючого пристрою (робот «Юнімейт»). Або вся інформація зберігається централізовано в одному блоці (пристрої RC-7000, УПМ-552). Гнучкість у використанні

інформації в цьому випадку забезпечується зручністю звертання до запам'ятовуючого пристрою.

Блок керування положенням позиційних керуючих пристроїв (рисунок 8.5) складається з блока дискретного позиціонування, який керує дискретним відпрацьовуванням положень ланок маніпулятора, і блока керування «ввімкнуто-вимкнуто» для керування технологічним устаткуванням. Блок дискретного позиціонування виконується у вигляді пристрою порівняння сигналів, заданих програмою і положення, які надходять з чуттєвих пристроїв маніпулятора, ланок. Для позиційного відпрацьовування переміщення блока дискретного позиціонування досить формувати дискретні (східчасті) керуючі впливи на приводи маніпулятора. У позиційних керуючих пристроях, крім основного пульта керування, звичайно передбачається виносний пульт для ручного керування при навчанні робота. Як приклад розглянемо уніфікований керуючий пристрій УПМ-552 розробки виробничого об'єднання Ленінградського електромеханічного заводу (ПО ЛЕМЗ).

Уніфікований керуючий пристрій позиційного числового програмного керування має модифікації для керування маніпуляторами з слідкуючим приводом, замкнутого типу УПМ-772, УПМ-552, а також модифікацію для керування маніпуляторами з кроковим приводом розімкнутого типу УПМ-331.

На рис 8.5 наведена структурна схема уніфікованого керуючого пристрою в модифікації для керування слідкуючими приводами замкнутого типу. Керуючий пристрій побудований за структурою з центральним обчислювачем, тобто інформація послідовно обробляється в єдиному операційно-логічному блоці.

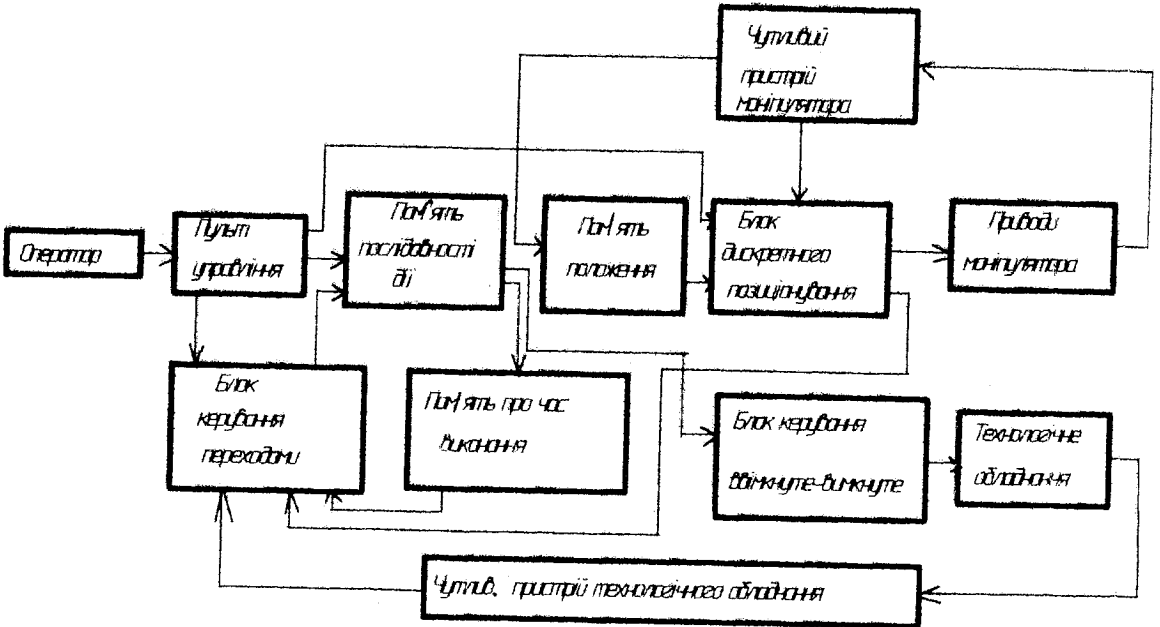


Рисунок 8.5—Схема позиційного керування промисловим роботом

Обмін інформацією між блоками пристрою здійснюється через шини *A, B і C*.

Програми керування розміщуються в блоці пам'яті на магнітній стрічці *МС*. Максимально *МС* може містити інформації до 2000 кадрів програми.

Буферне *ЗП* напівпровідникового типу забезпечує збереження інформації 32 кадрів програми.

Мікропрограмний автомат формує керуючі сигнали мікрооперацій - мікрокоманд відповідно до алгоритму керування пристроєм.

Блок керування приводами ланок маніпулятора складається з уніфікованих перетворювачів код-напруга. Розрядність перетворювача має шість розрядів. Максимальний вихідний сигнал - 10 В.

Блок вимірювання здійснює перетворення сигналів з датчиків положення ланок маніпулятора в цифровий код і містить близько восьми однакових каналів виміру, що мають загальний блок живлення датчиків індукційного типу. Розрядність перетворення -15 розрядів. Блок відпрацьовування технологічних команд видає на технологічне устаткування і маніпулятор 15 команд із чотирма супровідними ознаками об'єктів, приймає від устаткування і маніпулятора сигнали про відпрацьовування технологічних команд.

Блок синхронізації виробляє послідовності імпульсів, що синхронізують роботу пристрою, а також частоти, необхідні для роботи вимірювальної системи і формування витримок часу.

Пульт керування 'призначений для включення пристрою, завдання режимів роботи, організації ручного введення інформації і цифрової індикації інформації.

Пристрій керування реалізований на інтегральних мікросхемах серії *K-155* із застосуванням дискретних компонентів в оригінальних вузлах.

Технічні дані пристрою модифікацій УПМ-552 і УПМ-772 такі: тип системи керування позиційний, числовий; система відліку в абсолютних величинах; число керованих координат до 7; метод програмування — навчання.

Передбачено програмування в кадрі програми одночасно для всіх координат однієї з чотирьох фіксованих швидкостей руху в одній із трьох ступенів точності. Вибір необхідної програми здійснюється за сигналами від об'єктів чи з пульта керування.

Відпрацьовування програми (за наявністю команд безумовного й умовного переходів) за сигналами від об'єктів. Забезпечується виконання програми завантаження-розвантаження тари в декартовій системі координат. Передбачено цифрову індикацію номера зони на магнітній стрічці і кадру (чотири десяткових розряди), а також сигналізація службової інформації.

Обмін технологічною інформацією з маніпулятором і зовнішнім устаткуванням: видача команд по 19 шинах (15 команд із чотирма супровідними ознаками об'єктів); прийом технологічних відповідних сигналів по 15 шинах; прийом сигналів умов виконання програми по 32 шинах; прийом запитів вибору програми від об'єктів керування по чотирьох шинах.

Число тимчасових витримок на відпрацьовування технологічних команд в інтервалі від 0 до 30 с. Тип керованого привода - слідкуючий. Вихідний сигнал на привод — постійна напруга, що змінюється від -10 до +10В, при струмі навантаження 5 мА.

Датчики зворотного зв'язку — синусно-косинусні обертові трансформатори типу СКТД-6465Д. Дискретність по всіх координатах однакова і складає 2^{-15} .

Характеристика розгону -гальмування привода східчаста з числом ступенів гальмування не менше 7, з регулюванням ступенів. Живлення пристрою здійснюється

від трифазної мережі змінного струму напругою 380/220 В плюс 10 мінус 15% з частотою 50 ± 1 Гц, споживана потужність не більш 1,5 кВт.

Контурні керуючі пристрої

При керуванні кліщами по безупинній просторовій траєкторії необхідно забезпечувати також безупинне і синхронне відпрацьовування окремих координат. Існують два основних способи побудови контурних керуючих пристроїв, що відрізняються різним співвідношенням між запам'ятовувальною й обчислювальною частинами пристрою. Перший спосіб ґрунтується на записі інформації про необхідне положення для кожної координати у вигляді безупинної траєкторії. Другий спосіб полягає у записі інформації про положення у вигляді кінцевого числа вузлових (опорних) точок траєкторії і розрахунку безупинної траєкторії між цими точками шляхом інтерполяції за визначеним алгоритмом. У першому випадку в керуючому пристрої відсутні обчислювальні блоки, але необхідний великий запам'ятовуючий пристрій для запам'ятовування всієї траєкторії; в другому — об'єм запам'ятовуючого пристрою для запам'ятовування опорних точок невеликий, але необхідно мати блок розрахунку проміжних ділянок траєкторії (інтерполятор).

На рисунку 8.7 показана схема контурного керування промисловим роботом із записом інформації про положення за першим способом, тобто у вигляді безупинної траєкторії. Уся програмна інформація розміщується централізовано в одному блоці запам'ятовування інформації про послідовність, положення і час. Порівняно невеликі обсяги інформації, необхідні при керуванні промисловими роботами, легко розміщаються в малогабаритних запам'ятовуючих пристроях на магнітних стрічках (роботи „Версатран-500Е” і „Тралфа”) або в малогабаритних нагромаджувачах на магнітних дисках

(робот «Коат-а-Матик»). Навчання роботів з такого типу системами керування здійснюється звичайно переміщенням робочого органа маніпулятора по необхідній траєкторії безпосередньо оператором. Введення інформації при навчанні здійснюється в такій послідовності: оператор-маніпулятор-чуттєві пристрої маніпулятор-пам'ять. При постійній швидкості руху програмоносія інформація про час заноситься в процесі навчання разом з інформацією про положення і послідовність у пам'ять, тому що швидкість відпрацьовування пропорційна величині збільшення між записаними точками. Додаткова інформація про час (темп відпрацьовування траєкторії) може вводиться зміною швидкості руху програмоносія (керуючий пристрій роботів «Версатран-500Е» і «Тралфа»). Блок керування переходами в пристрій даного типу — це привод магнітної стрічки чи диска, що забезпечує рух програмоносія з визначеною швидкістю при відпрацьовуванні траєкторії і звичайні для пристроїв такого типу схеми для відпрацьовування технологічних команд і витримок часу. Додаткове задання інформації про час здійснюється регулюванням швидкості привода програмоносія (пульт керування — блок запам'ятовування інформації про час — тимчасовий пристрій).

Блок керування положенням контурного керуючого пристрою виконується у вигляді блока безупинного позиціонування, що забезпечує відпрацьовування інформації про положення в слідкуючому режимі і блока керування «ввімкнене -вимкнене». Блок безупинного позиціонування містить у собі схему порівняння заданих і поточних значень координат або схему видачі дозованих керуючих впливів (у випадку крокового привода). Для відпрацьовування траєкторії блок безупинного позиціонування повинен формувати

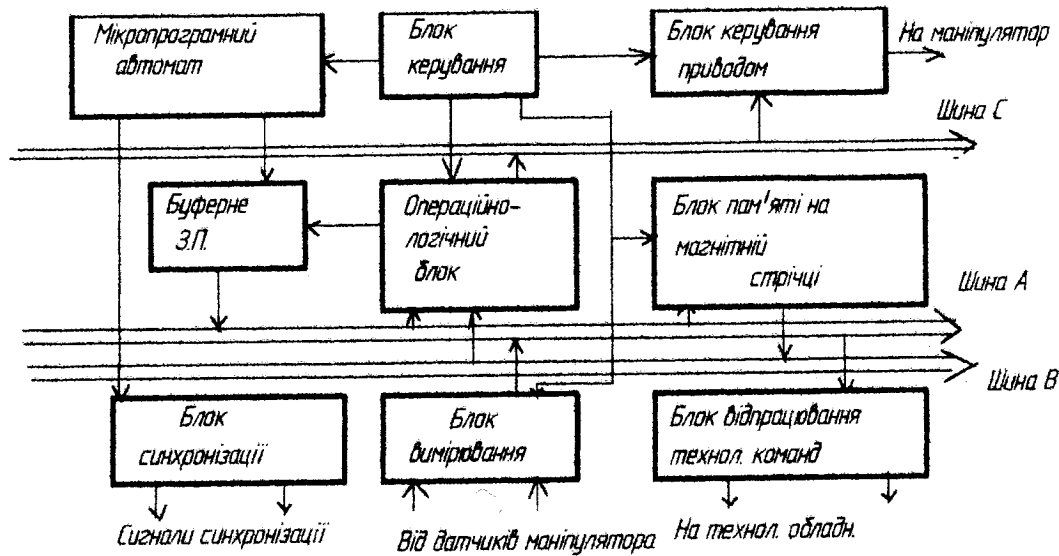


Рисунок 8.6 — Схема уніфікованого керуючого пристрою промисловим роботом

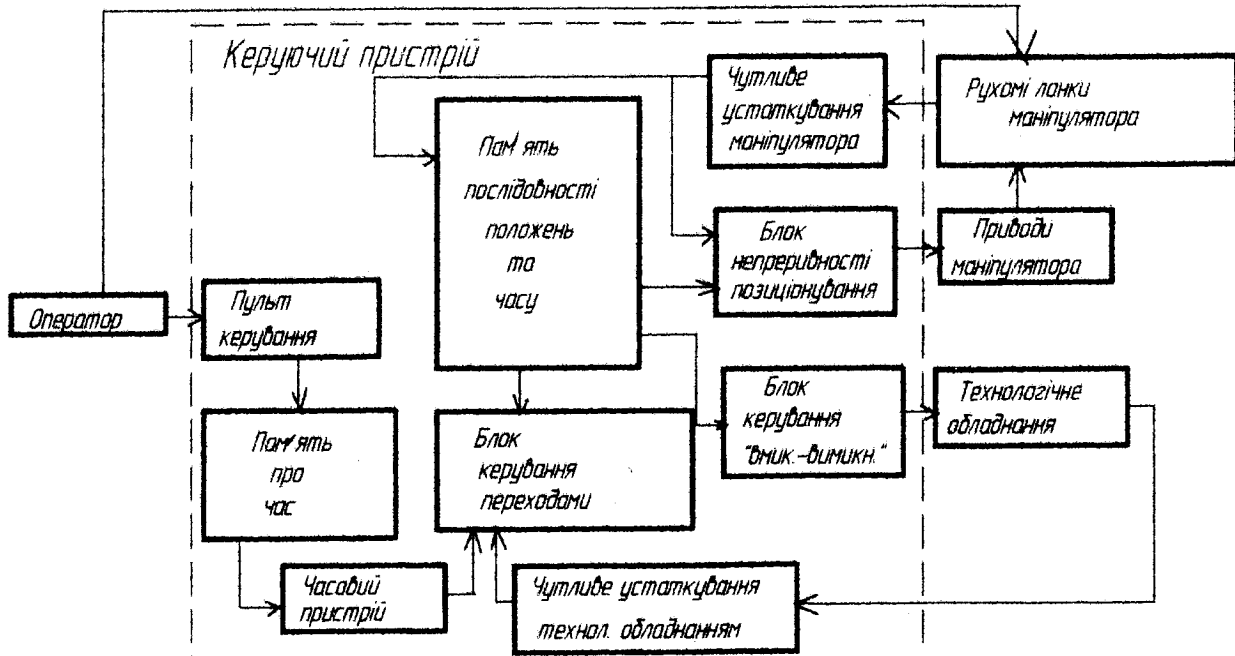


Рисунок 8.7—Схема контурного керування промисловим роботом із запису інформації про положення у вигляді неперервної траєкторії

безупинні керуючі впливи на приводи ланок маніпулятора.

На рисунку 8.8 показана блок-схема керуючого пристрою промислового робота «Коат-а-Матик», призначеного для нанесення покриттів і фарбування методом розпилення. Пристрій складається з шести аналогічних каналів позиціонування ланок робота. Кожен канал містить сервопідсилювач і плату координати. Керуючі сигнали надходять на електрогідравличний клапан. Сигнали про положення ланки надходять на вхід сервопідсилювача з датчика положення (потенціометр). Програмна інформація зберігається на диску, зв'язаному з платами координат через формувач сигналів. Пристрій містить блок командної логіки. Блок зв'язаний з панеллю керування, на якій задаються режими роботи пристрою й інша командна інформація, індукується стан пристрою і робота. Блок також приймає сигнали від зовнішніх пристроїв. Блок керування даними забезпечує порозрядну передачу інформації між платами координат і диском. Блок контролю логіки синхронізує роботу вузлів. При навчанні робота оператор проводить кліщі з розпилювачем по бажаній траєкторії, і сигнали координат траєкторії у вигляді напруг з датчиків (від 0 до 10 В) перетворюються в цифровий код і записуються в платах координат по всіх ступенях рухливості. Цифрові коди з плат координат порозрядно подаються на формувач і листуються на диск. Таким чином, формується програма переміщення маніпулятора у вигляді безупинної послідовності точок траєкторії. Одночасно задаються команди на включення розпилювача і блокування технологічного устаткування.

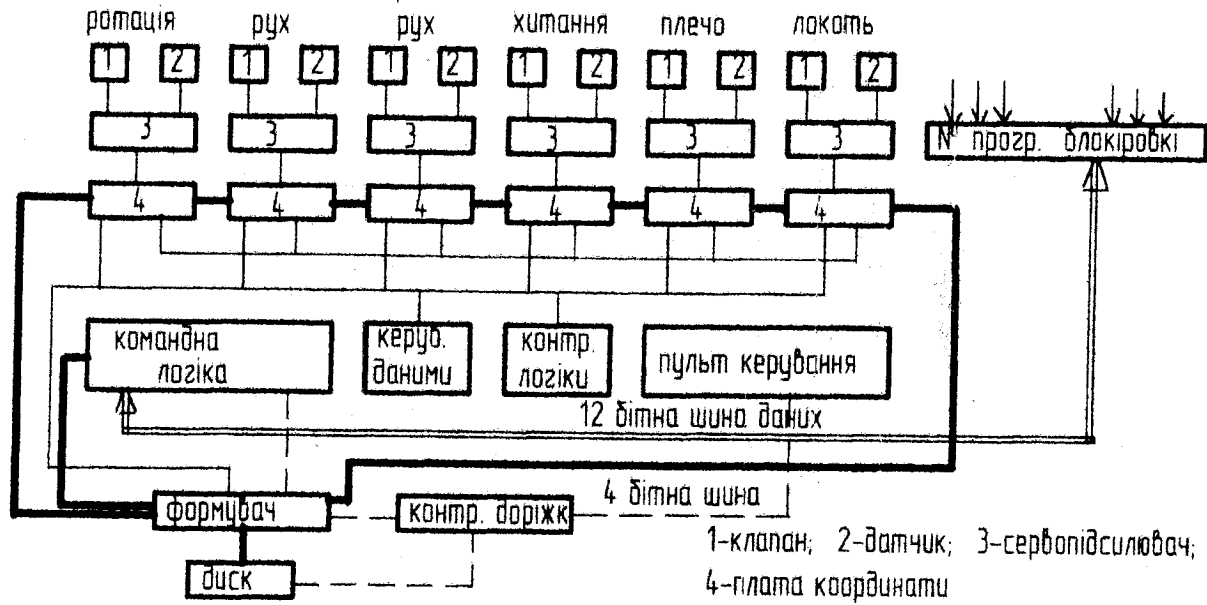


Рисунок 8.8 — Сема керуючого пристрою робота "Кoot-а-Матик"

У режимі «Відтворення» значення координат точок траєкторії зчитуються з диска на формувач і порозрядно листуються на плати координат. Як датчики положення використані десятирозрядні кодові датчики з додатковою доріжкою для вироблення сигналу швидкості (4096 імпл/с). Основне застосування системи керування контурного типу (рисунок 8.9) — це використання робота не для обслуговування технологічного устаткування, а при виконанні ним самим основної технологічної операції (наприклад, нанесення покриття, виконання дугового зварювання, газове різання та ін.). Залежно від виду технологічного процесу керуючий пристрій повинен чи забезпечувати високу точність відпрацьовування траєкторії при досить малих робочих швидкостях (наприклад, для дугового зварювання) чи, навпаки, великі робочі швидкості при відносно невисоких вимогах до точності і відпрацьовування траєкторії (наприклад, при нанесенні покриття методом розпилювання).

Провідну роль у роботизованому технологічному комплексі відводять роботу, тому керуючий пристрій промислового робота забезпечує синхронізацію роботи маніпулятора й устаткування, що обслуговується, шляхом обміну відповідними сигналами. Технологічні команди, видавані керуючим пристроєм, включають і виключають устаткування, що обслуговується, його окремі вузли і допоміжні механізми. Для забезпечення надійної взаємодії робота й устаткування керуючий пристрій звичайно продовжує відтворення програми тільки після надходження сигналів, що підтверджують спрацьовування механізмів.

Крім того, керуючий пристрій промислового робота приймає також ряд сигналів, що блокують аварійні ситуації (сигнали від захисного огородження, сигнали заборонених позицій маніпулятора і т.д.).

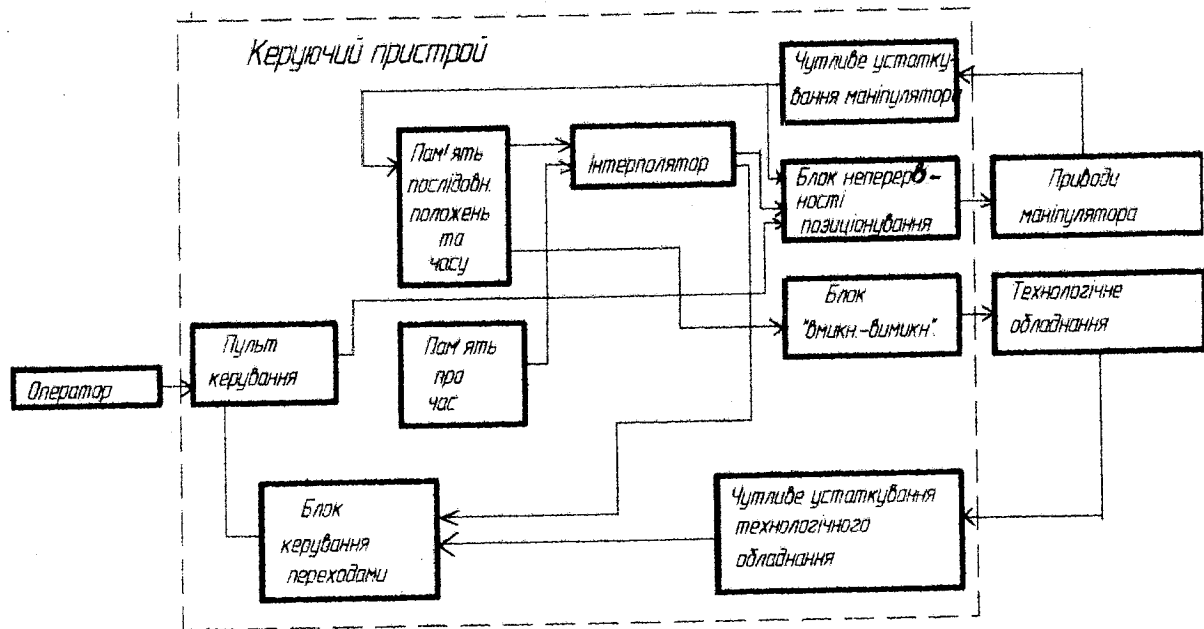


Рисунок 8.9 — Схема контурного керування з інтерполятором

Усі ці заходи в комплексі дозволяють забезпечити надійну роботу технологічного комплексу з промисловим роботом.

Зв'язок робота з технологічним устаткуванням

Умови експлуатації промислового робота в комплексі з іншим технологічним устаткуванням завжди вимагають застосування спеціальних заходів, що забезпечують їхню синхронну роботу і безпеку обслуговування.

Провідна роль у комплексі машин, що працюють разом, завжди відводиться роботу. З цією метою в його системі керування передбачається можливість видачі на зовнішнє устаткування серії команд, за допомогою яких і забезпечується синхронність роботи всього комплексу машин. Ці команди можна поділити на дві групи:

— команди на включення раніше відключених керуючих пристроїв зовнішнього технологічного устаткування, з поданням яких автоматично переривається відтворення роботою заданої програми до надходження в його систему керування сигналів, що підтверджують, що подані команди виконані технологічним устаткуванням;

— команди на включення раніше відключених керуючих пристроїв зовнішнього устаткування, подання яких не перериває відтворення роботою заданої програми.

Кількість команд, необхідних для зв'язку робота з іншим устаткуванням, визначається вимогами технологічного процесу і становить звичайно не менше 2 (у найпростіших випадках), але може досягати 15 — 20 (наприклад, при обслуговуванні одним роботом групи багатокординатних фрезерних верстатів із ЧПК).

Вибір виду команди (що потребує підтвердження виконання для продовження роботою заданої програми чи не потребує підтвердження виконання з боку зовнішнього устаткування) цілком визначається конкретними умовами і

вимогами безпеки експлуатації всього комплексу устаткування

Технологічне устаткування (особливо універсальне, яке вже перебуває в експлуатації), як правило, не пристосовано для стикування з роботом без відповідної модернізації. Необхідна модернізація містить у собі виведення на зовнішній розподільний пристрій ланцюгів, включення і відключення устаткування, установку додаткових датчиків для контролю положення його рухливих робочих органів, механізацію й автоматизацію операцій, що до стикування з роботом здійснювалися оператором вручну (наприклад, затиск і розтиск патрона на токарному верстаті) і ряд інших робіт.

При стикуванні робота з конкретним верстатом чи пресом або з іншим устаткуванням одна з команд, що вимагає підтвердження виконання, використовується для контролю готовності устаткування до взаємодії з роботом. За її допомогою перевіряється перебування всіх робочих органів устаткування (наприклад, затискної бабки верстата чи повзуна преса) у вихідному положенні, що гарантує безпеку обслуговування при переміщенні руки робота в робочу зону

Як приклад розглянемо використання команд на технологічне устаткування робота УМ-1 при обслуговуванні роботом одного токарного напівавтомата з програмним керуванням:

- команда 1 — перевірка готовності верстата до взаємодії з роботом (шпиндель верстата не обертається, супорти розведені, кулачки патрона затиснуті, перемикач на пульті керування верстата перебуває в положенні «автоматичне керування», насосна станція включена);
- команда 2 — розтиск патрона;
- команда 3 — затиск патрона;
- команда 4 — пуск верстата.

У випадку стикування робота УМ-1 одночасно з двома токарними напівавтоматами встановлюється спеціальний розподільний пристрій, що здійснює подачу зазначених вище команд до того чи іншого верстата. Для того щоб такий розподіл команд виявився можливим, на додаток до перелічених команд із пульта керування робота подаються команди «верстат 1» чи «верстат 2».

Побудова ланцюгів логічних елементів, що забезпечують подачу команд на технологічне устаткування і приймання сигналів про їх виконання, визначається структурою й елементною базою системи керування робота.

На рисунку 8.10 для прикладу показана схема подання однієї команди на технологічне устаткування і приймання сигналу про її виконання, яка використана в системі керування робота УМ-1.

Схема складається з логічних елементів «ИЛИ — НЕ» (Л1—Л4).

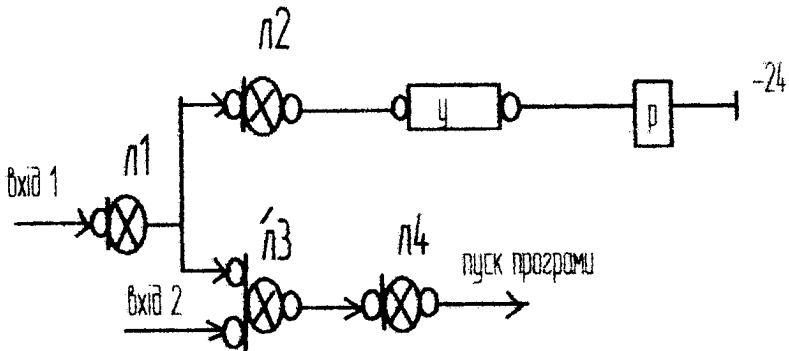


Рисунок 8.10

Сигнал «1» про подання команди на технологічне устаткування надходить із зчитувача перфострічки на «Вхід 1» схеми. Через логічні елементи Л1 і Л2 і

підсилювач У сигнал «І» подається на котушку реле Р, що, спрацювавши, замикає свій нормально відкритий контакт, з'єднаний кабелем із системою керування технологічного устаткування. Одночасно через логічні елементи Л1, Л3 і Л4 сигнал з перфострічки передається в ланцюг пуску програми системи керування робота, причому на виході елемента Л4 сигнал міняється з «І» на «0», тим самим «забороняючи» введення наступного кадру перфострічки.

Система керування робота побудована таким чином, що при одночасній подачі декількох команд на технологічне устаткування введення наступного кадру перфострічки можливе лише після надходження сигналів про виконання всіх одночасно поданих команд.

Конструкції систем керування промисловими роботами дуже швидко розвиваються і постійно удосконалюються, тому що без цього неможливе подальше розширення області раціонального застосування і підвищення ефективності робіт.

Розділ 9

Автоматизовані системи централізованого керування ділянками верстатів із ЧПК

Загальні поняття про автоматизовані системи централізованого керування

Створення автоматизованих систем централізованого керування ділянками верстатів із ЧПК є якісно новим етапом автоматизації машинобудівного виробництва. Ці системи керування є основою автоматизованих виробництв, дозволяють різко підвищити продуктивність праці і перейти до виробництв із "безлюдною технологією". Питаннями створення автоматизованих систем централізованого керування ділянками верстатів із ЧПК у всіх промислово розвинутих країнах стали займатися в 60-ті роки ХХ ст. У Радянському Союзі в цьому напрямку велика робота проводилася в ЕНІМСе, у ряді вищих навчальних закладів і промислових підприємств. Причому робота проводилася як по лінії дослідно-конструкторських розробок, так і по лінії узагальнення і створення наукових основ проектування.

Перша вітчизняна система централізованого керування була виготовлена і здана в експлуатацію в 1972р. Вона призначалася для керування автоматизованою ділянкою АУ-1, для обробки деталей типу тіл обертання. Будучи першою досвідченою системою подібного типу, у 1972-1975рр. ця система керування удосконалилася. У 1974 р. була запущена в експлуатацію система централізованого керування автоматизованим виробництвом типу АП-1, призначеним для обробки корпусних деталей. Введення в будову автоматизованого виробництва типу АП-1 стало новим кроком у створенні систем керування від ЕОМ. В наступні роки були запущені в експлуатацію кілька систем централізованого керування, деякі з них мали електронні обчислювальні машини серії СМ і мікроЕОМ.

Автоматизована система централізованого керування

(АСЦК) - це комплекс металорізального устаткування з ЧПК й інших пристроїв, зв'язаний єдиною автоматизованою транспортно-складською системою і керований від ЕОМ з відповідним інформаційним і програмним забезпеченням. ЕОМ в АСЦК забезпечує керування ділянкою верстатів із ЧПК на основі централізовано оброблюваної інформації з заданих технологічних і техніко-економічних критеріїв, визначає кількісні і якісні результати роботи ділянки, підготує інформацію і вирішує ряд організаційно-економічних задач.

Автоматизовані системи централізованого керування являють собою особливий клас АСКТП і керують як технологічними процесами (наприклад, розрахунок керуючих програм, накопичування в пам'яті ЕОМ, бібліотеки керуючих програм, видача програм для агрегатів та ін.), так і виробництвом (наприклад, планування виробництва, видача диспетчерських указівок на робочі місця, збір і збереження даних про хід виробництва та ін).

Характерною рисою АСЦК є багаторанговий (ієрархічний) принцип виконання обчислювально-логічних операцій. При цьому пристрої більш високих рангів керують пристроями більш низьких рангів. Досвід побудови автоматизованих систем централізованого керування показує, що число рівнів (рангів) ієрархії доцільно обмежувати двома-трьома. ЕОМ верхнього рівня поєднує окремі підсистеми в єдине ціле, здійснює керування і координує їх діяльність, виконує ряд інших операцій (наприклад, розрахунок і редагування програм керування та ін.), про які буде сказано нижче. ЕОМ верхнього рівня працює тільки з ЕОМ чи іншими електронно-обчислювальними пристроями нижнього рівня, не керуючи безпосередньо устаткуванням.

До нижчого рівня керування системи звичайно відносять різні засоби з автономними пристроями ЧПК, що

формують у реальному масштабі часу сигнали керування приводами верстатів.

Автоматизовані системи централізованого керування ділянками верстатів із ЧПК можна поділяти за рядом ознак. Найбільше доцільно їх поділяти за такими ознаками: цільовим призначенням і принципом побудови.

За цільовим призначенням їх можна поділити на такі типи:

- автоматизовані системи централізованого керування ділянками верстатів із ЧПК типу АСК (автоматизовані верстатні для тіл обертання), тобто ділянок, використовуваних для обробки деталей типу тіл обертання, такі системи керування будемо іменувати АСЦК 1-го типу;

- автоматизовані системи централізованого керування ділянками верстатів із ЧПК типу АСК (автоматизовані верстатні для корпусних деталей), тобто ділянок, використовуваних для обробки корпусних деталей; такі системи керування будемо іменувати АСЦК 2-го типу.

Автоматизовані системи централізованого керування 2-го типу в порівнянні з АСЦК 1-го типу характеризуються рядом особливостей. Наприклад, вони керують більш складним металорізальним устаткуванням (багатоопераційними верстатами з ЧПК), мають високої складності програму керування (до 2000 кадрів) і повинні забезпечувати обробку деталей тривалої обробки (до декількох годин).

За принципом побудови АСЦК поділяються на системи (рисунок 9.1):

- з однією центральною керуючою ЕОМ (рисунок 9.1 а);
- з двома центральними керуючими ЕОМ (рисунок 9.1 б);
- з однією центральною керуючою ЕОМ і декількома мікроЕОМ (рисунок 9.1 в).

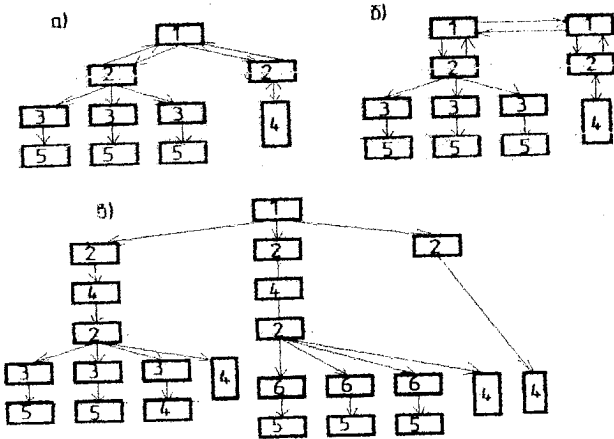


Рисунок 9.1—Схеми керування автоматизованими ділянками:

- а)-з однією керуючою ЕОМ; б)-з двома керуючими ЕОМ;
 в)-з однією центральною керуючою ЕОМ і декількома мікроЕОМ; 1-центральні керуючі ЕОМ; 2-пристрої сполучення; 3-пристрій ЧПК; 4-дисплей; 5 верстати

Структурна схема АСЦК з однією ЕОМ використовується одночасно для збереження, збору і переробки інформації і для керування технологічним обладнанням. Така схема побудови АСЦК характеризується малими фінансовими витратами, але потребує велику надійність роботи обчислювальних засобів. Кількість керованих металорізальних верстатів при цьому повинна визначатися з урахуванням потужності ЕОМ, типу пристрою ЧПК і ряду інших факторів.

На практиці досить часто будують АСЦК за схемою, наведеною на рисунку 9.16. У цій системі на ЕОМ 1 покладені функції керування технологічним обладнанням, на ЕОМ 2 - інформаційно-управлінські задачі. Обчислювальні машини, як правило, поєднуються лінією зв'язку і мають доступ до загальної пам'яті. Це дозволяє більш гнучко будувати системи з великою кількістю

технологічного обладнання. Розглянута система є досить надійною, але більш дорогою через введення в контур керування додаткової ЕОМ.

В наш час широко використовуються ЕОМ на мікропроцесорах (мікроЕОМ). МікроЕОМ мають низьку вартість і дають можливість будувати системи централізованого керування з поділом функцій більш економічним шляхом. АСЦК, побудована з використанням мікроЕОМ, зображена на рисунку 9.1в. У цій системі верхній ранг керування містить велику ЕОМ і мікроЕОМ. Велика ЕОМ виконує функції центральної ЕОМ, а мікроЕОМ здійснює керування металорізальними верстатами з ЧПК. Такий принцип побудови систем відрізняється великою надійністю, економічністю, дозволяє розширити функціональні можливості системи, наприклад, з'являється можливість здійснювати діагностику роботи ЕОМ, периферійного устаткування, пристроїв ЧПК верстатів та ін. Якщо при цьому пристрої ЧПК металорізального устаткування будуються теж на базі мікроЕОМ, то вдається виконувати ряд додаткових задач, наприклад, виконувати усі види інтерполяції, вносити в програму керування додаткові кадри, здійснювати корекцію геометрії інструмента і режимів обробки, вводити компенсацію похибки кінематичних ланцюгів верстата, змінювати функції пристрою ЧПК за рахунок коректування програмного забезпечення.

В автоматизованих системах централізованого керування можна виділити три взаємозалежних технологічних процеси: механічну обробку деталей на ділянках верстатів із ЧПК, а також ділянках верстатів із застосуванням промислових роботів; складування і транспортування заготовок, деталей, пристосувань, інструмента до робочих місць і на склад; оперативне керування виробництвом і диспетчеризацію.

Відповідно до трьох взаємозалежних технологічних процесів в АСЦК можна виділити три підсистеми групового керування верстатами з ЧПК, що ще може

називатися підсистемою прямого ЧПК чи підсистемою ЧПК типу DNC; автоматизовану транспортно-складську; оперативного керування і диспетчеризації.

Автоматизовані системи централізованого керування автоматизованими ділянками типу АСВ і АСК

Автоматизована система централізованого керування автоматизованою ділянкою типу АСК-10 використовується для керування всім його технологічним устаткуванням і пристроями.

Структурна схема одного з останніх варіантів і деяких даних систем наведені на рисунку 9.1 і в таблиці 9.1. АСЦК виконана у вигляді дворівневої (дворанговий) системи керування на базі однієї ЕОМ моделі М-6000, оснащеної магнітним диском, графічним і алфавітно-цифровим дисплеями, графопобудовником та іншими пристроями. Програмне забезпечення системи написано мовою Фортран-IV має обсяг 0,8 Мбайт і поділяється на три підсистеми: підсистему оперативного-виробничого планування, підсистему автоматичної підготовки програм і підсистему прямого (оперативного) керування технологічним устаткуванням.

ЕОМ верхнього рівня в короткому викладі призначається для виконання функції оперативного керування і диспетчеризації, технологічної підготовки виробництва й оперативного керування технологічним устаткуванням (разом з нижчим рівнем керування). У більш розгорнутому вигляді ЕОМ верхньої ланки використовується для розв'язання таких задач: керування виробництвом, розрахунку, редагування і збереження керуючих програм, видання диспетчерських вказівок на робочі місця, збору і збереження даних про хід виробництва, керування разом з обчислювальними пристроями нижчих рівнів технологічним устаткуванням та іншими пристроями.

Нижній рівень керування системи складається з ряду підсистем і здійснює пряме керування металорізальними верстатами з ЧПК, складом заготовок і пристосувань, складом інструмента, контрольно-виміральною машиною та іншими пристроями. Кожна з цих підсистем є досить складною.

Для нас найбільше значення має підсистема групового керування верстатами з ЧПК. Ця підсистема базується на пристрої ЧПК моделі "Розмір-4", що встановлюється біля кожного верстата (а на ділянці типу АСК-10 розміщується 6 верстатів) і здійснює пряме керування. Пристрій ЧПК моделі "Розмір-4" функціонує в режимі введення-виведення керуючих програм, може здійснювати корекцію і редагування програми, інтерполяцію, позиціонування та ін. Керуюча інформація в цьому випадку передається з пам'яті ЕОМ верхнього рівня в пристрій ЧПК моделі "Розмір-4" і потім на слідкуючі приводи металорізальних верстатів. Більш докладно пристрій ЧПК моделі "Розмір-4" було описано в розділі 4. Розглянута система керування має достатню надійність. При виході з ладу центральної ЕОМ ділянка може функціонувати від пристроїв ЧПК моделі "Розмір-4", але з меншим ступенем автоматизації.

Останніми роками структура автоматизованої системи централізованого керування ділянкою типу АСК-10 дороблена. У неї додатково включена мікроЕОМ "Електроніка-60". Такий варіант був апробований і показав достатню надійність та ефективність. Автоматизована система централізованого керування автоматизованою ділянкою типу АСК-10 забезпечує роботу ділянки в декількох режимах, наприклад, в автоматичному від ЕОМ, від диспетчерського пульта. Від диспетчерського пульта можуть здійснюватися переключення режимів роботи, пуск і зупинення підсистеми групового керування, зв'язок з ЕОМ верхнього рівня та ін.

Автоматизована система централізованого керування автоматизованою ділянкою типу АСВ-21 призначена для керування всіма необхідними його операціями.

Структурна схема системи нагадує схему, зображену на рисунку 9.1 в, а деякі характеристики системи наведені в табл. 9.1. Система створена за схемою дворівневої системи централізованого керування на базі центральної ЕОМ М-6000 і мікроЕОМ "Електроніка-60". Програмне забезпечення має обсяг близько 0,7 Мбайта, написано на алгоритмічних мовах Фортран-1У і Асемблер та поділяється на такі три підсистеми: оперативно-виробничого планування, автоматичної підготовки керуючих програм і прямого оперативного керування металорізальними верстатами. ЕОМ верхнього рівня виконує усі функції центральної керуючої обчислювальної машини, викладені при описі АСЦК ділянкою АСК-10. Але на відміну від описаної системи вона має велику бібліотеку керуючих програм. Їх кількість досягає декількох сотень. Така велика кількість керуючих програм обумовлюється специфікою роботи ділянки типу АСВ-21.

Керуюча інформація з ЕОМ моделі М-6000 передається по каналах зв'язку в мікроЕОМ "Електроніка-60" цілком усією програмою (а не окремими кадрами) і запам'ятовується в машині. МікроЕОМ "Електроніка-60" має свою оперативну пам'ять і може протягом необхідного часу зберігати до 20 керуючих програм середньої складності. Наявність у мікроЕОМ "Електроніка-60" свого банку програм дозволяє їй у якомусь ступені працювати незалежно від центральної ЕОМ, що підвищує надійність керування ділянкою. Число мікроЕОМ у даній системі керування дорівнює числу керованих металорізальних верстатів у робочій зоні ділянки. Кожна мікроЕОМ зв'язана зі своїм пристроєм ЧПК верстата. З його допомогою вона здійснює пряме керування металорізальним верстатом.

Як пристрої ЧПК використовуються шість контурних пристроїв моделі Н22-2М (для токарних верстатів) і три контурних пристрої моделі Н33-2М (для свердлильно-фрезерних верстатів). Система керування ділянкою

АСВ-21 не вимагає великих фінансових затрат, має велику надійність і може забезпечувати роботу ділянки у випадку виходу з ладу центральної ЕОМ. Останніми роками був уведений ряд нових автоматизованих ділянок, наприклад АСВ-22, АСК-11, АСК-20 та ін. Короткі характеристики автоматизованих систем централізованого керування цих ділянок наведені в табл. 10.1.

Системи групового керування металорізальними верстатами з ЧПК

Системи групового керування є найбільш важливою частиною автоматизованих систем централізованого керування й більшою мірою визначають їх структуру й особливості функціонування. Системи групового керування призначені для безпосереднього керування групою верстатів із ЧПК. Ці системи, як було сказано вище, ще називаються системами DNC. Вони можуть мати і самостійне значення, якщо вони створюються для керування верстатами, не зв'язаними автоматичним транспортом. Але найчастіше системи групового керування є частиною автоматизованої системи централізованого керування.

Системи групового керування поділяють на три типи.

У системах групового керування 1-го типу (рисунком 10.2) у кожного керуваного верстата встановлюється пристрій ЧПК зі своїм інтерполятором, інтерфейсом і зчитувачем з перфострічки. Керування групою верстатів здійснюється від однієї ЕОМ, і керуюча інформація при цьому передається паралельно на кожен верстат, керований як самостійний об'єкт. При цьому керувані верстати можуть належати до різних груп.

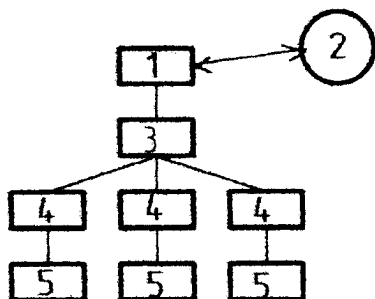


Рисунок 9.2 — Схема системи групового керування першого типу; 1-керуючий обчислювальний комплекс; 2-магнітний диск; 3-проміжний пристрій керування; 4-ЧПК с інтерполятором; 5-верстати

Розглянута схема побудови системи групового керування відрізняється гнучкістю і надійністю (тому що при виході з ладу центральної ЕОМ верстати можуть працювати від перфострічки), але вимагають великих фінансових затрат. Ця схема застосовувалася на першому етапі створення автоматизованих систем централізованого керування, але в якомусь ступені вона може використовуватися і в наш час у зв'язку з появою більш дешевих обчислювальних засобів.

При створенні таких систем групового керування завжди виникає питання про вибір максимального числа керованих верстатів. Це питання розглядається на основі використання теорії масового обслуговування. Були виведені визначені формули, відповідно до яких побудований графік (рисунок 9.3), що встановлює залежність середнього часу перебування вимоги в мережі t_c від числа верстатів $N_{ст}$ і величини буферної зони D , виділеної для передачі керуючої програми з оперативної пам'яті ЕОМ на верстати. Таким чином, задаючи мінімально допустимий час відпрацювання kadру, з рисунку 10.3 можна визначити можливість підключення до ЕОМ необхідного числа верстатів із ЧПК.

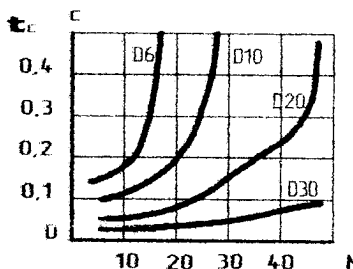


Рисунок 9.3 — Залежність середнього часу перебування в мережі від кількості верстатів та величини буферної зони

Системи групового керування 2-го типу можуть бути двох різновидів.

Перший різновид виконується з деяким поділом функції інтерполяції. При цьому тонка інтерполяція виконується пристроєм ЧПК, встановленим у верстата, а груба інтерполяція здійснюється математичним забезпеченням центральної ЕОМ.

Другий різновид виконується таким чином, що основна частина пристрою ЧПК розміщується окремо від технологічного обладнання в безпосередній близькості від центральної ЕОМ, а на верстаті залишаються тільки пристрої керування приводом. Найбільшого поширення набув другий різновид. ЕОМ у розглянутій системі групового керування забезпечує збереження і покадрове видання керуючої інформації на верстата, звичайно через інтерполятори. Останні перетворюють керуючу інформацію в унітарний код і передають її в пристрій керування верстатом. Комплекс пристроїв ЧПК,

установлений біля центральної ЕОМ, виконує функції багатопрограмного інтерполятора. Число інтерполяторів може дорівнювати чи бути меншим від числа керованих верстатів. Їх число визначається режимом роботи системи групового керування. За даною схемою була побудована система групового керування першої вітчизняної автоматизованої ділянки АУ-1, де було всього два інтерполятори на десять верстатів. Причому кожен верстат міг через комутатор приєднуватися до будь-якого інтерполятора.

У практиці побудови систем групового керування 2-го типу спостерігаються випадки, коли сукупність інтерполяторів замінюється одним багатопрограмним інтерполятором, що працює в режимі поділу часу. Розглянута система групового керування порівняно із системою 1-го типу більш економічна і має достатню надійність. За цією схемою побудовано ряд вітчизняних ділянок, керованих або тільки від центральних ЕОМ, або з додаванням мікроЕОМ.

Одним з найважливіших питань, розв'язуваних на стадії проектування автоматизованих систем централізованого керування і систем групового керування, є оптимальний розподіл пам'яті ЕОМ і, зокрема, вибір оптимального розміру буферної зони в оперативній пам'яті ЕОМ, необхідній для передачі інформації з магнітного диска на кінцеві пристрої. Це питання можна розглянути на прикладі системи групового керування 2-го типу (рисунок 10.4), сформулювавши задачу в такий спосіб: знайти таке $V_{\text{опт}} = D_{\text{опт}} \ell$ (де $V_{\text{опт}}$ - оптимальна величина буферної зони, виділювана для кожного інтерполятора; $D_{\text{опт}}$ - оптимальне число кадрів, передане за одну вимогу; ℓ - середня довжина кадру керуючої програми), щоб вартість сумарних витрат основних ресурсів ЕОМ (тобто вартість оперативної пам'яті і процесора ЕОМ) була мінімальною.

У цих системах керуюча програма для верстатів із ЧПК зберігається на магнітному диску, а функція центральної ЕОМ насамперед зводиться до покадрової передачі

керуючої програми з оперативної пам'яті на верстати при надходженні від них вимог. Запити на передачу нового кадру виникають після відпрацювання пристроєм ЧПК попереднього кадру. Використовуючи для розв'язання поставленої задачі теорію масового обслуговування, було виведене рівняння, що погоджує витрати на обслуговування заявок у процесорі і магнітному диску

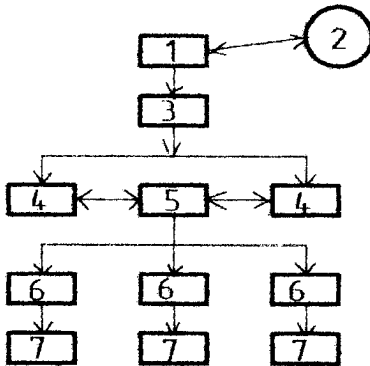


Рисунок 9.4 — Схема системи групового керування 2-го типу: 1-керуючий обчислювальний комплекс; 2-магнітний диск; 3-пристрій сполучення; 4-інтерполятори; 5-комутатор; 6-спроцесні ЧПК; 7-верстати

Залежно від числа кадрів у буферній зоні і деяких інших параметрів:

$$F(D) = \left[\frac{(D+1)t_{1k}}{Dt_{1k} - (D+1)t_{2k}} + \frac{(t_{3n} + Dt_{3c})t_{1k}}{Dt_{1k} - (t_{3n} + Dt_{3c})} \right],$$

де $F(D)$ — витрати на обслуговування заявок у процесорі й у магнітному диску (в умовних одиницях); C — питомі витрати на обслуговування заявок у процесорі і магнітному диску залежно від числа інтерполяторів M (їх число може дорівнювати або бути меншим від числа керованих верстатів); D - число кадрів у буферній зоні для передачі частини керуючої програми; t_{1k} - середній час,

відпрацьовування кадру в інтерполяторі; t_{2k} - середній час затрачуваний процесором на передачу кадру керуючої програми; t_{3n} - середній час пошуку інформації в магнітному диску при обслуговуванні вимоги; t_{3c} - середній час зчитування з магнітного диска в оперативну пам'ять одного кадру керуючої програми.

Система групового керування 3-го типу

характеризується тим, що в ній цілком відсутні проміжні пристрої, зв'язані з інтерполяцією. Функції розрахунку керуючих програм, включаючи й інтерполяцію, виконання якої раніше було властиве індивідуальним пристроям ЧПК, виконує центральна ЕОМ. Роль малої ЕОМ у даній системі групового керування (рисунок 9.5.) виконує багатопрограмний інтерполятор, що працює в режимі поділу часу. Він виконує функції збереження програм (за допомогою магнітного диска), перетворення кодів і розподілу керуючої інформації між верстатами. У зоні верстатів залишаються лише пристрої, необхідні для керування приводами верстатів, і пристрої зворотного зв'язку. Канал зв'язку інтерполятора і пристроїв верстатного керування оснащений твердою системою контролю. Система групового керування 3-го типу не вимагає великих фінансових витрат, дозволяє істотно спростити пристрої верстатного керування і є перспективною системою.

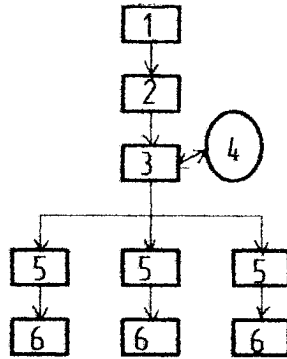


Рисунок 9.5 — Схема системи групового керування 3-го типу: 1-керуючий обчислювальний комплекс; 2-пристрій сполучення; 3-багатoproграмний інтерполятор; 4-магнітний диск; 5-спрощені ЧПК; 6-верстати

Таблиця 9.1— Характеристика побудованих ділянок з керуванням від ЕОМ

Тип ділянки	Схема побудови системи	Модель ЕОМ	Модель ЧПК	Металорізальні верстати		
				модель	число верстатів однієї моделі	загальне число верстатів ділянки
АСВ-21	З однією ЕОМ та мікроЕОМ	М-6000 Електроніка-60	H22-2М	1725МФ3	6	9
АСК-22			H22-2М	1725МФ3	12	12
АСК-10			Розмір-4М	МА690ПМ	6	6
АСК-11			Також	ГФ1880	2	2
АСК-20	З однією ЕОМ	СМ-4 або СМ2	CNC	ИР800МФ4	5	5
АСК-30	Також		H55-2	ЛР353Ф2	2	2
АСВ-20	З двома ЕОМ	М-6000	H22-2М	1713МФ3	6	6

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гусев И.Т. и др. Устройства числового программного управления: Учеб. пособие для техн. вузов. - М.: Высш. шк., 1986. -296 с.
2. Карпенко Б.К. и др. Шаговые электродвигатели. - Киев: Техніка, 1972. - 216 с.
3. Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ и станочные комплексы. Киев-Тернополь: ПП „Гнозис”, 2000. - Часть 11- 343 с.
4. Кошкин В.Л. Аппаратные системы числового программного управления. - М.: Машиностроение, 1989. -248 с.
5. Лещенко В.Л. Гидравлические следящие приводы станков с программным управлением. -М.: Машиностроение, 1975. - 288 с.
6. Михеев Ю.Е., Сосонкин В.Л. Системы автоматического управления станками. -- М.: Машиностроение, 1978. - 264 с.
7. Ратмиров В.А. и др. Повышение точности и производительности станков с программным управлением. - М.: Машиностроение, 1970. - 343 с.
8. Устройство промышленных роботов/ Е.И. Юревич, Б.Г. Аветиков, О.Б. Корытко и др. - Л.:Машиностроение; Ленингр. отделение, 1980. -333 с.,ил.

Навчальне видання

Сєдінкін Леонід Михайлович

**Системи керування верстатами та верстатними
комплексами**

Навчальний посібник
для студентів спеціальності
„Металорізальні верстати та системи”
денної та заочної форм навчання

Відповідальний за випуск
Відповідальний редактор
Редактори :
Комп'ютерна верстка

В.О.Залога
С.М. Симоненко
Н.В. Лисогуб, Т.Г. Чернишова
Л.М. Сєдінкіна

Підп. до друку 09.02.2005. Ум.фарбовідб. 13,5.
Наклад 100 прим. Формат 60×84/16.
Вид. № 139. Замовлення № 54 .

Обл.-вид.арк. 10,29.
Ум.друк.арк. 22,56.

Вид-во СумДУ. Р.с.№ 34 від 11.04.2000 р.
40007, м.Суми, вул.Римського-Корсакова,2

Друкарня СумДУ. 40007, м.Суми, вул.Римського-Корсакова, 2