

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

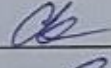
бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

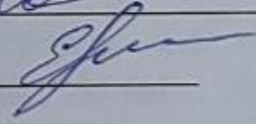
на тему «Удосконалення системи керування електроприводом
чесальної машини»

Виконав: студент 2 курсу, групи 201-пМЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Капштик С.В. 

(прізвище та ініціали)

Керівник Єрмілова Н.В. 

(прізвище та ініціали)

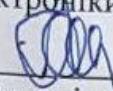
Рецензент Дрючко О.Г.

(прізвище та ініціали)

2
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматки,
електроніки та телекомунікацій


О.В. Шефер
«01» квітня 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРУ СТУДЕНТУ

Капштику Сергію Вікторовичу

1. Тема роботи «Удосконалення системи керування електроприводом чесальної машини»
керівник роботи Єрмілова Наталя Василівна, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від 08.12.2023 року
№ 1481/1–фа.
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.06.2024 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) технологічна документація на чесальну машину. Продуктивність установки 20-40 кг/год. Засміченість перероблюваних сумішей – до 5,5%. Частота обертання приймального барабана 640-800 об/хв. Провести удосконалення електропривода, забезпечити перерегулювання у межах 30 %, час регулювання не більше 0,5 сек.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Опис будови та функціонування машини. Аналіз недоліків електроприводу і постановка задачі на проектування. Розрахунок навантажень, вибір та перевірка вибору електродвигуна приводу головного барабана. Розробка структурної та принципової схеми керування електроприводом машини. Розроблення функціональної та принципової схеми ЕП живлячих циліндрів. Розроблення структурної схеми САК ЕП живлячих циліндрів. Визначення передавальної функції. Визначення якісних параметрів системи. Перевірка стійкості системи.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) загальний вигляд машини;
 - 2) структурна схема ЕП машини ;
 - 3) принципова схема ЕП машини;


- 4) функціональна схема ЕП живлячих циліндрів;
- 5) принципова схема блоку керування тиристорами ЕП живлячих циліндрів;
- 6) структурна схема САК ЕП живлячих циліндрів;
- 7) дослідження САК ЕП живлячих циліндрів.

6. Дата видачі завдання 01.04.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

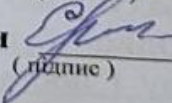
Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітки (плакати)
		Дата	Квартал	Відсоток	
1	Опис будови та функціонування машини. Аналіз недоліків електроприводу і постановка задач на кваліфікаційну роботу.	25.04.24	I	20%	Пл. 1
2	Розрахунок навантажень, вибір та перевірка вибору електродвигуна головного барабана. Розробка структурної схеми керування електроприводом чесальної машини.	08.05.24		40%	Пл. 2,3
3	Модернізація принципової схеми керування електроприводом чесальної машини.	23.05.24	II	60%	Пл. 4,5
4	Розроблення структурної схеми САК, визначення передавальної функції. Визначення якісних параметрів системи. Перевірка стійкості системи	30.05.24		80 %	Пл. 6
5	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра	10.06.24	III	100%	Пл. 7

Студент


(підпис)

Капшик С.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Єрмілова Н.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра

«Удосконалення системи керування електроприводом чесальної машини»

Робота містить 56 сторінок, 12 рисунків, 3 таблиці, 15 використаних джерел.

Ключові слова: чесальна машина, електропривод, швидкодія, стійкість.

В роботі проведено розрахунок та вибір двигуна головного барабана, проведена його перевірка на перевантажувальну здатність, яка дала позитивні результати. Також проведена модернізація принципової схеми керування електроприводом чесальної машини, розроблена функціональна схема електроприводу живлючих циліндрів. Розроблена схема блоку керування тиристорами, проаналізовано графіки її роботи. В роботі проведена оцінка якості та стійкості роботи модернізованого електропривода живлючих циліндрів, для чого розроблена структурна схема САК та розраховані її параметри. Отримані високі показники перехідного процесу, що забезпечують достатню швидкодію і стійкість системи керування електроприводом.

ABSTRACT

bachelor's qualification work

"Improvement of the control system of the electric drive of the carding machine"

The work contains 56 pages, 12 figures, 3 tables, 15 used sources.

Key words: combing machine, electric drive, speed, stability.

In the work the calculation and selection of the main drum engine was carried out, its overloading capacity was checked, which gave positive results. The basic control scheme of the electric drive of the combing machine was also modernized, and the functional scheme of the electric drive of the feeding cylinders was developed. The thyristor control block scheme was developed, its operation graphs were analyzed. The work evaluated the quality and stability of the modernized electric drive of the feeding cylinders, for which the structural diagram of the SAC was developed and its parameters were calculated. High indicators of the transition process were obtained, which ensure sufficient speed and stability of the electric drive control system.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Призначення чесальних машин	8
1.2 Прочісування та переробка бавовняної сировини	9
1.3 Будова та робота чесальної машини	10
1.4 Технічні характеристики чесальної машини ЧМС-450	15
1.5 Висновки до розділу	17
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	18
2.1 Розрахунок і вибір електродвигуна приводу головного барабану	18
2.2 Перевірка вибору електродвигуна	21
2.3 Попередній вибір редуктора живлючих циліндрів	26
2.4 Розрахунок і вибір електродвигуна живлючих циліндрів	27
2.5 Визначення навантажень приводу живлючих циліндрів	29
2.6 Аналіз систем керування електроприводом, що існують	31
2.7 Модернізація структурної схеми електропривода машини	34
2.8 Модернізація принципової схеми електропривода чесальної машини	36
2.9 Модернізація системи керування електроприводом живлючих циліндрів	38
3. ОЦІНКА ЯКОСТІ ТА СТІЙКОСТІ РОБОТИ ЕП	43
3.1 Розробка структурної схеми САК	43
3.2 Розрахунок параметрів САК	44
3.3 Оцінка якості роботи САК	48
3.4 Визначення стійкості САК	50
ВИСНОВКИ	54
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	55
ДОДАТКИ	57

ВСТУП

Актуальність теми. При пневмомеханічному способі прядіння до якісних показників стрічки пред'являються високі вимоги, особливо до засміченості і роз'єднаності комплексів бавовняних волокон.

Збільшення частки бавовни машинного збору підвищеної засміченості значно загострює проблем підвищення якості чесальної стрічки. Переробка такої бавовни характеризується підвищеною запиленістю, що створює значні труднощі під час пневмомеханічного прядіння. Збільшена запиленість волокна призводить до інтенсивного забивання пилом механізму чесальної і збільшує обрив пряжі.

В наш час промисловість виробництва текстилю зростає дуже повільно, так як електроприводи обладнання, а також схеми керування цим обладнанням є застарілими. Ознаками цього є доволі низька надійність обладнання; велика матеріалоемність, некомпактне його розташування, складне обслуговування і ремонт; недосконалість конструкцій текстильних машин, що призводить до частого виходу їх з ладу.

Розвиток науки і техніки передбачає тісну взаємодію науки з практикою, широке здійснення комплексної механізації і автоматизації виробництва, керування електроприводами на основі застосування мікропроцесорної та обчислювальної техніки. Цей прогрес у рівній мірі відноситься і до процесу прочісування бавовняних волокон. Процес передбачає широке впровадження нових технологій, нових систем керування електроприводами, що суттєво дозволить підвищити точність та якість прочісування бавовни і збільшити продуктивність. Дана проблема вирішується завдяки створенню нових автоматизованих систем очищення, корінним переоснащенням діючих підприємств, що значно підвищують якість роботи та продуктивність.

Метою даної роботи є удосконалення електроприводу чесальної машини шляхом переходу на новіші засоби технічного забезпечення текстильної промисловості, сучасні засоби автоматизації технологічного процесу.

Це дозволить підвищити якість очищення бавовни, точність виготовлення бавовняної стрічки, знизить об'єм браку та збоїв у роботі машини, звільнити працівників від ручної праці при мінімально можливих затратах.

Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити **наступні завдання:**

- розглянути недоліки чесальної машини та модернізувати електропривод даної моделі;
- провести перерахунок навантажень та обрати новий двигун приводу головного барабана;
- розробити нову систему автоматичного керування електроприводом живлючих циліндрів чесальної машини, що дозволить отримувати на виході стрічку потрібної якості та необхідної товщини з мінімальним відхиленням від заданого розміру;
- провести дослідження модернізованої системи на якість та стійкість.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення чесальних машин

На машинах розпушувально-тріпального відділу відбувається поділ бавовни на невеликі клаптики і з нього видаляються, головним чином, великі домішки і лише незначна частина дрібних домішок та пилу. Видалення дрібних домішок з бавовни та поділ клаптиків бавовни на окремі волокна досягається обробкою розпушеного волокна на чесальних машинах. Крім цього, на чесальних машинах відбувається часткове розпрямлення волокон і виділення з волокнистої маси найбільш коротких і мертвих волокон.

Таким чином, чесальна машина повинна здійснювати:

1. Роз'єднання клаптиків бавовни на окремі волокна;
2. Повне видалення сміттєвих домішок, вад волокна і пилу;
3. Повне видалення коротких та мертвих волокон;
4. Ретельне перемішування волокон;
5. Часткове розпрямлення волокон;
6. Перетворення полотна на стрічку.

На бавовняних підприємствах працюють чесальні машини різноманітних моделей: машини звичайного габариту Ч-450, ЧМ-450, ЧМС-450; машини малогабаритні ЧММ-450 та ЧМВ-450, модернізовані машини цих марок, а також їх модифікації. Окрім машин цих марок випускаються машини для поточкових ліній із безхолстовим живленням, наприклад ЧМС-БХ.

В даний час на чесальних машинах найбільшого поширення набули холстове та бункерне живлення. Холстове живлення застосовується для машин, що працюють поза потоком, бункерне харчування - для машин, що працюють у складі поточкових ліній.

На відміну від холстового, бункерне живлення в достатній мірі дозволило автоматизувати процес живлення та використовувати чесальні машини у безперервному потоці обробки бавовни до чесальної стрічки. Основна складність бункерного живлення полягає у забезпеченні рівномірної подачі бавовни від

загального волоконпроводу до окремих машин, що здійснюють технологічний процес переробки бавовни.

1.2 Прочісування та переробка бавовняної сировини

Для якісного виконання поділу клаптиків бавовни на окремі волокна необхідно робити її попереднє прочісування. Прочісувач є самостійною частиною чесальної машини (її вузлом) і призначений для попереднього розпушування - розділення клаптиків маси волокна на дрібніші групи волокон, звільнення їх від домішок рослинного і мінерального походження, що залишилися. Попередній прочісувач складається з групи валиків та барабанів різних діаметрів, обтягнутих пильчастою або голчастою стрічкою.

Розглянемо технологічні процеси, що відбуваються в попередньому прочісувачі.

– **Розпушування волокнистої маси.** Між двома сполученими робочими органами відбувається розтягування великих клаптиків на дрібніші клаптики, окремі групи та окремі волокна. Процес відбувається завдяки тому, що зубці гарнітури робочих органів прочісувача спрямовані в протилежні сторони і рухаються один щодо іншого, причому їх швидкості $v_2 > v_1$.

– **Знімання волокнистої маси.** Перехід волокна з одного робочого органу на інший має місце, коли зубці або голки на робочих органах спрямовані в один бік і за умови, що швидкість органу, що знімає, більше швидкості робочого органу (з якого знімається волокно).

Залежно від напрямку нахилу зубів або голок, номера та профілю гарнітури, напрямів обертання та відносної швидкості між двома робочими органами може здійснюватися частковий перехід волокон з одного робочого органу на інший з одночасним розпушенням (на більш дрібні групи) і перемішуванням.

Сторонні домішки видаляються відбійними валиками (за утворюючими валиками встановлені сталеві ножі-смуги) або нерухомими ножами, які встановлюються на малій (регульованій) відстані від поверхні барабана, що швидко обертається, з гарнітурою.

Потужність попереднього прочісувача визначається кількістю повторних операцій, тобто числом ліній розпушування, знімання волокна та видалення домішок. Кількість повторних операцій залежить від якості волокна, що переробляється, ступеня засміченості, довжини волокна і попереднього ступеня розпушування. У шляпочній чесальній машині, призначеній для переробки бавовняного і штапельного волокна, попереднє прочісування здійснює приймальний барабан у взаємодії з живильним циліндром і столиком, соровідбійним ножем і валиками, що розчісують.

Ускладненням переробки бавовни є наявність грудочок різноманітних розмірів, характеру та ступеню щільності. Ці недоліки виникають в процесі отримання, або в процесі переробки волокон на текстильних підприємствах внаслідок несправності обладнання, порушення технологічних процесів, поганої роботи персоналу, який обслуговує цей процес.

Наявність грудочок та смітєвих домішок у волокнах ускладнює технологічний процес переробки їх в прядінні, часто потрібна додаткова обробка, зменшується вихід пряжі та збільшується собівартість продукції. Крім того при недостатній очистці грудочки та домішки можуть бути зароблені в пряжу і, таким чином, погіршується її якість, а потім переходять у виріб, тканини та трикотаж, створюючи на них дефекти. Тому дефекти волокон потрібно обов'язково усувати.

Для видалення дефектів волокон застосовується спеціальне обладнання, до якого відноситься машина для вироблення бавовняної стрічки. В машині в процесі багатократного процесу проводиться розділення пучків волокон на окремі волокна. Також проводиться паралелізація та очищення волокон від смітєвих домішок, видаляється пух та різноманітні пороки та вузли.

Після переробки волокон на машині для вироблення бавовняної стрічки сировина потрапляє на прядильні верстати для подальшої переробки бавовняних або синтетичних волокон.

1.3 Будова та робота чесальної машини

Чесальна машина типу ЧМС – 450 використовується в бавовнопрядильному виробництві текстильної промисловості та призначена для очищення та

переробки волокон бавовни в стрічку при холстовому або бункерному завантаженні. Вигляд машини представлений на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Вигляд чесальної машини

Основними вузлами чесальної машини ЧМС – 450 є (рис.1.2) є: остов, вузол живлення (подачі сировини), вузол приймального барабану, головний барабан, механізм приводу та очищення шляпочного полотна, механізм розриву, розпушувальний валик, знімний барабан, механізм знімання, випускний стіл.

Остов машини складається з двох підсилених ребрами жорсткості рам, з'єднаних чотирма зв'язками. На основі змонтовані всі контрприводи та елементи натягування приводних ремнів.

З метою полегшення монтажу в остові встановлюються сопла видалення угарів з-під знімного барабану, головного барабану, приймального барабану та з'єднувальні сопла, а також нижня частина повітряних відводів системи знепилювання машини. Всі сопла підведені в камеру, з якої відсмоктуються усі угари, шляпочні паноси та пил в централізовану систему або в спеціальні ящики.

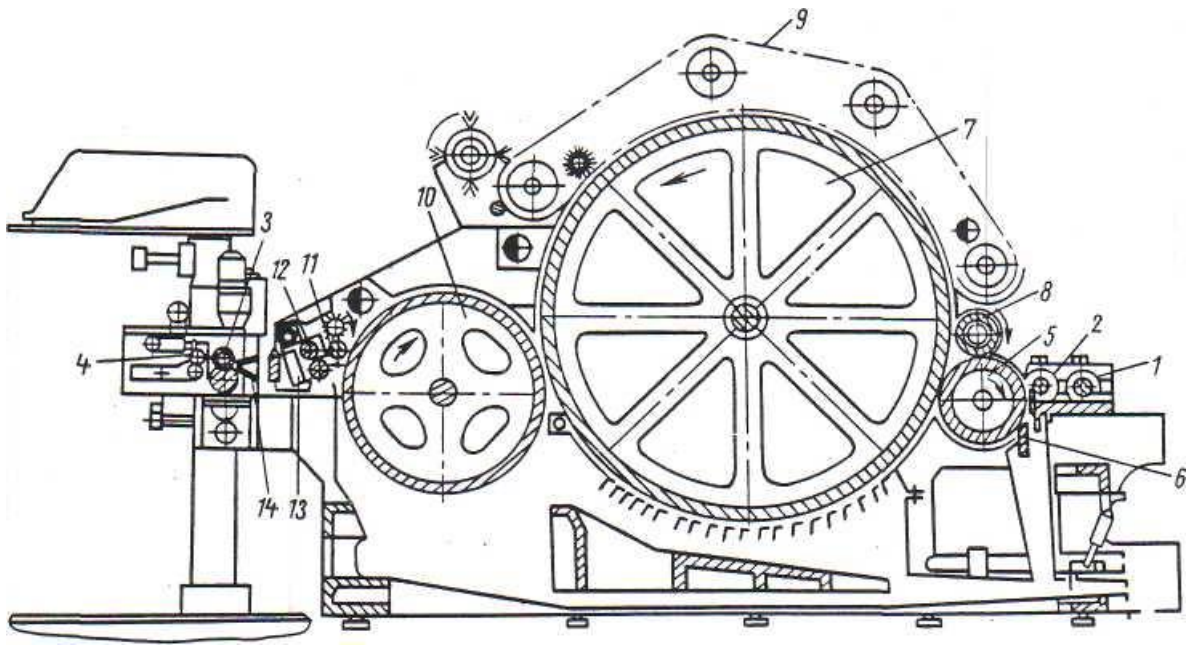


Рисунок 1.2 – Будова чесальної машини ЧМС – 450

(1,2 - живлючі циліндри, 3,4 – валики, 5,6 – вузол подачі сировини, 7 – головний барабан, 8 – валик, 9 – корпус, 10 – знімний барабан, 11,12 - механізм знімання, 13 - поперечний транспортер, 14 - формуюча воронка)

Шляпочні паноси видаляються пневматично через воздухопровід із сопла, котрий має з лівої сторони машини постійний повітряний піддув для кращого видалення паносів, що йде від крестовини, до якої підводиться стиснуте повітря.

Пил та пух, котрі виділяються при роботі машини, відсмоктуються постійно централізованим або груповим засобом через камеру з під кожуха знімного барабана через встановлені з обох боків машини повітровідводи.

Вузол живлення складається з живлячого столу та двох кронштейнів.

При роботі машини передній живлючий циліндр ущільнює шар бавовни, а задній живлючий циліндр прижимає шар бавовни до столу під дією чотирьох зібраних з тарільчастих шайб пакетів, котрі передають в межах від 75 і відповідно до 100 кг навантаження на кожний кінець живлючих циліндрів по ходу технологічного продукту.

На кронштейнах живлячого столу змонтовані важільні системи, призначені для подавання сигналу при утовщенні та утонченні шару бавовни на

мікроперемикачі зупинки машини. Вузол живлення кінематично вимикається поворотом маховика на мажорному валу.

Вузол приймаючого барабана призначений для попереднього розписування та очистки волокон від сміттєвих домішок. Зверху та знизу приймаючий барабан по своєму периметру має закріплені на щоках листові кожухи.

На закріплених кронштейнах встановлений сміттєвідбійний ніж, який регулюється по висоті болтами. Для торцевого ущільнення сміттєвідбійний ніж має тонкі пластини, які відхиляються.

Головний барабан є одним з основних робочих органів машини. Для приводу головного барабану з лівої сторони на валу встановлений плоский шків. Для передачі обертання черв'ячному редуктору привода шляпочного полотна і механізму очеса шляпок з правої сторони на валу встановлений шків.

По периметру головного барабану на торцевих радіально-регулюємих вкладках встановлені: задня плита, верхній ніж, відкидна плита, закладний ніж.

Знизу на радіально-регулюємих кронштейнах встановлена колосникова решітка, яка складається з двох частин.

Основним робочим елементом механізму привода та очищення шляпочного полотна є гребінь, який нахилено встановлений по відношенню до ширини шляпки. Гребінь отримує коливальний рух через встановлену на вісі важільну систему від ексцентрика, який знаходиться на шківі для привода черв'ячного редуктора. Для кращого відводу шляпочних очесів нижче гребня встановлений механізм розриву. Для кінцевої очистки шляпочного полотна вище гребня встановлений обтянутий гольчатою гарнітурою очистний валик.

Механізм розриву складається з гольчатої планки, яка здійснює коливальний рух, двох утримувачів, двох шатунів і тяги. Він призначений для розділення складного шару шляпочних очесів на окремі полоски за допомогою гольчатої планки, яка рухається відносно своєї вісі і має привід від щімки очищення шляпочного полотна.

Валик розпушувальний встановлений за допомогою кронштейнів на рамах машини з розводкою відносно гарнітури приймаючого та головного барабанів,

обертається в напрямку приймаючого барабану зі швидкістю , котра в два рази більше швидкості живлючого циліндра та служить для додаткового розпушування і вирівнювання шару волокнистої маси перед входом в зону чесання “головний барабан-шляпки”. Очистка валика здійснюється приймаючим барабаном. Валик розпушувальний складається з обійчатки, обтягнутої цільнометалевою пильчатою стрічкою, обмежувачем якої по ширині навивки є реборда.

Знімний барабан обертається в сферичних шарикопідшипниках, змонтованих в діаметрально-роз’ємних корпусах. Для привода знімного барабану з лівої сторони на валу встановлено циліндричне зубчате колесо. Для передачі обертання через карданий вал живлючому циліндру з правої сторони встановлене конічне зубчате колесо.

Знімний валик обтягнутий цільнометалевою пильчатою стрічкою, змонтованою на радіально-сферичних шарикопідшипниках, розміщених в щоки. Знімний валик приводиться в рух від нижнього давильного валу.

Давильні вали представляють собою два металевих циліндра з високою чистотою поверхні. Очистка давильних валів здійснюється раклями.

Основним робочими елементами поперечних параметрів є дві безканавочні гумові стрічки з продольними паралельними рифлями з внутрішньої сторони для утримання них на вертикальних роликах, котрі мають такі ж самі рифлі.

Прочіс знімається знімним валиком і прижимається давильними валами , котрі мають гвинтові канавки з метою покращення виводу прочосу поперечними транспортерами формуючими виходячий з жала давильних валів прочіс в стрічку, ліквідуючи, тим самим, трикутник прочосу, котрий піддається в залежності від коливань температурно-зволожуючого режиму порушенню і обриву.

Випускний стіл закріплений за допомогою болтів до рам. В столі встановлений на шарикопідшипниках привідний вал. Від привідного валу здійснюється привід стрічкоукладача.

В чесальній машині типу ЧМС – 450 при бункерному живленні застосовується вузол живлення з двома живлючими циліндрами 1 і 2 та регулятор щільності стрічки з парою валиків 3, що контролюють товщину стрічки, і

шаровий варіатор з витяжною парою валиків 4. При бункерному живленні бавовна потрапляє під задній живлючий циліндр 1, котрий має блокування на зупинку машини при утовщенні настилу бавовни, потім під передній живлючий циліндр 2; котрий має блокування на зупинку машини при утонченні настилу бавовни. Волокна, проходячи вищеописаний технологічний процес чесання після виходу з поперечного транспортера 13 потрапляють у формуючу воронку 14 регулятора щільності стрічки, після чого сформована стрічка проходить через контрольну пару валиків 3 і витяжну пару валиків 4.

1.4 Технічні характеристики чесальної машини ЧМС-450

Регулятор щільності стрічки має межі регулювання на змінення товщини стрічки до ± 20 %. Стрічка, проходячи регулятор щільності стрічки, йде через плющільні валики стрічкоукладача і укладається рівномірними кільцями в таз.

Розглянемо основні технічні характеристики машини ЧМС-450:

Робоча ширина машини, мм:	1020
Довжина перероблюваного волокна, мм:	
- середньоволокнистої бавовни	28/29÷35/36
- тонковолокнистої бавовни	33/31÷41/42
Продуктивність, кг/год:	
- для тонковолокнистої бавовни	20
- для середньоволокнистої бавовни	40
Засміченість перероблених сумішей, %	до 5,5
Лінійна щільність виробляємої стрічки, ктекс	
- для середньоволокнистої бавовни	5,55÷3,33
- для тонковолокнистої бавовни	4,45÷2,5
Частота обертання основних робочих органів	
барабана приймаючого, об/хв:	
- для середньоволокнистої бавовни	800
- для тонковолокнистої бавовни	640
барабана головного, об/хв:	

- для середньоволокнистої бавовни	400
- для тонковолокнистої бавовни	320
барабана знімного, об/хв:	
- робоча швидкість	18,22÷38,73
- заправочна швидкість	2,2÷4,67
Електродвигун:	
привода приймаючого і головного барабанів:	
- тип	1PL3096-7ДВ20
- потужність, кВт	0,15/1,5
- частота обертання, об/хв	350-2900
привода щітки очищення знімного валика:	
- тип	АПН-12-2
- потужність, кВт	0,27
- частота обертання, об/хв	2800
привода механізму зміни тари	
- тип	АПН-11-2
- потужність, кВт	0,18
частота обертання, об/хв	2800
Габарити зі стрічкоукладачем, мм	
- довжина	3788
- ширина	1970
- висота	1710
Маса, кг	4800

1.5 Висновки до розділу

Проаналізувавши принцип дії чесальної машини типу ЧМС – 450, а також її роботу на виробничому підприємстві, можна зробити висновки:

– на сьогоднішній час машина такої марки не може приносити потрібні прибутки підприємству, тому що існують набагато продуктивніші моделі. Обладнання машини ЧМС – 450 фізично та морально застаріле. Принцип дії окремих елементів машини також не дозволяє їй конкурувати із сучасними розробками;

– для того, щоб модернізувати дану модель, необхідно замінити старе обладнання на сучасне. Деякі елементи системи керування та автоматики потрібно замінити новими, більш сучасними;

– також необхідно розробити нову систему автоматичного керування електроприводом чесальної машини, що дозволить отримувати на виході стрічку необхідної якості й товщини з мінімальним відхиленням від заданого номеру;

– внаслідок проведення усіх оновлень підвищиться якість оброблення бавовни, зменшиться кількість збоїв та простоїв у роботі, це дозволить даній машині працювати на рівні сучасних моделей і бути економічно доцільною.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок і вибір електродвигуна приводу головного барабану

Вище було зазначено, що привод головного барабану чесальної машини призначений для подачі бавовняних волокон до пристрою чесання. Як відомо, тип електродвигуна вибирається з урахуванням ряду факторів, в першу чергу це:

- величини споживаної потужності;
- величини струму та напруги, на який працює даний двигун;
- призначення механізму, для якого проектується даний привод;
- обмеження за масою, габаритними розмірами та умовами роботи приводу;
- режим роботи й забезпечення відповідної механічної характеристики.

У даному випадку для виконання технологічного процесу електродвигун повинен забезпечувати тривалий режим роботи, графік якого зображено на рис.2.1.

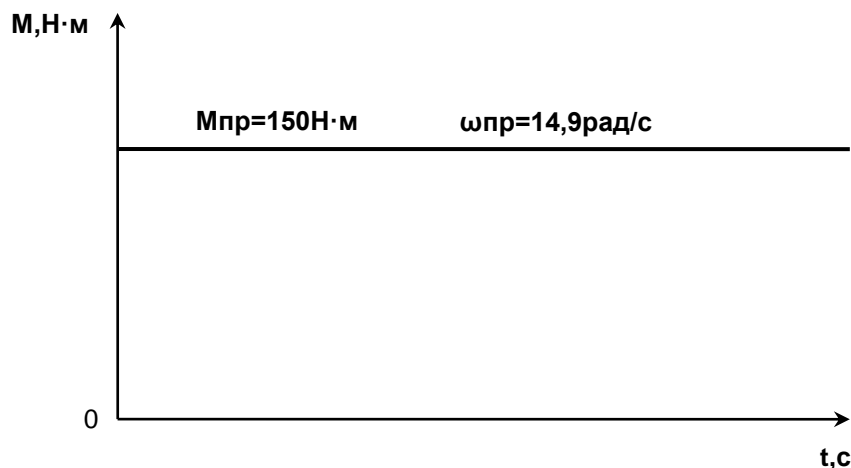


Рисунок 2.1– Графік навантаження електроприводу головного барабана

Пусковий момент $M_{\text{п}}$ повинен бути достатнім для забезпечення розгону механізму з певним прискоренням. Одночасно потужність електродвигуна не повинна бути надзвичайно великою, щоб високі прискорення не вплинули негативно на роботу окремих механізмів машини.

Спочатку визначимо корисну потужність [3], яка необхідна для приводу механізму за формулою:

$$P = M_{np} \cdot \omega_{np}, \quad (2.1)$$

де M_{np} – момент корисного опору на приводному валу за графіком навантаження, Н·м;

ω_{np} – кутова швидкість приведенного валу, c^{-1} .

Враховуючи характер навантаження, одержуємо:

$$P = 150 \cdot 14.9 = 2241 \text{ Вт.}$$

Необхідну потужність електродвигуна визначаємо за формулою:

$$P_{необх} = \frac{P}{\eta_{п.м}}, \quad (2.2)$$

де $\eta_{п.м}$ - коефіцієнт корисної дії передавального механізму, який визначається за формулою:

$$\eta_{п.м} = \eta_{п.п} \cdot \eta_{п.п} \cdot \eta_{п.п} \cdot \eta_{підш}, \quad (2.3)$$

де $\eta_{п.п}$ – ККД пасової передачі кожного валу ($\eta_{п.п} = 0,95$);

$\eta_{підш}$ – ККД підшипників.

Підставивши табличні значення вказаних елементів, отримаємо:

$$\eta_{п.м} = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,97 = 0,83.$$

Таким чином отримуємо потужність:

$$P_{необх} = \frac{2241}{0,83} = 2700 \text{ Вт.}$$

Номінальну потужність $P_{ном}$ встановлюваного електродвигуна визначаємо, з виходячи із співвідношення:

$$P_{ном} \geq P_{необх}.$$

Враховуючи, що електродвигуни змінного струму за масою на 50% легші та вимагають у 4,5 рази менших витрат міді порівняно з електродвигунами постійного струму, мають більшу надійність та більш високий ступінь захисту, було вирішено вибрати трифазний асинхронний електродвигун змінного струму з короткозамкненим ротором типу 4A100S4У3, як найбільш простий, надійний і дешевий, технічні дані якого наведені у табл. 2.1. Кінематичні і силові параметри привода головного барабана наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Характеристики електродвигуна 4A100S4У3

Параметр	Значення
1. Тип	4A100S4У3
2. Номінальна потужність, кВт	3
3. Номінальна частота оберт., об/хв	1435
4. Номінальний струм стат., А	6,7
5. ККД, %	82
6. $\cos \varphi$	0,83
7. Момент інерції, $кг \cdot м^2$	0,0087
8. $M_{II} / M_{НОМ}$	2
9. $M_{min} / M_{НОМ}$	1,6
10. $M_{max} / M_{НОМ}$	2,4
11. $I_{II} / I_{НОМ}$	6
12. Маса, кг	36
13. Виконання	IP54

Таблиця 2.2 – Кінематичні і силові параметри привода головного барабана

Параметр		Вал	Послідовність з'єднань елементів привода по кінематичній схемі	
			дв→ПП→ПП→ПП	
Потужність Р, кВт		1	3	
		2	2,85	
		3	2,707	
		4	2,242	
Частота обертання n, об/хв	Кутова швидкість ω, c^{-1}	1	1435	150
		2	915,9	95,9
		3	443,7	46,5
		4	158,2	16,5
Параметр		Вал	Послідовність з'єднань елементів привода по кінематичній схемі	
			дв→ПП→ПП→ПП	
Обертаючий момент М, Н·м		1	20	
		2	29,7	
		3	58,2	
		4	135,8	

2.2 Перевірка вибору електродвигуна

Для того, щоб упевнитись у правильності вибору електродвигуна, а також у стабільності його роботи проведемо розрахунок рівняння руху електроприводу головного руху.

У загальному випадку усі сили та моменти, які діють у передавальному механізмі, діляться на:

- зовнішні або ті, що задані;
- внутрішні або реакція зв'язків;
- власної ваги та інерції складових частин передавального механізму.

Рухомий момент $M_{рух}$, прикладений до ведучої ланки передавального механізму – це обертальний момент, який розвиває якір електродвигуна, він направлений у бік обертання ведучої ланки. Внаслідок дії навантаження, які сприймає виконавчий механізм робочого органу при виконанні своїх функцій, а також сил тертя, виникають сили і моменти опору рухів і електроприводу. Тому вони діляться на сили і моменти позитивного та негативного опору. Позитивні – виникають при виконанні технологічного процесу, вони прикладені до робочого органу машини, при цьому направлені проти переміщення точок їх прикладення. Негативні – виникають при відносному русі складових частин передавального механізму і їхня дія на потужність електропривода враховують головним чином безпосередньо коефіцієнти корисної дії.

В нашому випадку електропривод головного барабана машини працює в усталеному режимі, тому навантаження електродвигуна є статичним. А як відомо, статичне навантаження визначається статичним моментом навантаження M_c :

$$M_c = M_\delta = \frac{P_\delta}{\omega_\delta}, \quad (2.4)$$

де P_δ – номінальна потужність електродвигуна, Вт;

ω_δ – номінальна швидкість електродвигуна, c^{-1} .

При зміні кутової швидкості електроприводу збільшується або зменшується частота обертання вала електродвигуна, тобто настає перехідний режим роботи електропривода. У цьому режимі на вал приводного електродвигуна окрім статичного моменту M_c діє і динамічний момент

$$M_{дин} = I_{np} \frac{d\omega}{dt}, \quad (2.5)$$

де I_{np} – приведений до вала двигуна момент інерції, $кг \cdot м^2$.

Таким чином, основне рівняння руху електроприводу має вигляд:

$$M_{рух} - M_c = \pm M_{дин}, \quad (2.6)$$

де “ – ” – при гальмуванні;

“ + ” – при розгоні.

Динамічне навантаження електроприводу зумовлене силами інерції, які виникають при русі його складових частин з прискорення або гальмуванням. Робота, здійснюється силами інерції може бути додатня, від'ємна або рівна нулю і враховується при перехідних процесах в електроприводі при зміні швидкості руху [1].

Знайдемо цей момент M_c :

$$M_c = \frac{P_k}{\omega_d \cdot \eta_{ПМ}}, \quad (2.7)$$

де P_k – потужність приводного валу, Вт:

$$M_c = \frac{2242}{150 \cdot 0.83} = 18 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Як відомо:

$$I_{ПР} = I_1 + I_2 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 + I_3 \left(\frac{\omega_3}{\omega_1} \right)^2 + I_4 \left(\frac{\omega_4}{\omega_1} \right)^2; \quad (2.8)$$

де $I_1 - I_4$ – моменти інерції валів механізму, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$\omega_1 - \omega_4$ – кутові прискорення валів механізму, с^{-1} .

Звідси:

$$I_{ПР} = 35 \cdot 10^{-3}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

Для обчислення кутового прискорення визначаємо час пуску двигуна за формулою:

$$t_{\text{пуск}} = \frac{I_{\text{пр}} \cdot \omega_{\text{ном}}}{M_{\text{п}}}, \quad (2.9)$$

де $I_{\text{пр}}$ – приведений до валу двигуна момент інерції, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$

$\omega_{\text{ном}}$ – номінальна кутова швидкість вала двигуна, с^{-1} ;

$M_{\text{п}}$ – пусковий момент двигуна, Н·м.

$$M_{\text{п}} = \lambda \cdot M_{\text{н}}, \quad (2.10)$$

де λ – кратність пускового моменту до $M_{\text{н}}$,

M_H – номінальний обертовий момент двигуна, Н·м

Тоді:

$$t_{\text{пуск}} = \frac{35 \cdot 10^{-3} \cdot 150}{40} = 0,13 \text{ с.}$$

Як відомо, кутове прискорення можна визначити за формулою:

$$\xi = \frac{\omega_{\text{ном}}}{t_{\text{пуск}}} \quad (2.11)$$

Тоді:

$$\xi = \frac{150}{0,13} = 1051 \text{ с}^{-2}.$$

Знайдемо динамічний момент $M_{\text{дин}}$ за формулою (2.5):

$$M_{\text{дин}} = 35 \cdot 10^{-3} \cdot 1051 = 36,78 \text{ Н·м}$$

За основним рівнянням електропривода визначаємо рухомий момент, який розвиває двигун при пуску:

$$M_{\text{рух}} = k \cdot M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}, \quad (2.12)$$

де $M_{\text{ст}}$ - момент корисного опору, приведений до валу двигуна, Н·м;

$k = 1 - \eta_{\text{ПМ}}$ - коефіцієнт, який враховує втрати на тертя при пуску електропривода.

Тоді:

$$M_{\text{рух}} = (1 - 0,83) \cdot 18 + 36,78 = 39,8 \text{ Н·м,}$$

що менше за M_H , тобто:

$$M_{\text{рух}} = 39,8 \text{ Н·м} < M_H = 40 \text{ Н·м}$$

Таким чином видно, що двигун працює у нормальному режимі.

Перевіримо електродвигун на перевантаження. Перевірка двигуна виконується для можливих несприятливих умов експлуатації, коли напруга у мережі падає на 10% (це відповідає зменшенню обертового моменту двигуна на 19%), а навантаження досягає максимального значення.

Перевантаження і зупинка двигуна не відбудуться за умови:

$$M'_{\text{об.МАХ}} > M_{\text{Р.МАХ}}, \quad (2.13)$$

де $M'_{\text{об.МАХ}}$ - максимальний обертовий момент, який розриває двигун при несприятливих умовах експлуатації, розраховується за формулою:

$$M'_{\text{об.МАХ}} = 0,81 \cdot M_{\text{НОМ}} \cdot K_T, \quad (2.14)$$

де K_T - кратність максимального обертового моменту для вибраного електродвигуна.

Звідси:

$$M'_{\text{об.МАХ}} = 0,81 \cdot 20 \cdot 2,4 = 38,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Знайдемо $M_{\text{Р.МАХ}}$ - максимальний обертовий момент на валу двигуна, що створюється робочим навантаженням за формулою:

$$M_{\text{Р.МАХ}} = \frac{M_{\text{ПР.МАХ}}}{(u_{\text{ЗАГ}} \cdot \eta_{\text{ЗАГ}})}, \quad (2.15)$$

де $M_{\text{ПР.МАХ}}$ - максимальний обертовий момент на приводному валу робочого органу машини;

$u_{\text{ЗАГ}}$ - передаточне число між двигуном та робочим органом машини.

Звідси:

$$M_{\text{Р.МАХ}} = \frac{150}{9 \cdot 0,83} = 19,9 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Зробимо перевірку за умовою (2.13)

$$19,9 = M_{\text{Р.МАХ}} < M'_{\text{об.МАХ}} = 38,8.$$

Таким чином, перевірка електродвигуна за умовами перевантажувальній здатності дала позитивні результати. Тому можна вважати, що момент корисного опору не буде давати негативного впливу на працездатність двигуна на протязі його строку служби.

2.3 Попередній вибір редуктора живлючих циліндрів

Як було вказане раніше, призначенням живлючих циліндрів є ущільнення та притискання шару бавовни до столу під дією чотирьох зібраних з тарільчастих шайб пакетів.

Вибір типу редуктора робимо за умови:

$$M_m \geq M_{IP}, \quad (2.16)$$

де M_m - номінальний обертовий момент на тихохідному валу редуктора за каталогом, Н·м;

M_{IP} - розрахунковий тривалодіючий момент на тихохідному валу, Н·м.

$$U_{НОМ} \approx U_P, \quad (2.17)$$

де $U_{НОМ}$ - номінальне передаточне число редуктора;

U_P - розрахункове передаточне число редуктора.

Знайдемо U_P за наступною формулою:

$$U_{НОМ} = \frac{\omega_d}{\omega_T}, \quad (2.18)$$

де ω_d - номінальна швидкість обертання двигуна, рад/с;

ω_T - швидкість обертання тихохідного валу, рад/с;

Тоді:

$$U_{НОМ} = \frac{314}{0,5} = 628$$

Враховуючи обертовий момент на приводному валу $M_{np} = 550$ Н·м і швидкість обертання живлючих циліндрів за довідником [5] вибираємо хвильовий редуктор типу В3. Так, як необхідне передаточне число дуже високе, беремо два однакових редуктори і з'єднуємо їх послідовно.

Таким чином дані редуктора В3:

$U_{НОМ} = 625$ – номінальне передаточне число;

$M_T = 600$ Н·м – номінальний обертовий момент на тихохідному валу редуктора;

$n_g = 3000$ об/хв – частота обертання вхідного вала;

$m = 7$ кг – маса редуктора;

$\eta = 0,72$ – ККД редуктора.

2.4 Розрахунок і вибір електродвигуна живлючих циліндрів

У даному випадку привод живлючих циліндрів призначений для подачі шару бавовни до головного барабану машини для вироблення бавовняної стрічки, тому електродвигун повинен забезпечувати тривалий режим роботи, графік якого зображено на рис. 2.2.

При цьому потужність електродвигуна повинна бути достатньою для забезпечення оптимальної роботи живлючих циліндрів враховуючи всі навантаження.

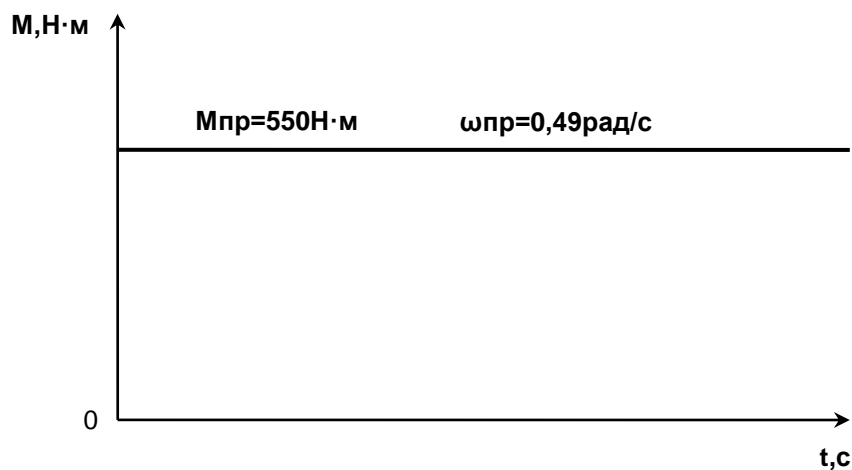


Рисунок 2.2 – Графік навантаження приводу живлючих циліндрів

Визначаємо корисну потужність, яка необхідна для приводу механізму живлючих циліндрів чесальної машини за приведеною раніше формулою (2.1):

$$P = 550 \cdot 0,49 = 269,6 \text{ Вт.}$$

Необхідну потужність електродвигуна визначаємо за формулою (2.2), попередньо розрахувавши коефіцієнт корисної дії передавального механізму, який визначимо за формулою:

$$\eta_{ПМ} = \eta_{хв.р} \cdot \eta_{ниду}, \quad (2.19)$$

де $\eta_{хв.р}$ - ККД хвильового редуктора;

$\eta_{підш}$ - ККД підшипників.

Тоді:

$$\eta_{ПМ} = 0,72 \cdot 0,97 = 0,69.$$

Визначимо необхідну потужність за формулою:

$$P_{необх} = \frac{P}{\eta_{ПМ}}, \quad (2.20)$$

де P – потужність на валу живлючих циліндрів, яка знайдена за формулою.

Тоді:

$$P_{необх} = \frac{269,6}{0,69} = 390,7 \text{ Вт}$$

Номинальну потужність $P_{НОМ}$ встановленого електродвигуна визначаємо за довідником [2], виходячи із співвідношення:

$$P_{НОМ} \geq P_{необх}. \quad (2.21)$$

До того ж швидкість обертання двигуна повинна бути достатньою, щоб відповідати передаточному числу вибраного раніше редуктора.

Враховуючи, що двигуни постійного струму забезпечують плавне регулювання швидкості у широких межах, мають відповідні механічні характеристики, дають змогу дістати достатню точність руху, тому вибираємо двигун постійного струму серії 2ПН90М УХЛ4 з вбудованим тахогенератором з наступними характеристиками:

Номинальна потужність $P_H = 0,55$ кВт.

Номинальна частота обертання $n_H = 3000$ об/хв.

Кратність максимального обертового моменту $\lambda_{МАХ} = 2,2$.

Кратність пускового обертового моменту $\lambda_{пуск} = 2,0$.

Момент інерції $I = 0.004$ кг·м².

Маса $m = 24$ кг.

Визначимо кінематичні і силові параметри привода живлючих циліндрів:

Потужність на валу двигуна: $P_H = 550$ Вт

Потужність на валу живлючих циліндрів: $P = 269,6$ Вт

Частота обертання на валу двигуна: $n_H = 3000$ об/хв.

Частота обертання валу живлючих циліндрів: $n_u = 4,7$ об/хв.

Кутову швидкість визначаємо за формулою:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}, \quad (2.22)$$

де n – частота обертання валу, об/хв.

Кутова швидкість на валу двигуна буде рівна:

$$\omega_H = \frac{3000 \cdot 2 \cdot 3,14}{60} = 314,15 \text{ рад/с.}$$

Кутова швидкість валу живлючих циліндрів:

$$\omega_u = \frac{4,7 \cdot 2 \cdot 3,14}{60} = 0,49 \text{ рад/с.}$$

Обертний момент двигуна розраховуємо за формулою:

$$M_{\text{об.}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\omega_{\text{НОМ}}}, \quad (2.23)$$

де $P_{\text{НОМ}}$ - номінальна потужність на валу двигуна, Вт;

$\omega_{\text{НОМ}}$ - номінальна кутова швидкість.

Тоді:

$$M_{\text{об.}} = \frac{550}{314,15} = 1,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Обертний момент на приводному валу визначаємо за формулою (2.23):

$$M_{\text{пр.}} = \frac{269,6}{0,49} = 550 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

2.5 Визначення навантажень привода живлючих циліндрів

Для складання рівняння руху електропривода живлючих циліндрів застосовуємо методику пункту 2.2.

Знайдемо статичний момент за формулою (2.7):

$$M_C = \frac{269,6}{314,15 \cdot 0,69} = 1,24 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Приводний момент інерції знайдемо за формулою (2.8):

$$I_{np} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Для обчислення кутового прискорення визначаємо час пуску двигуна за формулою (2.9):

$$t_{пуск} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 314,15}{3,5} = 0,44 \text{ с.}$$

Визначаємо кутове прискорення за формулою (2.11):

$$\xi = \frac{314,15}{0,44} = 628 \text{ с}^{-1}$$

Знайдемо динамічний момент $M_{дин}$ за формулою (2.5):

$$M_{дин} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 628 = 3,14 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

За основним рівнянням електропривода визначаємо рушійний момент, який двигун повинен розвивати при пуску за формулою (2.12):

$$M_{пyx} = (1 - 0,69) \cdot 1,24 \cdot 3,14 = 3,4 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

що менше пускового моменту, тобто:

$$M_{пyx} = 3,4 \text{ Н}\cdot\text{м} < M_{пуск} = 3,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Таким чином, можна вважати, що пуск двигуна забезпечений.

Проведемо перевірку двигуна на перевантаження за методикою п.2.2.

Знаходимо $M'_{\partial в. MAX}$ за формулою (2.14):

$$M'_{\partial в. MAX} = 0,81 \cdot 1,75 \cdot 2,2 = 3,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Знаходимо $M_{P. MAX}$ за формулою (2.15):

$$M_{P. MAX} = \frac{550}{625 \cdot 0,7} = 1,25 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Робимо перевірку за умовою (2.13):

$$M_{P. MAX} = 1,25 < M'_{\partial в. MAX} = 3,1$$

Таким чином, перевірка електродвигуна на перевантаження дала позитивний результат. Вибраний електродвигун має запас за температурою нагрівання при перевантаженні.

Вибраний у п. 2.3. редуктор хвильовий В3 вважаємо задовільним для приводу живлючих циліндрів. Умова (2.16) виконується:

$$M_m = 600 \text{ Н}\cdot\text{м} > M_{np} = 550 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Передавальне число $U = 625$ вважаємо задовільним.

2.6 Аналіз систем керування електроприводом, що існують

Як відомо, регулювати швидкість руху робочого органу виробничого механізму можна двома способами: зміною кутової швидкості приводного двигуна або зміною передаточного числа механічних передач, котрі встановлюються між двигуном та робочим органом [3]. Регулювання за рахунок зміни передаточного числа потребує встановлення коробки швидкостей, механічних варіаторів або інших пристроїв. При цьому способі, як правило, не вдається отримати плавного регулювання швидкості, до того ж ККД передачі є доволі низьким. По цим причинам регулювання швидкості намагаються здійснити регулюванням основної ланки перетворення механічної енергії – електродвигуна.

Регулювання швидкості, котре викликається ростом або зниженням навантаження, проходить у відповідності з властивостями механічної характеристики двигуна.

Можливі способи регулювання та керування в електроприводі підрозділяються на параметричні та автоматичні. Під параметричними способом розуміють зміну напруги, струму, частоти або іншого параметру шляхом встановлення нового значення, від котрого залежить механічна характеристика двигуна. Цей спосіб широко використовується в розімкнених системах електропривода, де зміна регулюємого параметру здійснюється автоматично в залежності від регулюємої величини за допомогою передбаченого для цієї мети зворотнього зв'язку, має місто автоматичне регулювання параметра, а регулюємий параметр буде здійснювати керуючий вплив.

Можливі три основних способи регулювання кутової швидкості двигунів постійного струму шляхом зміни: 1) зовнішнього опору в ланцюзі якоря двигуна; 2) магнітного потоку; 3) напругою, котра підводиться до якоря двигуна.

Зміна опору в ланцюзі якоря двигуна – спосіб регулювання, котрий часто називається реостатним, тому що в силовий ланцюг включаються резистори (реостати). Реостати повинні мати здатність проводити великі струми. Регулювання швидкості цим способом здійснюється при постійному моменті. Механічна потужність на валу двигуна зі змінням кутової швидкості буде знижуватись, а електрична буде незміною. Таким чином розглянутий спосіб регулювання відносно простий, але одночасно має наступні недоліки: при зниженні кутової швидкості охолодження двигуна погіршується, внаслідок чого статичне навантаження для запобігання перегрівання двигуна повинне бути знижене. А також для отримання низької швидкості в ланцюг якоря потрібно включати великий опір. Швидкість при незначних коливаннях навантаження нестабільна. При невеликих значеннях навантаження швидкість мало змінюється, навіть при включенні великих опорів.

Вказані недоліки дозволяють здійснювати регулювання швидкості лише у невеликому діапазоні. Також даний спосіб вимагає використовувати реостати великої маси для потужних двигунів [3].

Зміна магнітного потоку двигуна. Регулювання здійснюється зміненою струму збудження у двигуна незалежного збудження та шунтуванням обмотки опором шунтування у двигуна послідовного збудження. Так як магнітна система двигунів в номінальному режимі роботи насичена, то практично впливати на магнітний потік можливо тільки в напрямку його зменшення, в результаті чого кутова швидкість двигуна збільшиться. Цей спосіб простий та економічний, і тому дуже широко використовується, особливо для двигунів незалежного збудження. Плавність регулювання може бути достатньо високою. Даний спосіб відноситься до регулювання з постійною швидкістю. Діапазон регулювання для двигунів незалежного збудження $D_{\text{пв}} = 3:1 \div 8:1$.

Зміна напруги, котра підводиться до якоря двигуна є дуже поширеним способом регулювання швидкості двигуна [5]. Спосіб регулювання здійснюється, як правило, за допомогою регульованих джерел живлення: окремих, керованих електричних генераторів, керованих перетворювачів з використанням вентилів або тиристорів, електромагнітних або магнітних підсилювачів та інших пристроїв.

Напруга, котра підводиться на якір двигуна, як правило, змінюється в межах до номінального значення, а тому регулювання кутової швидкості можливе лише в сторону пониження від основної швидкості, котра визначається природньою характеристикою двигуна [3].

При змінненні електрорушійної сили перетворювача і, відповідно, напруги на якорі кутова швидкість двигуна змінюється пропорційно значенням живлючої напруги. Жорсткість характеристик залишається незмінною, так як опір ланцюга якоря двигуна не змінюється. У двигунів незалежного збудження кутова швидкість регулюється при номінальному магнітному потоку $\Phi = \Phi_{НОМ}$. Внаслідок цього в режимі навантаження двигуна струм в якорі при регулюванні швидкості не повинен використовувати роботу двигуна при перевищенні номінального значення.

Існують такі основні системи регулювання швидкості електропривода постійного струму: «генератор – двигун», де робочий двигун отримує живлення від електромагнітного перетворювача, котрий складається з керованого генератора постійного струму і двигуна, що обертає генератор; та «керований перетворювач - двигун», де двигун отримує живлення від керованих статичних перетворювачів [1].

Перевагою регулювання швидкості зміненою напруги за допомогою перетворювачів є той факт, що для зміни ЕРС перетворювача необхідно впливати не на параметри головного (силового) ланцюга, а на параметри ланцюга керування пристрою – струм збудження в електромагнітному перетворювачі, кут регулювання вентилів в керованому статичному перетворювачі, струм підмагнічування в магнітному підсилювачі. Потужності цих ланцюгів набагато

менше потужності регулюємого двигуна, а тому питання про збільшення числа ступенів, тобто плавності регулювання швидкості вирішується просто.

Для живлення якірних ланцюгів та обмоток збудження двигунів постійного струму найбільше розповсюдження отримали тиристорні перетворювачі.

В даній системі додаткові затрати, котрі зв'язані зі встановленням керованого випрямляча, повністю окуповуються високою керованістю систем, які забезпечують можливість ефективного автоматичного керування усіма режимами роботи електропривода. Ці системи найчастіше використовуються в системах електропривода з автоматичним регулюванням. ККД даної системи вище, ніж у системі «генератор – двигун» та інших. Маса набагато менша, ніж в описаних вище системах.

Таким чином із розглянутих виконавчих пристроїв для слідкуючих систем найбільш простішим, економічним і дешевим для застосування у якості привода живлючих циліндрів машини для вироблення бавовняної стрічки є двигун постійного струму з регулюванням швидкості зміною напруги в ланцюзі якоря. Для реалізації такого способу регулювання швидкості застосуємо систему “тиристорний перетворювач – двигун”. Для цього потрібно розробити відносно нескладну схему керування в порівнянні з іншими, яка забезпечить достатню точність відпрацювання розузгодження, що буде надійніше і ефективніше для даного технологічного процесу. Для приводу інших ланок чесальної машини застосуємо асинхронні електроприводи.

2.7 Модернізація структурної схеми електропривода машини

Як було зазначено у технічних характеристиках електропривод машини ЧМС – 450 має у своєму складі п'ять електричних двигунів різної потужності, котрі приводять в рух окремі пристрої. В обертальний рух в машини для вироблення бавовняної стрічки приводяться такі основні частини як головний барабан, приймальний та змінний барабани, живлючі циліндри, щітка змінного барабану та механізм зміни тари, який вмикається при заповненні тари (рис.1.2).

Всі приводи, окрім привода живлючих циліндрів приводяться в рух асинхронними двигунами різної потужності, що мають спільний блок керування, в якому забезпечена їх оптимальна робота. Від одного двигуна забезпечується рух двох виконавчих пристроїв: головного та приймального барабанів. Рух від двигунів до робочих органів машини передається за допомогою передавальних механізмів (рис. 2.3).

На механізмі головного, змінного та приймального барабанів встановлені кінцеві вимикачі, котрі попереджають аварійні ситуації, які можуть виникнути у виробничому процесі. До них відносяться: обрив бавовняної стрічки, утончення, утовщення стрічки, забивання стрічководу та інші види захисту. Сигнали від вимикачів подаються до єдиного блоку автоматичного блокування та сигналізації, котрий живиться від блоку живлення змінного струму напругою 24В.

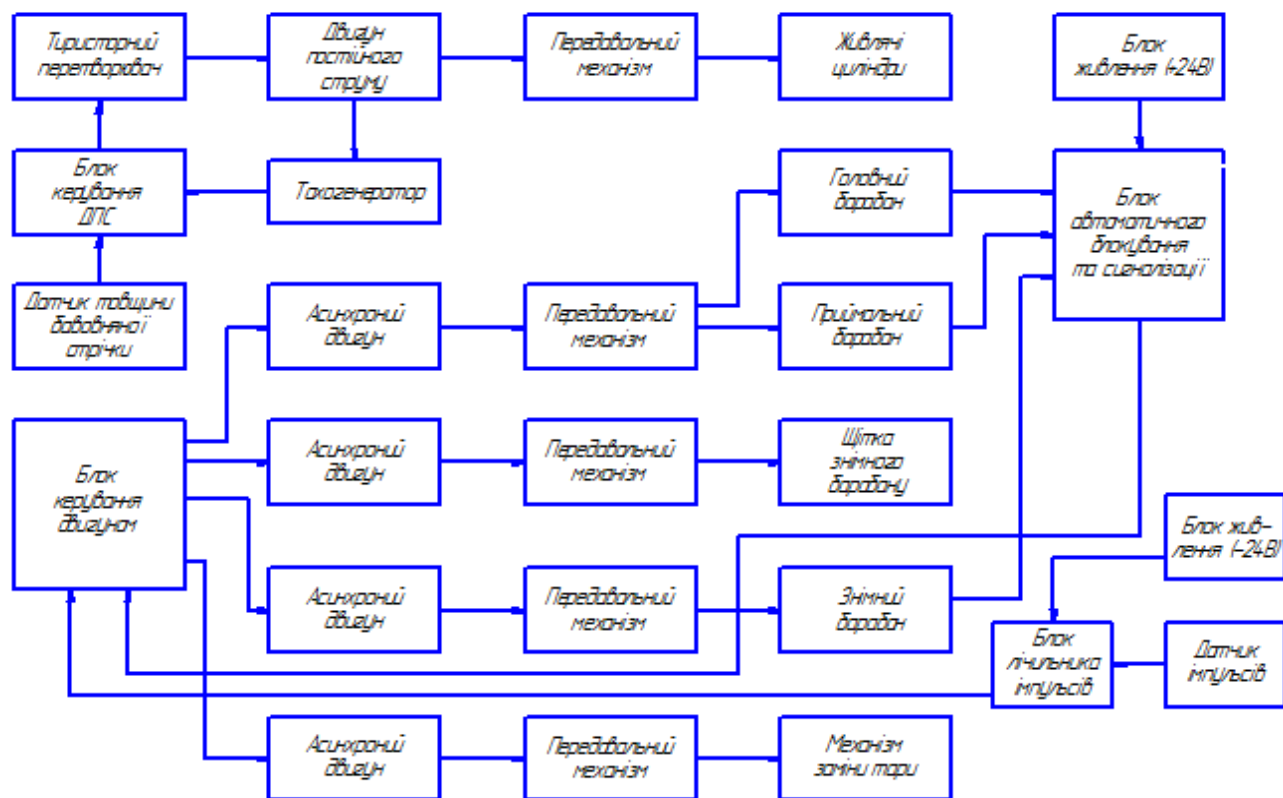


Рисунок 2.3 – Структурна схема електропривода чесальної машини

Механізм зміни тари також має окремий передавальний механізм. Асинхронний двигун механізму має зв'язок з блоком лічильника імпульсів, що

створює сигнал для вмикання двигуна. Після вмикання двигуна створюється поворот механізму і відбувається зміна тари. Блок лічильника імпульсів живиться від блоку живлення постійного струму напругою 24В.

Електропривод живлючих циліндрів працює від двигуна постійного струму, котрий має власну систему керування та регулювання швидкості. Регулювання швидкості здійснюється за рахунок сигналу датчика товщини бавовняної стрічки та сигналу тахогенератора.

2.8 Модернізація принципової схеми електропривода чесальної машини

Модернізований привод машини складається з п'яти двигунів. Привод головного барабану та приймального вузла машини здійснюється асинхронним електродвигуном типу 4А100S4У3, що було обрано в даній роботі.

Привод системи “живлення – випуск” здійснюється від асинхронного двохшвидкісного електродвигуна типу IPL3090–2АА та обраного двигуна постійного струму типу 2ПН90М УХЛ4, привод очищувального валика здійснюється від двигуна АПН–12–2. Привод механізму зміни тазу здійснюється від електродвигуна АПН–11–2. В момент заміни тазу час роботи електродвигуна дорівнює приблизно 1,5 сек.

На чесальній машині встановлюються дві електромагнітні муфти, одна на мажорному валу системи живлення, друга на столі системи випуску. Муфти забезпечують включення системи “живлення – випуск” в нормальному технологічному режимі та роз'єднання кінематичного приводу при вимиканні. На машині встановлений клапан для пневмовидалення угарів, керований від програмного пристрою груповою системою пневмовидалення угарів.

Розглянемо роботу модернізованої схеми (рис. 2.4).

Включення електродвигуна М2 привода знімного барабану здійснюється натисканням кнопки SB2, замикаються контакти магнітного пускача КМ3, у силовій частині, двигун починає рух на повільній швидкості. При натисканні SB4 двигун переходить на високу швидкість роботи за допомогою замикання

контактів магнітного пускача КМ4 у силовому ланцюзі двигуна. При чому включення високої швидкості можливо лише після включення повільної.

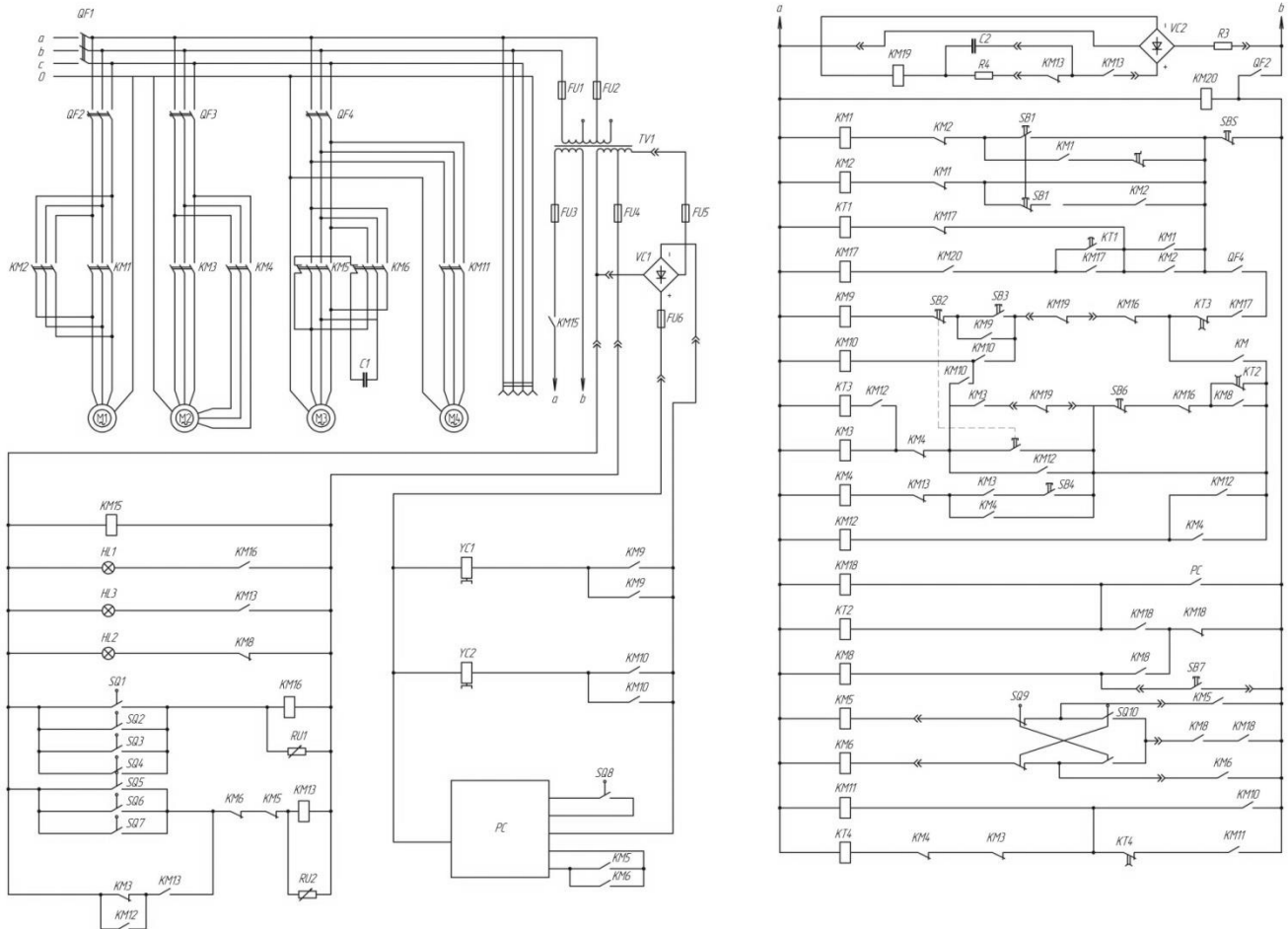


Рисунок 2.4 – Схема електрична схема принципова електроприводу чесальної машини

При спрацюванні технологічних блокувань за допомогою кінцевих вимикачів SQ2 при утовщенні стрічки, SQ4 при утонченні стрічки або обриву бавовняного холста, SQ6 при забиванні стрічководу, SQ7 при обриві стрічки, заживлюються магнітні пускачі КМ13 та КМ16. Замикаються контакти контакторів, які вмикають реле часу КТ3 для зупинки електродвигуна М2, замикаються контакти сигнальної лампи НЛ3. Таким чином, при включенні електродвигуна М2 на повільну швидкість за допомогою магнітного пускача КМ11 вмикається муфта живлення та двигун очищувального валика М4. Час зупинки очищувального валика відраховується реле часу КТ4.

Контроль за наповнюванням тари здійснюється за допомогою встановленого на машині трьохзмінного лічильника, котрий отримує імпульси від контактного датчику SQ1. При заповненні тари замикається SQ1, що вмикає магнітний контактор KM18, який в свою чергу за допомогою своїх контактів та магнітних пускачів KM5 та KM6 змінює напрям обертання приводного двигуна M3. Також вмикається сигнальна лампа HL2 “наповнення тари”.

2.9 Модернізація системи керування електроприводом живлючих циліндрів

Як вже було описане, електропривод з широким діапазоном регулювання можна отримати при використанні керованих напівпровідникових перетворювачів разом із пристроєм завдання швидкості та вузлами схем зворотніх з'язків.

Запропонована нами схема призначена для електроприводів невеликої потужності. В схемі використовується тиристорний перетворювач постійного струму (рис. 2.5). До схеми входять: блок регулювання, блок силових вентилів, дроселі L1, L2, двигун M з обмоткою збудження, тахогенератор, задатчик швидкості та силовий трифазний трансформатор.

Блок силових вентилів призначений для перетворення змінної напруги в регульовану випрямлену напругу. Він має анодну та катодну групи тиристорів, з'єднаних по трифазній силовій схемі, котра отримує живлення різної полярності і подає напругу на якір двигуна щоб здійснювати реверс. Тиристири живляться від вторинної обмотки силового трансформатора. Напівпровідниковий підсилювач призначений для підсилення сигналу розузгодження між задатчиком швидкості та фактичною кутовою швидкістю двигуна.

Система обмеження струму здійснює обмеження пускових та гальмівних струмів та конструктивно виконана в блоці напівпровідникового підсилювача. Система керування тиристорами призначена для формування імпульсів керування анодною та катодною групами. Тиристири керуються за погоджувальним способом, погоджуванням їх кутів регулювання α_2 , за законом $\alpha_1 + \alpha_2 = \pi$, де α_1 і α_2 – кути регулювання катодної та анодної груп вентилів. При такому способі

регулювання, якщо один з перетворювачів працює в випрямляючому режимі, то інший підготовлений до роботи в інверторному режимі і навпаки. Погоджувальний спосіб керування характеризується тим, що мають місця зрівнювальні струми в ланцюзі постійного струму. Для обмеження зрівнювальних струмів у блоці силових вентилів служать дроселі L1 та L2.

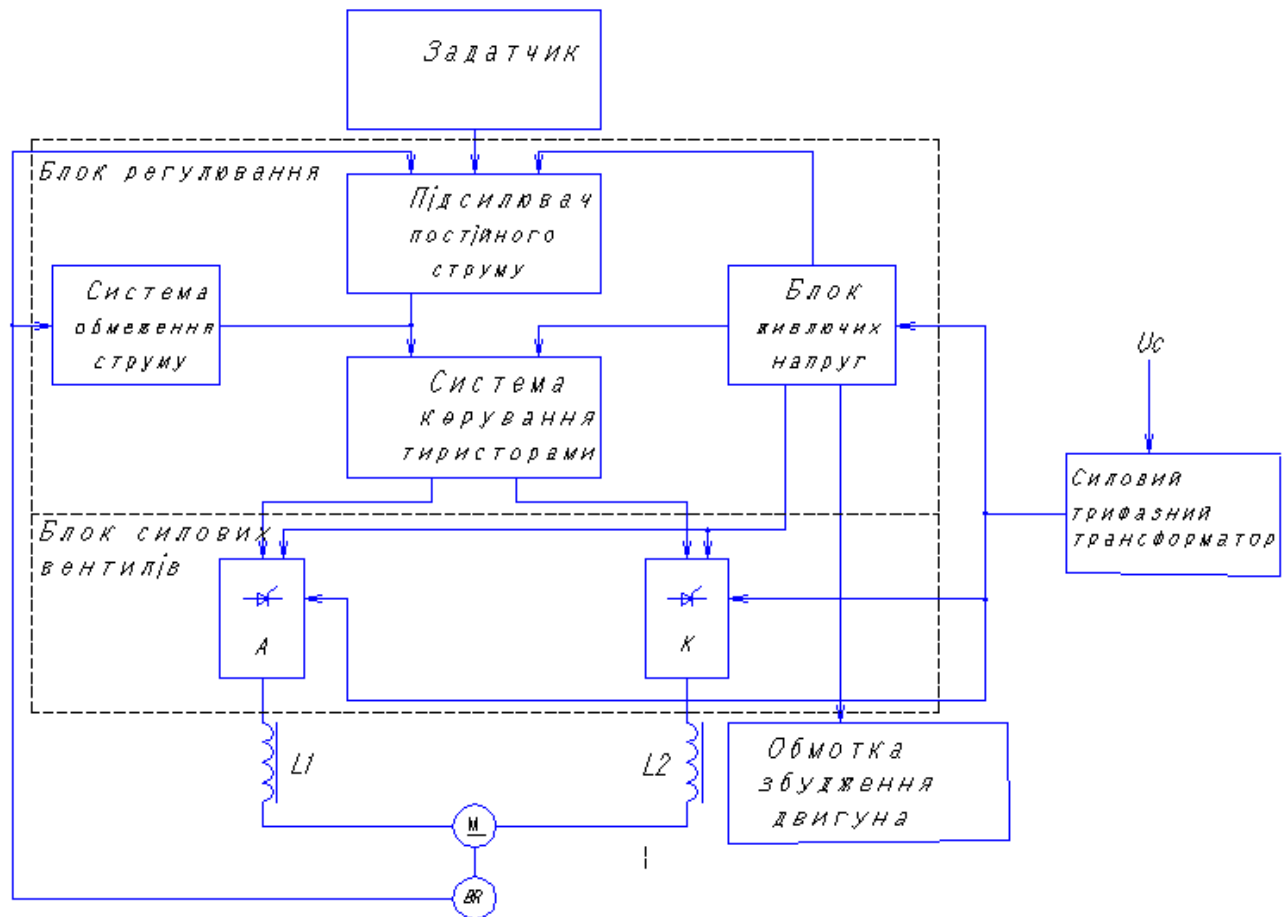


Рисунок 2.5 – Схема електрична функціональна ЕП живлючих циліндрів

Блок живлючих напруг призначений для живлення ланцюгів підсилення обмотки збудження двигуна і складається з чотирьох трьохфазних випрямлячів та стабілізаторів напруги. Задатчик швидкості складається з трьох опорів, один з яких є резистивним датчиком товщини стрічки, і призначений для встановлення необхідної швидкості двигуна живлючих циліндрів.

Система керування тиристорами (рис. 2.6 – показаний 1 канал) працює по вертикальному методу порівняння напруги постійного струму, котрий поступає з підсилювача, та розгортаючої синусоїдальної напруги.

Блок керування тиристорами складається з вузла додавання напруг керування, нуль – органу (блокуючого генератора, виконавчого на операційному підсилювачі DA4), інвертора DA3 та підсилювача потужності DA6. На вхід кожного каналу подаються від трансформатора, розміщеного в блоці живлючих напруг, три зсунутих по фазі на 120° відносно один одного синусоїдальних сигнали $U_{оп}$, амплітуда яких регулюється змінним резистором R28. Ланцюг R30, C38 є частиною фазозсувного пристрою та захисту від перешкод ланцюга і призначений для встановлення початкового кута керування тиристорами.

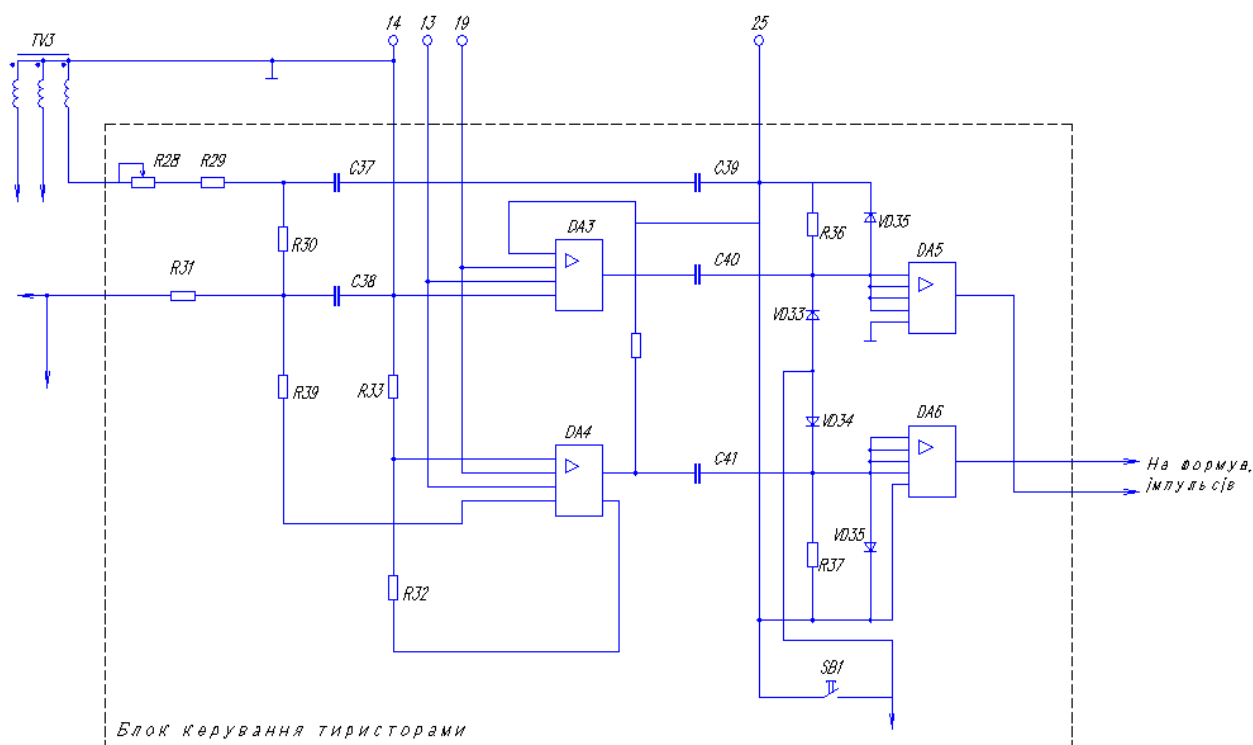


Рисунок 2.6 – Блок керування тиристорами

В точці А (рис. 2.7) складаються синусоїдальні напруги $U_{оп}$ та керуюча напруга постійного струму $U_{КЕР}$, котра потрапляє з виходу підсилювача П. Сумарний сигнал точки А подається на вхід підсилювача DA4. В залежності від значення та знаку $U_{КЕР}$ на виході DA4 змінюється ширина прямокутного імпульсів керування.

При $U_{КЕР} = 0$ на виході DA4 з'являється напруга прямокутної форми з однаковою шириною додатніх та від'ємних частин (рядок графіків III). Після диференціювання конденсатором C40 на вході підсилювача DAS (точка В)

з'являються два різнополярних імпульси, розташовані так, що кут відпирання тиристора VS1 катодної групи $\alpha_1 = 90^\circ$ (рядок VIII, I). У відповідності з виразом $E_d = E_{d0} \cdot \cos \alpha$ (E_d – середня випрямлена е.р.с.; α – кут регулювання) напруга на виході випрямляча $U_{ВІХ} = 0$. Другий імпульс керування тиристорами (рядок IV) в системі не використовується.

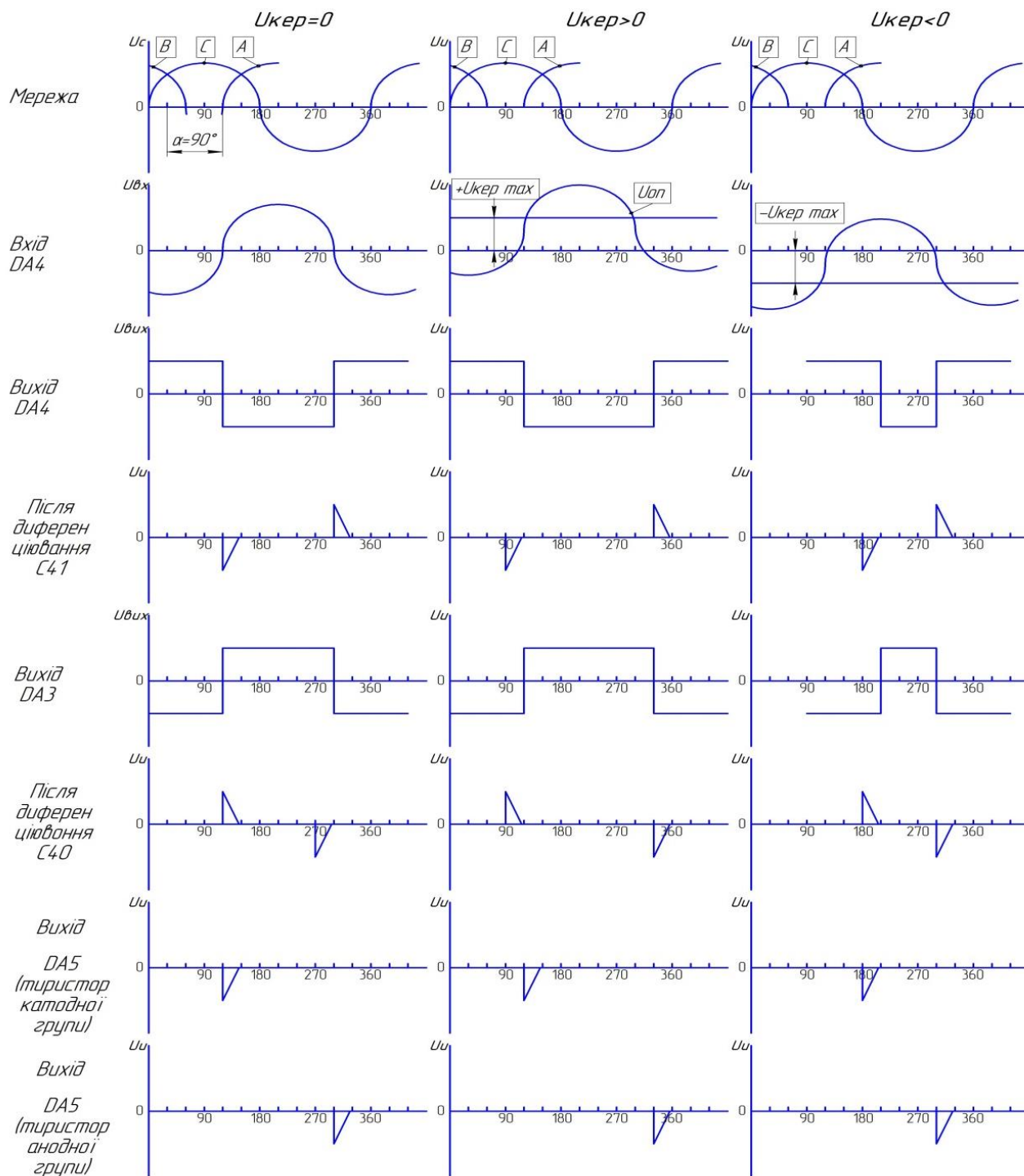


Рисунок 2.7 – Графіки роботи блоку керування тиристорами

Тиристор анодної групи VS4, призначений для відтворення закону узгодженого керування в зсуві куту відпирання відносно катодної групи на 180° , отримує імпульс від інверсного підсилювача DA3, вхід якого з'єднаний з виходом підсилювача DA4 через резистор R35.

Прямокутна напруга на виході DA3 (рядок V) диференціюється конденсатором C41 та підсилюється підсилювачем DA6. З виходу DA6 імпульс, зсунутий на 180° по відношенню до імпульсу катодної групи (рядок VIII), потрапляє на керуючий електрод VS4.

При керуючій напрузі синусоїда $U_{КЕР} > 0$ або $U_{КЕР} < 0$, яка розгортається до опорної напруги $U_{оп}$, піднімається або опускається (рядок II). Імпульси керування розсуваються або зсуваються, що відповідає закону погоджувального керування.

Якщо імпульси керування тиристорами зсуваються так, що зменшується кут відпирання, наприклад анодної групи, то збільшується випрямлена напруга на якорі двигуна. Кутова швидкість двигуна також збільшується.

При збільшенні навантаження на двигун його кутова швидкість зменшиться. Таким чином забезпечується надійне керування електроприводом.

3 ОЦІНКА ЯКОСТІ ТА СТІЙКОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Розробка структурної схеми САК

Розробленій системі автоматичного регулювання товщини бавовняної стрічки на виході чесальної машини ЧМС – 450 та стабілізації швидкості двигуна відповідає структурна схема, приведена на рис. 3.1.

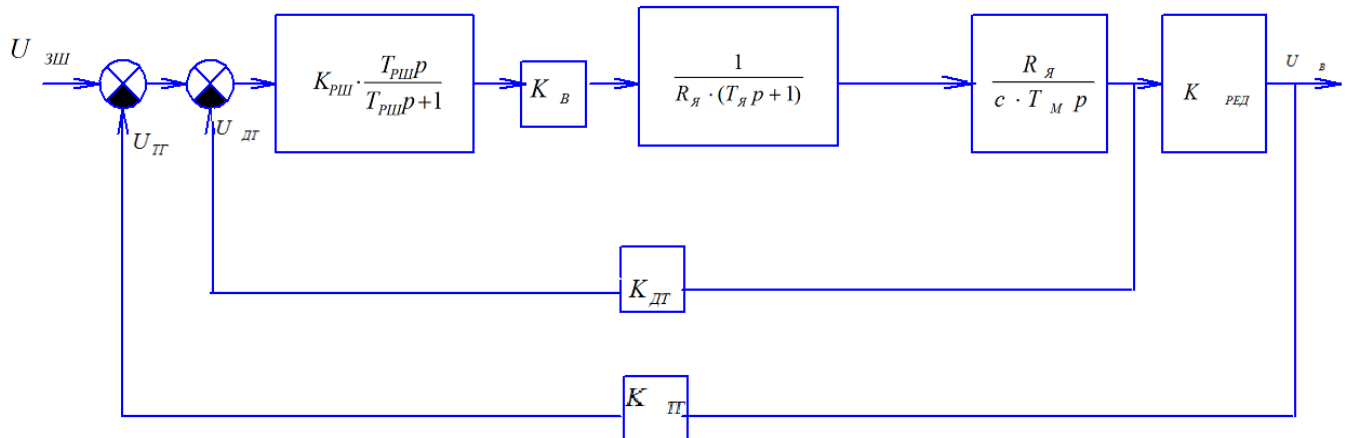


Рисунок 3.1 – Структурна схема САК електропривода живлючих циліндрів

Позначення на структурній схемі відповідають :

$U_{зш}$ – напруга завдання швидкості;

$U_{дт}$ – напруга датчика товщини стрічки;

$U_{тг}$ – напруга тахогенератора;

$U_{рш}$ – напруга на виході регулятора швидкості;

$U_{в}$ – напруга на виході керованого випрямляча;

$K_{рш}$ – коефіцієнт підсилення регулятора швидкості;

$T_{рш}$ – постійна часу регулятора швидкості;

$K_{в}$ – коефіцієнт підсилення керованого випрямляча;

$R_{я}$ – еквівалентний опір ланцюга якоря двигуна;

c – конструктивна постійна двигуна;

$T_{м}$ – електромеханічна постійна двигуна;

$K_{тг}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості;

$K_{дт}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку по товщині.

Дана замкнена автоматична система керування призначена для підтримання та регулювання швидкості електропривода. Система керування електроприводом живлючих циліндрів включає в себе такі елементи та пристрої: задатчик швидкості, елементи порівняння сигналів, регулятор швидкості, керований випрямляч, двигун, тахогенератор, редуктор, датчик товщини бавовняної стрічки.

Сигнали від тахогенератора та датчика товщини потрапляють на елементи порівняння, де вони складаються з сигналом задатчику швидкості. Результуючий сигнал потрапляє на регулятор, який, в свою чергу, формує сигнал для керованого випрямляча. Потрібна величина напруги потрапляє на якірну обмотку електродвигуна.

Якщо статичне навантаження збільшується, то кутова швидкість двигуна і напруга тахогенератора відповідно зменшуються. В результаті дії від'ємного зворотного зв'язку сигнал, який потрапляє з елемента порівняння збільшиться, що викликає збільшення напруги керованого випрямляча. Кутова швидкість двигуна збільшиться до заданого значення.

Якщо датчик товщини показує, що товщина стрічки збільшується, то спрацьовує від'ємний зворотній зв'язок. Сигнал потрапляє на елемент порівняння. Напруга на регуляторі зменшується, напруга керованого випрямляча зменшує швидкість двигуна.

3.2 Розрахунок параметрів САК

Розрахуємо параметри регулятора швидкості, коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості, параметри якірного ланцюга, редуктора та інші параметри структурної схеми.

Приведений до вала двигуна момент інерції згідно п.2.5 рівний:

$$I_{np} = 0,005 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Вибраний раніше двигун постійного струму має вбудований тахогенератор з параметрами $U = 220 \text{ В}$, $n_{\max} = 4000 \text{ об/хв}$.

Параметри настройки системи $A=0,823$; $B=0,2$; $C=0,7$.

Число фаз перетворювача $m=6$.

Визначимо коефіцієнт періодичності за формулою:

$$K_m = \frac{m}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{m}, \quad (3.1)$$

$$K_m = \frac{6}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{6} = 0,955.$$

Визначимо амплітуду лінійної напруги:

$$E_m = \sqrt{2} \cdot U_{\text{л}}, \quad (3.2)$$

для мережі 220В:

$$E_m = \sqrt{2} \cdot 220 = 311 \text{ В}$$

Амплітуда опорної напруги рівна 10 В.

Визначимо коефіцієнт підсилення керованого випрямляча за формулою:

$$K_\epsilon = \frac{K_m \cdot E_m}{U_{\text{он}}} \cdot \pi, \quad (3.3)$$

де K_m – коефіцієнт періодичності;

E_m – амплітуда лінійної напруги, В;

$U_{\text{он}}$ – амплітуда опорної напруги, В.

$$K_\epsilon = \frac{0,955 \cdot 311}{10} \cdot \pi = 93,3.$$

Активний опір якоря двигуна, приведений до температури 80°C , визначаємо за формулою:

$$R_{\text{дв}} = 1,24 \cdot (r_{\text{я}} + r_{\text{дн}}), \quad (3.4)$$

де $r_{\text{я}}$ – опір якорної обмотки двигуна при температурі 15°C , Ом;

$r_{\text{дн}}$ – опір додаткових полюсів двигуна при температурі 15°C , Ом.

Тоді :

$$R_{\text{дв}} = 1,24 \cdot (3,99 + 2,55) = 8,1 \text{ Ом.}$$

Активний опір силового трансформатора, приведений до вторинної обмотки

$$R_{\text{мп}} = 0,11 \text{ Ом.}$$

Індуктивний опір силового трансформатора, приведений до вторинної обмотки, буде рівним

$$X_{mp} = 0,275 \text{ Ом.}$$

Приведений активний опір трансформатора знайдемо за формулою:

$$R_{mp.np.} = 1,75 \cdot R_{mp} + \frac{3}{\pi} \cdot X_{mp}; \quad (3.5)$$

$$R_{mp.np.} = 1,75 \cdot 0,11 + \frac{3}{\pi} \cdot 0,275 = 0,455 \text{ Ом.}$$

Еквівалентний опір якорного ланцюга визначаємо за формулою:

$$R_{я} = R_{\partial\partial} \cdot R_{mp.np.} \quad (3.6)$$

$$R_{я} = 8,1 \cdot 0,455 = 8,55 \text{ Ом.}$$

Індуктивність трансформатора визначаємо за формулою:

$$L_{mp} = \frac{X_{mp}}{\omega_0}; \quad (3.7)$$

де ω_0 – кутова частота мережі живлення:

$$\omega_0 = 2\pi \cdot f,$$

$$\omega_0 = 2\pi \cdot 50 = 314 \text{ с}^{-1}.$$

тоді:

$$L_{mp} = \frac{0,275}{314} = 0,000876 \text{ Гн.}$$

Еквівалентна індуктивність якорного ланцюга:

$$L_{я} = L_{\partial\partial} + L_{mp}$$

$$L_{я} = 0,082 + 0,000876 = 0,082876 \text{ Гн.}$$

Електромагнітну постійну часу визначаємо за формулою:

$$T_{я} = \frac{L_{я}}{R_{я}}, \quad (3.8)$$

підставивши значення індуктивності та опору якорного ланцюга отримаємо:

$$T_{Я} = \frac{0,082876}{8,55} = 0,0096 \text{ с}$$

Електромеханічну постійну часу визначаємо за формулою:

$$T_M = \frac{I_{np} \cdot L_{Я}}{c^2}, \quad (3.9)$$

де c – коефіцієнт, що згідно (п.2.12) рівний 1.225 В/с.

$$T_M = \frac{0,003 \cdot 8,55}{1,225^2} = 0,017 \text{ с.}$$

Коефіцієнт зворотнього зв'язку по швидкості знайдемо за формулою:

$$K_{зш=} = \frac{E_{mг}}{E_{дв}}, \quad (3.10)$$

де $E_{mг}$ – напруга тахогенератор, В;

$E_{дв}$ – відповідна напрузі тахогенератора електрорушійна сила двигуна.

$$E_{дв} = n_{mг} \cdot C_e, \quad (3.11)$$

де C_e – конструктивний коефіцієнт двигуна, який знаходимо за формулою:

$$C_e = \frac{U_{НОМ} - R_{дв} \cdot I_{НОМ}}{n_{НОМ}}, \quad (3.12)$$

де $U_{НОМ}$, $I_{НОМ}$, $n_{НОМ}$ – номінальні параметри двигуна.

$$C_e = \frac{220 - 8,1 \cdot 14}{3000} = 0,0355 \text{ В/об/хв};$$

$$E_{дв} = 4000 \cdot 0,0355 = 142,1 \text{ В.}$$

Підставимо, отримані значення в (3.10) і отримаємо:

$$K_{mг=} = \frac{220}{142,1} = 1,54.$$

Резонансну частоту системи вибираємо $\omega_p = 150$ рад/с.

Коефіцієнт підсилення регулятора швидкості визначаємо за формулою:

$$K_{рш=} = \frac{A \cdot T_M \cdot c \cdot T_{Я}}{0,49 \cdot K_e \cdot K_{mг} \cdot 6}, \quad (3.13)$$

де A – параметр настройки системи;

c – коефіцієнт рівний 1,225 згідно попередніх розрахунків.

$$K_{p_{\text{ш}}} = \frac{0,823 \cdot 0,017 \cdot 1,225 \cdot 0,0096}{0,49 \cdot 93,3 \cdot 1,54 \cdot 6} \cdot 150^2 = 0,06$$

Постійну часу регулятора визначаємо за формулою:

$$T_{p_{\text{ш}}} = \frac{A \cdot c}{B \cdot \omega_p}, \quad (3.14)$$

де A, B, C – параметри настройки системи.

Тоді:

$$T_{p_{\text{ш}}} = \frac{0,823 \cdot 0,7}{0,2 \cdot 150} = 0,0192 \text{ с.}$$

Згідно паспортних даних на резистивний датчик товщини стрічки SOB1 коефіцієнт передачі $K_{\text{дм}} = 32$.

3.3 Оцінка якості роботи САК

Серед відомих методів дослідження електромеханічних систем в даний час широкого поширення набув метод комп'ютерного моделювання.

Для моделювання розробленої системи керування електроприводом подачі бавовни чесальної машини використовуємо пакет прикладних програм Matlab, що є досить універсальним і орієнтованим на розрахунок перехідних процесів в неперервних, дискретних, дискретно-неперервних, лінійних і нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних системах. Перехідні процеси можуть бути побудовані як у функції часу так і у фазовій площині. Результат розрахунків може виводиться у вигляді таблиці або графіка, причому можна отримувати вихідний сигнал на виході будь-якої ланки модельованої системи.

За допомогою моделюючої програми досліджуємо реакцію системи на вхідну задавальну дію у вигляді одиничної ступеневої функції $U_s = 1$. Отриманий графік перехідного процесу зображено на рис.3.2.

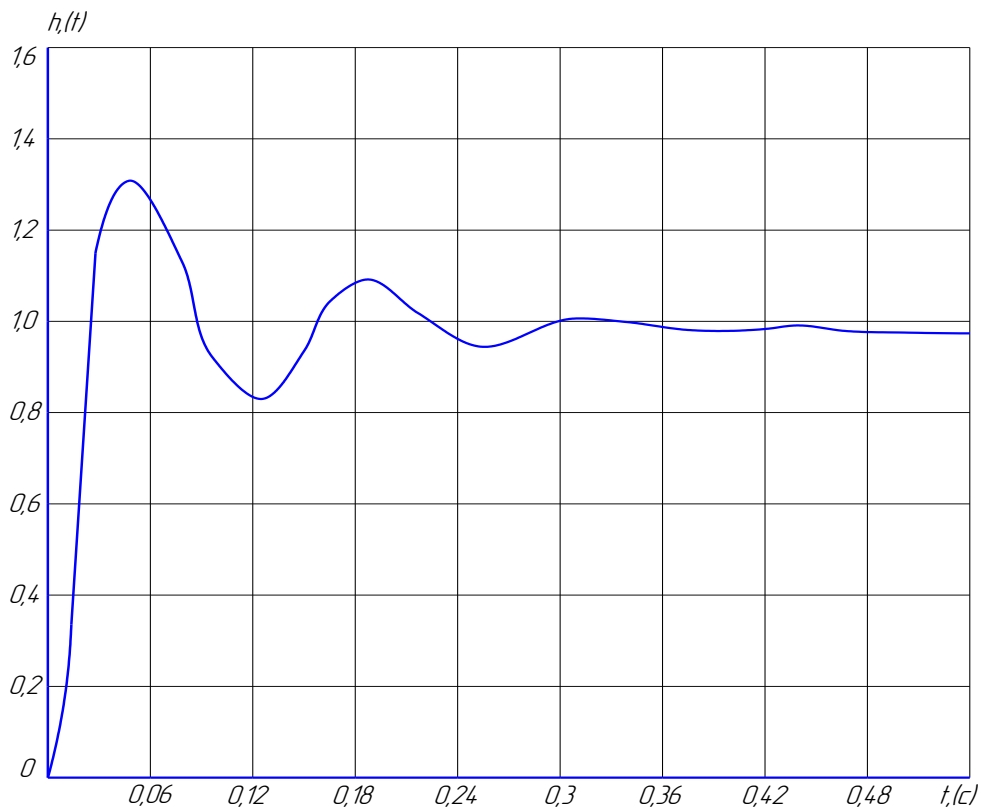


Рисунок 3.2 – Графік переходного процесу САК

По графічних залежностях переходного процесу оцінюємо якість процесу регулювання системи. Основними показниками якості є час регулювання, перерегулювання, коливальність, декремент затухання коливань.

Час регулювання t_p визначає тривалість переходного процесу [11]. Звичайно приймають, що по закінченню часу t_p відхилення регулюємої величини від значення, що встановилось, повинне бути не більше наперед заданої величини похибки ε , тоді, аналізуючи швидкодію переходного процесу, отримуємо час регулювання $t_p = 0,4$ с, (ε – приймаємо рівним 5%).

Перерегулюванням називається максимальне відхилення регулюємої величини від усталеного значення, виражене в процентах:

$$\sigma\% = \frac{h_{\max} - h_0}{h_0} \cdot 100\% = \frac{A_1}{h_0} \cdot 100\% . \quad (3.15)$$

Для даного графіка перерегулювання становить:

$$\sigma = 28\% .$$

Коливальність систем характеризується числом коливань регулюємої величини за час регулювання t_p . Для досліджуваної системи цей показник становить близько 3 коливань.

Декремент затухання визначається із співвідношення:

$$\alpha = |h_{\max 1} - h_0| / |h_{\max 2} - h_0| \quad (3.16)$$

Підставивши значення амплітуд у формулу (3.16) отримаємо:

$$\alpha = \frac{1,3 - 1,0}{1,1 - 1,0} = 3.$$

Визначаємо період коливань в системі. Згідно графіку перехідного процесу $T \approx 0,1$ с.

Таким чином, отримані високі показники перехідного процесу забезпечують достатню швидкодію і стійкість системи керування електроприводом чесальної машини ЧМС – 450.

3.4 Визначення стійкості САК

Система стійка, якщо вона повертається до усталеного стану після припинення дії збурення, що вивело її із стійкості.

Для визначення стійкості системи знайдемо передавальну функцію замкненої системи.

Передавальна функція I-го контуру системи:

$$W_I(p) = \frac{K_{PШ} \cdot \frac{T_{PШ} p}{T_{PШ} p + 1} \cdot K_6 \cdot \frac{1}{R_Я (T_Я p + 1)} \cdot \frac{R_Я}{c \cdot T_M \cdot p}}{1 + K_{PШ} \cdot \frac{T_{PШ} p}{T_{PШ} p + 1} \cdot K_6 \cdot \frac{1}{R_Я (T_Я p + 1)} \cdot \frac{R_Я}{c \cdot T_M \cdot p} \cdot K_{ТГ}}; \quad (3.17)$$

Після підстановки значень отримаємо передавальну функцію:

$$W_I(p) = \frac{26,125 p \cdot 11,29}{8,16 \cdot 10^{-7} p^3 + 8,5 \cdot 10^{-5} p^2 + 2,38 p + 124,56}.$$

Маємо характеристичне рівняння 3 порядку.

За критерієм Михайлова система стійка, якщо годограф Михайлова починається на додатній напіввісі комплексної площини, та проходить проти часової стрілки три квадранту комплексної площини (при третій степені оператора Лапласа p). При збільшенні частоти годограф уходить до нескінченності у третьому квадранті.

З характеристичного рівняння (3.19) отримуємо рівняння 3-го порядку:

$$D(p) = 8,16 \cdot 10^{-7} p^3 + 8,5 \cdot 10^{-5} p^2 + 3,386p + 124,56; \quad (3.21)$$

Зробимо заміну $p \rightarrow j\omega$:

$$D(j\omega) = 8,16 \cdot 10^{-7} (j\omega)^3 + 8,5 \cdot 10^{-5} (j\omega)^2 + 3,386(j\omega) + 124,56; \quad (3.22)$$

Перетворимо вираз (3.22) в наступний вид; враховуючи, що $(j\omega)^3 = -j\omega^3$;

$$(j\omega)^2 = -\omega^2;$$

$$D(j\omega) = -j8,16 \cdot 10^{-7} \omega^3 - 8,5 \cdot 10^{-5} \omega^2 + j3,386 + 124,56; \quad (3.23)$$

Представимо вираз (3.23) в наступному виді:

$$D(j\omega) = X(\omega) + jY(\omega), \quad (3.24)$$

де $X(\omega)$ – дійсна частина;

$Y(\omega)$ – уявна частина.

$$D(j\omega) = (124,56 - 8,5 \cdot 10^{-5} \omega^2) - j(3,386 - 8,16 \cdot 10^{-7} \omega^3). \quad (3.25)$$

Таким чином:

$$X(\omega) = 124,56 - 8,5 \cdot 10^{-5} \omega^2;$$

$$Y(\omega) = 3,386\omega - 8,16 \cdot 10^{-7} \omega^3.$$

Дослідження стійкості електропривода живлючих циліндрів чесальної машини проводимо на основі критерія Михайлова.

Результати обчислень $X(\omega)$ та $Y(\omega)$ при змінненні значень від 0 до ∞ зведені в таблицю 3.1.

На основі результатів розрахунку на комплексній площині побудована крива Михайлова, графік якої зображено на рис. 3.3.

Таблиця 3.1 – Розрахунок годографа Михайлова

ω	$X(\omega)$	$Y(\omega)$
0	124,56	0
1	124,45	3,86
100	123,71	367,78
200	121,16	730,67
500	103,31	1741
1000	39,56	2870
1200	0	3013
1300	-19,31	3381
1400	-42,04	2921,2
2000	-215	843,9
2100	-250	183
2125	-259	0
2150	-268	-184
2200	-286	-579
2300	-325	-1450
2500	-406	-3535
3000	-640	-10166
5000	-2000	-83570

По даним табличним розрахункам будемо годограф Михайлова (рис. 3.3).

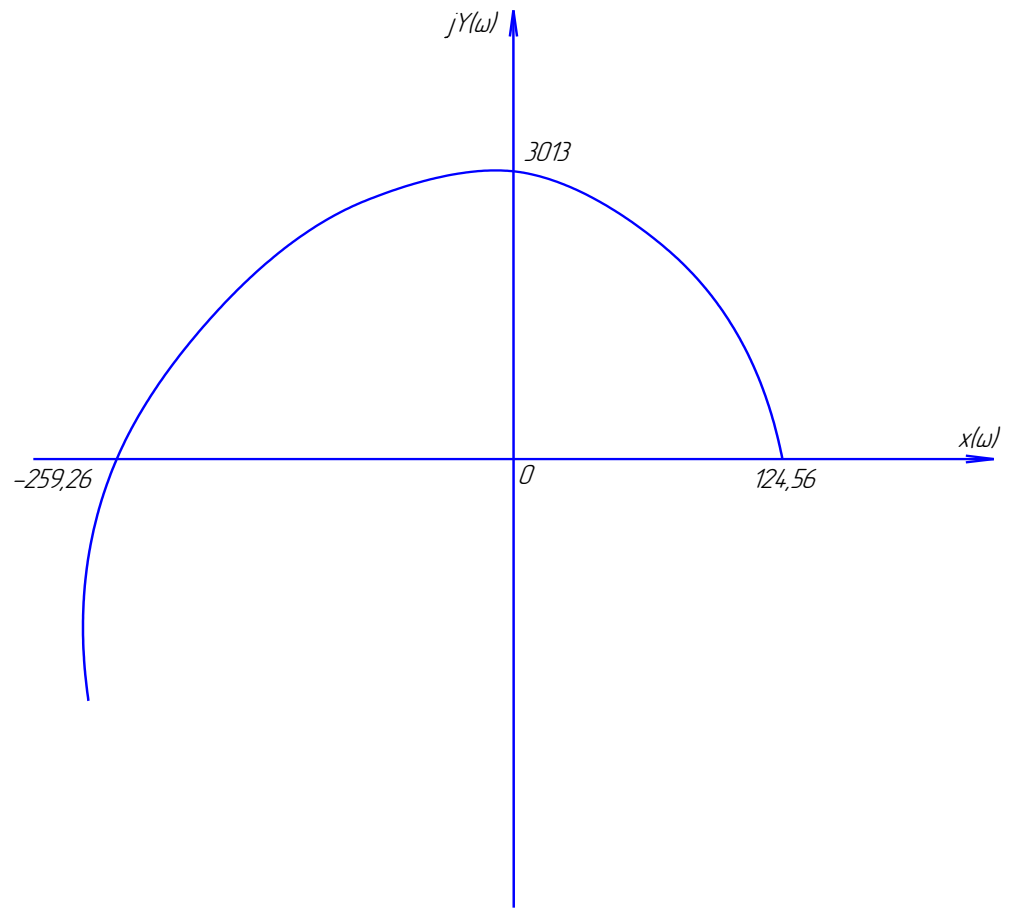


Рисунок 3.3 – Графік годографа Михайлова

Годограф Михайлова для характеристичного рівняння 3-го порядку починається на додатній напіввісі комплексної площини, та проходить проти часової стрілки 3-го квадранта комплексної площини при збільшенні частоти від 0 до ∞ та уходить до нескінченності в III-му квадранті.

Дослідження системи, проведені за критерем Михайлова, свідчать, що модернізована система електроприводу чесальної машини є стійкою.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було проведено модернізацію електроприводу чесальної машини типу ЧМС-450. Проаналізовано переваги та недоліки даного електроприводу. Виявлено, що в наш час промисловість виробництва текстилю зростає дуже повільно, так як електроприводи обладнання, а також схеми керування цим обладнанням є застарілими. Ознаками цього є доволі низька надійність обладнання; велика матеріалоемність, некомпактне його розташування, складне обслуговування і ремонт, застаріла елементна база, значні зони нечутливих елементів, що суттєво впливають на точність виготовлення бавовняної стрічки. Недосконалість конструкції машини призводить її до частого виходу з ладу. В процесі модернізації було проведено розрахунок та вибір двигуна головного барабана, визначено статичні та динамічні навантаження на двигун, проведена перевірка електродвигуна на перевантажувальну здатність, яка дала позитивні результати. Виявлено, що вибраний електродвигун має достатній запас по можливому перевантаженню.

Проведена модернізація принципової схеми керування електропривода чесальної машини. Розроблена функціональна схема електроприводу живлючих циліндрів, схема блоку керування тиристорами, проаналізовано графіки її роботи.

В роботі проведена оцінка якості та стійкості роботи модернізованого електропривода живлючих циліндрів, для чого розроблена структурна схема САК та розраховані її параметри. Проведена оцінка стійкості системи за критерієм Михайлова, яка довела, що система стійка. Отримані високі показники перехідного процесу, які забезпечують достатню швидкодію і стійкість системи керування електроприводом чесальної машини.

Проведена модернізація дає можливість підвищити якість оброблення бавовни, зменшити кількість простоїв у роботі, це дозволить даній машині працювати на рівні сучасних моделей.

Робота має практичну цінність і її результати після більш детальної доробки можуть бути розглянуті для використання на даному підприємстві.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. – Київ, НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с.
2. Голодний І.М., Червінський Л.С., Жильцов А.В., Санченко О.В. Романенко О.І. Моделювання регульованого електропривода: Підручник. – К.: Аграр Медіа Груп, 2019. – 266 с.: іл.
3. Шефер, В.В. Електричні машини: навчальний посібник / В.В. Онушко, О.В. Шефер. – Полтава, ПолтНТУ, 2015. – 536 с.
4. Шефер О.В. Електропривод та автоматизація загальнопромислових механізмів: конспект лекцій. – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – 154 с.
5. Шефер О.В. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни „Електричні машини” для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2020. – 52 с.
6. Б.С. Гершунський. Основи електроніки і мікроелектроніки. – К.: Вища школа, 1997. – 422с.
7. А. А. Видмиш, Л. В. Ярошенко. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. / Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 387 с.
8. Моделювання електроприводів: Навч. посібник / Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. - Львів: Видавництво Національного Університету «Львівська політехніка», 2004.- 404 с.
9. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посіб. за напрямом «Електромеханіка» / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та інш. – К.: Либідь, 2005. – 680 с. Ч1.
10. Галай М.В. Теорія автоматичного керування: неперервні та дискретні системи. Навч. пос-к. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – 454с.

11. Галай В.М. Теорія цифрових систем автоматичного керування: навчальний посібник. – Полтава: ПолтНТУ, 2009. –131 с.
12. Донець О. В. Теорія електропривода/ В. І. Колотіло, О. В. Донець; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 148 с.
13. Зеленов А.Б. Теорія електропривода: Методика проектування електроприводів: Підручник. – Луганськ: Вид-во "Ноулідж", 2010. – 670 с.
14. Шефер О.В., Єрмілова Н.В., Кислиця С.Г. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 14 с.
15. N.V. Yermilova, V.P. Dorohobid. Methodical guidelines for a course work in “Intro to metrology and electrical measurements” course for students of specialty 141 "Power engineering, electrical engineering and electromechanics" full-time and part-time study forms. .– Poltava: PoltNTU, 2018. - 24 p.

1 ANALYTICAL PART

1.1 Purpose of combing machines

On the machines of the fluffing and threshing department, the cotton is divided into small pieces and mainly large impurities and only a small part of small impurities and dust are removed from it. Removal of small impurities from cotton and separation of cotton scraps into separate fibers is achieved by processing the loose fiber on carding machines. In addition, on combing machines, fibers are partially straightened and the shortest and deadest fibers are separated from the fibrous mass.

Thus, the combing machine must perform:

1. Separation of cotton scraps into separate fibers;
2. Complete removal of garbage impurities, fiber defects and dust;
3. Complete removal of short and dead fibers;
4. Thorough mixing of fibers;
5. Partial straightening of fibers;
6. Conversion of canvas to tape.

Carding machines of various models work at cotton enterprises: regular size machines C-450, CM-450, CMS-450; small-sized machines CMM-450 and CMV-450, modernized machines of these brands, as well as their modifications. In addition to the machines of these brands, machines for flow lines with canvas-free feeding, such as CMS-BX, are produced.

Currently, canvas and hopper feeding have become the most common on carding machines. Canvas feeding is used for machines working outside the flow, bunker feeding - for machines working as part of flow lines.

In contrast to canvas, hopper feeding sufficiently allowed the feeding process to be automated and carding machines to be used in a continuous flow of processing cotton to the carding belt. The main difficulty of hopper feeding is to ensure a uniform supply of cotton from the common fiber pipeline to individual machines that carry out the technological process of cotton processing.

1.2 Combing and processing of cotton raw materials

For high-quality separation of cotton scraps into individual fibers, it is necessary to comb it beforehand. The comber is an independent part of the combing machine (its unit) and is intended for preliminary loosening - separation of the fiber mass fragments into smaller groups of fibers, freeing them from the remaining impurities of vegetable and mineral origin. The pre-comber consists of a group of rollers and drums of different diameters covered with saw or needle tape.

Let's consider the technological processes that take place in the previous comber.

– Loosening of the fibrous mass. Between the two connected working bodies, large scraps are stretched into smaller scraps, separate groups and individual fibers. The process occurs due to the fact that the teeth of the headset of the working organs of the comb are directed in opposite directions and move relative to each other, and their speeds $v_2 > v_1$.

- Removal of fibrous mass. The transition of the fiber from one working body to another takes place when the teeth or needles on the working bodies are directed in one direction and provided that the speed of the removing body is greater than the speed of the working body (from which the fiber is removed).

Depending on the direction of inclination of the teeth or needles, the number and profile of the headset, the directions of rotation and the relative speed between the two working bodies, a partial transition of fibers from one working body to another with simultaneous loosening (into smaller groups) and mixing can be carried out.

Foreign impurities are removed by knock-off rollers (steel strip knives are installed behind the forming rollers) or fixed knives, which are installed at a small (adjustable) distance from the surface of a rapidly rotating drum with a headset.

The power of the pre-comber is determined by the number of repeated operations, that is, the number of lines of loosening, fiber removal and removal of impurities. The number of repeated operations depends on the quality of the processed fiber, the degree of clogging, the length of the fiber and the previous degree of loosening. In the hat carding machine, intended for the processing of cotton and staple fiber, preliminary combing is carried out by the receiving drum in interaction with the feeding cylinder and table, chaff-removing knife and combing rollers.

A complication of cotton processing is the presence of lumps of various sizes, nature and degree of density. These deficiencies arise in the process of receiving or in the process of processing fibers at textile enterprises as a result of equipment malfunction, disruption of technological processes, poor work of personnel who maintain this process.

The presence of lumps and waste impurities in the fibers complicates the technological process of processing them in spinning, additional processing is often required, the yield of yarn decreases and the cost of production increases. In addition, with insufficient cleaning, lumps and impurities can be accumulated in the yarn and, thus, its quality deteriorates, and then pass into the product, fabrics and knitwear, creating defects on them. Therefore, fiber defects must be eliminated.

To remove fiber defects, special equipment is used, which includes a machine for the production of cotton tape. In the machine, fiber bundles are separated into individual fibers in a multiple process. Parallelization and cleaning of fibers from waste impurities is also carried out, fluff and various vices and knots are removed.

After processing the fibers on the machine for the production of cotton tape, the raw material enters the spinning machines for further processing of cotton or synthetic fibers.

1.3 Structure and operation of a combing machine

Carding machine type CMS - 450 is used in cotton spinning production of the textile industry and is intended for cleaning and processing of cotton fibers into tape during canvas or hopper loading. The appearance of the machine is presented in fig. 1.1.



Figure 1.1 - View of a combing machine

The main components of the CMS - 450 carding machine are (Fig. 1.2): a frame, a feed unit (supply of raw materials), a receiving drum unit, a main drum, a mechanism for driving and cleaning the hat cloth, a breaking mechanism, a loosening roller, a removable drum, a removal mechanism, graduation table

The frame of the machine consists of two frames reinforced with stiffeners, connected by four ties. All counter drives and drive belt tensioning elements are mounted on the base.

In order to facilitate the installation, nozzles for removing soot from under the removable drum, main drum, receiving drum, and connecting nozzles, as well as the lower part of the air outlets of the machine's dust removal system, are installed in the frame. All nozzles are connected to a chamber, from which all slag, slag and dust are sucked into a centralized system or into special boxes.

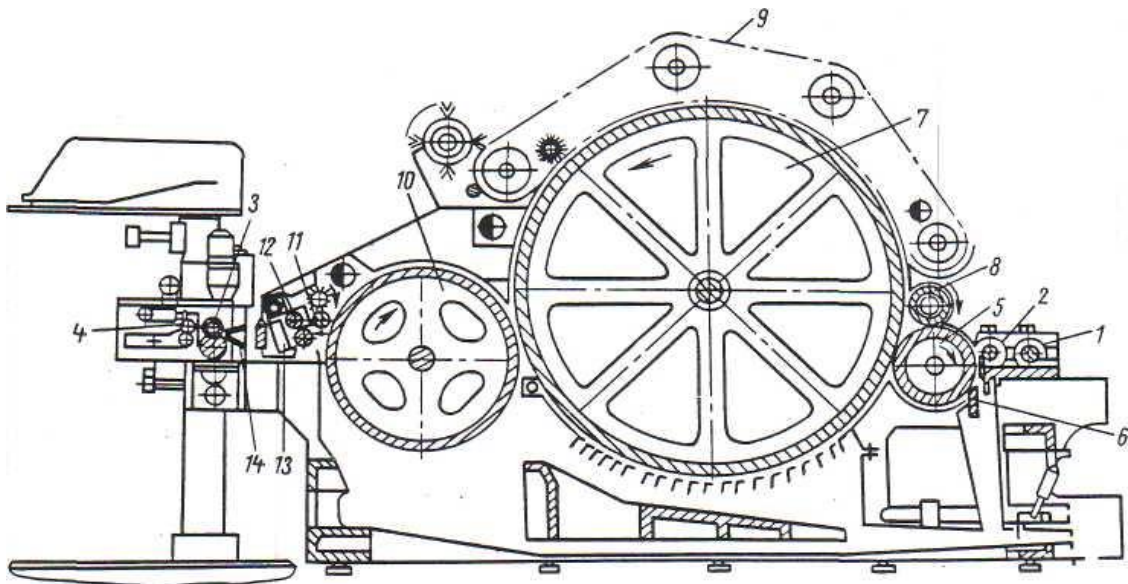


Figure 1.2 - Structure of the CMS - 450 carding machine

(1,2 - feeding cylinders, 3,4 - rollers, 5,6 - raw material supply unit, 7 - main drum, 8 - roller, 9 - body, 10 - removable drum, 11,12 - removal mechanism, 13 - transverse conveyor, 14 - forming funnel)

Hat drifts are removed pneumatically through a water pipe from the nozzle, which has a constant air blow on the left side of the machine for better removal of drifts, coming from a cross to which compressed air is supplied.

Dust and fluff, which are released during the operation of the machine, are constantly sucked by a centralized or group means through a chamber from under the casing of the removable drum through air outlets installed on both sides of the machine.

The power unit consists of a power table and two brackets. During the operation of the machine, the front feeding cylinder compacts the cotton layer, and the rear feeding cylinder presses the cotton layer to the table under the action of four bags assembled from plate washers, which transmit between 75 and, respectively, 100 kg of load to each end of the feeding cylinders in the course of the technological product.

On the brackets of the feeding table, lever systems are mounted, designed to send a signal when the cotton layer is thickened and thinned to the machine stop microswitch. The power unit is kinematically turned off by turning the flywheel on the major shaft.

The assembly of the receiving drum is intended for pre-painting and cleaning of fibers from waste impurities. Above and below the receiving drum along its perimeter has sheet casings attached to the cheeks.

A garbage disposal knife is installed on the fixed brackets, which is adjustable in height with bolts. For end sealing, the scraper knife has thin plates that deflect.

The main drum is one of the main working organs of the machine. A flat pulley is installed on the shaft to drive the main drum from the left side. A pulley is installed on the right side of the shaft to transmit rotation to the worm gear of the hat cloth drive and hat combing mechanism.

Along the perimeter of the main drum, the following radially adjustable end tabs are installed: rear plate, upper knife, folding plate, insert knife.

A two-part grid is mounted on radially adjustable brackets from below.

The main working element of the mechanism of the drive and cleaning of the hat cloth is a comb, which is installed at an angle in relation to the width of the hat. The comb receives its oscillating motion through an axle-mounted lever system from an eccentric located on the worm gear drive pulley. A breaking mechanism is installed for better removal of hat hairs below the comb. For the final cleaning of the hat fabric, a cleaning roller covered with a needle set is installed above the ridge.

The breaking mechanism consists of a needle bar that carries out an oscillating movement, two holders, two connecting rods and a thrust. It is designed to separate a complex layer of hat combs into separate strips with the help of a needle bar that moves relative to its axis and is driven by a pin for cleaning the hat cloth.

The loosening roller is installed with the help of brackets on the frames of the machine with wiring relative to the set of receiving and main drums, it rotates in the direction of the receiving drum at a speed that is twice the speed of the feeding cylinder and serves for additional loosening and leveling of the layer of fibrous mass before entering the combing zone. head drum-hats". The roller is cleaned by the receiving drum. The loosening roller consists of a sleeve covered with an all-metal saw tape, the limiter of which is a rib on the width of the winding.

The removable drum rotates in spherical ball bearings, mounted in diametrically detachable housings. A cylindrical gear wheel is installed on the shaft to drive the removable drum from the left side. A bevel gear wheel is installed on the right side to transmit rotation through the drive shaft to the feed cylinder.

The removable roller is covered with an all-metal saw band mounted on radial-spherical ball bearings placed in the cheeks. The removable roller is driven by the lower pressure shaft.

The pressure shafts are two metal cylinders with high surface cleanliness. The pressure shafts are cleaned with a squeegee. The main working elements of the transverse parameters are two grooveless rubber bands with longitudinal parallel grooves on the inside to hold them on vertical rollers, which have the same grooves.

The combing is removed by a removable roller and pressed by pressure shafts that have screw grooves in order to improve the output of the combing by transverse conveyors forming the combing emerging from the sting of the pressure shafts into a tape, thus eliminating the triangle of combing, which is subject to disruption and disruption depending on the fluctuations of the temperature-moistening regime cliff

The graduation table is fixed with bolts to the frames. The drive shaft is mounted on ball bearings in the table. The tape stacker is driven from the drive shaft.

The loosening roller is installed with the help of brackets on the frames of the machine with wiring relative to the set of receiving and main drums, it rotates in the direction of the receiving drum at a speed that is twice the speed of the feeding cylinder and serves for additional loosening and leveling of the layer of fibrous mass before entering the combing zone. head drum-hats". The roller is cleaned by the receiving drum. The loosening roller consists of a sleeve covered with an all-metal saw tape, the limiter of which is a rib on the width of the winding.

The removable drum rotates in spherical ball bearings, mounted in diametrically detachable housings. A cylindrical gear wheel is installed on the shaft to drive the removable drum from the left side. A bevel gear wheel is installed on the right side to transmit rotation through the drive shaft to the feed cylinder.

The removable roller is covered with an all-metal saw band mounted on radial-spherical ball bearings placed in the cheeks. The removable roller is driven by the lower pressure shaft.

The pressure shafts are two metal cylinders with high surface cleanliness. The pressure shafts are cleaned with a squeegee.

The main working elements of the transverse parameters are two grooveless rubber bands with longitudinal parallel grooves on the inside to hold them on vertical rollers, which have the same grooves.

The combing is removed by a removable roller and pressed by pressure shafts that have screw grooves in order to improve the output of the combing by transverse conveyors forming the combing emerging from the sting of the pressure shafts into a tape, thus eliminating the triangle of combing, which is subject to disruption and disruption depending on the fluctuations of the temperature-moistening regime cliff.

The graduation table is fixed with bolts to the frames. The drive shaft is mounted on ball bearings in the table. The tape stacker is driven from the drive shaft.

In the carding machine of the CMS - 450 type, a feeding unit with two feeding cylinders 1 and 2 and a tape density regulator with a pair of rollers 3, which control the tape thickness, and a layer variator with an extraction pair of rollers 4 are used for hopper feeding. During hopper feeding, the cotton falls under the rear feeding cylinder 1, which has a lock to stop the machine when the cotton layer is thickened, then under the front feeding cylinder 2; which has a lock to stop the machine when thinning the cotton flooring. Fibers, passing through the above-described technological process of combing after exiting the transverse conveyor 13, enter the forming funnel 14 of the tape density regulator, after which the formed tape passes through the control pair of rollers 3 and the extraction pair of rollers 4.

1.4 Technical characteristics of the ChMS-450 combing machine

The tape density regulator has adjustment limits for tape thickness changes of up to $\pm 20\%$. The tape, passing through the tape density regulator, goes through the flattening rollers of the tape stacker and is placed in uniform rings in the basin.

Let's consider the main technical characteristics of the ChMS-450 machine:

Working width of the machine, mm:	1020
Length of recycled fiber, mm:	
- medium fiber cotton	28/29÷35/36
- fine-fiber cotton	33/31÷41/42
Productivity, kg/h:	
- for fine fiber cotton	20
- for medium fiber cotton	40
Clogging of processed mixtures, % up	to 5.5
Linear density of the produced tape, ktex	
- for medium fiber cotton	5.55÷3.33
- for fine-fiber cotton	4.45÷2.5
The frequency of rotation of the main working organs receiving drum, r/pm:	
- for medium fiber cotton	800
- for fine fiber cotton	640
main drum, r/pm:	
- for medium fiber cotton	400
- for fine fiber cotton	320
removable drum, r/pm:	
- working speed	18.22÷38.73
- filling speed	2.2÷4.67
Electric motor:	
drive of the receiving and main drums:	
- type 1PL3096-7DV20	
- power, kW	0.15/1.5
- rotation frequency, r/pm	350-2900
brush drive for cleaning the removable roller:	
- type APN-12-2	
- power, kW	0.27
- rotation frequency, r/pm	2800

drive of the container change mechanism	
- type APN-11-2	
- power, kW	0.18
rotation frequency, r/pm	2800
Dimensions with tape stacker, mm	
- length	3788
- width	1970
- height	1710
Mass, kg	4800

1.5 Conclusions to the section

Having analyzed the principle of operation of the combing machine type ChMS - 450, as well as its operation at the production enterprise, we can draw the following conclusions:

- at present, a machine of this brand cannot bring the necessary profits to the enterprise, because there are much more productive models. The equipment of the ChMS - 450 machine is physically and morally outdated. The principle of operation of individual elements of the machine also does not allow it to compete with modern developments;

- in order to modernize this model, it is necessary to replace old equipment with modern ones. Some elements of the control and automation system need to be replaced with new, more modern ones;

- it is also necessary to develop a new system of automatic control of the electric drive of the combing machine, which will allow to obtain at the output a tape of the required quality and thickness with minimal deviation from the given number;

- as a result of carrying out all updates, the quality of cotton processing will increase, the number of failures and downtimes will decrease, this will allow this machine to work at the level of modern models and be economically feasible.

Міністерство освіти та науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

Удосконалення системи керування електроприводом чесальної машини

Кваліфікаційна робота бакалавра

Виконав:

студент групи 201пМЕ

Капштик С.В.

Керівник

доцент, к.т.н.

Єрмілова Н.В.

Полтава 2024

Актуальність теми. При пневмомеханічному способі прядіння до якісних показників стрічки пред'являються високі вимоги, особливо до засміченості і роз'єднаності комплексів бавовняних волокон. Збільшення частки бавовни машинного збору підвищеної засміченості значно загострює проблем підвищення якості чесальної стрічки. Від якості очищення, прочісування та паралелізації бавовняних волокон залежить подальший технологічний процес створення тканини.

Сучасна текстильна промисловість знаходиться у стані повільного розвитку, тому що обладнання, зокрема електроприводи і схеми їх керування, технічно застаріли. Ознаками цього є доволі низька надійність обладнання; велика матеріалоемність, застаріла елементна база; некомпактне розташування, що ускладнює обслуговування і ремонт; недосконалість конструкцій текстильного обладнання, що призводить до частого виходу з ладу. Тому модернізація обладнання є дуже актуальним питанням.

Метою даної роботи є удосконалення електроприводу чесальної машини шляхом переходу на новіші засоби технічного забезпечення обладнання, сучасні засоби автоматизації технологічного процесу. Це дозволить підвищити якість очищення бавовни, точність виготовлення бавовняної стрічки, знизить об'єм браку та збоїв у роботі машини.

Для досягнення поставленої мети роботи необхідно виконати наступні завдання:

- розглянути недоліки чесальної машини та модернізувати електропривід даної моделі;
- провести перерахунок навантажень та обрати новий двигун приводу головного барабана;
- розробити нову систему автоматичного керування електроприводом живлючих циліндрів чесальної машини, що дозволить отримувати на виході стрічку потрібної якості та необхідної товщини з мінімальним відхиленням від заданого розміру;
- провести дослідження модернізованої системи автоматичного керування на якість та стійкість.

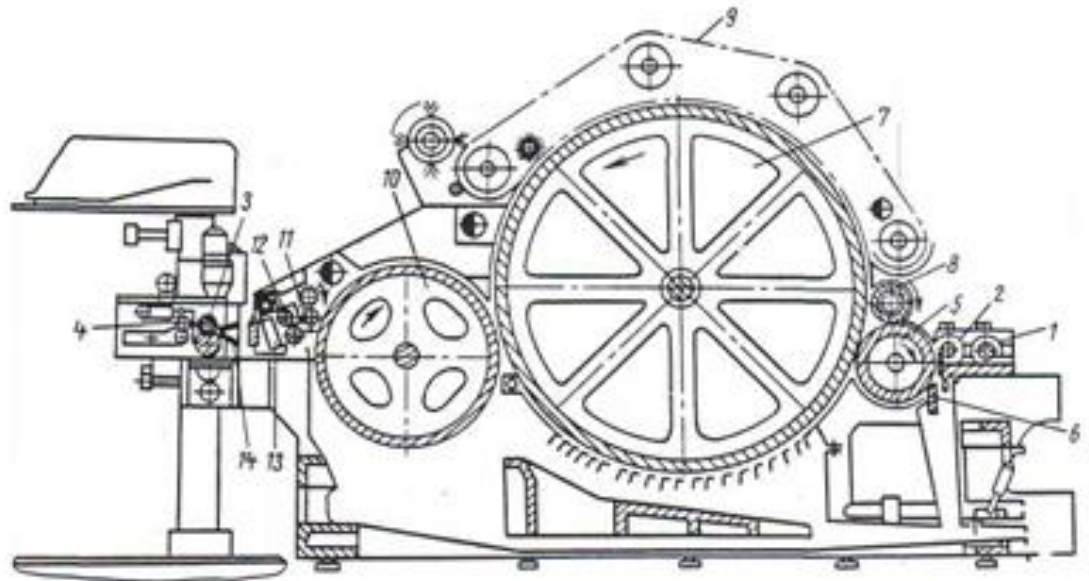
Загальний вигляд чесальної машини ЧМС -450

3



Будова чесальної машини типу ЧМС – 450

4

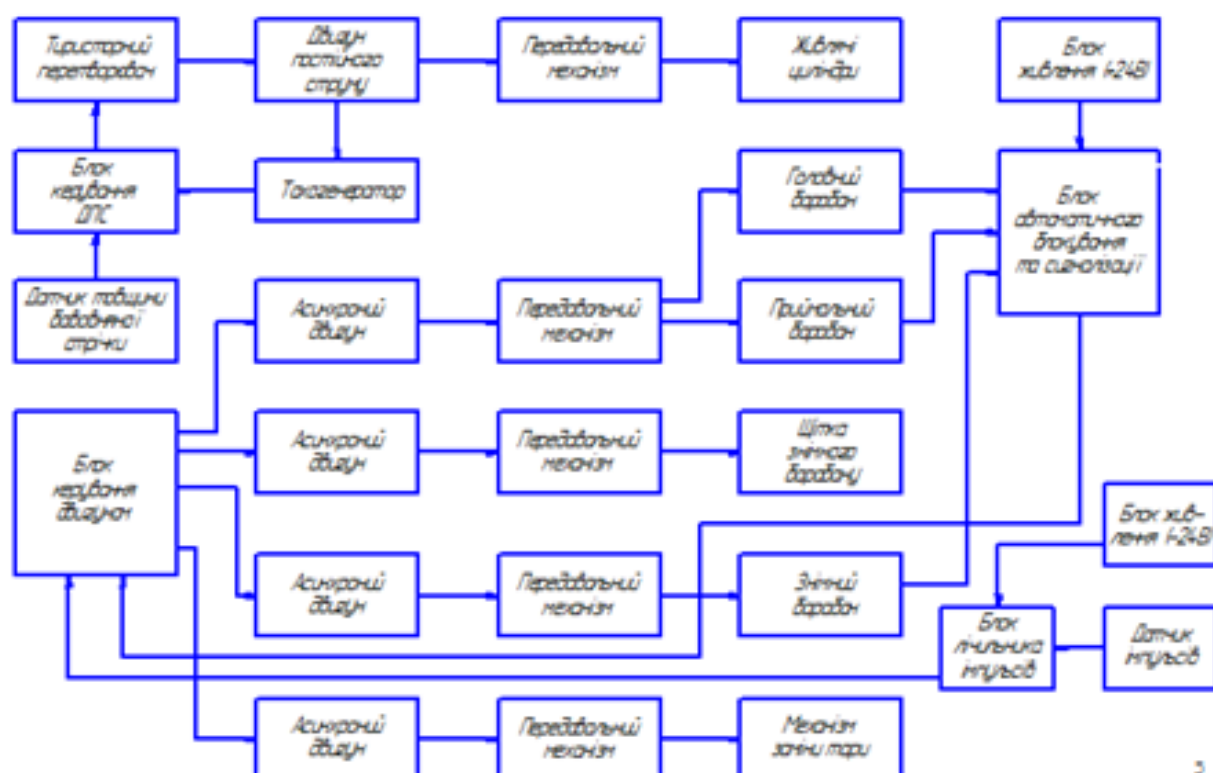


1,2 - живлючі циліндри, 3,4 - валики, 5,6 - вузол подачі сировини, 7 - головний барабан, 8 - валик, 9 - корпус, 10 - знімний барабан, 11,12 - механізм знімання, 13 - поперечний транспортер, 14 - формуюча воронка

Електропривод машини типу ЧМС – 450.

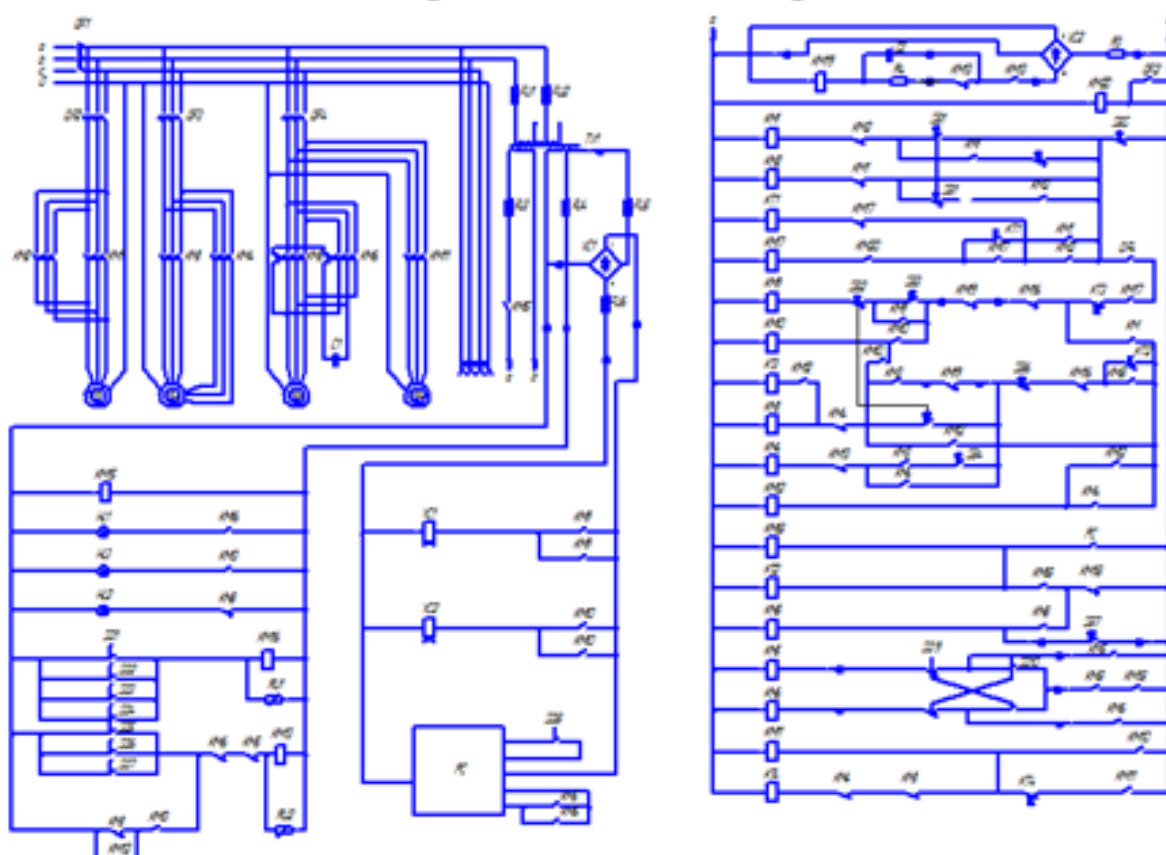
Схема структурна електрична

5

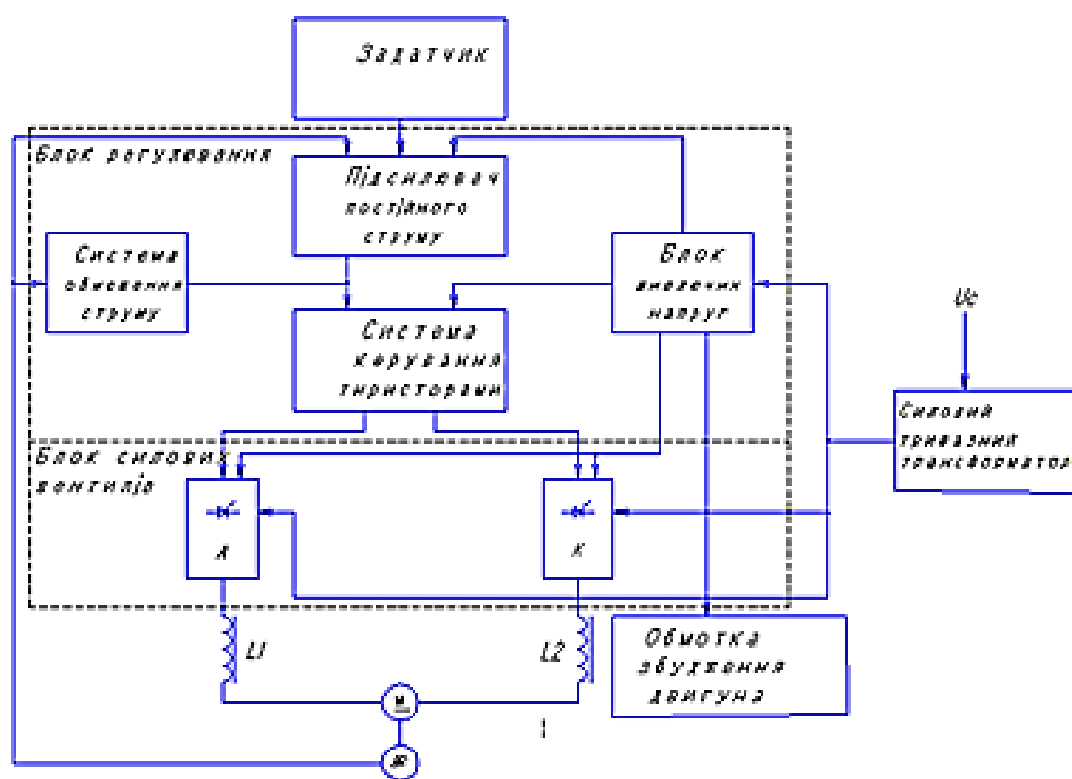


Електропривод машини типу ЧМС – 450. Схема принципова електрична

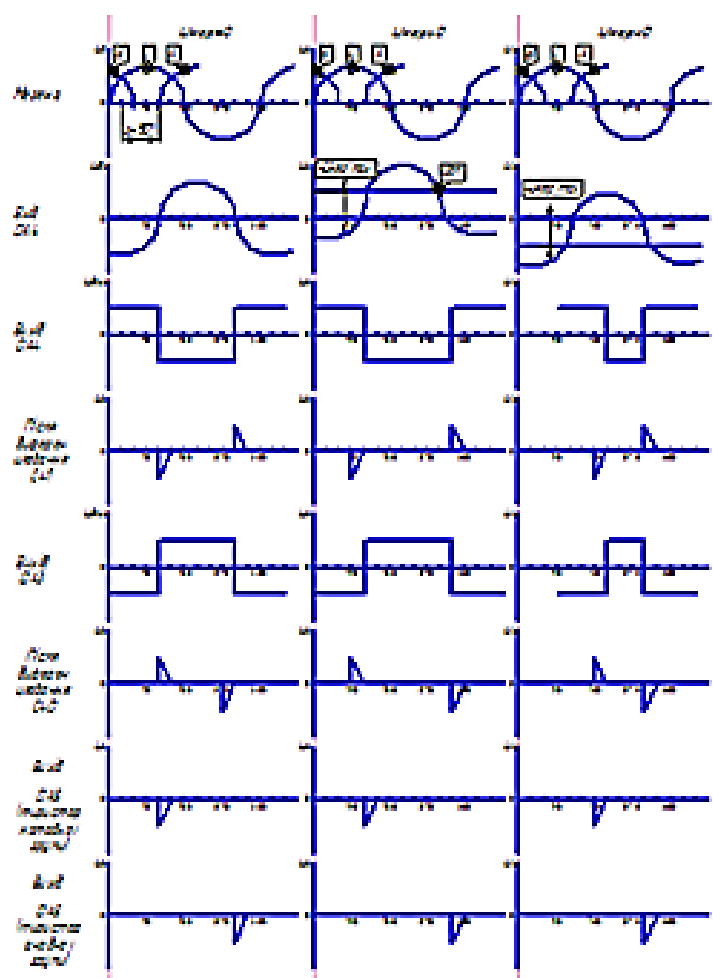
6



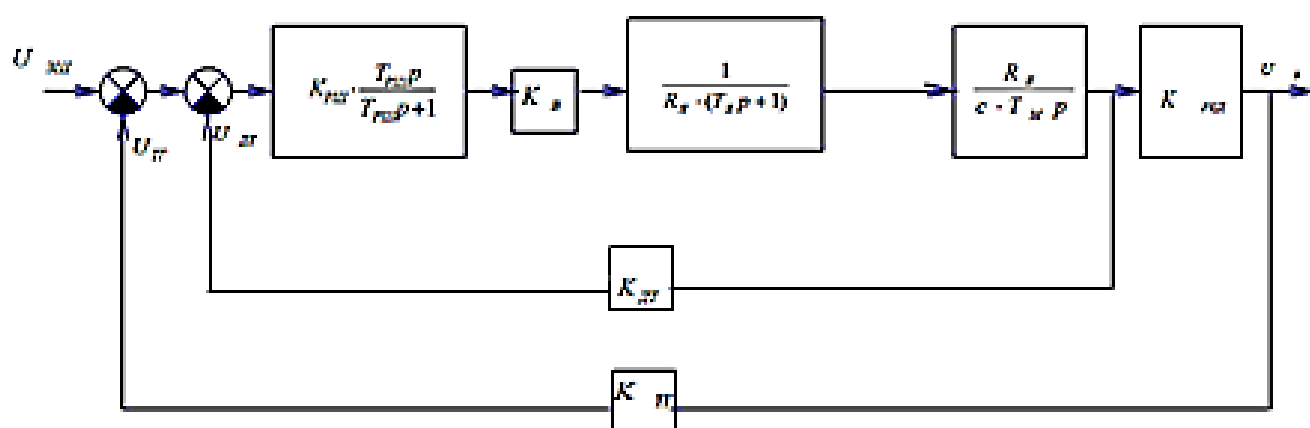
Електропривод живлючих циліндрів. Схема функціональна електрична



Графіки роботи блоку керування тиристорами 9



Структурна схема САК електропривода живлючих циліндрів 10

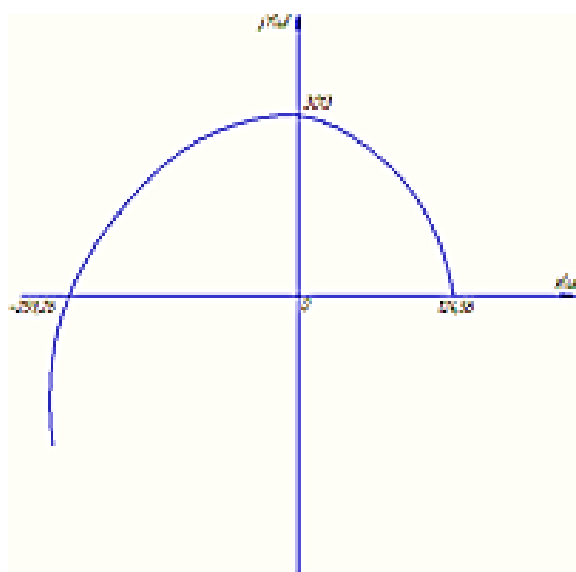


$$W_1(p) = \frac{K_{рш} \cdot \frac{T_{рш} p}{T_{рш} p + 1} \cdot K_з \cdot \frac{1}{R_з (T_з p + 1)} \cdot \frac{R_з}{c - T_м \cdot p}}{1 + K_{рш} \cdot \frac{T_{рш} p}{T_{рш} p + 1} \cdot K_з \cdot \frac{1}{R_з (T_з p + 1)} \cdot \frac{R_з}{c - T_м \cdot p} \cdot K_{п}}$$

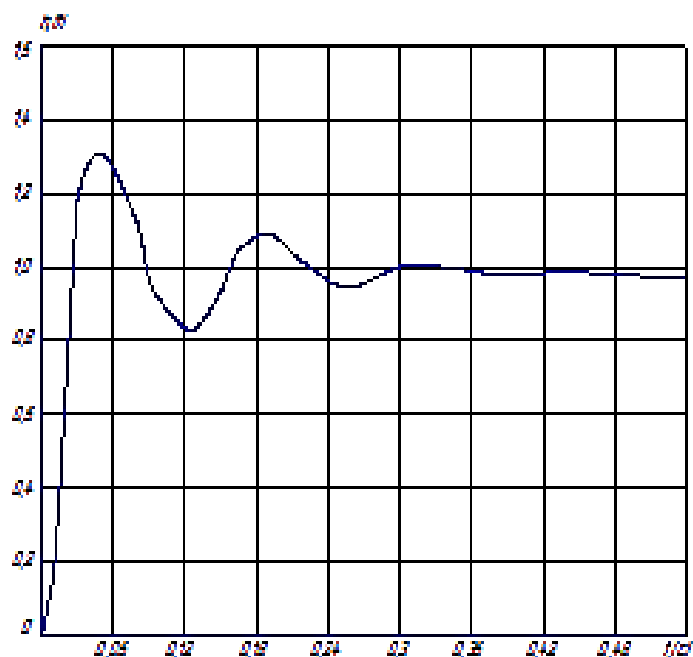
$$W_1(p) = \frac{26,125 p - 11,29}{8,16 \cdot 10^{-7} p^3 + 8,5 \cdot 10^{-5} p^2 + 2,38 p + 124}$$

Дослідження САК

11



Годограф Михайлова для характеристичного рівняння 3-го порядку починається на додатній напіввісі комплексної площини, та проходить проти часової стрілки 3 квадранти комплексної площини при збільшенні частоти від 0 до нескінченності та уходить до нескінченності в III-му квадранті. Система є стійкою.



- час регулювання $t_s = 0,4$ с, (ϵ приймаємо 5%),

- перерегулювання $\delta = \frac{u_{\max} - u_{\text{ном}}}{u_{\text{ном}}} = 28\%$

- число коливань регульованої величини за час регулювання – близько 3 коливань.

Висновки

12

1. В процесі модернізації було проведено розрахунок та вибір двигуна головного барабана, визначено статичні та динамічні навантаження на двигун, проведена перевірка електродвигуна на перевантажувальну здатність, яка дала позитивні результати. Виявлено, що вибраний електродвигун має достатній запас по можливому перевантаженню.

2. Проведена модернізація принципової схеми електропривода чесальної машини. Розроблена функціональна схема електроприводу живлючих циліндрів, схема блоку керування тиристорами, проаналізовано графіки її роботи.

3. В роботі проведена оцінка якості та стійкості роботи модернізованого електропривода живлючих циліндрів, для чого розроблена структурна схема САК та розраховані її параметри. Проведена оцінка стійкості системи за критерієм Михайлова, яка довела, що система є стійкою.

4. Отримані високі показники перехідного процесу, що забезпечують достатню швидкодію і стійкість системи керування електроприводом чесальної машини.

5. Проведена модернізація дає можливість підвищити якість оброблення бавовни, зменшити кількість простоїв у роботі, це дозволить машині працювати на рівні сучасних моделей.

6. Кваліфікаційна робота має практичну цінність, її результати після більш детальної доробки можуть бути розглянуті для використання на даному підприємстві.