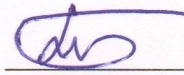


Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри


(підпис)

I. С. Білюк

« 16 » 06 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

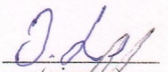
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

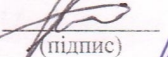
освітня програма Електромеханіка та електроенергетика
(назва освітньої програми)

на тему: «Модернізація привода подач заточувального верстата»

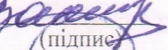
Виконав: студент IV курсу, групи 4371
Тодосейчук Олег Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

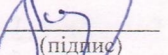
Керівник ст. викл. каф. автоматики, доц. НУК Фоменко А.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

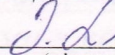
Нормоконтроль доц. каф. автоматики, к.т.н., доц., Васильєв О.Г.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент доц. ка ф. СЕЕС, к.т.н., доц. Новогрецький С.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент 
(підпис)

м. Миколаїв – 2025 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра автоматики
Освітній ступінь бакалавр
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)
Освітня програма «Електромеханіка та електроенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, к.т.н. доцент

І.С. Білюк

«7» 02 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Тодосейчук Олег Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Модернізація привода подач заточувального верстата»

керівник роботи Фоменко Андрій Миколайович, старший викладач, доцент НУК,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 23 » квітня 2025 року
№ 957уч.

2. Строк подання студентом роботи 15.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Двигун змінного струму з короткозамкненим рото-
ром, Напруга живлення системи 380 В. Векторна система керування. Час перехі-
дного процесу не більш 0.1с. Перерегулювання не більш 27%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно роз-
робити) 1 Аналіз технологічного обладнання 2 Експлуатація технологічного
обладнання, 3 Опис комплектного електропривода Altivar 4 Побудова матема-
тичної моделі векторної системи керування асинхронного двигуна, 5 Охорона
праці

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

1 Кінематична схема верстата, 2 Принципова схема діючої системи керування,
3 Функціональна схема системи векторного керування синхронним двигуном з ко-
роткозамкненим ротором, 4 Структурна схема системи з керуванням по пото-
козчепленню ротора, 5 Результати дослідження динаміки системи керування,

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання ви- дав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 01.02.25

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологічного обладнання	05.02.25	
2	Експлуатація технологічного обладнання	28.02.25	
3	Опис комплектного електропривода Altivar	29.03.25	
4	Побудова математичної моделі векторної системи керування асинхронного двигуна	30.04.25	
5	Охорона праці	30.05.25	
6	Графічна частина	30.05.25	

Студент

(підпис)

Тодосейчук О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Фоменко А.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 64 с., 5 р., 15 рис., 2 Табл., 11 джерел.

Ключові слова: електропривод змінного струму, привод подач, перехідна характеристика, вантажного підйомника складських приміщень, система керування.

Мета роботи – дослідження електропривода подачі заточного верстата.

Ціль роботи – розробка автоматичної системи керування приводом подачі заточного верстата.

В роботі проведений аналіз існуючої системи керування заточного верстата, виявлені недоліки і напрямки модернізації. Поставлена задача проектування. Проведений вибір комплектного електропривода змінного струму.

У дипломній роботі проведено синтез системи автоматичного керування, а також розрахунок параметрів електропривода. Розроблена математична модель системи керування швидкістю електроприводу. Побудовані перехідні характеристики та проведений їх аналіз.

Для забезпечення безпеки й зручності роботи персоналу були розглянуті питання охорони праці.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Аналіз технологічного обладнання	7
1.1 Загальні відомості.....	7
1.2 Первинний пуск.....	11
1.3 Опис роботи електроустаткування.....	12
2. Експлуатація технологічного обладнання.....	16
2.1 Вказівки до експлуатації.....	16
2.2 Вказівки по демонтажу і монтажу.....	17
2.3 Устрій, робота верстата і його складових частин.....	18
2.4 Постановка задачі розробки.....	22
3. Опис комплектного електропривода Altivar.....	24
3.1 Функції які виконує Altivar.....	27
3.2 Вибір Altivar.....	28
3.3 Технічні характеристики Altivar 28-33N4.....	31
4. Побудова математичної моделі векторної системи керування асинхронного двигуна.....	36
4.1 Побудова математичної моделі асинхронного двигуна при керуванні вектором потокозчеплення ротора.....	36
4.2 Результати моделювання системи векторного керування асинхронним приводом.....	53
5. Охорона праці	56
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі в цеху	56
5.2 Розрахунок захисного заземлення проекрованої електроустановки	56
5.3 Розробка заходів щодо зменшення впливу небезпечних і шкідливих факторів.....	60
Висновки.....	63
Список літератури.....	64

ВСТУП

Одним з основних напрямів науково-технічного прогресу є механізація і автоматизація. В процесі рішення цих задач передбачається створення і використання гнучких виробничих систем (ГПС) і робототехнічних комплексів (РТК). Це стало можливим у зв'язку із застосуванням автоматизованих електроприводів.

Для керування виконавчими пристроями верстатів з УЧПК велике значення має використання регульованих електроприводів, як які застосовуються комплектні електроприводи постійного і змінного струму. Основним призначенням комплектного електроприводу є його використання у верстатах як привід головного руху або якості приводу подачі.

Розширення технологічних можливостей заточувальних верстатів забезпечило можливість проведення на одному верстаті різних технологічних операцій. Це, у свою чергу, привело до ускладнення електроприводів подач унаслідок збільшення обертаючого моменту на валу двигуна, розширення діапазону робочих швидкостей і настановних переміщень, збільшення швидкодії приводу як при керуючій дії, так і при обуренні по навантаженню.

Останніми роками істотно змінилася конструкція верстатів унаслідок значного скорочення механічної частини приводів подач. Стала можливою установка високомоментних двигунів змінного струму, що мають менші габаритні розміри в порівнянні із звичними двигунами постійного струму. До скорочення механічної частини приводу привело також і виключення коробки передач. У зв'язку з цим знизилася навантаження на двигун при холостих переміщеннях і зросла складова від різання в загальному навантаженні приводів подач. У більшості сучасних верстатів навантаження на двигун при робочих подачах без різання складає не більш 20...30 % від номінальної.

Значне збільшення швидкості швидких переміщень, зниження швидкості настановних переміщень привело до значного збільшення діапазону регулювання.

У даному дипломній роботі розглядається питання пов'язані з модернізацією електропривода подачі заточувального верстата.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Загальні відомості

Верстат з електроустаткування виготовляється в кліматичному виконанні УХЛ4 по ДСТУ 15150 - 69. Верстат виготовляється з електроустаткуванням для роботи від мережі трифазного змінного струму частотою 50 Гц і напругою 380 В.

По особливому замовленню верстат може бути виготовлений з електроустаткуванням на іншу частоту і напругу живлячої мережі. Підключення верстата до мережі живлення і захисного заземлення рекомендується проводити дротами наступних перетинів:

- 1) живлячі : 25 мм²
- 2) заземлення : 25 мм²

Живлення силових ланцюгів електродвигунів постійного струму здійснюється від перетворювачів : U1,U2,U3.

Живлення ланцюгів управління здійснюється :

- 1) напругою змінного струму 110В від однофазного знижувального трансформатора;
- 2) напругою постійного струму 24 В від джерела випрямленої напруги.

Живлення ланцюгів сигнальних ламп здійснюється напругою 24 В.

Місцеве освітлення верстата живиться напругою 24В від знижувального трансформатора. Сумарна встановлена потужність електроустаткування верстата 38кВА. Функціональне призначення, найменування і технічну характеристику елементів електроустаткування вказано на схемі. Електроустаткування встановлене на верстаті і окремо стоячих пристроях, що входять до складу верстата. Шафа управління розташована окремо від верстата рисунок 1.1. Розташування електроустаткування в шафі показано в прикладеній до нього технічній документації. На дверці шафи управління виведена рукоятка приводу вхідного вимикача QF1 для підключення верстата до мережі живлення змінним струмом.

I. II. Привід механізмів верстата здійснюється 10 двигунами.

I) M1... M3,M5,M6, M10,M11 – трифазні асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором;

2) М7... М9 – двигуни постійного струму, що входять до складу комплектних ЕП з тиристорними перетворювачами U1...U3.

Діапазон регулювання частоти обертання двигунів М7.М9

I : I000.

Функціональне призначення путьових вимикачів і їх стан в залежності від положень механізмів верстата наведено на схемі електричній і сигналізації та їх розташування на пульті управління наведено на схемі електричний принциповій.

Верстат оснащений пристроєм програмного забезпечення АІ, опис дії якого наведений в прикладній до нього експлуатаційній документації. Верстат оснащений пристроєм активного контролю розміру оброблюваного виробу А2.

Для контролю рівня вібрації на верстаті встановлено вібровимірювальний прилад А3. На заточний бабці верстата встановлений світильник місцевого освітлення EL1. Дане керівництво по експлуатації розповсюджується на верстат серії 3К152ВФ20 і його модифікації 3Р152ВФ20 – 1, 3К152АФ20, 3К152АФ20 – 1.

Найменування і позначення устаткування.

Напівавтомат круглозаточний з ЧПУ мод. 3Р152ВФ20.

Напівавтомат круглозаточний з ЧПУ мод. 3Р152ВФ20 – 1.

Напівавтомат круглозаточний з ЧПУ мод. 3К152АФ20

Напівавтомат круглозаточний з ЧПУ мод. 3Р152АФ20 – 1.

Призначення і область застосування.

Напівавтомати круглозаточний з ЧПУ мод 3Р152ВФ20, 3Р152ВФ20 – 1, 3К152АФ20, 3К152АФ20 – 1 (надалі верстати) призначені для зовнішнього заточування циліндрових і пологих канонічних поверхонь східчастих валів методом врізного, рядкового і подовжнього шліфування в напівавтоматичному циклі, а також для підшліфовки торців методом подовжньої подачі столу.

Верстати призначені для використовування в умовах дрібносерійного, серійного і великосерійного виробництва.

Клас точності верстатів по ГОСТ 8 – 82:

В - 3Р152ВФ20, 3Р152ВФ20 – 1;

А - 3К152АФ20, 3К152АФ20 – 1.

Вид кліматичного виконання верстатів УХЛ4.2 по ГОСТ 15150 – 69

Схема кінематична (рис.1.2)

За допомогою ряду кінематичних ланцюгів в стінці автоматично здійснюються наступні рухи: обертання шліфувального круга бабки; обертання виробу; переміщення бабки; переміщення столу; підведення і відведення пинолі задньої бабки; вхід і вихід приладу контролю.

Опис кінематичних кіл не приводиться зважаючи на простоту кінематичної схеми.

Таблиця 1.1. Перелік елементів кінематичних кіл.

Позначення	Найменування	Кіл
1	Гвинт, $t = 1,5$	I
2	Електродвигун постійного струму	I
3	$M_{ном} = 7,5 \text{ Нм}, n_{мах} = 2500 \text{ об/мин}$	I
4	Шків мотора, Про 60	I
5	Шків, Про 172	I
6	Гвинт $t = 1,5$	I
7	Гвинт $t = 1,5$	I
8	Блок – шестерня, $m = 1,25; Z = 17$	I
9	Блок – шестерня, $m = 1,25; Z = 16$	I
10	Колесо зубчате, $m = 1,25; Z = 19$	I
11	Колесо зубчате, $m = 1,25; Z = 20$	I
12	Колесо зубчате, $m = 1; Z = 21$	I
13	Вал – шестерня, $m = 1; Z = 16$	I
14	Колесо зубчате, $m = 1; Z = 26$	I
15	Колесо зубчате, $m = 1; Z = 21$	I
16	Колесо зубчате, $m = 1; Z = 32$	I
17	Черв'як, $m = 1,372; Z = 5$	I
18	Черв'як – зубчате колесо: $m = 1,25; Z = 1$	I
19	Черв'як – зубчате колесо: $m = 1,25; Z = 16$	I
20	ЕД змінного струму $N = 11 \text{ кВт}, n_{мах} = 1500 \text{ об/хв}$	I

Продовження таблиць 1.1

Позначення	Найменування	Кіл
21	Шків, Ø 158,55	I
22	Гвинт, $t = 1,5$	I
23	Шків мотора, Ø 166,6	I
24	ЕД постійного струму $M_{ном} = 7,5 \text{ Нм}$, $n_{max} = 2500 \text{ об/мин}$	I
25	Гвинт, $t = 10$	I
26	Шестерня, $m = 2$; $Z = 40$	I
27	Шестерня, $m = 2$; $Z = 20$	I
28	Гвинт, $t = 10$	I
29	ЕД постійного струму $M_{ном} = 7,5 \text{ Нм}$, $n_{max} = 2500 \text{ об/мин}$	I
30	Гвинт, $t = 10$	I
31	Шестерня, $m = 2$; $Z = 40$	I
32	Шестерня, $m = 2$; $Z = 20$	I
33	Гвинт, $t = 10$	I
34	ЕД постійного струму $M_{ном} = 7,5 \text{ Нм}$, $n_{max} = 2500 \text{ об/мин}$	I
35	Гвинт, $t = 3$	I
36	Гвинт, $t = 1,5$	I
37	Поршень – рейка	I
38	Гвинт, $t = 2$	I
39	Гвинт, $t = 1,5$	I
40	Вал –шестерня $m = 2$; $Z = 24$	I
41	Піноль, $m = 2$; $Z = 12$	I
42	Гвинт, $t_1 = 1,25$; $t_2 = 1,5$	I

1.2 Первинний пуск

Перед початком роботи на верстаті слід уважно ознайомитися з його посібником, керівництвом оператора, керівництвом по механічній частині верстата і експлуатаційною документацією пропонуваної до пристроїв і комплектуючих виробів, що входять до складу верстата.

Перед підключенням верстата до джерела живлення слід перевірити стан електроустаткування і готовність його до роботи:

1) Наявність і справність захисного заземлення верстата і всіх властивостей, що входять в його склад;

2) Стан ізоляції електроустаткування;

3) Надійність контактних з'єднань на блоках затисків і затисках електричних машин, апаратів і приладів;

4) Правильність установки, підключення і готовність до роботи пристроїв AI, A2, A3, U1, U2, U3 згідно вказівок, які містяться в прикладеній до них експлуатаційній документації;

5) Правильність підключення і надійність контактних з'єднань штепсельних роз'ємів;

6) Автоматичні вимикачі в шафі управління повинні бути встановлені в положенні «Включено»;

7) Наявність і справність щитків і кожухів огорожі струмоведучих частин електроустаткування, що рухаються.

Після виконання вищезгаданих вимог :

1) спеціальним ключем закрийте дверці шафи управління;

2) звільніть механічний замочний пристрій рукоятки приводного вимикача;

3) ввідним вимикачем QF1 підключіть верстат до джерела живлення;

4) приступіть до перевірки роботи електроустаткування верстата на холостому ході.

На холостому ході перевірте:

1) відключення всього електроустаткування кнопкою SB1 «аварійний стоп»;

2) дія нульового захисту.

Після відключення всього електроустаткування і всього подальшого відновлення напруги не повинне відбуватися самовимушене включення двигунів механізмів верстата;

3) дія всіх електричних блокувань, перерахованих в розділі «Вказівки заходів безпеки» цього посібника;

4) роботу під напругою пристроїв AI, A2, A3, U1, U2, U3 відповідно до вимог інструкцій з експлуатацій, які до них додаються;

5) дія циклової і попереджувальної сигналізації.

Після перевірки роботи електроустаткування верстата на холостому ході приступіть до роботи під навантаженням.

Метод перевірки роботи запобіжного пристрою від перевантаження заточного круга.

Перед пуском верстата струм уставки реле КАІ заздалегідь встановіть на позицію 1,5 і двигуна М1 і уточніть уставку після вимірювання навантаження двигуна.

Під час первинного пуску двигуна М1 за відсутності заготовки в центрах і при підведеній заточної бабки перевірте працездатність запобіжного пристрою від перевантаження. Для цього короткочасно натискуйте кнопку пуску шліфувального круга і переконайтеся в тому, що заточна бабка відводиться у момент спрацьовування реле КАІ.

При врізному заточуванні на швидкості чорнової подачі, вказаної в свідоцтві про вихідний контроль електроустаткування, проведіть вимірювання струму навантаження двигуна М1.

Встановіть струм установки реле КАІ на $10 \div 20\%$ більше зміряного струму навантаження.

1.3 Опис роботи електроустаткування

Електроустаткування забезпечує цикли роботи, режими і методи заточування, що задаються пристроєм ПК.

Попередні операції.

Переконайтеся в наявності напруги в ланцюзі живлення верстата його сигналізує включена лампа HL1(рисунок 1.3).

Переконайтеся в наявності напруги в ланцюзі живлення пристрою ПК А1.

Виконайте необхідні операції по включенню і підготовці до роботи пристрою ПК А1.

Кнопкою SB3, за наявності дозволів від пристрою ПК А1 ввімкніть двигуни М2, М3, М6, М11 приводів насосів гідравліки, змазки шпинделя затчного круга захисного сепаратора приводу вентилятора теплообмінника і подайте живлення на приводи М1, М2, М3. Під час роботи натискувати SB3 не рекомендується, оскільки захист приводів приводить до збою координатних переміщень.

Кнопкою SB5 видайте команду в ПК, яке включить двигун затчного круга М1.

Включення двигуна привод у фільтр – транспортера М10 відбувається при натисненні на кінцевий вимикач SQ30.

Робота електроавтоматики верстата з пристроєм ПК.

Послідовність руху механізмів верстата (у тому числі і при управлінні органами, розташованими на пульті управління і їх координати, задаються технологічним циклом роботи верстата у вигляді програми УЧПУ і викладені в керівництві оператора.

Робота електродвигунів М5, М7...М9 (ввімкнення, завдання часте відключення), електромагнітів YA1, YA3, YA4, YA5, YA7, YA9, YA10 здійснюється за програмою ПК.

Інформація про положення механізмів верстата з мікровимикачами і управляючі імпульси від кнопок управління і перемикачів проводиться в УЧПУ.

Команди з УЧПУ у верстат поступають через проміжні реле.

Блокування, що виключають поломку механізмів верстата закладені в програму УЧПУ.

Захист електроустаткування.

Захист електроустаткування забезпечується:

1. від коротких замикань – автоматичними вимикачами QF1 . QF10, SF1 ... SF3;
2. від неприпустимих перевантажень по струму – тепловими реле KK1 ... KK6, KK8.

3. від самовимушеного мимовільного включення двигуна при відновленні раптово зниклої напруги - магнітними пускачами КМ1... КМ3, КМ5... КМ7, КМ10.

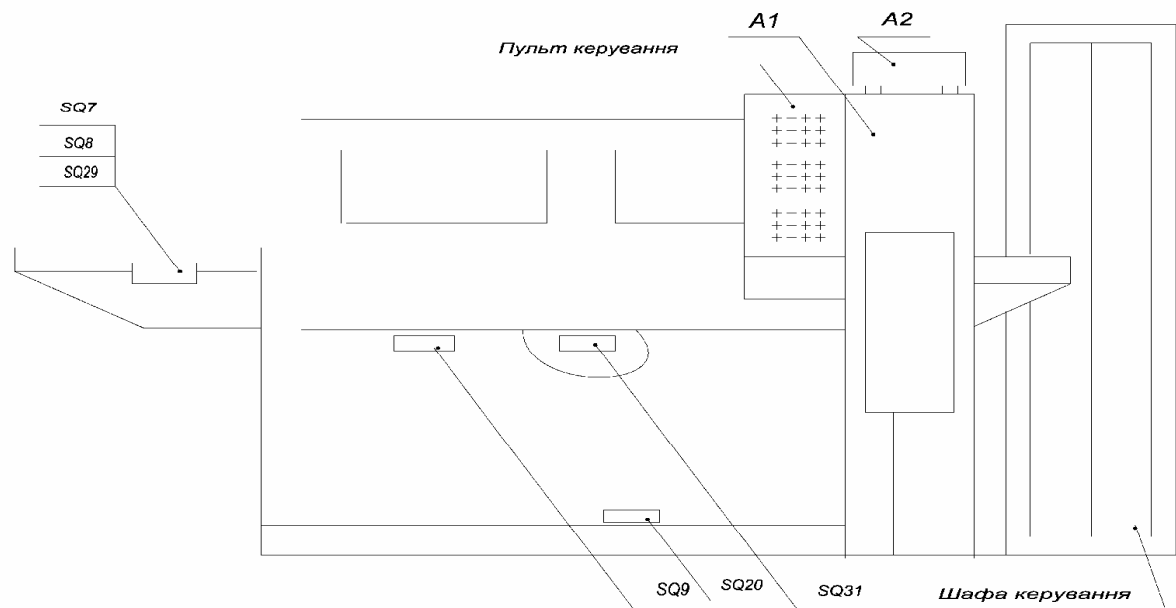


Рисунок 1.1 -- Загальний вигляд заточного верстата

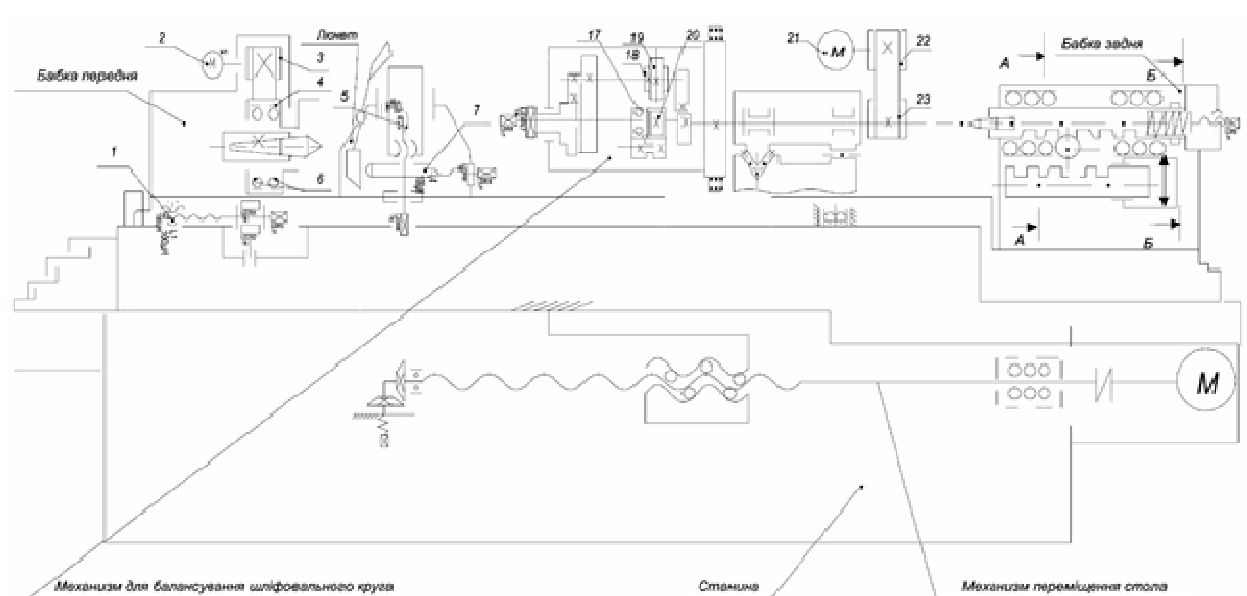


Рисунок 1.2 -- Загальна кінематична схема заточного верстата

2 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1 Вказівки по експлуатації

Експлуатація електроустаткування верстата повинна проводитися відповідно до діючих правил технічної експлуатації і обслуговування електроустановок промислових підприємств напругою до 1000 В і вказівками, які містяться в цьому посібнику.

Слід також керуватися відповідними вказівками які містяться в експлуатаційних документах, прикладених до комплектних пристроїв, електричних машин, приладів і апаратів, що входять до складу верстата.

Персонал, зайнятий експлуатацією електроустаткування повинен знати принципи його роботи і роботу схеми автоматичного управління.

Не слід допускати роботу електроустаткування при подоланні допустимих значень струму, напруги, частоти обертання і температури нагріву.

Для забезпечення безперебійної роботи верстата необхідно систематично стежити за справністю роботи електроустаткування.

Систематично проводити його огляд і профілактичний ремонт.

Огляд і ремонт електроустаткування дозволяється проводити тільки після відключення ввідного вимикача QF1.

При цьому рукоятка приводу ввідного вимикача повинна бути закрита на замок і на неї повішений застережливий плакат:

НЕ «ВМИКАТИ – ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ!»

Регулярно проводити перевірку дії всіх електричних блокувань безпеки, перерахованих в розділі «Вказівки заходів безпеки».

У встановлені на підприємстві терміни проводити перевірку справності захисного заземлення верстата і всіх пристроїв, що входять в його склад.

Електричний опір, зміряний між заземляючим затиском, що знаходиться на введенні до верстата і будь-якою металевою частиною верстата і пристроїв, на якій встановлені елементи електроустаткування які в результаті пробою ізоляції можуть виявитися під напругою 42 В і вище не повинні перевищувати 0,1 Ом.

У встановлені на підприємстві терміни проведіть перевірку стану ізоляції електроустаткування.

Опір ізоляції в будь-якій незаземленій точці повинен бути не менше 1 МОм, а ізоляція обмоток електричних машин (без підсполучних дротів) не менше 0,5 МОм.

Опір ізоляції вимірюється у виробничих приміщеннях мегомметром при напрузі 500–1000 В, а електронної апаратури – низьковольтним вимірювальним приладом.

Проведіть перевірку стану контактних з'єднань в місцях введення дротів і кабелів, а також на введеннях електричних машин, приладів і апаратів.

Проведіть перевірку стану механічної частини конкретних поверхонь комутаційних апаратів.

Якщо контактні поверхні мають сліди окислення або на них утворилися напливи, їх слід зачистити напільником з дрібною насічкою, а потім протерти м'якою тканиною.

Проведіть перевірку стану електричних машин.

Вони повинні періодично піддаватися розбиранню і очищатися від пилу і бруду. Шум і нагрів підшипників електричних машин свідчать про їх несправність.

При необхідності підшипники слід замінити.

Надійність роботи електроустаткування в значній мірі залежить від його чистоти.

Підтримка чистоти одна з головних задач обслуговуючого персоналу.

Своєчасний і якісний догляд за електроустаткуванням гарантує нормальну роботу верстата.

2.2 Вказівки по демонтажу і монтажу

Демонтаж.

Перед тим, як приступити до демонтажу електроустаткування для відправки верстата споживачу, переконайтеся, що з електроустаткування від'єдна-

ний від джерела живлення, ввідний вимикач *QF1* знаходиться у відключеному стані і рукоятка приводу закрита на замок.

При демонтажі комплектних пристроїв і приладів, що входять до складу верстата, слід також керуватися відповідними вказівками, які містяться в прикладених до них експлуатаційних документах.

Роз'єднайте штепсельні роз'єми, якими закінчуються групи дротів і кабелі зовнішніх з'єднань електроустаткування штепсельні роз'єми пристроїв і складальних одиниць, що демонтуються.

Відключіть кінці дротів і кабелів, що демонтуються, в шафі, клемних коробках і нішах з електроустаткування.

Дроти і кабелі витягніть назовні. Витягніть дроти і кабелі з монтажних коробів і інших елементів трас зовнішніх з'єднань.

Закрийте монтажні отвори кришками і заглушками передбаченими конструкцією верстата.

Дроти і кабелі зовнішніх з'єднань скрутіть в бухту. На кінці бухт з двох сторін укріпіть бирки з позначенням груп виводів, джгутів і кабелів по схемі електричних з'єднань. При упаковці бухт переконайтеся в збереженні маркувальних бирок на кінцях дротів і кабелів. При необхідності встановіть бракуючі бирки. Захистіть бухти від механічних пошкоджень. Розберіть монтажні коробки і складові елементи трас зовнішніх з'єднань. Щоб уникнути втрати кріпильних деталей закріпіть їх на відповідних елементах конструкції. Пов'яжіть спільно зчленовувані елементи трас зовнішніх з'єднань і захистіть їх від механічних пошкоджень.

Перед монтажем електроустаткування верстата у споживача верстат і всі пристрої, що входять в його склад, встановіть на свої місця, згідно вказівок керівництва по експлуатації механічної частини верстата.

2.3 Устрій, робота верстата і його складових

Частин

Загальний вид верстата з позначенням органів управління (рисунок 2.1).

Механізм переміщення шліфувальної бабки. Конструкція передньої опори кулькового гвинта аналогічна конструкції передньої опори 9 (рис.10) механізму подовжнього переміщення столу.

В крайніх положеннях переміщення кулькової гайки 4 обмежується пружинними упорами 3 і 6.

Мастило підшипника 1 і 7 і кулькової гайки 4 – примусова проточна.

Бабка передня. Шпіндель 3 передньої бабки нерухомий. Виріб одержує обертальний рух від поводка 2, закріпленого на планшайбі. Планшайба приводиться в обертання електродвигуном через ремінну передачу (шків 1 і 5). Натягнення ремінної передачі – здійснюється гвинтом 6 при відпущених гвинтах 7. При експлуатації верстата необхідно періодично контролювати отвори «А», «Б», «В», і «І», а при необхідності очищати їх від шламу.

На корпусі бабки з боку шліфувального круга може встановлюватися кронштейн з алмазним інструментом для правки шліфувального круга.

Таблиця 2.1.Перелік органів керування

Поз.	Органи управління і їх призначення	Примітки
1	Оперативний пульт управління	
2	Квадрат під рукоятку ручного відведення пиноли задньої бабки	
3	Рукоятка регулювання зусилля підтиску пиноли задньої бабки	
4	Ввідний автоматичний вимикач	
5	Блок управління індикатором електронним ІЕ - 1	Див. в паспорті
6	Рукоятка крана подачі охолоджуючої рідини	
7	Гвинт повороту верхнього столу	
8	УЧПУ мод. 2С42 – 65 – 04	
9	Електронний блок приладу активного контролю	
10	Рукоятка механізму коректування конусності	
11	Педаль відведення пинол і задньої бабки	
Поз	Органи управління і їх призначення	Примітки

12	Лампа «Маховик по «Х» включений» *	
13	Кнопка включення і виключення маховика «Х»	
14	Перемикач вибору ціни розподілу маховика «Х»	
15	Хрестовий перемикач з кнопкою в рукоятці а) при не натискненій кнопці : шліфувальна бабка повільно назад «+Х» стіл прискорення управо «-Z» шліфувальна бабка повільно вперед «-Х» стіл повільно вліво «+Z» б) при натискненій кнопці : шліфувальна бабка прискорений назад «+Х» стіл прискорений управо «-Z» шліфувальна бабка прискорений вперед «-Х» стіл прискорений вліво «+Z»	
16	Кнопка «Виріб стоп»	
17	Кнопка «Підведення шліфувальної бабки на запрограмовану величину»	
18	Кнопка «Відведення шліфувальної бабки на запрограмовану величину»	
19	Кнопка «Виріб пуск»	
20	Перемикач вибору місця правки: торець лівий периферія торець правий	
21	Кнопка «Правка пуск» Використовується для запуску циклу правки як в ручному, так і в автоматичному циклах.	
22	Кнопка «Скоба приладу активного контролю, підвод»	
23	Кнопка «Аварійний стоп»	
24	Лампа «Живляче джерело включено»	
25	Кнопка «Гідравліка і електропривод «стоп»	
26	Кнопка «Гідравліка і електропривод «пуск»	

Бабка задня. Пиноль 4 з центром I переміщається по направляючим качення і постійно підтискається до виробу пружиною 3. Сила підтискання пружини регулюється маховиком 7. Відведення пинолі здійснюється від гідроприводу натисненням на педаль. При натисненні на педаль масло переміщає плунжер, плунжер 5 з нарізаними на ньому зубами, і через вал – шестерню 14 пиноль 4 відводиться. Передбачено також ручне відведення пинолі за допомогою рукоятки, що надіває на квадратний кінець «В» вал – шестерні. В задній бабці є механізм виводу конусності. При обертанні по різбі маховика 10 повертається жорстко пов'язаний з ним гвинт 9. Валик 13, одержуючи осьове переміщення, повертає важіль 12, який через кільце 8 і шпонку 6, пов'язаний з пинолю 4. Центр I встановлений з ексцентриситетом «I» щодо осі пинолі 4, відбувається зсув осі центру в горизонтальній площині. Без зазорності з'єднань механізму забезпечується пружиною II.

З боку шліфувального круга на корпусі кріпиться кронштейн 2 алмазними інструментами для правки периферії і торця шліфувального круга. За допомогою двох пар додаткових кріпильних отворів на кронштейні 2 його можна встановлювати заново.

Механізм балансування шліфувального круга. Механізм балансування закріплений на фланці шліфувального круга. Для виконання балансування необхідно захопити рукою рукоятку і утримувати її від обертання до тих пір, поки круг не відбалансируется. При цьому приходять в обертання шестерні 14 і 9, і рух від них передається вантажу балансування I через дві черв'ячні пари 10 – 8, 7 – 11 і вантажу 6 через той же кінематичний ланцюг і шестерні 2,3,12. Обидва вантажі обертаються в одну сторону, але

вантаж 6 рухається дещо повільніше, ніж грузнув 1, що приводить до зміни взаємного розташування вантажів.

Як показчик вібрації застосовується віброприлад, що входить в комплект верстата. Балансування слід проводити до тих пір, поки стрілка показчика вібрацій не показуватиме мінімально досягну амплітуду вібрацій. Якщо пройдено положення, відповідне мінімальній вібрації і дисбаланс круга починає зростати, то слід відпустити рукоятку 4 і захопити рукою рукоятку 5, щоб повернути вантажі в пройдене положення мінімального дисбалансу. При цьому вантажі обертатимуть-

ся в протилежному напрямі, оскільки в передачі від рукоятки 5 на вантажі передбачена паразитна шестерня 13. Механізм розрахований на виправлення дисбалансу, що утворюється в процесі зносу круга. На верстат повинен встановлюватися круг, заздалегідь відбалансований.

Принципові схеми захисту та силової частини допоміжних приводів наведені на рис.2.1 і рис. 2.2 відповідно.

2.4 Постановка задачі розробки

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок що система керування заточного верстата є морально застарілою. До того ж вона містить привода постійного струму що знижує надійність системи керування та і всього верстата в цілому.

Враховуючі все можна зробити висновок що до модернізації верстата. Модернізацію можна здійснити за рахунок заміни приводів постійного струму на привода змінного струму з короткозамкнутим ротором. Завдяки такої модернізації ми зможемо підвищити надійність системи керування і всього верстату в цілому. Сучасні системи керування електроприводами змінного струму дозволять підвищити не тільки надійність системи а і показники якості обробки деталей. Застосування верстата не тільки в полу автоматичному режимі роботи а і в автоматичному.

Таким чином спочатку визначаємо спосіб керування асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором, а потім проведемо вибір комплектного електропривода. Проведемо його розрахунок, моделювання і аналіз динамічних характеристик.

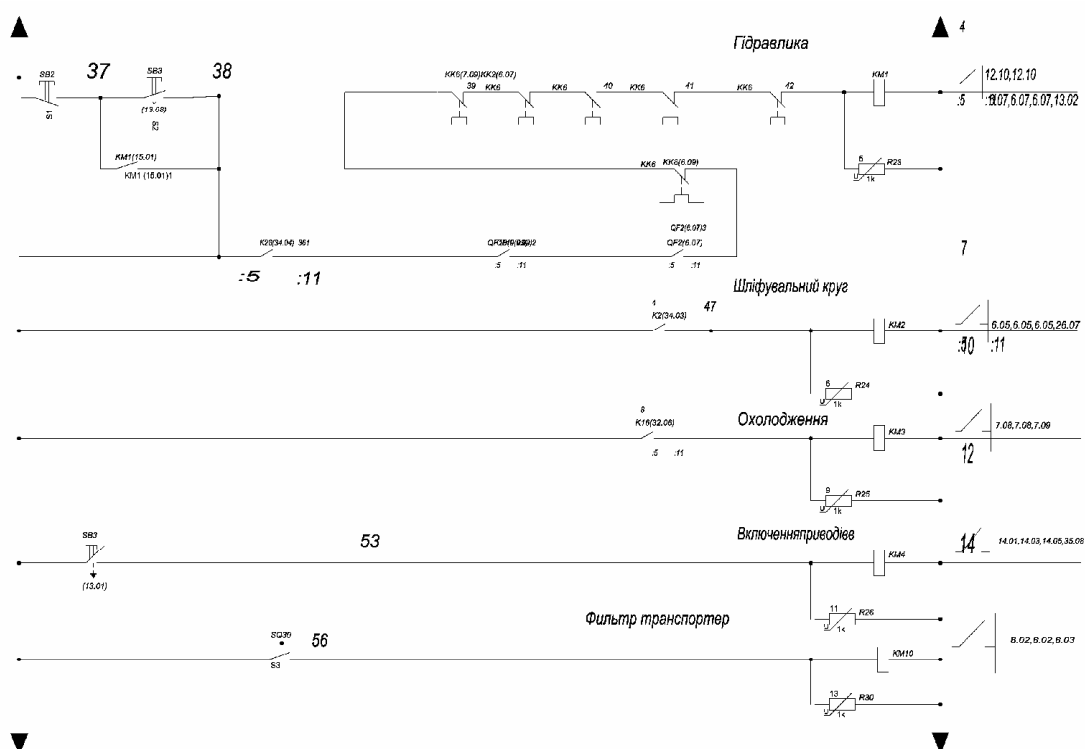


Рисунок 2.1 -- Загальна принципова схема автоматики заточного верстата

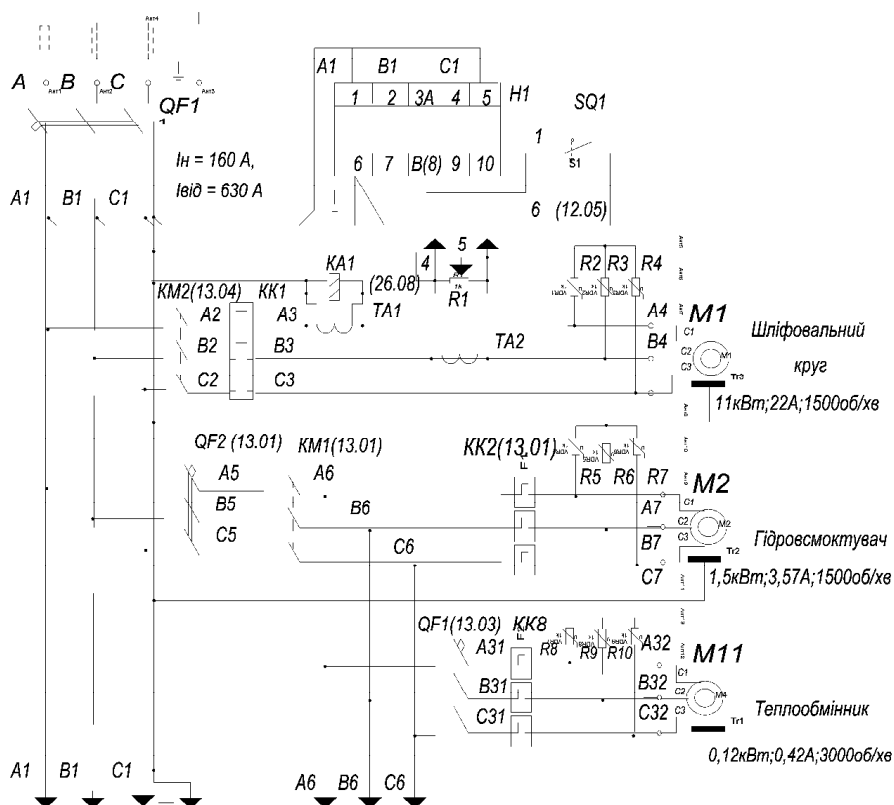


Рисунок 2.2 - Загальна принципова схема живлення допоміжних електроприводів заточного верстата

3 ОПИС КОМПЛЕКТНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ALTIVAR

У системи подач електропривода заточного верстату використовується частина двигунів змінного струму і частина двигунів постійного струму. Привода подачі є двигунами постійного струму. В процесі модернізації ми виконуємо заміну двигунів постійного струму на двигуни змінного струму. Для використовуваного нами двигуна необхідно не тільки плавний пуск і стоп, але і необхідне управління швидкістю обертання.

Частотні перетворювачі на базі силових модулів IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) розраховані на струми до декількох кілоампер і частоти комутації до 30 кгц і вище.

Існує два основних типи частотних перетворювачів — з безпосереднім зв'язком (частота на виході змінюється від 0-33 Гц) і з проміжним контуром (частота на виході змінюється від нуля до декількох тисяч герців). Для зміни швидкості обертання найбільше часто використовують принцип зміни частоти й амплітуди напруги. При регулюванні частоти вниз можна підібрати таке співвідношення f і U , при якому буде підтримуватися максимальний момент двигуна. При регулюванні частоти нагору має місце зниження магнітного потоку, тобто зменшення амплітуди напруги.

Велику роль в економії електроенергії й збільшенні ресурсу двигуна має правильний вибір режиму управління двигуном, що сильно залежить від типу навантаження. Залежність між швидкістю обертання й моментом опору неоднакова.

Багато навантажень мають постійний момент у всьому діапазоні швидкості обертання. У деяких споживана потужність залежить від куба швидкості обертання і, отже, теоретично зниження швидкості обертання на 10% приносить економію 30% від вихідної споживаної потужності. Найбільш точне й ефективне управління забезпечує режим векторного управління без датчиків зворотного зв'язку (SVC).

Для зупинки чи для уповільнення двигуна крім механічних способів існують і електричні. Найпростіший — це вибіг, коли з двигуна знімають живлення, і він зупиняється по інерції. У цьому випадку час зупинки залежить від багатьох факторів і не піддається регулюванню.



Рисунок 3.1 - Перетворювачі частоти типу Altivar:
(Altivar 68; Altivar 58; Altivar 66)

Для управління часом гальмування застосовують генераторний метод. Він полягає в тім, що частотний перетворювач зменшує вихідну частоту до необхідного значення (енергія повертається в первинну мережу). При великому моменті або при швидкій зупинці, щоб уникнути перегріву й виходу з ладу внутрішнього контуру використовують зовнішній навантажувальний опір, що є недоліком даного режиму. При динамічному гальмуванні з однієї – двох фаз знімають перемінну напругу і подають постійну — при цьому способі не потрібно зовнішній опір. Але ефективність гальмування складає 30%-40% у порівнянні з генераторним способом і час гальмування не регулюється. У частотних перетворювачах використовують комбінований метод, що включає в себе всі переваги вищеописаних методів.

Широка гама частотних перетворювачів Altivar, вироблених групою “Шнейдер Електрик” (рисунок 3.1), дозволяють вирішити проблеми управління двигунами з однофазною або трифазною напругою живлення й потужністю 0,18-630 кВт.

Історія компанії Schneider Electric нараховує вже 165 років. У 1836 році в містечку Крезо (Creusot), що на сході Франції, брати Адольф (Adolphe) і Южин (Eugene) Шнейдер заснували компанію, основними напрямками діяльності якої були вуглевидобуток і чорна металургія.

На сьогоднішній день Schneider Electric входить у число найбільших світових виробників електротехнічного устаткування й засобів автоматизації. Володіє відомими торговими марками.

“Schneider Electric Україна” пропонує широкий спектр продукції для: передачі і розподілу електроенергії; управління в промислових процесах; автоматизації технологічних процесів.

Перші постачання електротехнічного устаткування в СРСР Schneider Electric здійснює на початку 70-х років.

Schneider Electric - це транснаціональна компанія, світовий лідер в області розподілу електроенергії й автоматизації промислових процесів.

У 1994 рік - відкриті представництва в м. Києві, потім у таких містах як Донецьк (1994), Дніпропетровськ (2000), Миколаїв (1995), Львів (1995). Сьогодні 72 200 співробітників працює в 130 країнах світу. У виробництві устаткування задіяно 170 заводів.

Завдяки сучасним алгоритмам векторного управління і великих функціональних можливостей, перетворювачі Altivar допоможуть Вам реалізувати одно- і багатодвигунові частотно-регульовані електроприводи для механізмів із будь-яким характером навантаження. Наявність ручного й автоматичного режимів управління від ПК, ПЛК, панелі оператора дозволять вмонтувати електропривод в автоматизовані системи будь-якої складності.

Асинхронні частотно-регульовані приводи (АЧРП) забезпечують плавне регулювання швидкості обертання стандартних промислових асинхронних електродвигунів потужністю від 0,37 до 630 кВт у широкому діапазоні частот (від 0,1 до 500 Гц). Застосування АЧРП дозволяє оптимізувати режим роботи (продуктивність) промислової установки чи агрегату відповідно до виробничого завдання і/чи поточними параметрами технологічного процесу. При цьому економія електроенергії досягається за рахунок роботи електропривода установки (агрегату) на знижених оборотах у тих випадках, коли виробнича програма чи процес не вимагають постійної роботи механізму, що приводиться з максимальною продуктивністю.

“Schneider Electric” випускає різні типи Altivar:

Altivar™68	250-630кВт	Altivar™66	2,2-220 кВт	Altivar™28
0,37-15кВт	Altivar™58	0,37- 75кВт		

АЧРП забезпечують не тільки економію електроенергії, але і заощадження ресурсу при плавному пуску й зупинки механізмів.

Пристрої АЧРП сімейства Altivar™ володіють рядом додаткових можливостей і переваг, включаючи: автоматичне регулювання оборотів по сигналу датчика тиску, витрати, чи температури іншого параметру процесу; програмувальний графік (цикл) зміни оборотів; програмувальний темп і графік прискорення/гальмування; захист електродвигуна від перевантажень; координовану роботу декількох АЧРП для управління виробничими лініями й ділянками; зв'язок із комп'ютерами й іншими засобами автоматизації виробництва; можливість прямого підключення до промислової мережі Ethernet.

3.1 Функції які виконує Altivar

Altivar 68 надійний і компактний перетворювач частоти, призначений для всіх типів трифазних асинхронних двигунів великої потужності. Він втілює у собі новітні технології й інноваційні функції, що відповідають найбільш частим застосуванням.

Перетворювач Altivar 68 має макроконфігурації, орієнтовані на конкретні типи загально промислових механізмів, що містять невелике число базових параметрів. Вони набудовуються за бажанням за допомогою терміналу програмування, що дозволяє створювати додаткові функції.

Перетворювач перекриває діапазон потужностей від 75 до 500 кВт для застосувань із збільшеним моментом і від 90 до 630 кВт для використання моментом для єдиної гами напруг від 400 до 500 В.

Багатофункціональність перетворювача не заважає йому залишатися простим у налаштуванні. Введення параметрів із заводської таблички двигуна й автопідстроювання достатні для одержання збільшеного моменту і відмінної якості регулювання навіть на дуже низьких швидкостях обертання ($<0,5$ Гц).

Основними функціями перетворювача частоти є: пуск і регулювання швидкості двигуна, прискорення, уповільнення, зупинка, захист двигуна й перетворювача і т.д.

Для електродвигунів із природною вентиляцією, охолодження зв'язане з їхньою швидкістю обертання. Це приводить до необхідності зниження навантаження при швидкостях, менших номінальній швидкості. Для налаштування теплового

захисту двигуна бажано мати інформацію від виготовлювача про значення теплової постійної часу.

Нове покоління перетворювачів частоти Altivar— це новітні технології виконання і управління в електроприводах перемінного струму.

Завдяки сучасним алгоритмам векторного управління і великих функціональних можливостей, перетворювачі Altivar допоможуть Вам реалізувати одно- і багатодвигунні частотно-регульовані електроприводи для механізмів із будь-яким характером навантаження. Наявність ручного й автоматичного режимів управління від ПК, ПЛК, панелі оператора дозволяє вмонтувати електропривід в автоматизовані системи будь-якої складності.

У нашому розпорядженні: прикладні спеціалізовані карти; прикладні макропрограми; автопідстроювання до двигуна; автоматичне підстроювання частоти модуляції; енергозберігаючий режим; автоматичний повторний пуск; підхоплення на ходу; переключення двигунів і блоків параметрів; двох- і трипровідне управління; автоматичний задатчик; фіксовані установки швидкості; S- і U- образні криві розгону-гальмування; переключення темпів розгону-гальмування; адаптація темпів розгону-гальмування; пропуск частотних вікон; покрокова робота; управління зупинкою двигуна; управління гальмом; обмеження моменту двигуна; П(Д)- регулювання технологічних перемінних; регулювання швидкості за допомогою ТГ і ЦД; регулювання.

3.2 Вибір ALTIVAR

Сьогодні для регульованого електропривода перемінного струму компанія “Schneider Electric” пропонує: сімейство перетворювачів частоти потужністю до 630 кВт; пристрою плавного пуску й гальмування потужністю до 800 кВт; сервоприводи на базі вентильних двигунів для систем ЧПУ потужністю до 130 кВт.

У номенклатурі сучасної техніки, що випускається ведучими електротехнічними фірмами, група перетворювачів частоти з проміжною ланкою постійного струму й автономним інвертором напруги із широтно-імпульсною модуляцією вихідної напруги є найбільш масовою. Частотно-регульований електропривод з асин-

хронними й синхронними двигунами на їхній основі займає ведучі позиції в автоматизації виробництва. При цьому велика частина впроваджуваних приводів приходить на діапазон потужностей від одного до кількох сотень кіловатів. За прогнозами фахівців ринок регульованих електроприводів цього року зросте до 1,5 млрд. USD, причому понад 70% продажів складуть приводи потужністю від 0,75 до 75 кВт.

У 2000 році в рамках проведеною компанією Шнейдер Електрик широкомасштабної програми відновлення продукції завершується створення нового сімейства перетворювачів Altivar, що включає серії: Altivar 08 - потужністю від 0,18 до 0,75 кВт; Altivar 28 - потужністю від 0,37 до 15 кВт; Altivar 58 - потужністю від 0,37 до 55 кВт; Altivar 68 - потужністю від 75 до 500 кВт.

Основні зусилля розроблювачів були спрямовані на розширення споживчих властивостей і збільшення надійності нового покоління перетворювачів за рахунок удосконалювання апаратних і програмних засобів.

Забезпечення високих масогабаритних, енергетичних і експлуатаційних показників нового сімейства досягнуто, насамперед, за рахунок:

- використання для вирівнювача і проміжної ланки постійного струму діодів і електролітичних конденсаторів із поліпшеними характеристиками, а для автономних інверторів - більш зроблених інтелектуальних модулів IPM (наприклад, IPM серії SKIP у перетворювачах Altivar 58);

- застосування високоефективного охолодження при малогабаритних радіаторах; упровадження прогресивних конструктивних рішень, спрямованих на зменшення відстані між ПЧ і двигуном. Новітні моделі випускаються не тільки в традиційному виконанні з охолодними радіаторами, але і без них для установки ПЧ на корпусі механізму чи в герметичній шафі. Ще одна новинка – комплектні перетворювачі, тобто ПЧ у захисному кожусі з вбудованим вимикачем, мережним чи вихідним контактором, мережним дроселем, а також елементами локального управління - потенціометром що задає, і перемикачем напрямку обертання. Дане рішення в порівнянні з бортовими перетворювачами (ПЧ, убудованими в клемну коробку двигуна) не має обмежень по потужності і значно спрощує процес введення в експлуатацію. Крім того, в умовах зростаючого попиту на постачання апаратно-програмних

комплексів систем частотного регулювання комплектні ПЧ є ідеальною основою для їхньої побудови.

Нове покоління перетворювачів Altivar володіють більш новішими програмними засобами, які відрізняються наступними характеристиками:

- розширені функціональні й сервісні можливості. Перетворювачі ATV 58 і ATV 68 по праву можна назвати багатофункціональними, оскільки поряд з використанням великого числа прикладних функцій у них реалізовані макропрограми (макроконфігурації), орієнтовані на конкретний тип загальпромислового механізму. Кожна макропрограма поєднує ряд прикладних функцій, визначає настроювання параметрів і призначення аналогових і дискретних входів-виходів, набагато спрощуючи процес настроювання й введення в експлуатацію електропривода. Можливості базового блоку можуть бути значно розширені при використанні карт розширення входів-виходів. Крім цього, для перетворювачів ATV 58 розроблені спеціальні прикладні карти для переключення насосів, двигунів і груп параметрів. Так, прикладна карта переключення приводів дозволяє керувати групою насосів (до п'яти штук), забезпечуючи постійний тиск у магістралі, діагностику й оптимізацію роботи насосної чи компресорної установки. Таким чином, перетворювачі ATV 58 дозволяють створювати локальні об'єктно-орієнтовані електроприводи за допомогою мікропроцесорних засобів самого ПЧ без використання промислових логічних контролерів.

- Прекрасні статичні й динамічні характеристики електроприводів завдяки реалізації поліпшених алгоритмів векторного управління. У модифікаціях перетворювачів ATV 58F і ATV 68F із векторним управлінням потоком із датчиком швидкості динамічні можливості такі, що їх успішно можна використовувати у швидкодіючих високоточних електроприводах.

- Розширені діалогові можливості, забезпечувані інтелектуальними пультами управління й програмування перетворювачів ATV 58 і ATV 68. Енергонезалежна пам'ять цих пультів дозволяє зберігати до 8 користувальницьких конфігурацій.

- Універсальні можливості по керуванню ПЧ від комп'ютерів і промислових контролерів, обумовлені наявністю убудованих послідовних інтерфейсів RS 232 C і RS 485, а також комунікаційних карт, що підтримують стандартні протоколи зв'яз-

ку. Спеціально для перетворювачів ATV 58 і ATV 28 розроблена панель оператора Magelis, що дозволяє здійснювати контроль за роботою до 8 перетворювачів по багатоточечному інтерфейсі RS 485 зі спрощеним протоколом Modbus.

Таким чином, нову серію перетворювачів Altivar відрізняють:

- компактність і надійність, завдяки застосуванню найсучаснішої елементної бази;
- багатофункціональність, забезпечувана великим числом прикладних макро-програм і спеціалізованих карт;
- різноманіття конструктивних варіантів виконання;
- розширені діалогові і комунікаційні можливості;

Так як нам потрібно керувати електродвигуном потужністю 2,5 кВт і вимагаються невеликі габаритні розміри – вибираємо Altivar28.

Існують різні можливості по комплектації Altivar28. Вибираємо ATV.28-33N4. По своїх технічних характеристиках і виконуваних функціях він підходить для управління обраного нами електродвигуна потужністю 2.5 кВт і числом обертів 1500 об/хв.

3.3 Технічні характеристики ALTIVAR 28 –33N4

Характеристики привода

Діапазон вихідної частоти Гц - 0 - 300 -Стабільність частоти: $\pm 0,01$ % при 50 Гц, -Дозвіл: 0,01 Гц

Діапазон швидкості -100 (у конфігурації зі збільшеним моментом)

Статична точність

У розімкнутій системі (без карти імпульсного датчика зворотного зв'язку по швидкості): 30% номінального ковзання при швидкості >10 % номінальної швидкості двигуна; 50% номінального ковзання при швидкості <5 % номінальної швидкості двигуна

У замкнутій системі (із датчиком зворотного зв'язку): $\pm 0,01$ % верхньої швидкості

Перевантажувальний перехідний момент 180% номінального моменту двигуна (типове значення $\pm 10\%$) у конфігурації зі збільшеним моментом

Максимальний перехідний струм При 400 і 500 В: 150% номінального струму зі збільшеним моментом протягом 60 сек. і далі 120% в установленному режимі; 120% номінального струму з перемінним моментом протягом 60 сек. і далі 100 % в установленному режимі При 460 В: 150% номінального струму протягом 60 сек. і далі 100 % в установленному режимі.

Обмеження струму залежить від температури радіатора. У випадку використання перетворювача вище його теплової здатності він автоматично зменшить частоту комутації і, при необхідності, обмеження перехідного струму.

Гальмовий момент

- До 30% номінального моменту двигуна без блоку гальмування (типове значення)

- До 150% з одним чи декількома додатковими блоками гальмування

Закон управління U/f - векторне управління потоком без датчика зворотного зв'язку; постійний чи перемінний момент із конфігуруємою функцією енергозбереження

Електричні характеристики

Трифазне живлення (Напруга частота) - 400 В $\pm 15\%$, 50/60 Гц $\pm 5\%$

Максимальна вихідна напруга - Максимальна напруга дорівнює напрузі живлення

Рівень шуму перетворювача дБА АТV 28 • 23N4 • 33N4 :

- 72 дБА

КПД - 97,5% (включаючи втрати в мережному дроселі), при 50 Гц із номінальним навантаженням

Наявність внутрішніх джерел - 1 вихід +10 В $\pm 20\%$, максимального струму споживання 10 мА; захищений від коротких замикань. 1 вихід +24 В $\pm 25\%$ програмувальний як джерело живлення для логічних входів (максимальний струм споживання 150 мА) чи для логічного виходу; захищений від коротких замикань.

Аналогові входи AI

AIV 1 - аналоговий вхід по напрузі: 0 -10 В Повний опір:100 кОм Точність: $\pm 0,6$ % повної шкали (10 В) Лінійність характеристики: $<0,15$ %з потенціометром, що задає, 1 кОм Дозвіл:10 біт (~ 10 мВ) Програмувальні обмеження і застосування З апізнювання 5 мсек.

AIS 1 - аналоговий вхід по струму: 0-20 мА Максимальне навантаження: 250 Ом Точність: $\pm 0,9$ %повної шкали 20 мА Дозвіл:10 біт (~ 20 мкА) Стабільність: $\pm 0,2$ % при зміні температури 10 °С Контроль струму нуля Програмувальні обмеження і застосування Запізнювання 5 мсек.

Електричний нуль джерела

Електричний нуль джерела може бути ізолюваний, але його потенціал стосовно землі не повинний бути >35 В

Аналогові виходи

АО1 - 1 аналоговий вихід по струму: 0-20 мА з програмувальними обмеженням і застосуванням Максимальне навантаження:600 Ом Дозвіл:10 біт Точність: частота, струм, напруга: $\pm 1,5$ %; момент, що здається чи активна потужність: ± 5 % Запізнювання 5 мсек.

Вхід термістора РТС - Максимум для 6 термісторів РТС, включених послідовно (підключення за допомогою екранованого проводу, прокладеного окремо від кабелю двигуна).Номінальне значення опору $<1,5$ кОм Опір відключення:3 кОм, опір повернення у вихідний стан:1,8 кОм Захист від короткого замикання: <50 Ом Обмірюваний струм:близько 1 мА

Логічні входи DI - 4 біполярних входи:позитивна чи негативна логіка Програмувальне використання Мінімальна тривалість для спрацьовування:10 мсек Споживання: близько 8 мА при 24 В Стан 1,якщо більше 15 В; стан 0, якщо менше 4 В

Загальна точка Загальна для всіх логічних входів на базовій карті. Рівень може змінюватися до 35 В стосовно землі 0 В

Допоміжне живлення Дозволяє живлення ланцюга управління і додаткові карти за допомогою зовнішнього джерела + 24 В в випадку відключення силового живлення Споживання: близько 0,5 А Окремо за допомогою діода від внутрішнього живлення

Релейний вихід Програмувальний релейний вихід Напруга переключення: 250 В перемінного струму, чи 30 В постійного струму Потужність переключення: 125 ВА максимум, 150 Вт Максимальний встановлений струм: 3 А Мінімальний струм, що комутується, (нове реле): при 24 В постійного струму, 3 мА Умови підключення РЕ провідника повинні бути однакові для мережі й джерела 24 В Гальванічна розв'язка між мережею й живленням реле.

Сигналізація - За допомогою трьох світодіодів терміналу: перетворювач готовий; робота; несправність.

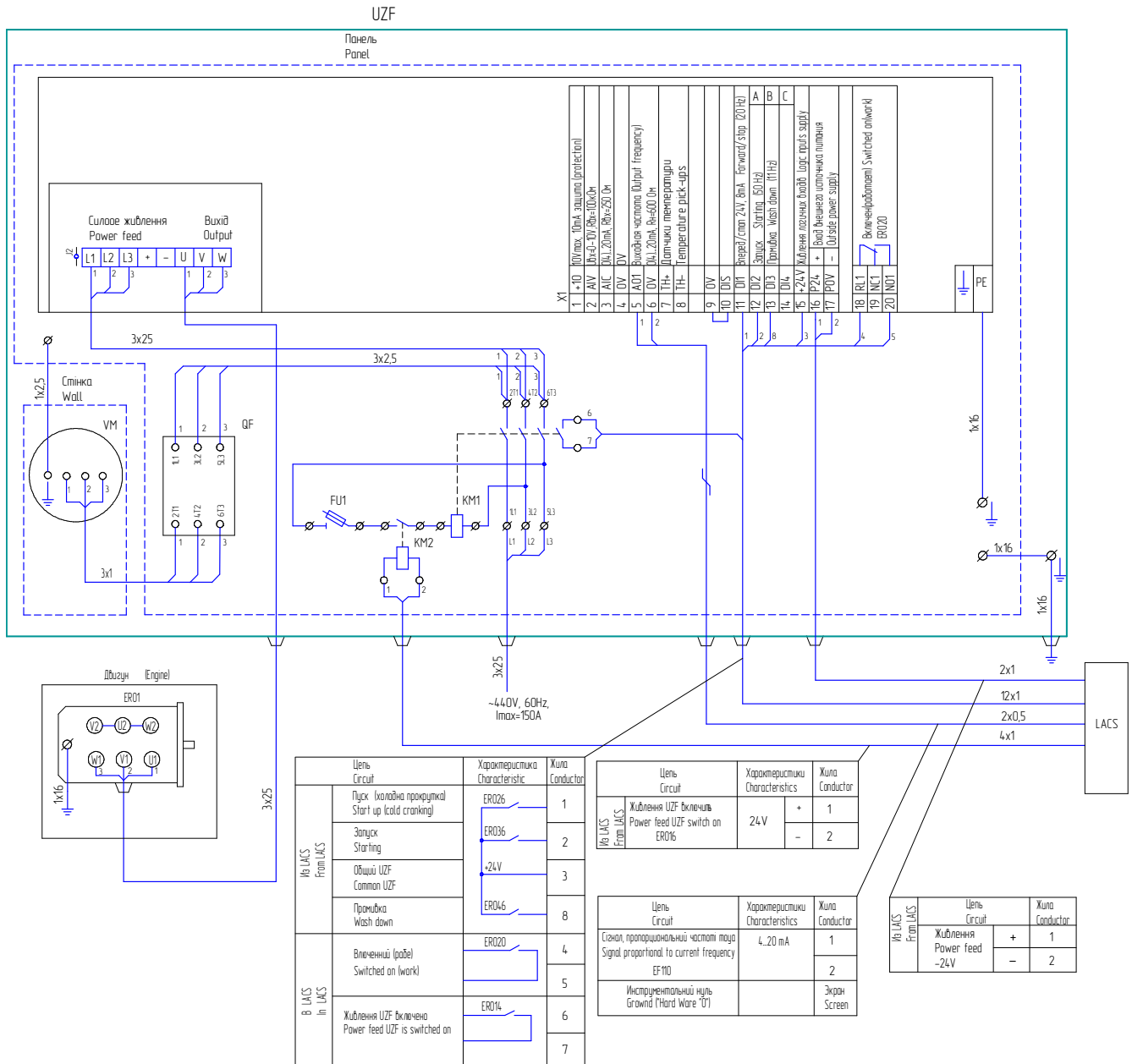


Рисунок 3.4 - Схема підключення Altivar 28

4 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВЕКТОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Щоб оцінити показники якості реалізовані пристроєм для автоматизації системи керування привода Altivar28 проведемо побудову й розрахунок математичної моделі векторної системи керування асинхронним двигуном.

4.1 Побудова математичної моделі асинхронного двигуна при керуванні вектором потокозчеплення ротора

При дослідженні перехідних процесів у трифазних асинхронних електродвигунах доцільно прийняти наступні допущення, що дозволяють спростити вираження основних параметрів і координат електродвигуна:

- сили обмоток, що намагнічують, двигуна розподілені синусоїдально уздовж окружності повітряного зазору;
- втрати в сталі статора і ротора відсутні;
- обмотки статора і ротора строго симетричні зі зрушенням осей обмоток на 120° ;
- насичення магнітного ланцюга відсутнє.

Рівняння рівноваги напруг для обмоток трьох фаз статора мають вид [5]:

$$\left. \begin{aligned} u_{1a} &= i_{1a} \cdot R_1 + \frac{d}{dt} \psi_{1a} \\ u_{1b} &= i_{1b} \cdot R_1 + \frac{d}{dt} \psi_{1b} \\ u_{1c} &= i_{1c} \cdot R_1 + \frac{d}{dt} \psi_{1c} \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

відповідно для обмоток трьох фаз ротора:

$$\left. \begin{aligned} u'_{2a} &= i'_{2a} \cdot R'_2 + \frac{d}{dt} \psi_{2a} \\ u'_{2b} &= i'_{2b} \cdot R'_2 + \frac{d}{dt} \psi_{2b} \\ u'_{2c} &= i'_{2c} \cdot R'_2 + \frac{d}{dt} \psi_{2c} \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

Асинхронний електродвигун являє собою систему магніто-зв'язаних обмоток, розташованих на статорі й роторі. При обертанні ротора взаємне положення обмоток статора і ротора безупинно змінюється, відповідно змінюється і взаємна індуктивність між ними. З урахуванням прийнятих допущень можна вважати, що взаємна індуктивність пропорційна косинусу поточного кута між осями обмоток ротора і статора. Повна система рівнянь потягосцеплень в обмотках статора і ротора визначається рівняннями (4.3) [16].

Рівняння (4.3) містить гармонійні коефіцієнти, що створює значних труднощів при дослідженні перехідних процесів. Для того щоб виключити гармонійні коефіцієнти, використовують перетворення координат. З цією метою реальні перемінні статора і ротора замінюються їхніми проекціями на взаємно перпендикулярні осі координат, що обертаються з довільною швидкістю ω_k . Таке перетворення координат відповідає приведенню трифазного електродвигуна до еквівалентного двофазного.

$$\begin{bmatrix} \dot{i}'_{1a} \\ \dot{i}'_{1b} \\ \dot{i}'_{1c} \\ \dot{i}'_{2a} \\ \dot{i}'_{2b} \\ \dot{i}'_{2c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 & 0 & 0 \\ 0 & L_1 & 0 \\ 0 & 0 & L_1 \\ L_{12} \cdot \cos \vartheta_2 & L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 - 2 \cdot \frac{\pi}{3} \right) & L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 - 4 \cdot \frac{\pi}{3} \right) \\ L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 - 4 \cdot \frac{\pi}{3} \right) & L_{12} \cdot \cos \vartheta_2 & L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 - 2 \cdot \frac{\pi}{3} \right) \\ L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 - 2 \cdot \frac{\pi}{3} \right) & L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 - 4 \cdot \frac{\pi}{3} \right) & L_{12} \cdot \cos \vartheta_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \dot{i}'_{1a} \\ \dot{i}'_{1b} \\ \dot{i}'_{1c} \\ \dot{i}'_{2a} \\ \dot{i}'_{2b} \\ \dot{i}'_{2c} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

$$\begin{bmatrix} L_{12} \cdot \cos \vartheta_2 & L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 + 2 \cdot \frac{\pi}{3} \right) & L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 + 4 \cdot \frac{\pi}{3} \right) \\ L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 + 4 \cdot \frac{\pi}{3} \right) & L_{12} \cdot \cos \vartheta_2 & L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 + 2 \cdot \frac{\pi}{3} \right) \\ L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 + 2 \cdot \frac{\pi}{3} \right) & L_{12} \cdot \cos \left(\vartheta_2 + 4 \cdot \frac{\pi}{3} \right) & L_{12} \cdot \cos \vartheta_2 \\ L'_2 & 0 & 0 \\ 0 & L'_2 & 0 \\ 0 & 0 & L'_2 \end{bmatrix}$$

де $L_1 = L_{1\sigma} + L_m$, $L'_2 = L'_{2\sigma} + L_m$ — повні еквівалентні індуктивності фаз статора і ротора, що складаються з індуктивностей від полів розсіювання ($L_{1\sigma}$, $L'_{2\sigma}$) і головний потоки ($L_m = 3/2L_{12}$), L_{12} — максимальна взаємна індуктивність між будь-якою обмоткою статора і будь-якою обмоткою ротора яка має місце при збігу їхніх осей; θ_2 — поточний кут між осями обмоток фаз ротора і статора.

При математичному описі трифазних асинхронних електродвигунів зручно оперувати не миттєвими значеннями координат, а їхній результуючими векторами. Якщо, наприклад, миттєві значення струмів рівні i_a , i_b , i_c то результуючий вектор струму визначається рівнянням [29]:

$$\mathbf{i} = \frac{2}{3} \cdot (\mathbf{a}^0 \cdot i_a + \mathbf{a} \cdot i_b + \mathbf{a}^2 \cdot i_c) = \frac{2}{3} \cdot (i_a + \mathbf{a} \cdot i_b + \mathbf{a}^2 \cdot i_c) \quad (4.4)$$

де $\mathbf{a}^0 = \mathbf{e}^{j0} = 1$; $\mathbf{a} = \mathbf{e}^{j2\pi/3}$; $\mathbf{a}^2 = \mathbf{e}^{j4\pi/3}$.

Аналогічно визначаються результуючі вектори напруги і потокоцеплення:

$$\mathbf{u} = \frac{2}{3} \cdot (\mathbf{u}_a + \mathbf{a} \cdot \mathbf{u}_b + \mathbf{a}^2 \cdot \mathbf{u}_c) \quad \Psi = \frac{2}{3} \cdot (\Psi_a + \mathbf{a} \cdot \Psi_b + \mathbf{a}^2 \cdot \Psi_c) \quad (4.5)$$

Використовуючи вираження результуючих векторів, рівняння (4.1) можна записати у виді одного диференціального рівняння у векторній формі. Для цього перше рівняння з (4.1) збільшується на $2/3 \mathbf{a}^0$, друге на $2/3 \mathbf{a}$, третє на $2/3 \mathbf{a}^2$. Підсумовуючи отримані добутки, одержимо:

$$\frac{2}{3} \cdot (\mathbf{u}_{1a} + \mathbf{a} \cdot \mathbf{u}_{1b} + \mathbf{a}^2 \cdot \mathbf{u}_{1c}) = \frac{2}{3} \cdot (\mathbf{i}_{1a} + \mathbf{i}_{1b} + \mathbf{i}_{1c}) \cdot \mathbf{R}_1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{d}{dt} (\Psi_a + \mathbf{a} \cdot \Psi_b + \mathbf{a}^2 \cdot \Psi_c) \quad (4.6)$$

чи у векторній формі

$$\mathbf{u}_1 = \mathbf{i}_1 \cdot \mathbf{R}_1 + \frac{d}{dt} \Psi_1 \quad (4.7)$$

Аналогічно векторне рівняння напруг ротора:

$$\mathbf{u}'_2 = \mathbf{i}'_2 \cdot \mathbf{R}'_2 + \frac{d}{dt} \Psi_2 \quad (4.8)$$

У цих рівняннях вектори записані відповідно в системах координат статора й ротора. Для спільного рішення рівнянь їх необхідно привести до однієї системи координат.

При дослідженні перехідних процесів в електродвигунах перемінного струму застосовують різні ортогональні системи координат, що відрізняються кутовою швидкістю обертання координатних осей ω_k , наприклад системи, осі яких нерухомі щодо ротора, чи нерухомі щодо статора, чи обертаються із синхронною швидкістю.

Рівняння асинхронного електродвигуна в системі координат, що обертається з довільною швидкістю ω_k , мають вид:

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= i_1 \cdot R_1 + \frac{d}{dt} \psi_1 + j \omega_k \cdot \psi_2 \\ u'_2 &= i'_2 \cdot R'_2 + \frac{d}{dt} \psi_2 + j (\omega_k - p_i \cdot \omega) \cdot \psi_1 \end{aligned} \right\} \quad (4.9)$$

де ω — кутова швидкість обертання ротора;

p_i — число пар полюсів [29].

Потокоцеплення зв'язані зі струмами через індуктивності:

$$\left. \begin{aligned} \psi_1 &= i_1 \cdot L_1 + i'_2 \cdot L_m \\ \psi_2 &= i_1 \cdot L_m + i'_2 \cdot L_2 \end{aligned} \right\} \quad (4.10)$$

Звідси можливо одержати значення струму ротора:

$$i'_2 = \frac{1}{L'_2} \cdot \psi_2 - \frac{L_m}{L'_2} \cdot i_1 \quad (4.11)$$

Підставивши його в друге рівняння системи (4.10), і виконавши необхідні перетворення з обліком того, що для електродвигуна з короткозамкнутим ротором $u'_2 = 0$, а $L_m/L'_2 = k_2$ одержимо

$$\frac{d}{dt} \psi_2 = - \frac{R'_2}{L'_2} \cdot \psi_2 + k_2 \cdot R'_2 \cdot i_1 - j \cdot (\omega_k - p_i \cdot \omega) \quad (4.12)$$

Підставивши в рівняння

$$u_1 = i_1 \cdot R_1 + \frac{d}{dt} \psi_1 + j\omega_k \cdot \psi_2 \quad (4.13)$$

значення потокоцеплення статора $\psi_1 = i_1 \cdot L_1 + i'_2 \cdot L_m$ і виконавши необхідні перетворення з урахуванням рівнянь (4.11) і (4.12) одержимо

$$\frac{d}{dt} i_1 = -\frac{R_1 + (k_2)^2 \cdot R'_2}{L''_2} \cdot i_1 - j\omega_k \cdot i_1 + \frac{k_2 \cdot R'_2}{L'_2 \cdot L''_1} \cdot \psi_2 - j p_i \cdot \omega \cdot \frac{k_2}{L''_1} \cdot \psi_2 + \frac{1}{L''_1} \cdot u_1, \quad (4.14)$$

$$\text{де } L''_1 = L_1 - (L_m^2 / L_2) = L_{1\sigma} + L_{2\sigma}.$$

Виразивши результуючі вектори через їх речовинні і мнимі частини, а також з огляду на формули (4.10) ортогональних перетворень, можна записати рівняння (4.11) і (4.12) у системі координат, що обертається зі швидкістю ω_k , рівної кутової швидкості обертання вектора потокоцеплення ротора $\omega_{\psi 2}$ приведеної до дво полюсного електродвигуна, у наступному виді [5]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} |\psi_2| + \frac{R'_2}{L'_2} \cdot |\psi_2| &= k_2 \cdot R'_2 \cdot i_{1a} \\ (\omega'_{\psi 2} - p_i \cdot \omega) \cdot |\psi_2| &= k_2 \cdot R'_2 \cdot i_{1b} \\ \frac{d}{dt} i_{1a} + \frac{R_1 + (k_2)^2 \cdot R'_2}{L''_1} \cdot i_{1a} &= \omega'_{\psi 2} \cdot i_{1b} + \frac{k_2 \cdot R'_2}{L'_2 \cdot L''_1} \cdot |\psi_2| + \frac{1}{L''_1} \cdot u_{1a} \\ \frac{d}{dt} i_{1b} + \frac{R_1 + (k_2)^2 \cdot R'_2}{L''_1} \cdot i_{1b} &= -\omega'_{\psi 2} \cdot i_{1a} + p_i \cdot \omega \cdot \left(\frac{k_2}{L''_1} \cdot |\psi_2| \right) + \frac{1}{L''_1} \cdot u_{1b} \end{aligned} \right\} \quad (4.15)$$

де $|\psi_2| = \psi_{2\alpha}$, $\psi_{2\beta} = 0$, тому що вектор потокоцеплення ротора сполучений з дійсною віссю координатної системи.

Електромагнітний момент двигуна може бути визначений по формулі:

$$M = \frac{3}{2} \cdot p_i \cdot k_2 \cdot |\psi_2| \cdot i_{1b} \quad (4.16)$$

Додавши до рівнянь (4.15) і (4.16) рівняння рівноваги моментів електропривода

$$M - M_c = J \cdot \frac{d}{dt} \omega \quad (4.17)$$

одержимо систему рівнянь, що цілком характеризує перехідні процеси в електроприводі при векторному керуванні.

З аналізу рівнянь (4.15) і (4.16) можна установити однозначні залежності модуля вектора потокозчеплення ротора $|\psi_2|$ від струму $i_{1\alpha}$, моменту двигуна від струму $i_{1\beta}$, а також струмів $i_{1\alpha}$ і $i_{1\beta}$ від напруг $u_{1\alpha}$ і $u_{1\beta}$, якщо компенсувати наступні складові в правих частинах рівнянь (4.15) (попередньо помноживши їх на L''_1):

$$L''_1 \cdot \omega'_{\psi 2} \cdot i_{1\beta} - \frac{k_2 \cdot R'_2}{L'_2} \cdot |\psi_2| - L''_1 \cdot \omega'_{\psi 2} \cdot i_{1\alpha} \quad (4.18)$$

і зневажити внутрішнім зворотним зв'язком по ЕРС двигуна, що враховується членом $r_p \omega_k \psi$, аналогічно тому, як це робиться в електроприводі постійного струму.

У системі управління ця компенсація технічно реалізується шляхом застосування блоку компенсації (БК), у який вводяться координати $i_{1\alpha}$, $i_{1\beta}$, $|\psi_2|$, ω і виробляються відповідні алгебраїчні перетворення.

Кутова швидкість $\omega_{\psi 2}$ дорівнює кутовій швидкості ω'_0 . Однак для простоти виконання алгебраїчних перетворень можна вважати, що $\omega_k = \omega_{\psi 2} \approx r_p \cdot \omega$

З урахуванням компенсації складових правої частини рівняння (4.15) записуються в наступному простому виді [5]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{L'_2}{R'_2} \cdot \frac{d}{dt} |\psi_2| + |\psi_2| &= k_2 \cdot L'_2 \cdot i_{1\alpha} \\ \frac{L''_1}{R_1 + (k_2)^2 \cdot R'_2} \cdot \left(\frac{d}{dt} i_{1\alpha} \right) + i_{1\alpha} &= \frac{1}{R_1 + (k_2)^2 \cdot R'_2} \cdot u_{1\alpha} \\ \frac{L''_1}{R_1 + (k_2)^2 \cdot R'_2} \cdot \left(\frac{d}{dt} i_{1\beta} \right) + i_{1\beta} &= \frac{1}{R_1 + (k_2)^2 \cdot R'_2} \cdot u_{1\beta} \end{aligned} \right\} \quad (4.19)$$

Перетворення складових напруги статора $u_{1\alpha}$, і $u_{1\beta}$ (представлених в осях, жорстко зв'язаних з вектором потокозчеплення ротора) у складові u_{1x} і u_{1y} , нерухомих осей здійснюється відповідно до формули

$$u_{1x} = u_{1\alpha} \cdot \cos\theta - u_{1\beta} \cdot \sin\theta \quad (4.20)$$

$$u_{1y} = u_{1\alpha} \cdot \sin\theta + u_{1\beta} \cdot \cos\theta$$

Позначивши $R_1 + k_2^2 \cdot R_2' = R_\Sigma$, $(L_1''/R_\Sigma) = T_{эл1}$, $(L_2'/R_2') = T_{эл2}$ і переходячи до операторної форми рівнянь (4.16), (4.19), одержимо (4.21) передатні функції, що характеризують динамічні процеси в асинхронному електродвигуні при векторному керуванні: Структурна схема математичної моделі асинхронного двигуна складена по рівнянням (4.21) показана на рисунку (4.1).

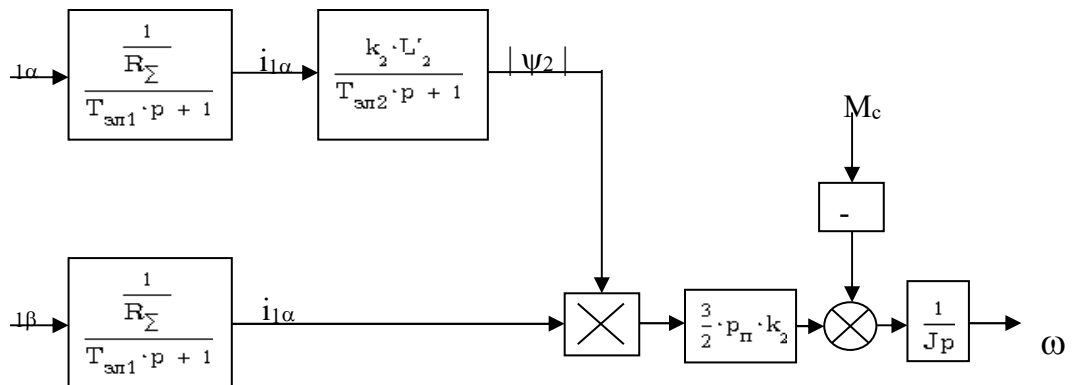


Рисунок 4.1 - Математична модель асинхронного двигуна при керуванні вектором потокозчеплення ротора

Параметри зображених на схемі ланок:

$$R_\Sigma = R_1 + k_2^2 \cdot R_2' = 2,4127 + 0,9442^2 \cdot 1,6394 = 3,8742 \text{ Ом},$$

$$T_{эл1} = L_1''/R_\Sigma = 0,0198/3,8742 = 0,00511 \text{ сек},$$

$$T_{эл2} = L_2'/R_2' = 0,2294/1,6394 = 0,1399 \text{ сек},$$

$$\text{де } k_2 = L_m/L_2' = 0,2166/0,2294 = 0,9442,$$

$$\text{а } L_1'' = L_1 - (L_m^2/L_2') = 0,2243 - (0,2166^2/0,2294) = 0,0198 \text{ Гн}$$

У незмінну частину системи також входять перетворювач частоти й блоки виміру і перетворення координат, динамічні властивості яких можуть бути спрощено, враховані введенням еквівалентної інерційної ланки з передатною функцією

$$W_{пр}(p) = k_{пр}/(T_{пр}p + 1), \quad (4.22)$$

де $k_{пр}$ — еквівалентний передатний коефіцієнт перетворювача; $T_{пр}$ — еквівалентна постійна часу перетворювача. Параметри перетворювача частоти:

$$k_{пр} = 1000, T_{пр} = 0,0005 \text{ сек} \quad [19].$$

Підставивши в систему диференціальних рівнянь (4.21) рівняння (4.22) запишемо систему рівнянь, що описує незмінну частину розрахованої системи управління:

$$\left. \begin{aligned} \frac{|\psi_2| \cdot (p)}{i_{1a} \cdot (p)} &= \frac{k_2 \cdot L'_2}{T_{эл2} \cdot p + 1} \\ \frac{i_{1a} \cdot (p)}{u_{1a} \cdot (p)} &= \frac{k_{пр}}{T_{пр} \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{R_{\Sigma} \cdot p + 1} \\ \frac{i_{1b} \cdot (p)}{u_{1b} \cdot (p)} &= \frac{k_{пр}}{T_{пр} \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{R_{\Sigma} \cdot p + 1} \\ M(p) &= \frac{3}{2} \cdot p_n \cdot k_2 \cdot |\psi_2| \cdot (p) \cdot i_{1b} \cdot (p) \\ \frac{\omega(p)}{M(p) - M_c \cdot (p)} &= \frac{1}{Jp} \end{aligned} \right\} \quad (4.23)$$

Спираючись на систему диференціальних рівнянь (4.23) розглянемо структуру, що дозволяє здійснити управління модулем потокозчеплення ротора і кутовою швидкістю ротора.

Система векторного управління з опорним вектором потокозчеплення ротора будується у виді двоканальної системи управління і містить канал управління кутовою швидкістю ротора і канал управління потокозчепленням ротора. Система побудована за принципом підлеглого регулювання.

Потокозчеплення ротора безпосередньо не залежить від складової $u_{1\alpha}$, тому канал управління $|\psi_2|$ можна будувати двоконтурним – із внутрішнім контуром управління по струму статора $i_{1\alpha}$ і з зовнішнім по модулі потокозчеплення ротора.

Канал управління кутовою швидкістю ротора також може містити два контури управління – внутрішній, по струму статора $i_{1\beta}$ і зовнішній, по кутовій швидкості ротора.

Структурна схема системи управління представлена на рисунку (4.2).

У системі регулювання швидкості асинхронного електродвигуна з підлеглим зворотним зв'язком по струму i_1 застосовується локальна система стабілізації поточкозчеплення ротора, у якій застосований підлеглий зворотний зв'язок по струму i_1 . Використанням компенсаційних зв'язків, що на структурній схемі не показані, системі стабілізації поточкозчеплення ротора забезпечується умова автономності. Ця умова дає можливість виконати синтез регуляторів потоку (РП) і струму i_1 (РС1) з передатними функціями $W_{p.p}(p)$ і $W_{p.t1}(p)$ незалежно від координат системи стабілізації швидкості. Аналогічна умова автономності застосовна і при синтезі регуляторів швидкості (РШ) і струму i_1 (РС2) з передатними функціями $W_{p.c}(p)$ і $W_{p.t2}(p)$.

Контури регулювання струмів i_1 і i_2 є однаковими. Малої некомпенсуючої постійної часу є постійна $T_{пр}$. Регулятори РТ1 і РТ2 доцільно вибирати пропорційно-інтегральними. Як пропорційно-інтегральний регулятор доцільно вибрати і РП.

Синтез РС у системі векторного управління виконується аналогічно тому як це робиться в системах управління електроприводом постійного струму при двозонному регулюванні швидкості. Послідовно з РС устанолюється блок розподілу, що компенсує вплив вузла добутку при формуванні електромагнітного моменту. Тим самим забезпечується сталість передатного коефіцієнта розімкнутої по швидкості системи при зміні поточкозчеплення ротора.

Зробимо налаштування регуляторів на оптимум по модулі [5]. Розглянемо спочатку контур управління струмом намагнічування статора i_1 , визначимо передатну функцію регулятора струму $W_{рт}(p)$.

Передатна функція розімкнутого контуру буде мати вид:

$$W(p) = W_{рт}(p)W_n(p), \quad (4.24)$$

де

$$W_{нч}(p) = \frac{k_{пр}}{T_{пр} \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{R_{\Sigma} \cdot p + 1} \quad (4.25)$$

У розглянутому контурі передатна функція об'єкта регулювання має вид

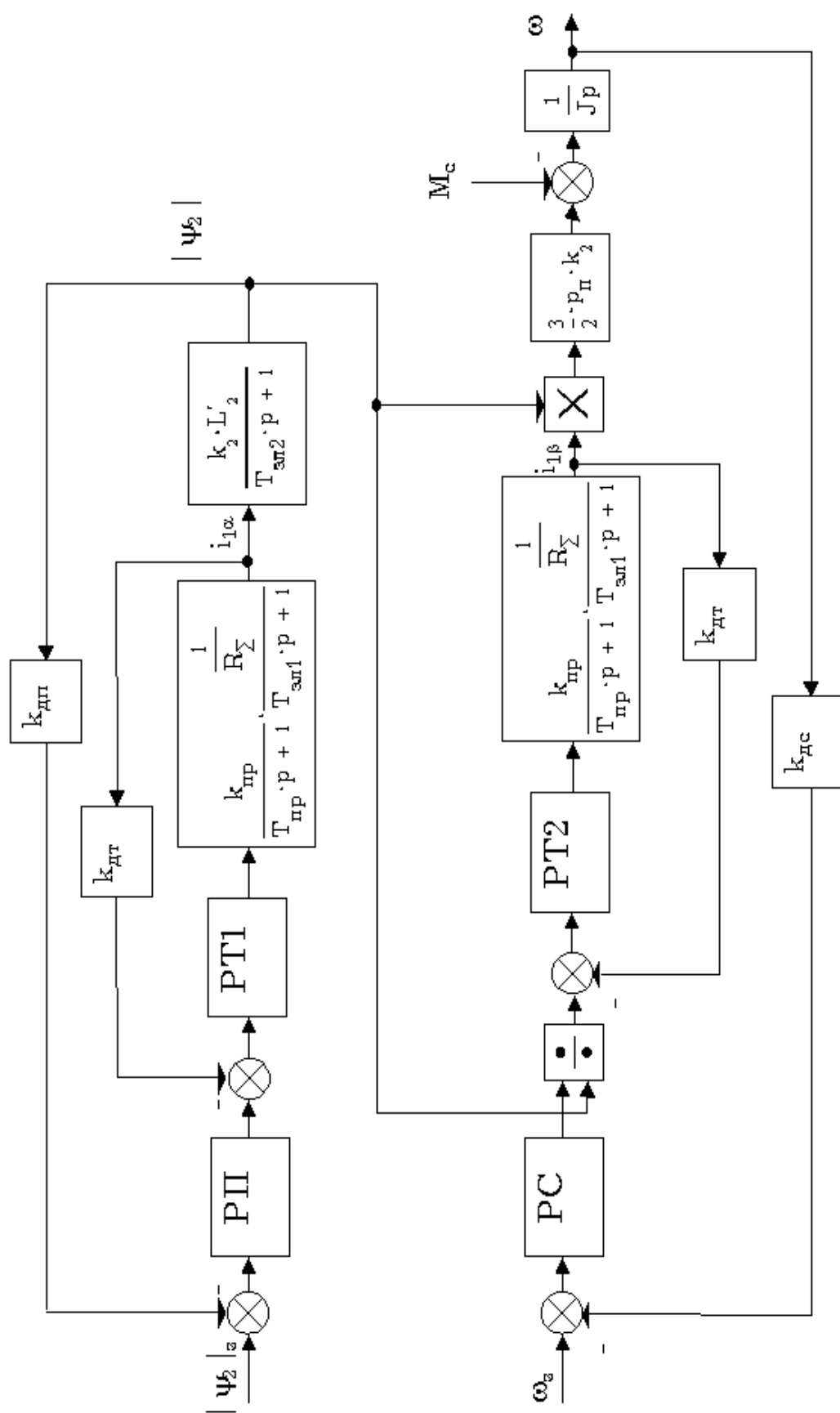


Рис. 4.2 Структурна схема системи з керуванням по потокозчепленню ротора

$$W_o(p) = \frac{\frac{1}{R_{\Sigma}}}{T_{эл1} \cdot p + 1} \quad (4.26)$$

тому для реалізації настроювання на оптимум по модулі необхідно використовувати пропорційно-інтегральний (ПІ) регулятор з передатною функцією

$$W_p(p) = \beta_p \cdot \frac{\tau_p \cdot p + 1}{\tau_p \cdot p} \quad (4.27)$$

вибираючи передатний коефіцієнт регулятора по формулі

$$\beta_p = \frac{T_{эл1}}{2 \cdot T_{пр} \cdot \frac{1}{R_{\Sigma}} \cdot k_{пр} \cdot k_{дт}} \quad (4.28)$$

а постійну часу $\tau_p = T_{эл1}$, можна одержати передатну функцію розімкнутого контуру у виді:

$$W_t = \frac{1}{2 \cdot T_{пр} \cdot p \cdot (T_{пр} \cdot p + 1)} \quad (4.29)$$

Передатна функція замкнутого контуру відповідно до вираження

$$W_z(p) = W(p) / \{ [1 + W(p)] W_{oc}(p) \} \quad (4.30)$$

виходить у виді

$$W_{tz} = \frac{\frac{1}{k_{дт}}}{2 \cdot T_{пр} \cdot p \cdot (T_{пр} \cdot p + 1) + 1} = \frac{\frac{1}{k_{дт}}}{2 \cdot (T_{пр})^2 \cdot p^2 + 2 \cdot T_{пр} \cdot p + 1} \quad (4.31)$$

Таким чином, вибір регулятора відповідно до вищевикладеного приводить до того, що розглянутий контур описується передатною функцією коливальної ланки з коефіцієнтом демпфірування $\xi = \sqrt{2/2}$ [28].

Тепер розглянемо настроювання регулятора потоку, передатна функція $W_{п}(p)$ представляє розімкнутий контур управління по потоці.

$$W_{п}(p) = W_{рп}(p) \cdot W_{нчп}(p), \quad (4.32)$$

де

$$W_{\text{нчп}}(p) = W_{\text{тз}}(p) \cdot \frac{k_2 \cdot L'_2}{T_{\text{эл2}} \cdot p + 1} \quad (4.33)$$

передатна функція незмінної частини по контурі управління потокозчепленням.

Розглядаючи замкнутий внутрішній контур $W_{\text{тз}}(p)$ як ланку з еквівалентною малою постійною часу, параметри регулятора потрібно вибирати так, щоб виключити вплив на динаміку зовнішнього контуру еквівалентної постійної часу $T_{\text{ле}}$. При розрахунку параметрів регулятора зовнішнього контуру внутрішній замкнутий контур відповідно до викладеного вище можна замінити аперіодичною ланкою з передатною функцією

$$W_{\text{тз}}(p) \approx 1/k_{\text{іс}}/(T_{\text{лз}} \cdot p + 1). \quad (4.34)$$

При настроюванні внутрішнього контуру на ОМ приймають $T_{\text{лз}} = 2T_{\text{пр}}$. Тобто передатна функція $W_{\text{тз}}(p)$ буде мати вид:

$$W_{\text{тз}}(p) = 1/k_{\text{дт}}/(2 \cdot T_{\text{пр}} \cdot p + 1). \quad (4.35)$$

У даному випадку $2 \cdot T_{\text{пр}}$ – мала некомпенсуюча постійна часу.

Для настроювання контуру на оптимум по модулі передатна функція регулятора потоку буде мати вид:

$$W_{\text{рп}}(p) = \beta_p \cdot \frac{\tau_p \cdot p + 1}{\tau_p \cdot p}, \quad (4.36)$$

де

$$\beta_p = \frac{T_{\text{эл2}}}{2 \cdot 2 \cdot T_{\text{пр}} \cdot \frac{1}{k_{\text{дт}}} \cdot k_{\text{дп}} \cdot k_2 \cdot L'_2} \quad (4.37)$$

$$\text{а } \tau_p = T_{\text{эл2}}.$$

Якщо вибрати регулятор із зазначеними параметрами, то передатна функція розімкнутого контуру управління потокозчепленням ротора буде мати вид:

$$W_f = \frac{1}{4 \cdot T_{\text{пр}} \cdot p \cdot (2 \cdot T_{\text{пр}} \cdot p + 1)} \quad (4.38)$$

А передатну функцію замкнутого каналу управління потокозчепленням ротора асинхронного двигуна запишемо у виді:

$$W_{fz} = \frac{\frac{1}{k_{дп}}}{4 \cdot T_{пр} \cdot p \cdot (2 \cdot T_{пр} \cdot p + 1) + 1} = \frac{\frac{1}{k_{дп}}}{8 \cdot (T_{пр})^2 \cdot p^2 + 4 \cdot T_{пр} \cdot p + 1} \quad (4.39)$$

Розглянемо канал управління швидкістю двигуна. Контур струму цього каналу також настроєний на оптимум по модулі, а так як незмінні частини контурів управління струмами $i_{1\beta}$ і $i_{1\alpha}$ - ідентичні, то і передатна функції регуляторів будуть виглядати однаково:

$$W_{pTz}(p) = \frac{T_{эл1}}{2 \cdot T_{пр} \cdot \frac{1}{R_{\Sigma}} \cdot k_{пр} \cdot k_{дт}} \cdot \frac{T_{эл1} \cdot p + 1}{T_{эл1} \cdot p} \quad (4.40)$$

Відповідно передатна функція замкнутого контуру управління струмом $i_{1\beta}$ має вид:

$$W_{tz} = \frac{\frac{1}{k_{дт}}}{2 \cdot T_{пр} \cdot p \cdot (T_{пр} \cdot p + 1) + 1} = \frac{\frac{1}{k_{дт}}}{2 \cdot (T_{пр})^2 \cdot p^2 + 2 \cdot T_{пр} \cdot p + 1} \quad (4.41)$$

Відповідно до вищевикладеного передатну функцію замкнутого контуру можна представити у виді:

$$W_{tz}(p) = 1/k_{дт} / (2 \cdot T_{пр} \cdot p + 1). \quad (4.42)$$

У контурі управління швидкістю двигуна передатну функцію

$$W_{nc}(p) = W_{tz}(p) \cdot (3/2) \cdot p_{п} \cdot k_2(1/Jp) \quad (4.43)$$

можна розглядати як передатну функцію незмінної частини зовнішнього контуру, замкнутого через власний регулятор РС, з передатною функцією $W_{дс}(p)$. Запишемо передатну функцію розімкнутого контуру:

$$W_c(p) = W_{pc}(p) \cdot \frac{\frac{1}{k_{дт}}}{2 \cdot T_{пр} + 1} \cdot \frac{3 \cdot p_{п} \cdot k_2}{2 \cdot J \cdot p} \quad (4.44)$$

Тому що розглянута система є стабілізуючою, то щоб уникнути статичної помилки по швидкості в контурі з об'єктом у виді інтегруючої ланки, замість пропо-

рційного регулятора потрібно застосувати Пі-регулятор [5]. Вибираючи β_p відповідно до звичайного настроювання, але при цьому поклавши

$$\tau_p = 4T_{32} \quad (\text{де } T_{32} = 2 \cdot T_{\text{пр}}), \quad (4.45)$$

можна одержати передатну функцію розімкнутого контуру, побудованого на симетричний оптимум (СО):

$$W_c(p) = \frac{(8 \cdot T_{\text{пр}} + 1)}{32 \cdot T_{\text{пр}}^2 \cdot p^2 \cdot (2 \cdot T_{\text{пр}} + 1)} \quad (4.46)$$

Передатна функція використовуваного регулятора швидкості:

$$W_{\text{рс}}(p) = \frac{J}{4 \cdot T_{\text{пр}} \cdot \frac{3}{2} \cdot p_{\text{н}} \cdot k_2 \cdot \frac{1}{k_{\text{дт}}} \cdot k_{\text{дс}}} \cdot \frac{8 \cdot T_{\text{пр}} \cdot p + 1}{8 \cdot T_{\text{пр}} \cdot p} \quad (4.47)$$

Застосування такого регулятора забезпечить підвищення астатизму каналу, це приводить до того, що статична помилка дорівнює нулю, однак при настроюванні на симетричний оптимум перерегулювання при реакції системи на східчастий вхідний вплив складе 43 %, що неприпустимо, тому, для зменшення перерегулювання застосуємо задатчик інтенсивності з передатною функцією [28]:

$$W_{\text{зи}} = \frac{1}{8 \cdot T_{\text{пр}} \cdot p + 1} \quad (4.48)$$

Застосування такого задатчика приведе до зменшення перерегулювання і до незначного збільшення часу перехідного процесу.

Структурна схема отриманої математичної моделі показана на рисунку 4.3.

Зробимо підстановку коефіцієнтів в отримані формули для передатних функцій регуляторів.

Регулятори струму:

$$\begin{aligned} W_{\text{рт1}}(p) = W_{\text{рт2}}(p) &= \frac{T_{\text{эл1}}}{2 \cdot T_{\text{пр}} \cdot \frac{1}{R_{\Sigma}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{дт}}} \cdot \frac{T_{\text{эл1}} \cdot p + 1}{T_{\text{эл1}} \cdot p} = \blacksquare \\ &= \frac{0.00511}{2 \cdot 0.0005 \cdot \frac{1}{3.8742} \cdot 1000 \cdot 1} \cdot \frac{0.00511 \cdot p + 1}{0.00511 \cdot p} = 0.0198 \cdot \frac{0.00511 \cdot p + 1}{0.00511 \cdot p} \end{aligned}$$

Регулятор потоку:

$$W_{rp}(p) = \frac{T_{эл2}}{2 \cdot 2 \cdot T_{пр} \cdot \frac{1}{k_{дт}} \cdot k_{дп} \cdot k_2 \cdot L'_2} \cdot \frac{T_{эл2} \cdot p + 1}{T_{эл2} \cdot p} =$$

$$= \frac{0.1399}{4 \cdot 0.0005 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.9442 \cdot 0.2294} \cdot \frac{0.1399 \cdot p + 1}{0.1399 \cdot p} = 323.013 \cdot \frac{0.1399 \cdot p + 1}{0.1399 \cdot p}$$

Регулятор швидкості:

$$W_{рс}(p) = \frac{J}{4 \cdot T_{пр} \cdot \frac{3}{2} \cdot p_n \cdot k_2 \cdot \frac{1}{k_{дт}} \cdot k_{дс}} \cdot \frac{8 \cdot T_{пр} \cdot p + 1}{8 \cdot T_{пр} \cdot p \cdot p} =$$

$$= \frac{0.0087}{4 \cdot 0.0005 \cdot \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 0.9442 \cdot 1 \cdot 1} \cdot \frac{8 \cdot 0.0005 \cdot p + 1}{8 \cdot 0.0005 \cdot p} = 1.5357 \cdot \frac{0.004 \cdot p + 1}{0.004 \cdot p}$$

Задатчик інтенсивності для каналу швидкості:

$$W_{зи} = \frac{1}{8 \cdot T_{пр} + 1} = \frac{1}{8 \cdot 0.0005 + 1} = \frac{1}{0.004 + 1}$$

Параметри системи управління й двигуна відомі, відповідно можна провести моделювання системи, однак моделювання буде вироблятися не за схемою представленої на рисунку 4.3, а за схемою представленої на рисунку 4.4, побудованої по рівняннях (4.15,4.16), тому що на цій схемі показані компенсаційні зв'язки, що здійснюють розв'язку каналів управління, а також врахований внутрішній зворотний зв'язок по ЕДС двигуна. Коефіцієнти показані на цій схемі мають значення:

$$a_{\omega i} = k_2 p_n / L''_1 = 0.9442 \cdot 2 / 0.0198 = 95.37 \text{ Гн}^{-1},$$

$$a_{\psi i} = k_2 R_2 / (L''_1 L'_2) = 0.9442 \cdot 1.6394 / 0.0198 \cdot 0.2294 = 340.79 \text{ Ом/Гн}^2,$$

$$a_{i\psi} = k_2 R_2 = 0.9442 \cdot 1.6394 = 1.5479 \text{ Ом}.$$

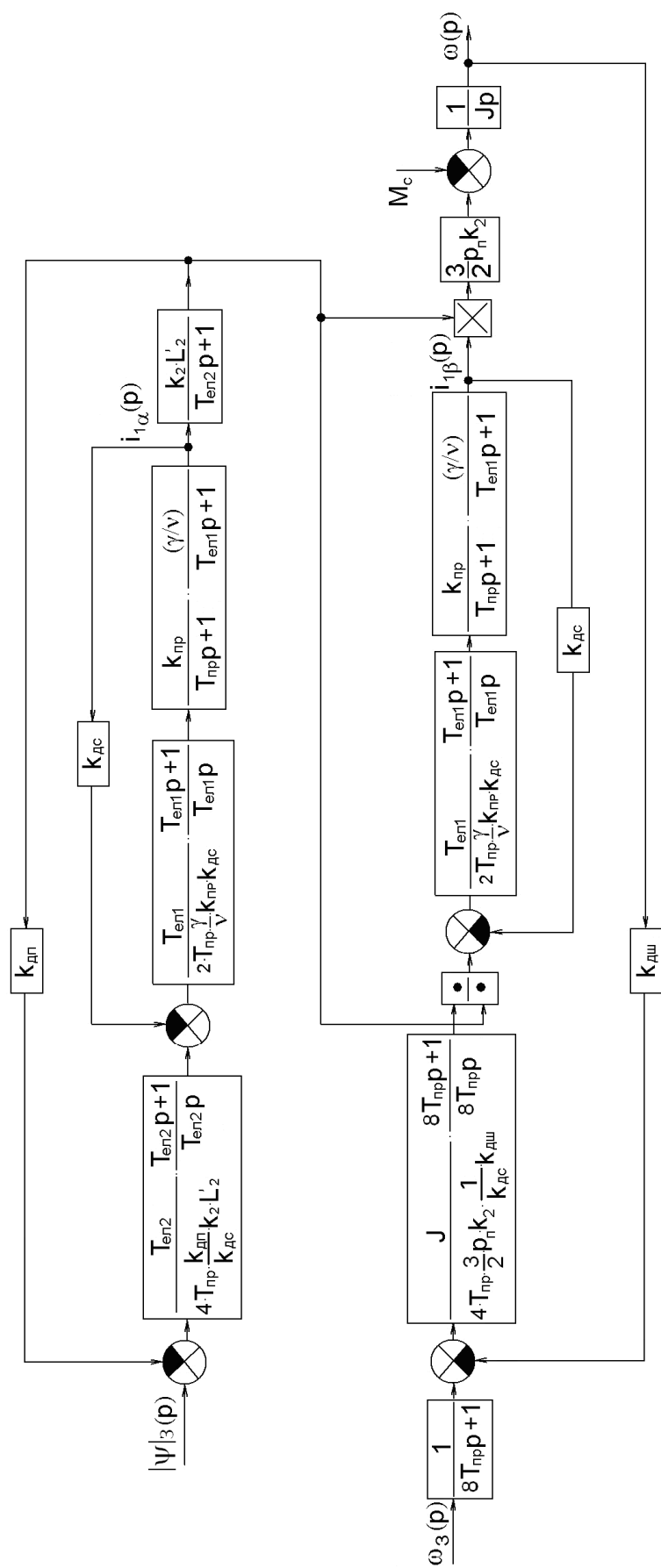


Рисунок 4.3 -- Структурна схема математичної моделі керування асинхронним двигуном.

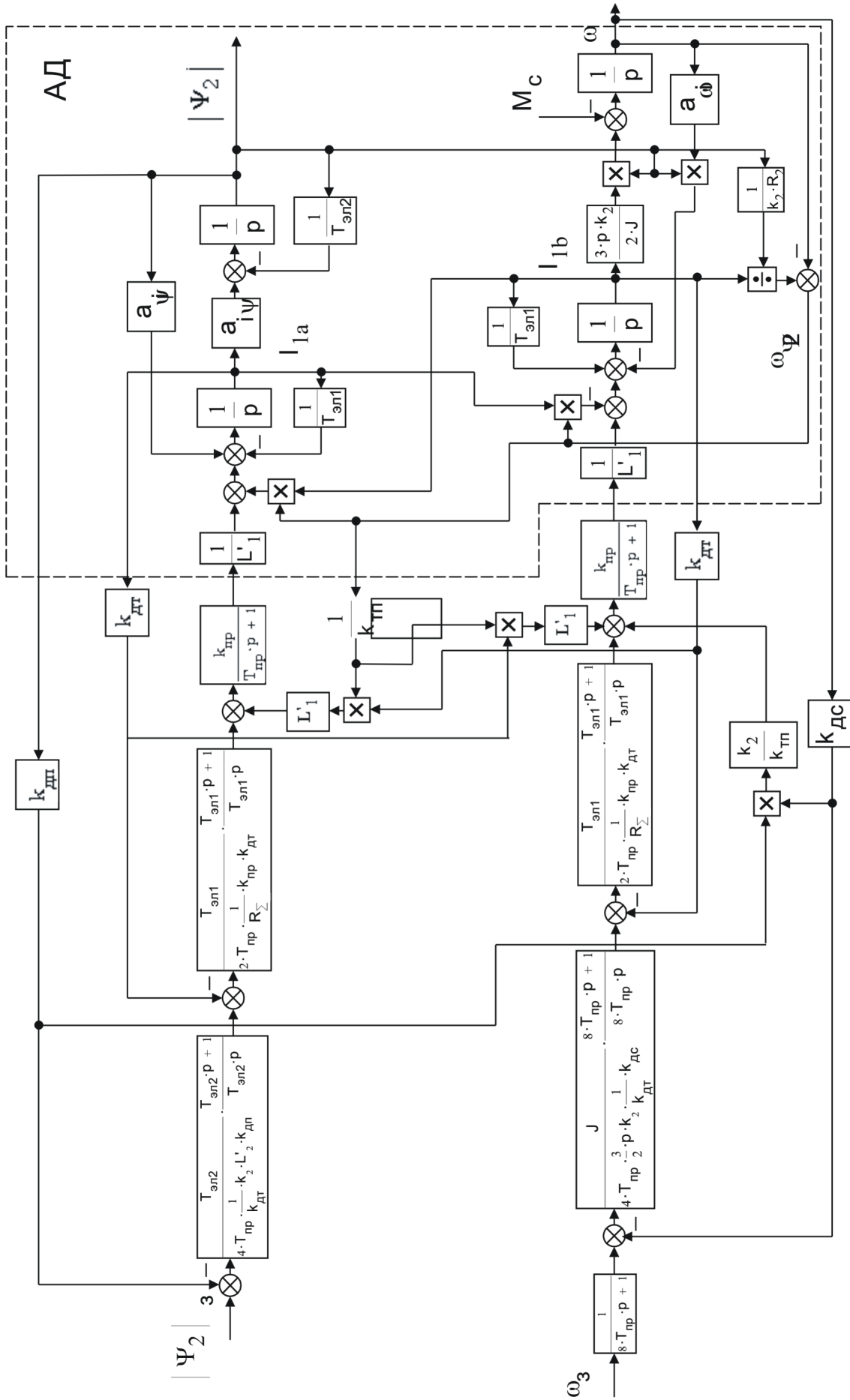


Рисунок 4.4 -- Структурна схема привода з керуванням по вектору потокозчеплення ротора

4.2 Результати моделювання системи векторного керування асинхронним приводом

Для оцінки показників якості керування, за результатами побудови математичних моделей, проведемо моделювання. Побудова характеристик буде вироблятися за допомогою мови математичної обробки Matlab 5, і прикладних пакетів для нього Simulink Toolbox і Control Toolbox.

Знаючи всі параметри математичної моделі двигуна, а також системи управління зробимо її моделювання з метою оцінки стійкості системи і показників якості управління.

По графіках перехідних характеристик системи можна зробити оцінку показників якості управління. Так для каналу управління потоком перерегулювання $\sigma_{\max} = 8\%$, швидкодія $T_{\max} = 0,006$ с, статична помилка $\Delta = 0$, що цілком задовольняє будь-яким вимогам.

Для каналу управління кутовою швидкістю ротора перерегулювання $\sigma_{\max} = 6,2\%$, швидкодія $T_{\max} = 0,012$ с, статична помилка $\Delta = 0$, у порівнянні з каналом управління потокозчеплення двигуна швидкодія трохи нижче, але це зв'язано з застосуванням у контурі задатчика інтенсивності (ЗІ), через деякий час перехідного процесу небагато збільшилися, однак застосування цього задатчика необхідно, тому що контур управління швидкістю настроєний на симетричний оптимум при якому перерегулювання $\sigma_{\max}$ складає 43%, що набагато вище будь-яких вимог.

Розглянемо реакцію системи на обурений вплив. За допомогою прикладного пакета програм Simulink Toolbox, промоделіруємо холостий пуск системи управління двигуном, пуск під навантаженням, а так само реакцію системи на зміну статичного моменту під час її роботи.

На рисунку 4.5 показаний графік перехідного процесу холостого пуску привода подачі.

Також розглянемо аварійний пуск привода подачі (тобто пуск під навантаженням). Статичний момент навантаження:

$$M_c = 840 \text{ Н*м.}$$

Отриманий графік показаний на рисунку 4.6

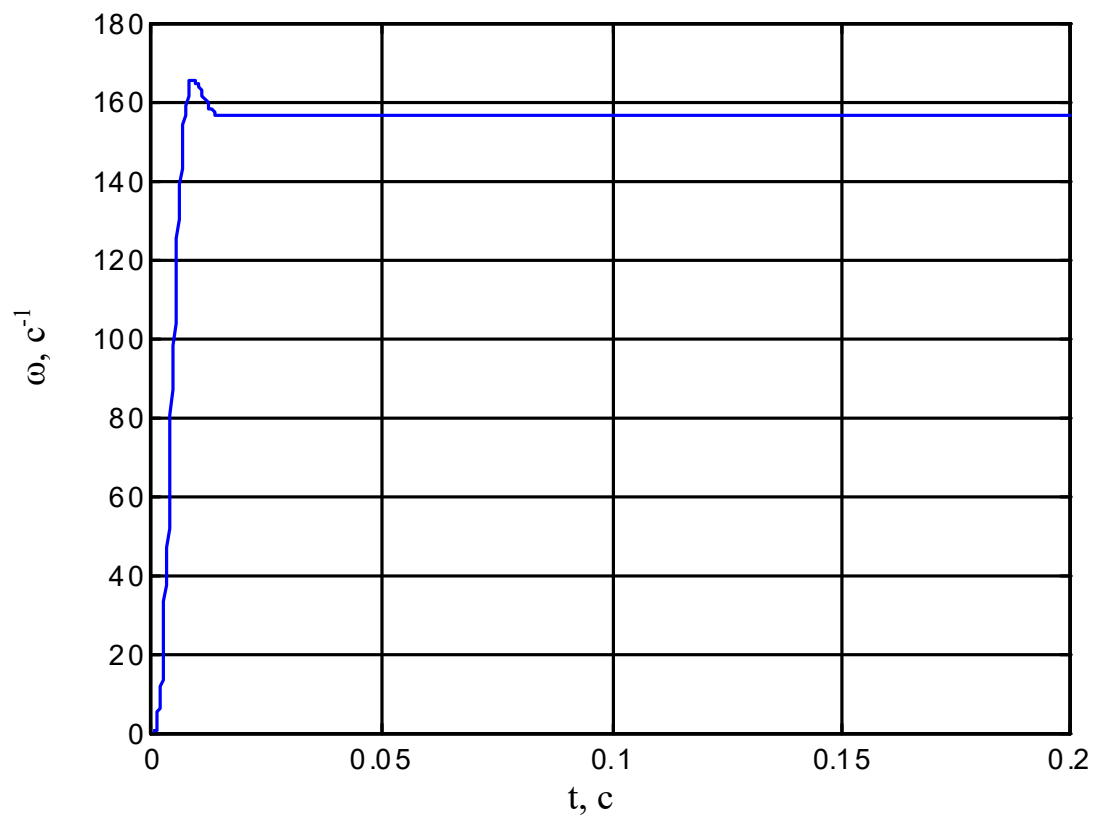


Рисунок 4.5- Перехідний процес частоти обертання двигуна при холостому пуску

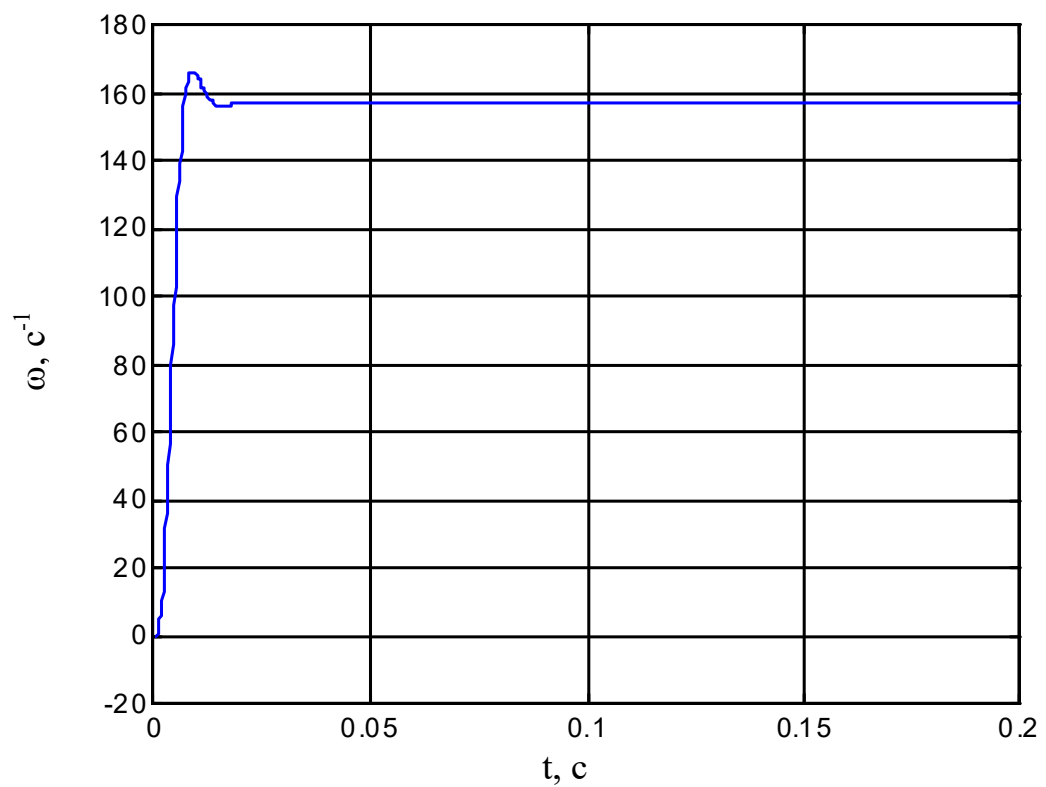


Рисунок 4.6- Перехідний процес частоти обертання двигуна при пуску в навантаженому стані

Графік переходного процесу при стрибку моменту навантаження показаний на рисунку 4.7.

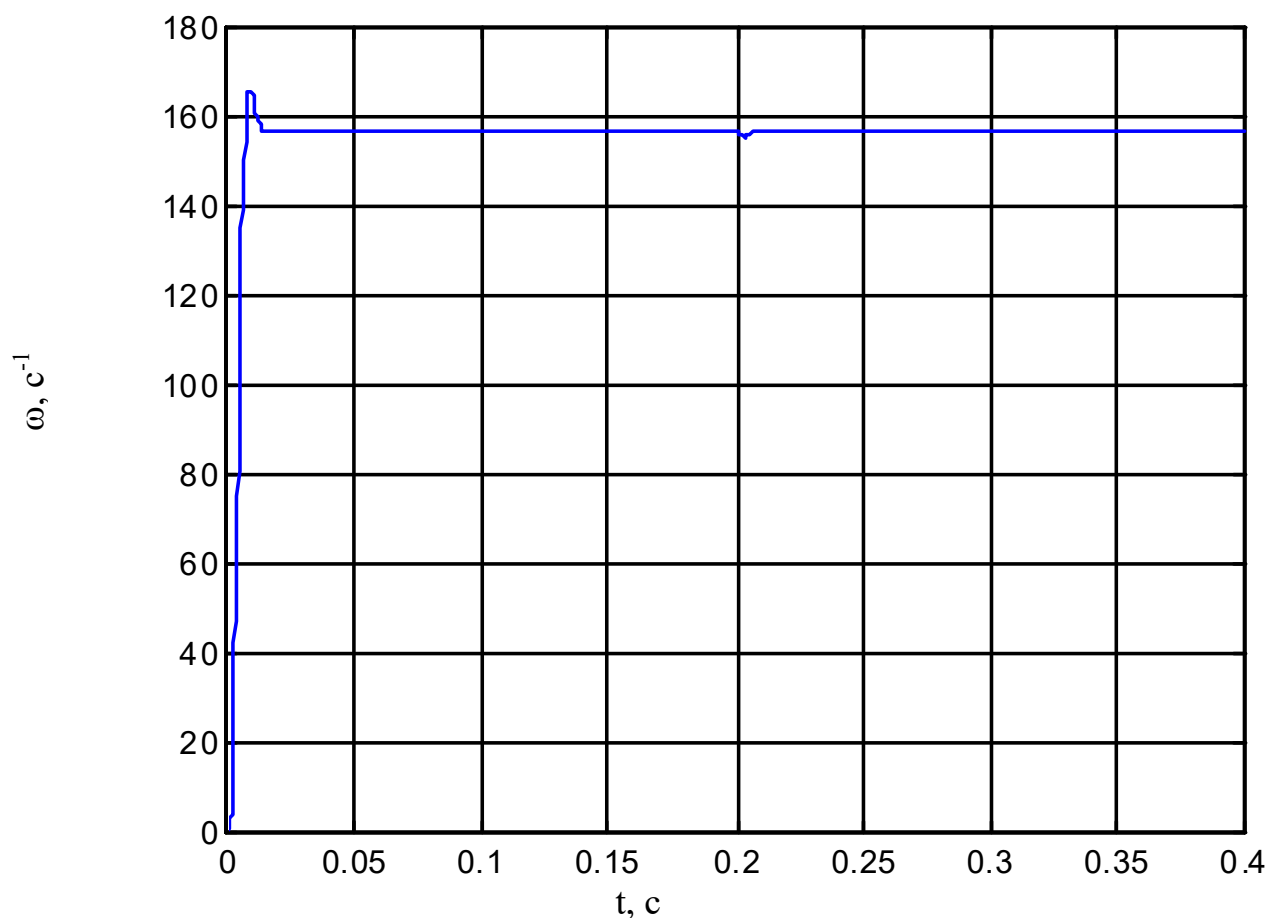


Рисунок 4.8- Реакція системи на стрибкоподібну зміну моменту навантаження на валу двигуна

Розглядаючи рисунки 4.5 і 4.6, можна прийти до висновку, що пуск привода подачі в холосту і пуск під навантаженням практично нічим не відрізняються. Тобто система управління забезпечує таке регулювання двигуном, що час переходного процесу, перерегулювання, а також статична помилка практично однакові, при впливі збуджувального моменту, а також без нього.

Як видно з рисунку 4.7, стрибкоподібна зміна моменту навантаження від нульового значення до значення $M_c = 5,13 \text{ Н}\cdot\text{м}$ (скачок відбувся при $t = 0,2 \text{ с}$), уплинуло на кутову швидкість незначно: статична помилка $\Delta = 0$, і при $t = 0,2 \text{ с}$, спостерігається невелике зменшення ω , що за малий проміжок часу зникає, і ω приймає задане значення.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі в цеху

Тиристорний перетворювач знаходиться на деякому видаленні від верстата. Керування електроприводом здійснюється оператором з пульта керування.

Двигун перемінного струму закріплений на фундаменті і є стаціонарною установкою, що живиться від тиристорного перетворювача.

Небезпека одержання травми існує безупинно під час роботи верстата, у зв'язку з наявністю частин верстата, що рухаються. Наслідку можливого впливу цієї небезпеки на обслуговуючий персонал – механічні травми, при одержанні яких можлива часткова або повна втрата працездатності, смертельний результат.

До основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі в цеху відносять: небезпека поразки електричним струмом; вплив виробничих вібрацій на людину; шум на виробництві; неправильне виробниче висвітлення; небезпека виникнення пожеж

5.2 Розрахунок захисного заземлення проекрованої електроустановки

Згідно з правилами повинні бути передбачені наступні заходи щодо забезпечення електробезпечності електроустановки: режим контролю мережі живлення; захист від випадкового проникнення до струмоведучих частин електроустановки; контроль і профілактика ушкоджень ізоляції; заземлення; захисне відключення; застосування захисних засобів; організаційні і технічні заходи.

Живлення тиристорного перетворювача здійснюється від розподільної шини 380 В через розподільний трансформатор, розподільна шина розташована уздовж стіни на висоті 3 м на ізоляторах. Ошиновка підключена до масляного вимикача, з іншої сторони до якого прикріплені проводи, що живлять тиристорний перетворювач. Кабель покладений у підземний бетонований кабельний канал, накритий зверху рифленими аркушами заліза. Краї каналів закріплені металевими заземленими куточками.

Тиристорний перетворювач поміщений у металеву шафу, у якому також розміщений роздільний трансформатор. Двері шафи й огороження оснащені блоку-

ванням, що забезпечує відключення масляного вимикача при відкриванні дверей огороження або шафи. Для зняття блокування крім закриття дверей необхідно натиснути кнопку "Пуск".

Підведення живлення до електродвигуна здійснюється за допомогою кабелю, покладеного в підземний кабельний канал.

Кабелю для живлення тиристорного перетворювача і двигуна – броньовані для захисту від можливих механічних ушкоджень.

Контроль ізоляції ланцюга 380 В здійснюється періодично при відключеній установці. При цьому вимірюється опір ізоляції окремих ділянок мережі, трансформаторів, електричних апаратів, двигуна. Вимірюються опір кожної фази щодо землі захисним апаратом.

Нормальним опором ізоляції кабелю нижче 1000 В вважається 0.5 МОм, виміри виробляються мегомметром на напругу 1000 В.

Контроль ізоляції мережі між двигуном і тиристорним перетворювачем, а також мережі напругою 380 В здійснюється постійно, тому що ушкодження і пробій ізоляції приводить до виникнення підвищеної небезпеки поразки людини електричним струмом. Контроль здійснюється приладом постійного контролю ізоляції (ПКІ). Відлік опору ізоляції роблять по шкалі приладу. При зниженні опору ізоляції до гранично припустимого рівня 0.25 МОм прилад подає звуковий і світловий сигнали.

Опір ізоляції двигуна і тиристорного перетворювача складають 0.5 МОм у нормальному стані, трансформатора – 1.5 МОм, і вимірюється мегомметром на 500 В і 1000 В.

Захисне відключення забезпечує відключення установки при виникненні аварійних режимів.

Контроль напруги на корпусі трансформатора, перетворювача, двигуна здійснюється за допомогою схеми, що реагує на напругу корпусу щодо землі. У схемах цього типу датчиком служить реле напруги РЗ, включене між корпусом і допоміжним заземлювачем. Схема здійснює захист від коротких замикань на землю і придатна в мережах з ізольованою і заземленою нейтраллю. Достоїнством схеми є її просто-

та. Недоліки – необхідність застосовувати допоміжний заземлювач, неселективність при загальному заземленні і відсутність самоконтролю.

Для захисту перетворювача від режиму короткого замикання в кабельній лінії, що живить двигун, у КТЕУ застосований автоматичний вимикач, що розриває ланцюг при замиканні кожної з ліній на землю або між собою.

При спрацюванні кожної з перерахованих захистів забезпечена світлова сигналізація, що свідчить про несправності тієї або іншої частини установки.

У приміщенні, де експлуатується проектована установка, використовуються штучні заземлення: вертикальні забиті сталеві труби діаметром 60 мм і довжиною 2.5м; горизонтальні укріплені сталеві смуги площею перетину $S_{зрз} = 50 \text{ мм}^2$.

Опір заземлюючого пристрою не більш 4 Ом.

Електродвигун, тиристорний перетворювач, трансформатор заземлені. Для цього відповідні болти заземлення підключені до контуру заземлення мідним проводом зрізом не менш 2.5 мм^2 . Опір вертикального заземлювача (труби) визначимо по формулі:

$$R1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot Z + L}{4 \cdot Z - L} \right), \quad (6.1)$$

де Z – глибина розміщення труби; $L = 2,5 \text{ м}$ – довжина заземлителя; $d = 0,04 \text{ м}$ – зовнішній діаметр; $\rho = 70 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ – питомий опір ґрунту; $Z_0 = 0,5 \text{ м}$ – глибина розміщення труби від поверхні землі ($z_0 \geq 0,5 \text{ м}$).

$$Z = \left(Z_0 + \frac{L}{2} \right) = \left(0,5 + \frac{2,5}{2} \right) = 1,75 \text{ м},$$

$$R1 = \frac{70}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,75 + 2,5}{4 \cdot 1,75 - 2,5} \right) = 23 \text{ Ом}.$$

Так як $R1 > R_{дон} = 4 \text{ Ом}$, то необхідно прийняти декілька заземлителів, які розташовуються паралельно.

Необхідна кількість заземлителів визначається по формулі:

$$n = \frac{R1}{\eta_B \cdot R_{дон}}, \quad (6.2)$$

де $\eta_B = 1$ – коефіцієнт металевого заземлювача.

Тоді $n = \frac{23}{1.4} = 5,75$ шт.

Округляємо отримане число до цілого $n = 6$

Опір проходження струму від труб $R_{сис}$ визначається слідуючим співвідношенням:

$$R_{сис} = \frac{R_1}{n \cdot \eta_1} \quad (6.3)$$

де $n = 6$ – кількість заземлителів; $\eta_1 = 0,64$ – коефіцієнт впливу металевих заземлителів;

Тоді:

$$R_{сис} = \frac{23}{6 \cdot 0,64} = 5,99 \text{ Ом.}$$

Зв'язок вертикальних заземлителів виконується з'єднальними металевими смугами. Опір проходження струму від смуги визначається по формулі:

$$R_{II} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_{II}} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_{II}^2}{B \cdot h}, \quad (6.4)$$

де L_{II} – довжина смуги;

$$L_{II} = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot (1 \div 3) \cdot l_{zn} \cdot n = 1,05 \cdot 2,5 \cdot 6 = 15,75$$

$d = 0,06$ м – ширина смуги;

$$h = Z_0 + \frac{d}{2} = 0,5 + \frac{0,03}{2} = 0,515 \text{ м.}$$

Тоді:

$$R_{II} = \frac{70}{2 \cdot 3,14 \cdot 15,75} \cdot \ln \frac{2 \cdot 15,75^2}{0,06 \cdot 0,515} = 3,234 \text{ Ом,}$$

$$R_I = \frac{R_{II}}{\eta_2} = 7,8 \text{ Ом.}$$

де $\eta_2 = 0,41$ – коефіцієнт полоси

Фактичний опір заземлюючого приладу, який вміщує вертикальні заземлителі і з'єднуючі смуги, визначається як загальний опір при їх паралельному з'єднанні по формулі 6.6:

$$R_{общ} = \frac{R_{сис} \cdot R_{II}}{R_{сис} + R_{II}} \quad (6.5)$$

або

$$R_{\text{общ}} = \frac{5,99 \cdot 7,8}{5,99 + 7,8} = 3,38 \text{ Ом.}$$

Таким чином у результаті виконаного розрахунку отримане значення загального опору:

$$R_{\text{общ}} = 3,38 < R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом,} \quad (6.6)$$

що відповідає нормативним вимогам проектного застосування захисного заземлення.

Захисне заземлення повинно проходити перевірку контролюючу величину опору: після виконання монтажних робіт та здачі в експлуатацію; не пізніше одного року після включення в експлуатацію.

5.3 Розробка заходів щодо зменшення впливу небезпечних і шкідливих факторів

Організаційні заходи щодо забезпечення безпеки провадження робіт в електроустановках є наступні: оформлення роботи в наряді або розпорядженні; оформлення в наряді допуску до роботи; нагляд під час роботи; оформлення в наряді закінчення роботи; закриття наряду.

Технічними заходами щодо забезпечення безпеки роботи є: відключення ремонтуємого електроустаткування і вживання заходів проти помилкового його включення; установка тимчасових огорожень струмоведучих частин і вивішування запертних плакатів "Не включати – працюють люди" або "Не включати – роботи на лінії"; приєднання переносного заземлення до заземлювальної шини стаціонарного пристрою, і перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах, що для безпеки провадження робіт підлягають замиканню накоротко і заземленню; накладення переносних заземлень на відключені струмоведучі частини електропривода відразу після перевірки відсутності напруги або включення спеціальних роз'єднувачів, що заземлюють; огороження робочого місця і вивішування на огороженні напис "Працювати тут".

Ці технічні заходи виконує допущений до роботи з числа оперативного ремонтного персоналу з кваліфікаційною групою не нижче III з дозволу особи, що віддає розпорядження на провадження робіт.

Право видачі нарядів і розпоряджень на провадження робіт в електроустановках представляється особам електротехнічного персоналу майстерні (начальникові майстерні, начальникові експлуатації або майстрові), уповноваженим на це спеціальними розпорядженнями головного енергетика комбінату. Ці особи повинні мати кваліфікаційну групу не нижче IV.

Для запобігання аварій роботи з термінового усунення несправностей виконуються оперативно – ремонтним персоналом без наряду.

Безпека роботи в електроустановках забезпечується застосуванням електротехнічних засобів захисту.

При роботі з електричними ланцюгами напругою до 1000 В застосовуються наступні основні захисні засоби: діелектричні рукавички; вимірювальні оперативні штанги; електровимірювальні кліщі; показники напруги; слюсарно – монтажний інструмент.

До додаткових захисних засобів в електроустановках нижче 1000 В відносять галоші, гумові коврики, що ізолюють підставки.

Всі електротехнічні захисні засоби періодично проходять перевірку і на них указується термін безпечного застосування.

Для запобігання виникнення пожежі в приміщенні передбачена електрична пожежна сигналізація, що складається з датчиків, що сповіщають, встановлених у приміщенні майстерні.

Для швидкої ліквідації вогнищ загоряння використовуються вогнегасники типу ОХП – 4 і ОУ - 2А, що розташовуються в безпосередній близькості від верстата.

Для запобігання можливого загоряння в небезпечних зонах майстерні оболонки електричних апаратів, приладів, шаф, зборок виконані зі ступенем захисту IP44. Також використовуються ряд інших первинних засобів пожежегасіння, таких як пісок, багри, цебра, що знаходяться на пожежних щитах або біля них.

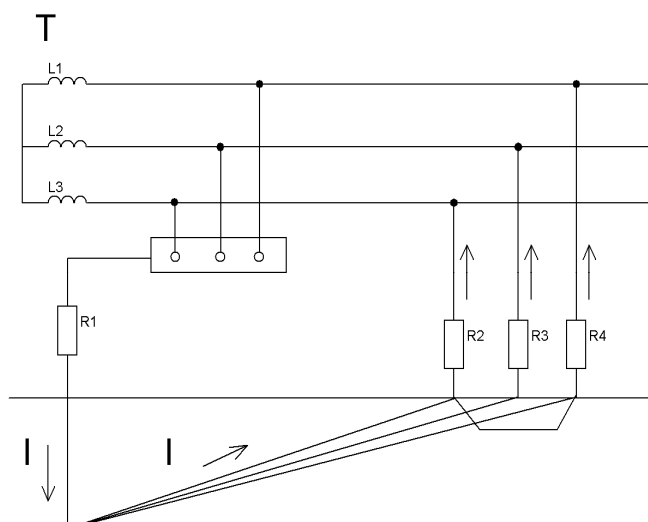


Рисунок 5.1 -- Схема захисного заземлення

Організаційні заходи щодо пожежної профілактики проводять з метою забезпечення правильної експлуатації електроустановки і проведення протипожежного інструктажу серед оперативно – ремонтного персоналу.

Комплектні тиристорні електроприводи серії ЕТУ3601 призначені для роботи в закритих приміщеннях при відсутності безпосереднього впливу сонячної радіації, агресивних середовищ, з концентрацією струмопровідящої пилу не більш $0,7 \text{ мг/м}^3$. Будинок майстерні в більшому ступені забезпечує відносно чисту, суху й ізолювану площу для установки такого роду електроустаткування.

Приміщення для постійного перебування обслуговуючого персоналу комфортне, з кондиційованим повітрям. Це приміщення побудоване з дотриманням будівельних норм і правил СНІПІ – 12 – 77 і передбачає захист акустичним методом від працюючого електроустаткування головного приводу спеціального верстата, а також від устаткування інших механізмів.

ВИСНОВОК

Основне завдання дипломної роботи – модернізація електропривода подачі заточного верстата.

У відповідності до мети дипломної роботи була проведена наступна робота.

Проведений опис заточного верстату з ЧПК .

Проведено синтез системи автоматичного керування, а також розрахунок параметрів електропривода. Розроблена математична модель системи керування швидкістю електроприводу.

Проведений аналіз використаного комплектного електропривода «Altivar», проведений аналіз його динамічних характеристик, який показав доцільність використання отриманої системи управління.

Використання такої системи автоматичного керування дозволяє:

1. безступінчатого регулювання швидкістю подачі;
2. спрощення механічної частини верстата шляхом вилучення коробки передач приводу подачі;
3. підвищення точності обробки деталей;
4. підвищення продуктивності верстата.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизированный электропривод Под ред. Н.Ф. Ильинского, Н. Г. Юнькова. – М. : Энергоатомиздат, 1990.
2. Анфимов М. И. Редукторы. Конструкции и расчет. Альбом. Изд 3-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972.
3. Асинхронные двигатели общего назначения/ Е. П. Бойко, Ю. В. Гаинцев, Ю. М. Ковалев и др. : Под ред. В. М. Петрова, А. Э. Кравчика, – М. : Энергия, 1980.
4. Асинхронные двигатели серии 4А : Справочник/ А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболеннская. – М. : Энергоиздат, 1982.
5. Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами : Учебное пособие для вузов. – Л. : Энергоиздат, 1982.
6. Браславский И. Я. Асинхронный полупроводниковый электропривод с параметрическим управлением. – М. : Энергоатомиздат, 1988.
7. Брускин Д. Э. и др. Электрические машины: В 2-х ч. Ч. 1: Учеб. для электротехн. спец. вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. / Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов. – М. : Энергоатомиздат, 1988.
8. Вешеневский С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе. – М. : Энергия, 1977.
9. Долин П. А. Справочник по технике безопасности. – М. : Энергоатомиздат, 1984.
10. Домбровский В. В., Зайчик В. М. Асинхронные машины. Теория, расчет, элементы проектирования. – Л. : Энергоатомиздат, 1990.
11. Дьячков В. К. Машины непрерывного транспорта. – М. : Машиностроение, 1971.
12. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения. Справочник/ Под ред. Г. П. Демиденко. – К. : Вища школа, 1987.

КІНЕМАТИЧНА СХЕМА ВЕРСТАТА

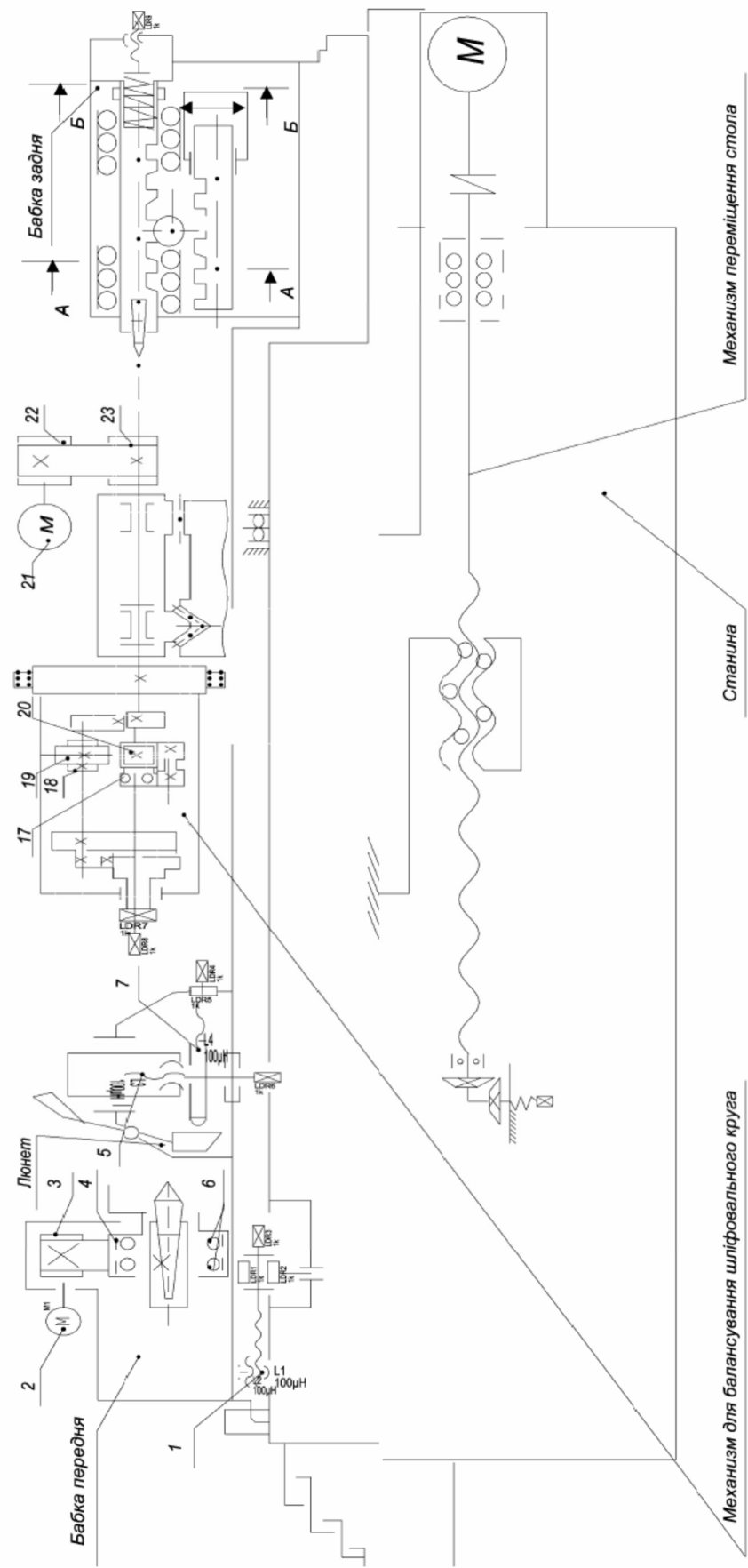


Рисунок 1 – Слайд 1 мультимедійної презентації

ПРИНЦИПОВА СХЕМА ДЮЧЕЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

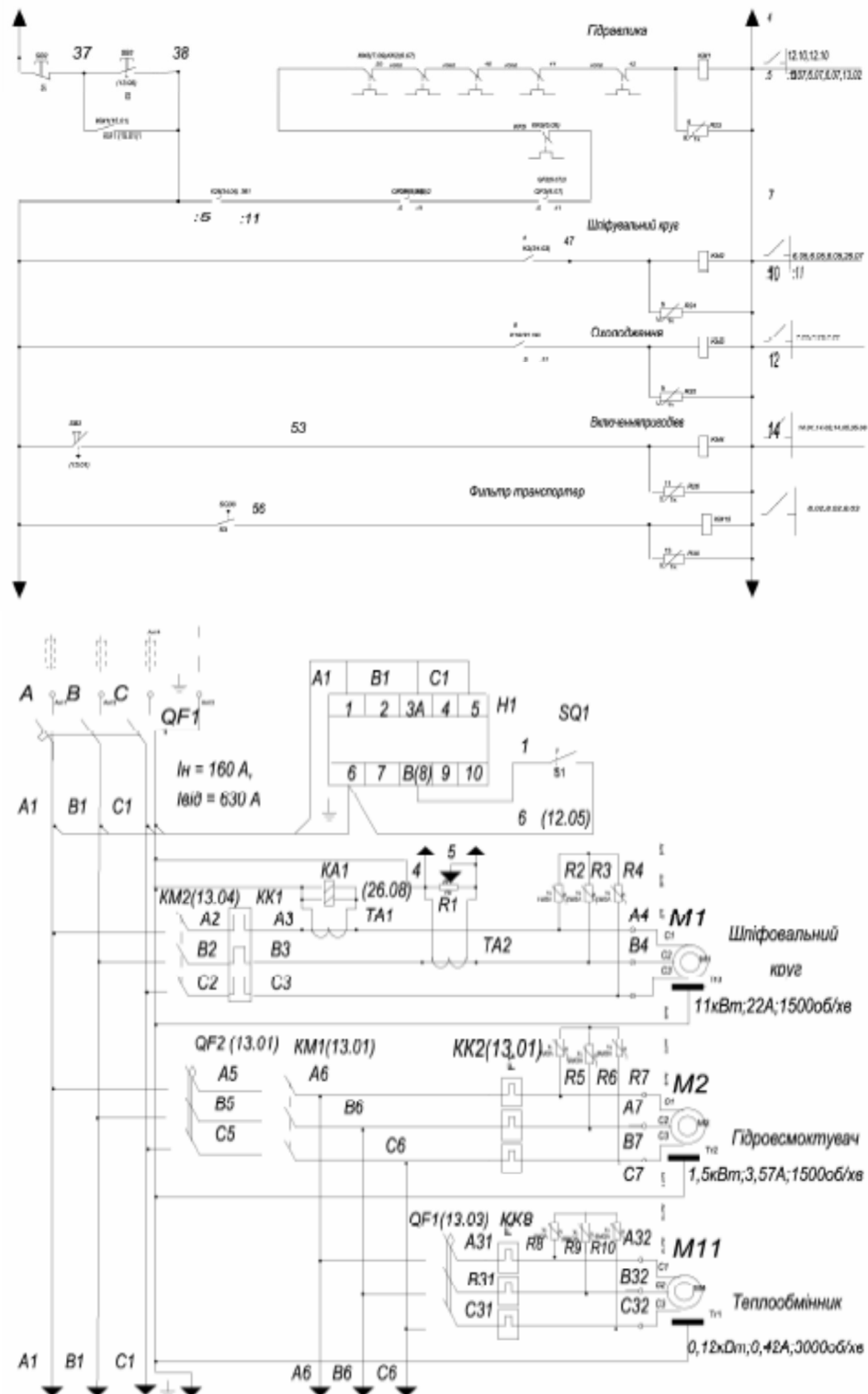


Рисунок 2 – Слайд 2 мультимедійної презентації

Структурна схема системи з керуванням по потокозчепленню ротора

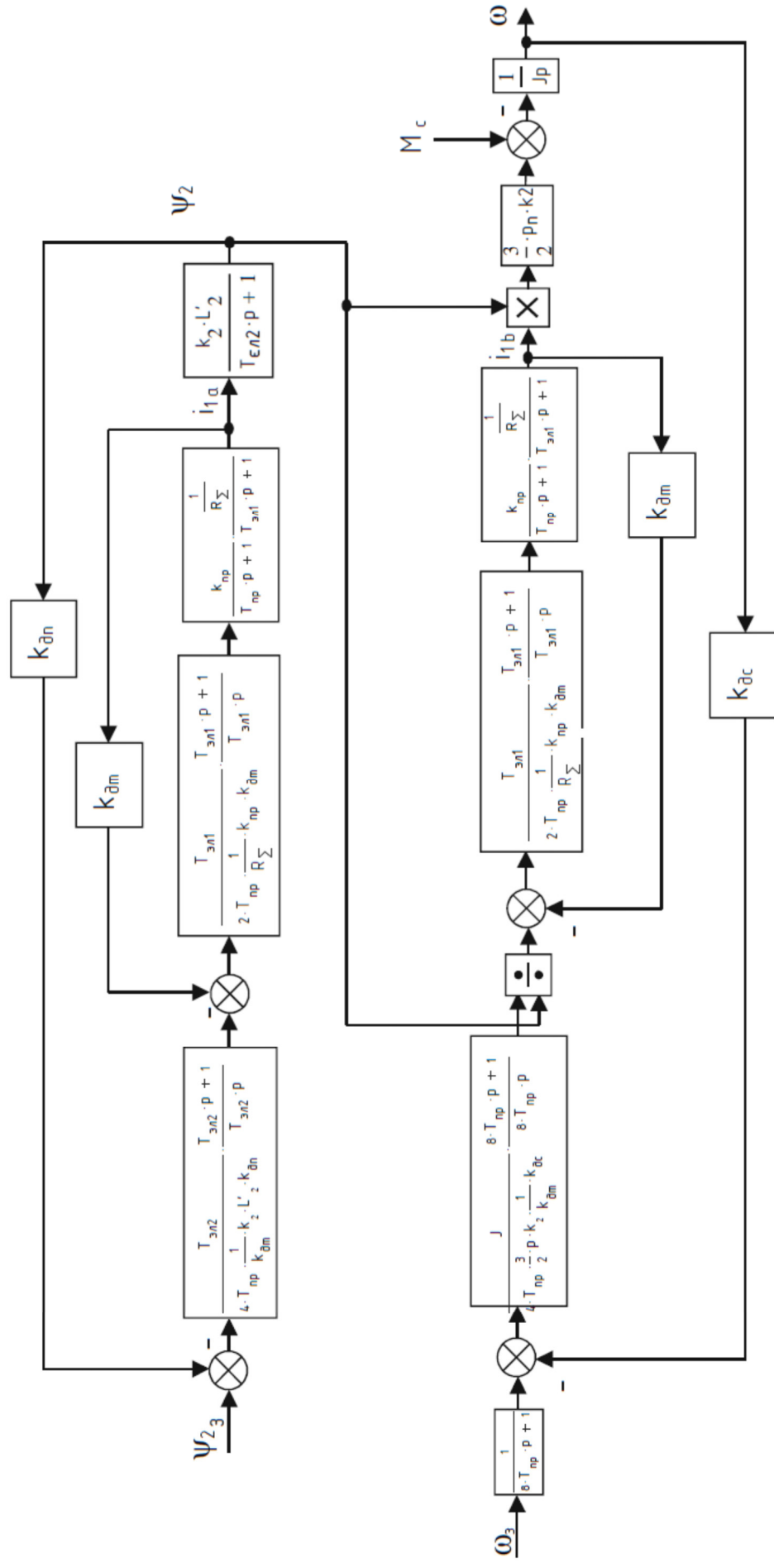


Рисунок 4 – Слайд 4 мультимедійної презентації

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

