

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

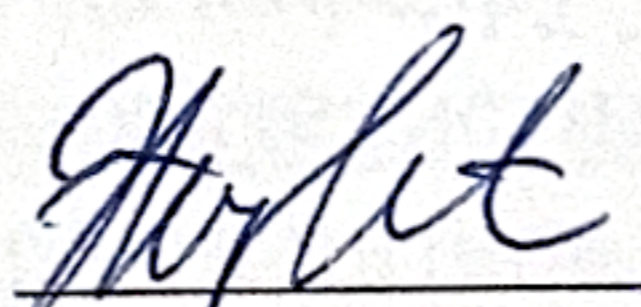
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка системи керування автоматичної пральної машини

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Шифр, назва
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Шифр, назва
Освітня програма «Електропобутова техніка»

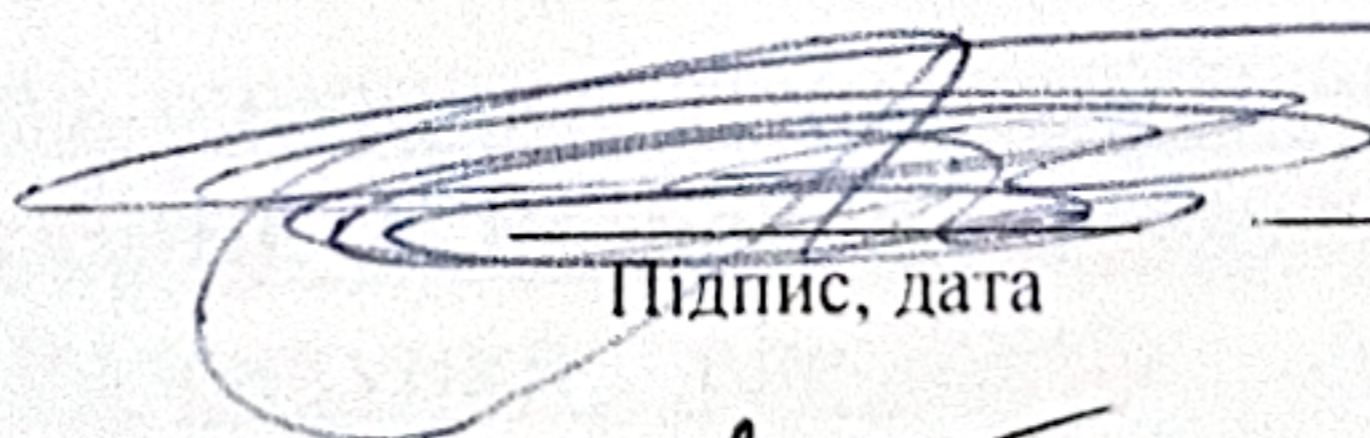
Шифр МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група ЕТм-23-1


Підпис

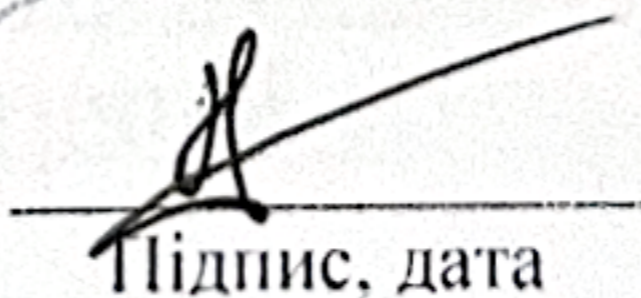
Є. Е. Жувака
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

О. Г. Тимошук
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

С. J. Пундук
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:


Підпис, дата

В. С. Неймак
Ініціали, прізвище

Зав. кафедри МАЕЕС

17 12 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

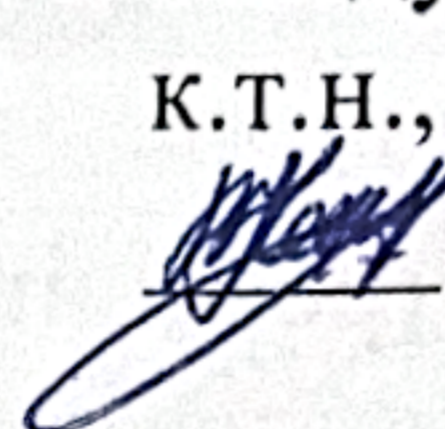
Шифр і назва

Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

к.т.н., доц. Неймак В.С.

 12 .2024р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Жувака Євгеній Едуардович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка системи керування автоматичної пральної машини

керівник роботи Тимощук Олександр Григорович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 26 08 2024 р. № 60

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики пральних машин

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи. 2. Розробка системи керування автоматичної пральної машини 3. Розрахунки елементів конструкції та системи автоматичного керування автоматичної пральної машини. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Принципові схеми пральних машин-автоматів (ДО, 2А1). 2. Пральна машина (ВЗ, А1). 3. Пральна машина ПМА-6ФБЕ (ЕЗ, А1). 4. Циклограма роботи ПМА-6 (ДТ, А1). 5. Системи керування пральної машини (Е1, А1). 6.САК УКД на мікроконтроллері (Е2, А1). 7. САК УКД (ЕЗ, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

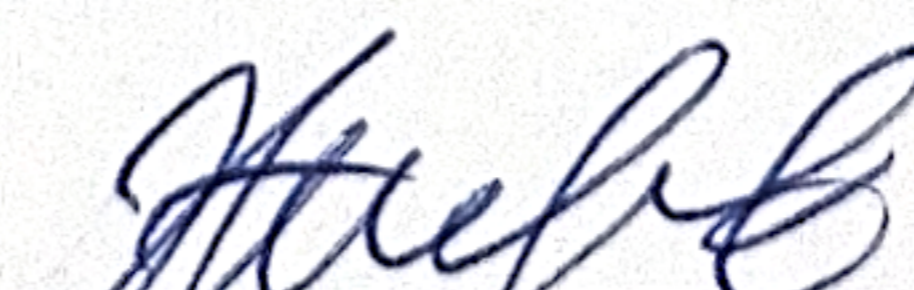
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

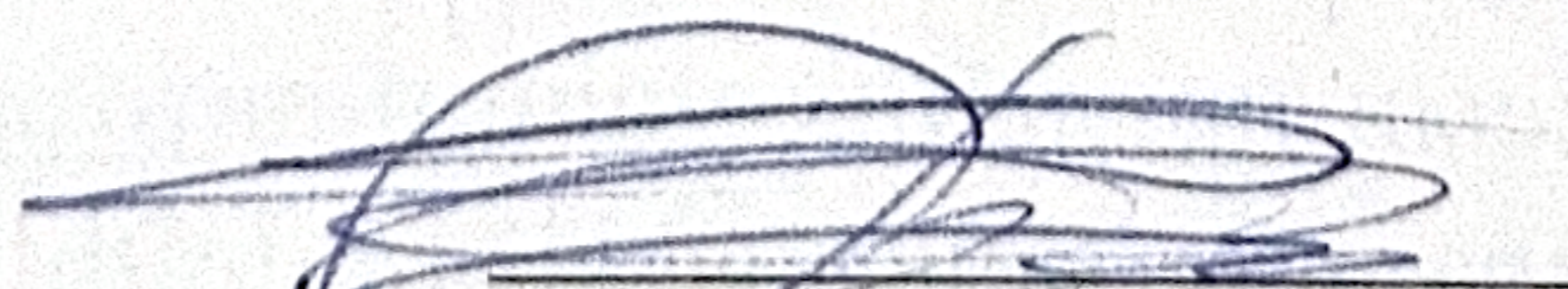
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз існуючих з технологічних та технічних рішень тематики магістерської роботи.	до 30.10.24р.	
2. Розробка системи керування автоматичної пральної машини	до 10.11.24р.	
3. Розрахунки елементів конструкції та системи автоматичного керування автоматичної пральної машини	до 20.11.24р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 12.12.24р.	

Студент


 Підпис
Є.Е. Жувака
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


 Підпис
О.Г. Тимошук
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові

Жувака Євгеній Едуардович

2. Тема магістерської роботи Розробка системи керування автоматичної пральної ма-
шини

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 8 арк., сторінок записки 75

5. Актуальним питанням стали сучасні системи автоматичного керування двигунами змінного струму, що широко застосовуються в електропобутовій техніці. Велику роль у електроприводах відіграє універсальний колекторний двигун (УКД), що має досить м'яку механічну характеристику і дозволяє регулювати частоту у широких діапазонах. Застосування сучасної мікропроцесорної техніки у САК робить її більш якісною та економічною. Тому завданням на магістерську роботу було створення сучасної мікроконтролерної САК УКД для автоматичної пральної машини. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи. В другому розділі здійснюється розробка системи керування автоматичної пральної машини. В третьому розділі проведено розрахунки елементів конструкції та системи автоматичного керування автоматичної пральної машини.

Підпис студента

" 17 " 12 20 24 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 2 від " 24 " 12 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК добре / с

Рекомендації ЕК _____


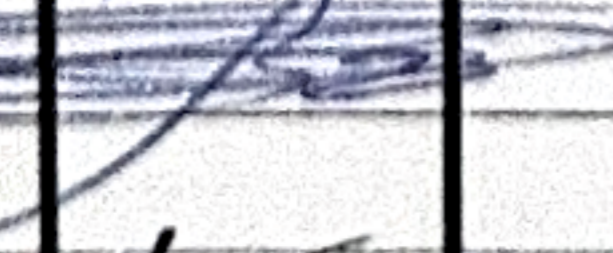

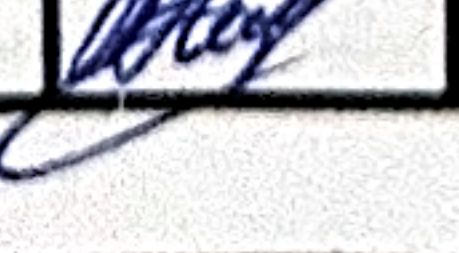
Особливі відмітки _____

Технічний секретар АБ

" 24 " 12 20 24 р.

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	6
1 Аналіз існуючих технічних і технологічних рішень із тематики магістерської роботи	8
1.1 Загальні відомості	8
1.2 Огляд систем керування сучасних пральних машин-автоматів	11
Висновки до першого розділу	23
2 Розробка системи керування автоматичної пральної машини	24
2.1 Опис основних вузлів автоматичної пральної машини	24
2.2 Опис електричної схеми автоматичної пральної машини та циклограми її роботи	28
2.3 Розробка структурної схеми керування автоматичної пральної машини	34
2.4 Розробка функціональної схеми керування автоматичної пральної машини	36
2.5 Вибір типу мікроконтролера системи керування автоматичної пральної машини	38
2.6 Розробка принципової схеми системи керування автоматичної пральної машини	41
Висновки до другого розділу	46
3 Розрахунки елементів конструкції та системи автоматичного керування автоматичної пральної машини	47
3.1 Розрахунок розмірів прального барабану	47
3.2 Розрахунок обичайки пральної машини	50
3.3 Розрахунок параметрів приводу барабана	56

МРМА 24.00.00.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	
Виконав		Жувака С.Е.			Розробка системи керування автоматичної пральної машини
Перевір.		Тимошук О.І.			
Н.контр.					Літера
Затвер.		Неймак В.С.			Аркуш
					Аркушів
					ХНУгр. ЕТм-23-1

набуває значення логічного '0' або логічної '1', залежно від ситуації. Блокитаймери та блоки переривань можуть використовуватися спільно для вимірювання часового інтервалу між подіями із заданою затримкою, періодичного виконання необхідних підпрограм, генерації імпульсів заданої частоти та тривалості, а також для виконання інших процедур.

1.2.8 Аналого-цифровий перетворювач

Мікроконтролер MS68NS705P6A містить чотириканальний АЦП: AD0-AD4 (виводи 16-19); для роботи АЦП необхідна опорна напруга. Опорну напругу формують температурні модулі Vrefh і Vrl. У MS68NS705P6A опорну напругу Vrefh під'єднано до виводу PC7 (вивід 15), а Vrl - до загального проводу (вивід 14). Напруга має бути в діапазоні Vrefh. Для модулів DMPU значення вхідної напруги: . Мікроконтролер живиться від напруги 5 В і працює в розширеному температурному діапазоні від -40 до +85 °С. Мікроконтролер виконаний за КМОП-технологією, тому має тактову частоту 2,1 МГц і низьке енергоспоживання (20 мВт у робочому режимі та 10 мВт у режимі очікування). Вхідними сигналами, які мікроконтролер DMPU отримує від елементів пральної машини, є імпульсні, потенційні та аналогові сигнали. Вихідні сигнали мають логічну або імпульсну форму. Імпульсні вихідні сигнали мікроконтролера використовуються для керування вузлами симістора, а логічні сигнали - для керування транзисторними ключами.

1.2.9 Модуль живлення

Модуль живлення (МПС) призначений для перетворення змінної напруги 220 В у постійні та стабільні напруги 24 В і 5 В. Напруга 24 В використовується для живлення виконавчих реле K1 і K2 модуля керування двигуном, а напруга 5 В - для живлення мікроконтролера та інших елементів схеми. БФП складається з безтрансформаторної схеми, що містить у собі гасячі

обмотка реле К1. Діод Д11 під'єднаний паралельно обмотці реле і захищає транзистор Q3 від діелектричного пробою. У вихідному положенні транзистор Q3 закритий, реле К1 знеструмлено, а його контакт К1.1 з'єднує статор і ротор двигуна і під'єднаний до верхнього виводу симістора TR2. Журнал сигналів Коли сигнал журналу сигналів дорівнює «1», транзистор відкривається, реле К1 спрацьовує та розмикає силовий ланцюг приводного двигуна на контактах К1.1 і К1.2. Керувачий ключ для реле К2 виконано на транзисторі Q1 за аналогічною схемою, за винятком ланцюга зміщення бази Q1. Спочатку ключ замкнутий, тому контакти реле К2.1 і К2.2 під'єднано до фази мережі, позначеної літерою «F», водночас клему статора М5 під'єднано до клеми ротора М9, а іншу клему ротора М8 - через контактну групу К2.2 і тепловий захист двигуна (ТМ7-ТМ8) для увімкнення обмотки ротора в силовий ланцюг двигуна. Таке з'єднання ротора і статора призводить до обертання приводного двигуна за годинниковою стрілкою.

Коли вводиться логічний ключ '1', реле на контактах К2.1 і К2.2 розмикаються через контакти реле К1.2, змінюючи спосіб увімкнення ротора. Статор М5 підключається до ротора М8, а ротор М9 - до головної фази через контактну групу К2.2 і тепловий захист двигуна (ТМ7-ТМ8). Це перемикає напрямку струму в обмотці ротора двигуна і напрямку його обертання (проти годинникової стрілки).

Схему ступеня ключа у виконаннях 1 і 2 наведено на малюнках 6 і 7 МРМА 24.00.00.000ДО2. Обидва варіанти ключа відкриваються сигналом логічної «1», що надходить з виводів 5 і 4 мікроконтролера U1. Сигнал з контакту 5 (RA5) використовується тільки для переривання ланцюга живлення між ротором і статором двигуна. Сигнал з контакту 6 (RA6) забезпечує режим реверсивного обертання барабана в режимі прання і розкладки білизни. Підсилювач сигналу для керування симістором TR2 призначений для узгодження виходу RA7 мікроконтролера U1 (вивід 3) з керувачим електродом

2 КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ АВТОМАТИЧНОЇ ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ

2.1 Опис основних вузлів автоматичної пральної машини

Базовим верстатом для розроблення було обрано в'ятський автомат. Загальний вигляд представлений на аркуші ВЗ МРМА 24.00.00.000. Пральна машина працює від мережі холодного і гарячого водопостачання і призначена для прання, полоскання і віджимання всіх видів текстильних виробів. Пральна машина оснащена фронтальним завантаженням. Існує три варіанти пральної машини-автомата «Вятка» [6-8]:

«Вятка-автомат-12» з 12 програмами:

«Вятка-автомат-12» з 6 програмами для тканин високої щільності і тонких тканин,

«Вятка-автомат-14» з 16 програмами: «Вятка-автомат-16» з 16 програмами: «Вятка-автомат-16'» з 16 програмами (8 програм для тканин високої щільності і 8 програм для тонких тканин).

Пральна машина пропонує на вибір кілька режимів прання зі спеціальними програмами з використанням синтетичних мийних засобів із низьким піноутворенням (наприклад, Lotus Automatic, Ella Automatic тощо). Вибір програми здійснюється за допомогою ручки управління на блоці управління і спеціального перемикача на передній панелі пральної машини. Машина не переливає воду. Машина оснащена гідравлічним фільтром, який забезпечує затримку сторонніх речовин. З'єднання між кришкою фільтра і машиною герметичне і витримує тиск 9,4 кПа. Конструкція машини гарантує повний злив води з бака. Прання здійснюється в перфорованому барабані за заданою програмою залежно від типу тканини і ступеня забруднення. Весь процес прання, полоскання і віджимання, а також кількість програм і

температура мийного розчину здійснюються автоматично. Користувач вручну закладає білизну і мийний засіб, обирає потрібну програму, вмикає машину і вивантажує чисту білизну. Корпус машини виготовлений зі сталевих листів і складається зі штампованих частин, з'єднаних зварюванням. Верхня частина корпусу закривається кришкою, закріпленою саморізами. Корпус пофарбований у білий колір. Усередині корпусу розташований бак із двошвидкісним електродвигуном, що приводить у рух пральний барабан. Бак підвішений на двох циліндричних пружинах, які кріпляться до заглушки в корпусі. До днища бака з двох боків приварена металева пластина, яка стикається з фрикційним черевиком пружини, встановленої в корпусі. Ця система разом із противагою, встановленою всередині бака, служить для зниження вібрації машини. Температура мийного розчину нагрівається і контролюється електричним нагрівачем і датчиком температури, встановленими в баку. Пар виводиться з бака по трубах. Білизна подається в перфорований барабан через люк. Прання здійснюється за програмою, що відповідає типу тканини. Вибір конкретної програми здійснюється за допомогою ручки керування. Барабан встановлений у баку і обертається за допомогою підшипникового вузла в перемичці. Обертання барабана передається від електродвигуна через шківи і клинові ремені. Барабан має три ребра для кращого перемішування білизни під час прання. У задній частині апарата, у верхній частині корпусу, розташовано вузол під'єднання води, що складається з двох електромагнітних клапанів, з'єднаних шлангом із дозатором, реле датчика рівня рідини, з'єданого шлангом із дном бака, і шумопоглинального фільтра зі з'єднувальним шнуром і вилкою для під'єднання апарата до електромережі. Дозатор використовується для заповнення бака пральним порошком або спеціальними засобами для обробки білизни через електромагнітний клапан після заповнення бака. У верхній частині корпусу розташована пластикова панель з ручкою панелі керування, кнопковим

перемикачем для ввімкнення режиму економічного прання, сигнальною лампочкою, що сигналізує про роботу машини, і ручкою бункера дозатора. На пластиковій панелі відображається назва програми. Електричний насос для відкачування відпрацьованого мийного розчину, знімний фільтр з кришкою на передній стінці корпусу і конденсатор встановлені в нижній частині пральної машини. Машина оснащена знімними шлангами для гарячої та холодної води і зливним шлангом. Для встановлення машини використовуються регульовані за висотою ніжки. Керувальний пристрій машини складається з набору кулачків, що приводяться в рух синхронним мікроелектродвигуном. Кількість кулачків залежить від кількості програм пральної машини. Блок керування розрахований на виконання двох повних циклів. Цикли розділені двома зупинками (прання товстих і тонких тканин). У рамках цих базових циклів для різних моделей пральних машин можна вибрати різну кількість програм. Блок керування має додаткові функції (наприклад, додавання води на другий етап). Під час делікатного циклу вмикається гідростоп, щоб підтримувати делікатну білизну в чистій воді, що коливається. Без цієї активації білизна (особливо із синтетичних тканин) може пом'ятися і стати важко прасуваною, якщо її залишити на деякий час без води. Реле рівня води служить для контролю заданого рівня води в баку пральної машини; в автоматичних пральних машинах «Вятка-Автоматика» використовується реле рівня РУ-ЗСМ і датчик рівня Па: 1765 - у разі підвищення рівня води, 588 - у разі зниження рівня води. Робочий діапазон при підвищенні рівня води становить 785-2450 Па, зі «сліпою зоною» вище 490 Па. Усі основні компоненти датчика-реле рівня закріплені на корпусі. Мембрана розташована між корпусом і кришкою і виконує роль чутливого елемента, розділяючи датчик рівня на дві порожнини: одна герметична і з'єднана з контрольованим рівнем рідини через фітінг, в іншій розташований перемикач. Мембрана з'єднана з твердим центром за допомогою повідця з пластинчастої пружини перемикача і штовхача, який через пробку

механізм роботи. Будь-яка поломка може бути швидко і недорого відремонтована власником. Імпортні моделі більш сучасні й тому оснащені різними цифровими пристроями, які неможливо відремонтувати (у разі поломки замінюється весь агрегат), дуже дорогі та важкодоступні. Однак, завдяки простоті своєї механіки, вони значно поступаються іномаркам за якістю мийки тощо. Головний недолік - іржавіння бака. Бак виготовлено з чорного металу і покрито захисною емаллю; через 8-10 років щоденного миття в місці зіткнення нагрівального елемента (термоелектричного нагрівача) з баком утворилася наскрізна діра, що призвело до протікання. Машина стала непридатною. Коли командний центр вийшов з ладу, машина просто не працювала або деякі операції стали непридатними. У «Вятці» можна відремонтувати командний пункт, відрегулювавши і почистивши срібні контакти. Імпортні блоки ремонту не підлягають. Щоб краще зрозуміти принцип роботи електричної схеми і спростити пошук можливих несправностей, наведемо її опис: електрична схема пральної машини PMA-6 FBE наведена на аркуші MRMA 24.00.00.000 E3. Щоб вибрати потрібну програму, поверніть ручку керування за годинниковою стрілкою і поєднайте номер програми з покажчиком, позначеним на передній панелі. Потягніть ручку встановлення програми на себе до клацання, і машина увімкнеться, одночасно замкнуться контакти 13-T і 14-T на блоці керування і загориться контрольна лампа. Циклограма пральної машини PMA-6 FBE наведена на аркуші MRMA 24.00.00.000 DT. Електрична схема пральної машини 6 FBE наведена на аркуші MRMA 24.00.00.000 E1.

Цикл 1. Вода заливається через електромагнітний клапан EV1, і напругу подають через контакти мікроперемикача люка 1P, контакти 1-3 реле рівня Р і контакти 12-U блоку керування. У разі досягнення нижнього рівня води в баку спрацьовує реле рівня Р і розмикає контакт 1-3, тим самим знімаючи живлення з обмотки клапана EV1 і припиняючи подачу води в бак. У цей час замикається

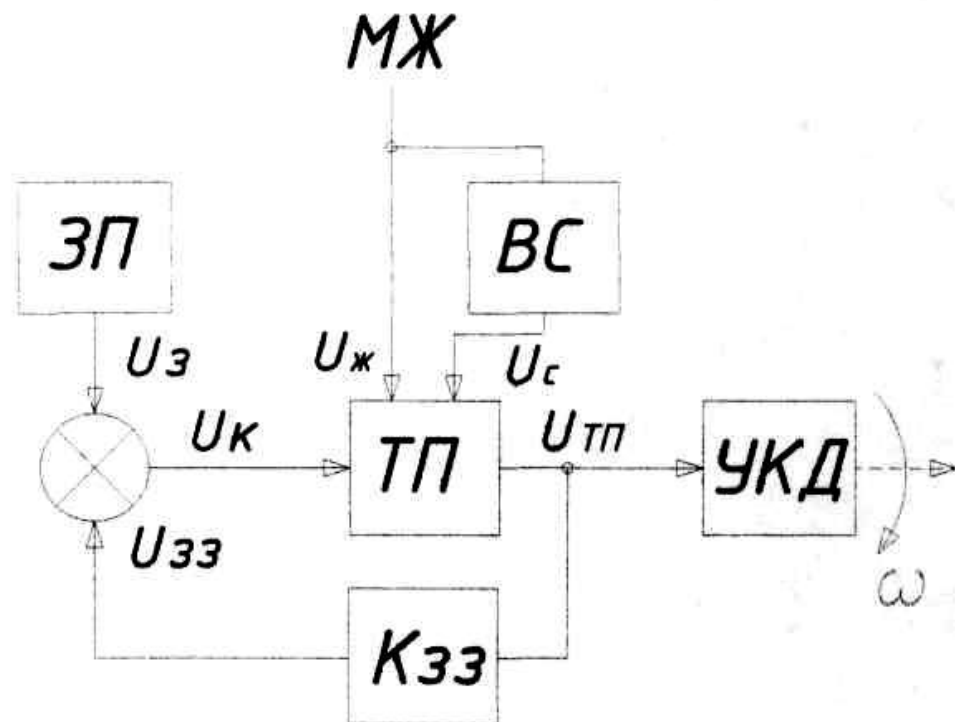
Цикл 20, 21. Барабан продовжує обертатися в інтенсивному ритмі протягом 10 хвилин. Цикл 22. Контакти 7-V і 10-V розмикаються, напруга живлення нагрівача R відключається, нагрів води припиняється. Через замкнуті контакти 2-V, 1E, 5-T і 11-U активується електромагнітний клапан EV3, і холодна вода впорскується додатково два рази. Тривалість циклу становить 2,5 хвилини. Цикл 23: Виконуються операції, описані в циклі 5. Основне промивання завершено. Цикл 24: Напруга подається на двигуни MT і ML через контакти 8-T, 4-T, реверсивний контакт 1, контакти 9-T і 3-T, і барабан обертається в інтенсивному ритмі протягом 5 хвилин. Вода починає надходити через відкритий клапан EV3, а живлення подається через замкнуті контакти 1-3 реле на рівнях P і 11-U блоку управління. Цикл 25. Кінець першого полоскання. Цикл 26: вода проходить через відкритий клапан EV3. При спрацьовуванні реле рівня P починають обертатися електродвигуни приводу барабана і блоку управління. Барабан обертається в інтенсивному ритмі протягом 2,5 хвилин. Протягом цього часу вода додається при замиканні контакту 2-U. Цикл 27. Замикається контакт 6-T, вмикається насос MPS і вода зливається одночасно з інтенсивним обертанням барабана. Цей цикл триває 2,5 хвилини; кінець другого полоскання. Цикл 28. Під час переходу від циклу 27 до циклу 28 барабан повільно обертається проти годинникової стрілки. на початку циклу 28 барабан перемикається в режим відцентрової сепарації і відбувається попереднє віджимання білизни. Напруга подається на клеми двигуна MS-2 через контакти 1-3 реле P, 5 В, 9 В і 3-U в блоці управління, при цьому конденсатори С1 і С2 під'єднані паралельно. Водночас на двигун насоса MPS подається напруга через клеми 10-T, 8-T і 6-T. Тривалість циклу становить 2,5 хвилини. Цикл 29 - аналогічний циклу 26, але ритм очищення м'якший (контакт 4-V замкнутий). Цикл 30 - такий самий, як цикл 27 Цикл 31 - такий самий, як цикл 26 Цикл 32 - такий самий, як цикл 5 Цикл 33 - такий самий, як цикл 26, але контакт 11-T замикається, тому заповнення відбувається через клапан EV2.

Цикл 34 - як у циклі 27. Цикл 35 - як у циклі 28, але час віджимання збільшено до 5 хвилин. Цикл 36 - контакти 13-Т і 14-Т блоку управління розмикаються, і напруга живлення знімається з ланцюга. Програму завершено. Як уже зазначалося, головним елементом електричного ланцюга, його «мозковим центром», є пристрій керування. Цей пристрій складається з електроприводу, групи контактів і барабана із записаною програмою. Під час увімкнення електродвигуна, що приводиться в дію блоком керування, барабан починає обертатися, замикаючи (розмикаючи) ту чи іншу групу контактів через рівні проміжки часу, що призводить до ввімкнення (вимкнення) механічного вузла, необхідного в цей момент для дотримання технології прання. Порядок замикання контактів блоку управління є першим, і фактично вся програма, яка має бути взята до уваги при визначенні причини несправності, як описано вище.

2.3 Розробка структурної схеми керування автоматичної пральної машини

Блок-схема визначає роботу системи та основні функціональні частини електропривода. Її використовують для аналізу та синтезу електромеханічної системи електропривода на етапі розроблення та для загального розуміння роботи електропривода в експлуатації [9]. Проаналізувавши в попередньому розділі наявну систему автоматичного керування (САК), можна певною мірою сформувавши структуру САК, яку розробляють, урахувавши її суттєві недоліки. Як і в попередніх системах, керування швидкістю обертання ПЗД засноване на фазовому керуванні за допомогою тиристорного перетворення. Для ефективнішої роботи тиристорного перетворювача (ТП) він має бути синхронізований із живильною мережею (ММ), оскільки напруга живлення має синусоїдальну форму. Синхронізація забезпечується введенням у систему

блока синхронізації (БС), який чинить певний вплив на роботу ТП; задавального пристрою (ЗП), що використовується для встановлення потрібної швидкості обертання якоря УКД та її зміни в процесі роботи. Задавальний пристрій впливає на роботу тиристорного перетворювача за допомогою задавальної напруги U_3 . Однак для стабільної роботи АКП, її стійкості та якості необхідна наявність зворотного зв'язку за керувальними параметрами або параметрами, що пропорційно залежать від них. Датчики кутової швидкості обертання вала досить громіздкі, тому краще використовувати параметри, що залежать від кутової швидкості обертання. Це напруга на ЕРС якоря або струм, споживаний УЗД, зворотний зв'язок надходить на вхід системи і за допомогою позитивного коефіцієнта напруга зворотного зв'язку U_{33} підсумовується з напругою U_3 . Іншими словами, напруга, що керує регулятором, дорівнює $U_K = W - I_{zz}$. З огляду на описані вище структурні зв'язки між елементами АСУ, можна отримати блок-схему системи керування УКД, яку представлено на рисунку 2.1.



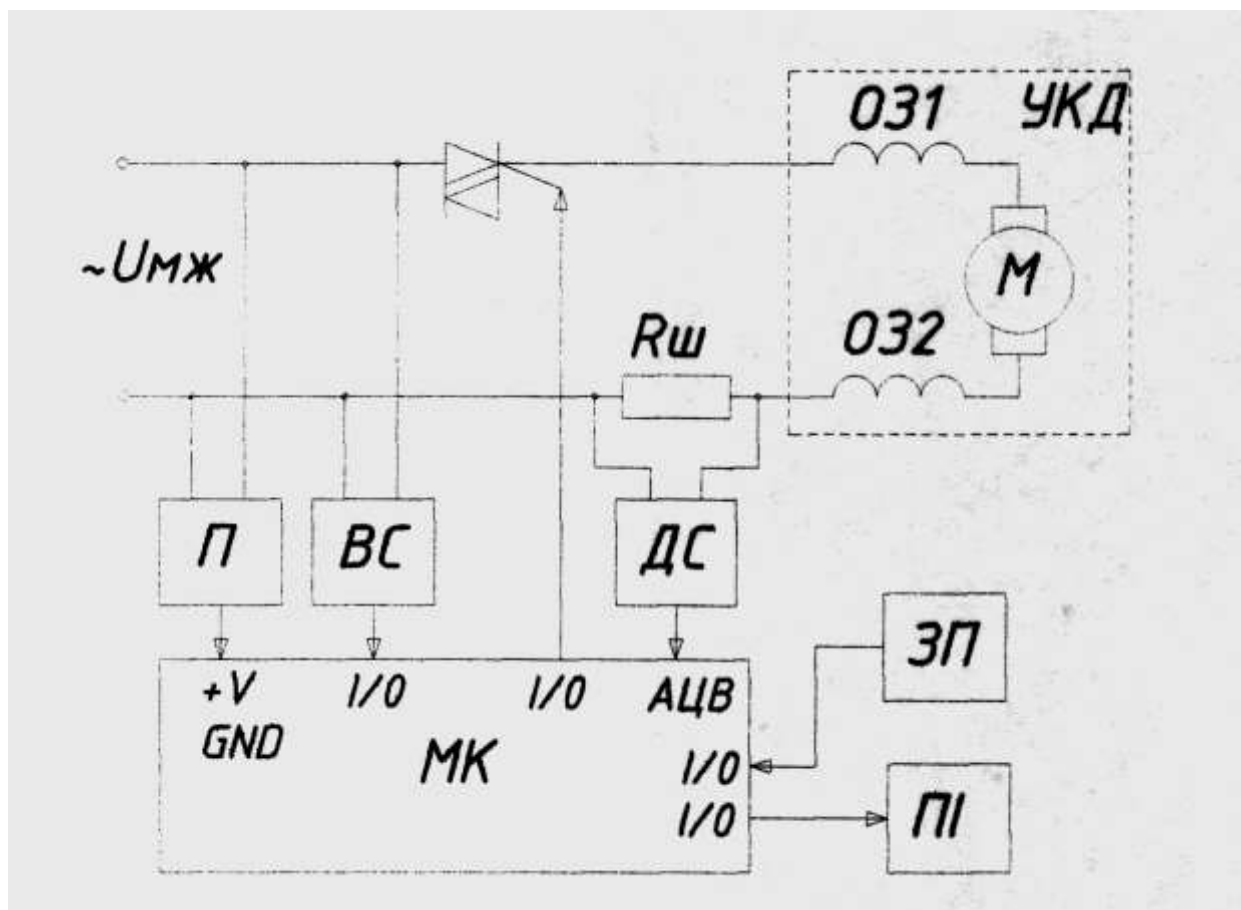
ТП - тиристорний перетворювач; Кзз - коефіцієнт зворотного зв'язку;
 ЗП - задаючий пристрій; ВС - вузол синхронізації; МЖ - мережа живлення;
 УКД - універсальний колекторний двигун.

Рисунок 2.1 - Структурна схема САК УКД

2.4 Розробка функціональної схеми керування автоматичної пральної машини

Функціональна схема ACS описує процеси, що відбуваються в окремих функціональних частинах приводу. Її використовують для вивчення принципів роботи елемента або системи, а також для налаштування, регулювання, контролю та ремонту. Побудова функціональної схеми зводиться до вибору функціональних вузлів, які найкращим чином визначають принцип роботи АКП. Таким чином, відповідно до створеної структурної схеми АСУ ДКР визначаються такі елементи. Одним із

функціональних вузлів системи є тиристорний перетворювач. З огляду на сучасні напівпровідникові прилади керування потужністю, які управляються за кутом відкриття фази, для змінного струму найкраще підходять симетричні тиристири (симістори). Вибір симісторів зумовлений тим, що для змінного струму відкривання контролюється як позитивною, так і негативною напівхвилями синусоїдального струму. Це дає змогу повністю використовувати потужність мережі -220 В [10]. Основою управління симістором, обробки сигналів зворотного зв'язку з урахуванням коефіцієнта передачі K_z , виконання функцій додаткових елементів і обробки синхронних сигналів із мережею живлення мають стати сучасні електронні елементи. Судячи з аналітичного огляду наявних АСУ, це мікроконтролер (МК). Він може отримувати інформацію від необхідних елементів, обробляти її відповідно до наявних залежностей і подавати на керуючий елемент (тиристорний перетворювач) у необхідній формі сигналу. Крім того, з урахуванням останніх досягнень мікроелектроніки, МК має властивості, що дають змогу програмувати алгоритми роботи АСУ, необхідні для сучасної побутової техніки. Функціональну схему АСУ УЗД на мікроконтролері наведено на малюнку 2.2.



МК- мікроконтролер; ДС - датчик струму; ВС - вузол синхронізації; ЗП - задаючий пристрій; Ш - пристрій індикації; П - перетворювач; УКД - універсальний колекторний двигун; 031, 032 - обмотки збудження УКД.

Рисунок 2.2 – Функціональна схема САК УКД на мікроконтролері

Тому МК повинен отримувати сигнал зворотного зв'язку, який далі обробляється відповідно до запрограмованих залежностей. Як уже згадувалося, як сигнал зворотного зв'язку ефективніше використовувати струм споживання УКД, який безпосередньо залежить від швидкості обертання якоря. Інакше кажучи, струм повинен постійно вимірюватися і подаватися на аналогово-цифровий вхід (АЦВ) МК. Вимірювання здійснюється датчиком струму (CS), який фактично являє собою падіння напруги на шунтувальному резисторі $R_{ш}$, що вимірюється МК. Блок синхронізації (SU) повинен виконувати функцію подачі сигналу на вхід (I/O) МК, коли синусоїдальна напруга мережі

електроживлення проходить через нуль. Це означає 100 разів на секунду за частоти мережі 50 Гц. Це необхідно для синхронізації перемикачів симістора в точно задані моменти зміни напруги живлення. Ще один сигнал, що впливає на роботу АСУ, - сигнал задавального пристрою (SD), який також подається на входи (I/O) МК. Це можуть бути кнопки для завдання швидкості, напрямку, режиму роботи тощо. Для індикації режиму роботи СКД використовується індикаторний пристрій (ID), наприклад, сигнальна лампа або 7-сегментний дисплей. Необхідні сигнали формуються МК відповідно до програми роботи УКП і подаються на його виходи (I/O). Для використання МК в УКУ необхідно створити окремий функціональний елемент для його живлення. Для цього необхідно встановити перетворювач напруги (ПН) з 220 В змінного струму на 5 В постійного.

2.5 Вибір типу мікроконтролера системи керування автоматичної пральної машини

Це пов'язано з тим, що від нього безпосередньо залежить робота, якість, зручність програмування і ціна АКП. Серед відомих виробників мікроконтролерів загального призначення найвідомішими є Atmel і Microchip. Це пояснюється тим, що вони не дорогі, доступні для придбання та мають широку документацію щодо їхнього устрою та програмування [11]. Для початку необхідно проаналізувати призначення МК в АСУ ТП і визначити вимоги до його апаратної конфігурації та функціональності. Його оптимальний вибір дасть змогу заощадити кошти на будівництво АСУ. Вимоги до МК для побудови АСУ:

- 6-8 виводів для керування та зв'язку (керування симістором, конфігурація датчиків, індикація режиму роботи АСУ);

- 1 аналого-цифровий перетворювач (АЦП) для побудови датчика струму (зворотного зв'язку);

- 1 зовнішній для побудови блока синхронізації канал переривання; - особливих вимог до частоти роботи MCU не висувають, бо частота процесу керування становить 100-200 Гц (через частоту мережі 50 Гц).

Згідно з вимогами, MCU має бути 8-розрядним з АЦП і зовнішніми каналами переривань. Найкращим вибором є мікроконтролери Atmel, які є дещо дешевшими від мікроконтролерів Microchip і мають RISC-структуру: на відміну від CISC, вони мають скорочений набір інструкцій і підвищену продуктивність.

У довіднику [6, с. 284] наведено список наявних мікроконтролерів Atmel та їхні параметри.

Найкращим вибором є мікроконтролер Atmega8, який має 28 виводів, 23 з яких - порти. Об'єм пам'яті програм сягає 8 Кбайт. Параметри цього МК наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Параметри мікроконтролера Atmega8

Флеш, Кбайт	EEPROM, Кбайт	SRAM, байт	Fmax, МГц	Vcc, В	8/16-біт таймери	АЦП	Компаратор	перериван-	Вбудований генератор
8	0.5	1024	16	2.7...5.5	2/1	8	+	2	+

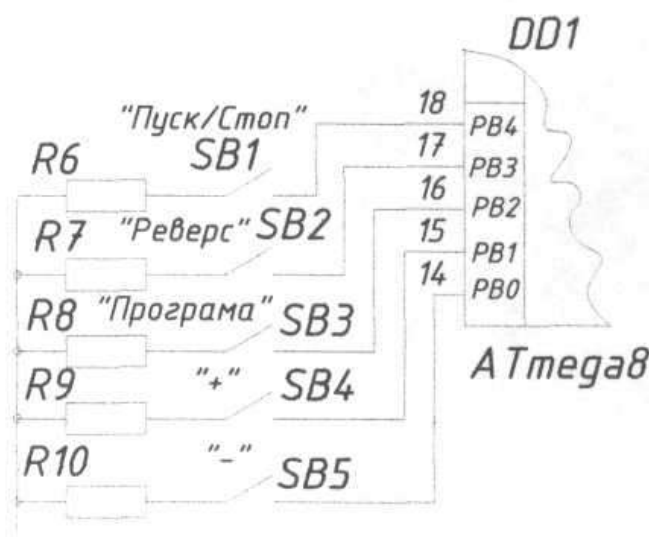


Рисунок 2.5 – Принцип побудови задаючого пристрою САК УКД

Пристрій індикації складається з трьох сигнальних світлодіодів (VD4 - VD6), що відображають режим роботи ACS UCD. Перший світлодіод вказує на робочий режим, другий - на реверсивний, третій - на програмний. Світлодіоди VD4 - VD6 підсвічуються послідовно з обмежувальними резисторами R11, R13 і R14, під'єднаними до портів МК PC1 - PCZ (виводи 24 - 26 відповідно). Значення резисторів R11, R13 і R14 визначаються струмом як світлодіода, так і навантаження на порту МК DDL. Ще один вузол, не показаний на функціональній схемі, - вузол реверсу, тобто вузол, що змінює напрямок обертання вала двигуна. Це досягається за рахунок зміни з'єднання на кінці обмотки якоря.

У розробленій схемі АСУ УЗД автоматичний реверс досягається введенням у ланцюг якоря реле K1 і K2. Два контакти реле (один нормально розімкнутий, інший нормально замкнутий) змінюють з'єднання на кінці обмотки якоря і унеможливають коротке замикання. Використовується реле типу R2VVK з максимальним комутованим струмом 10 А. Контактими K1.1, K1.2 і K2.1, K2.2 керують котушки K1 і K2 відповідно, їх живлять постійною напругою 15 В через транзисторний ключ VT2 (КТ605Б) за сигналом порту

RV2 (вивід 2) МК DD1. Діод VD7 шунтує котушку під час виникнення проти-ЕРМ, у такий спосіб запобігаючи проходженню небезпечної напруги під час відкривання транзистора VT2. Для реверсу АПВ необхідно подати напругу на обидві котушки К1 і К2 реле, тому їх увімкнено паралельно, ними керує один ключ. Джерелом живлення всієї системи є мережа змінного струму (напруга ~ 220 В) від однофазної побутової мережі, але логічна частина АСУ (МК, електронні елементи) живиться постійною напругою 5 В. Крім того, для роботи реле потрібна постійна напруга 15 В. Тому для цієї АСУ необхідно створити перетворювач живлення.

У зв'язку з малим енергоспоживанням самої системи керування і для мінімізації АСУ використовується принцип параметричного регулятора напруги замість звичайного трансформатора (для АСУ з великою потужністю необхідно використовувати трансформаторний перетворювач і забезпечити гальванічну розв'язку від мережі). 220 В. Напруга живлення випрямляється діодом VD1 і частково послаблюється резисторами R1 R2 і R3 до рівня від +10В до +5В. Рівень пульсацій залежить від ємності конденсатора C1, завдяки чому має задовільну амплітуду. Цієї нестабільної напруги достатньо для живлення симісторної системи керування. Потім вона подається на параметричні стабілізатори R4, VD2 і C2.

Струм у діоді зенера задається сумарним опором резисторів R1, R2 і R3, що гасять. Таким чином, досягаються значення постійної напруги, необхідні для роботи елементів SAC на 5 В і 15 В. Живлення ІМС DD1 здійснюється подаванням постійної напруги +5 В на виводи 7 і 20 мікросхеми та «земляні» виводи 8 і 22; для згладжування пульсацій живлення між виводами +5 В і «земляними» виводами МК встановлено конденсатор CZ.

3 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ

3.1 Розрахунок розмірів прального барабану

- a) Маса білизни, що подається в повітря, M , кг;
- b) Питомий об'єм вологої тканини, $V_{\text{піт}}$, м³/кг;
- c) Коефіцієнт заповнення, K_z ;
- d) Коефіцієнт довжини барабана, K_L ;
- e) Питома продуктивність барабана, m , дм/кг;
- f) Коефіцієнт редукції, $K_{\text{рг}}$; безрозмірний коефіцієнт, що використовується для розрахунку конструктивних елементів барабана:

$$K_z = V_3 / V_6, \quad (3.1)$$

де V_3 - об'єм заповнений змоченою тканиною;

V_6 - внутрішній об'єм барабану.

Коефіцієнт довжини барабану K_L рівний відношенню довжини барабану до його діаметру:

$$K_L = L_6 / D_6, \quad (3.2)$$

де L_6 - довжина барабана;

D_6 - діаметр барабана.

Практика експлуатації визначила оптимальне співвідношення L_6/D_6 для барабанів із фронтальним завантаженням.

$$K_L = 0.4 \div 0.6$$

r_o - радіус від центру тяжіння на півкільця обечайки до вісі обертання;

$$m_o = K_o \cdot \rho_o \cdot (D_p + \delta) \cdot \delta \cdot H_p, \quad (3.10)$$

де K_o – коефіцієнт ослаблення, $K_o=0,6$;

ρ_o – густина матеріалу обечайки для сплаву АД- 1М, $\rho=2800 \text{ кг/м}^3$,

$$m_o = 0,6 \cdot 2800 \cdot 3,14(0,5+0,002) \cdot 0,002 \cdot 0,32 = 1,69 \text{ кг};$$

$$r_o = 4(D_p + \delta)/3 \cdot \pi \cdot 2, \quad (3.11)$$

$$r_o = 4(0,5+0,002)/3 \cdot 3,14 \cdot 2 = 0,106 \text{ м},$$

$$\omega_{\text{від}} = \pi\eta/30, \quad (3.12)$$

де η – частота оберту барабану, $\eta=760$;

$$\omega_{\text{від}} = 3,14 \cdot 760/30 = 80 \text{ с}^{-1},$$

r_p – внутрішній радіус ротора;

r_b – внутрішній радіус завантаження,

$$r_p = \frac{D_p + \delta}{2}, \quad (3.13)$$

$$r_p = \frac{0,5 + 0,002}{2} = 0,2501 \text{ м},$$

$$r_{\epsilon} = \sqrt{r_p^2 - \frac{(\phi' + 100) \cdot m_c}{100 \cdot \pi \cdot \rho_{\text{мб}} \cdot H_p}}, \quad (3.14)$$

де ϕ' - початкова відносна вологість, $\phi'=200$;

$\rho_{\text{мб}}$ - густина вологої білизни,

$$\rho_{\text{мб}} = \frac{\rho_0 \cdot m_c + \rho_m \cdot m_m}{m_c + m_{\text{мб}}}, \quad (3.15)$$

де ρ_0 - густина сухої білизни, $\rho_0=1500$ кг/м³;

ρ_m – густина миючого розчину, $\rho_m=1000$ кг/м³.

$$\rho_{\text{мб}} = \frac{1500 \cdot 4 + 1000 \cdot 8}{4 + 12} = 875 \text{ кг/м}^2.$$

Тоді внутрішній радіус завантаження:

$$r_{\epsilon} = \sqrt{0,2501^2 - \frac{(200 + 100) \cdot 4}{100 \cdot 3,14 \cdot 875 \cdot 0,32}} = 0,221 \text{ м.}$$

Знаходимо силу F_1 :

$$F_1 = \frac{1,8 \cdot 80^2 \cdot 0,114}{2} = 656 \text{ Н.}$$

3.2.2 Визначення величини сили F_2

$$F_2 = \frac{m_{\text{мб}} \cdot \omega^2 \cdot r_{\text{мб}}}{2}, \quad (3.16)$$

$$F_3=18 \cdot 80^2 \cdot 0,08 \cdot 0,0162=124\text{Н.}$$

Для обечайки барабана напруга розтягу σ_2 без врахування впливу дна і фланцю барабана визначаємо з вираження:

$$\sigma_2 = \frac{\sum F_{ц}}{2 \cdot \delta \cdot L_{б} \cdot K_o}, \quad (3.20)$$

$$\text{де } K_o = \frac{S - d_{отв}}{S};$$

S - крок отворів перфорації барабана, $S=0,015$ м;

$d_{отв}$ - діаметр отвору, $d_{отв}=0,005$ м.

$$K_o = \frac{0,015 - 0,005}{0,015} = 0,6;$$

тоді

$$\sigma_r = \frac{656 + 892,52 + 124}{2 \cdot 0,002 \cdot 0,32 \cdot 0,6} = \frac{1672,52}{3,84 \cdot 10^{-5}} = 43,5\text{МПа}$$

$$[\sigma_r]=90\text{ МПа} \text{ – для сплаву АД-1М, } \sigma_r \leq [\sigma_r].$$

3.3 Розрахунок параметрів приводу барабана

Під час розрахунку параметрів електроприводу барабана пральної машини враховується розрахунок потужності електродвигуна в режимі прання і в режимі віджимання. Приводний двигун вибирають виходячи з

					53

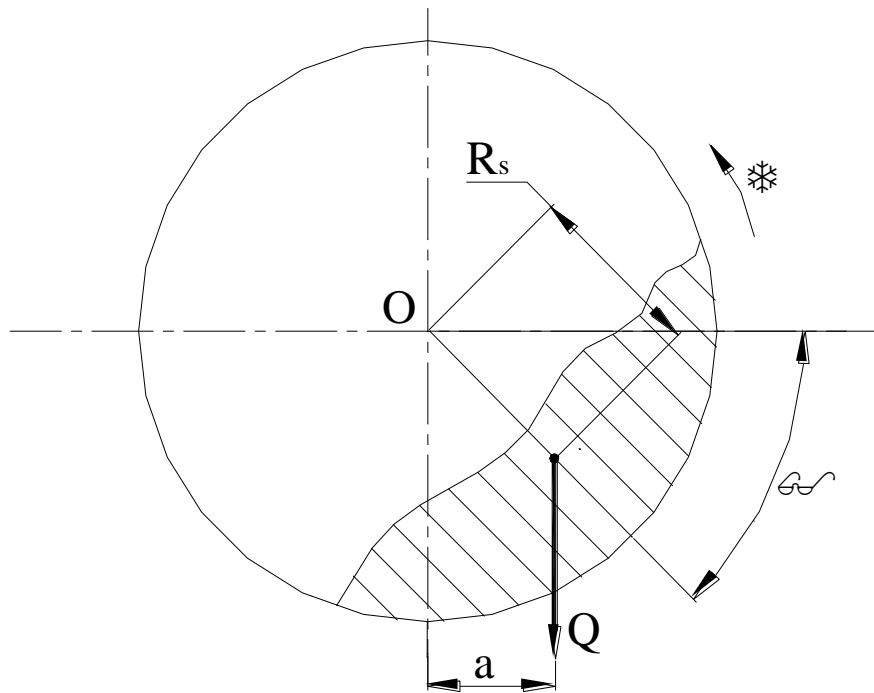


Рисунок 3.2 - Визначення положення центра тяжіння змоченої тканини в барабані

Об'єм, що займає змочена тканина рівний:

$$V_m = \frac{Q_{\sigma}}{j} + \frac{2,25Q_{\sigma}}{j_1}, \quad (3.22)$$

де $j = 1,5 \text{ кг/дм}^3$ – щільність тканини;

$j_1 = 1,0 \text{ кг/дм}^3$ – щільність миючого розчину.

З формули 3.22 знаходимо:

$$V_m = \frac{6}{1} + \frac{2,25 \cdot 6}{1,5} = 15 \text{ дм}^3.$$

I_M – момент інерції завантаженої в ротор мокрої білизни;

$T_n = 3 \div 10$ хв – тривалість пуску,

$$I_p = \frac{m_o \left[(r_p + \sigma)^2 + r_p^2 \right] + m_d (r_p \cdot \sigma)^2}{2}, \quad (3.31)$$

де m_d – маса дна ротора:

$$m_d = \rho_o \frac{\pi (D_p + 2\sigma)^2 \sigma_d}{4} = 7800 \frac{3,14 (0,5 + 2 \cdot 0,002) \cdot 0,002}{4} = 3,55 \text{ кг},$$

$$I_p = \frac{5,05 \left[(0,2501 + 0,002)^2 + 0,0675 \right]}{2} + \frac{3,55 (0,2501 + 0,002)^2}{2} = 0,49 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$I_{m\sigma} = \frac{m_{m\sigma} (r_p^2 + r_e^2)}{2} = \frac{17,875 (0,2501^2 + 0,221^2)}{2} = 0,96 \text{ кг} \cdot \text{м}^3,$$

$$N_H = \frac{(0,49 + 0,375 \cdot 0,96) \cdot 135^2}{2 \cdot 10} = 774 \text{ Вт}.$$

Потужність на здолаття тертя вала в підшипниках,

$$N_{mp} = [m_p + m_{m\sigma}] \cdot g \cdot \omega \cdot r, \quad (3.32)$$

де r – радіус валу, $r = 10 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$,

$$m_p = 5,05 + 3,55 = 8,6 \text{ кг},$$

$f = 0,2 \div 0,3$ – коефіцієнт тертя в підшипниках вала барабана,

$$N_{mp} = (8,6 + 15) \cdot 9,81 \cdot 135 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 0,2 = 62 \text{ Вт.}$$

Потужність витрачаємо на здолаання тертя барабана в повітрі:

$$N_{\rho} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{\rho} \cdot \omega^2 \left[D_{\rho}^5 \left(1 + 5 \frac{L_B}{D_{\rho}} \right) + D_{\rho} \left(1 + 5 \frac{L_{\rho}}{D_{\rho}} \right) \right], \quad (3.33)$$

де $\rho_{\rho} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – щільність повітря,

$$N = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 135^2 \left[0,5^5 \left(1 + 5 \frac{0,32}{0,5} \right) + 0,48^5 \left(1 + 5 \frac{0,32}{0,48} \right) \right] = 25 \text{ Вт.}$$

Пускова потужність двигуна барабана:

$$N_n = N_n + N_{тр} + N_{\rho}, \quad (3.34)$$

$$N_n = 774 + 62 + 25 = 860 \text{ Вт.}$$

Прийнято $N = 0,9 \text{ кВт}$.

За результатами розрахунку для роботи пральної машини ПМА-6 було обрано двошвидкісний струмознімальний електродвигун типу ПСК-80-2 виробництва Чехії

Технічні характеристики електродвигуна ПСК-80-2:

номінальна напруга 220 В

частота струму 50 Гц Макс.

потужність при $n=60 \text{ хв}^{-1}$ 220 В

Макс. потужність при $n=1200 \text{ хв}^{-1}$ 700 В

Маса 5,5 кг

Габарити 160x130x50

3.4 Розрахунок та вибір керуючих елементів САК УКД

Розрахувати керуючі елементи АСУ, тобто симистор VS1, оптичний синхронний симистор U2, обмежувальний резистор R20 гілки керування, обмежувальний резистор R18 гальванічної розв'язки та резистор R15 порту обмеження навантаження PD2 МК Розрахункову схему для керуючих елементів АСУ ДКР наведено на рисунку 3.3.

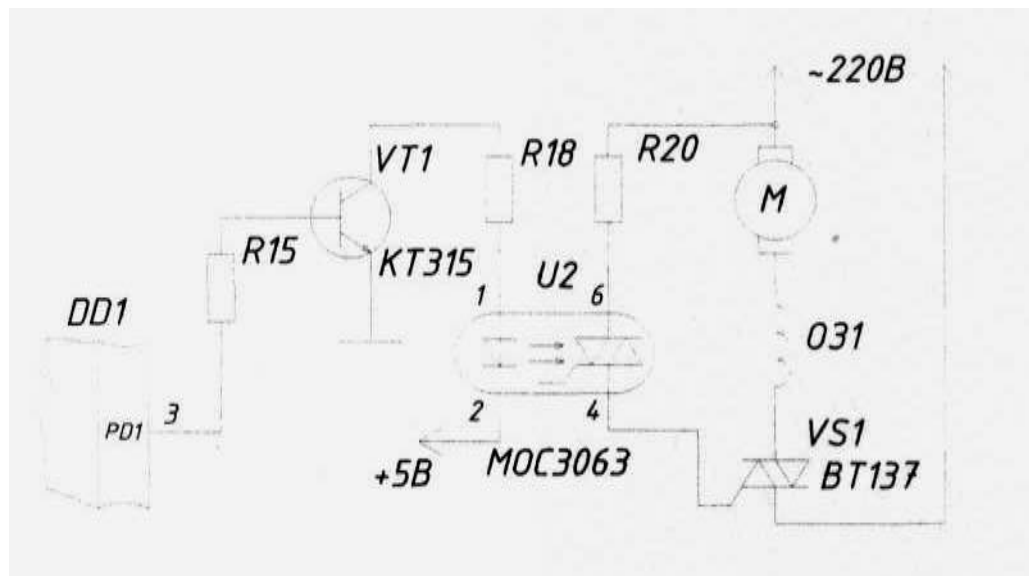


Рисунок 3.3- Розрахункова схема керуючих елементів САК УКД

Середня максимальна потужність: $P_{ср} = 1000$ Вт; номінальна напруга живлення: $U_H = 220$ В, тоді максимальний середній струм $I_{ср}$ становитиме:

$$I_{ср} = P_{ср} / U_H, \quad (3.35)$$

$$I_{ср} = 1000 / 220 = 4.55 \text{ А.}$$

де $I_{\text{ср}}$ - максимальний середній струм, А;

$P_{\text{ср}}$ - максимальна середня потужність, Вт;

$U_{\text{Н}}$ - номінальна напруга живлення, В.

Знайдемо піковий максимальний струм, що і визначає параметри пошуку симістора:

$$I_{\text{max}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ср}}, \quad (3.36)$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{2} \cdot 4,55 = 6,43 \text{ А.}$$

I_{max} - максимальний піковий струм А. Симістор Philips Semiconductors VT137 800E типу VS1 зі струмом керування 8 А і напругою 800 В обраний для задоволення розрахунку максимального пікового струму з достатнім запасом. Номінальний струм керуючого електрода становить $I_{\text{KVS}} = 10$ мА. Для задоволення цієї вимоги виберіть оптоістор U2 типу Motorola MOS3063 з максимальним струмом керування $i_{\text{KVt}} = 1$ А:

$$I_{\text{Kvt}} > I_{\text{KVS}}. \quad (3.37)$$

Обмежимо струм у вітці керування симістором за допомогою резистора R20, опір якого розраховується:

$$R_{20} = U_{\text{Н}} / I_{\text{KVS}}, \quad (3.38)$$

Де R20 - опір обмежувального резистора R20 (Ω), $U_{\text{Н}}$ - номінальне значення напруги (В), а I_{KVS} - номінальний струм керуючого електрода симістора VS1 (А). Рівняння (4.4) використовується для визначення опору обмежувального резистора R20:

Виберіть стандартну номінальну потужність: $P_{R18} = 0,0625$ Вт. Опір резистора R15 порту обмеження навантаження PD2 MCU розраховується за такою формулою

$$R_{15} = U_p / I_{HP}, \quad (3.42)$$

де R_{15} - опір обмежувального резистора R15, Ом; U_p - номінальна напруга на виході порту МК, В; I_{HP} - номінальний вихідний струм порту МК, А. Для типу МК Atmega8 $U_p = 5$ В; $I_{HP} = (10...20\text{мА})$, отже:

$$R_{15} = 5/0.01 = 500 \text{ Ом},$$

приймаємо $R_{15} = 1000$ Ом, тоді потужність P_{R15} резистора становитиме:

$$P_{R15} = (I_{HP})^2 \cdot R_{15}, \quad (3.43)$$

$$P_{R15} = 0.01^2 \cdot 1000 = 0.1 \text{ Вт}.$$

Обираємо стандартизований номінал потужності: $P_{R15} = 0.125$ Вт.

3.5 Розрахунок елементів зворотного зв'язку

Датчик струму у вигляді трансформатора струму ТА1 з резистором R21, під'єднаним паралельно вторинній обмотці, виконує функцію зворотного зв'язку і знімає напругу за допомогою аналого-цифрового перетворювача МК. Розрахуємо найпростіший датчик струму за розрахунковою схемою, наведеною на рис. 3.4.

Тому, щоб отримати трансформатор струму для вимірювання струмів до 5 А, необхідно намотати велику кількість витків. Для посилення сигналу датчика струму за напругою необхідний резистивний діляник напруги, що складається з резисторів R17 і R19. Резистори R17 і R19 мають бути однакової величини, що дасть змогу обмежити необхідний струм і збільшити сигнал на +2,5 В. Це резистор опором 470 Ом.

3.6 Розрахунок елементів інших вузлів

Іншим таким вузлом є опір вузла синхронізації R5. Враховуючи, що струм у фотодіоді оптопари III становить $I_{i1} = 10$ мА, а напруга мережі - U_M , значення опорів дорівнюють:

$$R_5 = 220/0.01 = 22000 \text{ Ом.}$$

Обираємо $R_5 = 20$ кОм.

Потужність P_{R18} даного резистора визначається:

$$P_{R_5} = 0.01^2 \cdot 20000 = 2 \text{ Вт.}$$

Також необхідно вибрати обмежувальні резистори для задатчиків і пристроїв індикації. Для пристроїв, що задають, резистори R6 - R10 визначаються фактичним струмом навантаження порту МС, тобто $I_p = 20$ мА за напруги $U_p = 5$ В, тобто:

$$R_{sb} = 5/0.02 = 250 \text{ Ом,}$$

приймаємо $R_{sb} = 270$ Ом, тоді потужність P_{sb} резисторів становитиме за формулою (3.43):

