РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об’єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить 17 слайдів.

Об’єм пояснювальної записки складає 69 друкованих сторінок формату А4 (210×297).

Кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, в яких нараховується 11 рисунків та 5 таблиць з даними. В роботі використано 11 літературних джерел.

Метою даної кваліфікаційної роботи було проектування автоматизованої системи керування опорно-поворотними пристроями опрмінювальних установок.

Ключові слова: КРОКОВИЙ ДВИГУН, СЛІДКУЮЧИЙ ПРИВІД, МІКРОЕОМ, ДАВАЧ.

ЗМІСТ

Вступ 7

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА 8

1.1. Аналіз цифрових слідкуючих електроприводів 8

1.2. Огляд елементів цифрових слідкуючих приводів 12

1.3. Огляд типових схем цифрових слідкуючих приводах 16

1.4. Імпульсні цифрові слідкуючі приводи 18

2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА 23

2.1. Порівняльна оцінка приводів для опорно-поворотних пристроїв опрмінювальних установок 23

2.2. Вибір крокових двигунів для кінематичних пар опорно-поворотних пристроїв опрмінювальних установок 25

2.3. Вибір структурної схеми системи керування 30

2.4. Вибір схеми і розрахунок підсилювача потужності 35

2.5. Вибір та розрахунок блоків живлення 50

3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 55

3.1. Розробка програмного забезпечення для мікроЕОМ системи керування опорно-поворотними пристроями опрмінювальних установок 55

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ 60

Висновки 68

Перелік посилань 69

ВСТУП

Бурхливий розвиток мікроелектронних елементів та широке використання їх в системах управління різноманітними об‘єктами і процесами являється важливим напрямком науково-технічного прогресу.

Застосування мікроелектронних пристроїв у для виробничого і культурно-побутового призначення не лише підвищує техніко-економічних характеристики виробу але й дозволяє скоротити час розробки і надає виробам нові споживчі якості (розширені функціональні можливості, адаптивність і таке інше).

За останні роки в мікроелектроніці дуже широко використовуються однокристальні мікроконтролери, які використовуються для управління побутовими об’єктами та виробничими технологічними процесами. Однокристальні мікроконтролери являють собою пристрої, що конструктивно виконані у вигляді ВІС і містять в собі основні частини мікроЕОМ, такі як: мікропроцесор, пам‘ять програм і даних, а також інтерфейси для зв‘язку з зовнішнім середовищем. Застосування мікроконтролерів в системах управління дозволяє отримати високі показники ефективності при їх відносно низькій вартості.

Розробка систем управління опромінювальними установками є важливою задачею в галузі автоматизованих систем керування, оскільки призводить до економії енергоресурсів, зниження матеріаломісткості, підвищення функціональних можливостей систем.

Основним завданням кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої системи управління опромінювальним пристроєм для оптичних технологій. Дана розробка ґрунтується на використанні однокристальних мікропроцесорних пристроїв автоматизованих систем керування та виконавчих пристроїв дискретного типу.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз цифрових слідкуючих електроприводів

Під цифровим слідкуючим приводом (ЦСП) слід розуміти привід, в якому вимірювання та порівняння потрібних і дійсних значень кутів повороту забезпечується у двійковому коді. У зв’язку з бурхливим впровадженням у виробництво засобів цифрової обчислювальної техніки частка ЦСП значно зросла в слідкуючих системах (СС).

Цифрові слідкуючі приводи визначаються високою швидкодією та надійністю, завадозахищеністю, а також високою точністю у порівнянні з іншими слідкуючими приводами (СП).

По структурі ЦСП розділяють на дві групи: розімкнуті та замкнуті. В розімкнутих цифрових слідкуючих приводах управляючий сигнал конвертується у двійковий код, а далі виконавчим механізмом обробляється у вигляді пропорційного переміщення. В замкнутих цифрових слідкуючих приводах дані про виконання введеної команди надходять на вхід системи по каналу зворотного зв’язку (ЗЗ) за допомогою давача стану, що конвертує кут повороту вихідного валу у двійковий код.

За властивостями цифрові слідкуючі приводи поділяють на імпульсні (ІЦСП) і цифро-аналогові (ЦАСП). В імпульсних ЦСП вихідний вал знаходиться у режимі дискретного руху, а в якості виконавчого механізму тут застосовується крокoвий двигун (КД). Завдяки тому, що крокoвий двигун безпосередньо конвертує дискретну інформацію у фіксований кут повороту, імпульсні цифрові слідкуючі приводи можуть бути розімкнутими.

Однак розімкнутий слідкуючий привід має обмежене використання. Через недостатню точність для замикання приводу на вихідному валу встановлюють імпульсний давач положення, і в загальному весь привід ґрунтується на дискретних елементах.

У цифро-аналогових слідкуючих приводах вихідний вал знаходиться у стані безперервного руху. В якості виконавчого механізму (ВМ) в даному випадку використовують двигуни постійного чи змінного струму, які працюють від аналогово сигналу, а введення завдання в слідкуючий привід здійснюється цифровим. Наявність в одному приводі аналогових і цифрових сигналів призводить до необхідності використання аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП) та цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП). В результаті в будь-якому цифро-аналоговому слідкуючому приводі виділяють цифрову AZ і аналогову AY частини (див. рис. 1.1).

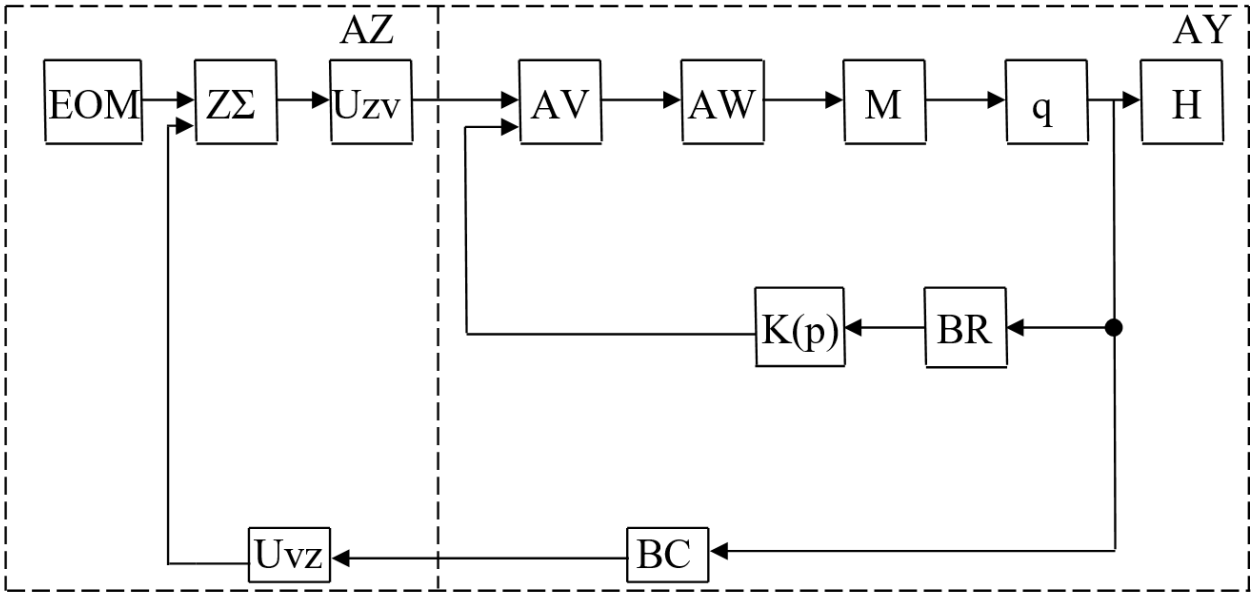

Рисунок 1.1 Структурна схема цифро-аналогового слідкуючого приводу

Цифрова частина AZ формує цифровий сигнал розузгодження за рахунок сумування у обчислювальному пристрої ZΣ коду цифрової EOM і коду сигналу зворотного зв’язку. Кодування сигналу зворотного зв’язку проводять за допомогою перетворювача Uzv, а декодується керуючий сигнал за допомогою перетворювача Uvz.

Аналогова частина виконує підсилення сигналу розузгодження по напрузі в підсилювачі AV, по потужності в підсилювачі AW. Здійснення розузгодження двигуном M відбувається за допомогою редуктора q. Корекцію слідкуючого приводу по напрузі здійснюють за допомогою тахогенератора BR з послідовним контуром K(p). Кут відхилення вимірюється за допомогою давача BC.

По типу зв'язку з ЕОМ цифро-аналогові слідкуючі приводи поділяють на автономні і неавтономні. В автономних цифро-аналогових слідкуючих приводах ЕОМ не входить в контур регулювання, а виконує роль пристрою вводу команд та даних. Функцію визначення коду розузгодження здійснює спеціалізований цифровий пристрій. Показаний на рис. 1.1 привід є прикладом автономного цифро-аналогового слідкуючого приводу.

У неавтономному цифро-аналоговому слідкуючому приводі, структурна схема якого приведена на рис. 1.2, ЕОМ з'єднана зворотнім зв'язком і в ній здійснюється порівняння заданого і існуючого кутів повороту. Код різниці надходить на перетворювач у Uzv і потім у аналогову частину приводу, що відпрацьовує розузгодження.

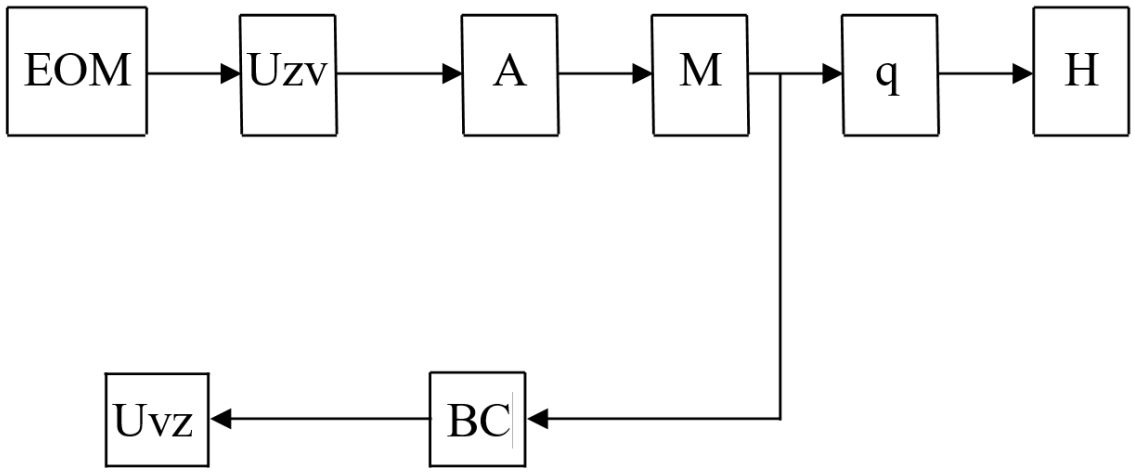

Рисунок 1.2 Структурна схема неавтономного ЦАСП.

В залежності від поставленої задачі регулювання цифро-аналоговим слідкуючим приводом розділяють на позиційні і швидкісні. В колі зворотного

зв’язку позиційного цифро-аналогового слідкуючого приводу застосовують цифрові перетворювачі кута, що містять давач кута і аналогово-цифровий перетворювач, що формує двійковий код. В швидкісному цифро-аналоговому слідкуючому приводі застосовують дискретні перетворювачі, що формують імпульси, частота яких пропорційна частоті обертання вихідного валу приводу.

На рис. 1.3 показаний цифровий привід антени локатора літака.

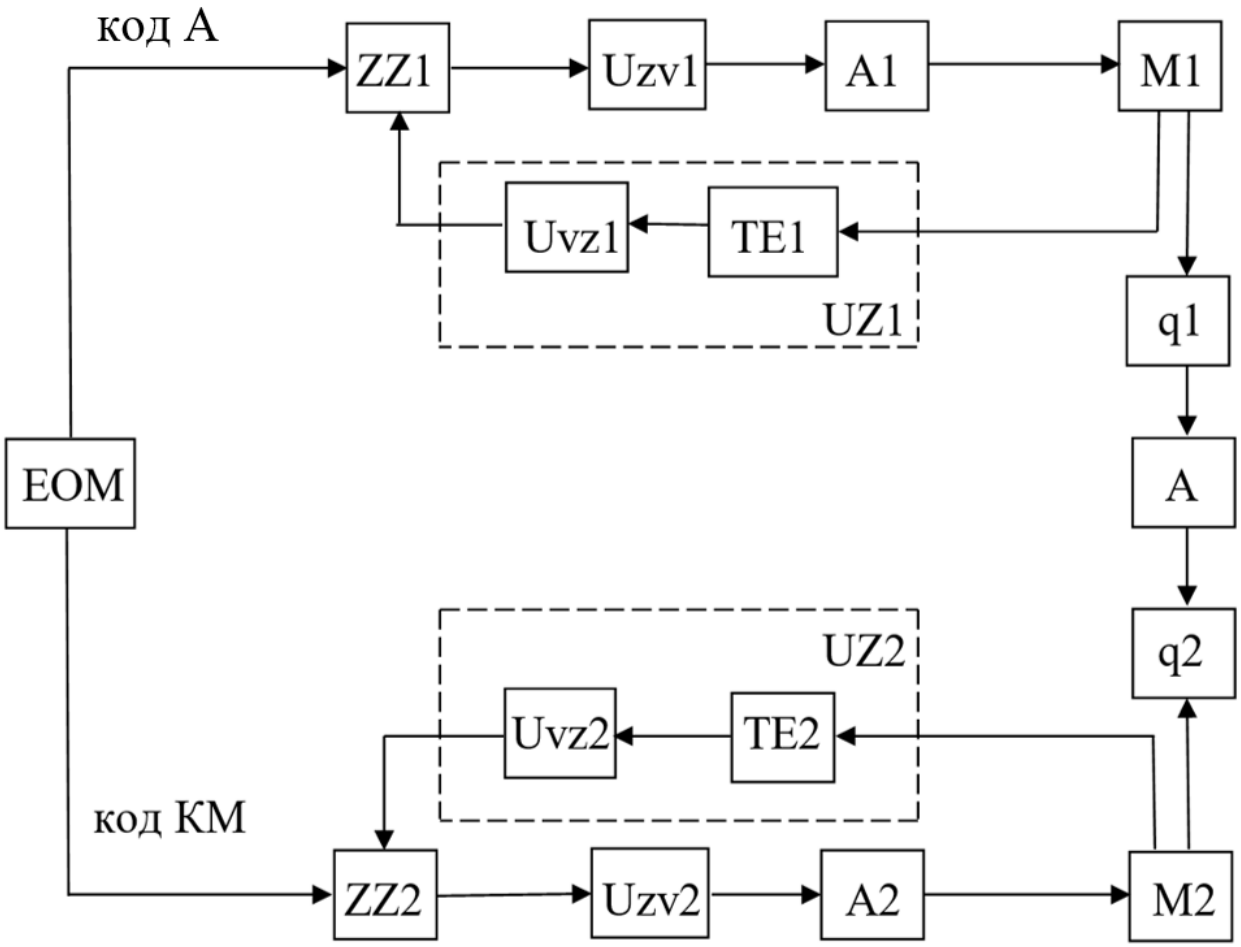

Рисунок 1.3 Структурна схема ЦАСП антени локатора.

Антена містить привідний механізм, що забезпечує її обертання по азимуту і куту місця. Задача системи керування призначена для забезпечення роботи приводу в режимі кругового огляду і в режимі слідкування за рахунок видачі двох цифрових кодів, що відповідають потрібним кутам повороту антени по

азимуту (код А) і куту місця (код КМ). Кожний із каналів керування являється замкнутим автономним цифро-аналоговим слідкуючим приводом, виконавчим механізмом якого є двигун типу АДП – 263А. Кожен канал містить у своєму складі сумуючий пристрій ZΣ, ЦАП Uzv, підсилювач А, редуктор q, давач кута ТЕ і АЦП Uvz.

Керуюча команда, що поступає з ЕОМ, порівнюється в суматорі з кодом зворотного зв'язку, який формується аналогово-цифровим перетворювачем Uvz1. Сигнали, що надходять як з ЕОМ, так і з перетворювача, представлені в виді паралельного двійкового коду. Код розузгодження приводу використовуючи перетворювача Uzv1, конвертується в аналоговий сигнал і через підсилювач А1 надходить на двигун М1, який використовуючи редуктор q1 повертає антену відносно азимутальної осі. Одночасно повертається ротор давача ТЕ1 цифрового перетворювача Uvz1, що формує поточне значення кута повороту антени по азимуту. Привід кута місця здійснюється аналогічно. В результаті узгодженої роботи обох каналів антена повертається по напрямку, що відповідає командам з ЕОМ.

1.2 Огляд елементів цифрових слідкуючих приводів

В цифрових слідкуючих приводах розрізняють наступні структурні елементи: блок синтезу коду розузгодження, цифро-аналогові перетворювачі коду у часовий інтервал, цифрові перетворювачі кутів, крокові двигуни.

Цифрові слідкуючі приводи є приводами замкнутого циклу, які працюють за принципом порівняння коду введеного кута з кодом реального кута, що виробляється в колі зворотного зв'язку. В якості блока порівняння використовують схему, що вираховує різницю двох чисел. Використання оберненого коду числа від'ємника дозволяє замінити операцію віднімання операцією сумування, що значно спрощує схему блоку порівняння. При цьому зменшуване береться у прямому коді, а від'ємник – в оберненому. Таким чином,

блок синтезу коду розузгодження створюють на базі багаторозрядних суматорів накопичуючого і комбінаційного типів.

Для перетворювання коду в послідовність прямокутних імпульсів використовується перетворювач коду у часовий інтервал.

Схема перетворювача коду у часовий інтервал складається з лічильника імпульсів, що побудований на мікросхемі DD3, генератора імпульсів С, RS–тригера і елемента І, побудованого на мікросхемі DDZ. Робота перетворювача синхронізується імпульсами, що надходять з блока керування. Код числа, яке потрібно конвертувати, надходить на сигнальну шину DD3 установки коду (D1, D2,…) і фіксується в лічильнику.

Тригер DD1 встановлюється у вихідне положення тактовим старт-імпульсом з блоку управління, що формує період Т роботи перетворювача. При цьому сигнал з виходу тригера надходить на елемент І, що встановлює проходження імпульсів з генератора С через елемент співпадіння DDZ на сумуючий вхід лічильника. Перетворення коду відбувається за рахунок сумування імпульсів, що поступили від генератора С, і вихідного коду.

Цифрові перетворювачі кутів (ЦПК) є важливими елементами цифрового слідкуючого приводу, так як вони містять інформацію про виконання команди, формуючи код реального кута повороту вихідного валу. До складу цифрового перетворювача кутів, зазвичай, входить вимірювальний перетворювач та електронний блок. Вимірювальний перетворювач генерує, пов'язаний з кутом повороту вихідного валу, електричний сигнал в аналоговій чи цифровій формі. Електронний блок обробляє отриману інформацію і генерує її у цифровій формі, тобто здійснює аналогове-цифрове перетворення.

Вимірювальний перетворювач повинен забезпечувати вимоги максимальної чутливості, малої інерційності, стабільності, а також лінійності та визначеності статичної характеристики. По типу електричної вихідної величини давачі неелектричних величин можна поділяти на генераторні (вихідна величина-ЕРС

чи струм) і параметричні (вихідна величина-індуктивність, ємність, резистивний опір).

Потенціометричні давачі конвертують кутове переміщення у вихідну напругу. Кодові давачі конвертують кутове переміщення в цифровий код. Ширше поширені кодові давачі, що побудовані у виді кодуючого диска з оптичною системою обробки інформації.

Крокові двигуни відносяться до дискретних імпульсних пристроїв і використовуються для конвертації кожного імпульсу команди на керуючому вході у чітко фіксоване переміщення вихідного валу, що має назву кроку. Такий ефект досягається за рахунок дискретної зміни режиму електромагнітного поля у повітряному проміжку між статором і ротором машини.

Крокові двигуни найбільш пристосовані до цифрового керування. Крокові двигуни конструктивно не відрізняються від двигунів змінного струму інших типів. Особливістю керування є перемикання за допомогою комутатора фаз двигуна, що формує стрибкоподібне переміщення поля статора на крок, який називається тактом комутації (число імпульсів в одному періоді комутації фаз) і числом пар полюсів ротора. Особливістю крокових двигунів на відміну від двигунів інших типів є значне число пар полюсів (4-60), що визначає мале значення кроку і можливість отримання низьких швидкостей при порівняно високих частотах управління.

В наш час отримали застосування три основних типи крокових двигунів, що різняться конструкцією ротора: з пасивним зубчатим безобмотковим ротором (реактивний і індукторний), індукторний з двома пасивними зубчатими роторами, що аксіально з’єднані намагніченим кільцем, і з активним ротором із постійних магнітів.

До переваг крокових двигунів з активним ротором відноситься збереження магнітної фіксації ротора при від’єднанні його обмоток за рахунок магнітного потоку ротора. Двигуни з пасивним ротором будуються трьох-, чотирьох-, п‘яти- і шестифазними.

Основою використання крокових двигунів є побудова безредукторних приводів. Велика кількість пар полюсів спеціальних крокових двигунів, особливо з пасивним ротором, здійснює роль електричного редуктора, оскільки збільшує момент обертання двигуна. Таким чином, при однаковому моменті крокові двигуни у порівнянні з двигунами постійного струму є менш габаритними і володіють більшою швидкодію.

Основні характеристики крокового двигуна, такі як точність, стійкість руху і навантажувальна здатність, залежать від методу комутації фаз, а відповідно від способу керування. Найпростішим і найбільш поширеним є метод послідовного перемикання однієї чи групи фаз, що отримав назву природньої комутації. При такому методі комутації струм в фазах крокового двигуна набуває лише два значення: 0, коли фаза відключена та $I_{ном}$ – коли фаза збуджена.

Крок двигуна визначається числом тактів комутації, що залежить від числа фаз m. При симетричній комутації n=m. Несиметрична комутація дає можливість збільшити число тактів комутації вдвічі n = 2m, зменшивши крок двигуна в два рази у порівнянні з симетричною.

Симетрична комутація може бути почерговою – в кожний момент часу включена тільки одна фаза крокового двигуна, і парною – у кожний момент часу включено дві фази.

Симетрична комутація дозволяє отримати постійні значення амплітуди результуючого вектору моменту в кожному такті комутації. Навантажувальна здатність крокового двигуна між тактами не змінюється, що забезпечує менші зміни швидкості і кута повороту. В більшості випадків для чотирифазних крокових двигунів використовується парна комутація фаз, яка збільшує стійкість руху і момент двигуна приблизно в $\sqrt{2}$ раз у порівнянні з почерговою комутацією фаз.

Несиметрична комутація широко застосовується для підвищення стійкості руху в діапазоні частот електромеханічного резонансу і для зниження кроку. Перевагами такої комутації є можливість застосування її для зменшення

дискретності руху приводу, так як схема блоку керування практично не залежить від числа тактів комутації. Недоліком несиметричної комутації є коливання амплітуди результуючого вектору моменту між тактами, що приводить до збільшення коливань кута повороту і швидкості.

1.3. Огляд типових схем цифрових слідкуючих приводах

Одна із схем цифро-аналогового слідкуючого приводу – це восьми-розрядний цифро-аналоговий слідкуючий привід, що побудований згідно структурної схеми показаної на рис. 1. По тактовому сигналу з виходу блоку управління на синхронізуючі входи С вихідного регістру DS1 ЕОМ і буферного регістру DS2 поступають сигнали на вхід восьмирозрядного комбінаційного суматора SM. В дані регістри заноситься вихідна інформація ЕОМ і перетворювача зворотного зв'язку Uvz відповідно. Суматор побудований на базі двох чотирирозрядних суматорах DD1 і DD2, які з'єднані послідовно так, що вихід перенесення старшого розряду DD1 P4 з'єднаний з входом перенесення P0 мікросхеми DD2. Прямі виходи регістру DS1 під'єднані до групи входів A1-A4 мікросхем DD1 і DD2, а інверсні виходи регістра DS2 під'єднані до групи входів B1-B4 цих же мікросхем.

Таким чином, суматор працює в режимі віднімання коду перетворювача Uzv від коду з ЕОМ. Молодші розряди вихідного коду суматора з виходів S1-S4 поступають на інформаційні входи 4-7 і 10-13 цифро-аналогового перетворювача DD4, побудованого на основі універсального 10-розрядного ЦАП.

Для захисту виходів 1 і 2 від випадкового потрапляння від'ємного потенціалу вивід 1 DD4 захищений діодом VD1, а вивід 2 DD4 заземлений. Для функціонування мікросхеми DD4 до неї під'єднані зовнішні елементи: операційний підсилювач DA1 з резисторами R20-R22, джерело напруги С, ключі S1, S2 і інвертор DD3.

Сигнал з виходу Р4 DD2 потрапляє безпосередньо на керуючий вхід перемикача S1 та через інвертор DD3 на керуючий вхід перемикача S2. В залежності від стану старшого розряду суматора, на вхід 15 перетворювача DD4 від джерела С надходить напруга додатної (при коді “1”) чи від‘ємної (при коді “0”) полярності, яка генерується за допомогою підсилювача–інвертора DA1. На виході ЦАП формується напруга такої ж полярності. Амплітуда вихідної напруги формується кодом нижчих розрядів суматора, тобто різницею кодів ЕОМ і перетворювача зворотного зв’язку.

Сигнал з виходу цифро-аналогового перетворювача проходить через фільтр R1C1 і сумується з напругою коригуючого зворотного зв’язку, що формується тахогенератором постійного струму BR і послідовним диференціюючим контуром R19C4. Сумарна напруга, що встановлюється на резисторах R2 і R3, підсилюється підсилювачем DA3 і надходить на фазоінверсний каскад, що побудований на мікросхемах DA4, DA5. Підсилювач DA4 включений по інверсному входу, а DA5 – по прямому. Біполярний сигнал з виходу підсилювача постійного струму надходить на блок фазозсувного пристрою, який використовується для управління тиристорами вихідного каскаду VS1 – VS4.

У випадку, коли вихідний сигнал підсилювача перевищує напругу спрацювання ФСП, відкривається один із каналів, на вхід якого надходить від‘ємний сигнал. По ротору двигуна М проходитиме струм певного напрямку, двигун зміщує навантаження Н і ротор давача зворотного зв’язку – обертового трансформатора ТС. Напруга на давачі і відповідний їй код, визначений у регістрі DS2, регулюються у бік зменшення розузгодження з кодом запрограмованим ЕОМ.

З появою із блока управління наступного тактового імпульсу, код, що відповідає новому кутовому положенню вихідного валу, записується у регістр DS2, а інформація з ЕОМ – в регістр DS1 і цикл починається наново. У випадку співпадіння кодів вхідного і зворотного зв’язку напруга на виході цифро-аналогового перетворювача буде менше напруги спрацювання фазозсувного

пристрою. Всі тиристори будуть закриті, а по обмотках двигуна не буде проходити струм.

Цифрові пристрої виконують високу точність управління і полегшують процес налаштування завдяки точному вимірюванню та індикації кута повороту вихідного валу. Аналогові пристрої, що є вихідними на виконавчу частину слідкуючих приводів, здійснюють необхідну кількість перехідних процесів за рахунок використання корекції сигналу зворотного зв’язку.

1.4 Імпульсні цифрові слідкуючі приводи

Розімкнуті імпульсні цифрові слідкуючі приводи

Імпульсні цифрові слідкуючі приводи, які виконані на основі крокових двигунів, є дискретними приводами. Ця особливість визначає такі їх переваги перед цифро-аналоговими слідкуючими приводами, як підвищену завадозахищеність, структурну простоту з огляду на відсутність необхідності у внутрішніх колах зворотних зв’язках, високі динамічні характеристики завдяки використанню високочастотних крокових двигунів, простоту спряження з цифровою ЕОМ.

Розімкнуте коло регулювання кроковим двигуном, що показане на рис. 1.4, складається з управляючої ЕОМ, блоку управління DZ, що включає в себе комутатор і підсилювач потужності AW, крокового двигуна M та редуктора q. Сигнал управління у вигляді суми імпульсів, яка формує загальне переміщення навантаження, надходить на блок управління.

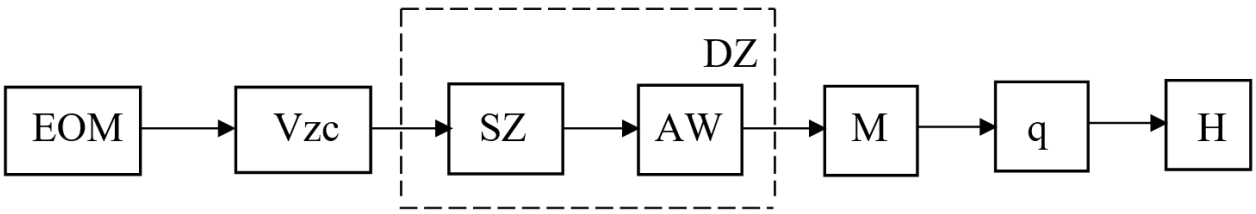

Рисунок 1.4 – Розімкнутий ІЦСП

Блок управління призначений для конвертування отриманої послідовності імпульсів в m–фазну комбінацію (по числу фаз крокового двигуна), яка формується із методу управління кроковим двигуном. Підсилені каскадом AW по потужності імпульси надходять на обмотки крокового двигуна. На кожний імпульс програми кроковий двигун зміщує вихідний вал на певний визначений кут, який визначається кроком крокового двигуна. Таким чином, в розімкнутому приладі кроковий двигун суміщає функції вимірювального і виконавчого механізмів.

Імпульсні цифрові слідкуючі приводи, що побудовані із застосуванням крокових двигунів у вигляді розімкнутих систем передачі інформації, знаходять широке використання в периферійних пристроях ЕОМ, графопобудовувачах, системах числового програмного керування верстатами.

На рис. 1.5 приведена структурна схема графопобудовувача, який виконує вивід інформації із системи СМ-3 на базі ЕОМ.

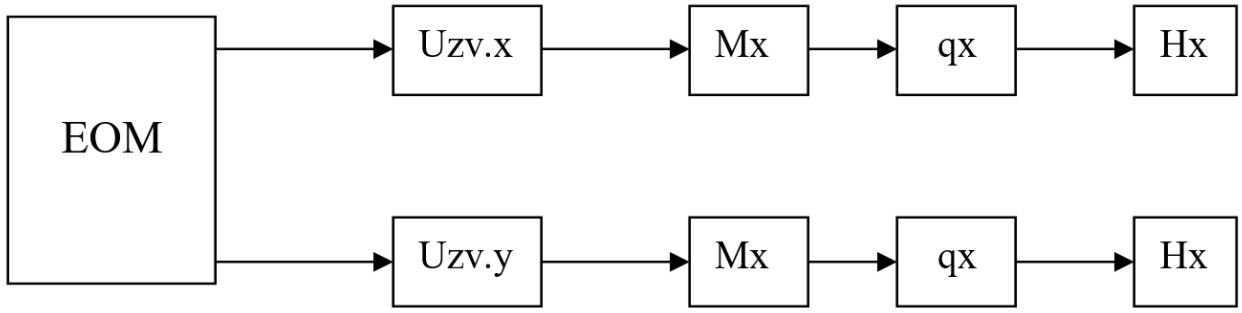

Рисунок 1.5 – Цифровий графопобудовувач

Система графопобудовувача містить два розімкнутих дискретних приводи, структура яких аналогічна будові приводу показаного на рис. 1.4. Привід крокового двигуна Мх кінематично зв’язаний з траверсою Нх і формує

переміщення її по координаті x. Привід з крокового двигуна My переміщує каретку з пишучим пристроєм відносно траверси по координаті y.

В результаті синхронної дії обидвох приводів на планшеті графопобудовувача вимальовується контур, який відповідає вихідним даним ЕОМ. В якості крокових двигунів використовуються крокові двигуни типу ДШИ-368-8.

Точність розімкнутих слідкуючих систем залежить від точності формування окремих кроків крокових двигунів і точності редуктора. Швидкодія приводу визначається частотою крокового двигуна, а також параметрами блока управління та електронного комутатора.

Одним із основних компонентів блока управління є комутатор, який надсилає на обмотки крокового двигуна управляючі імпульси, що забезпечують дискретну зміну стану електромагнітного поля. До комутатора висуваються вимоги надійності, простоти, економічності і завадостійкості при задачі забезпечення пропонованого закону розподілу імпульсів. Використання стандартних логічних елементів дає змогу побудувати прості і надійні схеми комутаторів.

Блок управління чотирифазним кроковим двигуном реалізований на логічних елементах. Комутатор SZ складається з блока логіки AZ, зібраного на чотирьох елементах І–НЕ (D3-D6), і керуючих тригерів DS2 і DS3, дешифратора A, чотирирозрядного регістра DS1 і двох елементів і (D1 і D2). Для керування кроковим двигуном застосована чотириконтактна система комутації з парним збудженням обмоток, яка працює згідно діаграми.

Сигнали з виходів тригерів DS2, DS3 через підсилювач потужності надходять на обмотки крокового двигуна. Послідовність їх розподілу визначається сигналами на вихідних шинах дешифратора, управляючими сигналами “Вперед”, “Назад” з виходу ЕОМ і роботою блоку логіки AZ. Блок логіки генерує команди на вмикання наступного стану управляючих тригерів по відомому поточному.

Замкнуті імпульсні цифрові слідкуючі приводи

Використання розімкнутих імпульсних цифрових слідкуючих приводів дуже часто не забезпечує потрібної точності при аналізі вхідної інформації, оскільки допускається її повна втрата. Тому являє інтерес застосування крокових двигунів в замкнутих приводах, в яких кроковий двигун відіграє роль лише виконавчого елемента, а перетворювач кута в цифровий код, формує точність передачі кута.

За допомогою замкнутих імпульсних цифрових слідкуючих приводів головним зворотним зв'язком по положенню визначається задача побудови надійних, компактних дешифруючих слідкуючих приводів, призначених для комунікації ЕОМ з об'єктами управління.

Для прикладу такої системи розглянемо структурну схему приводу показану на рис. 1.6. Привід містить цифровий суматор ZΣ1, перетворювачі Uzc код–частота і UZ кут повороту–код, блок керування DZ, кроковий двигун М і обертовий трансформатор ВТ-5

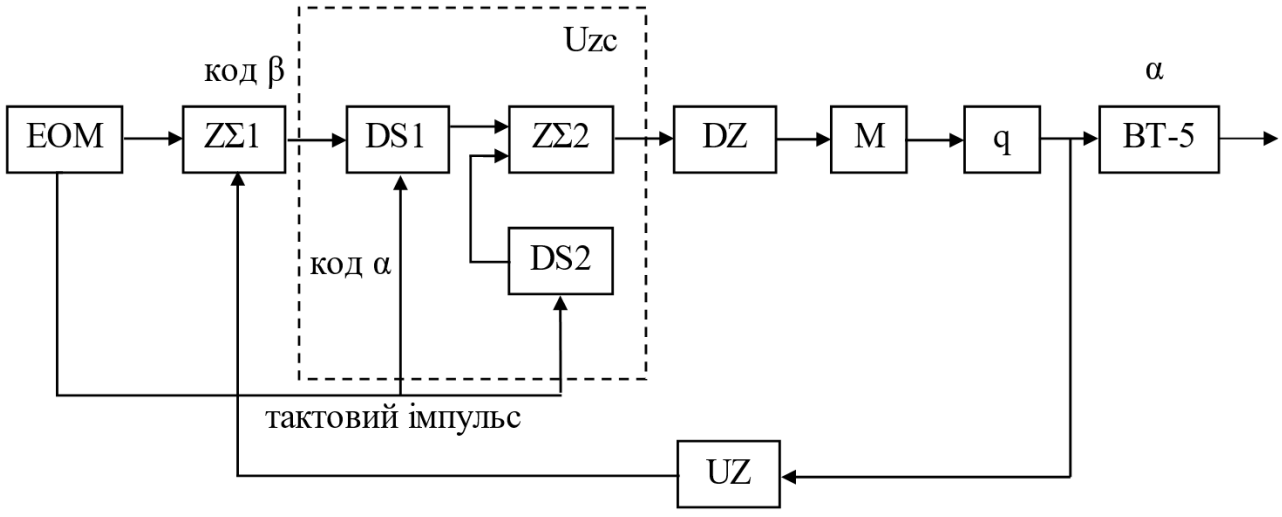

Рисунок 1.6 Дешифруючий імпульсний цифровий слідкуючий привід

Кут положення вихідного валу від давача UZ одночасно з кодом завдання з ЕОМ надходить на суматор ZΣ1. Суматор генерує управляючий сигнал у вигляді суми розузгодження по положенню б і швидкості зміни його розузгодження dб/dt.

Сигнал управління у двійковому коді одночасно з імпульсом супроводження надходить на перетворювач Uzc, де утримується на протязі циклу порівняння. Перетворювач код–частота Uzc працює по принципу інтегратора. В кожному циклі перетворювач код–частота вмістиме регістру прийому DS1 і регістру DS2 суматора додаються в суматорі ZΣ2. В моменти переповнення суматора генеруються імпульси частоти, яких визначаються від коду управляючого сигналу.

Імпульси робочої частоти fp з виходу Uzc і дані про полярність надходять на блок управління DZ, що генерує закон зміни струмів в обмотках двигуна М. За допомогою редуктора q кроковий двигун провертає ротор ВТ-5 і одночасно ротор перетворювача UZ з швидкістю, що залежить від робочої частоти fp, до тих пір, поки код різниці, який генерується в суматорі ZΣ1 не встановиться нижче порогу вмикання приводу. Оскільки, при цьому кут повороту ротора ВТ-5 буде відповідати коду, встановленому ЕОМ, то привід здійснюватиме функцію перетворювача. Напругу, що отримують з ВТ-5, можна використовувати в якості формуючого сигналу в неперервних системах управління об’єктами.

Перевагами даного приводу є пропорційність управління, висока точність роботи та надійність, а також мала споживана потужність. Оскільки стійкість приводу формується динамікою роботи крокового двигуна, в якому перехідний процес завершується протягом часу, необхідного для аналізу одного імпульсу, то не має потреби здійснювати також динамічний розрахунок приводу.

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Порівняльна оцінка приводів для опорно-поворотних пристроїв опрмінювальних установок

Опорно-поворотні пристрої опрмінювальних установок - це сукупність конструктивних елементів, що призначені для забезпечення руху усіх ланок кінематики у відповідності з поставленими вимогами технологічного процесу. В залежності від виду енергії, що застосовується для задання руху кінематичної ланки, приводи бувають пневматичні, електрогідравлічні і електричні.

Типом використаного приводу, в значній мірі, визначаються енергетичні, експлуатаційні та динамічні характеристики опорно-поворотних пристроїв опрмінювальних установок. Також силова установка визначає і можливості системи управління.

Аналіз вітчизняних та зарубіжних аналогів дозволяє встановити, що гідравлічні приводи застосовуються у 30% промислових роботів, частковим випадком яких є опорно-поворотні пристрої опрмінювальних установок. Ці приводи володіють великою вантажопідйомністю. Разом з тим, гідравлічні приводи мають і ряд недоліків, які вказують на недоцільність застосування їх за даних умов, а саме:

1) використання в якості робочого тіла рідини вимагає побудови спеціальних насосних установок, які монтуються в конструкції робота і спричиняють до різкого збільшення її маси;

2) ресурс робочої рідини обмежений, що призводить до підвищення експлуатаційних витрат.

Використання пневмоприводу за даних умов також недоцільно, оскільки, через стискання робочого тіла цього приводу при малих і середніх тисках

системи це призведе до зниження надійності та точності цифрової системи управління.

Аналіз сучасних напрямків розвитку робототехніки показує, що в останні роки більш активно в промислових роботах застосовуються електроприводи. Їхніми перевагами є розширений діапазон моментів, зменшена інерція, можливість вбудовування електромагнітних гальм і різноманітних давачів, а також хвильових передач. Основні переваги електроприводів такі:

- висока швидкодія;
- компактна конструкція двигунів;
- плавність обертання;
- великий крутний момент;
- висока надійність;
- низький рівень шуму і вібрації;
- досягнення високої точності через застосування цифрових обчислювальних систем з імпульсними давачами;
- зручність експлуатації та обслуговування;
- доступність електричної енергії.

Отже, найбільш оптимальним варіантом по техніко-економічних показниках є використання для опорно-поворотних пристроїв опрмінювальних установок в якості силового механізму електропривід.

Серед електроприводів, що використовуються в робототехніці потрібно виділити високомоментні та безколекторні двигуни постійного струму, а також силові крокові двигуни. Як уже відмічалось, найбільш придатливі до прямого цифрового управління є крокові двигуни. При інших рівних характеристиках систем управління вони забезпечують:

а) малу кількість перехідних ланок при поєднанні з цифровою системою управління;

б) малу кількість внутрішніх кіл зворотного зв’язку з можливістю використання повність розімкнутих систем управління;

в) можливість забезпечення високої надійності, точності та завадостійкості;

г) можливість досягнення низьких швидкостей при відносно високих частотах управління.

Таким чином, у якості електроприводу обираємо крокові двигуни. Тут позитивно виділяються хвильові крокові двигуни з гнучким ротором, що конструктивно являють собою поєднання синхронного реактивного двигуна і хвильової зубчатої передачі, при цьому гнучкий елемент передачі одночасно є ротором крокового двигуна.

Важливими особливостями хвильових крокових двигунів є:

а) можливість одержання малих кроків, що приводить до отримання малих швидкостей обертання вихідного валу двигуна і можливості напряму з‘єднувати вал двигуна з навантаженням;

б) підвищені частоти;

в) високі моменти на валу;

г) можливість роботи на великі інерційні навантаження;

д) малі об‘єм і маса на одиницю моменту.

2.2 Вибір крокових двигунів для кінематичних пар опорно-поворотних пристроїв опрмінювальних установок

Вихідні дані для розрахунку вибору крокового двигуна:

1. Тип вантажу – опромінювальний пристрій.
2. Відстань від осі обертання до центру маси вантажу – 0,3 м.
3. Максимальне прискорення валів двигунів – 1 рад/с^2.

4. Маса першої ланки – 1кг.
5. Маса другої ланки – 0.5 кг.
6. Похибка позиціонування – 1,5 град.
7. Діапазон робочих температур – ΔТ = –10.. + 40°С.
8. Відносна вологість повітря при Т = 35°С – до 90%.
9. Термін служби – 1000 год.

Здійснимо розрахунок моментів на валу двигуна другої кінематичної пари обертового типу з горизонтальною віссю.

Визначаємо статичний момент на валу двигуна за формулою:

$$T_{\text{ст}1} = m \times g \times l_{\text{м}} - Q \times l_{\text{q}} + T_{\text{т}1}$$

де m – маса переміщуваного вантажу, кг;

g - прискорення вільного падіння, м/с^2;

$l_{\text{м}}$ – відстань від осі обертання ланки 2 до центру мас переміщуваного вантажу, м;

Q – зусилля маси вантажу, Н;

l_{q} – плече дії зусилля Q відносно осі обертання ланки 2, м;

$T_{\text{т}1}$ – момент тертя в підшипниках, Н·м.

В механізмах підйому основним є активне навантаженням – сила тяжіння, що діє на вантаж. Також присутнє і реактивне навантаження, але основним і формуючим момент є активне навантаження.

З метою компенсації активного навантаження пропонується використати встановлення противаги. Основним недоліком даного методу є значне збільшення моменту інерції механізму, а отже і динамічних навантажень, що при лімітованій потужності електродвигуна призведе до зменшення швидкодії. Враховуючи те, що опорно-поворотні пристрої опрмінювальних установок не

здійснюють швидких переміщень навантаження, є можливість встановлення другого аналогічного опромінювального пристрою як противагу першому, що дасть можливість знизити частоту обертання вдвічі.

Таким чином, в якості противаги використовуємо вантаж масою 4,5 кг, що розміщується дзеркально стосовно осі повороту. Тоді зусилля рівноваги становитиме 44,15 Н.

Момент тертя обчислюємо за формулою:

$$T_{т1} = (m + m_n + m_{л2}) \times g \times f_{коч},$$

де m – маса противаги, кг;

$m_{л2}$ – маса другої ланки (без вантажу), кг;

$f_{коч}$ – коефіцієнт тертя кочення (орієнтовно $f_k \approx 3 \cdot 10^{-4}$ м).

Підставляючи числові значення величин отримуємо:

$$T_{т1} = (4,5 + 4,5 + 0,5) \times 9,81 \times 3 \times 10^{-4} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ Н·м}.$$

Далі визначаємо статичний момент на валу двигуна:

$$T_{ст1} = 4,5 \times 9,81 \times 0,3 - 44,15 \times 0,3 + 2,8 \times 10^{-2} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ Н·м}.$$

Обчислюємо динамічний момент на валу двигуна за формулою для системи обертання:

$$T_{д1} = 2 \times m \times l_м^2 \times E_{д1}$$

де $E_{д1}$ – максимальне прискорення валу двигуна, рад·с$^{-2}$.

Таким чином

$$T_{д1} = 2 \times 4,5 \times 0,3^2 \times 1 = 0,81 \text{ Н·м}$$

Обчислимо сумарний момент навантаження на валу двигуна:

$$T_{\sum 1} = T_{ст1} + T_{д1} = 2,5 \times 10^{-2} + 0,81 = 0,84 \text{ Н·м}$$

Кроковий двигун для другої кінематичної пари вибираємо по наступних умовах:

$$T_н \geq T_\sum / K_п$$

$$\alpha_1 \leq \Theta_{с1}$$

де $T_н$ – момент на валу двигуна по каталогу, Н · м;

$K_п$ – коефіцієнт перевантаження приводу;

α_1 – крок двигуна, град;

$\Theta_{с1}$ – статична похибка позиціонування приводу, град.

Обчислимо параметри, що потрібні для вибору крокового двигуна для другої кінематичної пари:

а) для коефіцієнта $K_п = 1$

$$T_н \geq 0,84 \text{ Н·м};$$

б) $\alpha_1 \leq 1,5$ град.

Даним вимогам відповідає хвильовий кроковий двигун типу ДВШ 80-0,6–0,225, для якого момент на валу становить 1 Н·м, а крок дорівнює 0,225º. Такий невеликий крок двигуна формує високу плавність обертання вихідного валу і

передбачає не використовувати редуктор в якості об’єднуючої ланки для досягнення вказаної точності.

Здійснимо розрахунок моментів на валу двигуна першої кінематичної пари обертового типу.

Обчислимо статичний момент на валу двигуна за формулою:

$$T_{ст2} = T_{т2} = (m + m_{п} + m_{л2} + m_{л1} + m_{д}) \times g \times f_{коч}$$

де $m_{л1}$ – маса першої ланки, кг;

$m_{д}$ – маса двигуна, $m_{д} = 1,7$ кг.

Підставивши числові значення отримаємо:

$$T_{ст2} = (4,5+4,5+0,5+1+1,7) \times 9,81 \times 3\times10^{-4} = 3,6\times10^{-2}\ \text{Н·м}$$

Обчислимо динамічний момент на валу двигуна за формулою для механізму обертання:

$$T_{д2} = 2 \times m \times l^2_{м} \times E_{д2} + m_{д} \times l^2_{д} \times E_{д2}$$

де $l_{д}$ – відстань від осі обертання ланки 1 до центру маси двигуна другої кінематичної пари, $l_{д} = 0,15$м.

Підставивши числові значення отримаємо:

$$T_{д2} = 2 \times 4,5 \times 0,3^2 \times 1 + 1,7 \times 0,15^2 \cdot 1 = 0,85\ \text{Н·м}$$

Отже, обчислимо сумарний момент навантаження на валу двигуна:

$$T_{\sum 2} = T_{ст2} + T_{д2} = 3{,}6 \times 10^{-2} + 0{,}85 = 0{,}89 \text{ Н·м}$$

Обчислимо параметри, що потрібні для вибору двигуна по наступних умовах:

а) при коефіцієнті перевантаження $K_п = 1$:

$$T_н \geq 0{,}89 \text{ Н·м};$$

б) $\alpha_2 \leq 1{,}5$ град.

З метою уніфікації обираємо аналогічний двигун типу ДВШ 80 – 0,6 – 0,225

Інші технічні характеристики даного крокового двигуна наведені в таблиці 2.1.

2.3 Вибір структурної схеми системи керування

Система управління опорно-поворотними пристроями базового блоку реалізована на базі мікроЕОМ КМ1816ВЕ51 по структурі, що застосовується для мікропроцесорних систем управління.

Система управління виконує:

а) отримання і інтерпретацію команд, що надходять від оператора і управляючої системи вищого рівня;

б) управління переміщенням у відповідності до введеної програми та навколишнього середовища.

Узагальнена структурна схема системи управління опорно-поворотними пристроями приведена на рисунку 2.1.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики крокового двигуна ДВШ 80-0,6-0,225

Характеристика	**Значення**
номінальний крок при типовій схемі керування	$\alpha = 0{,}225$ град
кількість фаз	8
номінальний струм фази	$I_н = 4{,}0$А
номінальна напруга живлення	$U_н = 12$ В
номінальна частота приємистості	$f_{п.н.} = 500$ крок $\cdot$ с$^{-1}$
гранична частота приємистості	$f_{п.гр.} = 2800$ крок $\cdot$ с$^{-1}$
максимальний статичний синхронізуючий момент	$M_{ст\ макс} = 2$Н·м
маса двигуна	1,7 кг
габаритні розміри	150 х 80 х 86 мм
режим роботи	довгочасний
кріплення двигуна	фланцеве
вібраційні навантаження	а) діапазон частот 1 – 600 Гц; б) прискорення до 100 м/с^2
ударні навантаження	до 100 м/с^2 ;
діапазон робочих температур	– 60... + 70ºС
відносна вологість повітря при Т = 35ºС	до 98%;
гарантійний виробіток	1000 год

Опорно-поворотний пристрій містить привідним механізм, що здійснює обертання і качання навколо вертикальної осі. Система управління повинна надати два цифрових коди q_1, q_2, що відповідають потрібним кутам повороту

валів двигунів опорно-поворотного пристрою. Кожен із каналів системи управління є замкнутим імпульсним слідкуючим приводом, що побудований на базі крокового двигуна ДВШ–0,6–0,225. Кожен канал містить: мікроЕОМ, перетворювач рівнів сигналів ПР, підсилювач ПП, давач кута ДК, блок індикації БІ.

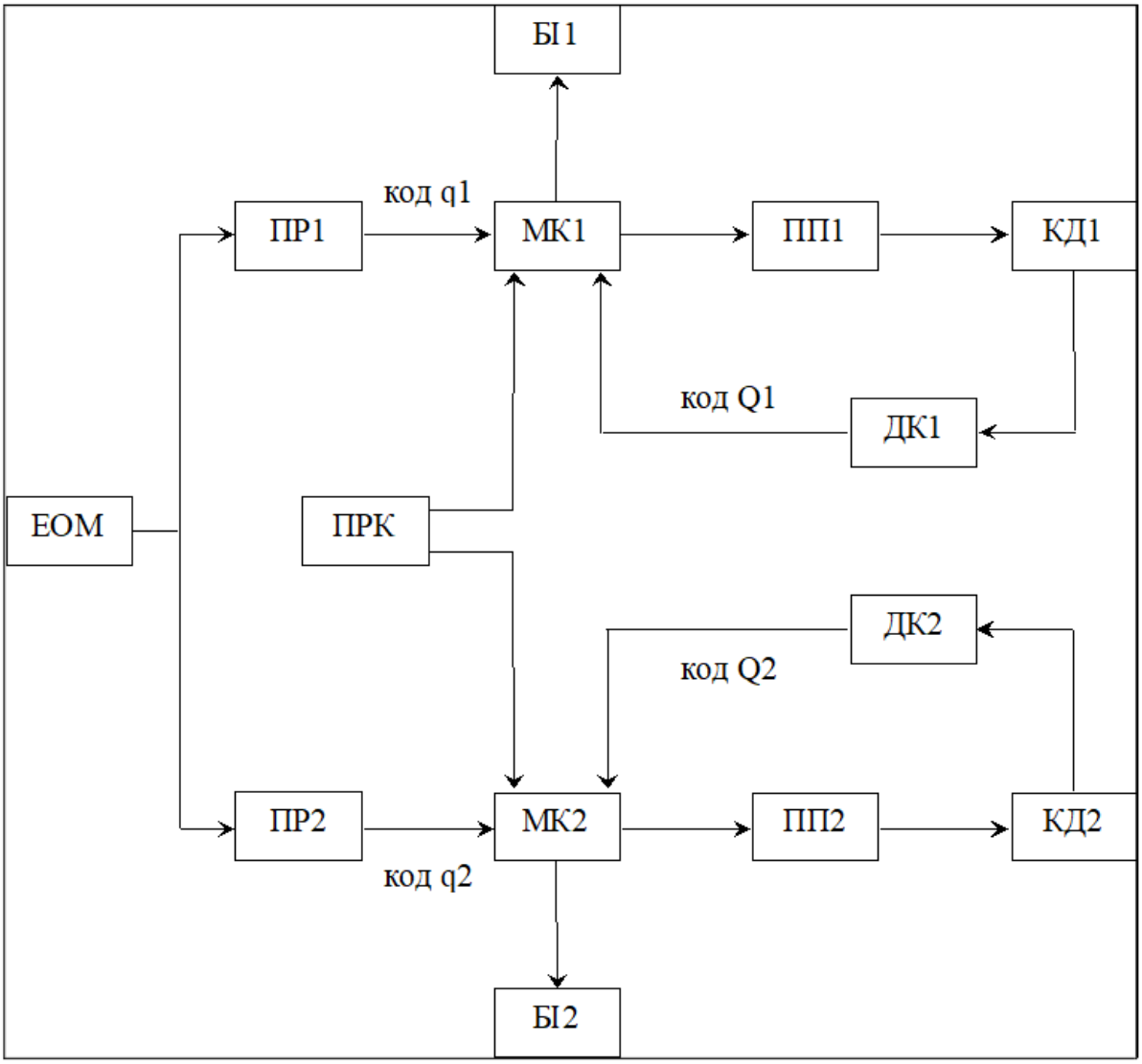

Рисунок 2.1. Структурна схема системи керування опорно-поворотними пристроями

Основою кожного каналу системи управління є обчислювально-логічний блок, що побудований на базі на мікроЕОМ, яка забезпечує виконання

необхідного закону роботи виконавчого механізму, а слідкує за роботою всіх блоків системи.

Підсилювачі потужності ПП в приведеній структурі призначені для під'єднання приводів опорно-поворотних пристроїв до системи управління і містять певні перетворювально-підсилювальні елементи. Периферійне обладнання містить пристрій спряження з ЕОМ, давач кута, блок індикації, блок живлення, які застосовуються для аналізу, зберігання і завантаження в систему управління інформації, а також для використання режимів діагностики і налагодження.

Дана система управління побудована на основі крокового двигуна і є послідовно-дискретним цифровим приводом. Дана система управління має наступні переваги перед іншими системами:

а) висока завадозахищеність;

б) відсутність у внутрішніх колах зворотних зв'язків;

в) хороші динамічні властивості завдяки використанню високочастотного крокового двигуна;

г) просте спряження з ЕОМ.

Дана система управління належить до замкнутих систем: інформація про виконання певної команди надходить на вхід системи по каналу зворотного зв'язку за допомогою цифрового давача, що забезпечує конвертування реального кута повороту вихідного валу у двійковий код, а кроковий двигун є лише виконавчим механізмом.

На вхід мікроЕОМ МК1 від давача ДК1 надходить значення кута положення вихідного валу. Одночасно з цим від ЕОМ через перетворювач рівнів сигналів ПР1 на мікроЕОМ надходить код завдання. МікроЕОМ генерує управляючий сигнал по положенню і надсилає слово керування на вхід підсилювача потужності ПП1.

По сигналах на виході підсилювача кроковий двигун КД1 переміщує ланку 1 опорно-поворотного пристрою на кут, що відповідає слову керування, згенерованим мікроЕОМ. При цьому давач кута генерує новий цифровий код реального кута повороту вихідного валу, що буде переглянутий мікроЕОМ в новому циклі управління. Цикл триватиме доки код розузгодження не стане рівним нулю. При цьому кут повороту валу крокового двигуна КД1 буде відповідати куту, що введений ЕОМ. Далі цикл роботи повторюється.

Розглянута структура описує апаратний склад системи управління опорно-поворотними пристроями і функціональне призначення її блоків.

Інший підхід до поділу систем управління на окремі підсистеми може бути здійснений на основі її алгоритмічного забезпечення. Даний підхід використовує поділ загальної задачі управління опорно-поворотними пристроями на декілька самостійних рівнів управління.

На стратегічному рівні обчислюється траєкторія руху, яка б відповідала виконанню заданої їй технологічній операції: обчислюються координати точок технологічного простору, в які послідовно повинен поступати світловий промінь.

На тактичному рівні визначаються закони узгодженого руху ланок опорно-поворотних пристроїв, які забезпечують необхідне переміщення по певній траєкторії, що формується на стратегічному рівні.

На виконавчому рівні, який забезпечується на мікроЕОМ, здійснюється управління приводами ланок опорно-поворотних пристроїв. При цьому основна задача полягає у обчисленні і наданні на приводи таких сигналів, які б здійснили якісну реалізацію законів руху по окремих степенях вільності опорно-поворотних пристроїв, що надходять з ЕОМ.

Виконання задач тактичного і стратегічного рівнів забезпечуються ЕОМ, що має необхідні обчислювальні ресурси для обчислення і планування траєкторій руху . МікроЕОМ забезпечує виконання задач виконавчого рівня, оскільки вона володіє необхідними апаратними засобами для управління об’єктом.

Така функціональна організація забезпечує простоту реалізації системи управління при одночасному збереженні якісних характеристик.

Описана система управління побудована по принципу децентралізованого управління. Обчислювально-логічний блок системи управління побудований на базі двох мікроЕОМ, кожна з яких управляє окремим приводом опорно-поворотного пристрою, а розв'язання завдань верхніх рівнів управління здійснює ЕОМ.

Перевагою децентралізованих систем управління є розпаралелення обчислювального процесу, а отже збільшення можливостей системи управління за рахунок обчислення більш складних задач в реальному часі у порівнянні з системами централізованого управління.

2.4 Вибір схеми і розрахунок підсилювача потужності

Оскільки управляюча мікроЕОМ не може згенерувати необхідну потужність вихідних сигналів для прямого управління силовою установкою опорно-поворотного пристрою, то необхідно розробити підсилювач потужності управляючих сигналів.

Основні вимоги до підсилювача потужності наведені в таблиці 2.2.

Вибір структурної схеми підсилювача потужності

Підсилювачі потужності незалежно від типу основних компонентів поділяються на два класи:

а) нереверсивні підсилювачі, що формують на виході пульсуючий струм одного напрямку;

б) реверсивні підсилювачі, що формують на виході струм, яких протікає в обох напрямках.

Таблиця 2.2. Основні вимоги до підсилювача потужності

Характеристика	**Значення**
кількість каналів	8
номінальна напруга живлення навантаження	12 В
номінальний струм навантаження	4 А
характер навантаження	активно–індуктивний
вхідні сигнали: • рівень логічного “нуля” • рівень логічної “одиниці”	 0..0,45 В 2,4..4,6 В
режим роботи	ключовий

Реверсивні підсилювачі (транзисторні та тиристорні) не використовують в блоках керування кроковими двигунами через складність забезпечення комунікації з розподілювачем імпульсів та низький коефіцієнт корисної дії.

Відомо, що підсилювачі потужності, які живляться від джерела змінного струму, мають обмеження робочих частот:

$$F_{\text{к.max}} \leq (0{,}1–0{,}2) \times f_{\text{м}}$$

де $F_{\text{к.max}}$ – максимальна частота управляючих сигналів;

$f_{\text{м}}$ – частота напруги живлення.

Зазвичай, частота джерел змінного струму становить не більше 2000 Гц, тобто максимальна частота підсилювача потужності з живленням від джерела змінного струму не перевищує 100–200 Гц і співрозмірна, а вданому випадку менша, ніж робоча частота крокового двигуна.

Отже, в кваліфікаційній роботі будемо використовувати нереверсивний підсилювач потужності із живленням від джерела постійного струму.

Структурна схема підсилювача потужності приведена на рисунку 2.2.

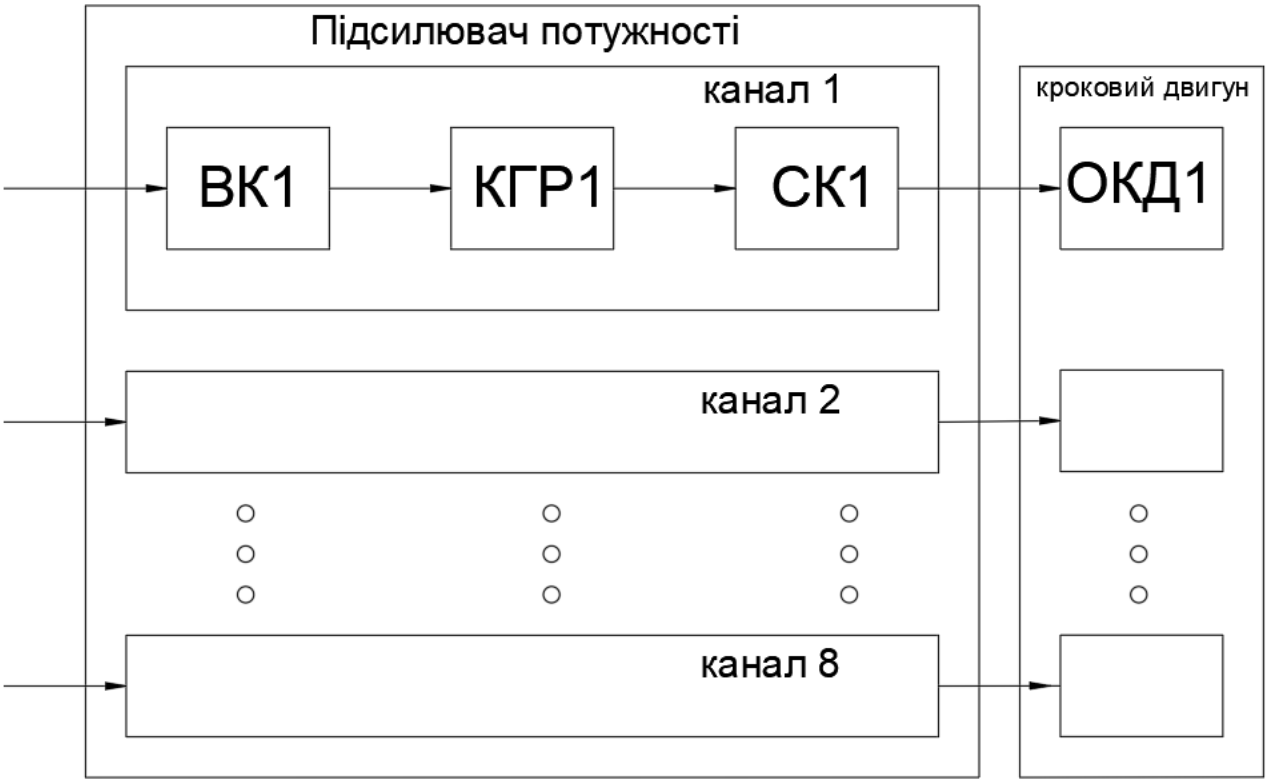

Рисунок 2.2. Структурна схема підсилювача потужності

Вхідний каскад ВК (каскад спряження з мікроЕОМ) підсилювача потужності використовується для початкового підсилення сигналу управління, що надходить до мікроЕОМ.

Каскад гальванічної розв’язки слабкострумових кіл КГР використовується для мікроЕОМ і високострумових кіл крокового двигуна. Силовий ключ СК являє собою вихідний каскад підсилювача потужності і використовується для обмотки крокового двигуна.

На основі структурної схеми розробляємо принципову електричну схему підсилювача потужності, що приведена на рисунку 2.3.

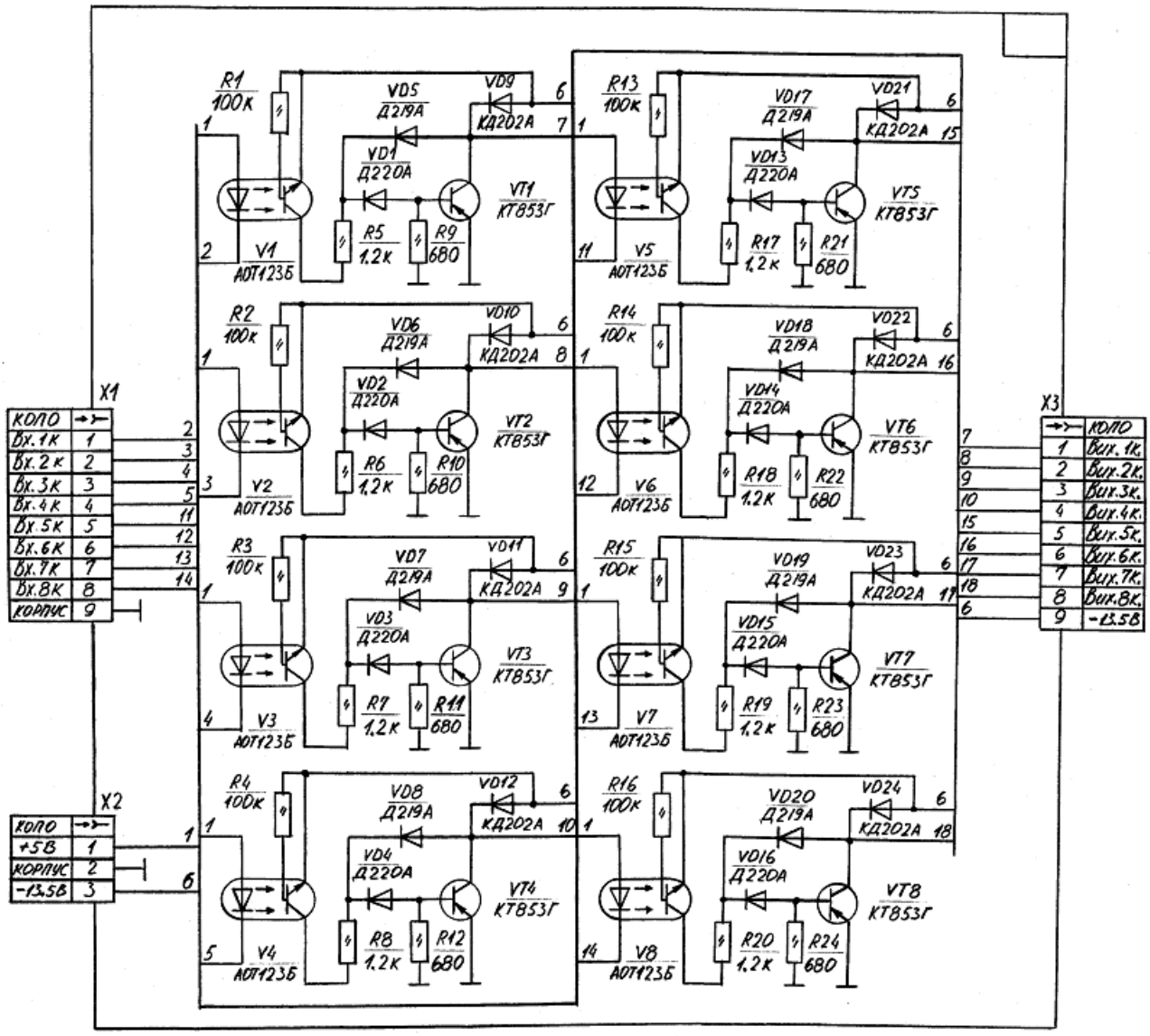

Рисунок 2.2. Схема електрична принципова підсилювача потужності

Вихідний каскад підсилювача потужності містить наступні компоненти: резистори R1, R13; транзистор VT4; каскад гальванічної розв’язки виконаний на оптроні V1, силовий ключ побудований на наступних елементах: резистори R9, R5, діоди VD1, VD5, VD9, транзистор VT1.

Завданням розрахунку підсилювача потужності є обчислення встановленої потужності (напруги і струмів) основних і допоміжних елементів, а також їх характеристик.

Розрахунок силового ключа

Для силового ключа, як і для підсилювача потужності в цілому, використовується два режими роботи: режим зупинки під струмом і режим перемикань з довільною частотою. Обидва режими є довготривалими, оскільки програма роботи крокового двигуна відома.

В режимі зупинки струм, що проходить через відкритий ключовий елемент підсилювача, рівний номінальному струму фази двигуна, але максимальна величина може перевищувати його. Для обчислення максимального струму, що проходить через ключовий елемент, застосуємо принцип суперпозиції і представимо струм у виді двох складових – від ЕРС обертання і від напруги живлення.

Відомо, що для індукторних крокових двигунів максимальне значення струму від ЕРС обертання рівне

$$I_{\text{E max}} = (0{,}3\text{-}0{,}4)\times I_{\text{н}}$$

Приймемо

$$I_{\text{E max}} = 0{,}4\times I_{\text{н}}$$

Якщо в блоці управління не використовується регулятор напруги, то максимальна величина складової струму від напруги живлення I_{Umax} не більша номінального струму $I_{\text{н.}}$

В режимі роботи крокового двигуна, коли вектори ЕРС і напруги живлення співфазні, максимальний струм, що проходить через силовий ключ обчислюється сумою складових струму:

$$I_p = I_{E\,max} + I_{U\,max} = 1{,}4\times 4 = 5{,}6\ A$$

Силовий ключ вибираємо згідно умови:

$$I_{доп} \geq 5,6\ A$$

Збільшення швидкості спадання струму в обмотці, що від'єднується, відбувається при перевищенні наруги на силовому ключі, що зазвичай, призводить до пробою транзистора. Такі перевищення напруги негативно впливають на використання елементів підсилювача потужності. Для кількісної оцінки методів обмеження перенапруги використовують величину, що має назву коефіцієнт використання по напрузі. Даний коефіцієнт рівний відношенню напруги живлення до максимальної напруги на ключі.

Існує декілька методів обмеження перевищень напруги, які відрізняються лише елементами, що отримують енергію, яка накопичується в навантаженні. У випадку, коли навантаження шунтовано діодом, що під'єднаний назустріч, коефіцієнт використання по напрузі рівний одиниці, і вся енергія, отримана магнітним полем навантаження, розсіюється на його активному опорі R. Шунтування діодом призначене не допустити перевищення напруги на елементах підсилювача потужності.

Таким чином, вибір силового ключа по напрузі здійснюємо у відповідності з нерівністю:

$$U_{доп} \geq 12\ \text{В}$$

Як силовий ключ вибираємо кремнієвий транзистор КТ853Г структури p–n–p, що використовується в комутованих пристроях. Максимальна допустима напруга колектор-емітер становить 45 В, а максимальний струм колектора рівний 8 А, що дозволяє забезпечити виконання умов.

Інші характеристики транзистора КТ853Г наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Характеристики транзистора КТ853Г

Характеристика	**Значення**
коефіцієнт передачі струму	$(U_{ке}=3В,\ I_к=3А)\ h_{21е}\geq750$
гранична частота коефіцієнта передачі	$f_{гр.h21е}\geq7\ МГц$
зворотній струм колектора	$I_{к50}\leq0,2\ мА$
допустимий струм бази	$I_е\leq200\ мА$
напруга насичення	$U_{кен}(I_к=3А)\leq2В$
розсіювана потужність з тепловідводом	$P_т\leq60Вт$
температура переходу	$T_{р-п}\leq+150^0С$
діапазон робочих температур	$\Delta T=-60\ldots+100^0С$
тепловий опір перехід–корпус	$R_{Тп.к.}=3,33^0С/Вт$

Здійснюємо розрахунок теплового режиму переключень на максимальній частоті управляючих імпульсів, застосовуючи класичні методи розрахунку, оскільки режим роботи ключового компонента на обмотку крокового двигуна не вносить ніяких особливих змін у його тепловий розрахунок.

Сумарна потужність складається з шести складових: потужність в колі бази в робочих областях відсічки, насичення і активній ($P_{бв}$, $P_{бн}$, $P_{ба}$) і в колі колектора в цих же робочих областях ($P_{кв}$, $P_{кн}$, $P_{ка}$):

$$P_к = P_{бв} + P_{бн} + P_{ба} + P_{кв} + P_{кн} + P_{ка}$$

У даному випадку при розрахунку загальних втрат можна знехтувати складовими потужності у колі бази, оскільки вони на два–три порядки менші інших складових через велике значення h_{ue} транзистора КТ853Г.

Втрати в області відсічки обчислюємо за формулою:

$$P_{кв} = U_{ж} \times I_{кбо} = (U_{н} + U_{кен}) \times I_{кбо}$$

де $U_{кен}$=1,5 В.

Тоді по формулі отримуємо:

$$P_{кв}=13,5\times0,2\times10^{-3}\ Вт$$

Втрати в області насичення обчислюємо за формулою:

$$P_{кн} = U_{кен} \times I_{н} = 1,5 \times 4 = 6\ \text{Вт}$$

Динамічні втрати обчислюємо за формулою для нереверсивного каскаду і для квадратичної зміни струму колектора:

$$P_{кд} = P_{н} \times \frac{2\times(T_{в}+T_{з})}{3} \times f_{к}$$

де $T_{в}$ – час ввімкнення ключа, с;

$T_{з}$ – час замикання ключа, с;

$f_{к}$ – частота перемикань, Гц.

Час ввімкнення ключа обчислюємо за формулою:

$$T_в = \frac{1}{2 \times \pi \times f_{гр}} \times ln \frac{k_1}{k_1 - 0{,}95}$$

де k_1 – коефіцієнт насичення при вмиканні, для даної схеми $k_1=1$.

Тоді:

$$T_в = \frac{1}{2 \times \pi \times 7 \times 10^6} \times ln \frac{1}{1 - 0{,}95} = 68 \text{ нс}$$

Час закривання ключа обчислюємо за формулою:

$$T_з = \frac{1}{2 \times \pi \times f_{гр}} \times l_n \frac{1}{0{,}05} = \frac{1}{2 \times \pi \times 7 \times 10^6} \times ln \frac{1}{0{,}05} = 68 \text{ нс}$$

Тоді

$$P_{кд}=48\times(2/3)\times(68+68)\times10^{-9}\times250=10^{-3} \text{ Вт.}$$

Для наступних розрахунків приймаємо $P_{кд}$=6 Вт.

Обчислюємо тепловий опір транзистора разом з радіатором:

$$R_T \leq \frac{T_{p-n\ пер.} - T_{нс}}{P_к}$$

де $T_{p-n \cdot пер}$ – температура переходу, приймаємо рівною 150^0C;

$T_{нс}$ – температура навколишнього середовища, 25^0C.

Тоді

$$R_T \leq \frac{150-25}{6} = 20,8^0C \times Bm^{-1}$$

Обчислимо тепловий опір радіатора за формулою:

$$R_{p.c.} \leq R_T - R_{n.k.} - R_{k.p.}$$

де $R_{p.c.}$ – тепловий опір ділянки радіатор–середовище, $^0C*Bm^{-1}$;

$R_{n.k.}$ – тепловий опір ділянки перехід–корпус, $R_{n.k.}=3,33^0C*Bm^{-1}$;

$R_{k.p.}$ – тепловий опір ділянки корпус–радіатор, $R_{k.p.}=0,2^0C*Bm^{-1}$.

Підставивши значення, отримаємо:

$$R_{p.c.} \leq 20,8 - 33,3 - 0,2 = 17,3^0C \times Bm^{-1}$$

Визначимо площу радіатора за формулою:

$$S_p \geq \frac{1000}{R_{p.c.} \times \sigma_T}$$

де σ_T – коефіцієнт тепловіддачі від радіатора в навколишнє середовище, σ_T $=1,5мВт*см^{-2}*^0C^{-1}$.

Тоді

$$S_p \geq \frac{1000}{17,3 \times 1,5} = 38,5 \text{ см}^2$$

Приймаємо S_p =40 см^2. Всі транзистори будуть розміщуватись на спільному радіаторі площею 160 см^2 (з запасом на 30%).

Для розрахунку опору R обчислимо напругу на переході база–емітер за формулою:

$$U_{бев} = \frac{k \times T}{q} \times l_n \times (1 - L)$$

де $\frac{k*T}{q}$ =0,026×10^3 мВ при Т=20^{0}С;

l_n – коефіцієнт підсилення по струму, l_n=*0,9988.*

$$U_{бев} = 0{,}026 \times l_n \times (1 - 0{,}9986) = -0{,}17 \text{ В}$$

Опір резистора R9 визначаємо за формулою:

$$R9 = \frac{U_{бев}}{I_{кбо.VT1}} = \frac{0{,}17}{0{,}2 \times 10^{-3}} = 850 \cdot \text{Ом}$$

Приймаємо R9 = 680 Ом.

Струм через резистор R9 в режимі насичення:

$$I_{R9} = \frac{U_{бе.н.VT1}}{R9} = \frac{1{,}35}{680} = 2 \text{ мА}$$

Потужність резистора R9:

$$P_{R9} = I_{R9}^2 \times R9 = (2 \times 10^{-3})^2 \times 680 = 3 \text{ мВт}$$

Вибираємо резистор потужністю 0,125 Вт. Для насичення VT1 потрібен наступний струм бази:

$$I_{бн.VT1} = \frac{U_{ж} - U_{кен.}}{h_{ие\min} * R_{н}} = \frac{13,5 - 1,5}{750 * 3} = 5,4 \cdot мА$$

Загальний струм через діод VD1 дорівнює 7,4 мА. Таким чином приймаємо струм через резистор R5 – 7,4 мА.

Для роботи каскаду в режимі насичення необхідно, щоб при значенні струму бази близькому до $I_{б.н.}$ починав діяти нелінійний зворотній зв'язок на діодах VD1, VD5. З цією метою обираємо діод VD1 Д220А, який має малу залежність напруги від струму: для струмів 3–10 мА напруга на діоді змінюється від 0,5 до 0,6 В.

Діод VD5 обираємо типу Д219А. Цей діод також має малу залежність напруги від струму, але пряма напруга цього діода на 0,1–0,15 В нижча за напругу VD1 для струмів 0–20 мА. Це формує умови створення нелінійного зворотного зв'язку для не насичення VT1. Такі ключі характеризуються високою швидкодією. Компонентами, що управляють від'ємним зворотнім зв'язком, є діоди VD1, VD5.

Принцип дії ґрунтується на обмежені струмів бази і колектора на рівні, наближеному до їх граничного значення $I_{б.н.}$ *і* $I_{к.н.}$ Тобто коефіцієнт насичення близький до одиниці.

Розглянемо принцип дії ключа на транзисторі VT1. У вихідному стані (ключ розімкнутий) $U_{вх}$=0 і транзистор замкнутий. Вхідний струм залежить від зворотного колекторного струму $I_{кбо\ VT1}$. На діоді VD1 немає спаду напруги, а напруга на колекторі транзистора VT1 близька до $U_{ж}$.

При надходженні в коло бази від'ємного імпульсу напруги відбувається відкривання транзистора VT1 і вхідний струм збільшується. Одночасно

підвищується по колекторний струм. Напруга на діоді VD1 також зростає по, а напруга Uкб$_{VT1}$ спадає.

Коли напруги на діоді VD1 стануть рівними, напруга на діоді VD5 зменшиться до нуля і діод відкриється. З даного моменту почне працювати зворотній зв'язок, який значно змінює розподіл струму в ключі. Струм $I_б$ наближається до струму насичення, хоча вхідний струм $I_{вх}$ і далі продовжує зростати.

Струм $I_б$ наблизиться до $I_{кн}$ і також зупинить зростання на даному рівні. Струм $I_{k.VT1}$ зростатиме внаслідок підвищення $I_{вх}$ по колу: корпус–емітер VT1-колектор VT1–VD5–R5–вхід. Однак, сумарна напруга $U_{кбVT1}$ буде від'ємною і стане наближеною до нуля. Таким чином, перехід VT1 в режим насичення є неможливий.

Розрахунок вхідного каскаду підсилювача потужності

Для гальванічної розв'язки високострумових кіл крокового двигуна і слабкострумових кіл мікроЕОМ застосовано ключовий каскад на транзитному оптроні V1. Він має формувати вихідний струм близько 10мА і перемикання напруги до 15В, що необхідно для управління силовим ключем побудованому на транзисторі VT1.

Інші характеристики, які необхідні для розрахунку вхідного каскаду приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. Характеристики, які необхідні для розрахунку вхідного каскаду

Характеристики	**Значення**
вхідна напруга при $I_{вх}$=20мА	$U_{вх}\leq$2В
вихідна остаточна напруга	$U_{ост}\leq$0,5В
час наростання і спаду вихідного сигналу	$t_н=t_{сп}\leq$2 мкс

Обчислимо опір резистора R5:

$$R5 = \frac{V_{ж} - V_{ост} - V_{vd1} - V_{бе.vt1н}}{I_{r5}} = \frac{13{,}5 - 0{,}5 - 0{,}65 - 1{,}35}{7{,}4 \times 10^{-3}} = 1{,}49\text{кОм}$$

Приймаємо R5=1,2 кОм.

Обчислимо потужність R5:

$$P = \frac{(V_{ж} - V_{ост} - V_{vd1} - V_{бе.vt1н})^2}{R5} = 100\ \text{мВт}$$

Вибираємо резистор потужністю 0,125 Вт.

Вхідний каскад підсилювача потужності побудований на транзисторі VT4 типу КТ31025БМ, який живиться від джерела напруги 5 В, забезпечує вихідний струм 20 мА. Основні характеристики транзистора КТ3102БМ приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Основні характеристики транзистора КТ3102БМ

Характеристики	**Значення**
коефіцієнт передачі струму	$h_{21e} = 200..500$
гранична частота коефіцієнта передачі	$f_{гр} \geq 300$ МГц
напруга насичення колектор-емітер	$U_{кен} \leq 0{,}5$ В
напруга насичення база-емітер	$U_{бен} \leq 1$ В
зворотній струм колектора	$I_{кбо} \leq 0{,}05$ мкА
допустимий постійний струм	$I_{кмах} = 100$ мкА
допустима напруга колектор-емітер	$U_{кемах} = 50$ В

Обчислюємо опір резистора R20

$$R_{20} = \frac{U_{ж} - U_{кенVT4} - U_{вхV1}}{I_{вхV1}} = \frac{5-0.5-2}{20 \cdot 10^{3}} = 125 \text{ Ом}$$

Враховуючи, що величини $U_{кенVT4}$ і $U_{вхV1}$ мають обмеження, вибираємо найближче більше значення опору 130 Ом (при цьому $I_{вхV1}$ =19,2 мА).

Обчислюємо потужність, що розсіюється на резисторі

$$P_{R20} = I_{вхV1}^{2} \times R_{20} = (1.92 \times 10^{-3})^{2} \cdot 130 = 50 \text{мВт}$$

Вибираємо резистор потужністю 0,125 Вт.

Обчислюємо напругу $U_{бе}$, при якій транзистор VT4 переходить в режим відсікання

$$U_{бев} = 0{,}026 \times ln(1 - 0{,}995) = 0{,}14 \text{ В}$$

Обчислюємо опір резистора R13

$$R_{13} = \frac{U_{бев}}{I_{кбоVT4}} = \frac{0.14}{0.05 \cdot 10^{-6}} = 2.8 \times 10^{6} \text{ Ом}$$

Вибираємо опір резистора R13 рівним 47 кОм.

Обчислюємо опір резистора *R12* за формулою

$$R_{12} = \frac{U^{1}_{вих\,\min} - U_{бен\,VT4}}{\frac{U_{бен\,VT4}}{R_{13}} + \frac{I_{к\,VT4}}{h_{21e}}}$$

де $U^{1}_{вих\,\min}$ – мінімальна напруга логічної одиниці на виході мікроЕОМ.

$$R_{12} = \frac{2{,}4-1}{\frac{1}{47000}+\frac{20\times10^{3}}{200}} = 11544\ \text{Ом}$$

Обираємо резистор R12 з опором рівним 11 кОм.

2.5 Вибір та розрахунок блоків живлення

Схема електрична структурна блоку живлення приведена на рисунку 2.3.

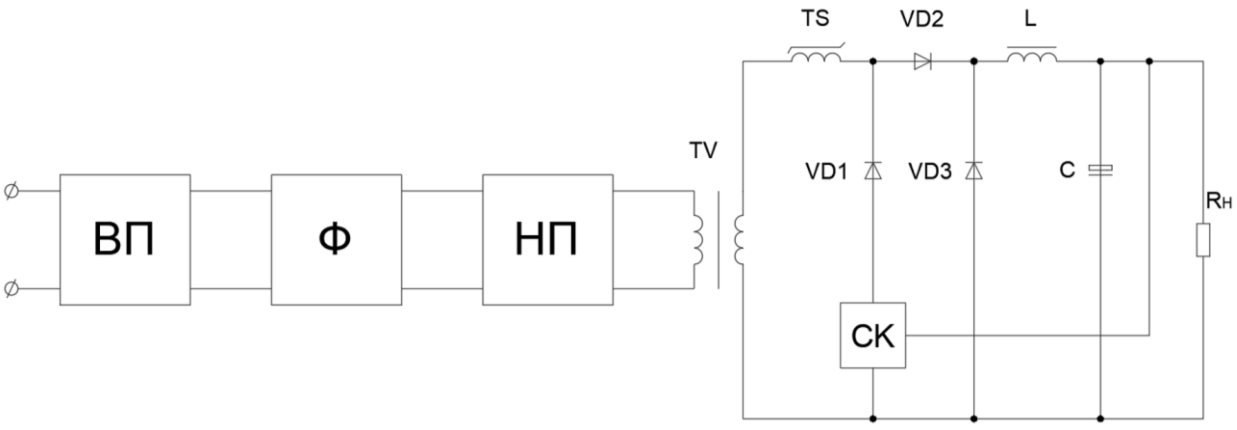

Рисунок 2.3. Структурна схема блоку живлення мікроЕОМ

ВП – випрямляч; Ф – фільтр; НП – нерегульований перетворювач;

СК – система керування

Структурна схема блоку живлення мікроЕОМ показана на рисунку 2.4.

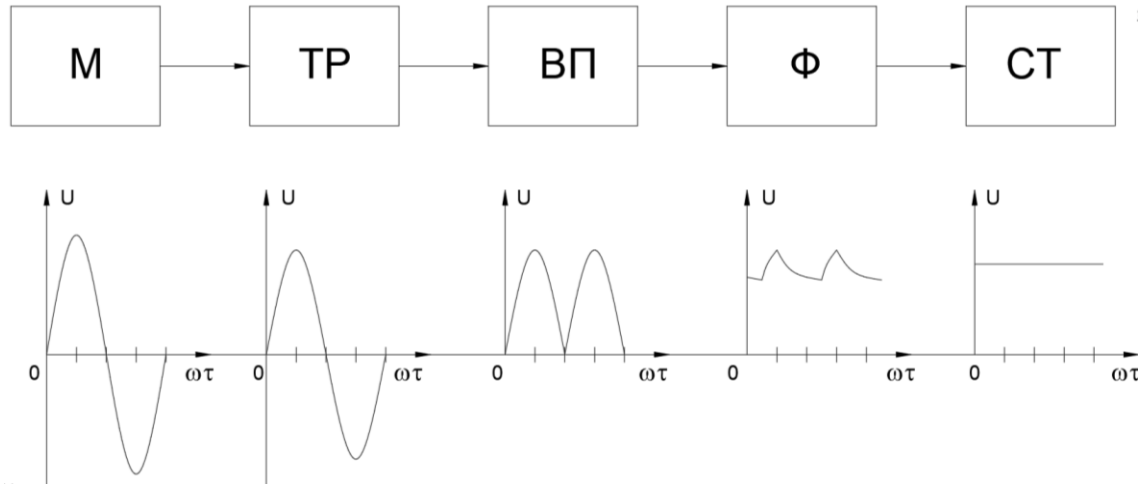

Рисунок 2.4. Структурна схема блоку живлення мікроЕОМ:

М – електромережа; ТР – трансформатор; ВП – виправляч;

Ф – фільтр; СТ – стабілізатор напруги

Здійснимо розрахунок блоку живлення системи керування.

Вихідні дані:

а) вихідна напруга: 5В, 12В;

б) вихідний струм: 0,8А(5В); 0,1А(12В).

Стабілізатор напруги 5В побудуємо на базі мікросхеми КР142ЕН5А по типовій схемі вмикання. Для живлення мікросхеми необхідна напруга 9 В. Тому потрібно спроектувати випрямляч по мостовій схемі.

Обчислимо зворотну напругу на діоді $U_{зв}$, середній $I_{ср}$ та максимальний I_m струм, що протікає через діод

$$U_{зв} = 1,5 \times 9 = 13,5 \text{ В};$$

$$I_{ср} = I / 2 = 0,8 / 2 = 0,4 \text{ А};$$

$$I_m = 3,5 \times 0,8 = 2,8 \text{ А}.$$

Підбираємо діоди КД202А, для яких I_{max} =5 А, $U_{зв}$=50 В, падіння напруги $U_{пр}$= 0,9В.

Обчислюємо опір навантаження:

$$R_н = U_о / I_о = 9 / 0,8 = 11,25 \text{ Ом}$$

Обчислюємо опір обмоток трансформатора:

$$r_{тр} = 0,08 \times R_н = 0,08 \times 11,25 = 0,9 \text{ Ом}$$

Обчислюємо прямий опір діода:

$$r_{пр} = U_{пр} / 3 \times I_{ср} = 0,9 / 3 \times 0,4 = 0,75 \text{ Ом}$$

Обчислюємо активний опір випрямляча

$$r = r_{тр} + 2 \times r_{пр} = 0,9 + 2 \times 0,75 = 2,4 \text{ Ом}$$

Обчислюємо розрахунковий коефіцієнт

$$A = 1,6 \times r / R_н = 1,6 \times 2,4 / 11,25 = 0,34$$

Обчислюємо напругу на вторинній обмотці трансформатора за формулою:

$$U_{2х} = B \times U_о = 1,15 \times 9В = 10,35 \text{ В}$$

Визначаєм струм вторинної обмотки трансформатора

$$I_{2х} = D \times I / \sqrt{2} = 2,1 \times 0,8 / \sqrt{2} = 1,18 \text{ А}$$

Обчислюємо зворотну напругу

$$U_{зв} = 1,4 \times U_{2x} = 1,4 \times 10,35 = 14,5 \text{ В}$$

Максимальний струм через діод

$$I_{max} = 0,5 \times F \times I_o = 0,5 \times 5,1 \times 0,8 = 2,04 \text{ А}$$

Таким чином, доведено правильність вибору діодів.

Обчислюємо ємність конденсатора

$$C_o = H / K_{по} \times r = 500 / 2,4 \times 0,1 = 2083 \text{ мкФ}$$

Вибираємо конденсатор ємністю 2200 мкФ на напругу 16 В.

Стабілізатор напруги 12 В побудуємо на мікросхемі КР142ЕН8Б. Для живлення мікросхеми необхідна напруга 15 В. Розрахуємо випрямляч за такими вихідними даними: номінальна напруга випрямляча U_o=15В, струм навантаження I_o = 0,1А, коефіцієнт пульсації $K_{по}$ = 0,10

$$U_{зв} = 1,5 \times 15 = 22,5 \text{ В};$$

$$I_{ср} = 0,1 / 2 = 0,05 \text{ А};$$

$$I_{max} = 3,5 \times 0,1 = 0,35\text{А}.$$

Підбираємо діоди КД105Б, для яких I_{max} = 0,3 А, $U_{зв}$ =400 В, $U_{пр}$ =1В.

$R_н = 15 / 0,1 = 150$ Ом; $r_{тр} = 0,08 \times 150 = 12$ Ом;

$R_{пр} = 1 / 3 \times 0,05 = 6,6$ Ом; $r = 12 + 2 \times 6,6 = 25,2$ Ом.

Розрахунковий коефіцієнт А = 1,6 × 25,2 / 150 = 0,27.

В = 1,05; D = 2,1; F = 5,9; H = 470 Ом×мкФ.

$U_{2х} = 1{,}05 \times 15 = 15{,}75$ В; $I_г = 2{,}1 \times 0{,}1 / \sqrt{2} = 0{,}15$ А;

$U_{зв} = 1{,}4 \times 15{,}75 = 22{,}05$ В; $I_{max} = 0{,}5 \times 5{,}9 \cdot 0{,}1 = 0{,}295$ А.

Отже, діоди підібрані правильно.

Визначаємо ємність конденсатора за формулою:

$$C = H / K_{по} \times r = 470 / 0{,}1 \times 25{,}2 = 186{,}5 \text{ мкФ}$$

Вибираємо конденсатор ємністю 220 мкФ на напругу 25В.

Для живлення випрямлячів підбираємо трансформатор живлення типу ТПП255-127/220-50 споживаною потужністю 31 Вт. При цьому для отримання напруги 15,75 В потрібно послідовно з‘єднати обмотки II-II*-III-IV, а для напруги 10,35В – обмотки III*-V.

Блок живлення електроприводів має забезпечувати вихідний струм 12 А при напрузі 13,5 В на канал (кількість каналів рівна числу двигунів).

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Розробка програмного забезпечення для мікроЕОМ системи керування опорно-поворотними пристроями опрмінювальних установок

МікроЕОМ в системі керування опорно-поворотними пристроями виконує дії з внутрішньою пам’яттю програм і даних. Ініціалізація мікроЕОМ відбувається за рахунок надсилання високого рівня напруги на вхід RST тривалістю не менше двох машинних циклів при під’єднаному кварцовому резонатору. Для старту внутрішнього тактового генератора до виводів XTAL1, XTAL2 під’єднано кварцевий резонатор на частоту 12 МГц. Тривалість машинного циклу становить при цьому 1 мкс. Після системного скиду мікроЕОМ надсилає на входи підсилювача потужності початкову команду управління. Здійснюється завантаження в регістр режиму роботи таймера/лічильника слова керування, яке:

- задає режими роботи таймерів/лічильників;
- забороняє управління таймерами T/CO, T/C1 від сигналів на входах INTO, INT1.

В даному випадку T/C0 застосовується для отримання часових затримок для забезпечення необхідної швидкості валу крокового двигуна, а T/C1 застосовується послідовним портом універсальним асинхронним приймачем/ передавачем.

Через універсальний асинхронний приймач/передавач відбувається прийом інформації, що має вигляд послідовного коду і поступає з ЕОМ. У склад універсального асинхронного приймача/передавача входять приймаючий і передаючий зсувані регістри, а також спеціальний буферний регістр SBUF.

Регістр SBUF використовується для суміщення операції читання раніше прийнятого байту з отриманням наступного.

Для об’єднання з ЕОМ через інтерфейс RS–232C універсальний асинхронний приймач/передавач працює в режимі 3. В цьому режимі УАПП з виводу RXD отримує 11 біт: старт–біт (0); 8 біт даних; дев’ятий біт програмований ЕОМ і стоп–біт. Прийом байта стартує при виникненні переходу сигналу на вході RXD із стану 1 в стан 0. Прийнятий старт–біт зсувається в регістрі приймача, і продовжується прийом інших біт посилки. Блок управління приймачем формує сигнал “завантаження буфера”, завантажує біт RBP і формує прапор RI тільки тоді, якщо в останньому такті зсуву забезпечується дві умови: біт RI=0 і або біт SM2=0 або значення прийнятого дев’ятого біта рівне 1. Оскільки мікроЕОМ має мати вихід на RS–232C, то відповідно виникають наступні проблеми:

– узгодження рівнів сигналів;

– підтримання заданої швидкості прийому/передачі;

– підтримання стандартних протоколів обміну.

Узгодження рівнів сигналів здійснюється за допомогою буферних схем приймачів/передавачів, які мають в складі чотири приймачі, які виконують перетворення сигналів ±12В RS–232C [21] в стандарт ТТЛ схем. При цьому даний блок живиться напругою 12В (струм до 0,1А).

Для довжини повідомлення в 11 біт похибка швидкості передавання не повинна перевищувати 4,55%. В режимі 3 універсального асинхронного приймача/передавача у генеруванні частоти передачі бере участь таймер Т/С1. При цьому на частоту передачі впливає частота переповнення таймера f_{ovt} і вона визначається наступним значенням.

$$f = \frac{2^{SMOD} \times fроз.}{32 \times 12 \times (256 - (TH1))}$$

де *SMOD* – біт в регістрі PCON, *SMOD*=1;

*TH*1 – десяткове число, що розміщене в старшому байті Т/С1.

При резонансній частоті кварцового резонатора 12 Гц і завантаженні в TH1 числа 152 отримуємо:

$$f = \frac{2\times12\times10^6}{32\times12\times(256-152)} = 600{,}96 \text{ біт} \times \text{с}^{-1}$$

Відхилення від заданого значення становить 0,16%, що допустимо.

Процес взаємодії окремого мікроконтролера з сіткою базується на тому, що універсальний асинхронний приймач/передавач запрограмований таким чином, що при отриманні стоп–біта переривання від приймача буде можливим тільки при умові біт RB8=1.

Нехай центральній ЕОМ необхідно передати блок даних деякій мікроЕОМ. З цією метою ЕОМ в широкотрансляційному режимі (всім мікроЕОМ) надсилає байт – ідентифікатор абонента, який відрізняється від байтів даних тим, що в його дев’ятому біті міститься 1. Програма переривання від асинхронного приймача/передавача побудована таким чином, що при отриманні байта–ідентифікатора у всіх ведених мікроЕОМ відбувається переривання і виклик підпрограми порівняння байта–ідентифікатора з кодом власної адреси.

Адресований мікроЕОМ скидає свій керуючий біт SM2 і переходить в режим очікування прийому блоку даних. Інші мікроЕОМ залишають незмінним стан SM2=1 і передають управління основній програмі. При SM2=1 інформаційні байти поступають в універсальні асинхронні приймачі/передавачі ведених мікроЕОМ, переривань не викликають, тобто ігноруються.

Перехід в режим “Ручне управління” і виклик відповідної підпрограми здійснюється при подачі на вхід INTO мікроЕОМ низького рівня напруги. В цьому режимі мікроЕОМ здійснює сканування кнопок “Вперед”, “Назад” на пульті управління і у відповідності до отриманої інформації здійснює видачу керуючих сигналів та входи підсилювача потужності. Вихід з режиму здійснюється автоматично при знятті оператором запиту на “Ручне управління”.

Для формування і видачі на вихідні шини порта 1 необхідних команд керування кроковим двигуном служать підпрограми “Крок вперед” і “Крок назад”, що викликаються програмою для виконання необхідного закону управління.

Для забезпечення необхідної частоти слідування слів керування кроковим двигуном служить програма часової затримки, яка побудована на базі лічильника Т/СО. Програма, аналізує вхідну інформацію, що надходить з давачів на вхід підсилювача потужності.

В запропонованій системі управління передбачено можливість задання управляючої дії на пускорегулюючу апаратуру джерел світла, що використовуються в багатофункціональній опромінюваній установці. Система управління забезпечує вмикання/вимикання окремих джерел світла в будь-який період роботи на будь-який час як автоматичному (з ЕОМ) так і в ручному (пульта ручного управління) режимі.

Алгоритм роботи базується на тому, що в діапазоні 8–бітних комбінацій цифрового коду q, заданого кута повороту ланки опорно-поворотного пристрою опрмінювальних установок, можуть бути виділені певні бітові комбінації під управляючі сигнали за рахунок втрати окремих положень опрмінювальних установок. Оскільки мінімальний крок при 8–бітному кодуванні кута повороту 2π рад становить менше 1,5 град, то втрата декількох позицій не надасть значної похибки у загальну роботу всієї системи управління.

Алгоритм роботи виглядає наступним чином:

1) прийом від ЕОМ коду керуючого сигналу;

2) ідентифікація коду та поміщення відповідної ознаки в попередньо визначену комірку пам’яті даних мікроЕОМ;

3) обробка основною програмою записаної в область даних інформації та видача на вихідні шини порта Р2 мікроконтролера відповідного слова управління.

4) перетворення управляючого сигналу зовнішніми пристроями для узгодження його по електричним параметрам з пускорегулюючою апаратурою відповідного джерела світла.

Отже, система управління не тільки керує роботою двигунів опорно-поворотного пристрою опрмінювальних установок і забезпечує відповідне позиціонування опрмінювальних установок в просторі, а й дає можливість включати–виключати на певний період джерела світла, що особливо зручно при проведенні наукових досліджень по індивідуальному та комплексному впливу випромінювання різних спектральних складів на живі організми.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

Проблема запобігання виникнення надзвичайних ситуацій техногенного походження та ліквідації їх наслідків для України є однією з найактуальніших.

Не випадково у статті 8 Закону України “ Про цивільну оборону України “ наголошено, що “ Керівництво підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального і колективного захисту, організовує здійснення евакозаходів, створює сили для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та забезпечує їх готовність до практичних дій...”

Сутність рятувальних та інших невідкладних робіт – це усунення безпосередньої загрози життю, здоров‘ю людей, відновлення життєзабезпечення населення, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Ці роботи визначають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт.

Основні аварійно-відновлювальні роботи, пов‘язані з локалізацією аварій і руйнувань на мережах комунально-енергетичного господарства міста виконуються спеціальними формуваннями комунально-технічної служби, що мають відповідну підготовку і оснащення.

Підрозділи частин і формувань інженерної служби можуть залучатись до виконання допоміжних робіт чи робіт по відключенню участків мереж під керівництвом спеціалістів. Об‘єм і характер цих робіт в значній степені залежить від того, наскільки повно і своєчасно будуть відключені по сигналах цивільної оборони електричні і газові мережі, системи водо- і теплопостачання, а на підприємствах – спеціальні трубопроводи.

Невідкладні роботи по локалізації наслідків руйнувань виконуються одночасно з рятувальними роботами, а на затоплених участках передують їм.

Для успішного виконання робіт по локалізації аварій на комунально-енергетичних мережах (КЕМ) необхідно визначити характер руйнувань і оцінити небезпеку наслідків цих аварій для людей, а також знати місця розміщення відлючаючих пристроїв і прийоми безаварійного відключення установок з вибухо- і пожежонебезпечними продуктами. З цією ціллю командири рятувальних загонів організовують і проводять розвідку на КЕМ тих районів, де вони будуть виконувати аварійні роботи.

Місця руйнувань на лініях водопровідних і теплофікаційних мереж можуть бути виявлені по переливу води чи виходу пари на поверхню землі, завалу. Найбільш ймовірним є вияв руйнувань в місцях вводу комунікацій в будинки, в місцях примикання до оглядових колодязів, водонапірних башень, а також на участках мереж, що проходять по мостах, естакадах.

Місця руйнувань газових мереж можна встановити по запаху газу чи спеціальними газоаналізаторами. Найбільшу увагу повинно бути приділено на виявлення можливості загазованості підвалів, а в пошкоджених будинках – сходинкових площадок, виробничих приміщень, в яких розміщені газові прилади.

Руйнування технологічних трубопроводів на промислових об‘єктах можна очікувати на естакадах, поблизу зруйнованих технологічних установок.

Відключаюча і розподільча апаратура КЕМ (засуви, вентилі, рубильники) розташовані в колодязях чи камерах. Вони встановлюються в місцях відгалуження від магістральних трубопроводів і кабелів у трансформаторних і цехових підстанціях

Для швидкого знаходження місць розташування вузлів централізованого відключення мереж розвідники повинні забезпечуватись схемами прив‘язки основних споруд КЕМ. На схемах повинні бути позначені місця першочергового відключення участків мереж на території кварталу, промислового об‘єкту чи окремої споруди.

Крім цього, розвідники повинні знати, що на більшості об‘єктів в місцях розташування колодязів, трансформаторних підстанцій, вузлів газових мереж є спеціальні вказівники, які розташовуються на стінах будівель, на деревах, на окремо стоячих стовпах. Написані на них букви відповідають типу мережі, а цифри показують віддалення колодязя і зміщення його в сторону від місця розташування вказівника. Написи на вказівниках водопровідних мереж виконані синьою чи чорною фарбою, каналізаційних мереж – чорною чи червоною, колодязі з пожежними гідрантами – червоною фарбою.

При визначенні місць розташування колодязів і відключаючих пристроїв на КЕМ розвідники повинні знати наступні особливості розташування і прокладки трубопроводів:

- трубопроводи прокладаються паралельно осі вулиць чи фасадом будівель;
- відходження від магістральних трубопроводів до об‘єктів, а також вводи в будинки від розвідних мереж прокладаються з колодязів під прямим кутом до будинку і лінії трубопроводу;
- підземні трубопроводи розташовують переважно під тротуарами і газонами, в ряді випадків колектори і зливостоки розміщають на розділяючій полосі проїжджої частини вулиць;
- вся відключаюча апаратура теплових мереж розміщена в теплових вузлах в підвалах будівель.

Роботи, пов‘язані з відключенням зруйнованих ділянок водопровідної мережі; зводяться до відшукування колодязів, відкопування завалів в місцях їх розміщення і відключення вводів в будівлі. Відключення слід проводити вище місця руйнування мережі чи вводу в будівлю.

Після встановлення місця руйнування визначається місце розташування ближнього колодязя. Якщо розташування насосної станції невідоме і немає можливості визначити напрямок руху води, необхідно відшукати два ближніх

колодязі, між якими розташована зруйнована ділянка, і закрити встановлені в них засуви.

У тих випадках, коли на зовнішній мережі водопроводу поблизу зруйнованих будівель немає оглядових колодязів, звідки відключають ввід, то необхідно розібрати завал на сходинкових площадках і звільнити прохід в ту частину підвалу, де розташовані відключаючі пристрої на вводі.

При виявленні затоплення підвальних приміщень, сховищ чи укрить необхідно перш за все відключити внутрішній водопровід, а потім відключати воду із приміщень.

При відновленні водопостачання на об’єктах в першу чергу перевіряється стан насосних станцій і колодязів і проводяться необхідні роботи по їх відновленню. Якщо подавати воду по уцілілим трубопроводам неможливо, то використовуються автоцистерни.

При пошкодженні і слабких руйнуваннях оголовків водозабірних свердловин відновлення їх починається з демонтажу пошкодженого водопідйомника. При забрудненні свердловин мілкими обломками чи грунтом проводиться очистка її за допомогою грязевих насосів, роторних бурових установок. Після заміни пошкодженого водопідйомника новим проводиться відкачка брудної води.

Якщо відновити існуючі свердловини неможливо, то для запобігання забруднення водоносного пласта вихід свердловини закривається металевими кришками. При необхідності подачі води через участки із зруйнованою розвідною мережею встановлюються тимчасові трубопроводи, що прокладаються на поверхні землі.

Ремонтно-відновлювані роботи на пошкоджених мережах включають: ущільнення окремих місць витоку води, ремонт стиків труб, заміну окремих труб і пошкодженої арматури. Ці роботи виконуються силами аварійно-технічних команд.

Місця витоку ущільнюються металевими накладками з резиновими прокладками, що закріплюються на трубі за допомогою хомутів.

При ремонті пошкоджених стиків проводиться підчеканка свинцю чи розчину в раструби труб чи заміна зруйнованих муфт і фланців. В деяких випадках вигідно обетонувати чугунний раструб чи залізобетонний цементним розчином з одночасною обмоткою стику сіткою з міцних капронових ниток.

Аварійні роботи на мережах каналізації здійснюються в цілях запобігання загрози затоплення споруд чи об‘єктів, що розташовані в понижених місцях. Це досягається шляхом відкачки стічних вод і відводу їх в безпечні місця по тимчасовим лініям, що прокладаються в обхід зруйнованих участків. Для відкачки води необхідно розчистити під‘їзд і площадку для установки насосу біля колодязя, з якого витікає вода. Відвід стічних вод здійснюється самовитоком чи перекачкою по тимчасовим трубопроводам у ближній справний колодязь чи в місця, відведені для аварійного скиду води. Для відводу води самовитоком встановлюються відводні траншеї чи лотки. В якості тимчасових трубопроводів можуть використовуватись гнучкі рукави і шланги.

При здійсненні перекачки стічних вод в обхід зруйнованого участку необхідно закрити вихід води із колодязя в сторону зруйнованого трубопроводу. Для цього звільняють від завалу оглядовий колодязь, відкривають кришку люка і закривають трубу за допомогою дерев‘яної пробки чи щита, мішка з піском і т. п. Щоб запобігти загрозі затоплення стічними водами окремих цехів, промислових і інших споруд, необхідно закрити трапи, гідравлічні засуви, прийомні воронки чи перекрити трубопровід, що йде від споруди до ближнього оглядового колодязя.

Зруйновані участки мереж теплопостачання відключаються для того, щоб виключити ураження паром і гарячою водою населення і особового складу ратувальних формувань. Для відключення теплотраси необхідно відкрити оглядові колодязі і камери поблизу станцій чи котелень і закрити засуви. При частковому пошкодженні системи теплопостачання всередині споруди

необхідно відключити її від зовнішньої мережі засувами на вводі в споруду. Крім цього необхідно відвести витікаючу з труб гарячу воду в безпечні місця і запобігти затіканню її у сховища, укриття, підвали чи інші місця, де може знаходитись населення. Місця руйнувань паропроводів необхідно огородити попереджувальними знаками.

Для запобігання загазованості сховищ, укрить і підвалів необхідно припинити подачу газу в мережу. Для цього слід закрити засуви на магістральних трубопроводах і в уцілілих газгольдерних станціях.

При частковому руйнуванні газових мереж всередині будівлі небхідно закрити регулювальні крани на вводі в будівлю чи відключити стояки із зруйнованою розводкою за допомогою кранів, розташованих у підвалі чи на сходинковій клітці. Місця руйнувань можна виявити по запаху газу чи спеціальними приладами – газоаналізаторами.

При загорянню газу необхідно перш за все перекрити трубопровід, щоб припинити поступлення газу до місця горіння. Потім полум‘я закидується піском чи землею, накривається мокрим брезентом з наступним засипанням грунтом і поливанням водою.

При виконанні невідкладних аварійних робіт на електричних мережах у всіх випадках відключається розпридільча мережа чи окремі участки мережі електропостачання. Для цього включають відповідні рубильники чи виймають запобіжники, а деколи і перерізають провода. Якщо пошкоджені високовольтні лінії, то розпридільчі сітки відключаються автоматично при спрацюванні масляних чи повітряних виключателів на понижувальних трансформаторних підстанціях чи розпридільчих пунктах. Всі роботи на електричних мережах виконуються спеціалістами-електриками домоуправлінь чи промислових об‘єктів.

Подача електроенергії по уцілілим лініям в окремі райони міста чи на відновлювані об‘єкти допускається тільки перевірки стану цих ліній і обов‘язкового відключення участків розпридільчої мережі, через які постачались

електроенергією об‘єкти, що отримали повні і сильні руйнування і на даний час невідновлювані.

Прокладка тимчасових кабельних ліній для освітлення об‘єктів робіт, медичних пунктів, столових, складів, а також для живлення електрофікованого інструменту, розігріву їжі і інших потреб рятувальних формувань проводиться у тих випадках, коли є можливість підключення цих ліній до найближчих уцілілих трансформаторних підстанцій, розподільчих щитів чи повітряних ліній електропередачі. Ці роботи виконуються під керівництвом спеціалістів-електриків з дотриманням вимог технічних умов на прокладання тимчасових ліній і інструкцій по техніці безпеки.

Роботи по запобіганню вибухів і виникненню пожеж при руйнуванні технологічних трубопроводів і установок на підприємствах хімічної, нафтохімічної і інших галузей промисловості виконуються силами об‘єктових команд під керівництвом спеціаліст-технолога даного підприємства [40].

Досвід експлуатації таких об‘єктів в мирний час показує, що помилки при відключенні технологічних установок і порушення встановленого порядку відключення можуть призвести до додаткових аварій і руйнувань. Тому на об‘єктах повинні бути розроблені чіткі вказівки (інструкції) по попередженню нових аварій при відключенні мереж, а також вказані пункти централізованого перекриття технологічних трубопроводів і місця розташування рубильників і інших пристроїв, що дозволяють зупинити насоси і компресори.

Ці вказівки повинні зберігатись на командному пункті об‘єкту чи штабу цивільної оборони міста і при необхідності видаватись командиром інженерно-рятувальних загонів, які будуть працювати на цих об‘єктах.

Заходи цивільної оборони спрямовані на забезпечення надійного захисту населення від зброї масового ураження і збереження економічного потенціалу країни, а також на підготовку сил і засобів для ліквідації наслідків аварій та катастроф, і в першу чергу для виконання невідкладних аварійно-відновлювальних робіт у вогнищах ураження. Невідкладні аварійно-

відновлювальні роботи виконуються в цілях забезпечення вводу сил і засобів у вогнище ураження, рятування потерпілих, а також своєчасного здійснення заходів по гасінню пожеж, попередження і локалізації аварій. Успішне виконання цих завдань дозволить підготовити необхідні умови для відновлення виробничої діяльності об‘єктів народного господарства. Це вимагає залучення численних формувань і частин. Досвід навчань і практика ліквідацій наслідків при стихійних лихах показує, що успішні дії цих формувань можливі при умові завчасної підготовки і навчання особового складу формування, оснащення підрозділів високопродуктивною технікою, застосування прогресивних способів і прийомів виконання робіт, а також дотримання мір безпеки у вогнищах ураження.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було проведено аналіз можливих варіантів виконання силової установки опорно-поворотних пристроїв базового блоку керування. Обґрунтовано вибір в цій якості дискретного електроприводу. На основі розрахунку електродинамічних характеристик вантажу вибрано для ланок опорно-поворотних пристроїв крокові двигуни та технологічну схему їх блоку живлення.

Розроблено систему управління базового блоку, а саме:

- технологічну схему системи керування,
- структурні схеми основних блоків,
- принципові електричні схеми основних блоків системи керування,
- програма роботи мікроЕОМ,
- блок-схеми алгоритму роботи мікроЕОМ в режимі автоматичного керування, ручного керування, керування силовою установкою базового блоку керування, локальної обчислювально-керуючої мережі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Смирнова В.И., Разинцев В.И. Проектирование и расчет автоматизированных приводов. – М. : Машиностроение, 1990. – 368с.
2. Вульвет Д. Датчики в цифровых системах / Перевод с англ. В.В. Малова; Под ред. А.С. Ярошенка. – М. : Єнергоиздат, 1981. – 199с.
3. Гумен В.Ф., Калининская Т.В. Следящий шаговый електропривод. – Л. : Єнергия, 1980. – 167с.
4. Ломака М.В., Медведев И.В. Микропроцесорное управление приводами промышленных роботов. – М. : Машиностроение, 1990. – 96с.
5. Однокристальные микроЕОМ / Боборыкин А.В., Липовецкий Г.П., Литвинский Г.В. и др. – М. : МИКАП, 1994. – 400с.
6. Дискретный електропривод с шаговыми двигателями / Под общей ред. М.Г.Чиликина. – М. : Єнергия, 1971. – 624с.
7. Методические указания к економическому обоснованию курсовых и дипломных проектов конструкторского характера для студентов специальности “Машины и технология обработки металлов давлением”. – Киев: КПИ, 1988.
8. Каммерер Ю.Ю., Харкевич А.Е. Неотложные аварийные работы на комунальных сетях в очаге ядерного поражения. – М. : Стройиздат, 1972.
9. Цивилев М.П. и др. Инженерно-спасательные и неотложные аварийно-восстановительные работы в очаге ядерного поражения. – М. : Воениздат, 1975. – 224с.
10. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. Полковника В.С.Франчука. – Львів : Афіша, 2000. – 336с.
11. Житецький В.Ц. Основи охорони праці.- Львів: Афіша, 2000.- 350с