

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ КРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота бакалавра
Система програмного керування технологічним процесом

Виконавець,
студент гр. ЕІ-81к

Є.В. Папірний

Керівник,
к.т.н., викладач

В.І. Васильєв

2022

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження дипломної роботи є впровадження сучасних технологій у виробничих отраслях і зокрема комп'ютеризованих систем керування складними електромеханічними системами.

Мета роботи полягає у вивченні сучасних керуючих систем і тенденцій їх розвитку для створення сучасних виробничих технологій.

При виконанні роботи досліджувався сучасний стан технологічних процесів, виконавчиз і сенсорних (датчики) пристроїв, комп'ютерних інтерфейсів і програмного забезпечення, методів програмного керування системами через цифроаналогові пристрої.

У результаті проведених досліджень встановлено, що комп'ютерні технології широко застосовуються не тільки в процесі проектування складних систем, але і для удосконалення автоматизованих виробництв і керування робото технічними технологіями. Таки серійні системи успішно використовуються в розвинутих світових компаніях.

Робота викладена на 36 сторінках, у тому числі включає 9 рисунків, 3 таблиць, список цитованої літератури із 15 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: програмне керування, електромеханічні системи, гнучки виробництва, електроприводи, комп'ютеризовані системи, інтерфейси, периферійні модулі.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 СИСТЕМИ ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ	4
1.1 Структура і елементи систем керування технологічними процесами	4
1.2 Системи числового програмного керування	7
1.3 Принципи будови гнучких виробничих систем	9
1.4 Принципи будови автоматизованих і роботизованих систем	11
1.5 Датчики і виконавчі механізми, пристрої, їх інтерфейси і властивості...	14
РОЗДІЛ 2 КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ	16
2.1 Класифікація і особливості керування системами електроприводу	16
2.2 Основні тенденції розвитку систем електроприводу	20
РОЗДІЛ 3 КОМП'ЮТЕРИЗОВАНЕ ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ	26
3.1 Комп'ютерні системи керування	26
3.2 Комп'ютерні інтерфейси і модулі сполучення	27
3.3 Застосування комп'ютера в якості керуючого контролера	29
ВИСНОВКИ	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	34

ВСТУП

Одним з найважливіших завдань сучасної електроніки є створення приладів для застосування в багатьох областях діяльності людини. Від автоматизованої обробки інформації до керування космічними штучними супутниками. Для налагодження електронних приладів, пристроїв і систем необхідна якісна радіовимірвальна апаратура, до складу якої входять також генератори випробувальних сигналів. Вони вирішують велику кількість завдань, що включають в себе формування сигналів необхідної фізичної природи, полярності, форми, частоти, амплітуди. Таким чином генератор сигналів - це пристрій, що дозволяє отримувати сигнал певної природи (електричний, акустичний або інший), що має задані характеристики (форму, енергетичні або статистичні характеристики і т.п.). Генератори широко використовуються для перетворення сигналів, для вимірювань і в інших областях. Складається з джерела (пристрою з самозбудженням, наприклад підсилювача охопленого ланцюгом позитивного зворотного зв'язку) і формувача (наприклад, електричного фільтра).

Генератори сигналів спеціальної та довільної форми дуже широко використовуються в лабораторії, промисловості, телекомунікаційної і в багатьох інших галузях. Випускаються в даний час моделі включають: функціональні генератори, генератори спеціальної форми, генератори імпульсів, генератори шуму, генератори синусоїдальних сигналів, генератори кодових послідовностей, вимірвальні генератори та інші.

Вихідний сигнал генератора призначен для моделювання певного сигналу, адекватному тому, що обробляється при роботі апаратури. Моделювання – це заміщення одного об'єкта (оригіналу) іншим (моделлю) і фіксація і вивчення властивостей моделі. Заміщення проводиться з метою спрощення, здешевлення, прискорення вивчення властивостей оригіналу.

РОЗДІЛ 1

СИСТЕМИ ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ

1.1 Структура і елементи систем керування технологічними процесами

Технічні процеси, спеціальним чином організовані для виробництва продукції, називаються *технологічними процесами*. Технологічними процесами є також виробництво енергії, зокрема електроенергії, теплової енергії.

Вплив на технічний процес з метою зміни його протікання в потрібному напрямку називається *керуванням* процесом. Керування може здійснюватися безпосередньо людиною, і тоді воно називається *ручним керуванням*, а може і без участі людини, і в такому разі воно називається *автоматичним керуванням*. Якщо керування здійснюється за частковою участю людини, наприклад, в інтерактивному режимі, за участю оператора, то таке керування називається *автоматизованим*.

Термін автоматичний і автоматизований походить від грецького слова самодіючий, тобто такий, який діє сам по собі, без участі людини. Наука, яка займається вивченням таких пристроїв, їх побудовою і застосуванням на практиці, називається *автоматикою*. *Автоматизація* — це практичне втілення досягнень автоматики в практику для вирішення конкретних завдань керування технологічними процесами.

З автоматикою тісно пов'язана *технічна кібернетика* — наука про керування.

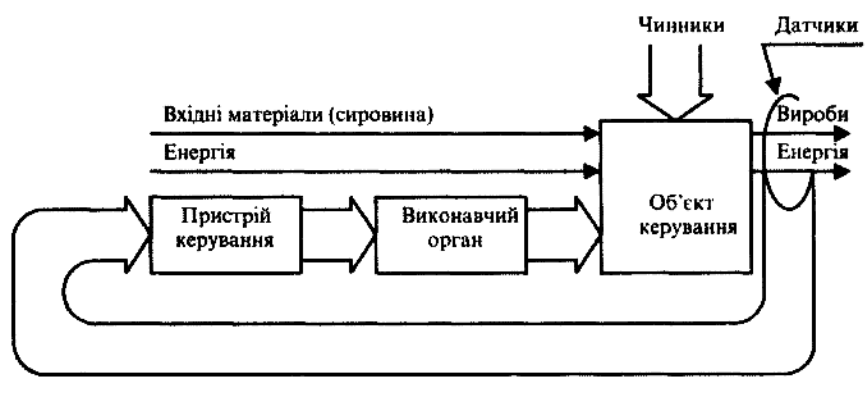


Рисунок 1.1 – Структура технології керування

Будь-який технічний, і зокрема технологічний процес як об'єкт керування, можна представити як процес перетворення вхідних матеріалів (сировини) і енергії на вихідні

матеріали (готову продукцію) і енергію. Інформація про вхідні і вихідні параметри речовини і енергії сприймається спеціальними технічними пристроями — датчиками. Датчики, виконавчі органи, пристрої керування та інші допоміжні пристрої — це складова частина *системи автоматичного керування (САК)*. У системах автоматичного керування реалізується *принцип зворотного зв'язку*: вхідний сигнал об'єкта керування, що формується системою автоматичного керування, залежить від вихідного сигналу. Якщо вихідний сигнал системи автоматичного керування лінійно залежить від вхідного сигналу, то такі системи називаються *лінійними*, а якщо між вхідним і вихідним сигналами існує складна не лінійна залежність — то *нелінійними*.

Виробництво є однією з найважливіших сфер людської діяльності, тому значення автоматизації виробництва для розвитку суспільства важко переоцінити. Автоматизація виробництва є надзвичайно складною проблемою, яку необхідно вирішувати на різних рівнях, починаючи від автоматизації елементарних виробничих операцій і закінчуючи автоматизацією на рівні заводу, регіону і країни в цілому.

Особливо великий економічний ефект дає автоматизація елементарних виробничих операцій внаслідок масовості цих операцій. Однією з найпоширеніших є операція переміщення робочих органів (наприклад, переміщення різця у токарному верстаті, фрези у фрезерному верстаті тощо), зокрема у такій важливій галузі виробництва, як машинобудування. Переміщення робочих органів верстатів і їх позиціонування здійснюється за допомогою електроприводів, пневмоприводів та гідроприводів. Приводи з механічними і електромеханічними пристроями керування мають невисоку точність, малу швидкодію, забезпечують нескладні алгоритми керування. Застосування електронних пристроїв керування дало змогу значно поліпшити ці показники, але й вони вже не задовольняють зростаючі вимоги сучасного виробництва.

Сучасні програмні та апаратні засоби дають змогу автоматизувати не тільки окремі виробничі операції чи комплекс операцій, а й весь технологічний процес у цілому. Такі системи називаються *автоматизованими системами керування технологічним процесом (АСУ ТП)*. Особливо значний ефект дає застосування таких систем у галузях неперервного виробництва, зокрема у хімічній і нафтогазовій галузях. Виробництво

сірчаної, азотної та інших кислот, мінеральних добрив, переробка нафти та інші процеси здійснюються із застосуванням АСУ ТП.

Вироби, що випускаються сучасними підприємствами, складаються з великої кількості деталей, вузлів, систем. Для їх виробництва необхідна велика кількість матеріалів і заготовок. Щоб вчасно і безперебійно постачати виробництво деталями, заготовками, напівфабрикатами і матеріалами, підприємству необхідно мати складну і потужну транспортно-складську систему. Для здійснення керування такими значними матеріальними потоками застосовуються *автоматизовані транспортно-складські системи (АТСС)*.

Сучасне підприємство є складною ієрархічною системою, яка характеризується значними матеріальними, енергетичними, інформаційними потоками, тому керувати такою системою дуже складно. Застосування сучасних апаратних і програмних засобів для автоматизації керування підприємством, його підрозділами і службами дає змогу значно підвищити ефективність виробництва, зменшити собівартість продукції і підвищити її якість. Такий комплекс апаратних, програмних та інших засобів називається *автоматизованою системою керування підприємством (АСУП)*. Автоматизована система керування підприємством, як і саме підприємство, є складною багаторівневою ієрархічною системою, що складається з підсистем різного рівня. Наприклад, системи керування технологічними процесами (АСУ ТП), автоматизовані транспортно-складські системи (АТСС), робототехнічні комплекси і гнучкі автоматизовані виробничі комплекси можуть входити як підсистеми до АСУП. Крім того, АСУП має, як правило, підсистему бухгалтерського обліку, економічного аналізу, обліку кадрів тощо. Ступінь автоматизації на кожному рівні ієрархії може бути різним. Різними за складом, функціями та параметрами є також апаратні й програмні засоби на різних рівнях ієрархії.

Сукупність об'єкта керування і пристрою керування, взаємодія яких приводить до досягнення мети називається системою керування. Пристрій керування управляє об'єктом за допомогою різноманітних виконуючих механізмів. В сучасних автоматичних системах керування пристроєм керування є комп'ютер.

Кожна система керування має вхід і вихід між якими існує зв'язок, який називається зворотним зв'язком. Зворотний зв'язок буває двох видів: позитивний і негативний.

Зворотний зв'язок між виходом і входом системи, при якому зміни параметрів на виході системи спричиняють зміни на вході системи в ту саму сторону називається позитивним зворотним зв'язком.

Зворотний зв'язок між виходом і входом системи, при якому зміни параметрів на виході системи в одну сторону спричиняють зміни на вході системи в другу сторону - називається негативним зворотним зв'язком

В системах керування як правило використовується негативний зворотний зв'язок, оскільки позитивний веде до небажаних наслідків.

В системах числового програмного керування положення і переміщення різноманітних частин верстата задається за допомогою чисел в трьохвимірній системі координат. При цьому задається також включення різноманітних пристроїв(двигунів, клапанів), і час виконання операції. В залежності від виду обладнання комп'ютер може використовувати різні принципи числового програмного керування, найбільш поширеними з яких являються супервізорне і пряме числове програмне керування.

В режимі супервізорного числового програмного керування комп'ютер одержує вхідну інформацію про хід технологічного процесу і в відповідності до заданого алгоритму керування може змінювати настройку регуляторів, що використовуються в технологічному обладнанні. Таким чином комп'ютер виконує функції зворотного зв'язку. Завданням супервізорного керування є підтримка оптимальних умов технологічного процесу.

При прямому числовому керуванні комп'ютер безпосередньо керує виконавчим механізмом, виконуючи всі необхідні обчислення.

1.2 Системи числового програмного керування

Комп'ютеризовані системи керування. Основні напрями розробок та досліджень:

- дослідження методів вирішення оптимізаційних задач керування в системах з лінгвістичними та нейромережними моделями та проблем стійкості в умовах неповної інформації про об'єкт керування;
- розроблення систем енергозберігаючого керування складними теплотехнічними об'єктами з розподіленими параметрами;
- розроблення нейромережних систем керування динамічними об'єктами з апаратно-програмною реалізацією нейромережних елементів системи;
- розроблення методів та засобів проектування і реалізації оптимального та енергозберігаючого керування в багатооб'єктних розподілених технічних комплексах;
- проектування сучасних інтелектуальних систем автоматизації та диспетчеризації типу «Розумний дім»(Smart House);
- моделювання, синтез та практична реалізація комплексних апаратно-програмних рішень для побудови автоматизованих систем керування складними промисловими об'єктами;
- автоматизація інженерних досліджень в інтелектуальних системах збору даних та керування технологічними процесами;
- проектування алгоритмічного та програмного забезпечення для систем керування на базі апаратно-програмних робототехнічних платформ;
- розроблення та впровадження нового методичного забезпечення в навчальний процес з дисципліни «Проектування комп'ютеризованих систем керування».

Автоматизована система керування або АСУ — комплекс апаратних і програмних засобів, призначений для керування різними процесами в рамках технологічного процесу, виробництва, підприємства. АСУ застосовуються в різних галузях промисловості, енергетиці, транспорті і т.п.

Для керування універсальними верстатами та іншим технологічним устаткуванням широко використовуються з числовим програмним керуванням містять два основні види інформації: геометричну і технологічну.

Геометрична інформація містить дані про форму деталей і потрібного для їх обробки інструменту а також вказує їх взаємне розміщення в робочому просторі верстата.

Технологічна інформація містить відомості про послідовність вводу в роботу інструментів, про зміну режиму обробки, про зміну інструментів, про включення подачі охолоджуючої рідини і т.п.

По своїй структурі системи числового програмного керування діляться на такі види:

1. розімкнуті
2. замкнуті
3. комбіновані
4. адаптивні

В основі роботи розімкнутих систем числового керування лежить принцип жорсткого керування. В них використовуються тільки керуючі дії закладені в програмі і на можливі зміни в технологічному процесі вони не реагують. В замкнутих системах крім основної керуючої програми використовується ще інформація про дійсні значення параметрів деталі, що обробляється. Така система враховує можливі відхилення в роботі обладнання. В комбінованих системах, керування основними параметрами деталі здійснюється замкнутими, допоміжними параметрами – розімкнутими каналами. В адаптивних системах застосовуються додаткові датчики інформації (сила різання, спрацювання інструмента) , яка використовується для коректування технологічного процесу.

1.3 Принципи будування гнучких виробничих систем

Важливою проблемою для виробництва є перехід за певний час від випуску одного виду продукції до іншого або перехід від випуску однієї моделі виробу до іншої. Щоб випускати нову продукцію потрібно замінити одне устаткування іншим, перебудувати технологічний процес, здійснити перепідготовку персоналу. Сучасне виробництво змушене досить часто переходити на випуск нової, що пояснюється швидким моральним старінням виробів. Яскравим прикладом такої тенденції є виробництво персональних комп'ютерів. Кожна нова модель персонального комп'ютера за своїми параметрами у багато разів перевищує попередню модель, була випущена менше року тому, тобто

моральне старіння набагато швидшими темпами ніж фізичне. Крім того, потрібно враховувати також гостру конкуренцію на ринках.

Таким чином для підтримання високого рівня конкурентоспроможності виробів необхідно час від часу переходити на випуск нової продукції, а з іншого боку кожний такий перехід пов'язаний зі значними затратами. Щоб досягти компромісу між цими тенденціями, застосовуються гнучкі автоматизовані виробничі комплекси (ГВК). Вони складаються з окремих, відносно самостійних частин, так званих гнучких автоматизованих виробничих модулів (ГВМ). Кожний такий модуль здатний виконувати певний комплекс виробничих операцій. Перехід на інший комплекс операцій здійснюється програмним шляхом, тобто заміною однієї програми іншою. Перехід на випуск нової продукції здійснюється зміною послідовності і номенклатури модулів, а також перепрограмуванням у разі потреби цих модулів. Застосування гнучких виробничих комплексів дає змогу різко збільшити ефективність виробництва, підвищити якість і конкурентоспроможність продукції.

Для реалізації гнучкого автоматичного виробництва використовується велика різноманітність різноманітних датчиків і виконуючих механізмів, мікропроцесорних контролерів, мікро і міні ЕОМ, систем керування базами даних, локальних обчислювальних систем, технічних роботів і верстатів з програмним числовим керуванням. А також автоматизований транспорт і склади, системи автоматичного проектування, системи автоматичного керування, системи автоматичного керування технологічними процесами. Ланки гнучкого автоматизованого виробництва можуть створюватися на основі різноманітного обладнання, але , як правило, обов'язково містять верстат з числовим програмним керуванням і один або кілька роботів-маніпуляторів, які виконують зміну заготовок і знімають готову продукцію. Ланки ГВБ об'єднуються транспортними засобами.

1.4 Принципи будови автоматизованих і роботизованих систем

Сучасні програмні та апаратні засоби дають змогу автоматизувати не тільки окремі виробничі операції чи комплекс операцій, а й весь технологічний

процес у цілому. Такі системи називаються автоматизованими системами керування технологічним процесом (АСУТП). Особливо значний ефект дає застосування таких систем у галузях неперервного виробництва, зокрема у хімічній і нафтогазовій галузях. Виробництво сірчаної, азотної та інших кислот, мінеральних добрив, переробка нафти та інші процеси здійснюються із застосуванням АСУТП.

Вироби, що випускаються сучасними підприємствами, складаються з великої кількості деталей, вузлів, систем. Для їх виробництва необхідна велика кількість матеріалів і заготовок. Щоб вчасно і безперебійно постачати виробництво деталями, заготовками, напівфабрикатами і матеріалами, підприємству необхідно мати складну і потужну транспортно-складську систему. Для здійснення керування такими значними матеріальними потоками застосовуються автоматизовані транспортно-складські системи (АТСС).

Сучасне підприємство є складною ієрархічною системою, яка характеризується значними матеріальними, енергетичними, інформаційними потоками, тому керувати такою системою дуже складно. Застосування сучасних апаратних і програмних засобів для автоматизації керування підприємством, його підрозділами і службами дає змогу значно підвищити ефективність виробництва, зменшити собівартість продукції і підвищити її якість. Такий комплекс апаратних, програмних та інших засобів називається автоматизованою системою керування підприємством (АСУП).

Автоматизована система керування підприємством, як і саме підприємство, є складною багаторівневою ієрархічною системою, що складається з підсистем різного рівня. Наприклад, системи керування технологічними процесами (АСУТП), автоматизовані транспортно-складські системи (АТСС), робото технічні комплекси і гнучкі автоматизовані виробничі комплекси можуть входити як підсистеми до АСУП. Крім того, АСУП має, як правило, підсистему бухгалтерського обліку, економічного аналізу, обліку кадрів тощо. Ступінь автоматизації на кожному рівні ієрархії може бути різним. Різними за складом, функціями та параметрами є також апаратні й програмні засоби на різних рівнях ієрархії.

Важливим засобом інтенсифікації виробництва є роботизація, тобто застосування у виробництві промислових роботів.

В наш час промислові роботи, присутні на багатьох виробничих майданчиках, забезпечуючи ефективну автоматизацію різних технологічних процесів. Сучасні промислові роботи, це високотехнологічні пристрої, здатні ефективно взаємодіяти з додатковим обладнанням, що значно розширює їх технологічні можливості.

Промислові роботи мають антропоморфну конструкцію, схожу з будовою людської руки. Цю особливість подарувала роботу людина ще в 20-му столітті, розуміючи, що саме цю руку, буде замінювати робот на виробничих майданчиках. Сьогодні промислові роботи, це абсолютно універсальні пристрої, як привило мають шість осей рухливості.

Створюючи РТК, ми часто збільшуємо кількість осей робота, розширюючи зону його досяжності, за рахунок застосування додаткового обладнання.

Світовий досвід довів, що роботизувати можна практично будь-який технологічний процес, головне щоб це було економічно і доцільно.

Промислові роботи (ПР) — це технічні пристрої, призначені для виконання комплексу виробничих операцій в автоматичному режимі.

У виробництві застосовується велика кількість різновидів і типів роботів і робототехнічних комплексів від найпростіших до складних інтелектуальних роботів, здатних самостійно приймати рішення на основі отриманої інформації у складних виробничих умовах, адаптуватися до змін у навколишньому середовищі. У роботах і робототехнічних комплексах знайшли застосування останні досягнення інформаційної техніки: пристрої і система сприйняття інформації, цифрові пристрої і мікропроцесори для перетворення і обробки інформації, приводи робочих органів з цифровим програмним керуванням, сучасні програмні засоби. Для робототехнічного виробництва характерним є те, що виробництво здійснюється без участі або майже без участі людини. Застосування роботів дає змогу звільнити людину від важкої одноманітної праці, від роботи у шкідливих для організму умовах, а також у недоступних для людини середовищах

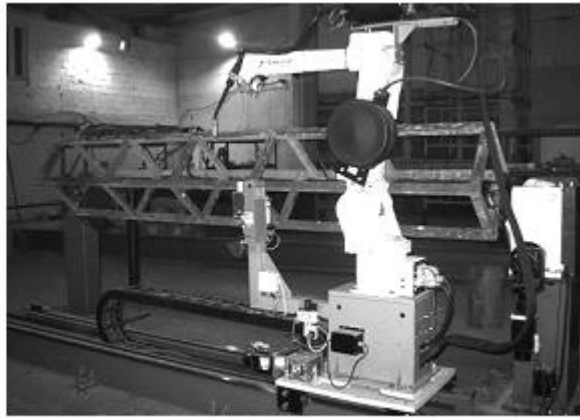


Рисунок 1.2 – Промислові роботи в машинобудуванні

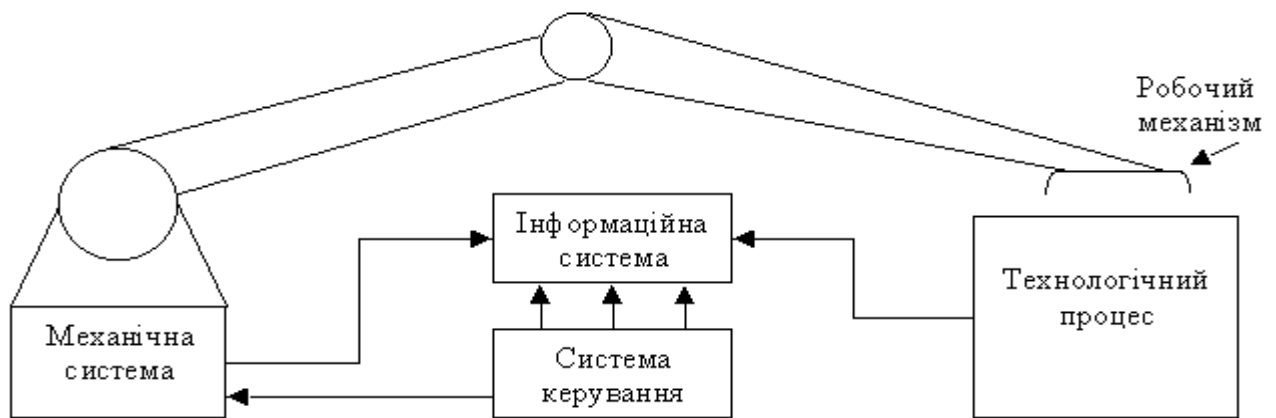


Рисунок 1.3 – Схема промислового робота і її основні частини

Механічна система – основна частина ПР; *Інформаційна система* – містить інформацію про стан робота та його механізмів; *Система керування* – програмно, раціонально і оптимально в часі виконує керування механічною системою і технологічними режимами виготовлення продукції; *Технологічний процес* – це технічний процес спеціальним чином організований для випуску продукції.

Отже, *промисловий робот* – це автоматично-функціонуюча машина (автомат), призначена для відтворення деяких рухових і розумових функцій людини при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій без безпосередньої участі людини. Розрізняють три покоління роботів:

- 1) *програмуєчі роботи*, що діють по заданій програмі;

2) *адаптовані* (що пристосовуються) *роботи*, що діють по заданій програмі і оснащені рядом датчиків, а відповідно, і технічними органами почуттів, що дозволяють їм коректувати свою поведінку в залежності від оточуючого виробничого середовища;

3) *інтелектуальні* або *інтегральні роботи*, що володіють елементами штучного інтелекту і можливістю вільного діалогу з людиною.

1.5 Датчики і виконавчі механізми, пристрої, їх інтерфейси і властивості

Переважає більшість об'єктів керування характеризується неперервними фізичними величинами, які поступають на вхід датчиків. Вихідним сигналом аналогового датчика є неперервна фізична величина.

За видом вхідної величини аналогові датчики поділяються на такі види: датчики руху (кутового і лінійного переміщення, швидкості прискорення), датчики сили, моменту, тиску, датчики наближення (індуктивні, ємнісні, магнітні), датчики температури, датчики витрати, хімічні і біохімічні датчики.

Датчики руху. Датчики руху широко застосовують для автоматизації технологічних процесів у машинобудуванні, наприклад, для автоматичного керування робочими органами різноманітних верстатів (токарних, фрезерних, шліфувальних тощо) і роботів. Датчики руху ґрунтуються на різноманітних фізичних принципах.

Лазерні датчики. Для вимірювання з високою точністю відстаней застосовуються останнім часом лазерні датчики, принцип дії яких ґрунтується на залежності часу проходження світловим імпульсом від відстані між предметами.

Датчики кутового переміщення. У верстатах, маніпуляторах, робототехнічних комплексах широко застосовується обертальний рух, тому вимірювання кутового переміщення в широкому діапазоні і з високою точністю дуже важливе. Найбільше поширення знайшли перетворювачі кутового переміщення в різницю фаз електричних коливань.

Датчики швидкості обертання. За формою вихідного сигналу датчики швидкості обертання поділяються на аналогові, імпульсні і цифрові. Як аналогові датчики швидкості обертання широкого застосування набули тахогенератори постійного і змінного струму.

Датчики прискорення (акселерометри). Датчики прискорення широко застосовуються в автоматичних системах керування рухомими об'єктами, зокрема літаками, ракетами тощо. Принцип дії акселерометрів ґрунтується на перетворенні прискорення у силу інерції відповідно до другого закону Ньютона. Далі сила перетворюється у переміщення, яке, в свою чергу, перетворюється в електричну величину (напругу, струм тощо).

Датчики сили, моменту, тиску. В цих датчиках сила, момент, тиск перетворюються на деформацію пружного елемента, сприймається датчиками, що називаються тензорезисторами.

До бінарних датчиків належать датчики положення. В системах контролю переміщення використовують рефлексне кодування (код Грея).

Імпульсні датчики мають вихідний сигнал у вигляді імпульсів. Найбільшого поширення набули імпульсні датчики кутового переміщення вала і положення (позиції) вала. Перетворення кутового переміщення в кількість імпульсів може ґрунтуватися на таких фізичних принципах: відбивання і переривання світлового потоку (фотоелектричні імпульсні датчики), стрибкоподібна зміна взаємної індуктивності (індуктивні імпульсні датчики) або взаємної ємності (ємнісні імпульсні датчики) тощо. Цифрові датчики перетворюють вхідну фізичну величину (здебільшого це кутове чи лінійне переміщення) у код, тобто в одному пристрої суміщено чутливий елемент і аналого-цифровий перетворювач. Для аналого-цифрового перетворення кутового чи лінійного переміщення використовують ряд паралельних чи концентричних доріжок, кожна з яких поділена на однакові ділянки. Сукупність вихідних сигналів чутливих елементів є кодом кутового чи лінійного переміщення відносно початкового положення.

РОЗДІЛ 2

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ

2.1 Класифікація і особливості керування системами електроприводу

Електропривод – високотехнологічна автоматизована електромеханічна система, до складу якої входять електричні, механічні, електронні вузли. Сучасний електропривод складається з електричного двигуна, електронного перетворювача електричної енергії та системи автоматичного керування. З допомогою електроприводів приводяться в рух майже всі механізми на заводах і фабриках, транспортні засоби, побутова техніка. Різноманітні електроприводи (від малюка, який обертає стрілки годинника, до гіганта розміром з двоповерхівку, що рухає потужний прокатний стан) споживають разом понад 60% енергії, виробленої всіма електростанціями України. Без електроприводів неможливо сучасне автоматизоване виробництво.

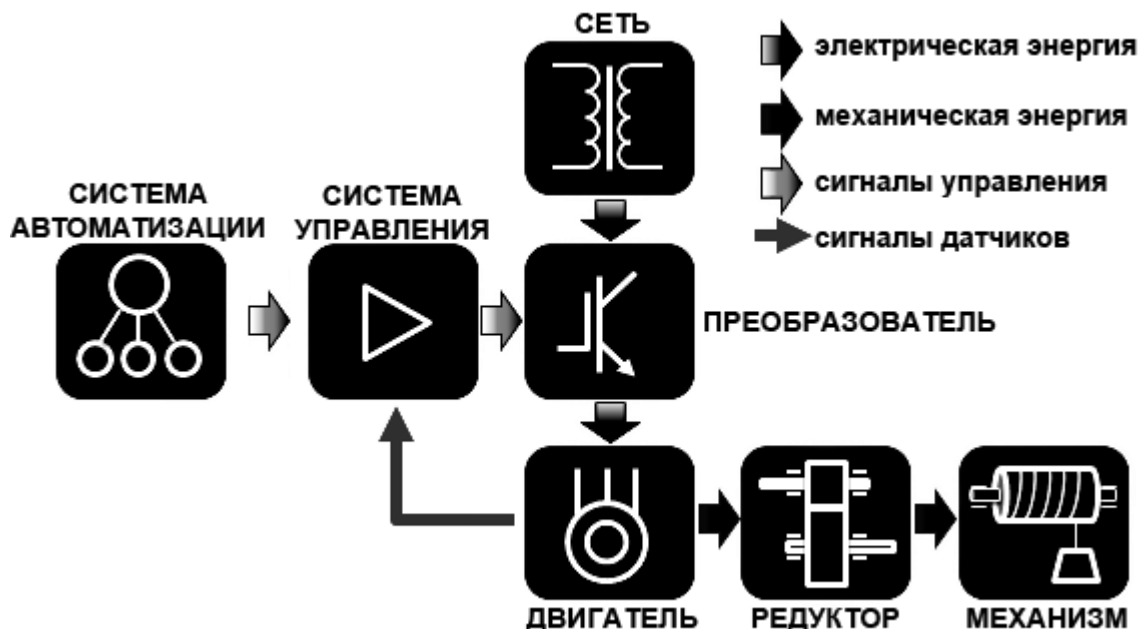


Рисунок 2.1 – Структура типової промислової електромеханічної системи

Особливостями сучасного електроприводу є:

- Широке використання напівпровідникових перетворювачів енергії для

регулювання швидкості електроприводів;

- застосування мікропроцесорних контролерів для реалізації завдань керування електроприводами.

Можна виділити наступні загальні тенденції розвитку електроприводів, які мають стійкий характер:

- Постійне розширення застосування регульованих електроприводів, що постійно розширюється, в промисловому устаткуванні, транспорті, авіаційній і космічній техніці, медицині, побутовій техніці для досягнення нових якісних результатів в технології;

- заміна нерегульованих електроприводів регульованими в енергоємному устаткуванні (насоси, компресори, вентилятори та ін.) з метою енергозбереження;

- поширення блоково-модульних принципів побудови електроприводів, інформаційних засобів, засобів керування і систем керування в цілому;

- динамічна комп'ютеризація електроприводів, механізмів, агрегатів і комплексів і нова ідеологія проектування систем;

- активний розвиток і впровадження систем діагностування, обслуговування, візуалізації технологічних процесів і процесів керування.

Мережа електропостачання є джерелом електричної енергії. Перетворювач електричної енергії використовується для керування потоком електроенергії, що надходить від мережі до двигуна. Керуючи електричною енергією, перетворювач дозволяє керувати швидкістю двигуна. Сучасні перетворювачі виготовляються на базі потужних напівпровідникових елементів. Найбільш поширеними різновидами перетворювачів енергії є перетворювачі частоти та випрямлячі.

Система автоматичного керування входить до складу перетворювача і являє собою мікропроцесорну систему, запрограмовану спеціальними законами стабілізації швидкості двигуна.

Двигун – це перетворювач електричної енергії в механічну. Крім класичних двигунів обертального руху, існують лінійні двигуни, рухома частина яких рухається лінійно.

Редуктор використовується для зміни параметрів механічної енергії (наприклад, зниження швидкості і підвищення моменту або для перетворення обертального руху в

прямолінійний).

Виконавчий механізм – механізм, який безпосередньо виконує корисну роботу (підйом вантажу, рух транспорту, обертання вентилятора і т. д.).

Система автоматизації технологічного процесу – комп'ютеризований пристрій, який керує роботою виконавчого механізму. Керування відбувається шляхом розрахунку завдання на поточну швидкість. Завдання на швидкість подається на систему керування перетворювача електричної енергії.

Предметом діяльності інженера з автоматизованого електроприводу є керування електричними двигунами. На сучасному ринку праці до інженера з електроприводу пред'являються вимоги:

- уміння налагоджувати цифрові електроприводи (перетворювачі частоти, пристрої плавного пуску);
- здатність програмувати і налаштовувати сучасні засоби автоматизації (програмовані логічні контролери, цифрові регулятори, технологічні датчики);
- володіння програмами автоматизованого проектування.

Регульовані електроприводи, як правило, є автоматизованими; багато операцій в них виконуються засобами керування без участі оператора. Зважаючи, що основними засобами керування в електроприводах є програмовані мікроконтролери і (чи) промислові комп'ютери, доречно визначати сучасний автоматизований електропривод як комп'ютеризований.

Сучасний електропривод являє собою конструктивну єдність електромеханічного перетворювача енергії (двигуна), силового перетворювача і пристроя керування. Він забезпечує перетворення електричної енергії в механічну відповідно до алгоритму роботи технологічної установки. Сфера застосування електричного приводу в промисловості, на транспорті і в побуті постійно розширюється. В даний час вже понад 60% усієї вироблюваної в світі електричної енергії споживається електричними двигунами. Отже, ефективність енергозберігаючих технологій в значній мірі визначається ефективністю електроприводу. Розробка високопродуктивних, компактних і економічних систем приводу є пріоритетним напрямком розвитку сучасної техніки.

Останнє десятиріччя минулого століття ознаменувалось значними успіхами силової електроніки. Було освоєно промислове виробництво біполярних транзисторів з ізолюваним затвором (IGBT), силових модулів на їх основі (стійки і цілі інвертори), а також силових інтелектуальних модулів (IPM) з вбудованими засобами захисту ключів і інтерфейсами для безпосереднього підключення до мікропроцесорних систем керування.

Зростання ступеня інтеграції в мікропроцесорній техніці і перехід від мікропроцесорів до мікроконтролерів з вбудованим набором спеціалізованих периферійних пристроїв, зробили незворотною тенденцію масової заміни аналогових систем керування приводами на системи прямого цифрового керування.

Під прямим цифровим керуванням розуміється не тільки безпосереднє керування від мікроконтролера кожним ключем силового перетворювача (інвертора і керованого випрямляча, якщо він є), але і забезпечення можливості прямого введення в мікроконтроллер сигналів різних зворотних зв'язків (незалежно від типу сигналу: дискретний, аналоговий або імпульсний) з подальшою програмно-апаратною обробкою всередині мікроконтролера. Таким чином, система прямого цифрового керування орієнтована на відмову від значного числа додаткових інтерфейсних плат і створення одноплатних контролерів керування приводами. У межах вбудована система керування проектується як однокристальна і разом з силовим перетворювачем і виконавчим двигуном конструктивно інтегрується в одне ціле – мехатронний модуль руху.

2.3 Основні тенденції розвитку систем електроприводу

Аналіз продукції провідних світових виробників систем приводу і матеріалів опублікованих наукових досліджень в цій області дозволяє відзначити наступні яскраво виражені тенденції розвитку електроприводу:

- Неухильно знижується частка систем приводу з двигунами постійного струму і збільшується частка систем приводу з двигунами змінного струму. Це пов'язано з низькою надійністю механічного колектора і більш високою вартістю колекторних двигунів постійного струму в порівнянні з двигунами змінного струму. За прогнозами спеціалістів на початку наступного століття частка приводів постійного струму скоротиться до 10% від загального числа приводів.

- Переважне застосування в даний час мають приводи з короткозамкненими асинхронними двигунами. Більшість таких приводів (близько 80%) нерегульовані. У зв'язку з різким здешевленням статичних перетворювачів частоти частка частотно-регульованих асинхронних електроприводів швидко збільшується.
- Природною альтернативою колекторним приводам постійного струму є приводи з вентильними, тобто електронно-комутованими двигунами. Як виконавчі безколекторних двигунів постійного струму (БДПС) переважне застосування отримали синхронні двигуни з порушенням від постійних магнітів або з електромагнітним збудженням (для великих потужностей). Цей тип приводу найбільш перспективний для верстатобудування та робототехніки, однак, є найдорожчим. Деякого зниження вартості можна домогтися при використанні синхронного реактивного двигуна в якості виконавчого.
- Приводом наступного століття за прогнозами більшості фахівців стане привод на основі вентильно-індукторного двигуна (ВІД). Двигуни цього типу прості у виготовленні, технологічні і дешеві. Вони мають пасивний феромагнітний ротор без будь-яких обмоток або магнітів. Разом з тим, високі споживчі властивості приводу можуть бути забезпечені тільки при застосуванні потужної мікропроцесорної системи керування в поєднанні з сучасною силовою електронікою. Зусилля багатьох розробників у світі сконцентровані в цій області. Для типових застосувань перспективні індукторні двигуни з самозбудженням, а для тягових приводів індукторні двигуни з незалежним збудженням з боку статора. В останньому випадку з'являється можливість двозонного регулювання швидкості за аналогією зі звичайними приводами постійного струму.

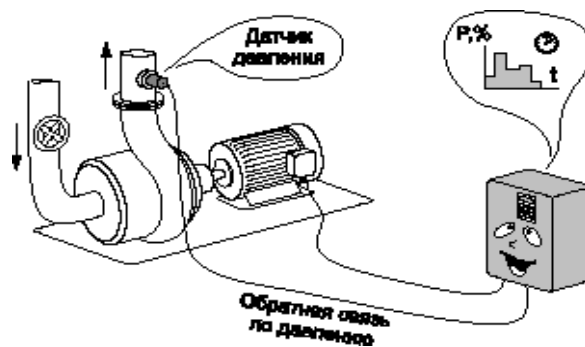


Рисунок 2.2 – Функціональна схема керування двигуном в технологічному процесі

Інтеграція керування двигуном та технологічним процесом:

– Для більшості масових застосувань приводів (насоси, вентилятори, конвеєри, компресори і т.д.) потрібно відносно невеликий діапазон регулювання швидкості (до 1:10, 1:20) і відносно низьку швидкодію. При цьому доцільно використовувати класичні структури скалярного керування. Перехід до широкодіапазонних (до 1:10000), швидкодіючих приводів верстатів, роботів і транспортних засобів, вимагає застосування більш складних структур векторного керування. Частка таких приводів становить зараз близько 5% від загального числа і постійно зростає.

– Останнім часом на базі систем векторного керування розроблений ряд приводів з прямим цифровим керуванням моментом. Відмінною особливістю цих рішень є гранично висока швидкодія контурів струму, реалізованих, як правило, на базі цифрових релейних регуляторів або регуляторів, що працюють на принципах нечіткої логіки (фазі-логіки). Системи прямого цифрового керування моментом орієнтовані в першу чергу на транспорт, на використання в кранах, ліфтах, робототехніці.

– Ускладнення структур керування приводами зажадало різкого збільшення продуктивності центрального процесора і переходу до спеціалізованих процесорів з об'єктно-орієнтованою системою команд, адаптованою до вирішення завдань цифрового регулювання в реальному часі. Ряд фірм (Intel, Texas Instruments, Analog Devices і ін.) випустили на ринок нові мікроконтролери для керування двигунами (з серії керування мотором) на базі процесорів для обробки сигналів DSP-мікроконтролери. Вони не тільки забезпечують необхідну продуктивність центрального процесора (більше 20 млн.оп./сек.), але і містять ряд вбудованих периферійних пристроїв, призначених для оптимального сполучення контролера з інверторами і датчиками зворотного зв'язку. Серед вбудованої периферії особливе місце займають універсальні генератори періодичних сигналів, що забезпечують найсучасніші алгоритми керування інверторами, зокрема, алгоритми векторної широтно-імпульсної модуляції.

– Зростання обчислювальних можливостей вбудованих систем керування приводами супроводжується розширенням їх функцій. Крім прямого цифрового керування силовим перетворювачем реалізуються додаткові функції підтримки інтерфейсу з користувачем (через пульт оперативного керування), а також керування

технологічним процесом. Рисунок 1 демонструє додаткові можливості сучасних систем керування перетворювачами частоти для приводів насосів. До складу системи керування входять універсальний регулятор технологічної змінної, а також генератор керуючих впливів на базі годин реального часу. Таке рішення дозволяє підтримувати тиск в трубопроводі на заданому, відповідно до добової циклограми, рівні виключно засобами електроприводу, без використання промконтроллеров.

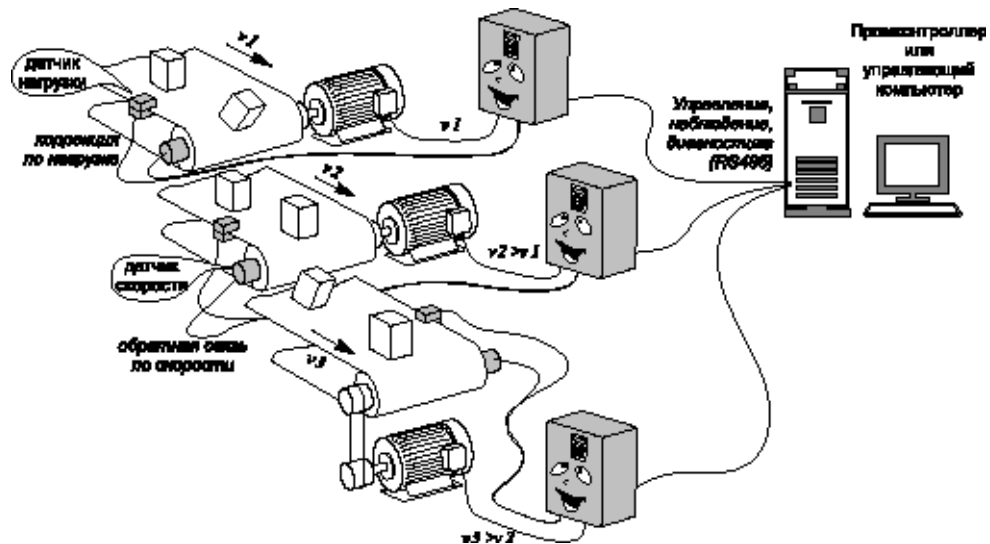


Рисунок 2.3 – Схема розподіленої системи керування приводами

– Перспективні системи керування електроприводами розробляються з орієнтацією на комплексну автоматизацію технологічних процесів і погоджену роботу декількох приводів у складі промислової мережі. Керування мережею бере на себе промконтроллер або керуючий ЕОМ.

– Найбільш перспективні типи інтерфейсів : RS-485 і CAN.

CAN- інтерфейс поступово стає стандартом для розподілених систем керування на електричному транспорті, в автомобільній техніці і робототехніці.

– Прагнення гранично здешевити привід, особливо для масових застосувань в побутовій техніці (пилососи, пральні машини, холодильники, кондиціонери і так далі), привело до відмови від датчиків механічних змінних і переходу до систем бездатчикового керування, де для оцінки механічних координат приводу (положення, швидкості, прискорення) використовуються спеціальні цифрові спостерігачі. Це можливо тільки при високій продуктивності центрального процесора, коли система

диференціальних рівнянь, що описують поведінку приводу, може бути вирішена в реальному часі.

- Збільшені можливості мікропроцесорної техніки привели до того, що при масовому виробництві виробів з обсягом випуску не менше 10000 штук в рік, виявляється можливим і економічно доцільним створення потужних, однокристальних систем керування приводами на базі DSP- мікроконтролерів. Їх вартість при обмежених інтерфейсних функціях не перевищуватиме 10-20\$.

- Основні витрати при розробці систем керування приводами доводяться не на створення апаратної частини контролера, а на розробку алгоритмічного і програмного забезпечення. Тому роль фахівців в області теорії електроприводу істотно зростає.

2.4 Елементи і інструменти цифрових систем керування електроприводом

Світовими лідерами в розробці систем керування електропривода є корпорації, які мають власне виробництво мікросхем мікроконтролерів. У список входять: Texas Instruments (C2000, ARM), Freescale Semiconductor (MC56F84xx/56800EX, ARM), Toshiba Electronics (ARM + Vector Engine (VE)), NXP Semiconductors (ARM), STMicroelectronics (ARM), Atmel Corporation (AVR/8051), Infineon Technologies (ARM, 8051 + CORDIC and MDU coprocessor units), International Rectifier (8051 + Motion Control Engine (MCE)), Microchip Technology (PIC), НДІ електронної техніки (1867ВЦ-х).

Принципи побудови векторної підсистеми регулювання струму приводу (моменту) розроблені ще до появи мікроконтролерів. Необхідні для її реалізації обчислювальні ресурси істотні і прораховані (50..80 MIPS). Тому наведений вище список розробників можна скоротити до трьох позицій. На першому місці Texas Instruments зі своїм "силовим рішенням" у вигляді 32-х розрядних мікроконтролерів власної розробки (серії Piccolo – 40..60 MIPS і Delfino – 20..60 MFLOPS) сімейства C2000. На другому – Freescale Semiconductor з серією мікроконтролерів MC56F84xx на базі 32-х розрядного ядра 56800EX. На третьому – Toshiba Electronics, яка вбудувала в 32-х розрядний мікроконтролер загального призначення ARM (ядро Cortex-M3) апаратний модуль власної розробки – спеціалізований, цілочисельний математичний співпроцесор – "Vector Engine" (VE), який справляється з відповідними обчисленнями.

Іншим рішенням можна дати наступну характеристику. Будь-який електропривод характеризується двома найважливішими координатами – швидкість і момент. У багатьох випадках особливих вимог до моменту не висувається (наприклад, привід радара повинен прецизійно стабілізувати лише швидкість обертання антени). З цієї причини особливої необхідності в реалізації підпорядкованого контуру регулювання струму немає (розв'язка відповідних координат вимагає найбільшу частку обчислювальних ресурсів – 60..75 %). В означених умовах досить користуватися принципом прямого керування (без зворотного зв'язку). Як і надходять інші постачальники демонстраційних комплектів для керування електроприводом (Digital Motor Control Kit reference to design), обмежуючись реалізацією контуру швидкості для машин з датчиками (BLDC Hall control) і не забезпечуючи працездатність на низьких частотах обертання.

Для розробника цифрової системи керування невід'ємним інструментом є компілятор виконуваного коду. Загальна ситуація негативна. Найбільш складні алгоритми керування двигунами реалізовані розробниками комплектів не перевищують 20+5 КБ (release-версія) і 50+20 КБ (debug-версія, з завантажувачем і з модулем віддаленого моніторингу функціонування приводу по USB-кабелю або стандартним TCP-IP підключення). При цьому типові розміри інсталяційних пакетів компіляторів 200, 450, 1200 МБ (був час – вміщалися на дискетке). Всі розробники компіляторів поширюють версії своїх продуктів з обмеженням за розміром виконуваного коду (4..8 КБ для 8-розрядних мікроконтролерів і 24..32 КБ для 32-х розрядних) для яких надається безстрокова ліцензія.

Програмний код для мікроконтролерів фірми Texas Instruments (сімейство C2000) можна створити однією з версій C++ компілятор – Code Composer Studio (альтернатив немає). Яка надається з обмеженням за розміром коду (24 КБ) покупцям комплектів розробника.

Для мікроконтролерів ARM-сімейства існував вільний компілятор GNU ARM компілятор GCC (C, C++). Співтовариство розробників комерційних ARM-компіляторів витіснив його з ринку, а так само прив'язав свої компілятори до платформи Eclipse (200 МБ).

Завершуючи огляд компіляторів, слід зазначити що Асемблер – не є адекватним інструментом для розробника систем керування електропривода. Налагодження програм векторної підсистеми регулювання струму складна. Вимагає численних спроб перебудови коду, виконувати які (в розумних часових інтервалах), використовуючи Асемблер, неможливо.

Другим невід'ємним програмним інструментом розробника систем керування електропривода є програма для математичного моделювання складних технічних систем. Якщо мова йде про розвиток теорії систем керування, то альтернативи є – підійде будь-яка програма, що належить класу динамічних решателів. Практичну ж розробку підтримують лише дві програми – VisSim і Simulink. Обидві мають спеціалізовані розширення, що забезпечують взаємодію з інтегрованою середовищем розробки (IDE) компілятора Code Composer Studio, орієнтовані на сімейство мікроконтролерів C2000. Однозначним лідером по ефективності є VisSim.

Третій програмний інструмент – це "пульт оператора" (Motor Control GUI) – призначений для віддаленого формування задаючих впливів, зміни коефіцієнтів регуляторів і подачі керуючих команд (ініціюючих процедури моніторингу основних координат приводу і самотестування). Це ПО створюється із застосуванням графічного мови програмування пакету LabVIEW. Вимагає наявності платформи NET. Вихідні коди не надаються. Тому функція цього ПО розширює можливості JTAG-інтерфейсу (під час налагодження цифрової системи керування) обмежена.

Процес розробки складної електромеханічної системи з електроприводом починається з завантаження документації на комплекти розробника з сайтів виробників мікроконтролерів. Документація в обов'язковому порядку містить: схеми електричні принципів, ескізи друкованих плат, переліки елементів, лістинги прикладів програмування всіх модулів мікроконтролерів (АЦП, таймери, компаратори, порти, переривання та інші), вихідні коди програм керування (C або C++), технічні описи програм і апаратної частини.

РОЗДІЛ 3

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНЕ ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

3.1 Комп'ютерні системи керування

Комп'ютерні системи керування (КСК) - автоматизовані системи, що ґрунтуються на комплексному використанні технічних, математичних, інформаційних та організаційних засобів для керування складними технічними й економічними об'єктами. КСК — це сукупність керованого об'єкта й автоматичних вимірювальних та керуючих пристроїв, у якій частину функцій виконує людина (ДСТУ 2941-94). Комп'ютер є потужною математичною і логічною обчислювальною системою з можливістю зв'язку через власні системи входу/виходу результатів контролю, обчислень, рішень, функцій в цифровому форматі на зовнішні пристрої через відповідні модулі перетворення, підсилення, узгодження, сполучення, ЦАП і АЦП тощо.

Термін "автоматизована", на відміну від терміна "автоматична" підкреслює збереження за людиною-оператором деяких функцій, або більш загального характеру, які не піддаються автоматизації. АСУ з системою підтримки прийняття рішень (СППР) є основним інструментом підвищення обґрунтованості керуванських рішень.

Найбільш розповсюдженим виконавчим механізмом у виробничих технологіях є електромеханічні перетворювачі, а саме електродвигуни. Або в якості приводу складних систем, або в якості системи точного позиціонування. Сучасні системи приводів постійного або змінного струму (частотні) близькі за своїми системами керування і методам експлуатації. Зокрема при застосуванні комп'ютерних технологій. В світі, і особливо в європейських країнах багато підприємств що спеціалізуються на виробництві таких систем. Це Німеччина, Швеція Великобританія та ін. За останні роки розроблено багато технічних рішень спрямованих на комп'ютеризацію керування і контролю систем. Основна мета такої діяльності – це інтеграція сучасних досягнень в автоматизації систем керування з комп'ютерними технологіями. Для виконання функцій контролеру керування електроприводом для більшості процесів швидкодії IBM PC AT (ATX) цілком

достатньо. Для зв'язку із зовнішніми виконавчими механізмами комп'ютер може використовувати порти послідовного асинхронного адаптера (порт RS-232C) або паралельного адаптера (порт LPT). Більшість комп'ютерів для зв'язку з нестандартним обладнанням використовують асинхронний послідовний порт. Послідовна передача даних передбачає, що дані передаються з використанням струмової петлі. При цьому біти байта даних передаються по черзі, відповідно до протоколу стандарту RS-232C. Для синхронізації використовується спеціальний біт. Для реалізації такого керування є спеціальні мікросхеми, призначені для організації зв'язку по послідовному порту. На їх основі будуються спеціальні процесори зв'язку, що не поступаються складністю материнської плати комп'ютера. Для цих цілей пишеться і спеціальне, програмне забезпечення. Таким чином, завдання керування через послідовний порт досить передбачає деяку апаратну доробку. Дещо простіше завдання вирішується з використанням паралельного порту керуючого комп'ютера. Розглянемо технічні особливості паралельного порту [6, 7, 8].

3.2 Комп'ютерні інтерфейси і модулі сполучення

Сучасні персональні комп'ютери (ПК) відносяться до цифрових систем де ввід/вивід інформації здійснюється через клавіатуру, маніпулятори і інтерфейси, в тому числі і мережні. В наш час місце основного інтерфейсу ПК зайняв послідовний інтерфейс USB якій є універсальним засобом комунікацій системного блоку з периферійними пристроями, маніпулятори, клавіатура, принтери, сканери, в-камери, Wi-Fi, інші пристрої що підтримують USB. Перші ПК комплектувались також адаптерами ряду ряд промислових інтерфейсів, як RS-232, RS-485, IrDA, LPT (Centronix) [6, 7, 8]. Останній є паралельним інтерфейсом і достатньо просто програмується. Тому розглянемо побудову комп'ютеризованої системи керування електроприводом на його основі. Цей інтерфейс був розроблений для керування принтером і сканером і мав в якості механічного інтерфейсу двох рядний роз'єм на 25 контактів. Опис інтерфейсу представлений в таблицях нижче.

Навантаження на вихідну лінію паралельного адаптера має перевищувати одного входу ТТЛ. Кожен паралельний адаптер обслуговується кількома портами вводу/виводу

Опис інтерфейсу паралельного адаптера Centronics

Таблиця 3.1

Контакти роз'єму адаптера	Контакти роз'єму принтера	Призначення	Вхід/вихід
1	1	Строб	Вихід, інверсія
2	2	Дані біту 0	Вихід
3	3	Дані біту 1	Вихід
4	4	Дані біту 2	Вихід
5	5	Дані біту 3	Вихід
6	6	Дані біту 4	Вихід
7	7	Дані біту 5	Вихід
8	8	Дані біту 6	Вихід
9	9	Дані біту 7	Вихід
10	10	ACK Підтвердження	Вхід інверсія
11	11	BUSY Занято	Вхід
12	12	PE Кінець бумаги	Вхід
13	13	SLCT Выбор	Вхід
14	14	Автомат. перевод строки	Вихід інверсія
15	32	ERROR Помилка	Вхід інверсія
16	31	INIT Скидання	Вихід інверсія
17	36	SLCTIN Принтер обрано	Вихід інверсія
18-25	15-30, 33	Земля	-

Порт 378H Доступний для читання та запису. Призначений для виведення даних.

Порт 37AH Доступний для читання та запису. Призначений для керування принтером. Таблиця значень розрядів порта **37AH**

Таблиця 3.2

Розряд	Опис
0	Строб даних; приймає значення 1 при виводі байта Вихід
1	AUTO Автоматичний перевод строки Вихід
2	INIT Скидання; активний рівень – 0 Вихід
3	SLCT IN Принтер вибраний Вихід
4	IRQ Дозвіл переривання Вхід
5-7	Не використовуються, з'єднані з нулем

Порт 379H Доступний для читання

Таблиця 3.3

Таблиця значень розрядів порта 379H	
Розряд	Опис
0-2	Не використовуються, з'єднані з нулем
3	ERROR Ошибка Вхід
4	SLCT Выбор Вхід
5	PE Конец бумаги Вхід
6	ACK Подтверждение Вхід
7	BUSY Занято Вхід

Байти даних для виведення встановлюються порт 378H. Потім через 0,5 мс лінія СТРОБ переводиться з високого в низький рівень, після чого відбувається запис інформації у зовнішній пристрій. Вхідні сигнали зручно зчитувати з порту **379H**.

3.3 Застосування комп'ютера в якості керуючого контролера

Архітектура комп'ютерів перших поколінь завдяки тісному зв'язку між їх апаратною частиною і програмним забезпеченням мали достатньо зручних можливостей до використання їх в якості керуючих систем [6, 7, 8]. Вони мали зручні для цього паралельні LPT (Centronix) та послідовні COM (RS-232C) інтерфейси через які можна було достатньо зручно сполучатись з зовнішнім устаткуванням. Сучасні комп'ютерні системи від таких функцій звільнені завдяки їх гнучкості тому що розроблено багато спеціалізованих апаратних периферійних пристроїв внутрішніх і зовнішніх для різних вимог, технологій і процесів. Розглянемо приклад застосування ПЕОМ для програмного керування електромеханічними перетворювачами.

Виходячи з низької здатності навантаження паралельного адаптера, логічно побудувати Модуль Сполучення (МС), який буде приймати, зберігати, посилювати керуючий сигнал і здійснювати керування. Одночасно МС може приймати зовнішні вхідні сигнали, їх перетворювати та передавати на комп'ютер. Очевидно, що найпростіша схема МС матиме конфігурацію 8 вихідних сигналів (каналів керування), 6 - вхідних, як показано на структурній схемі МС.

На підставі структурної схеми [6, 7, 8] розроблено схему електрична принципова модуля сполучення (МС) ПЕОМ з електроприводом, яка наведена на малюнку 2. МС включає буферний регістр, цифроаналоговий перетворювач і підсилювач струму на транзисторі, включеному за схемою із загальним колектором.

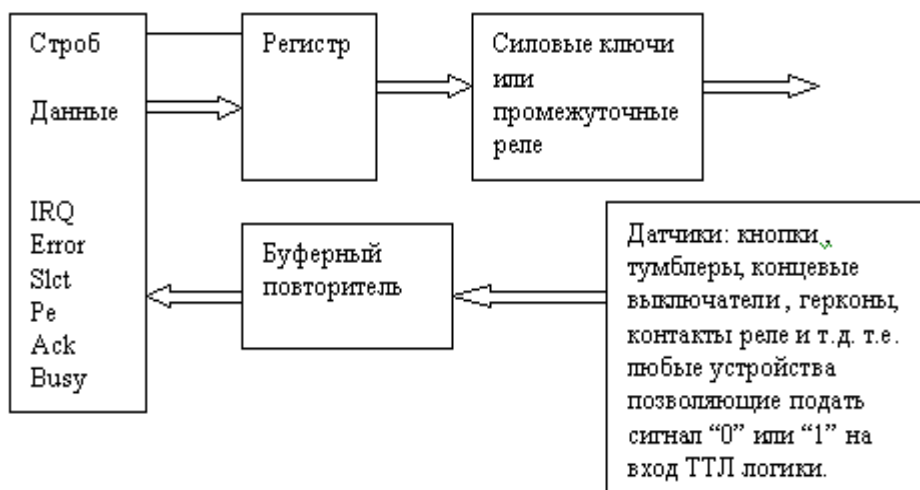


Рисунок 3.1 – Структурна схема керуючого контролера на основі IBM PC

МС підключається до паралельного порту ПК стандартним "принтерним" кабелем Centronix, позначений на схемі - A1, із зазначенням контактів роз'єму адаптера. Датчики K1-K5 працюють на замикання. Мікросхема K155ЛН4 служить для деякого захисту адаптера від несприятливих зовнішніх впливів (у разі чого простіше замінити одну мікросхему, ніж весь адаптер). Можна використовувати інші елементи типу ЛН тієї ж серії, наприклад 155ЛН1, 155ЛН2, але в такому випадку при обробці сигналу треба буде враховувати інверсію. При замиканні одного з ключів K1 на відповідному вході логічного повторювача високий рівень змінюється низьким, і на вхід адаптера надходить сигнал зміни зовнішнього впливу і заноситься в порт 379H, або 37AH (сигнал "дозвіл переривання") і потім обробляється програмою. У відповідь зовнішні впливу комп'ютер відповідно до алгоритму виробляє керуючі сигнали. Керуюча інформація записується по шині даних в регістр RG після проходження стробуючого сигналу на вхід мікросхеми KP1533IP23. TTL вихід регістру захищений діодами КД522Б та резистором номіналом 130 Ом. Потім сигнал посилюється блоком посилення БУ0-БУ7, зібраним як транзисторного ключа на елементах Т1, Т2. Напруга живлення на транзисторний ключ

подається залежно від реле від +5 до +24В. Реле РП21 чи аналогічні. Напряга живлення мікросхем +5В. Ось і вся апаратна частина. Можна приступати до програмного забезпечення.

При програмуванні керуючого сигналу необхідно пам'ятати, що керування здійснюється відразу по всій шині даних. Наприклад, якщо спочатку був включений біт DATA 0 (десятковий код 1, двійковий – 00000001), а потім виникла потреба включити біт DATA 1, не виключаючи DATA 0, то треба подавати керуючий сигнал = 3 (00000011 двійковий).

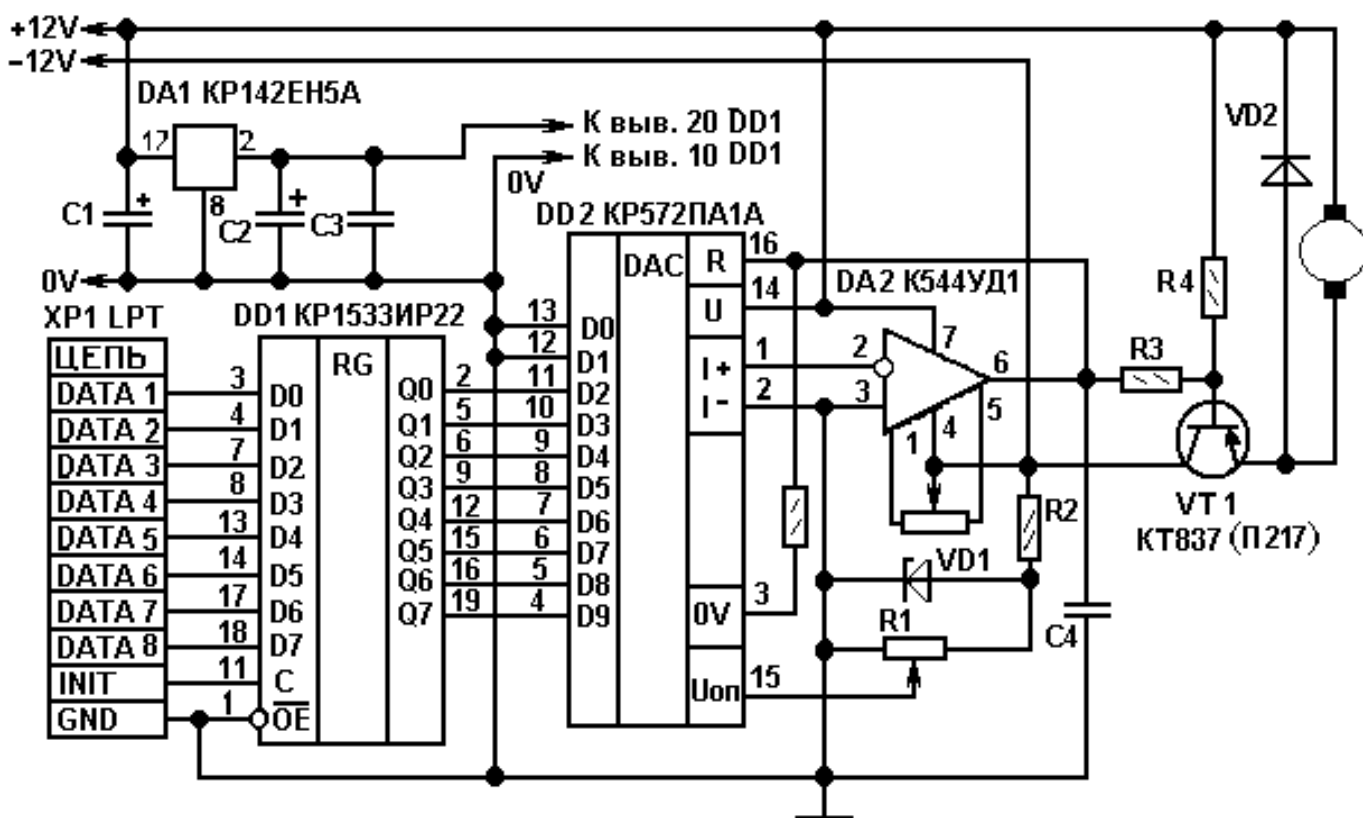


Рисунок 3.2 Варіант електричної принципової схеми модулю сполучення LPT-інтерфейсу Centronix ПЕОМ з електроприводом

При керуючому сигналі 2 (00000010) відбудеться відключення біта DATA 0. Потрібно також мати на увазі, що деякі мови на пряму не підтримують двійковий формат, тому, наприклад, BASIC, всі необхідні керуючі сигнали треба привести до десяткового формату. Вхідний сигнал зчитується з МС порт 379Н. Істотними є 4,5,6,7,8 біти порту. Знову ж таки за необхідності треба привести вхідний сигнал до двійкового формату.

Керування портами здійснюється за алгоритмом:

1. Завантажити в 378H керуючий сигнал
2. Завантажити в 37AH 1 (одиницю - 00000001)
3. Очистити 37AH – 00000000
4. Завантажити в 37AH 1 (одиницю- 00000001)
5. Читання пришедших сигналів:
6. Прочитати 379H
7. Проаналізувати біти 3,4,5,6,7

Приклад результату реалізації алгоритму програмного керування у функції часу представлений на рисунку 3.3. Представлена трапецеїдальна діаграма роботи двигуна в процесі виконання технологічної операції. Цей приклад показує як основі модулю сполучення представленого на рисунку 3.2 і програмного забезпечення за алгоритмом вище можна звичайний, морально застарілий комп'ютер, але з портом LPT достатньо просто перетворити в керуючий контролер складною електромеханічною системою.

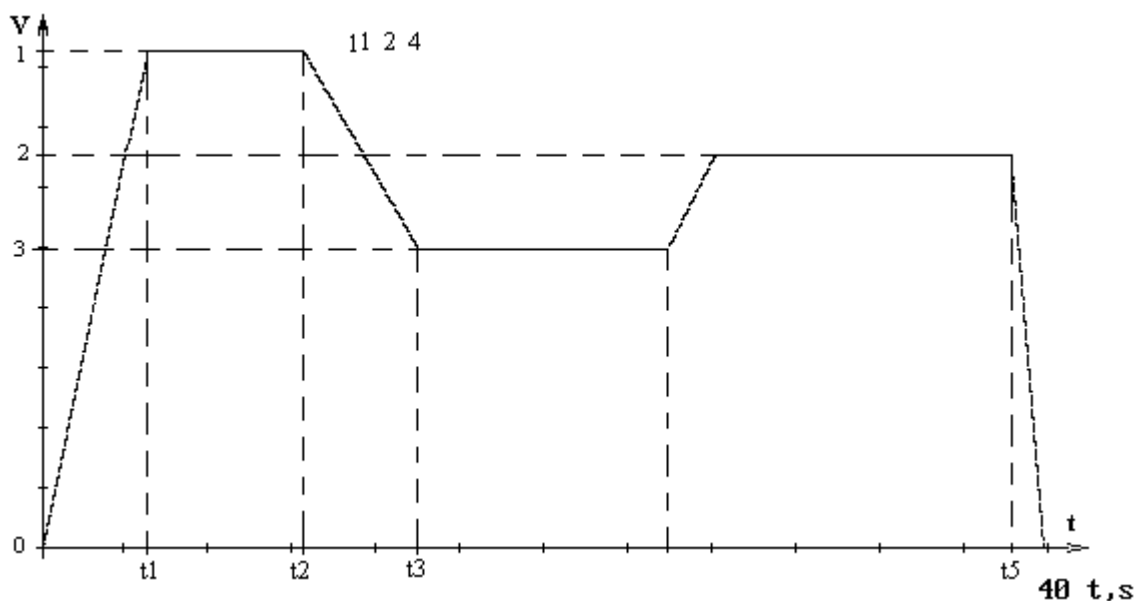


Рисунок 3.3 – Трапецеїдальна діаграма роботи двигуна.

ВИСНОВКИ

- При виконанні роботи було проаналізовано стан комп'ютеризації сучасних виробництв і техпроцесів, визначено місце і роль комп'ютеризації в технологічних процесах.
- Найпростіші розімкнуті комп'ютеризовані системи керування технологічним процесом можуть побудовані на основі системного таймеру комп'ютерної системи, програмного забезпечення і зв'язку через інтерфейси (LPT, COM, USB та ін.) з зовнішніми виконавчими пристроями.
- Проаналізовані апаратні і програмні можливості застосування комп'ютерних систем, сучасної промислової роботизації для підвищення продуктивності, точності, якості продукції.
- Представлені результати нестандартного використання комп'ютерних засобів, зокрема паралельного LPT-порту для керування зовнішніми пристроями на прикладі комп'ютерного керування електродвигуном постійного струму або частотно приводного.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Денисенко В.В. Комп'ютерне керування технологічним процесом, експериментом, обладнанням / В.В. Денисенко – М.: Телеком, 2013.- 608с.
2. Гольдберг О.Д. Проектирование электрических машин / О.Д. Гольдберг, Я.С. Гурин, И.С. Свириденко - М.: Высшая школа, 2001.- 431с.
3. Копылова И.П. Проектирование электрических машин / И.П. Копылова -М.: Высшая школа, 2001.- 305с.
4. Основные тенденции развития встроенных систем управления двигателями и требования к микроконтроллерам / В.Ф. Козаченко – Chip News: №1.1999.- С.29-32.
5. Тули М. Справочное пособие по цифровой электронике /М. Тули - Энергоатомиздат, 2000.- 176с.
6. Ан П. Сопряжение ПК с внешними устройствами / Ан П. - М.: ДМК Пресс, 2001. – 320 с.
7. Гук М. Интерфейсы ПК: справочник СПб: ЗАО Издательство «Питер», 1999 416 с
8. Новиков Ю.В. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC / Новиков Ю.В., Калашников О.А., Гуляев С.Э. – М.: ЭКОМ., 1998. – 224 с.
9. Электроприводы с системами числового программного управления: учебное пособие / сост. В. М. Иванов. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 152 с.
10. A.M. Trzynadlowski, R.L. Kirlin, S.F. Legowski. Space vector PWM technique with minimum switching losses and a variable pulse rate, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 44, no. 2, pp. 173-181, 1997.
11. Козаченко В.Ф. Микроконтроллеры: Руководство по применению 16-разрядных микроконтроллеров Intel MCS-196/296 во встроенных системах управления. М.: Эком. 1997. 688 с.
12. В.Козаченко, А.Соловьев. Новые DSP-микроконтроллеры фирмы Analog Devices ADMC300/330 для высокопроизводительных систем векторного

- управления электроприводами переменного тока// CHIP NEWS. 1998. № 5. С. 16-21.
13. Козаченко В.Ф., Грибачев С.А. Новые микроконтроллеры фирмы Texas Instrumenst TMS32x24x для высокопроизводительных встроенных систем управления электроприводами// CHIP NEWS. 1998. № 11-12. С. 2-6.
14. ГОСТ 50369–92. Электроприводы. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1993.
15. <http://elprivod.nmu.org.ua/>