ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістр

«Системи управління пневматичним двигуном з застосуванням мікроконтролерів»

Виконав: студент 2 курсу
магістратури, групи НФ-61 Носко О.В.
Спеціальність:
«Прикладна фізика та наноматеріали»
Освітня програма: Прикладна фізика енергетичних систем
Керівник: доцент, к.ф.м.н. Кудрявцев І.М.

Харків - 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В.Н.КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр

Напрям підготовки: 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.П. КУЛИК

підпис ініціали, прізвище

"15" вересня 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

_____ Носку Олегу Валерійовичу ____

1. Тема роботи «СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ ДВИГУНОМ З ЗАСТОСУВАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ»

Керівник роботи: доцент, к.ф.м.н. Кудрявцев І.М.

затверджені наказом по університету від "03" жовтня 2022р. № 4201-5/1669

2. Строк подання студентом роботи 20.11.2022 р.

.

3. Перелік питань, які потрібно розробити: Проаналізувати декілька основних схем силової частини перетворення активної потужності для керування елементами пневматичного двигуна:

Мостова схема.

Півмостова схема.

Схема з виводом нульової точки трансформатора.

Трифазний перетворювач активної потужності з нульовим проводом.

Трифазна мостова схема.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд основних підходів до проектування мікропроцесорного контролера роботою пневматичного двигуна
2	Проєктування структури системи та алгоритмів її роботи
3	Розробка електронної системи керування пневмодвигуном
4	Розробка та виготовлення програматора для мікроконтролерів
5	Виготовлення та випробування блоку керування пневмоциліндром

5. Дата видачі завдання _____

Студент _____ Носко О.В.

Керівник роботи _____ Кудрявцев І.М

АНОТАЦІЯ

Носко О.В. Розробка системи управління пневматичним двигуном з застосуванням мікроконтролерів.

Обсяг роботи: 68 листи друкованого тексту, 30 рисунків, 1 таблиця та 1 додаток і налічує 34 джерела використаної літератури.

Нами розроблено алгоритмічну та структурну схему мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами. Всім необхідним вимогами для проектування мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами відповідає мікропроцесорний комплект на великих інтегральних схемах підвищеної степені інтеграції. В результаті проведеної роботи сконструйовано систему системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами на базі мікроконтролера серії К1810.

Вибраний мікропроцесорний комплект задовольняє вимогами, які ставить до нього розроблюваний прилад і використаний для його розробки мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами.

ЗМІСТ

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ ДВИГУНОМ З ЗАСТОСУВАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ 9

1.1 Пневматична система та пневматичні циліндри 11

1.2 Термодинамічні процеси в пневматичних циліндрах 15

1.3 Розробка електронної системи керування пневмодвигуном 21

1.4 Розробка та виготовлення програматора для мікроконтролерів 27

1.5 Виготовлення та випробування блоку керування пневмоциліндром 30

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА РОБОТОЮ ПНЕВМАТИЧНОГО ОДВИГУНА 33

2.1. Формулювання вимог до мікропроцесорної системи 33

2.2. Аналіз існуючих методів роботи мікропроцесорних контролерів 34

2.3. Алгоритм роботи мікропроцесорного контролера 45

РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ТА АЛГОРИТМІВ ЇЇ РОБОТИ 49

3.1. Огляд мікроконтролерів 49

3.2. Обґрунтування вибору мікроконтролера 50

3.3. Технічні характеристики 52

3.4. Створення програми 53

3.5. Результати роботи програми 56

3.6. Розроблення структурної схеми проєктованого пристрою 59

ВИСНОВКИ 62

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 64

ДОДАТКИ 68

ВСТУП

Як відомо, для розробки ефективних пневматичних двигунів необхідно рішення оптимізаційної задачі в системі газорозподілу з однієї сторони й застосування автоматизованої системи керування з іншої. Дане завдання для пневмодвигуна на основі пневмоциліндрів може бути успішно вирішено із застосуванням керуючої мікропроцесорної техніки, електро-пневморозподілювачів, а також електромагнітних датчиків положення поршня.

Використання подібних пневматичних двигунів в екологічно чистих силових установках, що працюють на стиснутому повітрі або рідкому азоті, може знайти широке застосування в малогабаритних міських автомобілях, спеціальної та мінітракторній техніці, а також в автономних установках електропостачання.

Стиснуте повітря або рідкий азот виробляються в промислових масштабах з використанням електроенергії, а після завершення робочого циклу повертаються в атмосферу, не порушуючи екологічної рівноваги навколишнього середовища.

На сучасному етапі в умовах розвитку науки, структурної перебудови та переведення економіки на ринкові засади змінюється ситуація у сфері виробництва загалом і вступають у дію нові ринково-виробничі відносини. Це змінює фокус нашої галузі на користь якості. Протягом сімдесяти років основною вимогою промисловості були кількісні властивості продукції, що випускається. В умовах конкуренції компанії змушені розробляти та продавати конкурентоспроможну продукцію.

Очевидною стала необхідність економічних стосунків із зарубіжними країнами, а це неможливо без обміну продукцією. Тому продукція повинна конкурувати з кращими світовими зразками. У випадку якщо цього не буде країна може очікувати на економічні проблеми. Переорієнтування промисловості в такому випадку являється ключовим. Продуктивність праці на підприємстві безпосередньо пов'язана з продуктивністю технологічного

обладнання, контрольно-вимірювальної техніки. Тому головними вимогами до нового обладнання є висока якість, мінімальна вартість і високі технічні характеристики.

Відповідно, аналогічні вимоги ставляться до силових перетворювачів, які повинні забезпечувати високу продуктивність у широкому діапазоні зміни вхідного струму та вхідної напруги, а також діапазону частот заданих сигналів.

Труднощі перетворення інтегральних характеристичних властивостей сигналів що змінюються, а також і потужності, складність є обґрунтована технічною реалізацією яка застосовується в функціональних перетворювачах. Спосіб реалізації перетворення потужності визначає точності характеристик перетворювачів потужності і розповсюджених в приладах що застосовують різного виду фізичні явища. При виготовлені промисловістю, перетворювачі не отримують точних характеристик.

Метою дипломної роботи є проектування мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами при малих апаратурних затратах.

Для виконання мети дослідження ми поставили наступні завдання:

1. Виконати дослідження та аналіз характеристик мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами.

2. Провести огляд основних підходів до проектування мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами.

3. Розробити алгоритмічну та структурну схему системи.

Об’єктом дослідження є управління пневмодвигунами.

Предметом дослідження є мікропроцесорні системи управління пневматичним двигуном.

Методи дослідження в роботі використані такі: пошук матеріалів в методичних рекомендаціях, а також науковій літературі, аналіз знайденого матеріалу, документації а також результати для усунення проблеми при досліджені.

Джерельна база дослідження. Робота ґрунтується на аналізі наукового матеріалу а також літератури, методичних посібників, статей що були знайдені в науковому середовищі, видань та напрацювань вчених а також дослідників в галузі програмування мікроконтролерів та електронних систем.

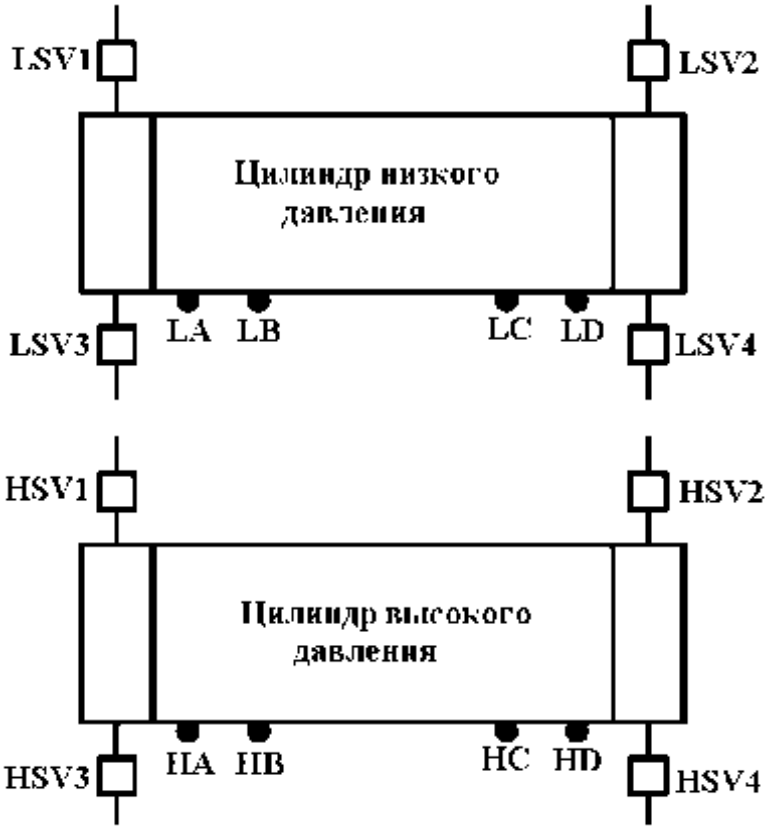
Наукова новизна роботи полягає у наявності оригінального дослідницького матеріалу по напрямку проведеного дослідження. В роботі вперше використаний мікропроцесорний пристрій управління пневматичним двигуном.

Теоретична та практична цінність роботи полягає в наявності теоретичного матеріалу з досліджень, отриманих, у тому числі, в процесі пошуку інформації з предмета та при систематизації наукового матеріалу. Проведене дослідження має глибший рівень розвитку наукового напряму порівняно з попередніми дослідженнями вчених, дисертантів та науковців наукового спрямування.

Структура роботи. Робота складається з 68 листів друкованого тексту, 30 рисунків, 1 таблиці та 1 додатку і налічує 34 джерела використаної літератури.

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ ДВИГУНОМ З ЗАСТОСУВАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ

Розглянемо систему керування пневмодвигуном на базі двох пневмоциліндрів високого й низького тиску (рис. 1.1).



Рис/ 1.1 - Пневматичні циліндри двосторонньої дії з електро-пневмоклапанами та датчиками положення поршня

На кожному циліндрі встановлюються 4 датчика положення поршня. При цьому датчики HA, HB, HC, HD розташовані на циліндрі високого тиску, а датчики LA, LB, LC, LD - на циліндрі низького тиску. При проходженні поршня в зоні дії датчика подається електричний сигнал у систему керування механізмом газорозподілу.

Пневмоциліндри обладнані також впускними (HSV1, HSV2, LSV1, LSV2) і випускними (HSV3, HSV4, LSV3, LSV4) електричними пневмоклапанами.

Загальна схема підключення пневмоциліндрів приведена на рис. 1.2.

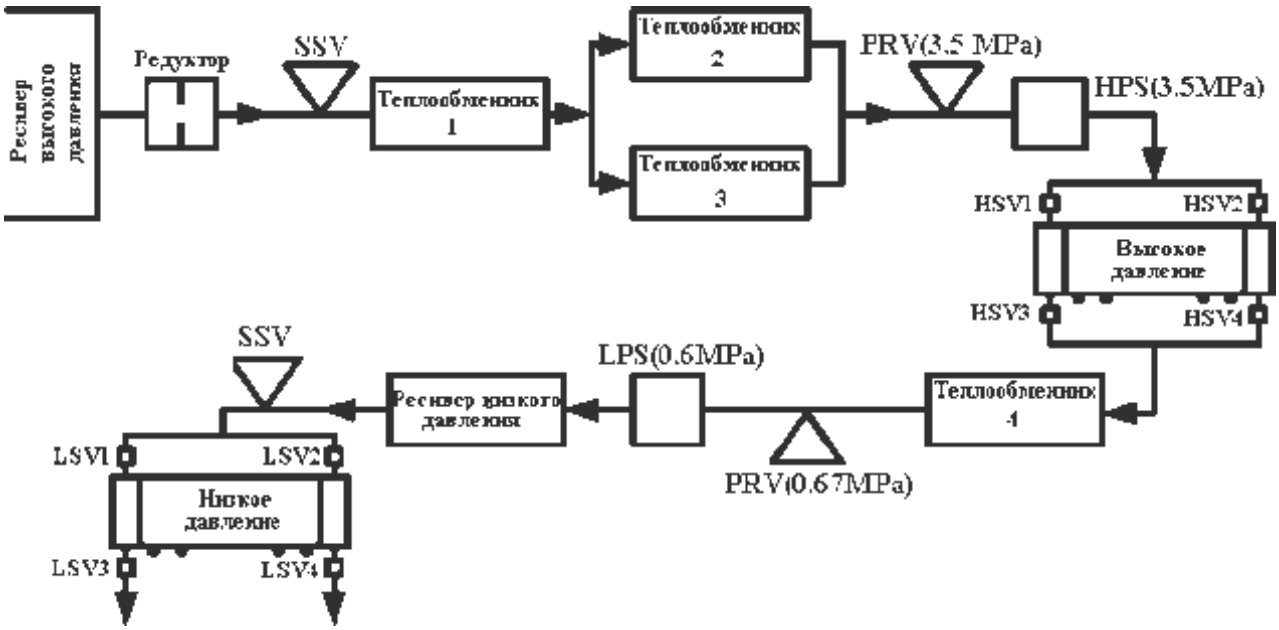


Рис. 1.2. Схема підключення пневмоциліндрів і подачі робочого газу

Стиснутий газ із ресивера високого тиску через редуктор та електроклапан SSV надходить у теплообмінники 1, 2 і 3. Якщо тиск на виході теплообмінників P_1 досягає 3,5 MPa, спрацьовує датчик HPS і на систему керування подається сигнал про готовність роботи пневмоциліндра високого тиску. У ході роботи газ скидається через теплообмінник 4 у ресивер низького тиску. При цьому за допомогою датчика LPS контролюється тиск P_2: пневмоциліндр низького тиску включається в роботу при досягненні тиску 0,6 MPa. При зниженні тисків P_1 і P_2 нижче заданих значень відповідний пневмоциліндр зупиняється. Крім того, робота системи може бути зупинена оператором у будь-який момент часу кнопкою «СТІП».

Додатковою вимогою до системи керування є наступне: при включенні системи повинне виконуватися умова, що всі поршні перейдуть у крайнє ліве положення, тобто повинні спрацювати датчики переміщення HA та LA (рис. 1.2).

1.1 Пневматична система та пневматичні циліндри

В пневмосистемах енергія тиску стиснутого повітря перетворюється в механічну енергію виконуючих механізмів при взаємодії повітря на робочі частини деталей, якими можна вважати поршень, лопатки або мембрану.

Зусилля, що розвиває виконуючий механізм, пропорційний тиску в ньому, а швидкість руху вихідної ланки визначається витратою стиснутого повітря.

Виконавчими механізмами в пневматичних системах як правило використовують *пневматичні двигуни*.

По способу перетворення енергії стислого повітря пневматичні двигуни поділяють на:

- *Об'ємні* , коли енергія стислого повітря перетворюється в механічну роботу шляхом збільшення об'єму робочої камери (поршневі, шестеренні, ротаційні, лопатеві, гвинтові, крокові);
- *Турбінні,* перетворюють енергії стислого повітря в кінетичну енергію потоку, а потім кінетичну енергію потоку в механічну роботу (пневматичні двигуни з осевою, доцентровою, струменево-реактивною, турбінно-вихровою);
- *Реактивні* (ракетні), перетворюючи потенційну енергію стислого повітря в механічну роботу шляхом утворення реактивної тяги (реактивні двигуни поступального руху).

В залежності від виду руху вихідної ланки пневматичного двигуна їх можна поділити на двигуни з:

-*прямолінійним рухом вихідної ланки* (пневматичні циліндри, мембранні виконавчі механізми);

-*поворотним рухом вихідної ланки* (поршневі і шиберні (лопатеві) поворотні пневматичні двигуни);

-*багатооборотним обертальним рухом вихідної ланки* (поршневі пневматичні двигуни обертальної дії, шестеренні, пластинчасті, турбінні, гвинтові, вихрові, струменево реактивні пневматичні двигуни).

В окрему групу можна віднести спеціальні пневматично виконавчі механізми – вакуумні захоплення, цангові затискачі і т.д.

Всі перераховані типи механізмів мають свої недоліки і переваги і характеризуються областю кращого призначення.

Пневматичний циліндр являється пневматичним двигуном що дозволяє перетворити енергію стислого повітря в лінійне механічне переміщення вихідної ланки.

Як влаштований пневматичний циліндр, показано на рис 1.3.

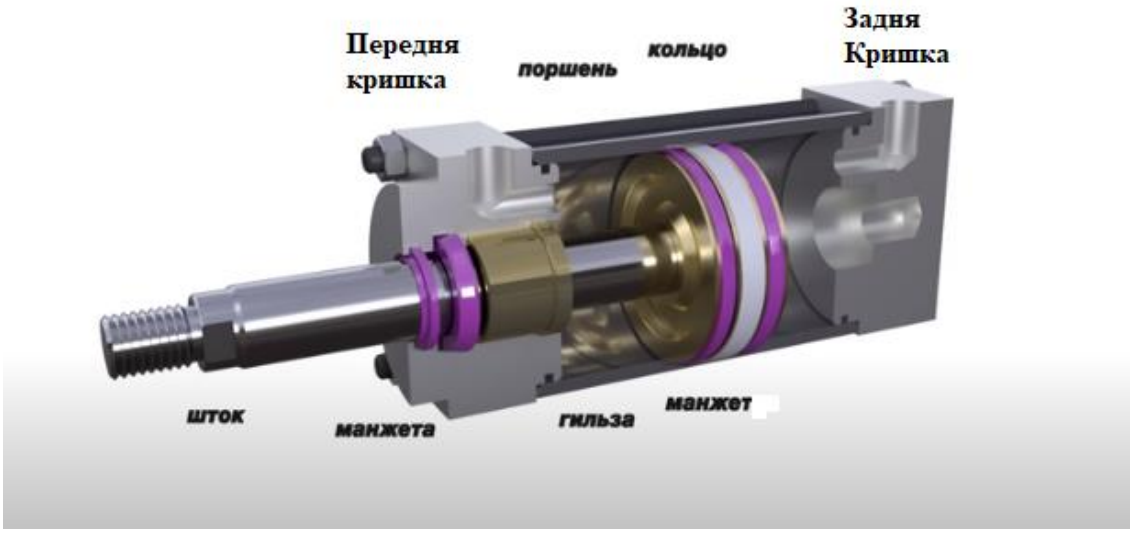


Рис. 1.3. Конструкція пневматичного циліндра

Поршень пневматичного циліндра розташований в гільзі (в трубі з гладкою внутрішньою поверхнею), на поршні розташовані манжети які герметично розділяють поршневу і штокову порожнину, на поршень можуть бути встановлені опорні і магнітні кільця, опорні кільця забезпечують ковзання поршня по гільзі а магнітні кільця потрібні для того щоб датчики могли визначити розташування поршня, до поршня приєднаний шток довгий стрижень з полірованою поверхнею, в місці з’єднання поршня і штоку встановлюють резинове кільце.

Для того щоб пневматичний циліндр став герметичним потрібно встановити передню і задню кришку, розмістивши в місцях з’єднання кришок

резинові кільця . В кришках виконані отвори для підведення стислого повітря, в передній кришці розміщена манжета яка не дає повітрю протікати повздовж поверхні штока і бруд знімач що не дозволяє бруду попасти в порожнину пневматичного циліндра.

Поверхні штоку та гільзи що контактують з манжетами повинні бути гладкими щоб не пошкодити манжети і забезпечити щільний контакт.

Стисле повітря потрапляє в порожнину циліндра і давить на поршень який розміщено в гільзі під дією тиску стислого повітря поршень переміщується, шток закріплений на поршні переміщується разом з ним, шток може піднімати вантаж або переміщати механізм.

По функціональним можливостям пневматичні циліндри розподіляють на два базові типи:

-*пневматичні циліндри односторонньої дії,* в яких подання стислого повітря здійснюється для виконання робочого ходу в одному напрямку;

-*пневматичний циліндр двосторонньої дії,* в яких корисна робота як при прямому так і при зворотному ході поршня.

Пневматичні циліндри односторонньої дії

Пневматичні циліндри односторонньої дії застосовують в виштовхувачах, відсікачах, в затискних конструкціях. В даних циліндрах стисле повітря може діяти на поршень тільки з однієї сторони, зворотній хід поршня виконується під дією зусилля пружини або навантаження. Для виконання зворотного ходу потрібно випустити стисле повітря з протилежної порожнини.(рис. 1.4)

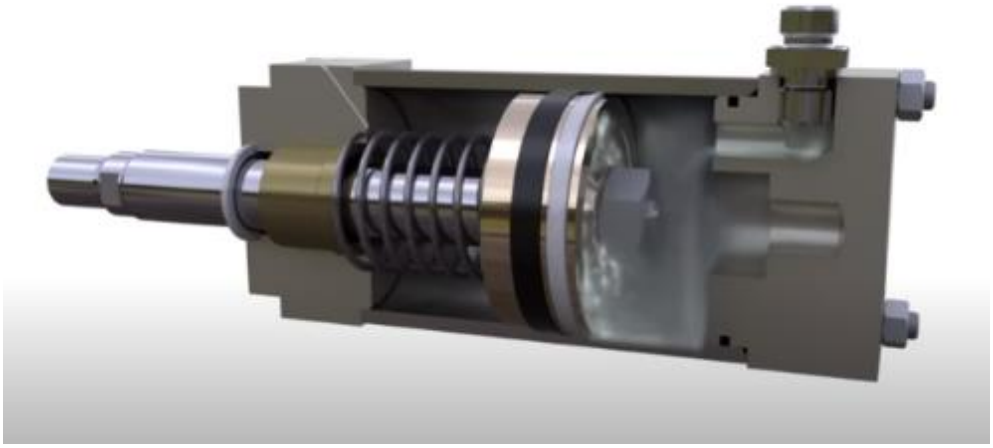


Рис. 1.4 Протилежна сторона пневматичного циліндра

В пневматичних циліндрах односторонньої дії не потрібна повна герметизація штокової порожнини, постійно зв’язаної з атмосферою, а відсутність додаткових ущільнень понижують втрати на тертя.

Данні циліндри використовують в тих випадках коли потрібно передача зусиль тільки в одному направленні, а повернення виконується безперешкодно.

Галузь застосування даних пневмоциліндрів обмежена недоліками:

-робоче зусилля понижено за рахунок протидії пружини

-мале зусилля при зворотному ході (приблизно 10% робочого)

Пневматичний циліндр двосторонньої дії

Пневматичний циліндр двосторонньої дії використовують у тих випадках, коли потрібно передати робоче зусилля при лінійних переміщеннях в обох напрямках, наприклад, при переміщені, установки, при підйомі і опусканні робочих частин машини і при інших технологічних операціях.

Принцип дії на відмінну від пневмоциліндра односторонньої дії повітря може діяти з двох сторін. При подачі повітря в поршневу порожнину шток висувається, щоб втягнути шток потрібно подати стисле повітря в штокову порожнину а поршневу з'єднати з атмосферою. (рис 1.5)



Рис. 1.5 Пневматичний циліндр двосторонньої дії

Переміщення штока в любому направлені являється робочим і може виконуватись під навантаженням. При зворотному ході поршня штокова порожнина знаходиться під надмірним тиском, що пов'язано в необхідності установки додаткових ущільнювачів на поршні і в передній кришці для запобігання витоків стислого повітря по штоку.

1.2 Термодинамічні процеси в пневматичних циліндрах

Робочим тілом в пневмо передачі являється стиснуте повітря який як правило розглядають як ідеальний газ .

Ідеальний газ – газ в якому відсутні сили з'єднання між молекулами, а молекули рахують матеріальними точками які не мають обома.

Процес стиснення і розширення газу супроводжується зміною його термодинамічного стану.

Термодинамічний стан характеризується: тиском p, густиною ρ (або питомим об'ємом $v = 1/\rho$ і термодинамічною температурою Т.

Залежність між параметрами газу визначають рівнянням стану (1):$p = \rho RT$ де R -газова постійна, рівна для сухого повітря 287,1 Дж/(кг*К).

В пневмо передачах можливі різні умови теплообміну між рухомим в каналах газу і навколишньою середою. В загальному випадку зміна стану газу в залежності від тривалості процесу може протікати по різним законам в довільною зміною параметрів Тиску, густини, температури. При цьому практично у всіх випадках задовольняється рівнянням стану (1).

Проте на практиці термодинамічні процеси протікають таким чином що одну із величин що входить в рівняння стану можна рахувати постійною (константою).

Процес, що проходить при постійному питомому об'ємі ($v = const$), називається ізохоричним процесом. Записавши рівняння (1) для двох станів при $v = const$ отримаємо: $\frac{p_0}{p_1} = T_0/T_1$ (2)

Де p_0 i p_1 – початкове і кінцеве значення тиску;

Де T_0 i T_1 – температура газу при відповідному тиску p_0 i p_1;

Із рівняння (2) слідує що при нагріванні або охолодженні газу в замкненому об'єми, його тиск збільшується або зменшується пропорційною температурі.

Процес що проходить при постійному тискові ($p = const$) називається ізобарним процесом.

Початковий тиск газу рівний початковій густині, газовій постійній, температурі при початковому тиску.

Рівняння стану газу при $p = const$ для початку і кінця процесу запишеться у вигляді виразу (3) $p_0 = \rho_0 RT_0$, $p_1 = \rho_1 RT_1$.

Початковий тиск рівний кінцевій густині, газовій постійній, і температури при початковому тиску.

Кінцевий тиск рівний кінцевій густині, газовій постійній, і температури при кінцевому тиску.

Тоді отримаємо що при початковій щільності і температури газу при початковому тиску буде рівне кінцевій щільності і температурі газу при кінцевому тиску або відношенню початкового і кінцевого питомого об'єму буде дорівнювати відношенню температури газу на початку і кінцевому тиску: (4) $\rho_0 T_0 = \rho_1 T_{10}$, $v_0/v_1 = T_0/T_1$.

При ізобарному процесі об'єм газу прямо пропорційний температурі.

Процес що проходить при постійній температурі ($T = const$) називають ізотермічним.

Рівняння такого процесу: (5) $\frac{p_0}{p_1} = \frac{\rho_0}{\rho_1}$ або $p_0 v_0 = p_1 v_1$

Відношення початкового тиску і кінцевого дорівнює відношенню початкової і кінцевої щільності або початкового тиску і питомого об'єму дорівнює кінцевому тиску і кінцевому питомому об'єму.

Даний процес може бути використаний лише при дуже повільному зміненні стану при стиснені або розширені газу.

Процес що проходить без теплопередачі з навколишнім середовищем називають адіабатним.

Співвідношення параметрів газу визначаються залежністю (6), відношення початкового і кінцевого тиску дорівнює відношенню початкової і кінцевої щільності в степені χ, або початкового тиску і питомим об'ємом з степеню χ дорівнює кінцевому тиску і питомому об'єму з степеню χ.

Де χ -являється показником адіабати (для повітря $\chi \approx 1{,}4$).

Показник адіабати дорівнює відношенню питомої теплоємності газу при постійному тиску і об'єму $\chi = C_p/C_v$.

В техніці часто використовують поняття політропічного процесу рівняння якого записується у вигляді вираження (7) відношення початкового і кінцевого тиску дорівнює початковій і кінцевій щільності в степені n або початкового тиску і питомого об'єму в степені n дорівнює кінцевому тиску і питомого об'єму в степені n.

$$\frac{p_0}{p_1} = (\rho_0/\rho_1)^n \text{ або } p_0 v_0^n = p_1 v_1^n$$

Де n- показник політропи. Показник політропи рівний різниці між питомої теплоємності газу при постійному тиску і C- питомій теплоємкості газу в політропічному процесі поділеної на різницю питомої теплоємкості газу при постійному об'єми і питомій теплоємкості газу в політропічному процесі.

$$n = (C_p - C)/(C_v - C$$

Витіканням газу з резервуару при практичних постійних його параметрах в загальному випадку являється невстановленим процесом. Однак з ціллю спрощення розрахунків в раді випадків рух газу приймають встановленим що підкоряється рівнянню Бернуллі.

Припустивши що газ витікає з резервуару великої ємкості через отвір в тонкій стінці характер течії в дроселях такого вигляду турбулентні, а термодинамічний процес можна рахувати адіабатним, оскільки при великих швидкостях руху газу через отвір теплообмін між газом і стінкою практично не виконується, розміри резервуара достатньо великі що швидкістю газу перед отвором можна знехтувати і рахувати початкову швидкість газу рівну нулю. Рівняння Бернуллі для газу запишеться у вигляді (8).

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{x}{x-1}\left(\frac{p_1}{\rho_1} - \frac{p_0}{\rho_0}\right) = -\xi(v_1^2/2)$$

Де $v_1 -$ швидкість газу на виході з дроселя;

$\rho_0, \rho_1 -$ щільність газу на вході в пневматичний опір і на його виході;

$\xi -$ коефіцієнт місцевого опору;

Рівняння для швидкості і витрати газу, для цього потрібно вирішити рівняння (8) відносно швидкості газу на виході з дроселя а результат буде записаний у вигляді рівняння (9).

$$v_1 = \frac{1}{\sqrt{1+\xi}}\sqrt{2\frac{x}{x-1}(\frac{p_1}{\rho_1} - \frac{p_0}{\rho_0})}$$

Враховуючи характер протікання адіабатного процесу а також рівняння стану газу із виразу (9) отримаємо вираз (10) в якому

$\mu -$коефіцієнт витрат: $\mu = 1/\sqrt{1+\xi}$;

с −швидкість звуку в газу: с $= \sqrt{\chi RT}$; $\sigma = p_1/p_0$;

$$v_1 = \mu c \sqrt{\frac{2}{\chi - 1}(1 - \sigma^{\frac{\chi-1}{\chi}})}$$

Масові витрати газу з урахуванням A_0 − площа прохідного перерізу отвору $Q_m = v_1 \rho_1 A_0$ може бути розрахована за формулою (11)

$$Q_m = \mu A_0 c \frac{\rho_0}{RT_0} [\frac{2}{\chi - 1}(\sigma^{2/\chi} - \sigma^{(\chi+1)/\chi})]^{1/2}$$

З рівняння (11) можна визначити при якому значені σ-відношені тисків, є місце максимумів Q_m − максимального значення витрат газу.

Критичне значення тисків $\sigma_{\text{кр}}$ визначається по формулі (12)

$$\sigma_{\text{кр}} = (\frac{2}{\chi + 1})^{\frac{\chi}{\chi-1}}$$

При $\chi = 1{,}4$, $\sigma_{\text{кр}} = 0{,}528$. Максимальна витрата буде отримана при підставі рівняння (12) в рівняння (11).

На рис. 1.6 . Показана графічна залежність втрат рівняння(13)

$$\varphi(\sigma) = [\frac{2}{\chi - 1}(\sigma^{2/\chi} - \sigma^{(\chi+1)/\chi})]^{1/2}$$

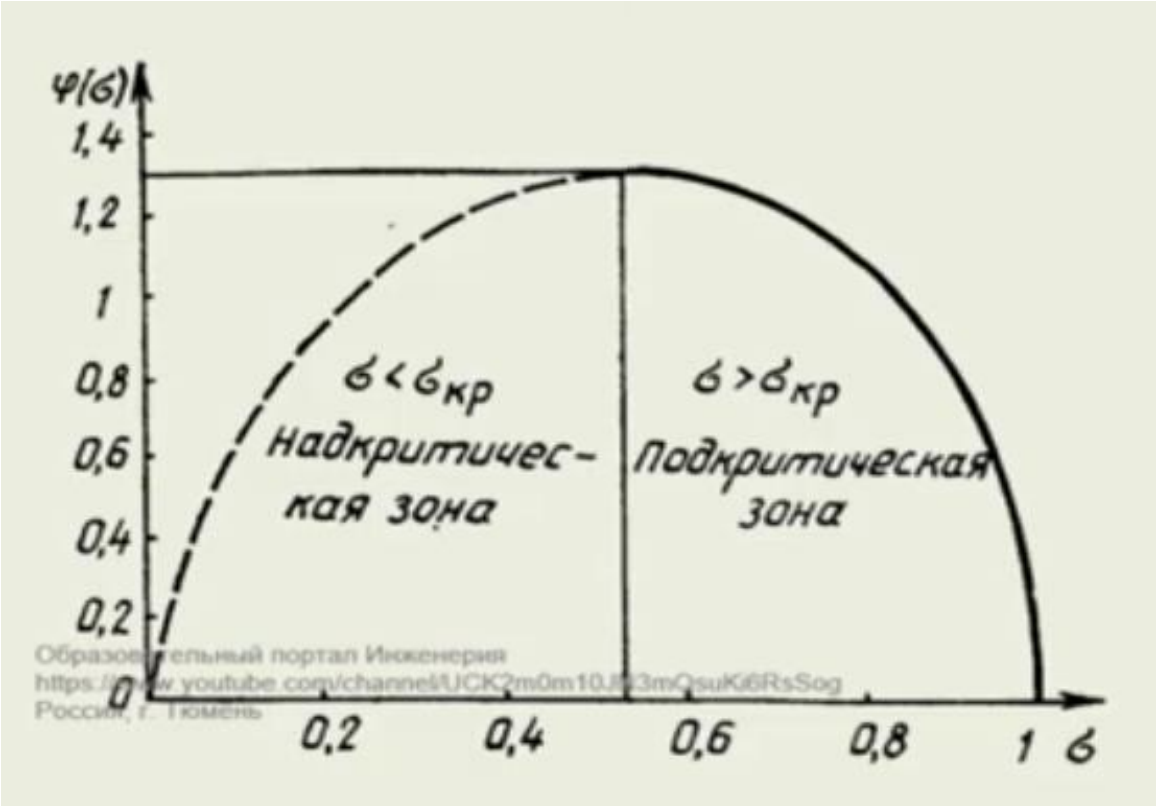


Рис. 1.6 Графічна залежність втрат

Вітка кривої зміни функції витрат зображена пунктирною лінією не являється дійсною, при відношенні тисків $\sigma = 0$ (що відповідно витоку газу у вакуумі) масова витрата газу Q_m не рівна нулю і буде максимальною.

Як показує практика при постійному тиску в ресивері і відношення тиску менше критичного $\sigma < \sigma_{\text{кр}}$ витрата залишається постійною і рівна максимальною (горизонтальна лінія на графічній залежності).

Для полегшення розрахунків рівняння(11)представляють у вигляд рівняння14

$$Q_m = \mu A_0 c(\rho_0/RT)\varphi(\sigma)$$

Де для до критичного режиму течії газу ($\sigma > 0.528$):

$$\varphi(\sigma) = \sqrt{\frac{2}{\chi-1}(\sigma^{2/\chi} - \sigma^{(\chi+1)/\chi}} \text{ (15)}$$

Для над критичного режиму ($\sigma \leq 0.528$):

$$\varphi(\sigma) = 0{,}2588\sqrt{2/(\chi-1)} \text{ (16)}$$

При розрахунках і проектуванні пневматичних систем мобільних машин використовують гіперболічні функції витрат де $a, b -$ емпіричні коефіцієнти:

$$\varphi(\sigma) = a(1-\sigma)/(b-a) \quad (17)$$

Функція (17) є неперервною на всьому діапазоні зміни тиску і достатньо точно відображає процес течії повітря в трубопроводі і в каналах пневматичних пристроях.

Повітря в пневмоприводах і пристроях пневматичної автоматики являється енергетичним носієм і являється також передатчиком інформації, він заповнює канали ємності пневматичних систем, взаємодіє з різними елементами, тому якість повітря визначає якість роботи пневматичних приводів і пристроїв.

$1м^3$ всмоктувальний компресором повітря при 25℃ може містити до 180 мілионна частинок пилі, 23 г води в формі пара 0,01…0,03 мг/$м^3$ компресорного масла. При стискуванні повітря концентрація забруднюючих домішок багатократно збільшується, що зменшує довго тривалість роботи пневматичних пристроїв в 3…20 разів.

1.3 Розробка електронної системи керування пневмодвигуном

Нами був розроблений алгоритм керування розглянутими пневмоциліндрами з використанням датчиків положення поршня та електро-пневмоклапанів, що показаний на рис. 1.7-1.9.

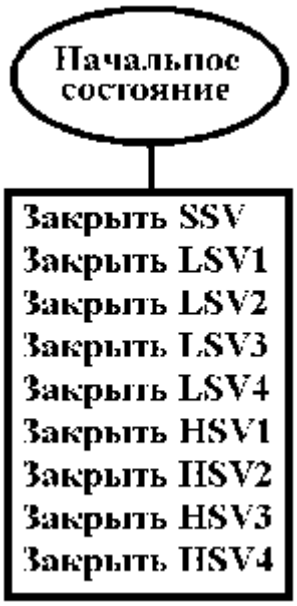


Рисунок 1.7 - Початковий стан системи

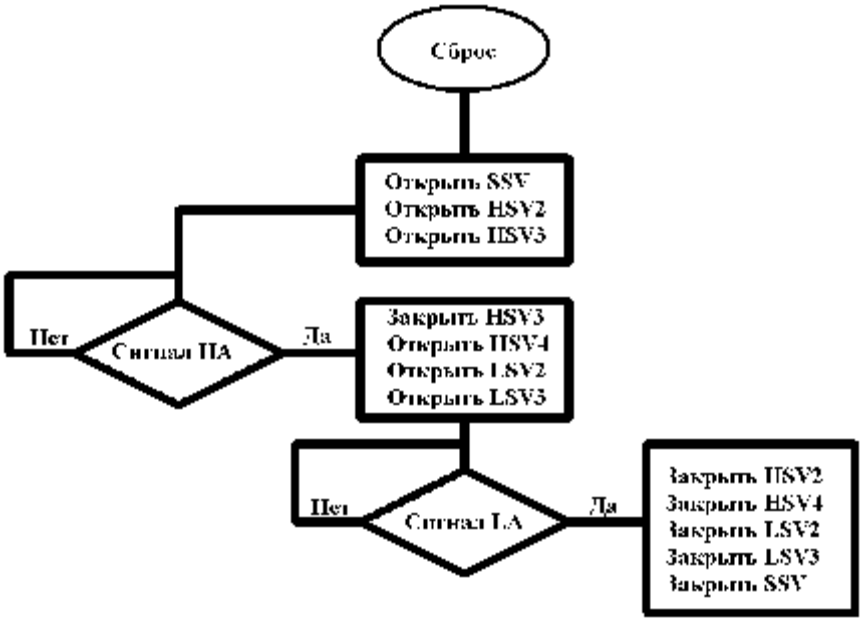


Рисунок 1.8 - Перевід поршнів у ліве положення

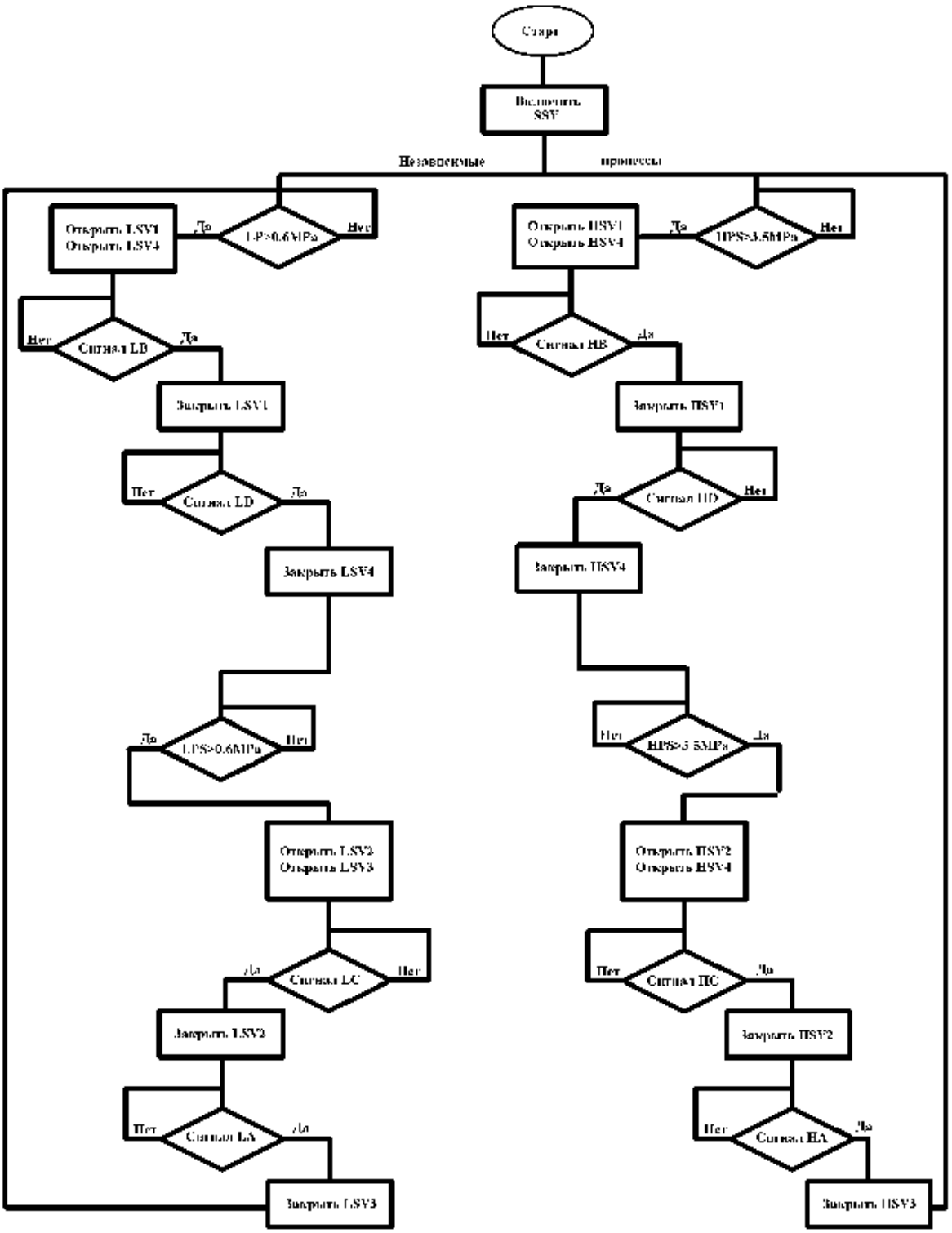


Рис. 1.9 - Алгоритм керування пневмоциліндрами

Для реалізації даного алгоритму були обрані два мікроконтролери AT89C205, що працюють на частоті 2 млн. операцій у секунду, що більш ніж задовольняє тимчасовим характеристикам досліджуваного робочого процесу.

Вибір даних мікроконтролерів обумовлений тим, що для своєї роботи вони не вимагають великої кількості зовнішніх елементів та доступні в Україні. Внутрішня пам'ять 4x14 Кбіт витримує більше 100000 перезаписів, що дозволяє вносити зміни в алгоритм роботи пристрою в процесі настроювання або оптимізації. Структура системи керування пневмоциліндрами з використанням даних мікроконтролерів представлена на рис. 1.10.

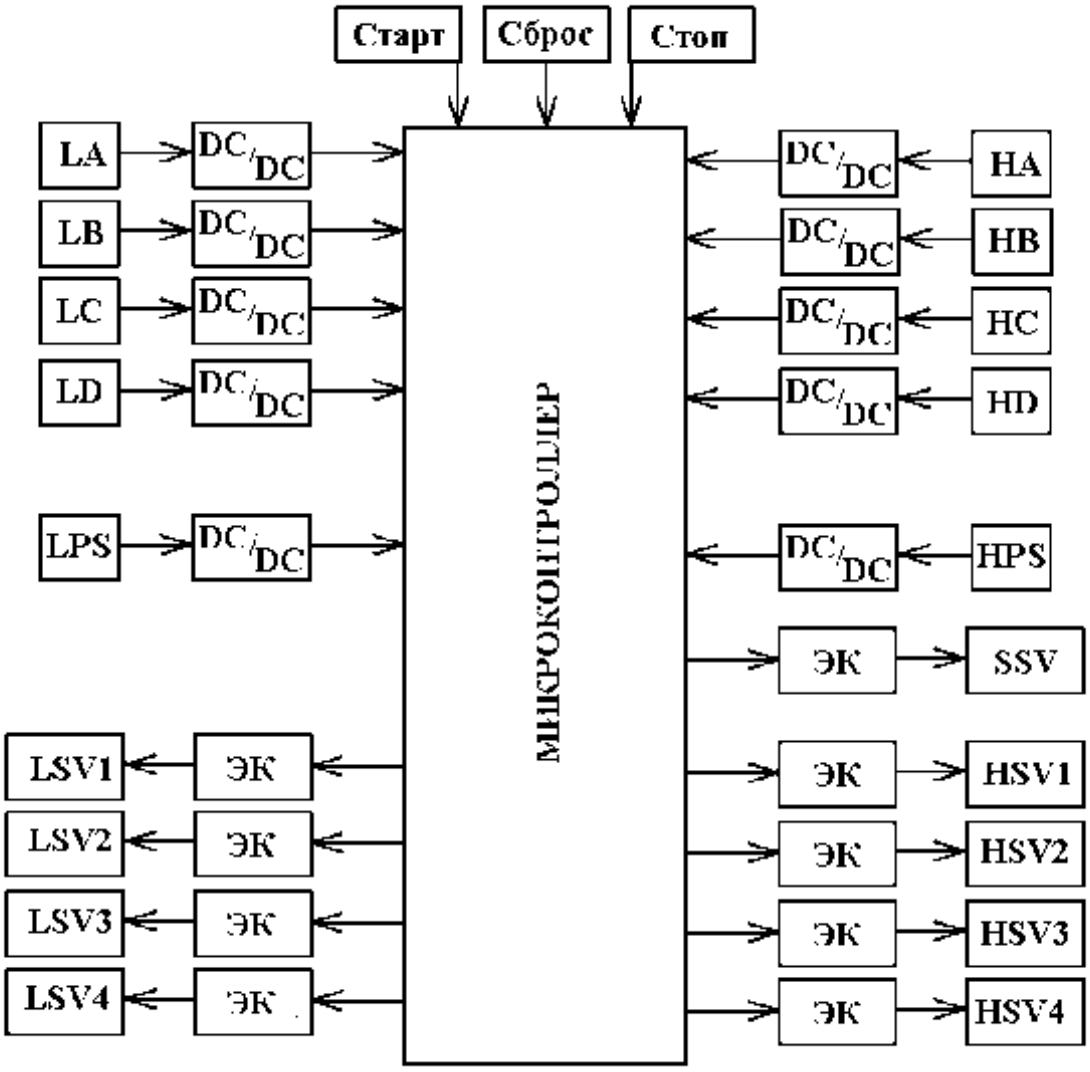


Рис. 1.10 - Структура системи керування пневмоциліндрами

Тут введені наступні позначення:

LA, LB, LC, LD	Датчики положення циліндру високого тиску
HA, HB, HC, HD	Датчики положення циліндру низького тиску
LPS	Датчик високого тиску
HPS	Датчик низького тиску
LSV1...L SV4	Клапана низького тиску
HSV1… HSV4	Клапана високого тиску
DC/DC	Узгодження рівнів електричного сигналу
SSV	Загальне вимикання
ЭК	Електронний ключ

Узгодження рівнів електричного сигналу обумовлене тим, що використовуваний мікроконтролер має напругу живлення 5 В, у той час як виконавчим пристроям (катушки пневмоклапанів, датчики положення поршня) необхідно 12 В.

В момент включення через катушку пневмоклапана протікає досить великий струм – 6 А. При цьому використання електромагнітного реле для комутації нам представляється недоцільним, оскільки відомо, що кількість спрацьовувань реле не перевищує 1 млн. При частоті роботи поршня 5 Гц реле може працювати 1000000/5=200000 сек, що становить приблизно 50 годин. До того ж через індуктивність катушки пневмоклапана під час вимикання може виникати електродуга на контактах реле, що приведе ще до більш швидкого виходу його з ладу.

Система керування (мікроконтролер) посилає сигнал включення (або вимикання) через опто-пару (OC1) і транзистор Q2 на затвор польового транзистора Q1.

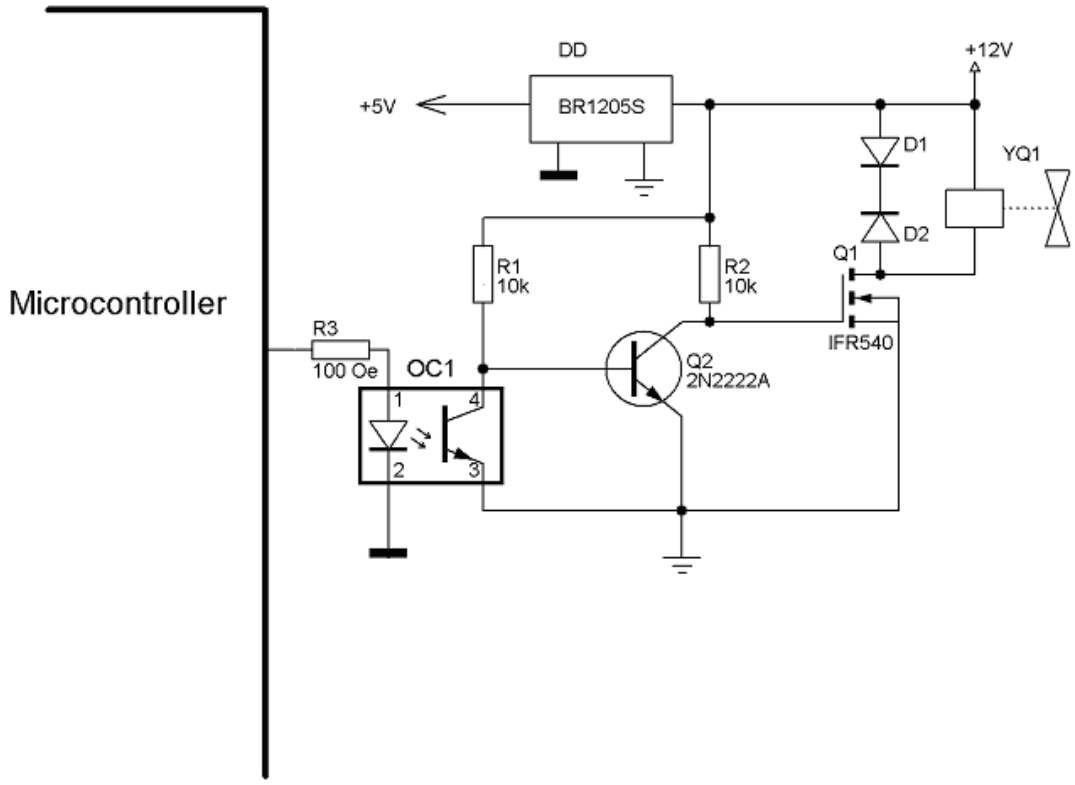


Рис. 1.11 - Схема комутації електро-пневмоклапана на основі польового транзистора

Опто-пара повністю розв'язує систему керування від силової частини. Польовий транзистор буде працювати в режимі електронного ключа (повністю відкритий або повністю закритий). Крім того, для захисту транзистора, катушка пневмоклапана зашунтована швидкодіючими діодами (D1, D2), з порогом 40 В. Мікрозборка BR1205S перетворить зовнішню напругу 12 В у 5 В з гальванічною розв'язкою.

Пропонований пристрій буде керуватися трьома кнопками «Старт», «Стіп» та «Скидання». По натисканню кнопки «Скидання» система переводить поршні у вкрай ліве положення та переходить в стан очікування . По натисканню кнопки «Старт» починається виконуватися алгоритм керування пневмоциліндрами. По натисканню кнопки «Стіп» поршні переміщаються в ліве положення і система переходить у початковий стан усі клапани закриті.

1.4 Розробка та виготовлення програматора для мікроконтролерів

Для програмування встановлених контролерів був використаний спеціально сконструйований і виготовлений програматор. Ядром программатора є мікроконтролер AT89C51. До його завдання входить одержання команд і даних від користувальницької програми та генерація необхідних сигналів для запису програми на пам’ять мікроконтролера. Принципова схема пристрою представлена на рис. 1.12.

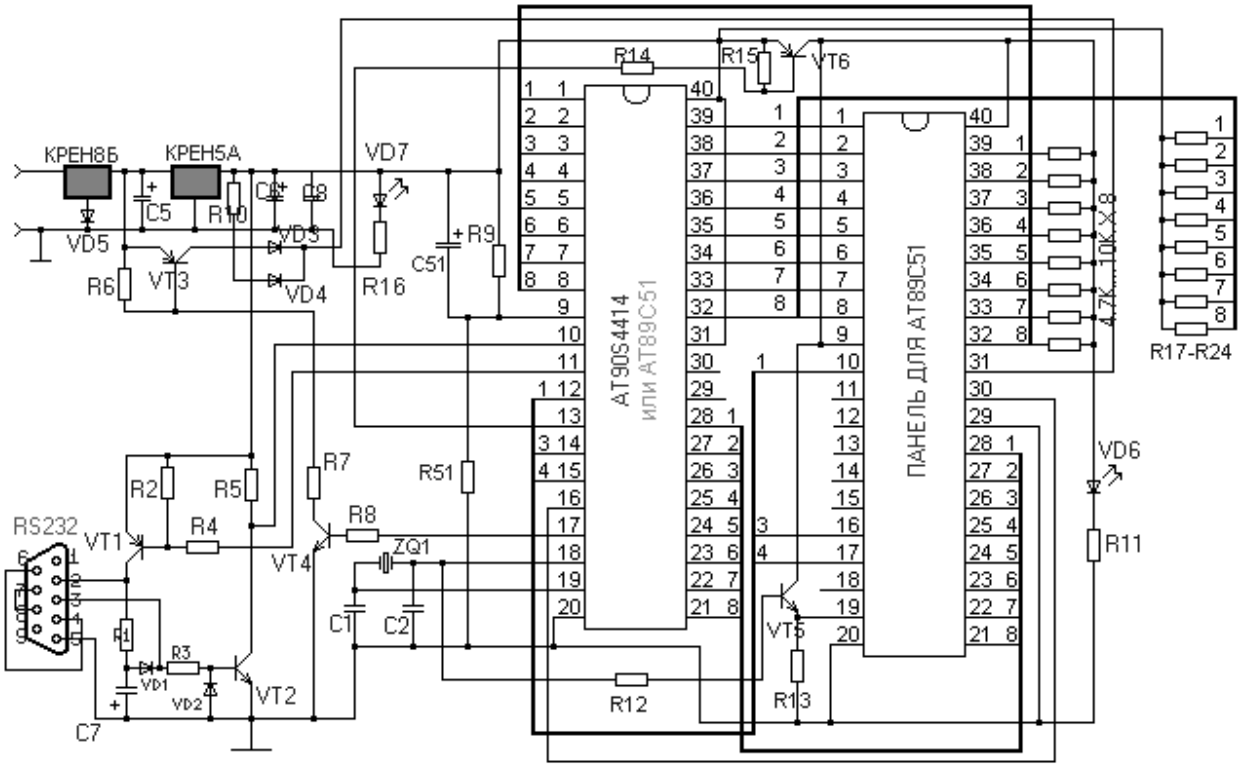


Рис. 1.12 - Принципова схема програматора

Программатор обмінюється даними з комп'ютером через послідовний порт RS232 [10]. Перетворювач рівня виконаний на транзисторах VT1 і VT2. Конденсатор С7 служить акумулятором негативної напруги -12 В, одержуваної через діод VD1 із прийомної лінії. Ця напруга використається для передачі даних від програматора. Така схема не вимагає негативного джерела

напруги -12 В. Транзистор VT1 служить для передачі даних від програматора в комп'ютер. Така схема має один недолік: рівень логічного "0" буде не +12 В, а +5 В. Але за стандартами RS232 рівень може становити +3...+12 В. Однак при використанні деяких старих плат портів можлива відмова роботи з таким рівнем. В такому випадку необхідне або перемінити плату, або використати спеціалізовану мікросхему перетворювача рівня RS232 – ТТЛ. Мікросхеми КРЕН8Б та КРЕН5А служать стабілізаторами напруги. Напруга +12 В використовується тільки для програмування високовольтних версій контролерів. Транзистори VT4 і VT3 становлять ключ, що управляє подачею напруги програмування на контролер. Оскільки спадання напруги на транзисторі VT3 і діоді VD4 складе приблизно 1,5 В, для компенсації цього падіння рівень стабілізації +12 В підвищений діодом VD3 приблизно на 0,6 В. В цьому випадку напруга програмування складе приблизно 11,5 В, що відповідає нижньому рівню напруги програмування.

Як програмне забезпечення користувача була обрана програма ATProg 0.5. (рис. 1.13). Даний продукт вільно поширюється фірмою виготовлювачем у вихідних кодах мовою Borland Delphi, що дозволяє його легітимно використовувати, самостійно конфігурувати та розширювати можливості програми.

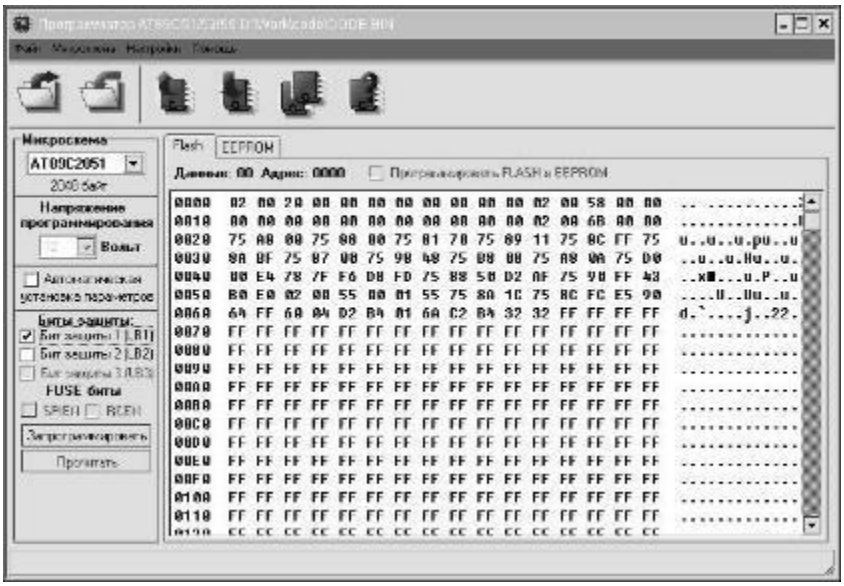


Рис. 1.13 - Інтерфейс програми ATProg

Розглянута програма має традиційний для ОС Windows інтерфейс. Для з'єднання із програматором використовується послідовний порт, робота з яким проводиться із застосуванням стандартних функцій API Windows, що забезпечує повну сумісність програми з усіма версіями Windows, починаючи з Windows 95. Програма дозволяє виконувати наступні операції:

- читати та записувати файли з диска та на диск;
- редагувати вміст буфера;
- програмувати мікросхеми;
- читати мікросхеми;
- стирати вміст мікросхем;
- порівнювати вміст буфера та мікросхеми;
- програмувати біти захисту та конфігурації;
- читати сігнатурні байти;
- вибирати робочий порт.

Був розроблений, виготовлений та успішно протестований описаний вище програматор, зовнішній вигляд якого показаний на рис. 1.14.

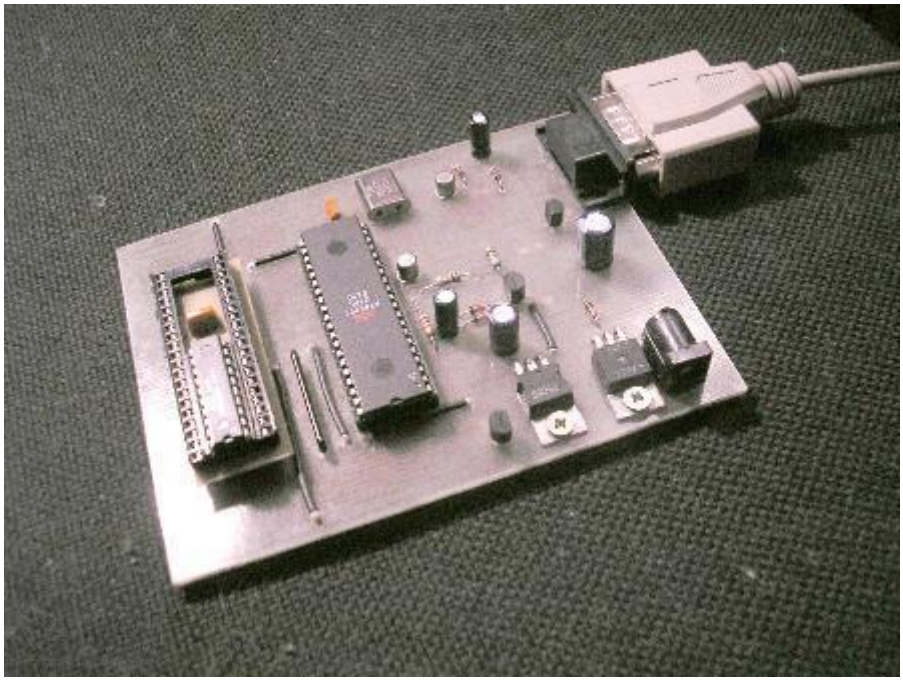


Рис. 1.14 - Зовнішній вигляд програматора для мікроконтролерів

1.5 Виготовлення та випробування блоку керування пневмоциліндром

Для налагодження програми керування клапанами пневмоциліндрів і перевірки функціювання електронних ключів була розроблена та виготовлена електрична схема щодо імітації роботи пневмоциліндру високого тиску (рис.1.15)

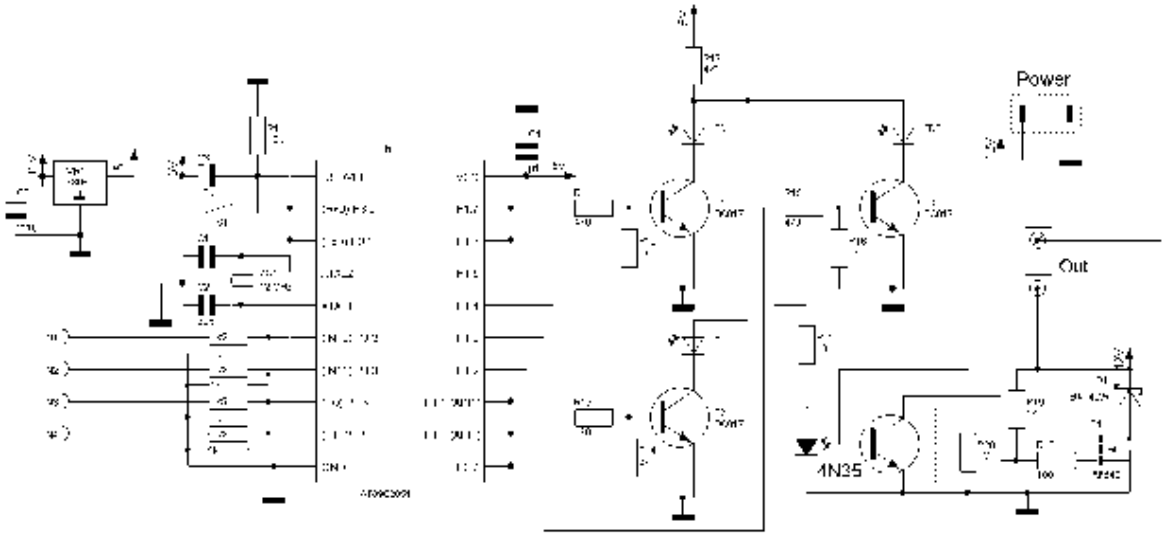


Рис. 1.15- Електрична схема імітатора роботи пневмоциліндра високого тиску

Особливістю роботи даного імітатору є те, що із чотирьох пневмоклапанів HSV1-HSV4 реально включається тільки клапан HSV4, інші - імітуються вмиканням-вимиканням світодіодів LED1-LED3.

Оскільки мікроконтролер запитується напругою +5 В, а зовнішня напруга складає +12 В, використаний конвертер DC/DC VR1 7805. Даний перетворювач напруги не розділює гальванічно +12 В та +5 В, але в пристрої, що імітує, це прийнятно. В реальному ж виробі для забезпечення захисту контролера від зовнішніх впливів, необхідно використовувати конвертер DC/DC із гальванічною розв'язкою (типу RB1205).

Так само необхідно відзначити, що в реальному виробі всі вхідні (датчики положення) і вихідні (керування пневмоклапанами) сигнали

передаються та приймаються мікроконтролером через оптрони 4N35. В імітаторі оптрон використається тільки для пневмоклапана HSV4.

Вхідні сигнали датчиків переміщення імітуються подачею сигналу +12 В на входи IN1-IN4, які відповідають датчикам HA, HB, HC, HD.

В якості електронного ключа використаний польовий транзистор IRF540, що має у відкритому стані опір 0,07 Ом, що дуже важливо, оскільки струм катушки пневмоклапана становить 6 А. Для захисту польового транзистора від вибросних напруг при включенні/вимиканні катушки навантаження зашунтировано швидкодіючим діодом Шотки D1 BAT42W. Для імітації навантаження до виходу Out була підключена автомобільна лампа 12 В/70 Вт.

Згідно із представленою електричною схемою (див. рис. 1.15) нами був виготовлений імітатор, зовнішній вигляд якого приведено на рис. 1.16.

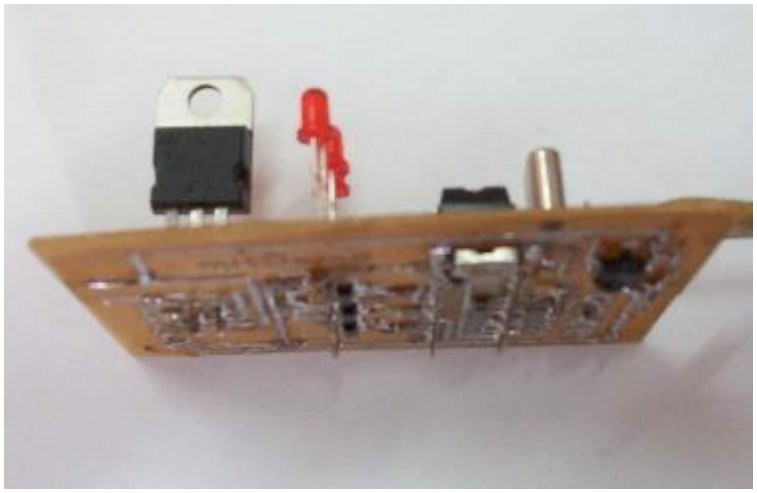


Рис. 1.16 - Зовнішній вигляд імітатора роботи пневмоциліндра високого тиску

Випробування імітатора показало його повну працездатність та ефективність роботи програми контролера, що реалізує праву галузь алгоритму керування пневмоциліндрами, тобто керування циліндром високого тиску. Відзначимо, що теплова потужність, що розсіюється польовим

транзистором (до 2 Вт), може бути відведена при установці його на металевий корпус виробу.



Рис. 1.17 –Загальний вигляд експериментального стенду з системой керування

Таким чином, була розроблена, виготовлена та успішно випробувана електронна модель системи керування пневматичним двигуном на основі двосторонніх пневмоциліндрів високого та низького тиску із застосуванням мікроконтролерів.

При розробці системи керування були використані сучасні схеми комп’ютерного керування електро-механічними та пневматичними приладами, що відповідають світовому рівневі.

Дана система, виготовлена в повному обсязі, може застосовуватися в пневматичних силових установках, у тому числі для екологічно чистих автотранспортних засобів. Один з варіантів даної системи планується виготовити і використати за заказом американських вчених в університеті Північного Техасу, США для нової моделі кріогенного автомобіля, що працює на рідкому азоті.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА РОБОТОЮ ПНЕВМАТИЧНОГО ОДВИГУНА

2.1. Формулювання вимог до мікропроцесорної системи

У проекті розробляється система управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами. Силова електроніка постійно розвивається, звичайно це пов’язано з напівпровідниковими приладами оскільки саме вони стають досконалішими, і шлях схемотехнічних рішень стає дедалі легшим і поліпшеним, підвищення показників динаміки, а також енергетичної складової, саме це дозволяє розширити сфери де можна використовувати силову електроніку. Автоматичне управління за рахунок своєї практичності значно збільшує свою роль в силовій електроніці. Це обумовлено такими основними факторами:

- Швидка дія в регулюванні вихідних сигналів в перетворювачах електроенергії які знаходяться в управлінні автоматичного режиму;
- Енергетичні показники що на вході необхідно підвищуються що дає можливість поліпшити електромагнітні сумісності;
- Управління що має ускладнений клас перетворювачів є можливим при розробці.

Інверторний перетворювач активної потужності для керування елементами пневматичного двигуна – дає можливість виконувати перетворення постійного струму або змінного струму в змінний струм і величини напруги також може бути змінною при цьому і частоти також будуть змінюватись, що застосовується в якості виконавчого механізму. Зазвичай являє собою генератор напруги що є періодичним, і форма наближена до синусоїди, або дискретного сигналу для виконавчого механізму системи управління пневматичним двигуном.

2.2. Аналіз існуючих методів роботи мікропроцесорних контролерів

Розробку силової частини принципової схеми живлення виконавчих механізмів керування елементами пневматичного двигуна і Її розрахунок слід починати з визначення того, за допомогою яких елементів можна реалізувати весь перелік необхідних функцій. По-перше, слід звернути увагу на конкретні компоненти пристрою. Звичайно, використання електронних компонентів тільки вітчизняного виробництва не може гарантувати надійність, якість і, в цілому, виконання всіх покладених на пристрій завдань, хоча такий крок приносить певну економічну вигоду. Тому ідеальним було б комбіноване використання компонентів вітчизняної та закордонної промисловості.

Проектований прилад повинен працювати від мережі змінного струму напругою 220 В / 50 Гц. Понижуючий трансформатор знижує напругу мережі до ~30 В. LC-фільтр згладжує пульсації. Випрямлена згладжена постійна напруга подається на лінійні стабілізатори, які знижують напругу до 5 і 12 В. Ці напруги живлять датчики струму, датчики напруги, драйвери мікроконтролерів, а також використовуються для АЦП..

Випрямляч представлений діодним мостом. Діодний міст – електричне коло, призначене для перетворення («випрямлення») змінного струму в пульсуючий. Таке випрямлення можна знайти в схемі моста Герца, і таке випрямлення називається двонапівперіодичним. На самому початку розробок використовувалися радіолампи, але це рішення виявилося складним і дорогим, замість нього була використана схема Миткевича з подвійною вторинною обмоткою в силовому трансформаторі..

В теперішній час напівпровідники являються не дорогими, тому в великій кількості випадків застосовується мостова схема. Двохпівперіодне випрямлення за допомогою моста DC дозволяє: – отримати напругу яка має підвищену частоту пульсації, а це дозволяє згладити підключеним до нього конденсатором який має фільтр, уникнувши постійного струму підмагнічування в живильному мості трансформаторі, його ККД буде

збільшено, а це в свою чергу дозволить зробити магнітопровід меншого перетину.

Мости можуть бути виготовлені з збірки (діодна зірка) що може мати вигляд монолітної конструкції і при цьому складності при її виготовлені немає, для цього достатньо декількох окремих діодів .Монолітні конструкції зарекомендували себе не погану по рядові причин одна з яких те що вони не дорогі і мають менший обсяг при цьому форма може бути не така як потрібно. Діоди в ній підібрані на заводі і напевно мають однакові параметри і при роботі перебувають в однаковому тепловому режимі. Збірку простіше монтувати. Звичайним недоліком у монолітній конструкції є те що при виході одного діода з ладу, приходиться заміняти цілу монолітну конструкцію. У конструкції з окремих діодів може змінюватися тільки один діод. Конструктор сам вирішує яка конструкція підійде більш для даного пристрою .

На вхід схеми подається змінна напруга, але не обов’язково синусоїдальна. У кожний з півперіодів струм проходить тільки через 2 діоди.

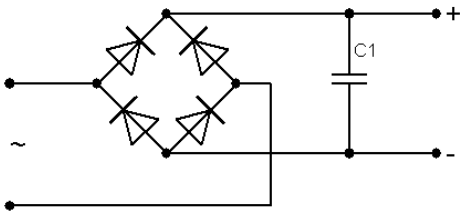


Рис. 2.1. Схема діодного моста

Замість діодів в схемі можуть застосовуватися вентилі будь-яких типів, наприклад селенові стовпи, принцип роботи схеми від цього не зміниться.

Комплектні мікроконтролерні системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами:

- Оптимізацію робочих режимів і технологічних параметрів обладнання;
- Зниження споживання потужності;
- Підвищення ефективності і надійності роботи обладнання;
- Облік часу напрацювання, спожитої енергії, ведення журналу подій;
- Збільшення ресурсу роботи і міжремонтних інтервалів обладнання;
- Скорочення витрат на технічне обслуговування та ремонт обладнання.

На рису. 2.2 наведена структурна схема системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами для живлення малопотужного навантаження. Запропонована структурна схема розроблена відповідно до поставленого завдання.

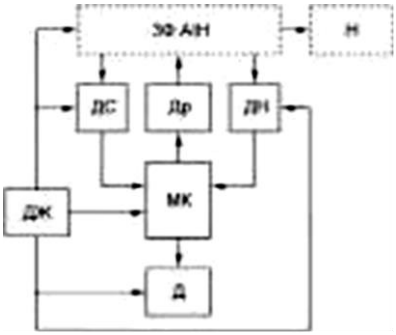


Рис. 2.2. Структурна схема мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами

Дивлячись на схему видно, що постійна напруга на вході із джерела живлення надходить на блок трьох фазного автономного інвертора напруги (3ф АІН – інвертор напруги),управління якого виконується драйвером (мікроконтролера). Схема містить датчики вихідного струму (ДС – датчик струму) і вхідної напруги (ДН – датчик напруги).

В тей же час у блокові джерела живлення міститься: випрямляч, фільтр, стабілізатор.

Випрямляч. Випрямляч це перетворювач електричної енергії, напівпровідниковий пристрій, який зі змінного струму що відстежується на вході перетворює в постійний струм що на виході. Випрямлячі застосовують фільтри для згладжування пульсацій при пульсуючій односпрямованій напрузі і струму. Випрямлячі зазвичай використовуються там, де потрібно перетворити змінний струм в постійний струм. Без урахування знака ординат за період де вплив використання випрямлячів для перетворення змінного струму в постійний і це привело до поняття середнього значення струму за модулем. При двопівперіодичному випрямленні середнє значення модуля визначається як середнє арифметичне всіх ординат обох напівхвиль за весь період, незалежно від їх знака, тобто всі ординати за період вважаються позитивними, тобто з двопівперіодичним ідеальним випрямленням. Приймачі

струму з нелінійними характеристиками - це в першу чергу всі типи перетворювачів змінного струму в постійний, які використовують різні вентилі.

Фільтр. Як правило, будь який перетворювач на базі інверторного системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами містить фільтри вхідний і вихідний. Фільтр що являється вхідним має вимогу застосування, край струму на вході в інвертор напруги що є незалежним від варіанту що на схемі, являється складної форми в моменти комунікації має розриви. Опір на вході джерела живлення явля собою індуктивний характер в якому кращим випадком є струмо поєднуючих шин, потрібний ємнісний або Г- подібний фільтр на вході в інвертор що дозволить запобігти перенапруги на інвертор і створень вихідних напруг.

Інвертор напруги. Інвертор – пристрій для перетворення постійного або змінного струму в змінний зі зміною напруги та/або частоти. Зазвичай це генератор періодичної напруги, який апроксимує у формі синусоїди або дискретного сигналу. Для переважної більшості побутових приладів прийнятно використовувати змінну напругу зі спрощеною формою сигналу. Синусоїда важлива для деяких телекомунікацій, приладів, медичних систем і професійного аудіообладнання. Вибір інвертора залежить від пікової споживаної потужності стандартної напруги 220 В / 50 Гц.

Датчики струму. Проблеми які пов’язані з створенням систем оберненого зв’язку в силовій електроніці вирішують датчики струму при вимірювані іконтролі імпульсної напруги постійного та також змінного струму і не зважаючи на межі точність являється високою. Датчики забезпечують точний ізольований зворотний зв'язок у системах керування приводами постійного та змінного струму, технології перетворення, системах електробезпеки та моніторингу струму витоку. Промислові (стандартні) датчики струму охоплюють діапазон вимірювань від 0 до 10 000 А і можуть бути використані в робототехніці, енергетичних системах, промислових

приводах, перетворювачах напруги, електричних печах, лазерних і медичних пристроях, електронному і радіозв'язку, і т. д.

Проаналізуємо декілька основних схем силової частини перетворення активної потужності для керування пневматичним двигуном.

Мостова схема. Однофазна мостова схема транзисторного автономного перетворювача для системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами, дана схема є простою для початкового вивчення і є найпоширенішою з схем такого типу. Сама схема показує і вивчає принцип роботи інверторів напруги, а саме особливості схеми і електромагнітних процесів в них. Спрощена схема однофазного мостового транзисторного інвертора напруги показана на рис. 2.1. Момент який потребує уваги що до даної схеми так це те що на ній продемонстрований елемент формування траєкторії перемикання силових ключів і сигнали управління які складені з ланцюгів формування також не показані без яких схем дійсного інвертора не є працюючою. Надалі будемо припускати, що і керовані силові ключі (транзистори або замикаючі тиристори), і некеровані силові ключі (діоди) мають властивості ідеальних ключів, а саме:

– Падіння напруга від прямого струму дорівнює нулю;
– Відсутність витоків струму при робочому (увімкненому) стані;
– Період при включені і виключені буде дорівнювати нулю;
– Відсутність індуктивності.

Розглянемо роботу схеми інвертора при симетричному управлінні, тобто за умови, що транзистори VT1, VT2 включені одночасно і знаходяться у включеному стані на 180 градусів від частоти вихідної напруги, а транзистори VT3, VT4 також вмикаються одночасно, але зі зсувом фаз на 180 градусів від перших пар транзисторів до першої. При включенні транзисторів VT1, VT2 точка ланцюга підключається до плюсової клеми джерела живлення, а точка - до негативної. При цьому сила струму в навантаженні зростає в напрямку, зазначеному на схемі, а ЕРС самоіндукції в цьому випадку перешкоджає збільшенню сили струму в колі. У наступний момент транзистори VT1, VT2

відключаються і ланцюг струму навантаження розмикається. Однак завдяки енергії, накопиченої в індуктивності навантаження, струм навантаження підтримується за рахунок ЕРС самоіндукції, при цьому знак цієї ЕРС змінюється на протилежний, що призводить до включення діодів VD3, VD4.

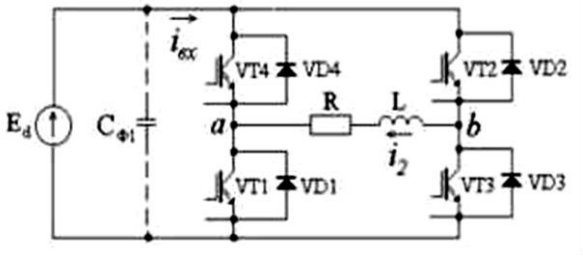


Рис. 2.3. Спрощена схема однофазного мостового транзисторного системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами

При включенні діода VD3 точка схеми підключається до позитивного затискача джерела живлення, а точка – до негативного. При цьому на завантаженості полярність напруги змінюється на обернену і не залежить коли транзистори VT3, VT4 включені. На цьому інтервалі струм навантаження протікає від індуктивності навантаження через діод VD3, через джерело Ed у зворотному напрямку і через діод VD4 в навантаження. Енергія яка була збережена в індуктивності навантаження забезпечує зменшення енергії назад в живляче джерело. Саме по цій причині діоди є в схемі паралельно силових транзисторів і мають назву зворотний діод . Для нормальної роботи схеми необхідно, щоб до моменту спаду струму навантаження до нуля, транзистори VT3, VT4 були включені, що забезпечує повторення всіх процесів з іншою полярністю струму.

Півмостова схема. Однофазна півмостова схема інверторного системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами застосовується в джерелах живлення з посередником підвищеної частоти, а також може служити елементарної осередком трифазного перетворювача. У схемі інвертора, що на рис. 2.2,Створивши штучно нульову точку в живлячому напругою джерелі за рахунок зміни двома плечима ємнісної ділянки напруги однієї вертикаллю однофазного моста.

Розглянемо роботу схеми інвертора при симетричному управлінні, тобто за умови, що транзистори VT1, і VT2 знаходяться у включеному стані 180 градусів за частотою вихідної напруги, але включаються із зсувом по фазі на 180 градусів. Коли транзистор включений, до позитивного стискувача живильного джерела підключається точка VT2і інші підключені до нульової точки яка є штучно створена. При цьому до навантаження прикладається напруга рівна, а в навантаженні наростає струм в напрямку, вказаному на схемі. У цьому випадку ЕРС самоіндукції перешкоджає збільшенню сили струму в колі. У наступний момент транзистор VT2 відключається і розмикається ланцюг струму навантаження. Однак завдяки енергії, накопиченої в індуктивності навантаження, струм навантаження підтримується за рахунок ЕРС самоіндукції, при цьому знак цієї ЕРС змінюється на протилежний, що призводить до включення діода VD1. Таким чином, точка схеми підключається до негативної клеми джерела живлення, полярність напруги навантаження змінюється, і енергія, збережена в індуктивності навантаження, розряджається до нижньої половини джерела живлення. Для нормальної роботи схеми необхідно, щоб перед падінням струму навантаження до нуля був включений транзистор VT1, що забезпечує повторення всіх процесів з різною полярністю струму.. На рисунку 2.4 зображена типова схема однофазного півмостового інверторного перетворювача для системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами.

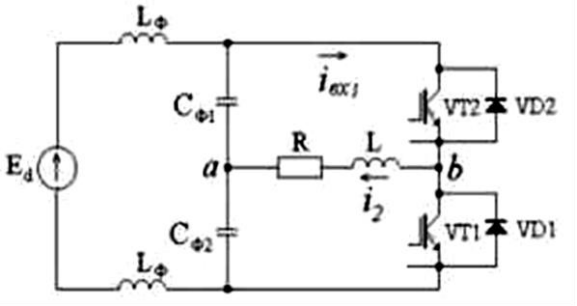


Рис. 2.4. Схема однофазного півмостового інверторного перетворювача для живлення виконавчих механізмів системи управління пневматичним двигуном

Схема з виводом нульової точки трансформатора. Схема однофазного інвертора з кінцевим нульовою точкою трансформатора використовується в джерелах живлення, в тому числі з високочастотним сердечником, у випадках, коли вхідна напруга невелика (наприклад, акумулятор) і для поліпшення управління ККД повітряних двигунів з приводами бажано зменшити падіння напруги у вхідному колі. У схемі інвертора, зображеній на рисунку 2.5, замість двох силових транзисторів однофазного моста, що мають спільний колекторний потенціал, включено трансформатор, первинна обмотка якого має нульовий вихід. Таким чином, первинна обмотка трансформатора складається з двох напівмоток (тобто двох фаз), кожна з яких має певну кількість витків..

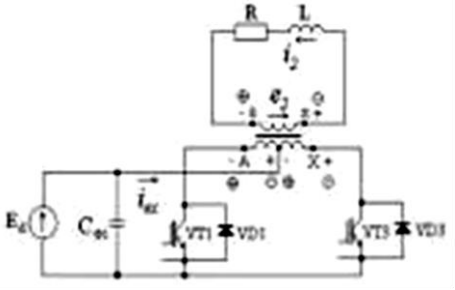


Рис. 2.5. Схема однофазного системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами з виходом нульової точки трансформатора

Вважатимемо елементи схеми ідеальними. Що для трансформатора значить намагнічування струму дорівнюватиме нулю, а також рівність нулю активного опору обмоток і відсутність індуктивностей розсіювання обмоток. Розглянемо роботу схеми інвертора з симетричним управлінням, тобто за умови, що транзистори VT1 і VT3 знаходяться у включеному стані на 180 градусів від частоти вихідної напруги, але включені зі зсувом фаз на 180 градусів. При включенні транзистора VT1 вихід первинної обмотки трансформатора підключається до мінусової клеми джерела живлення, а нульова точка залишається підключеною до плюсової клеми джерела живлення. Оскільки число витків первинних півобмоток трансформатора однакова, напруга на колекторі вимкненого транзистора VT3 і, зворотна

напруга, прикладена до діода VD3, дорівнює подвоєній напрузі джерела живлення.

Трифазний перетворювач активної потужності з нульовим проводом для керування елементами пневматичного двигуна. Одним з найпростіших варіантів схеми трифазних перетворювачів активної потужності є інвертор-перетворювач, що складається з трьох однофазних напівмостових інверторів, керованих зі зсувом на 120 градусів. Схема інвертора представлена на рисунку 1.4. Кількість транзисторів у порядку генерації керуючих імпульсів. Наприклад, позитивна напівхвиля напруги фази А утворюється, якщо в цей момент включити транзистор VT4. Так, при включенні транзистора VT1 утворюється негативна півхвиля. Амплітуда фазної напруги дорівнює напрузі на верхньому конденсаторі фільтра CF1, яка стає половиною напруги джерела струму Ed. Струм навантаження фази А замкнутий через нульовий провід.

Якщо нейтральний провід з’єднує нейтральну точку зірки навантаження з середньою точкою вхідного фільтра, кожна фаза інвертора працює незалежно. Принципово можливі два способи управління транзисторами інвертора: з тривалістю керуючого імпульсу 180 градусів і з тривалістю керуючого імпульсу 120 градусів. Однак при другому способі керування форма вихідної напруги залежить від параметрів навантаження, в даний час зазвичай використовується лише перший спосіб. Якщо тривалість керуючих імпульсів становить 180 градусів, то осцилограма фазної напруги має форму прямокутника з амплітудою, що дорівнює половині рівня напруги в ланці постійного струму. Крім того, спектр вихідної напруги в одній фазі містить усі непарні гармоніки, а середньоквадратичне значення першої гармоніки вихідної напруги становить лише:

$$U_{2(1).} = 0.45_{.} \cdot E_{d.} \qquad (2.1)$$

Амплітуда напруги мережі дорівнює напругу Ed, а ширина імпульсу 120 градусів. Рівність напруги нульового проводу відповідає тим моментам, коли фазні напруги рівня.

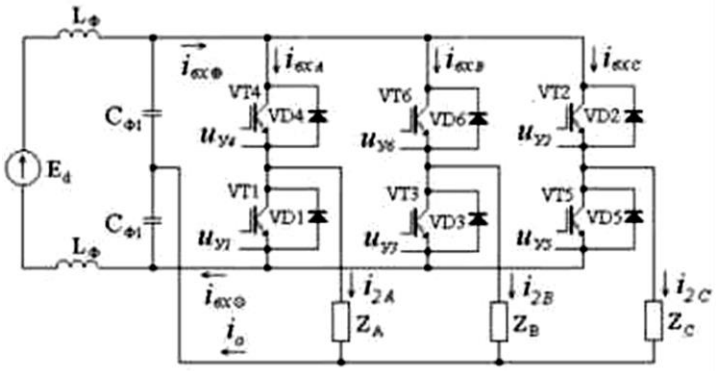


Рис. 2.6. Спрощена схема трифазного системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами з нульовим проводом

Трифазна мостова схема. Використовують для двигунів з трьома фазами змінного струму в яких навантаження з однаковими фазами струму системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами без нульового проводу. Спрощена схема інверторного системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами показана на малюнку 2.7.

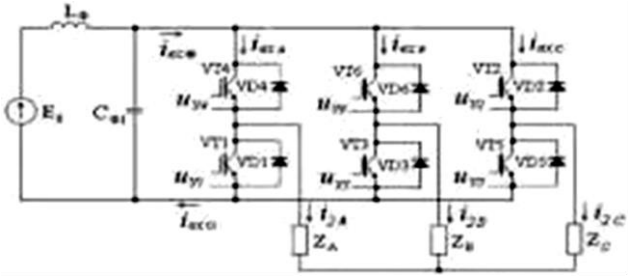


Рис. 2.7. Спрощена схема трифазного системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами без нульового проводу

Алгоритм управління силовими ключами в даній схемі такий же, як і в схемі з нульовим проводом. Розглядаючи минулі варіанти схем в яких напруга і струм формувались один від одного незалежно, в трифазній мостовій схемі без нульового проводу напруги і струми кожної фази залежать один від одного. За період вихідної напруги відбувається шість перемикань силових транзисторів і, відповідно, шість станів перемикання, що чергуються кожні 60 градусів. Відповідна еквівалентна схема, включаючи навантажувальні

резистори представлена на малюнку 2.8 (а, б, в, д). Таким чином, на першому інтервалі опору фаз А і С включені паралельно між собою, і послідовно з ними включено опір фази В.

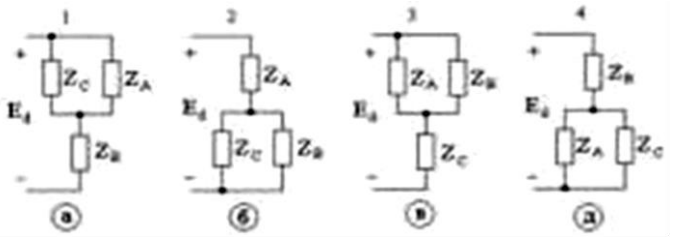


Рис. 2.8 (а, б, в, д). Еквівалентні схеми включення опорів на навантаженні

У загальному випадку 1/3 напруги живлення подається на резистори фаз А і С і 2/3 на резистор фази В. Перший інтервал закінчується, коли транзистор VT2 вимикається. При активно-індуктивному навантаженні зміни кривих фазної напруги відбуваються до включення чергового силового транзистора VT5, так як після відключення транзистора VT2 струм, запасений в індуктивності фази С, не може перериватися і, відповідно, закривається. . через діод VD5. У той же час вихід фази С від'єднується від позитивного полюса джерела живлення і підключається до негативного полюса. Відповідна еквівалентна схема показана на малюнку 2.6 (b). Змінюючи комутацію навантажувальних резисторів, змінюється розподіл напруги між фазами: у другому інтервалі 2 / 3 Ed припадають на фазу А, а 1 / 3 Ed - на фази В і С.

Отже, формування форми фазної напруги відбувається в момент включення блокуючого діода і, на перший погляд, незалежно від моменту включення наступного силового транзистора. Однак слід зазначити, що для підтримки нормальної форми фазної напруги необхідно включити черговий силовий транзистор до того, як відключиться зворотний діод (інакше фаза буде повністю відключена від джерела). Так як цей момент залежить від співвідношення параметрів навантаження, то затримку між вимиканням і включенням транзистора бажано зробити якомога коротшою. Мінімальне значення цієї затримки при використанні біполярних транзисторів визначалося часом поглинання носія (до 5-8 мкс для високовольтних транзисторів), а при

використанні сучасних пристроїв (IGBT або MOSFET) часом вимкнення (приблизно 0,1 -0,5 мкс).

2.3. Алгоритм роботи мікропроцесорного контролера

Алгоритм роботи мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами є системою послідовних функціональних перетворень з метою одержання заданого вихідного сигналу. Оскільки ядро розроблюваної системи складає мікропроцесор, то основне навантаження виконує програма, що здійснює необхідні функції перетворення та обчислення. Використовуючи потужний мікропроцесор, можна звести апаратні затрати до мінімуму. Незважаючи на це, позбутися їх повністю не можна, оскільки всі сигнали, потрібно перетворювати в норму, доступну для програмної обробки. Алгоритм роботи проектованого мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами наведено на Рис. 2.9.

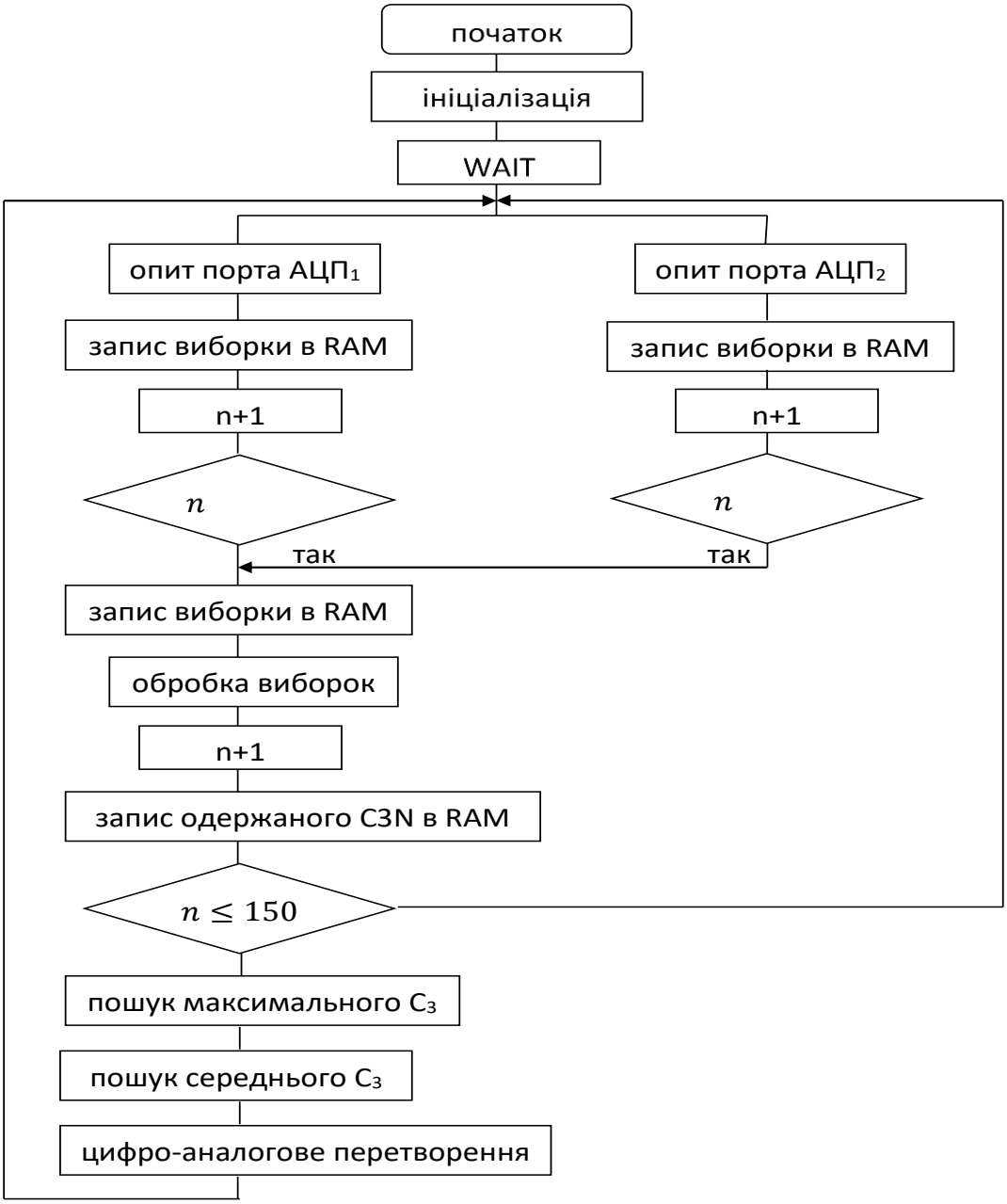


Рис. 2.9. Алгоритм роботи проектованого мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами

Після включення системи проектованої мікропроцесорної системи керування пневмодвигуном з виконавчими механізмами відбувається ініціалізація системи, завантаження програми в оперативну пам’ять, що займає деякий час.

Після цього система буде активована. Починається опитування портів ADC1 і ADC2. Незалежно від значень його інформаційних виходів, він

сприймається як один зразок(и) і записується в пам’ять. Це триває до тих пір, поки не буде зібрано 1024 проби.

Після цього збору ADC1 і ADC2 зупиняються і починається обробка вибраних показань, з яких виходить середньоквадратичне значення (C3), яке записується в пам'ять і одночасно в вихідні регістри (N). Якщо до цього часу було зібрано менше 200 таких реєстрів, система перезапускає ADC і продовжує опитування та отримання нових C3.

Якщо їх уже 200, то сервісні функції вибирають максимальне значення та обчислюють середнє значення, яке також записується у вихідні регістри. До вихідних регістрів кожної з величин підключені цифроаналогові перетворювачі, які перетворюють цифровий код в аналоговий сигнал.

Це завершує повний цикл вимірювання, і система починає новий, в результаті чого частота та амплітуда (вхідного) сигналу можуть змінитися. Так триває весь час до введення в експлуатацію розробленої мікропроцесорної системи керування пневмодвигуном з приводами. Отже в одному циклі вимірювання система здійснює обчислення 200 C_3, 1 максимальне та 1 середнє відповідно.

У дипломному проекті розробляється система управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами. Силова електроніка постійно має розвиток і її прогрес стрімкий, повязане це з тим що поява силових напів провідникових приладів є досить удосконаленою, що дає можливість удосконалювати і покращувати а також створювати нові схемо технічні рішення підвищуючи енергетичні та динамічні показники. У цих умовах значно зростає роль автоматичного управління в силовій електроніці.

Нами розроблено алгоритмічну та структурну схему мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами. Алгоритм роботи мікропроцесорної системи управління є системою послідовних функціональних перетворень з метою одержання заданого вихідного сигналу.

Оскільки ядро розроблюваної системи складає мікропроцесор, то основне навантаження виконує програма, що здійснює необхідні функції перетворення та обчислення. Використовуючи потужний мікропроцесор, можна звести апаратні затрати до мінімуму.

Незважаючи на це, позбутися їх повністю не можна, оскільки всі сигнали, потрібно перетворювати в норму, доступну для програмної обробки.

РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ТА АЛГОРИТМІВ ЇЇ РОБОТИ

3.1. Огляд мікроконтролерів

Перш ніж приступити до вибору конкретного мікроконтролера, необхідно сформувати певні вимоги, які поставлено до комплекту розроблюваного пристрою.

Такими вимогами є:

– Вибраний мікроконтролер повинен мати досить високу розрядність шини даних (n≥16), оскільки використання мікроконтролера з шиною меншої розрядності приводить до значних апаратних витрат – використання проміжних запам’ятовуючих пристроїв, регістрів для побайтової розбивки.

– Повинен мати широкий набір математичних функцій, оскільки завдання вимагає використання чисельних методів інтегрування та операцій ділення.

– Він повинен мати достатньо високу швидкість, щоб не було втрати інформації, яка надходить на вхід пристрою.

Прилад повинен являти собою функціонально закінчений пристрій і повинен працювати з будь-якими приладами відображення інформації, що мають відповідні аналогові входи. Конструктивно повинен являти собою шасі, до якого кріпиться плата за допомогою чотирьох гвинтів М6. Робоче положення приладу – вертикальне, припаюються до плати припоєм Пр з ПОС – 61 ГОСТ 21931–76. Від пошкоджень плата покривається лаком ЕП – 730 ГОСТ 20834–81, контактні площадки лаком не покриваються. Прилад має працювати в лабораторних умовах і не зазнавати впливів навколишнього середовища.

3.2. Обґрунтування вибору мікроконтролера

Всім необхідним вимогами для проектування мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами відповідає мікропроцесорний комплект на великих інтегральних схемах підвищеної степені інтеграції К1810. Структурна схема мікроконтролера наведена на рисунку 3.1.

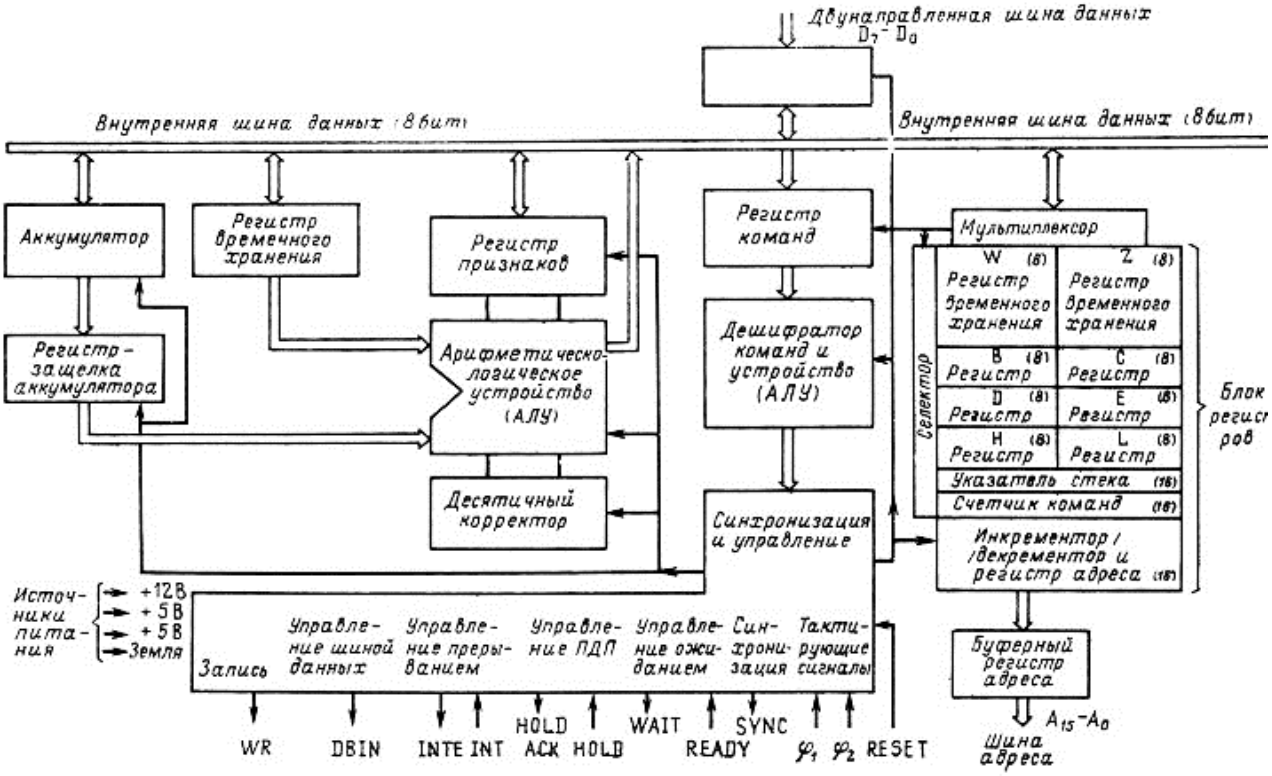


Рис. 2.20. Структурная схема МП Intel 8080

Рис. 3.1. Схема структурна мікропроцесора

Електрична принципова схема мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами наведена на рисунку 3.2.

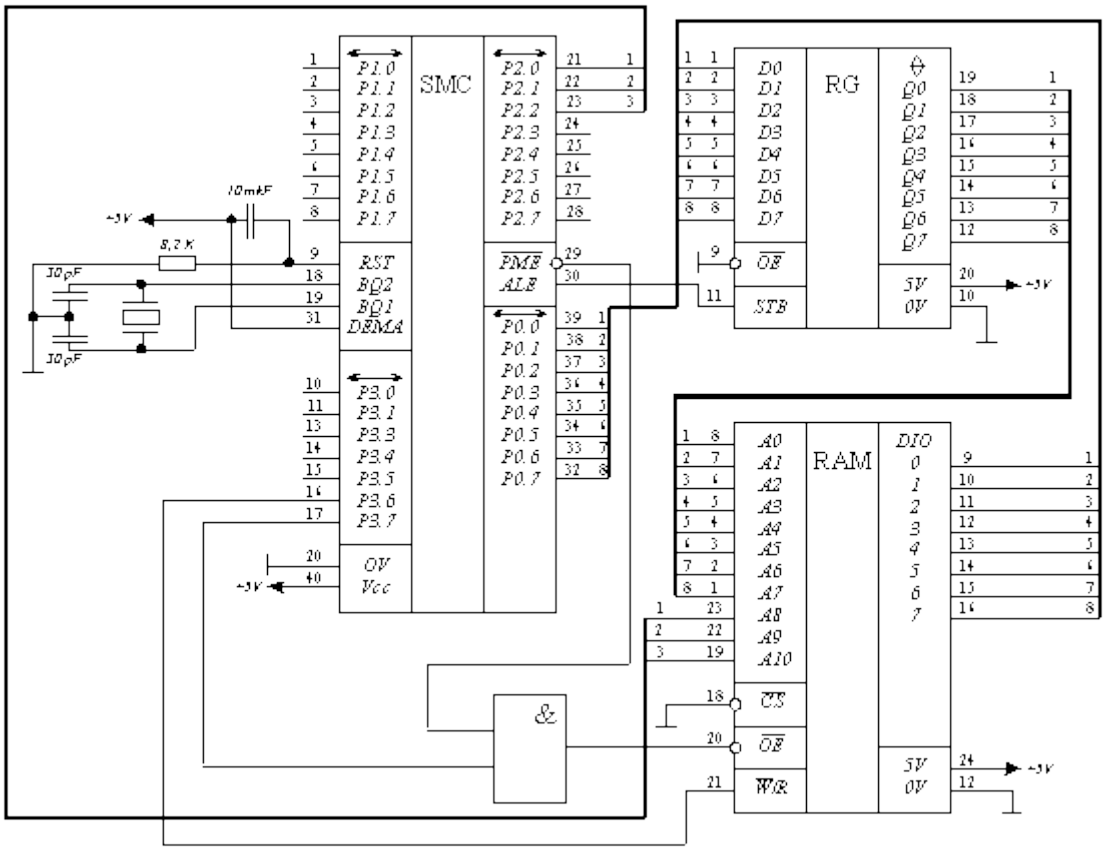


Рис. 3.2. Схема електрична принципова мікропроцесорної системи для управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами

Дільник напруги, що входить до складу мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами – це пристрій, в якому вхідна і вихідна напруга пов’язані коефіцієнтом передачі. У якості подільника напруги зазвичай застосовують регульовані опори (потенціометри). Плече між нульовим потенціалом і середньою точкою називається нижнім, інше - верхнім. Розрізняють лінійні і нелінійні дільники напруги. У лінійних пристроях вихідна напруга змінюється за лінійним законом залежно від вхідної напруги. Такі дільники використовуються для встановлення потенціалів і робочих напруг у різних точках електронних схем. У нелінійних дільниках вихідна напруга залежить від коефіцієнта нелінійності. У функціональних потенціометрах використовуються нелінійні дільники напруги. Опір може бути як активним, так і реактивним. Типова схема дільника напруги для мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами представлена на рисунку 3.3.

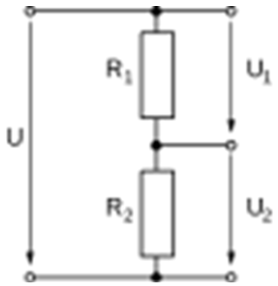


Рис. 3.3. Схема резистивного дільника напруги

Найпростіший резистивний дільник напруги являє собою два послідовно включених резистора R1 і R2, підключених до джерела напруги U. Оскільки резистори з’єднані послідовно, то струм через них буде однаковий відповідно з першим правилом Кірхгофа. Падіння напруги на кожному резисторі відповідно до закону Ома буде пропорційно опору.

3.3. Технічні характеристики

ЦП К1810 має бітрейт даних 16 біт, бітрейт адреси 20 біт і тактову частоту до 5 МГц. Його продуктивність на порядок вище, ніж у процесора К580UK - 80. Мікросхема К1810ВМ86 - це однокристалічний 16-розрядний МП, виконаний за технологією p-MOS. Кристал мікросхеми містить 29 000 транзисторів і має розміри 5,5 х 5,5 мм. К1810VM86 містить 14 внутрішніх 16-розрядних регістрів і формує 16-розрядну шину даних для зв'язку із зовнішньою пам'яттю та портами введення/виведення. Адресна шина має 20 біт, що означає, що пам'ять до 1 МБ = 1048576 байт може бути безпосередньо адресована.

Мікропроцесорний комплект К1810 має безліч мікросхем різного призначення. З них в проекті використовуються:

К1810VM86 - центральний процесор

К1810GF84 - генератор тактового сигналу

К1810VH88 - системний контролер

К1810ІР82 - реєстр

К1810ВА86 – формувач шин. Пам'ять розділена на 64К сегменти, і мікроконтролер може отримати доступ до областей 4 сегментів, вибраних програмним забезпеченням як поточних у будь-який час. Сегментація пам'яті забезпечує зручний механізм для обчислення фізичних адрес і полегшує модульне проектування програмного забезпечення, спрощуючи проектування та налаштування.

Щоб зменшити необхідну кількість виходів мікросхеми, молодші 16 біт мультиплексуються з лініями даних для формування єдиної адресної шини даних. Чотири старі адресні рядки аналогічно мультиплексуються з рядками стану. Для того, щоб сигнали з цих ліній використовувалися в системі, вони розділені зовнішніми ланцюгами.

Операції введення та виведення використовують 8- або 16-розрядні адреси, тому, звертаючись до основної пам'яті мікроконтролера, ви можете отримати доступ до портів (регістрів вводу-виводу) загальною пам'яттю 64 Кб. Пам'ять мікроконтролера K1810VM86 фізично організована у вигляді двох банків - молодшого і старшого.

Таким чином, обраний мікропроцесорний набір відповідає вимогам розроблюваного пристрою і може бути використаний для розробки мікропроцесорного керування пневмодвигуном з приводами.

3.4. Створення програми

Спочатку проведемо розрахунок пам’яті для створення мікропрограми мікроконтролера. Пам’ять системи складається з оперативної і постійної. В постійній знаходяться код програми і деякі системи константи. В оперативній, під час роботи системи знаходяться дані, результати проміжних обчислень та ін. Потрібно приблизно 6К оперативної пам’яті.

Постійна:

Виходячи з розрахунку кількості байтів в сумі всіх команд програми складемо таблицю 3.1 використання команд.

Таблиця 3.1

Розподіл пам’яті мікроконтролера

Команда	К-сть в програмі	n тактів	n байт
MOVE	14	10+E	3–6
IN	1	10	2
OUT	3	10	2
LES	12	16+E	3–4
DES	4	16+E	2–4
ADD	14	3	2
CMP	7	4	2–3
MVC	1	133	2–4
DIV	2	162	2–4
JMP	7	24+E	2–4
CALL	5	37+E	2–4
RET	5	18	3
WAIT	1	3	1
HLT	1	2	1
LOOP	1	17	2

Лістинг програм наведено в Додатку А. Код програми займає 300 байт, достатньо 1K ROM. Програма виконується приблизно за 9000 циклів, тобто Х. протягом 600 мкс на частоті 5 МГц (час циклу 200 нс).

Для реалізації проекту мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами потрібен 12-розрядний АЦП. Вибираємо К1108ПВ2, 12-розрядний послідовного наближення, не лінійність Si=2MP, похибка перетворення 2 мкс, струм споживання від джерела Iu1=80mA, Iu2=150mA.

ПЗП КР573РФ8А відноситься до спеціальної серії. ПЗП з багаторазовим програмуванням і УФ стиранням.

Характеристики мікросхеми:

– технологія п-ЛИЗ МОП
– ємність 256 кбіт (32Кх8)
– час виборки адреса 350 нс
– час зберігання інформації при відмоченому живленні ~ 25000 годин
– тип корпусу 2121 · 28.8

ОЗП К537РУ8 має вільний вихід в режимах зберігання та запису, керується трьома сигналами. Обмін інформацією відбувається по двонаправленій 8-розрядній шині даних. Параметри мікросхеми:

Кількість біт 2К х 8

– час виборки – 190 нс
– час зберігання – 320 нс
– струм споживання – 100 мА

Для організації потрійного об’єму оперативної пам’яті (5К) потрібно з мікросхеми К537РУ8.

Розглянемо можливість похибок АЦП. Похибка АЦП (складається з двох похибок квантування по часу і похибки одного відліку, тобто динамічної та статичної) Динамічна похибка визначається інерційністю елементів, які впливають на тривалість перехідних процесів, та швидкістю зміни вхідного сигналу.

До похибок одного відліку відносяться похибка квантування по рівню-методична похибка, яка викликана кінцевим значенням кроку квантування та інструментальна похибка. В процесі квантування по рівню діапазон вхідної напруги розбивається на 2^n дозволених дискретних рівнів (квантів). При цьому значення кванта:

$$q = \frac{(U\text{вх}max - U\text{вх}min)}{2^n} = \frac{Umn}{2^n} \qquad (3.2)$$

Де n – число розрядів, яке визначає число рівнів, на яке розбивається вхідний сигнал.

Uмп – діапазон зміни вхідного сигналу (шкала квантування), який визначається верхнім та нижнім значенням аналогового сигналу.

Значення кванту (крок квантування) характеризує роздільну здатність перетворювача по рівню, або найменший приріст (зміну) і вхідного сигналу (потенційну – допустиму точність, роздільну межу, пори чутливості, при якому виробляється вихідний цифровий код або проходить зміна цифрового коду сигналу. Ця найменша зміна цифрового сигналу називається одиницею молодшого розряду. Похибка квантування по рівню є функцією числа розрядів, при збільшені числа розрядів в вихідному коді вона зменшується, виражається в процентах від певної шкали або в мілівольтах. Максимальна похибка квантування дорівнює 9 / 2.

В даному 12-розрядному АЦП сигнал квантується по 4096 рівням, тобто перетворювач розіб'є повну шкалу вхідної напруги на 2^{11} частин і його роздільна здатність 1 / 1024, а похибка квантування 1 / 4096

$$n = lg2 * \frac{100}{\delta kT6} \quad (3.3)$$

при n>12

$\delta \approx 0{,}01\%$

Найменша зміна на вході при якій виробляється цифровий код, буде рівна

$$g = \frac{Umn}{21^2} = \frac{10}{4096} = 0{,}0024\text{В} = 2{,}4\text{МВ або } 0{,}024 \text{ м/с} \quad (3.4)$$

Абсолютна похибка включає в себе похибку квантування і інструментальні похибки, диференціальну не лінійність, похибку підсилення та зміщення нуля.

Похибка схеми вибірки (зберігання) дорівнює 0,1% Отже загальна похибка системи:

$$\delta = \delta_k + g = 0{,}01 + 0{,}024 + 0{,}1 = 0{,}135\%$$

3.5. Результати роботи програми

Алгоритмічна програма складається з чотирьох функцій, які ув'язуються між собою наступним чином:

- choose – load – функція опитування портів АЦП$_1$ і АЦП$_2$ і запису в пам'ять одержаних виборок.
- choose processing – функція обробки виборок з метою отримання середньо квадратичного значення.
- S-max – пошук максимального значення.
- S-medium – пошук середнього значення.
- Загальна алгоритмічна програма наведена на рис. 3.4.

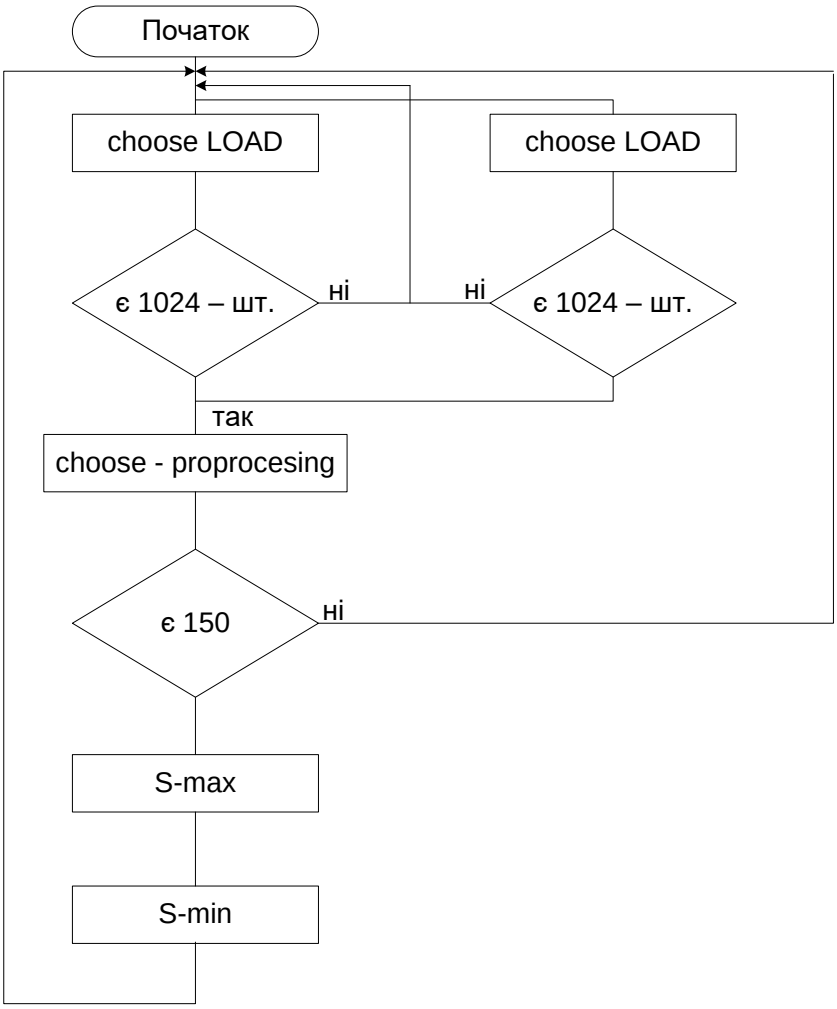


Рис. 3.4. Загальний алгоритм роботи програми

В свою чергу функції представляють собою окремі підпрограми і алгоритмічно представлені на рис. 3.5.

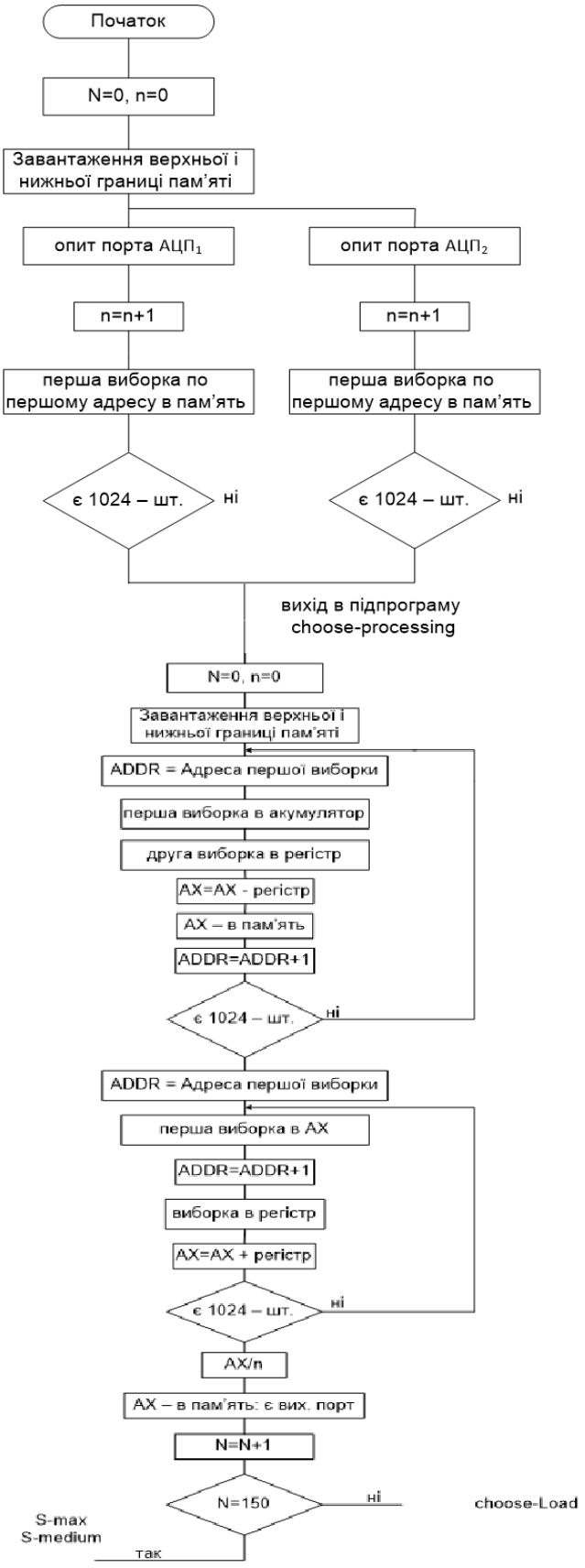


Рис. 3.5. Алгоритм підпрограми функцій

3.6. Розроблення структурної схеми проєктованого пристрою

Структурна схема проектованого мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами являє собою послідовність функціональних блоків, кожний з яких можна представити як окремий пристрій, який виконує свої визначені функції. Щоб задовольнити вимоги технічного завдання розроблюваний пристрій повинен мати такі функціональні блоки:

– Блок вхідного сигналу – необхідний для того, щоб понизити вхідну напругу до рівня, доступного для подальшої обробки.
– Блок аналогового-цифрового перетворення – необхідний для переведення значення синусоїдальної напруги в двійковий код.
– Блок цифрової обробки.

Блок цифрової обробки повинен реалізувати функцію:

$$p = \frac{1}{n}\sum_{K=1}^{n-1} u(tk)\ s\ (tk) \qquad (3.5)$$

Для обчислення активної потужності значення необхідно здійснити числові перетворення величин, що зображено на рис. 3.6.

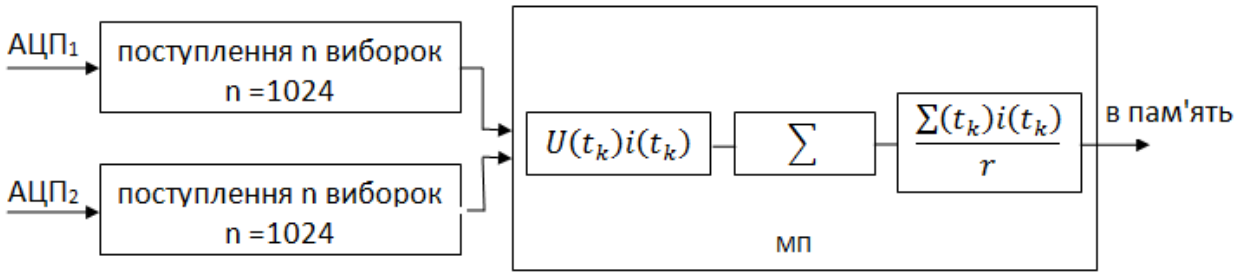


Рис. 3.6. Структурна схема числових перетворень величин

Множення і ділення є стандартні в вибраному мікропроцесорному комплекті. Вони реалізуються в мікроконтролері програмними засобами.

Відповідно, функціональна схема перетворювача зображена на рис. 3.7.

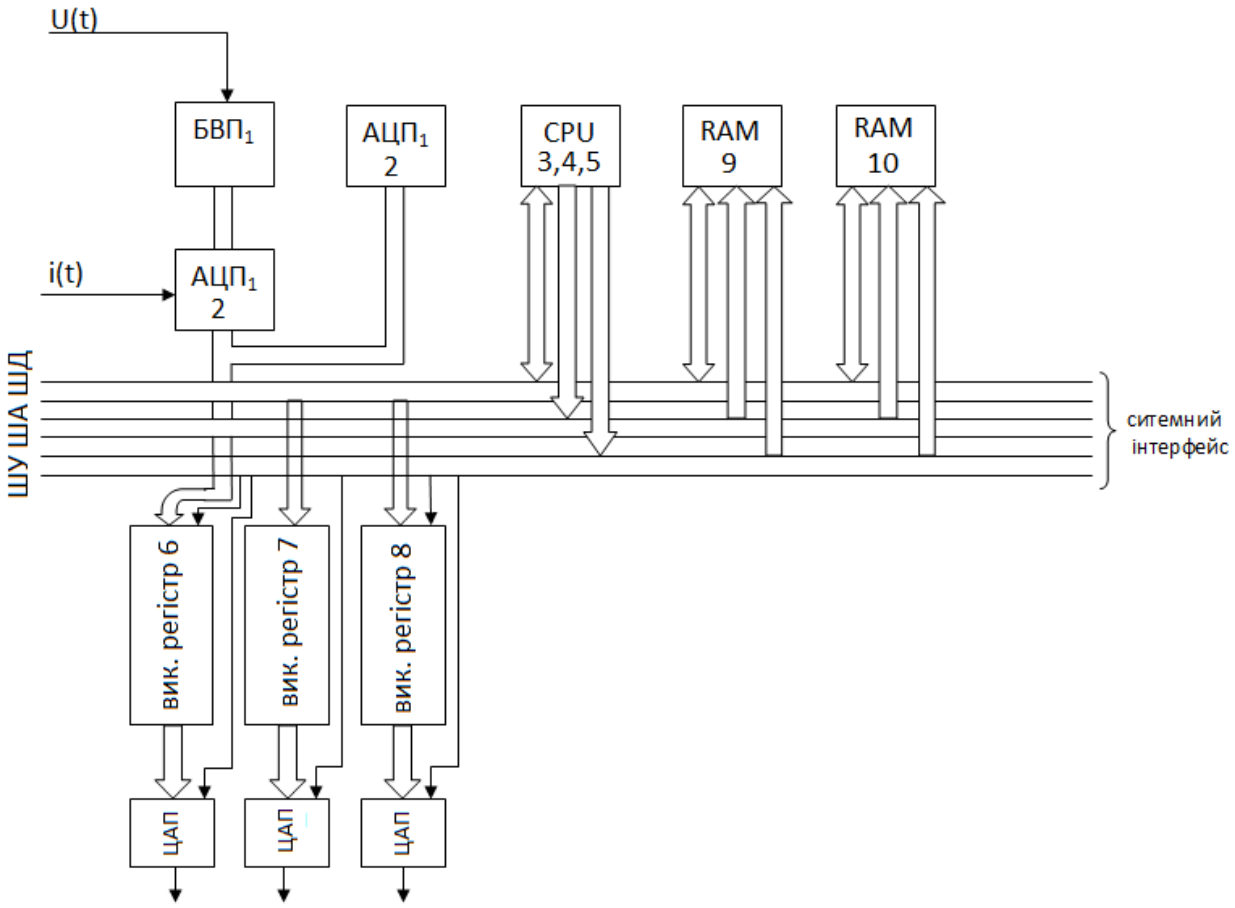


Рис. 3.7. Функціональна схема системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами

Оскільки для роботи мікропроцесорної системи необхідні запам'ятовуючі пристрої, то в схему входять блоки 9, 10 - оперативна та енергонезалежна запам'ятовуючі пристрої. ПЗП містить програму, завантажену в оперативну пам'ять на початку роботи пристрою, і деякі програми під час роботи, а також вхідні дані з пристрою, вихідні дані та проміжні результати розрахунків..

Перш ніж приступити до вибору конкретного мікроконтролера, нами сформульовано певні вимоги, які поставлені до розроблюваного пристрою.

Вибраний мікроконтролер повинен мати досить високу розрядність шини даних (n≥16), оскільки використання мікроконтролера з шиною меншої розрядності приводить до значних апаратних витрат – використання проміжних запам’ятовуючих пристроїв, регістрів для побайтової розбивки.

Мікроконтролер повинен володіти великою кількістю математичних функцій, оскільки для реалізації поставленої задачі необхідно використовувати чисельні методи інтегрування та операцій ділення. Мікроконтролер повинен мати досить високу швидкодію, щоб на вході пристрою не надходила втрата інформації.

Всім необхідним вимогам до проектування мікропроцесорної системи керування пневмодвигуном з виконавчими механізмами відповідає мікропроцесорний комплект К1810 на великих інтегральних схемах з більш високим рівнем інтеграції.

ЦП К1810 має бітрейт даних 16 біт, бітрейт адреси 20 біт і тактову частоту до 5 МГц. Його продуктивність на порядок вище, ніж у процесора К580UK - 80. Мікросхема К1810ВМ86 - це однокристалічний 16-розрядний МП, виконаний за технологією p-MOS. Кристал мікросхеми містить 29 000 транзисторів і має розміри 5,5 х 5,5 мм. К1810VM86 містить 14 внутрішніх 16-розрядних регістрів і формує 16-розрядну шину даних для зв'язку із зовнішньою пам'яттю та портами введення/виведення. Адресна шина має 20 біт, що означає, що пам'ять до 1 МБ = 1048576 байт може бути безпосередньо адресована.

Відповідно, обраний мікропроцесорний комплект відповідає вимогам пристрою, що розробляється, і може бути використаний для розробки мікропроцесорної системи керування пневмодвигуном з приводами.

ВИСНОВКИ

В ході дослідження нами проаналізовано декілька основних схем силової частини перетворення активної потужності для керування елементами пневматичного двигуна:

- Мостова схема.
- Півмостова схема.
- Схема з виводом нульової точки трансформатора.
- Трифазний перетворювач активної потужності з нульовим проводом.
- Трифазна мостова схема.

Нами розроблено алгоритмічну та структурну схему мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами. Алгоритм роботи мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами є системою послідовних функціональних перетворень з метою одержання заданого вихідного сигналу. Оскільки ядро розроблюваної системи складає мікропроцесор, то основне навантаження виконує програма, що здійснює необхідні функції перетворення та обчислення. Використовуючи потужний мікропроцесор, можна звести апаратні затрати до мінімуму. Незважаючи на це, позбутися їх повністю не можна, оскільки всі сигнали, потрібно перетворювати в норму, доступну для програмної обробки.

В результаті проведеної роботи сконструйовано систему системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами на базі мікроконтролера серії К1810.

Вибраний мікроконтролер повинен мати досить високу розрядність шини даних ($n \geq 16$), оскільки використання мікроконтролера з шиною меншої розрядності приводить до значних апаратних витрат – використання проміжних запам’ятовуючих пристроїв, регістрів для побайтової розбивки. Мікроконтролер повинен мати широкий набір математичних функцій, оскільки для виконання поставленої задачі передбачається використання поставленої задачі передбачається використання чисельних методів

інтегрування, а операція ділення. Мікроконтролер повинен мати досить високу швидкодію щоб не відбувалося, втрачання інформації, що поступає на вхід пристрою.

Всім необхідним вимогами для проектування мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами відповідає мікропроцесорний комплект на великих інтегральних схемах підвищеної степені інтеграції.

Центральний процесор К1810 має розрядність даних 16 біт, розрядність адреси – 20 біт і тактову частоту до 5 МГц. Його продуктивність на порядок вище ніж, ніж процесора К580UK – 80. Мікросхема К1810ВМ86 являє собою одно кристальний 16-ти бітовий МП, виконаний по технології п-МОП. Кристал мікросхеми містить – 29000 транзисторів, та має розміри 5,5х5,5мм. К1810ВМ86 містить 14 16-бітових внутрішніх регістрів і утворює 16-бітову шину даних для зв’язку з зовнішньою пам’яттю та портами вводу-виводу. Шина адреси має 20 розрядів, що дозволяє безпосередньо адресуватись до пам’яті до ЗП ємністю до 1МВ = 1048576 байт.

Отже, вибраний мікропроцесорний комплект задовольняє вимогами, які ставить до нього розроблюваний прилад і використаний для його розробки мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. АИПС «Меркурий». Каталог интегральных микросхем. Часть 2. Приборы производственно-технического назначения и народного потребления. – ЦКБ «Дейтон», редакция 1990г.
2. Бродин В. Б. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс / В. Б. Бродин, И. И. Шагурин. – М.: ЭКОМ, 1999. 400 с.
3. Говоров А. А. Микропроцессорные контроллеры автоматических систем регулирования / А. А. Говоров. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. 296с.
4. Голубцов М. С. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному / М. С. Голубцов. – М.: Солон Пресс, 2003. 288 с.
5. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры Microchip: практическое руководство / А. В. Евстифеев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. 296 с.
6. Калабеков Б. А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы: учебник для техникумов связи / Б. А. Калабеков. – СПб.: Горячая линия – Телеком, 2002. 336 с.
7. Каспер Э. Программирование на языке Ассемблер для микроконтроллеров i8051 / Э. Каспер. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2003. 191 с.
8. Кобылинский А. В. Разработка семейств микропроцессорных комплектов СБИС. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук в форме научного доклада. Киев. 1985.
9. Кулаков В. Проектирование на аппаратном уровне: специальный справочник / В. Кулаков. – СПб.: Питер, 2001. 588 с.
10. Микропроцессороные системы: учебное пособие для вузов / под общ. ред. Д. В. Пузанкова. – СПб.: Политехника, 2002. 935 с.
11. Микропроцессорный комплект К1810: Структура, программирование, применение: Справочная книга / Ю. М. Казаринов, В. Н. Номоконов, Г.

С. Подклетнов, Ф. В. Филиппов; Под ред. Ю. М. Казаринова. М.: Высш. шк., 1990.

12. Микросхемы интегральные серии КС1590...КА1843. СПб.: Издательство РНИИ «Электронстандарт», 1993.
13. Мячев А. А., Степанов В. Н. Персональные ЭВМ и микроЭВМ. Основы организации: Справочник / Под ред. А. А. Мячева. – М.: Радио и связь, 1991.
14. Николайчук О. X51 – совместимые микроконтроллеры фирмы Cygnal / О. Николайчук. – М.: ООО «ИД СКИМЕЙ», 2003. 472 с.
15. Предко М. Справочник по PIC-микроконтроллерам. М.: СОЛОН – Р, 2002. 504 с.
16. Применение интегральных микросхем в электронной вычислительной технике: справочник / под ред. Б. Н. Файзулаева. – М.: Радио и связь, 1987. 384 с.
17. Проектирование цифровых устройств на однокристальных микроконтроллерах / В. В. Сташин [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 224 с.
18. Пухальский Г. И. Проектирование микропроцессорных систем: учебное пособие / Г. И. Пухальский. – СПб.: Политехника, 2001. 544 с.
19. Самарин А. В. Жидкокристаллические дисплеи. Схемотехника, конструкция и применение / А. В. Самарин. – М.: СОЛОН – Р, 2002. 304с.
20. Самофалов К. Г., Викторов О. В. Микропроцессоры. – Б-ка инженера. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Тэхника, 1989.
21. Таверенье К. PIC-контроллеры. Практика применения: пер. с франц. / К. Таверенье. – М.: ДМК Пресс, 2003. 272 с.
22. Титов М. А. и др. Изделия электронной техники. Микропроцессоры и однокристальные микроЭВМ: Справочник / М. А. Титов, А. Ю. Веревкин, В. И. Валерьянов; Под ред. А. И. Ладика и А. И. Сташкевича. – М.: Радио и связь, 1994.

23. Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника / Е. П. Угрюмов. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2000. 528 с.
24. Яценков В. С. Микроконтроллеры MicroChip: практическое руководство / В. С. Яценков. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. 296 с.
25. И.Н.Кудрявцев, А.И.Пятак, А.Б.Киценко, Ю.В.Демьяненко, А.В.Деревянко. Разработка системы управления двухсторонним пневмоцилиндром с использованием датчиков положения поршня // Автомобильный транспорт. – Сб. науч. трудов, Харьков. – 2004, вып. 15, С. 45-51.
26. И.Н.Кудрявцев, А.И.Пятак, Ю.В.Демьяненко, А.Г.Мирошниченко, В.В.Деревянко, А.В.Деревянко. Компьютерное управление двухсторонним пневмоцилиндром с использованием универсального параллельного адаптера // Автомобильный транспорт. – Сб. науч. трудов, Харьков. – 2005, вып. 16. – С. 179-185.
27. Plummer M.C., Ordonez C.A. and Reidy R.F. A review of liquid nitrogen propelled vehicle programs in the United States of America // Bulletin of the Kharkov National Automobile and Highway University (Ukr). 2000. V. 12-13. P. 47-52.
28. Knowlen C., Mattick A.T., Hertzberg A., Bruckner A.P. Ultra-Low Emission Liquid Nitrogen Automobile // Future Transp. Techn. Conf. & Exposition, Costa Mesa, CA, August 17-19, 1999, Paper SAE-1999-01-2932.
29. А.Н.Туренко, В.А.Богомолов, С.И.Бондаренко, И.Н.Кудрявцев, А.И.Пятак, В.И.Клименко, А.Я.Левин, Н.М.Левченко, Б.Н.Муринец-Маркевич, А.В.Крамской, А.В.Архипов, И.В.Лукашов, И.Н.Канищев, А.Клунный. Разработка первой на Украине демонстрационной модели экологически чистого автомобиля с криогенной силовой установкой // Альтернативная энергетика и экология. – 2005. – № 4(24). – С. 93-98.
30. В.И.Клименко, И.Н.Кудрявцев. Криогенному автомобилю быть // Сигнал. – 2005. – № 1-2. – С. 34-37.

31. Туренко А.Н., Пятак А.И., Кудрявцев И.Н., Тимченко И.И., Жадан П.В., Бондаренко С.И., Левин А.Я. Пневматические силовые установки для экологически чистых автотранспортных средств // Автомобильный транспорт. Сб. науч. трудов, Харьков. 2001. Вып. 7-8. С. 193-197.
32. С.И.Бондаренко, И.Н.Кудрявцев, А.И.Пятак. Криогенные автомобили: разработка и применение // Технологии, Оборудование, Материалы. – Прилож. журн. Экономика и производство (Россия). – 2002. – N 3 (69). – С. 37-39.
33. С.И.Бондаренко, И.Н.Кудрявцев, А.И.Пятак, И.И.Тимченко, А.П.Кудряш. Новый вид пожаробезопасного и экологически чистого транспортного средства для аэропортов // Проблемы машиностроения. – 2002. – т. 5, N 2. – С. 92-95.
34. Пей Ан. Сопряжение ПК с внешними устройствами / пер. с англ. Мерещука П.В.– М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2004.

ДОДАТКИ

Додаток А

Програма керування контролера, розроблена в середовищі TwidoSoft на мові List Instruction відповідно до запропонованої структури мікропроцесорної системи управління пневматичним двигуном з виконавчими механізмами

```
    LD% I0.0.0 ANDN% M4 S% M0 BLK% TM0 LD% M0 IN OUT_BLK LD Q S%
M1 END_BLK BLK% TM1 LD% M1 IN OUT_BLK LD Q R% M0 R% M1 END_BLK LD%
Q0.0.1 OR% Q0.0.2 OR% Q0.0.3 OR% Q0.0.4 S% M4 LD% I0.0.1 R% M4 LD%
M4 S% M5 BLK% TM2 LD% M5 IN OUT_BLK LD Q S% M² END_BLK BLK% TM1
LD% M² IN OUT_BLK
    LD Q R% M5 R% M² END_BLK LD% M1 OR% M² ST% M³ LD% I0.0.0
[%MW1:=%MW100] LD% I0.0.0 [%MW2:=%MW101] LD% I0.0.0 [%MW3:=%MW102]
LD% I0.0.0 [%MW4:=%MW103] LD% I0.0.0 [%MW5:=%MW1] LD% I0.0.0
[%MW6:=%MW1-%MW3] LD% I0.0.0 [%MW7:=%MW2+%MW4] LD% I0.0.0
[%MW8:=%MW2-%MW4] LD [%IW0.1.0> %MW5] ST% M6 LD [%IW0.1.0< %MW6]
ST% M7 LD% I0.0.0 [%MW0:=%IW0.1.2 / 10] LD% I0.0.0
[%MW12:=%IW0.1.0+ 0.2% IW0.1.3] [%MW9:=%IW0.1.1 -%MW0] LD
[%MW9>%MW7] ST% M8 LD [%MW9<%MW8] ST% M9 LD% I0.0.0 [PID 0] LD%
I0.0.0 [PID 1] LD% I0.0.0 [%MW12:=%MW10*% KW1] LD% I0.0.0
[%MW13:=%MW11*% KW1] LD [%MW12>=0] AND% M6 ST% M12 BLK% TM4 LD% M6
IN OUT_BLK LD Q ST% M10 END_BLK LD% M10 AND% M³ ST% M11 LD% M12
ANDN% M11 S% M13 LD% M7 R% M13 LD% M13 AND% M6 AND% M11 ANDN%
I0.0.2
    ST% Q0.0.1 LD [%MW12<=0] AND% M7 ST% M16 BLK% TM5 LD% M7 IN
OUT_BLK LD Q ST% M14 END_BLK LD% M14 AND% M³ ST% M15 LD% M16 ANDN%
M15 S% M17 LD% M6 R% M17 LD% M17 AND% M7 AND% M15 ANDN% I0.0.2 ST%
Q0.0.2 BLK% TM6 LD% M8 IN OUT_BLK LD Q ST% M18 END_BLK LD% M18
AND% M³ ST% M19 LD [%MW13>=0] AND% M8 ST% M20 LD% M20
    ANDN% M19 S% M21 LD% M9 R% M21 LD% M21 AND% M8 AND% M19 ANDN%
I0.0.2 ST% Q0.0.3 BLK% TM7 LD% M9 IN OUT_BLK LD Q ST% M22 END_BLK
LD% M22 AND% M³ ST% M23 LD [%MW13<=0] AND% M9 ST% M24 LD% M24
ANDN% M23 S% M25 LD% M8 R% M25 LD% M25 AND% M23 AND% M9 ANDN%
I0.0.2 ST% Q0.0.4 LD% I0.0.2 ST% Q0.0.5 LD% M³ ST% Q0.0.6 END
```