

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)

І. С. Білюк

« 20 » 12 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код та назва спеціальності)

освітня програма Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

(назва освітньої програми)

на тему: Модернізація системи керування універсального

вертикально-свердлильного верстата

Виконав: студент групи 6371м

Правник Андрій Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)



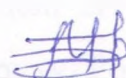
(підпис)

Керівник

доцент каф. автоматики, к.т.н.,

Бугрім Л.І.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)



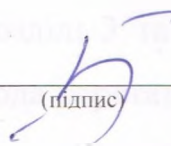
(підпис)

Рецензент

доцент кафедри СЕЕС,

к.т.н., доцент Р.А. Ставинський

(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 – 2024 року

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 87 с., 5 р., 24 рис., 4 табл., 1 дод., 8 джерел.

Ключові слова: скалярне керування, моделювання, , привод головного руху, вертикально-свердлильний верстат.

Об'єкт дослідження – перехідні процеси в електроприводі головного руху вертикально-свердлильного верстата на основі асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором.

Мета роботи – заміна застарілої релейно-контакторної системи керування на сучасний частотний перетворювач зі скалярним керуванням. Також провести синтез системи керування асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором привода верстата.

Методи дослідження – моделювання перехідних процесів в електроприводі верстата на основі асинхронного двигуна з використанням сучасної теорії автоматичного керування та електропривода, імітаційне моделювання в *MATLAB*, обробка та аналіз отриманих результатів.

У першому розділі розглянуто конструювання, технічні характеристики та електрообладнання вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н118-1. Проведено аналіз систем керування електропривода головного руху. Розділ 2 містить вибір та обґрунтування методу наукового дослідження, алгоритм дослідження та метод розв'язання поставленого завдання. У розділі 3 та 4 наведено функціональну схеми системи керування електропривода верстата. Обґрунтовано вибір елементів системи керування електропривода. Розроблено структурну схему системи керування електропривода верстата та розраховано параметри її елементів. Проведено моделювання системи керування електропривода в *MATLAB*. Досліджено вплив параметрів регуляторів електропривода на якість керування. В розділі 5 розглянуті питання з охорони праці. Додаток містить слайди мультимедійної презентації.

ABSTRACT

Qualification work: 87 p., 5 p., 24 fig., 4 tab., 1 appendix, 8 sources.

Keywords: scalar control, modeling, , main motion drive, vertical drilling machine.

The object of research is transient processes in the electric drive of the main motion of a vertical drilling machine based on an asynchronous motor with a squirrel-cage rotor.

The purpose of the work is to replace the outdated relay-contactor control system with a modern frequency converter with scalar control. Also, to synthesize the control system for an asynchronous motor with a squirrel-cage rotor of the machine drive.

Research methods are modeling of transient processes in the electric drive of a machine based on an asynchronous motor using modern theory of automatic control and electric drive, simulation modeling in MATLAB, processing and analysis of the results obtained.

The first section considers the layout, technical characteristics and electrical equipment of the vertical drilling machine model 2N118-1. An analysis of the control systems of the main motion electric drive is carried out. Section 2 contains the choice and justification of the scientific research method, the research algorithm and the method for solving the task. Sections 3 and 4 present the functional diagram of the machine tool electric drive control system. The choice of elements of the electric drive control system is justified. A structural diagram of the machine tool electric drive control system is developed and the parameters of its elements are calculated. The electric drive control system is simulated in MATLAB. The influence of the parameters of the electric drive regulators on the quality of control is studied. Section 5 considers issues of labor protection. The appendix contains slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОПИС ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА.....	8
1.1 2Н118-1 верстат вертикально-свердильний універсальний. Опис та область застосування	8
1.2 Опис основних вузлів свердильного верстата 2Н118-1	13
1.2.1 Колона, плита, стіл.....	13
1.2.2 Стіл плаваючий	13
1.2.3 Коробка швидкостей.....	14
1.2.4 Коробка подач	15
1.2.5 Механізм подачі шпинделя	17
1.3 Електроустаткування свердильного верстата	19
2 ФОРМУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	25
2.1 Вибір та обґрунтування методу наукового дослідження.....	25
2.2 Структурно-логічна схема магістерського дослідження.....	28
2.3 Висновки до розділу 2	30
3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	31
3.1 Опис частотного перетворювача <i>WEG CFW500</i>	31
3.2 Скалярне керування V/f	41
3.3 Векторне керування	46
3.4 Обмін даними	50
4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	52
4.1 Побудова структурної схеми автоматизованого електропривода ...	52
4.2 Синтез регуляторів.....	59
4.3 Побудова моделі та аналіз якості керування електропривода в MATLAB	61
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	64

5.1 Загальні вимоги до охорони праці в машинобудуванні.....	65
5.2 Розрахунок захисного заземлення установки з приводом змінного струму	68
5.3 Розробка заходів по забезпеченню безпечної експлуатації електроустановки з приводом змінного струму	71
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	74
ДОДАТОК А. МУЛЬТИМЕДІЙНА ПРЕЗЕНТАЦІЯ.....	75

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток верстатобудування визначає рівень всього машинобудівного виробництва, оскільки металорізальні верстати при їх високій продуктивності, точності та універсальності є основним видом технологічного обладнання для розмірної обробки деталей.

Свердлильні верстати складають значну частку в загальному обсязі металорізального обладнання. На свердлильних верстатах виконують досить широке коло робіт, що забезпечується різноманітністю конструкцій і кінематики верстатів, а також інструменту. Типи і моделі фрезерних верстатів відрізняються призначенням, конструкцією, кінематикою, розмірами, рівнем автоматизації і ступенем точності.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є заміна застарілої релейно-контакторної системи керування на сучасний частотний перетворювач із скалярним керуванням. Щоб досягти поставленої мети, слід розв'язати наступні завдання:

- розглянути компонування, технічні характеристики та електрообладнання універсального вертикально-свердлильного верстата;
- скласти функціональну схему системи керування електропривода свердлильного верстата. Обґрунтувати вибір елементів системи керування електропривода;
- побудувати структурну схему системи керування електропривода верстата та виконати розрахунок параметрів її елементів;
- провести моделювання системи керування електропривода головного руху верстата в *MATLAB* та дослідити вплив параметрів регуляторів на якість керування.

Об'єкт дослідження. Перехідні процеси в електроприводі вертикально - свердлильного верстата моделі 2Н118-1 на основі асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором.

Предмет дослідження. Параметри регуляторів системи керування електропривода верстата, які впливають на якість керування.

Методи дослідження. Заміна застарілої системи керування на основі релейно-контакторної схеми на сучасний частотний перетворювач. Теоретичні дослідження виконані із залученням сучасної теорії електропривода, методів теорії автоматичного керування та комп'ютерного моделювання в *MATLAB*.

РОЗДІЛ 1

ОПИС ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА

1.1 2Н118-1 верстат вертикально-свердильний універсальний. Опис та область застосування

Вертикальний свердильний верстат моделі 2Н118-1 з умовним діаметром свердління 18 мм призначений для виконання наступних операцій: свердління, розсвердлювання, нарізування різьблення та підрізування торців ножами (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд верстата

Свердлильний верстат 2Н118-1 призначений для роботи в основних виробничих цехах, а також в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва в інструментальних, експериментальних, ремонтно-механічних та інструментальних цехах з індивідуальним та дрібносерійним випуском продукції.

Верстат 2Н118-1 віднесений до умовного діаметру свердління 18 мм верстат допускає обробку деталей із зусиллям подачі до 560 кг і моментом, що крутить, до 880 кг-см.

Характеристики верстата зведено у таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики верстата 2Н118-1

Параметр	2Н118-1	2Н118	2Б118
Основні параметри верстата			
Найбільший умовний діаметр свердління сталі $\sigma = 50..60 \text{ кг*мм}^2$, мм	18	18	18
Найменша та найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	150..650	0..650	50..650
Найменша та найбільша відстань від торця шпинделя до фундаментної плити, мм			800..1150
Відстань від осі вертикального шпинделя до напрямних стійки (виліт), мм	200	200	200
Робочий стіл			
Розміри робочої поверхні столу (довжина х ширина), мм	360 х 480	320 х 360	320 х 400
Число Т-подібних пазів Розміри Т-подібних пазів	3	3	
Найбільше вертикальне переміщення столу (вісь Z), мм	350	350	350
Переміщення столу на один оберт рукоятки, мм		2,4	
Шпиндель			

Параметр	2Н118-1	2Н118	2Б118
Найбільше переміщення шпиндельної головки по колоні, мм		300	100
Найбільше осьове переміщення шпинделя (гільзи шпинделя), мм	150	150	150
Переміщення шпиндельної головки на один оборот маховичка, мм		4,4	
Переміщення шпинделя на один поділ лімба, мм		1	
Переміщення шпинделя на один оборот маховичка-рукоятки, мм		110	
Частота обертання шпинделя, об/хв (кількість швидкостей)	180..2800 (9)	180..2800 (9)	180..2040 (6)
Найбільший допустимий момент, що крутить, Н.м	88	88	88
Конус шпинделя	Морзе 3АТ8	Морзе 2	Морзе 2
Механіка верстата			
Межі вертикальних робочих подач на один оборот шпинделя, мм (число подач)	0,1..0,56 (6)	0,1..0,56 (6)	0,1..0,4 (4)
Найбільша допустима сила подачі, Н	5600	5600	5500
Гальмування шпинделя	+	+	
Привод			
Електродвигун приводу головного руху	4АХ80, В4У3	АОЛ2-22- 4С2	
Електродвигун приводу головного руху, кВт (об/хв)	1,5 (1500)	1,5 (1420)	1,7 (2850)
Електродвигун приводу підйому столу, кВт (об/хв)	0,37 (1500)	-	-

Параметр	2Н118-1	2Н118	2Б118
Електронасос охолоджувальної рідини	0,12 (3000)	0,12(3000)	0,12(3000)
Електронасос охолоджувальної рідини	ПА-22	ПА-22	ПА-22
Габарит та маса верстата			
Габарити верстата (довжина ширина висота), мм	730 x 648 x 1980	870 x 590 x 2080	727 x 625 x 1960
Маса верстата, кг	600	450	450

Принцип роботи та особливості конструкції верстата

Основні відмінності свердлильного верстата 2Н118-1 від 2Н118:

- Конус шпинделя верстата 2Н118-1 Морзе 3АТ8 згідно з ГОСТ 25557-82 (СТ РЕВ 147-75). Конус шпинделя верстата 2Н118 Морзе 2.
- Стіл-плита верстата 2Н118-1 має електромеханічний механізм підйому - опускання. Стіл верстата 2Н118 піднімається та опускається вручну.
- Верстат 2Н118-1 може комплектуватися круглим столом, що плаває, який може переміщатися по горизонталі.

Інші вузли верстатів 2Н118-1 та 2Н118 ідентичні.

Верстат 2Н118-1 відноситься до конструктивної групи вертикально-свердлильних верстатів середніх розмірів (2Н118, 2Н118-1, 2Н125, 2Н125Л, 2Н135, 2Н150, 2Г175) з умовним діаметром свердління 5 5 5,5 В порівнянні з верстатами (з індексом А), що випускалися раніше, верстати нової групи мають зручніше розташування рукояток управління коробками швидкостей і подач, кращий зовнішній вигляд, простішу технологію складання і механічної обробки ряду відповідальних деталей, більш досконалу систему мастила. Агрегатне компонування та можливість автоматизації циклу забезпечують виробництво на їх основі спеціальних верстатів.

На фундаментній плиті змонтовано колону коробчастої форми. У її верхній частині розміщена шпиндельна головка, що несе електродвигун та шпиндель з інструментом. На вертикальних напрямних колони встановлена шпиндельна бабка, усередині якої розміщений механізм подачі, що здійснює вертикальне переміщення

шпинделя. Піднімати та опускати шпиндель можна механічно та за допомогою штурвала вручну. Для встановлення та закріплення пристосування з оброблюваними заготовками є стіл. Його можна встановлювати на різній висоті, залежно від розмірів деталей, що обробляються.

Нарізання різьби здійснюється при ручній подачі шпинделя та електричному реверсуванні двигуна головного приводу.

Кінематична схема верстата зображена на рисунку 1.2.

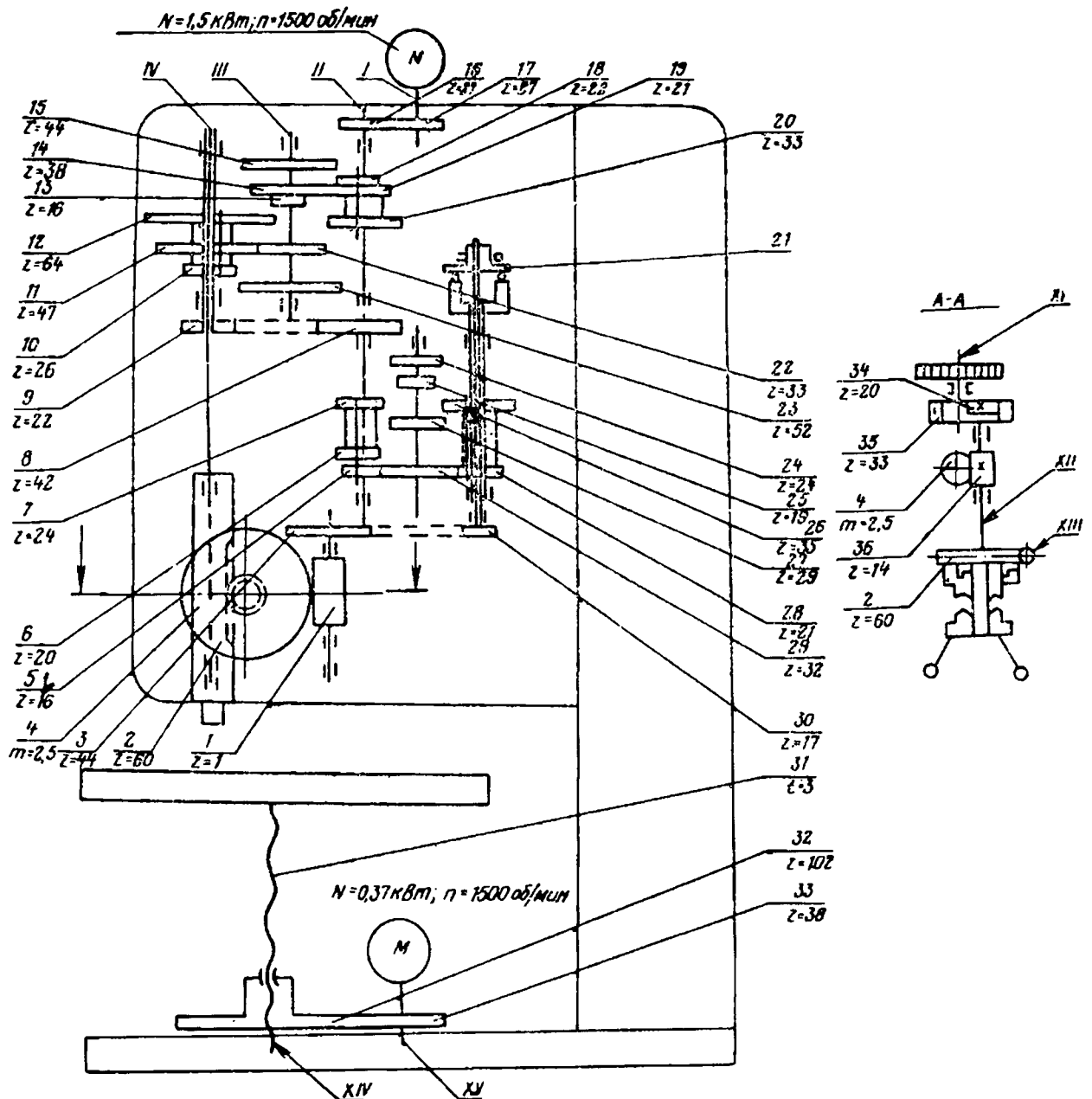


Рисунок 1.2 – Кінематична схема верстата.

1.2 Опис основних вузлів свердлильного верстата 2Н118-1

1.2.1 Колона, плита, стіл

Колона верстата є чавунним виливком коробчатої форми, всередині якої є ніша для розміщення електрообладнання. Колона має напрямні типу «ластівчин хвіст», якими переміщається стіл, Колона закріплена на фундаментній плиті, внутрішні смужки якої є резервуаром для охолоджуючої рідини. На фундаментній плиті закріплено електронасос охолодження та механізм підйому столу.

1.2.2 Стіл плаваючий

Стіл плаваючий поворотно-пересувний призначений для встановлення на ньому оброблюваної деталі і дозволяє обробляти деталі будь-яку кількість отворів без її перезакріплення. Складається з чавунної литої основи 8 з вертикальними напрямними типу «ластівчин хвіст» для вертикального переміщення по колоні та круглого литого столу 2, встановленого на верхній площині основи 8. Стіл 2 у віджатому стані може легко повертатися навколо своєї осі на підшипниках кочення, встановлених у склянці 5, закріпленому на плиті 4. У свою чергу плита може легко переміщатися разом зі столом у поздовжньому напрямку на підшипниках кочення по напрямних планках 3 жорстко закріпленим в пазу основи. Під час обробки отвори стіл 2 фіксується в робочому положенні. 5 проходить тяга 6, за допомогою якої проводиться віджимання столу від підстави.

Навколо робочої поверхні столу є корито для зливу СОЖ та збору стружки. З корита СОЖ через чотири отвори зливається в кільце 1, а звідти в корито основи і потім телескопічної труби в плиту верстата.

На плиті 4 закріплені щитки для захисту опорної поверхні основи від стружки та СОЖ. Знизу на підставі встановлений упор 7, який через кульку упирається гвинт механізму підйому столу. Для регулювання зазорів у вертикальних напрямних є клини із затискними та регульовальними болтами.

1.2.3 Коробка швидкостей

Коробка швидкостей (рис. 1.3) повідомляє шпинделя дев'ять різних чисел частоти обертання, що досягається за допомогою двох потрійних блоків шестерень 4, 13.

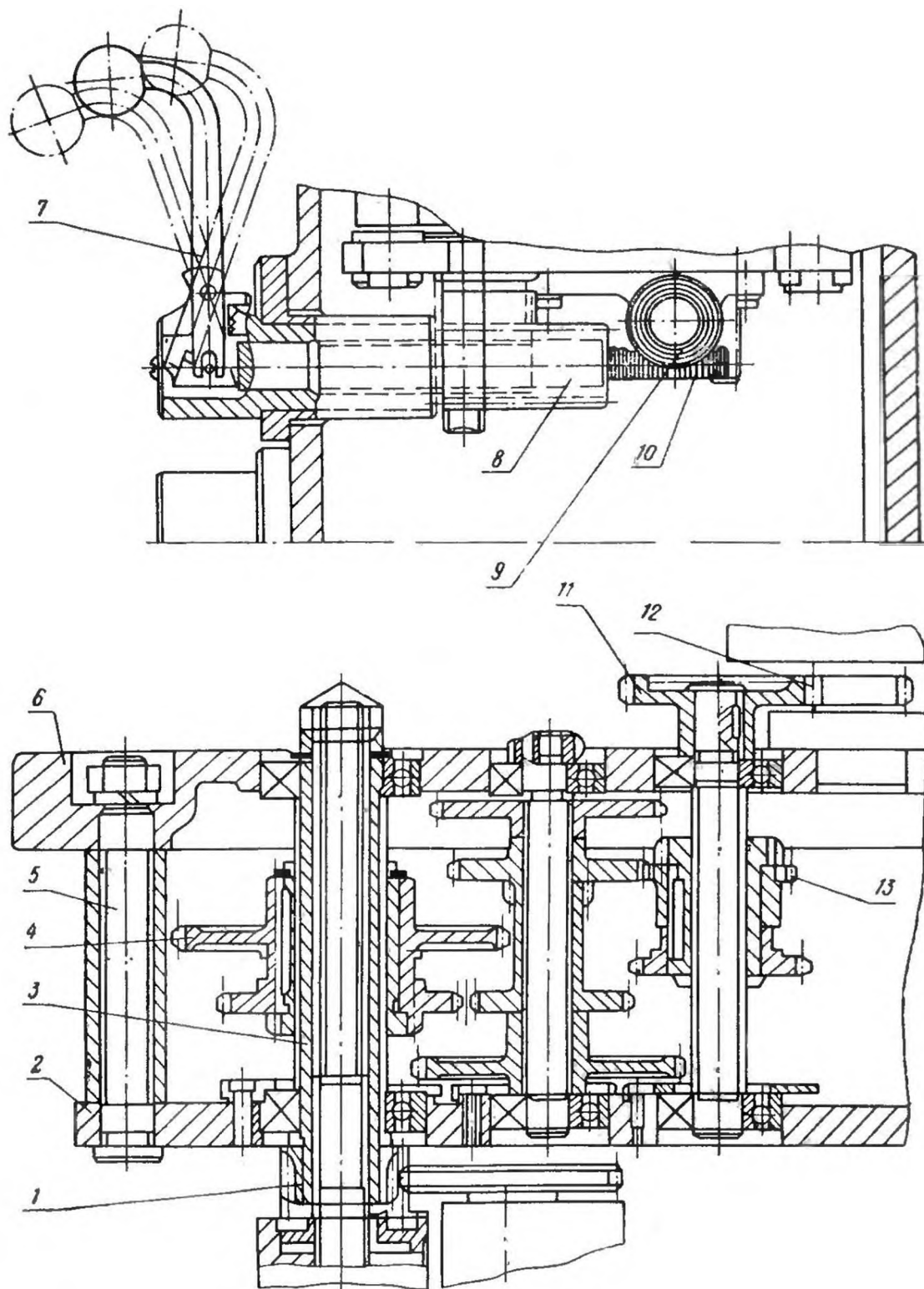


Рисунок 1.3 – Коробка передач верстата

Опори валів коробки швидкостей розміщуються у двох плитах - верхній 6 і нижній 2, які стягнуті між собою трьома стяжками 5. Механізм коробки швидкостей приводиться у обертання від вертикально розташованого електродвигуна через зубчасту передачу 11, 12.

У разі потреби можна зрушити діапазон частоти обертання шпинделя за рахунок зміни передавального відношення цієї передачі. Останній вал коробки 3 швидкостей являє собою порожнисту гільзу, шліцевий отвір якої передає обертання шпинделю верстата.

На цій гільзі кріпиться шестерня 1 приводу подач. Перемикання шестерень коробки швидкостей здійснюється від однієї рукоятки 7, яка може мати три положення по колу та три положення по осі.

Рукоятка розташовується на лицьовій поверхні свердлильної головки і через шестерні 9, 8 і рейку 10 переміщає штанги, на яких закріплені виделки, пов'язані з блоками, що перемикаються шестерень 4, 13.

Усі механізми коробки швидкостей збираються у вузол і монтуються у свердлильній головці. Змащування механізмів коробки швидкостей, як і всієї свердлильної головки, проводиться від шестеренного насоса, розташованого на коробці подач.

Для контролю роботи маслонасоса у верхній кришці його є спеціальний масловказівник.

1.2.4 Коробка подач

Коробка подач (рис. 1.4) являє собою триваловий механізм, змонтований в окремому литому корпусі 1. Шість подач забезпечуються за допомогою потрібного блоку шестерень 10 і подвійного блоку шестерень 13.

Привід коробки подач здійснюється від шестірні, що сидить на гільзі шпинделя, через шестірню 11. Третій вал коробки подач 12 за допомогою зубчастої передачі 6 передає обертання на кулькову муфту і механізм черв'як подач. Кулькова муфта змонтована на кінці хробака механізму подач і служить для вимикання

механічної подачі при досягненні заданої глибини обробки. У цьому випадку кулачок на лімбі через горизонтальний валик переміщає вертикально догори штангу 5 і, долаючи опір пружини 3, відключає муфту.

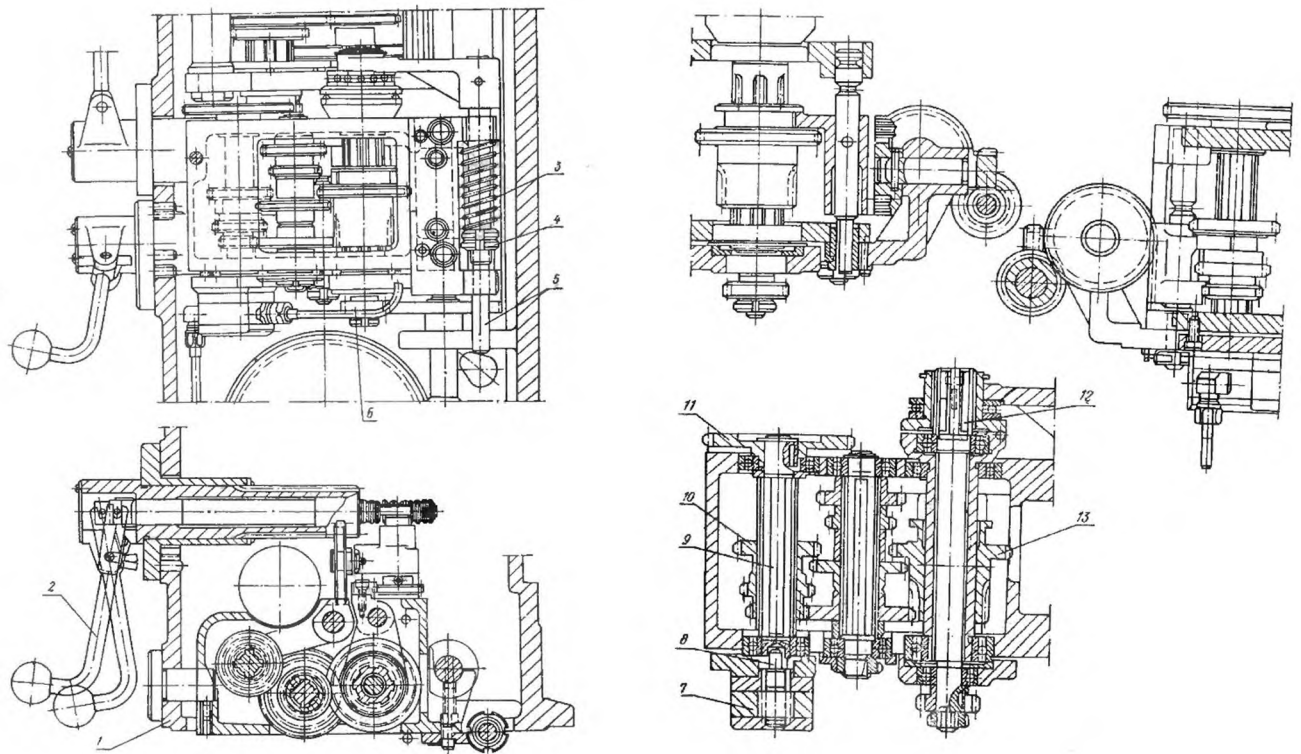


Рисунок 1.4 – Коробка подач

Ця ж муфта відіграє роль запобіжного пристрою під час перевантаження по зусиллю подачі. За допомогою гайок 4 і пружини 3 муфта налаштовується на вимикання (замикання) при зусиллі подач 600Н, тобто на 10% перевищує номінальне.

Вал 9 через штифт 8 приводить у обертання шестеренний насос для мастила.

Перемикання шестерень коробки подач здійснюється від однієї рукоятки 2, яка має два положення по осі і три по колу. Рукоятка розташовується на лицьовій поверхні свердильної головки. Конструкція механізмів перемикання подач та швидкостей ідентична.

Змащування механізмів коробки подач проводиться від шестеренного насоса 7, який здійснює змащення всіх інших механізмів свердильної головки. Механізми коробки подач збираються окремо і повністю зібраний вузол

монтується в свердлильній головці. У розточуванні свердлильної головки співвісно з черв'яком запресований валик, до якого кріпиться коробка подач.

1.2.5 Механізм подачі шпинделя

Свердлильна головка є чавунним виливком коробчатого перерізу, в якому монтуються основні вузли верстата:

- коробка швидкостей
- коробка подач
- шпиндель та механізм подач

Перші три вузли збираються окремо і лише кріпляться до свердлильного голівки. Механізм подач, що складається з черв'ячної передачі 1, 2, горизонтального валу з валом-шестірнею 17, лімба 4 зі зв'язаними з ними деталями, штурвала 8, кулачкової муфти 12 і храпової обгінної муфти зі маточкою 13 вузла, є складовою частиною.

Механізм подачі (рис. 1.5) наводиться в рух від коробки подач через пару шестерень 3 і виконує такі функції:

- ручне підведення інструменту до деталі
- включення робочої подачі
- вимкнення робочої подачі
- ручне відведення шпинделя вгору, ручну подачу, що використовується зазвичай при нарізанні різьблення.

Принцип роботи механізму подач ось у чому. При обертанні штурвала він повертається кулачкова муфта, яка через маточину обертає вал-шестерню. Відбувається ручне підведення шпинделя.

Коли інструмент підійде до деталі, на вал-шестірні зростає момент, що крутить, який не може бути переданий зубцями кулачкової муфти, а маточина переміщається вліво від валу до тих пір, поки торці кулачків деталей 12 і 13 не стануть один проти одного. У цей період кулачкова муфта вільно повертається відносно валу на 20° . Кут в 20° обмежується пазом на муфті і штифтом 11. На

маточці 13 сидить двосторонній храповий диск 14, пов'язаний зі маточкою собачками 7.

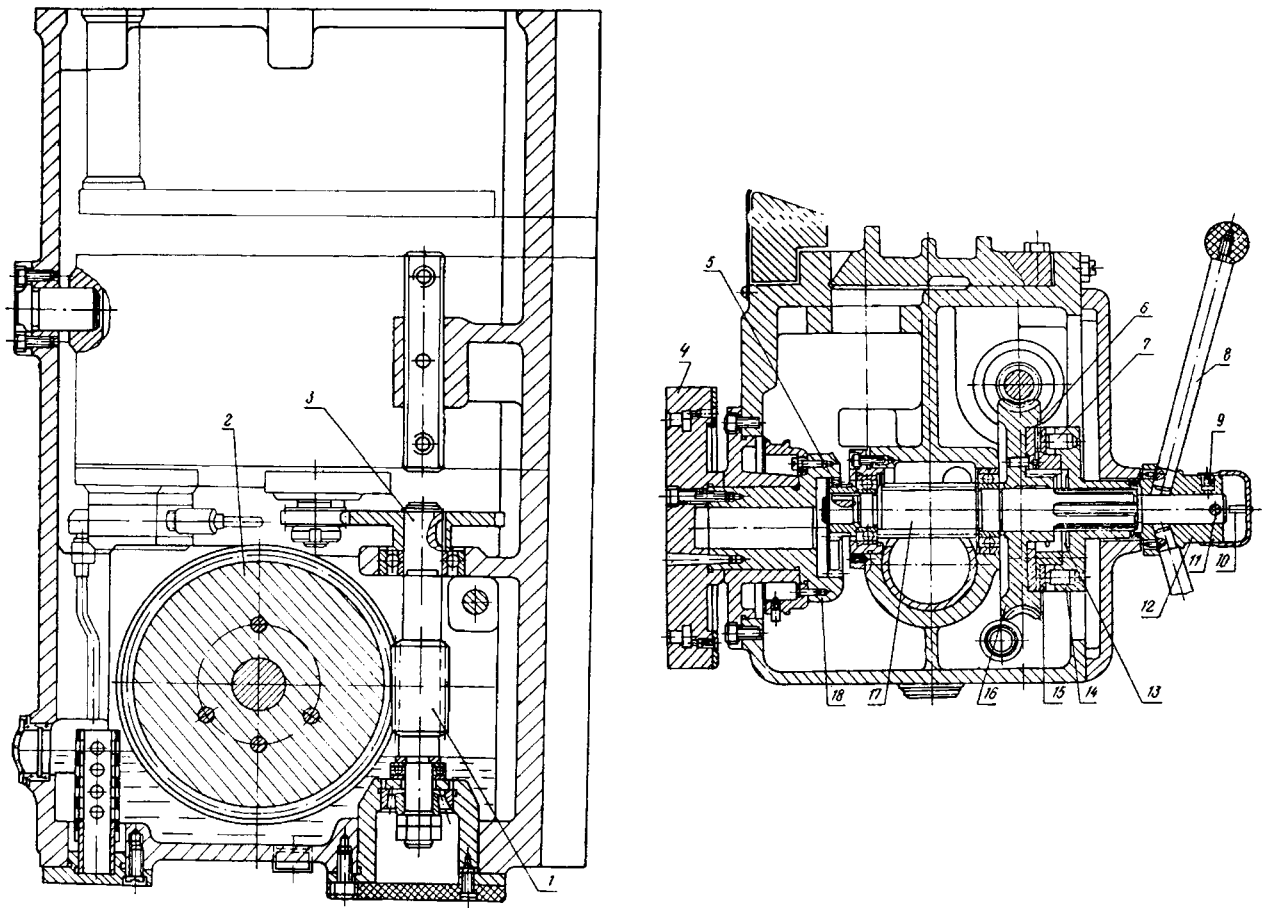


Рисунок 1.5 – Механізм подач шпинделя свердлильного верстата 2Н118-1

При зміщенні маточини зубці диска 14 входять в зачеплення з зубцями другого диска 6, прикріпленого до черв'ячного колеса 16. Таким чином, обертання від черв'яка передається рейковій шестірні, і відбувається механічна подача.

При подальшому обертанні штурвала при включеній подачі собачки, що сидять у маточині, проскакують по зубцях внутрішньої сторони 14, після чого здійснюється ручне випередження механічної подачі.

При ручному вимиканні подачі штурвалом з поворотом його у зворотний бік на 20° щодо горизонтального валу зуб кулачкової муфти стане проти западини маточини.

Ступиця внаслідок осьової сили, що виникає завдяки нахилу зубців дисків 15 та 14 та спеціальної пружини, зміщується вправо та розчіплює диски, після чого механічна подача припиняється.

При ручному поданні шпинделя штурвалом необхідно включити штурвалом механічну подачу, а потім ковпачок 10 перемістити уздовж осі горизонтального валу вправо. При цьому фіксатор 9 ковпачка передає момент, що крутить, безпосередньо від кулачкової муфти на вал-шестірню.

На лівій стінці свердлильної головки змонтований лімб, який під час подачі шпинделя приводиться в обертання через пару шестерень 5, 18. Лімб призначений для візуального відліку глибини обробки та налаштування кулачків.

Для візуального відліку глибини обробки інструмент доводять вручну до контакту з оброблюваною деталлю і лівою рукою встановлюють лімб у нульове положення. Відлік глибини обробки провадиться за шкалою на циліндричній поверхні лімба.

Для встановлення кулачків на торцевій поверхні лімба є Т-подібний паз для їхнього закріплення.

1.3 Електроустаткування свердлильного верстата

Живлення ланцюгів електроустаткування здійснюється наступними напругами:

Електроустаткування верстата призначене для підключення до трифазної мережі змінного струму з глухозаземленим або ізольованим нейтральним дротом.

- Ланцюги живлення електродвигунів, трансформаторів - силова 3-х фазна мережа ~380 В, 50 Гц;
- Ланцюг управління котушками пускачів ~ 110 В;
- Ланцюг місцевого освітлення ~ 24 В.
- Ланцюг сигналізації ~ 24 В.

На верстаті встановлені електродвигуни:

М1 – електродвигун головного приводу – 4АХ80В4У3; 1,5 кВт, 1500 об/хв

М2 – електронасос охолодження – Х14-22М; 0,12 кВт, 3000 об/хв

М3 - приводу переміщення столу вгору-вниз - 4АА63В4У3; 0,37 кВт, 1500 об/хв.

Електрична схема свердлильного верстата 2Н118-1 показана на рисунку 1.6.

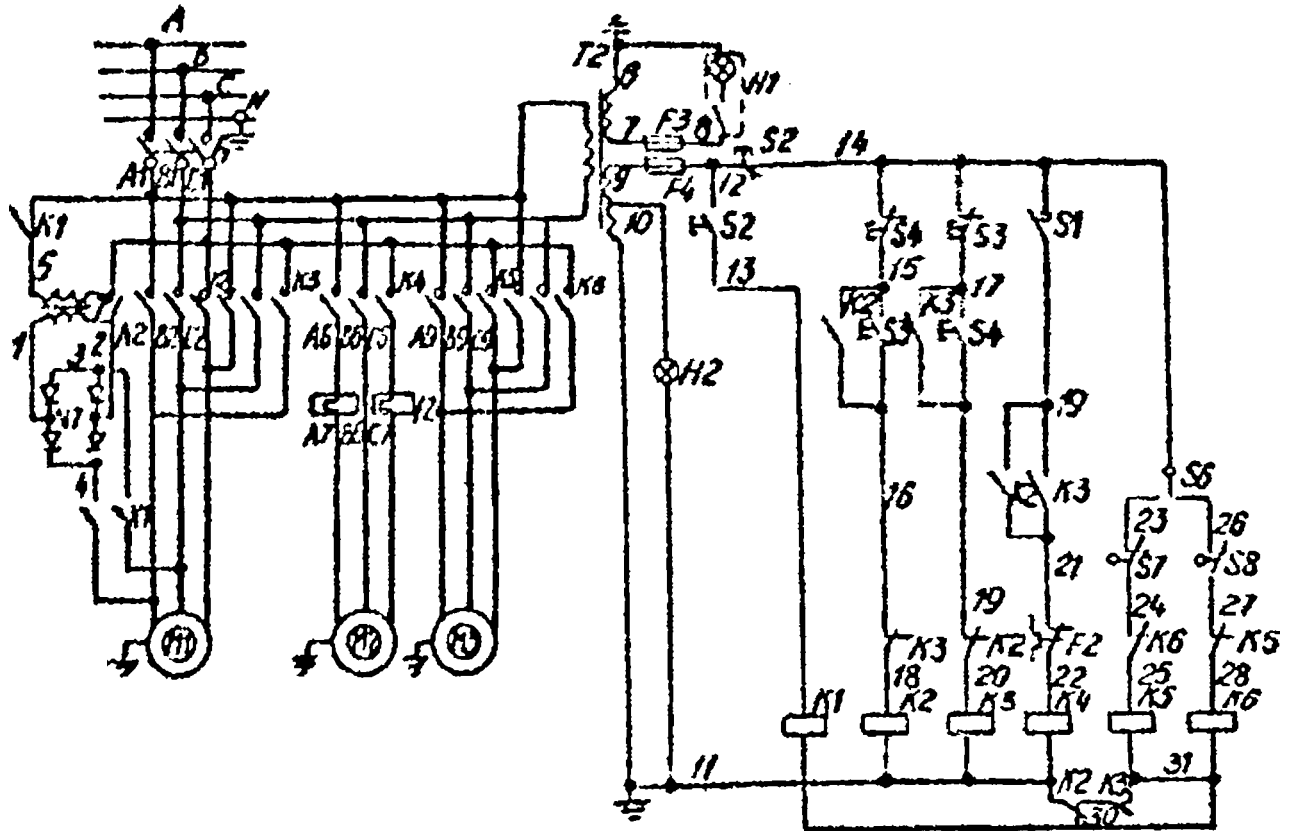


Рисунок 1.6 – Електрична схема верстата

На верстаті встановлено кінцеві вимикачі: S7, S8 - обмеження ходу столу.

На кришці ніші електроустаткування встановлено двополіусний перемикач (тумблер) S6 для керування підйомом-опусканням столу.

Тумблер S1, кнопки керування та сигналізації, "Мережа" розміщені на пульті керування, встановленому на корпусі свердлильної головки.

Апаратура управління розміщена у ніші колони. На бічній стінці колони встановлений 3-фазний автоматичний вимикач для підключення верстата в мережі F1.

Під час огляду чи ремонту електроапаратури вступний вимикач повинен бути обов'язково вимкнений!

Введення проводів живлення виконаний через отвір вгорі колони. Використане провід марки ПВЗ чорного кольору для лінійних проводів та жовто-зеленого — для заземлення.

Початковий запуск

При початковому пуску верстата необхідно:

- перевірити надійність заземлення та якість монтажу електрообладнання зовнішнім оглядом;
- відключити на клемних наборах дроти живлення всіх електродвигунів;
- підключити верстат до мережі за допомогою вступного автомата;
- перевірити чіткість спрацьовування пускової апаратури за допомогою кнопок та перемикачів.

Перед початком роботи необхідно переконавшись, що запобіжники справні. Напруга на верстат подається включенням вступного автоматичного вимикача F1. Світиться лампочка Н2 «Мережа». Якщо необхідно освітлення та охолодження, то відповідні вимикачі ставляться у положення "Увімкнено".

<Натисканням на кнопку S3 "Шпindel вправо" включається пускач K1; через замикаючий блок-контакт K1/15-16 отримує живлення котушка пускача K2; замикаючим блок-контактом K1 (14-15) схема стає саможивлення. Силові контакти пускачів K1 і K2 включають двигун M1 на праве обертання, а силові контакти пускача K4 подають живлення на двигун насоса M2 охолодження, який включається при включеному S1.

Для зупинки з гальмуванням слід натиснути кнопку S2 «Стоп». У цьому відключаються раніше включені пускачі K2 і K1 чи K3 і включається пускач K2, який своїми замикаючими контактами подає на M1 випрямлене на діодному містку напруга, — здійснюється динамічне гальмування приводу руху.

Підйом-опускання столу здійснюється електродвигуном M3, що включається на праве або ліве обертання пускачем K5 або K6 тумблером S6 відповідно. Обмеження ходу столу здійснюється кінцевим вимикачем S7 та S8.

Захист

Захист електроустаткування верстата від коротких замикань здійснюється вступним автоматичним вимикачем та запобіжником.

Захист електродвигуна М2 насоса охолодження від навантажень здійснюється тепловим реле. Мінімальний захист електродвигунів забезпечується пускачами.

Опис роботи

Мастило верстата здійснюється:

- а) циркуляційною системою мастила свердлильної головки, коробок швидкостей та подач;
- б) безпосереднім набиванням порожнин підшипників електродвигунів, шпинделя, столу, механізму підйому столу;
- в) мастилом зубчастих зачеплень та гвинта підйому механізму столу;
- г) поливанням маслом напрямних колони.

Циркуляційна система включає в себе резервуар 6, шестеренний насос 8, зливну пробку 16 з сітчастим фільтром. Насос рухається від валу коробки подач.

Масло, що подається насосом, надходить на мастило вузлів коробки швидкостей і коробки подач, а потім, зливаючись в резервуар, розташований в корпусі свердлильної головки, змащує всі її механізми. Контроль за подачею мастила я її рівнем в резервуарі здійснюється візуально за допомогою масловказівників 7 і 9.

Вказівки щодо монтажу та експлуатації системи змащення

Перед пуском верстата необхідно: заповнити резервуар 1 маслом І-20 ГОСТ 20799-75 у кількості 2,5 л через отвір 5 в правій стінці головки свердлильної. Контроль за рівнем виробництва за масловказівником 7.

Перед заливкою олію слід попередньо профільтрувати через сітку. При роботі верстата контролювати: рівень масла за вказівником 7, наявність масла в покажчику 9. Перед початком роботи на верстаті відразу після включення шпинделя «Вправо» потрібно перевірити роботу маслонасоса. Контроль здійснюється за вказівником 9. При нормальній роботі насоса масло повинне безперервно витікати з отвору та потрапляти на вказівне скло. Тільки

переконавшись у нормальній роботі насоса і змастивши решту точок, можна приступити до роботи на верстаті.

Налагодження на роботу з ручною подачею

Для включення ручної подачі ковпачок з накаткою, розташований у центрі хрестового штурвала, відіжміть від себе вщент.

Налагоджує верстат на роботу з вимкненням подачі на заданій глибині.

Для налагодження:

- встановіть інструмент у шпинделі;
- опустіть шпиндель до упору інструменту деталь;
- встановіть лімб на свердлильній головці так, щоб проти вказівника знаходилася цифра, що відповідає глибині обробки з урахуванням кута заточування інструменту;
- закріпіть кулачок з літерою «П» так, щоб його правий торець збігався з відповідним ризиком на лімбі.

Після включення обертання шпинделя та подачі почнеться обробка деталі. Після досягнення заданої глибини подача припиняється, але шпиндель продовжує обертатися. Для зупинки потрібно натиснути кнопку «Стоп».

Налагоджує верстат на нарізування різьблення

Для налагодження верстата на нарізування різьблення з реверсом шпинделя на певній глибині:

- а) встановіть патрон із мітчиком у шпинделі;
- б) опустіть шпиндель до упору інструмента до деталі;
- в) встановіть лімб на свердлильній головці так, щоб проти вказівника знаходилася цифра, що відповідає глибині обробки:

Регулювання верстата

Після встановлення верстата на фундаменті, мастила його механізмів та підключення до електричної мережі не потрібно жодних додаткових регулювань. Однак у процесі експлуатації початкове (заводське) регулювання може порушуватися, тому може знадобитися додаткове регулювання деяких механізмів верстата.

Запобіжна муфта механізму подач відрегульована заводом-виробником на осьове зусилля, що запобігає поломці механізму подач при обробці отворів максимального діаметра.

Регулювання напрямних стола зробіть гвинтами на правій стороні напрямних стола, а затискач столу - болтом сухаря, розташованим на лівій стороні.

РОЗДІЛ 2

ФОРМУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Вибір та обґрунтування методу наукового дослідження

Методологія наукового дослідження є сукупність методів, способів, прийомів і їх певна послідовність.

У методології використовуються різні методи, при виборі яких потрібно враховувати специфіку предмета і об'єкта дослідження. Метод – це спосіб досягнення мети; шлях дослідження або пізнання. Методи наукового пізнання умовно підрозділяються на ряд рівнів [10]:

- емпіричний;
- експериментально - теоретичний;
- теоретичний;
- метатеоретичний рівні.

Методи емпіричного рівня: спостереження, порівняння, рахунок, вимір, анкетне опитування, тести, метод «проб і помилок» і ряд інших. Методи цієї групи конкретно пов'язані з явищами, що вивчаються і використовуються на етапі формування наукової гіпотези.

Методи експериментально-теоретичного рівня: експеримент, аналіз і синтез, індукція і дедукція, моделювання, гіпотетичний, історичний і логічні методи. Ці методи допомагають досліднику знайти ті чи інші достовірні факти, об'єктивні прояви в протіканні досліджуваних процесів. За допомогою цих методів здійснюється накопичення фактів, їх перехрестна перевірка. Факти мають науково-пізнавальну цінність тільки в тих випадках, коли вони систематизовані, коли між ними розкриті не випадкові залежності, визначені причини і наслідки. Завдання виявлення істини вимагає не тільки збору фактів, але і правильної їх теоретичної обробки. Первісна систематизація фактів і їх аналіз проводяться вже в процесі спостережень, бесід, експериментів, бо ці методи включають в себе не тільки акти

чуттєвого сприйняття предметів і явищ, а й їх відбір, класифікацію, осмислення сприйнятого матеріалу, його фіксування.

Методи теоретичного рівня: абстрагування, ідеалізація, формалізація, аналіз і синтез, індукція і дедукція, аксіоматика, узагальнення і т. д. На теоретичному рівні проводяться логічне дослідження зібраних фактів, вироблення понять, суджень, робляться висновки. В процесі цієї роботи співвідносяться ранні наукові уявлення з виникаючими новими. На теоретичному рівні наукове мислення звільняється від емпіричної описовості, створює теоретичні узагальнення. Новий теоретичний зміст знань надбудовується над емпіричними знаннями [10].

На теоретичному рівні пізнання широко використовуються логічні методи подібності, відмінності, супутніх змін, розробляються нові системи знань, вирішуються завдання подальшого узгодження теоретично розроблених систем з накопиченим новим експериментальним матеріалом.

До методів метатеоретичного рівня відносять діалектичний метод і метод системного аналізу. За допомогою цих методів досліджуються самі теорії і розробляються шляхи їх побудови, вивчається система положень і понять даної теорії, встановлюються границі її застосування, способи введення нових понять, обґрунтовуються шляхи синтезування кількох теорій.

Метою теоретичних досліджень є виділення в процесі синтезу знань істотних зв'язків між досліджуваним об'єктом і навколишнім середовищем, пояснення і узагальнення результатів емпіричного дослідження, виявлення загальних закономірностей і їх формалізація.

Теоретичні дослідження ґрунтуються на аксіомах, законах, принципах, постулатах і теоремах, тобто на логічних побудовах, які сформульовані в результаті розвитку науки. Їх значущість полягає в тому, що вони виключають необхідність в повторенні раніше пройдених етапів по накопиченню досвіду і нового отримання даних тих досліджень, які послужили підставою для встановлення перерахованих вище логічних побудов, якщо їм підпорядковуються досліджувані об'єкти.

При проведенні теоретичного дослідження використовуються загальнонаукові і приватні методи пізнання (такий поділ завжди умовно). До загальнонаукових відносяться:

- порівняння;
- аналіз;
- синтез;
- абстрагування;
- аналог;
- узагальнення;
- індукція;
- дедукція;
- системний підхід;
- моделювання.

З розвитком техніки моделювання все більш міцно входить в практику проектування. Пов'язано це з тим, що, побудувавши навімання реальний технічний пристрій, неможливо гарантувати його правильну роботу. Проведення експериментальних досліджень не завжди дозволяє отримати необхідні дані. Математичне моделювання вільно від багатьох обмежень, пов'язаних з експериментами і, звичайно, має меншу трудомісткість.

Завдання, які доводиться вирішувати людству, як за складністю, так і за кількістю, ростуть з колосальною швидкістю. І багато хто з них неможливо вирішити без використання моделювання. Це може бути і фізичне моделювання в реальному, зменшеному або збільшеному масштабі, це можуть бути і будь-які математичні залежності, що описують реальне явище. В даний час все більшу увагу саме математичним моделям, тому що тільки вони дозволяють детально і з високою точністю "програвати" реальні ситуації, підбирати необхідні режими роботи, і, при необхідності, оптимізувати роботу системи [10].

Широке впровадження обчислювальної техніки створило додаткові передумови для використання математичних моделей, дозволяючи досліджувати явища і процеси з використанням чисельних алгоритмів аналізу і оптимізації. При цьому

стало можливим вирішувати задачі, які раніше були недоступні дослідникам.

Ця магістерська робота містить у собі математичну модель синхронного двигуна з постійними магнітами з бездатчиковим векторним керуванням, яка забезпечує наукову новизну досліджень, і програмну реалізацію цієї моделі, використовуючи пакет Simulink програми MATLAB, що забезпечує практичну значимість дослідження.

2.2 Структурно-логічна схема магістерського дослідження

Методологія наукового дослідження є організуючим інструментом при виконанні магістерської роботи і повинна забезпечувати досягнення поставлених цілей і рішення сформульованих завдань. Головне в дослідженні - це творчий підхід і отримання якісних наукових і практичних результатів з мінімальними витратами. Алгоритм магістерського дослідження представлений структурно-логічною схемою на рисунку 2.1. Ця схема базується на основних завданнях дослідження, сформульованих у попередньому розділі.

Згідно зі структурно-логічною схемою спочатку формується математична модель СДПМ та проводиться синтез векторного керування. Далі здійснюється моделювання самого СДПМ та векторного модулятора, який використовується для перетворення заданої напруги статора в імпульси керування ключами АІН за допомогою метода ШІМ.

Щоб перейти до моделювання систем векторного керування, в першу чергу визначаємо порядок формування кінцевої моделі, якою є система бездатчикового векторного керування явнопольсного СДПМ. Моделювання кінцевої системи можна проводити поетапно, поступово ускладнюючи її.

На першому етапі проводиться настройка регуляторів струму і швидкості. На другому етапі аналізується вплив векторної широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) на динамічні характеристики СДПМ. На третьому етапі в систему вводяться ФП, використання яких повинно поліпшити енергоефективність приводу з

явнополюсним СДПМ. На четвертому етапі проводиться заміна ДПР спостерігачем стану.

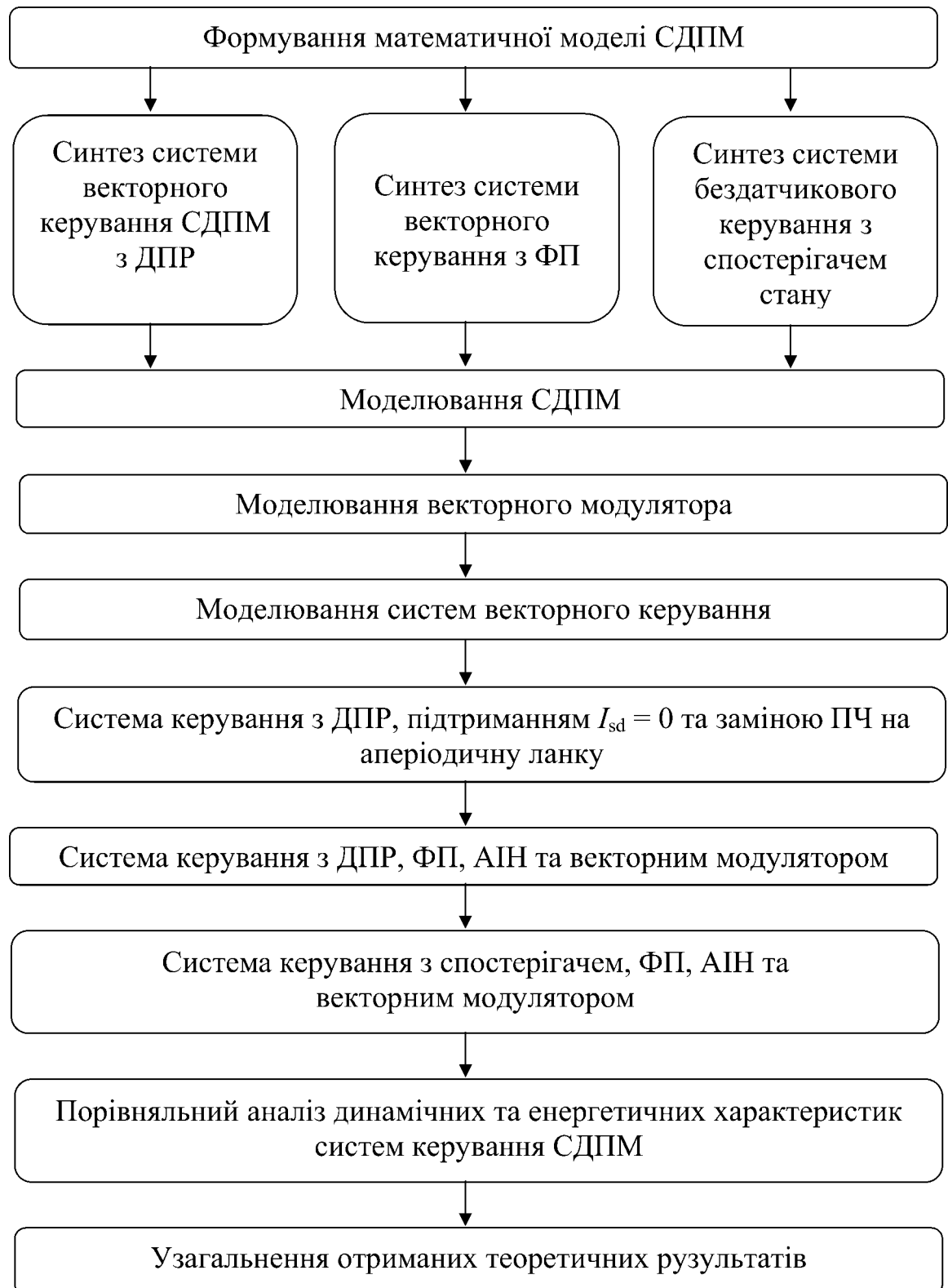


Рисунок 2.1 – Структурно-логічна схема магістерського дослідження

Таким чином, кінцевим варіантом системи керування СДПМ є система без-датчикового керування з формуванням завдання складових струму статора по осях d і q за допомогою ФП. Перевагою розглянутої методики є можливість порівняння отриманих характеристик при керуванні СДПМ за допомогою тієї чи іншої системи.

На підставі виконаних розрахунків та отриманих характеристик проводиться порівняльний аналіз та узагальнення отриманих теоретичних результатів.

2.3 Висновки до розділу 2

— методологія науки розглядає найсуттєвіші особливості й ознаки методів дослідження, тобто розкриває ці методи за їх загальністю і глибиною, а також за рівнями наукового пізнання. Отже, вона вивчає насамперед можливості та межі застосування цих методів у процесі встановлення наукової істини;

— розроблений алгоритм магістерського дослідження в вигляді логічно-структурної схеми, яка базується на основних завданнях дослідження;

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Опис частотного перетворювача *WEG CFW500*

CFW500 - перетворювач частоти з високими експлуатаційними характеристиками, що забезпечує можливість керування частотою обертання та крутним моментом трифазних асинхронних двигунів (рисунок 3.1). Цей виріб надає користувачам параметри векторного (V/VW) або скалярного (V/f) управління з можливістю програмування відповідно до сфери застосування.

У векторному режимі робота оптимізується для двигуна, що забезпечує максимальну продуктивність з точки зору управління частотою обертання і крутним моментом. Функція «Самоналаштування», яка доступна для векторного керування, дозволяє виконувати автоматичне налаштування регуляторів та параметрів керування за результатами з'ясування параметрів двигуна (також автоматичного).

Скалярний режим (V/f) рекомендується для більш простих способів застосування, наприклад, активації більшості насосів і вентиляторів. У таких випадках можна зменшити втрати двигуна та перетворювача, налаштувавши криву V/f за допомогою параметрів шляхом наближення квадратичної кривої співвідношення V/f, що зумовить економію енергії. Режим V/f використовується за одночасної активації перетворювачем декількох двигунів (варіанти застосування з використанням декількох двигунів).

Перетворювач частоти CFW500 містить функції PLC (програмований логічний контролер), що реалізуються за допомогою інтегрованих можливостей SoftPLC. Додаткові відомості про програмування цих функцій у CFW500 див. у посібнику із зв'язку SoftPLC перетворювача CFW500.

Основні компоненти перетворювача CFW500 див. на блок-схемі on page 3-2 та рис on page 3-3. Механічний проект розроблений для спрощення підключення та обслуговування, а також для забезпечення безпеки виробу.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд частотного перетворювача

Перетворювач CFW500 розроблений відповідно до основних технологічних вимог ринку та оснащується знімним модульним інтерфейсом, який адаптується до типу використання. Модуль, що підключається, дозволяє забезпечити відповідність перетворювача CFW500 вимогам для простих варіантів застосування, а та-

кож для сфер застосування з високопродуктивними інтерфейсами. Блок-схема показана на рисунку 3.2.

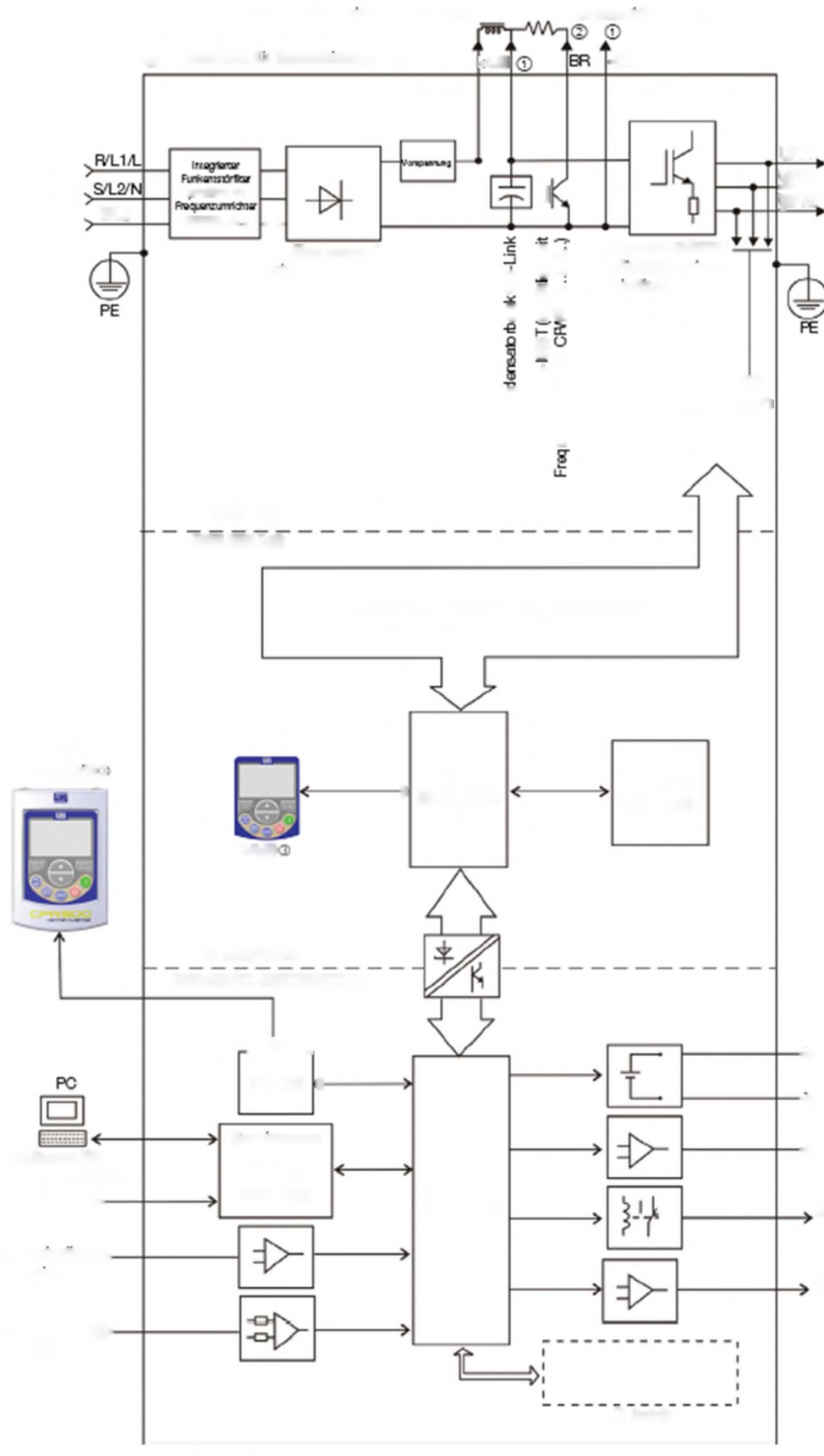


Рисунок 3.2 – Блок-схема частотного перетворювача

Всі моделі інтерфейсу CFW500 передбачають передачу даних у фізичному середовищі RS-485 з Modbus RTU та ресурси передачі даних за допомогою карти пам'яті.

Основні елементи показано на рисунку 3.3, де 1 — Крепежная опора (для внешнего монтажа), 2 — Крепежная опора (для монтажа на рейке DIN), 3 — Вентилятор с крепежной опорой, 4 — Подключаемый модуль, 5 — Людино-машинный интерфейс(ЛМИ), 6 — Передняя крышка.

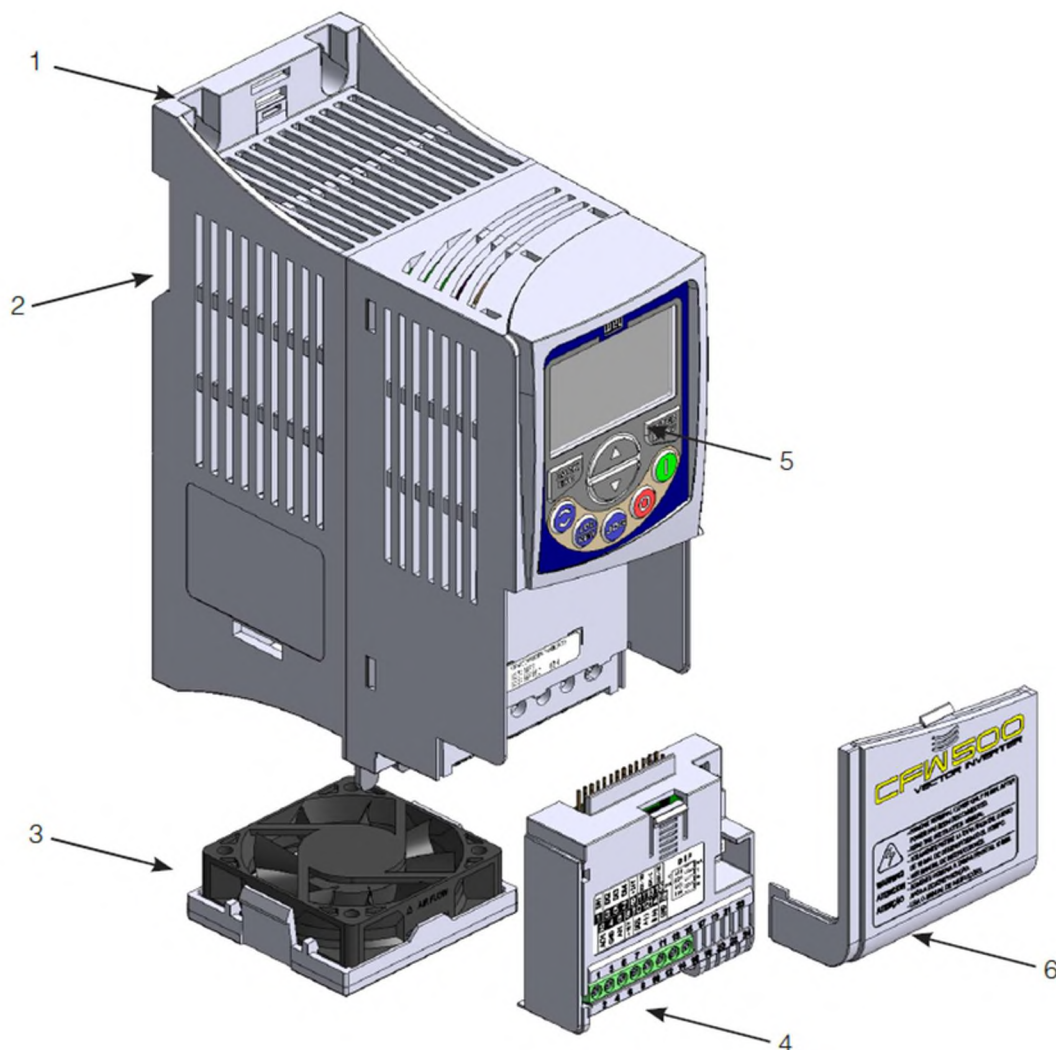


Рисунок 3.3 – Основні елементи перетворювача CFW500

За допомогою ЛМІ можна переглядати та встановлювати всі параметри. Для ЛМІ передбачено два робочі режими: моніторинг та параметризація, рисунок 3.4. Функції ключів та активних полів на екрані ЛМІ залежать від режиму роботи. Режим налаштування складається з трьох рівнів. Опис зведено а таб.3.1.



Рисунок 3.4 – Клавiші ЛМІ

№ параметра	Опис параметра
1	У режимі налаштування, рівень 1: натисніть цю клавiшу, щоб перейти до режиму відстеження. – У режимі налаштування, рівень 2: натисніть цю клавiшу, щоб перейти до рівня 1 режиму налаштування. – У режимі налаштування, рівень 3: натисніть цю клавiшу, щоб скасувати нове значення (нове значення не збережено) і перейти на рівень 2 режиму налаштування.
2	У режимі відстеження: натисніть цю клавiшу, щоб перейти до

№ параметра	Опис параметра
	режиму налаштування. – У режимі налаштування, рівень 1: натисніть цю клавішу, щоб вибрати групу параметрів, щоб відобразити вибрану групу. – У режимі налаштування, рівень 2: натисніть цю клавішу, щоб відобразити параметр — Відобразиться вміст для зміни. – У режимі налаштування, рівень 3: натисніть цю клавішу, щоб зберегти вміст параметра — буде виконано перехід на рівень 2 режиму налаштування.
3	– У режимі відстеження: натисніть цю клавішу, щоб зменшити швидкість. – У режимі налаштування, рівень 1: натисніть цю клавішу, щоб перейти до наступної групи. – У режимі налаштування, рівень 2: натисніть цю клавішу, щоб відобразити попередній параметр. – У режимі налаштування, рівень 3: натисніть цю клавішу, щоб зменшити вміст вмісту.
4	Натисніть цю клавішу, щоб прискорити двигун на період, визначений кривою прискорення. Клавіша активна, якщо: $P0224 = 0$ у режимі LOC або $P0227 = 0$ у режимі REM.
5	Натисніть цю клавішу, щоб уповільнити двигун на період, визначений кривою уповільнення. Клавіша активна, якщо: $P0224 = 0$ у режимі LOC або $P0227 = 0$ у режимі REM.
6	Натисніть цю клавішу, щоб прискорити двигун до уставки швидкості P0122 за період, визначений на кривою прискорення. Швид-

№ параметра	Опис параметра
	кість двигуна збережеться, доки клавішу утримують натиснутою. Після відпускання клавіші швидкість двигуна зменшиться за період, визначений на кривій уповільнення, до повного зупинення. Ця функція активна, якщо виконуються всі такі умови: 1. Пуск/Зупинка = Зупин. 2. Загальне включення = Активно. 3. P0225 = 1 у режимі LOC та/або P0228 = 1 у режимі REM.
7	Натисніть цю клавішу, щоб перейти з режиму LOCAL у REMOTE чи навпаки. Клавіша активна, якщо: P0220 = 2 чи 3.
8	Натисніть цю клавішу, щоб визначити напрямок обертання двигуна. Клавіша активна, якщо: P0223 = 2 або 3 у режимі LOC та/або P0226 = 2 або 3 у режимі Рем.
9	– У режимі відстеження: натисніть цю клавішу, щоб збільшити швидкість. – У режимі налаштування, рівень 1: натисніть цю клавішу, щоб перейти до попередньої групи. – У режимі налаштування, рівень 2: натисніть цю клавішу, щоб перейти до наступного параметра. – У режимі налаштування, рівень 3: натисніть цю клавішу, щоб збільшити відображення вмісту параметра.

Інформація, що відображається на РК-екрані ЛМІ, поділена на шість областей: меню, стан, додатковий екран, одиниця виміру, основний екран та шкільний індикатор. Ці області показані на. Основний та додатковий екрани дозволяють

змінювати фокус для переходу до певного параметра або його значення відповідно до рівнів 2 та 3 відповідно у режимі параметризації.

Режим моніторингу дозволяє користувачеві переглядати до трьох змінних на головному екрані, додатковому екрані та шкальному індикаторі. Такі області екрана визначено.

Режим налаштування складається з трьох рівнів.

Рівень 1 дозволяє користувачеві вибирати пункти меню, які відповідають певним групам параметрів.

Рівень 2 дозволяє переходити до параметрів групи, вибраної на рівні 1.

Рівень 3, у свою чергу, дозволяє змінити параметр, вибраний на рівні 2. На завершальному етапі роботи на цьому рівні змінене значення зберігається (при натисканні ENTER [Введення]) або не зберігається (при натисканні клавіші ESC).

Схема підключення наведена на рисунку 3.5.

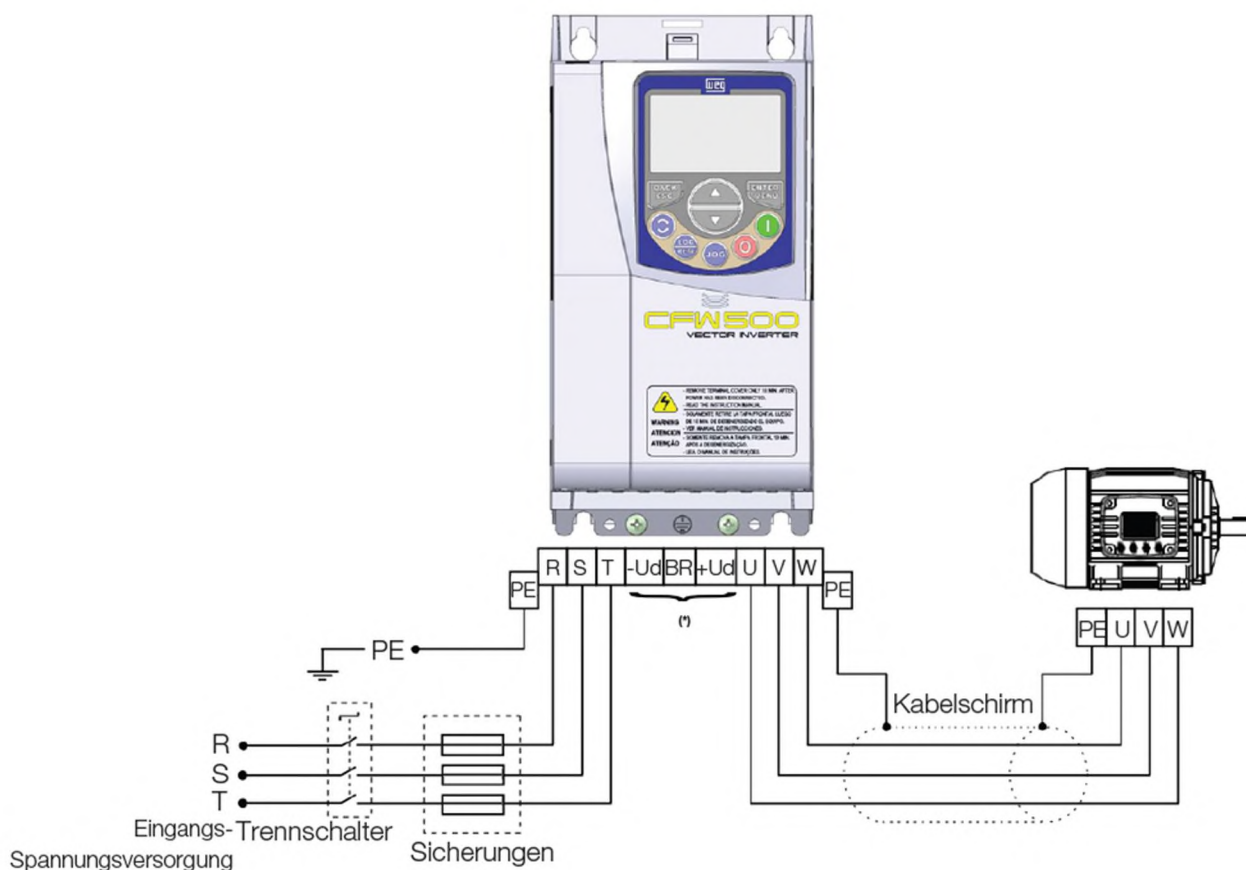


Рисунок 3.6 – Силова схема підключення ПЧ

З'єднання керування (аналоговий вхід/вихід, цифровий вхід/вихід та інтерфейс RS-485) мають виконуватися відповідно до характеристик картриджа, під'єданого до CFW500. Див. інструкції щодо картриджів на упаковці виробу або посібник на компакт-диску продукту. Типові функції та з'єднання для стандартного плагінного модуля CFW500-IOS можна знайти на рисунку 3.6, а опис зведено в таблицю 3.2.

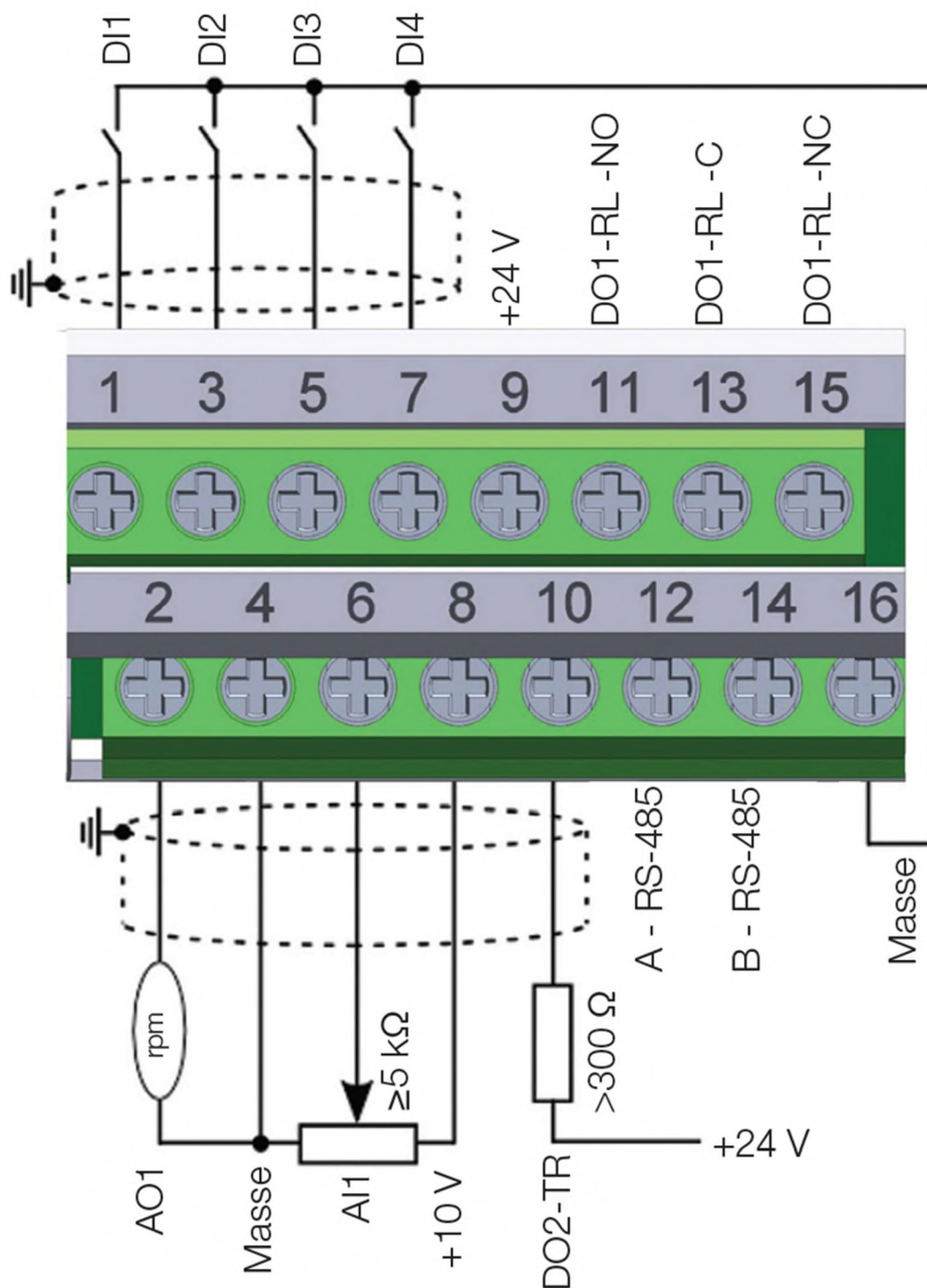


Рисунок 3.6 – Схема підключення сигнального модуля

Таблиця 3.2 – Опис підключення сигнального модуля

Термінал			Опис
Верхнє підключення	1	DI1	Цифровий вхід 1
	3	DI2	Цифровий вхід 2(*)
	5	DI3	Цифровий вхід 3
	7	DI4	Цифровий вхід 4
	9	+24 V	+24В постійного струму Напруга живлення
	11	DO1-RL- NO	Цифровий вихід 1 (Контакт реле 1 NA)
	13	DO1-RL-C	Цифровий вихід 1 (Спільна точка реле 1)
	15	DO1-RL-NC	Цифровий вихід 1 (НЧ контакт реле 1)
Нижнє підключення	2	AO1	Аналоговий вихід 1
	4	Masse	Задане значення 0 В
	6	AI1	Аналоговий вхід 1
	8	+10 V	Уставка +10 В постійного струму для Потенціометри
	10	DO2-TR	Цифровий вихід 2 (транзисторний)
	12	RS-485 - A	RS-485 (термінал A)
	14	RS-485 - B	RS-485 (термінал B)
	16	Masse	Задане значення 0 В

Розташування вставного модуля та DIP-перемикачів для вибору типу аналогового вхідного та вихідного сигналу та кінцевої точки мережі RS-.

Перетворювачі частоти CFW500 мають цифрові входи, налаштовані як активний низький рівень (NPN), аналоговий вхід і вихід, налаштовані на сигнал напруги 0...10 В, і кінцевий резистор RS-485, встановлений у положення ВІМК.

Для правильного підключення ланцюга керування:

1. Використовуйте кабелі перетином: від 0,5 мм² (20 AWG) до 1,5 мм² (14 AWG).
2. Використовувати максимальний момент затягування: 0,5 Нм (4,50 фунтів сили на дюйм).
3. Підключати в роз'єм модуля екранований кабель, прокладений окремо від кабелів інших систем (живлення, керування за допомогою 110 В/220 В перем. струму і т. п.), згідно поз. 3.2.6 Просторове рознесення кабелів. При перетині даних кабелів з іншими це перетин має бути виконано перпендикулярно, так, щоб мінімальна відстань між кабелями в точці перетину було 5 см.
4. Реле, контактори, електромагнітні клапани або котушки електромеханічних гальм, встановлені поблизу перетворювачів, можуть генерувати перешкоди ланцюгів керування. Для усунення цього впливу необхідно паралельно обмоткам цих пристроїв підключити подавлювачі RC (з живленням змінного струму) або діоди вільного ходу (з живленням постійного струму).
5. При використанні зовнішнього ЧМІ з'єднувальний кабель до перетворювача повинен бути відокремлений від інших кабелів установки відстанню не менше 10 см.
6. При використанні аналогового опорного сигналу (AI1) і коливання частоти (проблема електромагнітних перешкод) необхідно підключити GND роз'єму модуля, що підключається до заземлюючого з'єднання перетворювача.

3.2 Скалярне керування V/f

Це класичний метод керування для трифазних асинхронних двигунів, який ґрунтується на кривій, що зв'язує вихідну частоту та напругу. Перетворювач працює як джерело змінної частоти та напруги, генеруючи їх поєднання відповідно до налаштованої кривої. Можна налаштувати цю криву для стандартних 50 та 60 Гц або спеціальних двигунів.

Як показано на блок-схемі рисунок 3.7, уставка швидкості f^* обмежується параметрами P0133 і P0134 і застосовується до входу блоку "КРИВА V/f", де забезпечується отримання амплітуди вихідної напруги та частоти, що застосову-

ються до двигуна. Додаткову інформацію про вставку швидкості див. у chapter 7 ЛОГІЧНА КОМАНДА І ВСТАВКА ШВИДКОСТІ.

При моніторингу загального та активного вихідного струму, а також напруги вставки постійного струму застосовуються компенсатори та регулятори для забезпечення захисту та необхідних характеристик управління V/f . Робота та параметризація таких блоків детально описані в section 11.2 ОБМЕЖЕННЯ НАПРУГИ ПРОМІЖНОЇ ланки ПОСТОЯННОГО СТРУМУ І ВИХІДНОГО СТРУМУ.

Перевага режиму керування V/f — його простота та необхідність налаштування лише кількох параметрів. Запуск здійснюється швидко і просто, при цьому модифікації мінімальні або взагалі не потрібні. Крім того, у випадках, коли умови застосування дозволяють необхідним чином налаштувати криву V/f , забезпечується економія електроенергії.

Скалярне керування або V/f зазвичай рекомендується застосовувати у таких випадках:

- керування кількома двигунами за допомогою одного перетворювача (робота з кількома двигунами);
- економія енергії у приводі навантажень з квадратичним співвідношенням крутного моменту та швидкості;
- номінальний струм двигуна нижче $1/3$ номінального струму перетворювача;
- перетворювач з випробувальною метою включений без двигуна або з великим двигуном і без навантаження;
- в умовах застосування, коли навантаження, пов'язане з перетворювачем, не трифазний асинхронний двигун.

Скалярне управління - режим управління перетворювача за умовчанням через його популярність та відповідність більшості ринкових цілей. Однак параметр P0202 дозволяє вибрати інші опції режиму управління, як описано в chapter 8 ДОСТУПНІ ТИПИ БЛОКІВ УПРАВЛІННЯ ДВИГУНОМ.

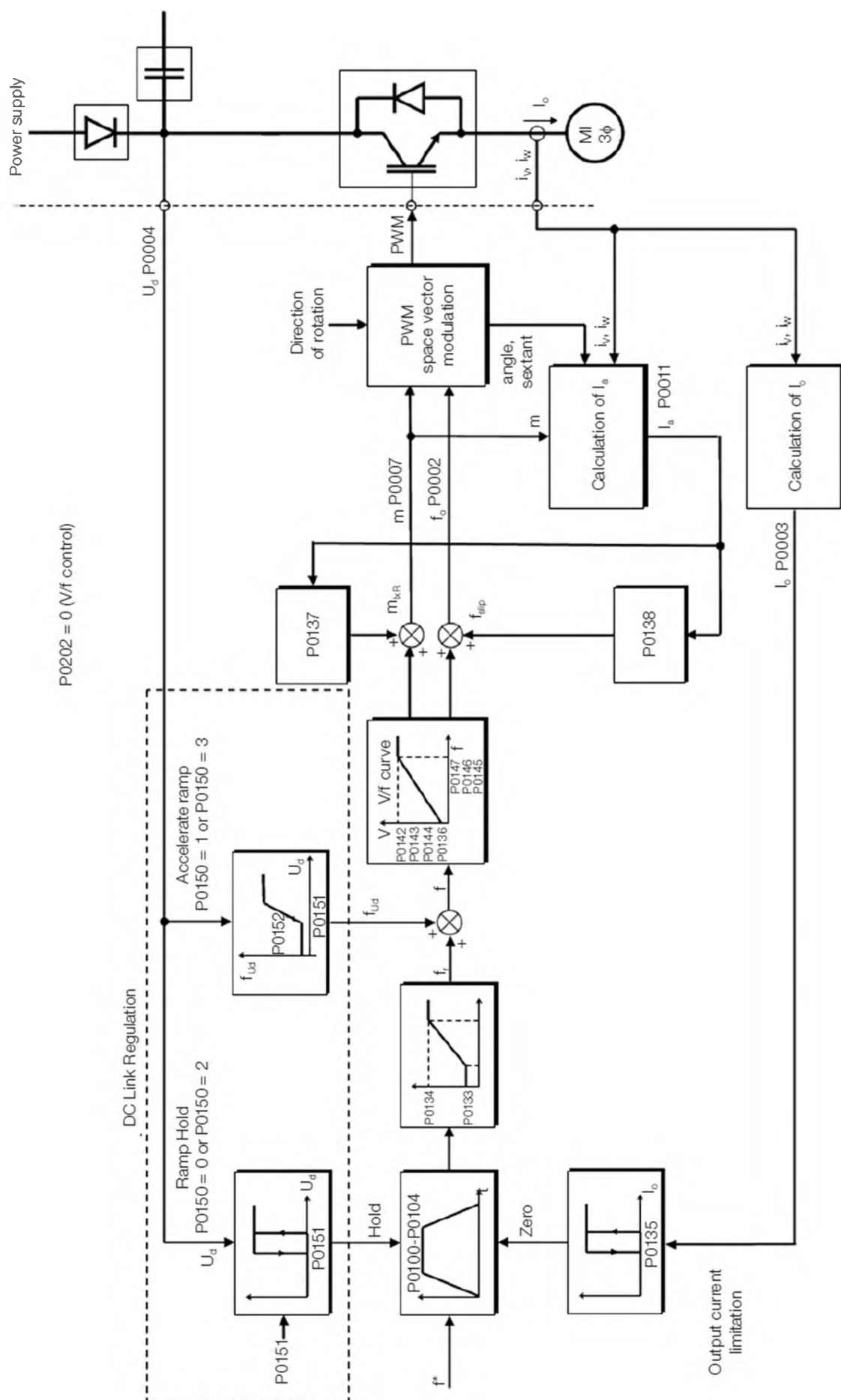


Рисунок 3.7 – Блок-схема скалярного керування

Крива V/f повністю налаштовується по п'яти різних точках, як показано на рисунку 3.8, хоча заводські налаштування за замовчуванням визначають встановлену криву для двигунів 50 або 60 Гц, згідно опцій P0204. У цьому форматі точка P0 визначає амплітуду, що застосовується при 0 Гц, а точка P3 – номінальну амплітуду та частоту, а також початок ослаблення поля. Проміжні точки P1 і P2 дозволяють налаштувати криву для нелінійного співвідношення між крутним моментом і швидкістю, наприклад, для вентиляторів, якщо крутний момент навантаження квадратичний щодо швидкості. Область ослаблення поля визначається між точками P3 та P4, де амплітуда підтримується на рівні 100%.

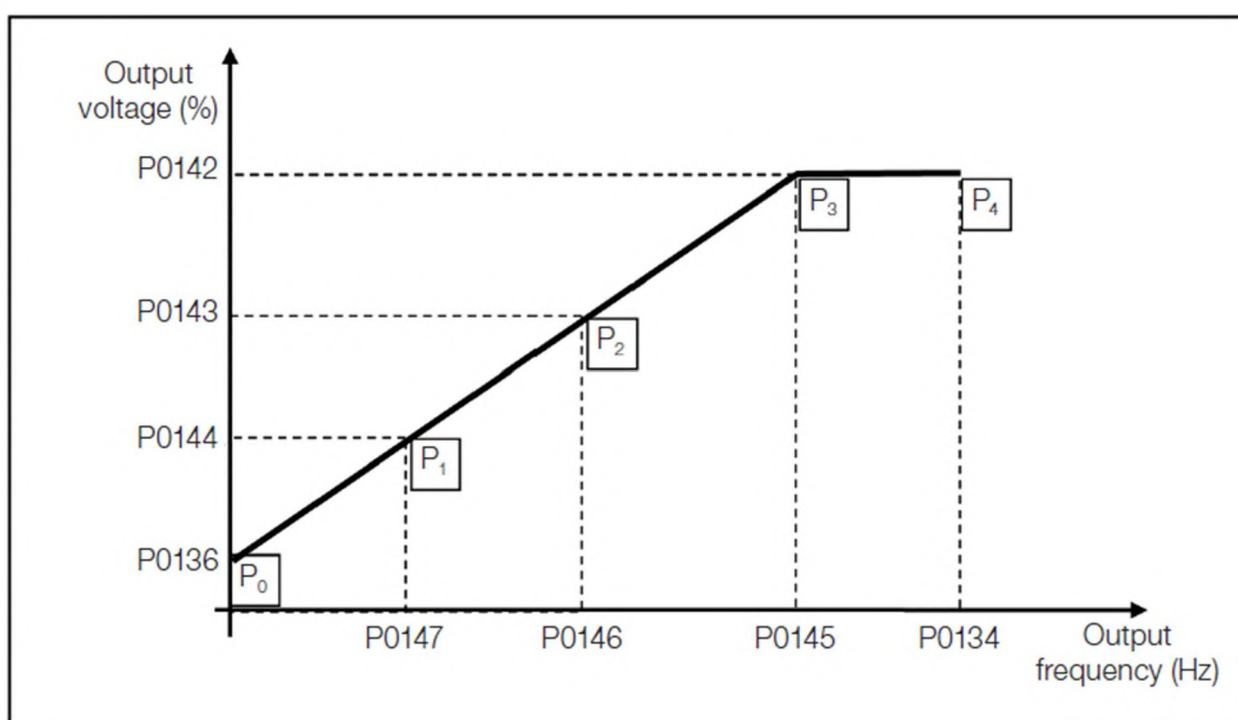


Рисунок 3.8 – Крива скалярного керування

Заводські параметри CFW500 за замовчуванням визначають лінійне співвідношення крутного моменту та швидкості, перекриваючи точки P1, P2 та P3 при 50 або 60 Гц; див. опис параметра P0204. Таким чином, крива V/f - пряма лінія F , що формується лише двома точками: P0136, яка є константою або напругою при 0 Гц і точкою номінальної частоти і напруги (50 або 60 Гц і 100% від максимальної вихідної напруги).

Точки P0[P0136, 0 Гц], P1[P0144, P0147], P2[P0143, P0146], P3[P0142, P0145] і P4[100 %, P0134] можна налаштовувати, щоб співвідношення напруги і частоти на виході формував навантаження. Отже, для навантажень, при яких характеристики моменту, що крутить, будуть квадратичними щодо швидкості, наприклад у відцентрових насосах і вентиляторах, точки кривої можна коригувати для забезпечення економії енергії.

ПРИМІТКА.

Квадратична крива V/f може апроксимуватися за точками з такими значеннями:

$$P0136 = 0; P0144 = 11,1\% \text{ та } P0143 = 44,4\%.$$

ПРИМІТКА.

Якщо $P0147 \geq P0146$, $P0146 \geq P0145$ або крива V/f формує сегмент із нахилом (похідною) більше 10 %/Гц, активується стан КОНФІГУРАЦІЇ (CONF).

Цей параметр активується при низьких швидкостях, тобто в діапазоні від 0 Гц до P0147, збільшуючи вихідну напругу перетворювача для компенсації падіння напруги опору статора двигуна, щоб зберегти коефіцієнт крутного моменту.

Оптимальне налаштування – найменше значення параметра P0136, що дозволяє задовільно запустити двигун. Значення, що перевищує необхідне, надмірно збільшить струм двигуна на низьких швидкостях, що може призвести до стану відмови (F0048, F0051 або F0070) або тривоги (A0046, A0047 або A0050) перетворювача, а також перегріву двигуна.

ПРИМІТКА.

У скалярному режимі V/f параметр P0178 дає змогу регулювати напругу інвертора на виході після визначення кривої V/f. Це може бути корисним в умовах застосування, де потрібна компенсація вихідної напруги або ослаблення поля. У режимі управління VVW характеристики параметра P0178 змінюють і визначають лише номінальний потік, пов'язаний з інтенсивністю магнітного потоку індукції, що подається на двигун.

Ці параметри дозволяють налаштувати криву V/f перетворювача разом із її впорядкованими парами P0142, P0143 та P0144.

Криву V/f можна налаштовувати в тих випадках, коли номінальна напруга двигуна менша, ніж напруга блоку живлення, наприклад, в блоці живлення 440 з двигуном 380 В.

Налаштування кривої V/f необхідне, якщо у двигуна частота відрізняється від 50 Гц або 60 Гц, або коли необхідно квадратичне наближення для економії енергії при роботі з відцентровими насосами і вентиляторами. Крім того, це може знадобитися у спеціальних варіантах застосування, наприклад коли між перетворювачем і двигуном використовується трансформатор або перетворювач використовується як блок живлення.

Послідовність встановлення, перевірки, підключення живлення та запуску.

1. Встановіть перетворювач відповідно до розділу 3 «Встановлення та підключення» посібника користувача, підключаючи всі силові та керуючі з'єднання.

2. Підготуйте та увімкніть перетворювач відповідно до розділу 3.2 «Встановлення електричної частини» посібника користувача CFW500.

3. Завантажте заводські налаштування за промовчанням $P0204 = 5$ (60 Гц) або $P0204 = 6$ (50 Гц) відповідно до номінальної входної частоти (джерело живлення) використовуваного перетворювача.

4. Для встановлення кривої V/f , відмінної від кривої за замовчуванням, встановіть криву V/f за допомогою параметрів $P0136$ — $P0147$.

5. Встановлення спеціальних параметрів та функцій для програми: програмування цифрових та аналогових входів та виходів, клавіш ЧМІ тощо відповідно до вимог програми.

3.3 Векторне керування

Режим керування вектором VVW (Вектор напруги WEG) використовує метод керування з більш високими характеристиками, ніж керування V/f через оцінку крутного моменту навантаження та управління магнітним потоком у повітряному зазорі згідно з схемою рисунок 3.9. Відповідно до даної стратегії управління, підвищення якості управління оцінюються втрати, ефективність, номінальне прослизання і коефіцієнт потужності двигуна.

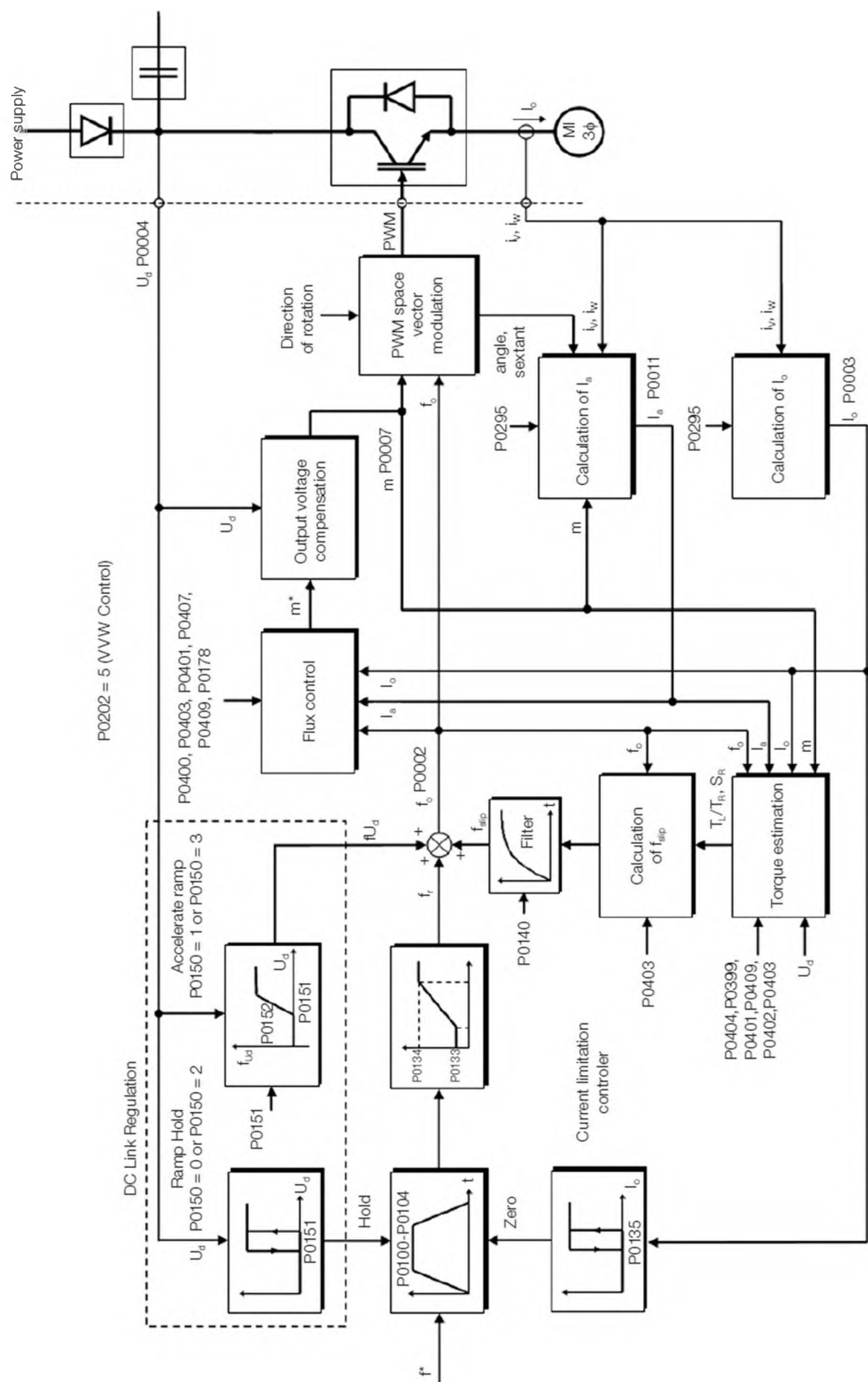


Рисунок 3.9 – Блок схема векторного керування

Основною перевагою порівняно з режимом V/f є найкраще регулювання швидкості з більш високим моментом, що крутить, на низьких швидкостях (частота нижче 5 Гц), що забезпечує значне поліпшення продуктивності перетворювача в довготривалих режимах роботи.

Крім того, управління VVW налаштовується швидко і легко та підходить для більшості застосувань із середніми характеристиками при керуванні трифазним асинхронним двигуном.

Лише вимірюючи вихідний струм, управління VVW постійно отримує дані про частоту обертання і прослизання двигуна. Таким чином, VVW запускає компенсацію вихідної напруги та прослизання. Отже, дія контролера VVW замінює класичні функції V/f P0137 і P0138, але використовує більш складну і точну модель розрахунку, враховуючи різні умови навантаження і робочі точки застосування.

Для забезпечення точного регулювання швидкості при тривалій роботі з належним використанням керування VVW важливі налаштування параметрів у діапазоні P0399 - P0407 та опір статора P0409. Ці параметри можна прочитати на паспортній табличці двигуна та у програмі самоналаштування, що активується за допомогою P0408.

На противагу скалярному управлінню V/f управління VVW вимагає для правильного функціонування введення даних з паспортної таблички двигуна та самоналаштування. Крім того, рекомендується, щоб двигун, що приводиться в рух, відповідав перетворювачу, тобто, потужності двигуна і перетворювача були максимально близькими.

Процес налаштування керування VVW спрощується за допомогою меню ЧМІ STARTUP (ЗАПУСК), у якому відповідні параметри конфігурації VVW вибрані для перегляду ЧМІ.

Нижче наведено параметри для налаштування векторного керування VVW. Ці дані можна легко знайти на стандартних паспортних табличках двигуна. Однак, на старих двигунах або двигунах інших виробників дані можуть бути доступні не відразу. У разі рекомендується спочатку звернутися до виробника двигуна, виміряти чи обчислити необхідний параметр. Як останній варіант користувач

завжди може звернутися до рис. 3.9 та використовувати еквівалентний або приблизний стандартний параметр двигуна WEG.

Послідовність встановлення, перевірки, підключення живлення та запуску.

1. Встановіть перетворювач відповідно до розділу 3 «Встановлення та підключення» посібника користувача, підключивши всі силові та керуючі з'єднання.

2. Підготуйте та увімкніть перетворювач відповідно до «Встановлення електричної частини» посібника користувача.

3. Завантажте заводське значення за промовчанням для P0204 відповідно до номінальної частоти двигуна (встановіть $P0204 = 5$ для двигунів із частотою 60 Гц і $P0204 = 6$ для двигунів із частотою 50 Гц).

4. Запрограмуйте цифрові та аналогові входи та виходи, клавіші ЧМІ тощо відповідно до вимог програми.

5. Активація управління VVW: встановіть $P0202 = 5$; потім меню STARTUP (ЗАПУСК) перейде до відповідних параметрів для налаштування VVW.

6. Налаштування параметрів керування VVW: перейдіть в меню STARTUP (ЗАПУСК), встановіть параметри P0399, P0400, P0401, P0402, P0403, P0404 та P0407 згідно з даними на паспортній табличці двигуна. Якщо деякі дані відсутні, вставте приблизне обчислене значення або схоже на стандартний двигун WEG.

7. Самоналаштування управління VVW Самоналаштування включається установкою $P0408 = 1$. У цьому процесі перетворювач подає постійний струм у двигун для вимірювання опору статора, тоді як на шкальному індикаторі ЧМІ відображається хід виконання самоналаштування. Процес самоналаштування може бути перервано у будь-який час натисканням клавіші «0».

8. Завершення самоналаштування. Наприкінці самоналаштування ЧМІ повертається в меню, в рядку знову відображається параметр, встановлений для P0207, і виміряний опір статора, збережений в P0409. В іншому випадку, при виникненні помилки в процесі самоналаштування, перетворювач відображає помилку. Найбільш поширеною помилкою в даному випадку є F0033, яка вказує на наявність помилки у певному опорі статора.

3.4 Обмін даними

Для обміну інформацією через мережу даних CFW500 має кілька стандартизованих протоколів обміну даними, таких як Modbus, CANopen і DeviceNet.

Щоб отримати додаткові відомості про налаштування перетворювача для роботи з цими протоколами, див. посібник з обміну даними у необхідній мережі для CFW500. Нижче наведено параметри, пов'язані з мережами передачі даних.

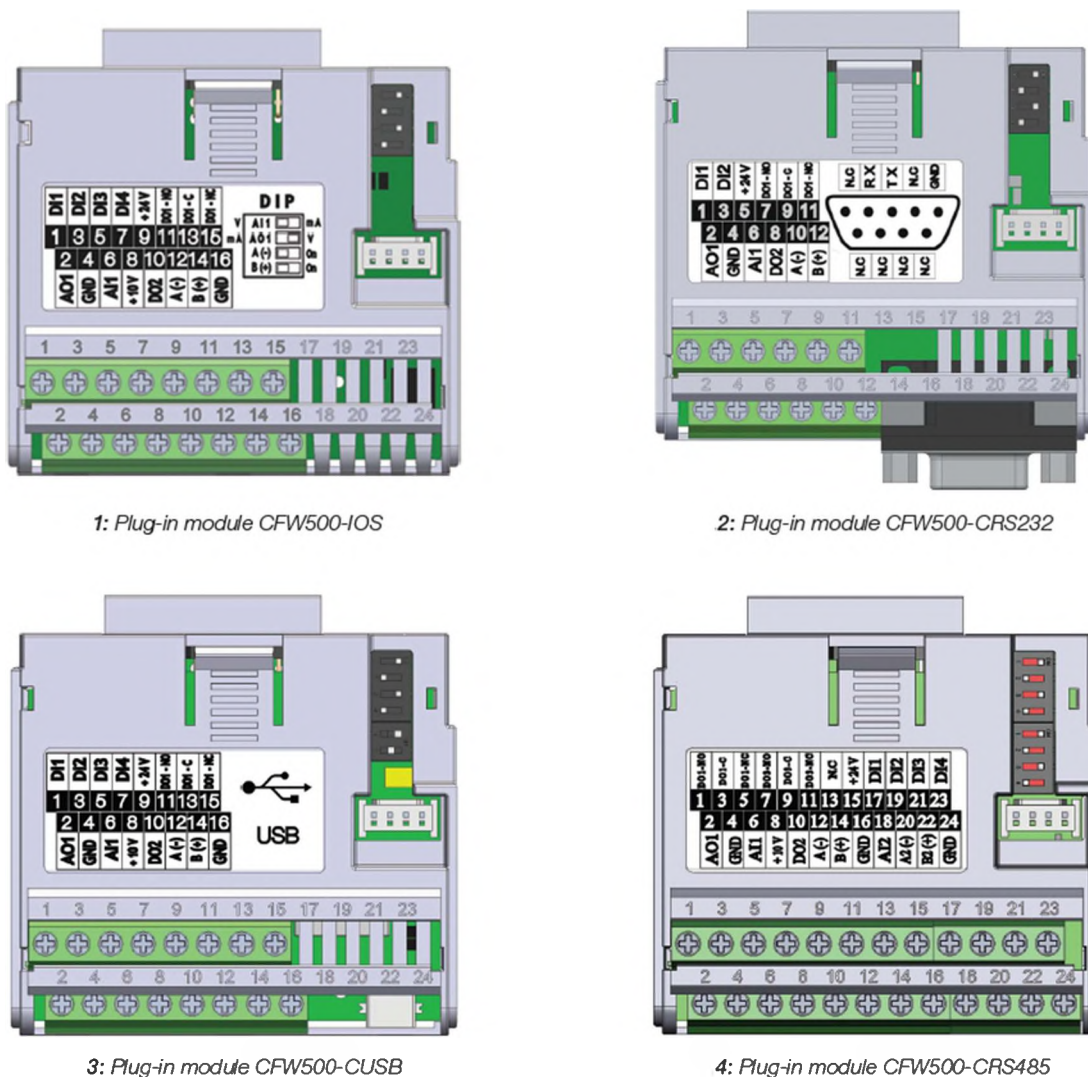


Рисунок 3.10 – Модулі ПЧ

Залежно від встановленого модуля, що підключається, CFW500 може мати до двох одночасно працюючих послідовних інтерфейсів. Незважаючи на це, лише один із них може бути джерелом для команд чи уставок. Другий інтерфейс обов'я-

зково неактивний чи дистанційно керується ЛМІ згідно з налаштуваннями параметра P0312.

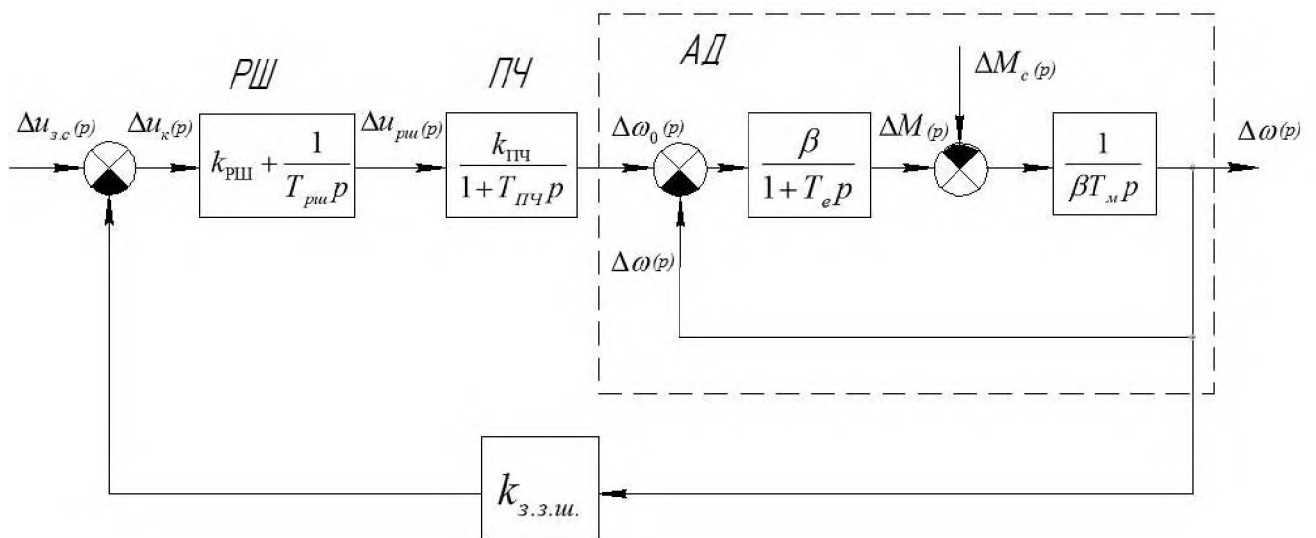
Один з цих інтерфейсів, що визначається як «Послідовний (1)», є стандартним інтерфейсом CFW500 і представлений у більшості модулів, що підключаються через контакти стандартного порту RS-485. З іншого боку, інтерфейс «Послідовний (2)» присутній тільки в модулях CFW500-CUSB, CFW500-CRS232 і CFW500-CRS485, як показано на рисунку 3.10.

4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

4.1 Побудова структурної схеми автоматизованого електропривода

Для вирішення питань проектування асинхронного електропривода вертикально-сверлильного верстата і подальшого його дослідження обрана структурна схема з частотним перетворювачем та асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором. Стійкість і динамічні показники якості регулювання швидкості АД визначаються вибором параметрів пропорційної і інтегральної складових передавальних функцій регуляторів А5 і А3.

На рисунку 4.1. представлена структурна схема лінійаризованої системи, функціональна схема якої наведена на рисунку. 4.2, при роботі АД на ділянці механічної характеристики в межах значень абсолютного ковзання $s_a \leq s_k$.



Рисунк 4.1 – Структурна схема системи керування електропривода

У відповідності із структурною схемою асинхронного двигуна його результуюча передавальна функція $W_d(p)$

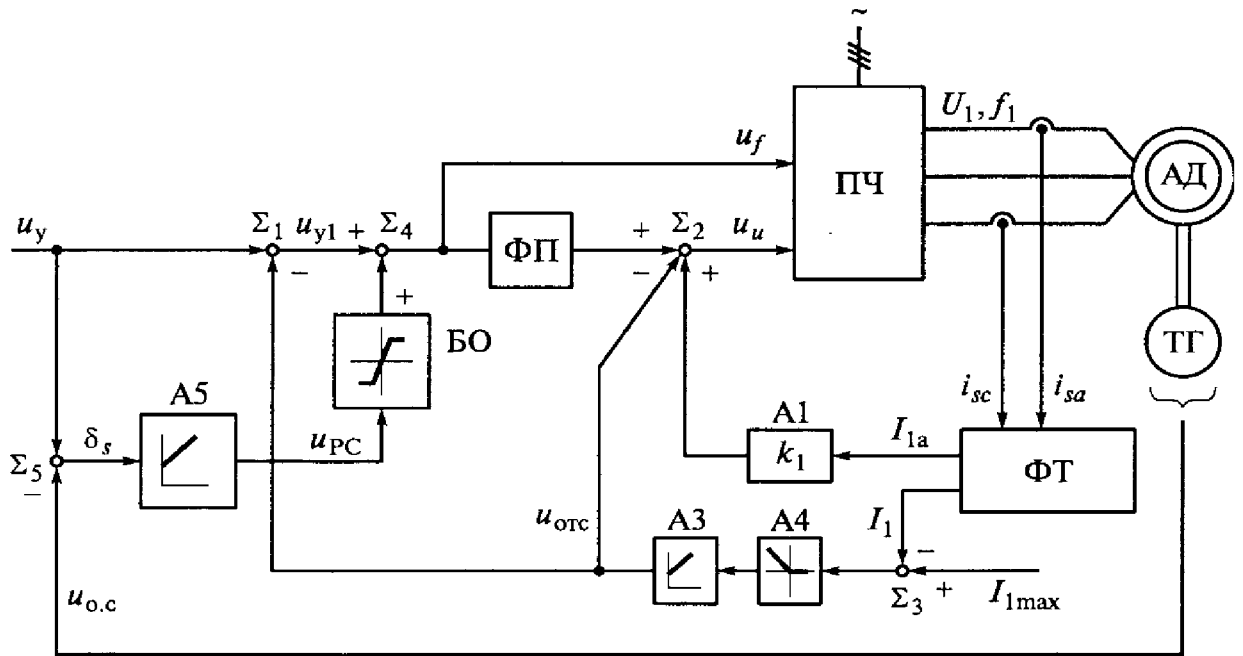
На схемі прийняті наступні позначення :

β - модуль жорсткості лінеаризовані механічної характеристики АД :

$$\beta = \frac{2M_{\kappa}}{(\omega_{\text{оном}} s_{\kappa})};$$

T_E - еквівалентна електромагнітна стала часу ланцюгів статора і ротора АД,

що визначається за формулою $T_E = \frac{1}{(\omega_{\text{о.ел.ном}} s_{\kappa})}$, де $\omega_{\text{о.ел.ном}}$ - кутова швидкість електромагнітного поля АД при його номінальній частоті живлення $f_{1\text{ном}} = 50 \text{ Гц} = (\omega_{\text{о.ел.ном}} = 2\pi f_{1\text{ном}} = 314 \text{ с}^{-1})$.



$$W_d(p) = \frac{1}{(T_e T_M p^2 + T_M p + 1)}.$$

При $T_M \geq 4T_E$ [3]

$$W_d(p) = \frac{1}{(T_{01} p + 1)(T_{02} p + 1)},$$

де

$$\frac{1}{T_{01}} = \frac{1}{2T_e} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_M}} \right), \quad (4.1)$$

$$\frac{1}{T_{02}} = \frac{1}{2T_e} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_m}} \right). \quad (4.2)$$

Віднесемо сталі T_{02} і $T_{ПЧ}$ до малих некомпенсованих сталих і за оцінку їхнього впливу приймемо $T_\mu = T_{02} + T_{ПЧ}$, тоді при налаштуванні електропривода на технічний оптимум стала інтегрування $T_{РШ}$ та коефіцієнт передачі пропорційної частини регулятора $k_{РШ}$ визначимо за формулами

$$T_{РШ} = k_{ДШ} k_{ПЧ} \alpha_\mu T_\mu, \quad (4.3)$$

$$k_{РШ} = \frac{T_{01}}{T_{РШ}}, \quad (4.4)$$

де $\alpha_\mu = 5$, корисно прийняти, щоб звести до мінімуму вплив електромагнітних сталих часу ланцюгів статора й ротора, не врахованих у визначенні T_μ .

Передавальна функція ПІ-регулятора швидкості $W_{РШ}(p)$

$$W_{РШ}(p) = k_{РШ} + \frac{1}{T_{РШ} p}.$$

Передавальна функція ланцюга зворотного зв'язку за швидкістю двигуна $W_{ДШ}(p)$

$$W_{ДШ}(p) = \frac{\Delta U_{ДШ}}{\Delta \omega} = k_{ДШ}.$$

При номінальному сигналі керування електроприводом, рівному $u_{ДШ} = 10$ В і відповідній йому номінальній швидкості АД

$$k_{\text{ДШ}} = \frac{U_{\text{ДШ}}}{\omega_{\text{H}}} . \quad (4.5)$$

Таблиця 4.1 – Основні параметри двигуна 3M0SA3E-09LA41AT0 [5].

Параметр	Значення
Номінальна потужність двигуна	$P_{\text{H}} = 1500 \text{ Вт}$
ККД	$\eta_{\text{H}} = 85,3$
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi_{\text{H}} = 0,75$
Відношення критичного моменту до номінального	$m_{\text{к}}=3,4$
Відношення пускового моменту до номінального	$M_{\text{п}}=3,7$
Відношення пускового струму	$K_i = 6,8$
Момент інерції двигуна	$J_{\text{ДВ}} = 0,042 \text{ кгм}^2$
Номінальна частота обертання	$n_{\text{H}} = 1435 \text{ об/хв}$
Номінальний струм	$I_{\text{H}} = 3,39 \text{ А}$
Номінальна частота мережі	$f_{\text{H}}=50$
Кількість пар полюсів	$p=2$

Номінальна кутова швидкість АД, ω_{H} , с^{-1} ,

$$\omega_{\text{H}} = \frac{\pi n_{\text{H}}}{30}$$

$$\omega_{\text{H}} = \frac{3,14 \cdot 1435}{30} = 150,273$$

Номінальний момент обертання електродвигуна

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H}$$

$$M_H = \frac{1500}{150,273} = 21,67$$

Критичний момент обертання електродвигуна M_K , Н·м,

$$M_K = m_K \cdot M_H$$

$$M_K = 3,4 \cdot 9,982 = 33,939$$

$$k_M = \frac{M_H}{I_H}$$

$$k_M = \frac{9,982}{3,39} = 2,945$$

Синхронна кутова швидкість ω_c , c^{-1} ,

$$\omega_c = \frac{2 \cdot \pi f_{\text{мер}}}{p_n},$$

$$\omega_c = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{2} = 157,08.$$

Синхронна частота обертання

$$n_c = \frac{30 \cdot \omega_c}{\pi}$$

$$n_c = \frac{30 \cdot 157,08}{3,14} = 1500$$

Номінальне ковзання s_H

$$s_H = \frac{n_c - n_H}{n_c}$$

$$s_H = \frac{1500 - 1435}{1500} = 0,043333$$

Критичне ковзання s_K

$$s_K = s_H \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right)$$

$$s_K = 0,043333 \cdot \left(3,4 + \sqrt{3,4^2 - 1} \right) = 0,28815$$

Модуль жорсткості лінеаризованої механічної характеристики β , Н·м·с,

$$\beta = \frac{2M_K}{\omega_0 \cdot s_K}$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 33,939}{157,08 \cdot 0,28815} = 1,5$$

Кутова швидкість обертання магнітного поля АД при його номінальній частоті живлення $\omega_{0\text{ел.ном}}$, с^{-1} ,

$$\omega_{0\text{ел.ном}} = 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{мер}}$$

$$\omega_{0\text{ел.ном}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314,159$$

Еквівалентна електромагнітна стала часу ланцюгів статора й ротора АД T_e ,
с,

$$T_e = \frac{1}{\omega_{0\text{ел.ном}} \cdot S_K}$$

$$T_e = \frac{1}{314,159 \cdot 0,28815} = 0,011$$

Пусковий момент

$$M_{\Pi} = m_{\Pi} \cdot M_H$$

$$M_{\Pi} = 3,7 \cdot 9,982 = 36,933$$

Момент інерції механізму

$$J_{\text{мех}} = 10 \cdot J_{\text{дв}}$$

$$J_{\text{мех}} = 10 \cdot 0,10 = 0,4$$

Електромеханічна стала часу T_m , с,

$$T_m = \frac{J_{\text{мех}}}{\beta}$$

$$T_m = \frac{0,4}{1,5} = 0,26667$$

Знаходимо коефіцієнт зворотного зв'язку k_{33}

$$k_{33} = \frac{U_{33}}{\omega_{33}}$$

$$k_{33} = \frac{10}{150,273} = 0,067$$

Передатний коефіцієнт перетворювача $k_{\text{ПЧ}}$, 1/В·с,

$$k_{\text{ПЧ}} = \frac{\omega_c}{U_{\text{ДШ}}}$$

$$k_{\text{ПЧ}} = \frac{157,08}{10} = 15,708$$

$$T_{\text{к}} = \frac{1}{4000} = 0,00025$$

Числове значення сталої часу перетворювача частоти

$$T_{\text{ПР}}=0,001$$

$$T_{\text{ПЧ}} = T_{\text{ПР}} + T_{\text{к}}$$

$$T_{\text{ПЧ}} = 0,001 + 0,00025 = 0,00125$$

4.2 Синтез регуляторів

Стала часу ланцюга ротора T_{02} ,

$$T_{02} = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot T_e} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot T_e}{T_{\text{м}}}} \right)}$$

$$T_{02} = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot 0,011} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,011}{0,26667}} \right)} = 0,2552$$

Некомпенсована мала стала часу контуру швидкості T_μ , с,

$$T_\mu = T_{02} + T_{ПЧ}$$

$$T_\mu = 0,00125 + 0,2552 = 0,25645$$

Стала часу ланцюга статора T_{01}

$$T_{01} = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot T_e} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4 \cdot T_e}{T_M}} \right)}$$

$$T_{01} = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot 0,011} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 0,011}{0,26667}} \right)} = 0,0115$$

$$\alpha_\mu = 5$$

Знайдемо сталу інтегрування регулятора швидкості $T_{РШ}$, с,

$$T_{РШ} = k_{зз} \cdot k_{ПЧ} \cdot \alpha_\mu \cdot T_\mu$$

$$T_{РШ} = 0,067 \cdot 15,708 \cdot 5 \cdot 0,25645 = 1,35$$

Коефіцієнт передачі пропорційної частини регулятора $k_{РШ}$, с,

$$k_{PII} = \frac{T_{01}}{T_{PII}}$$

$$k_{PII} = \frac{0,0115}{1,35} = 0,0085$$

4.3 Побудова моделі та аналіз якості керування електропривода в MATLAB

На базі структурної схеми[3] (рисунок 4.1) за допомогою програми MATLAB виконано побудову моделі автоматизованого електропривода, яка показана на рисунку 4.3.

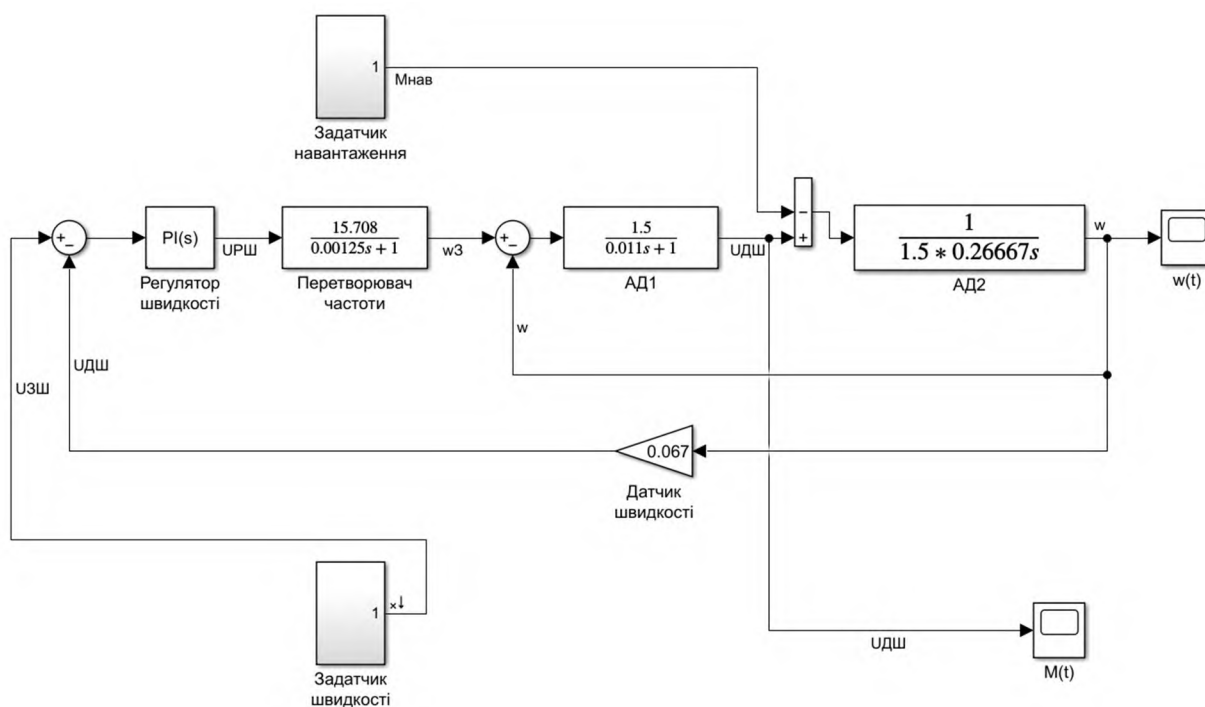


Рисунок 4.3 – Модель автоматизованого електропривода в MATLAB.

У результаті моделювання були отримані перехідні характеристики автоматизованого електропривода, які представлені на рисунку 4.4 та 4.5.

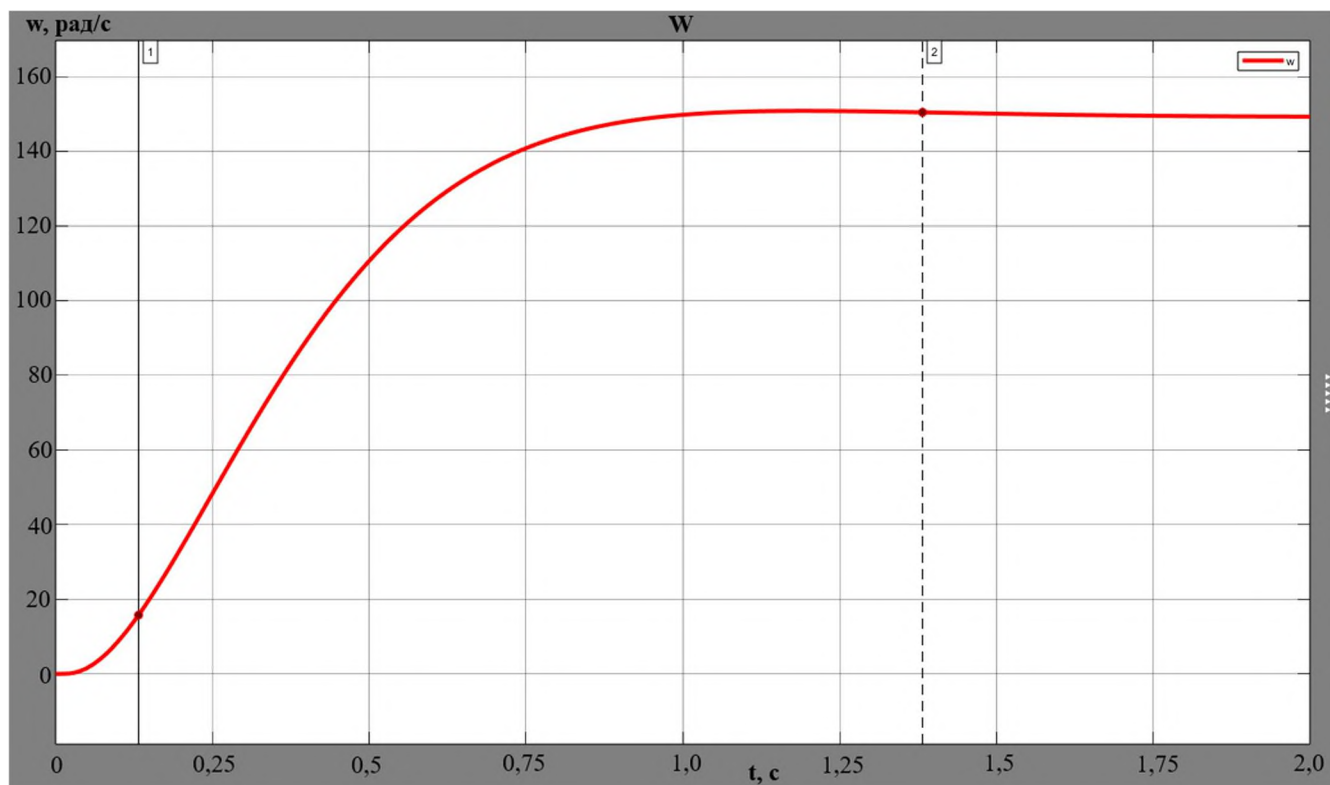


Рисунок 4.4 – Перехідна характеристика кутової швидкості електродвигуна

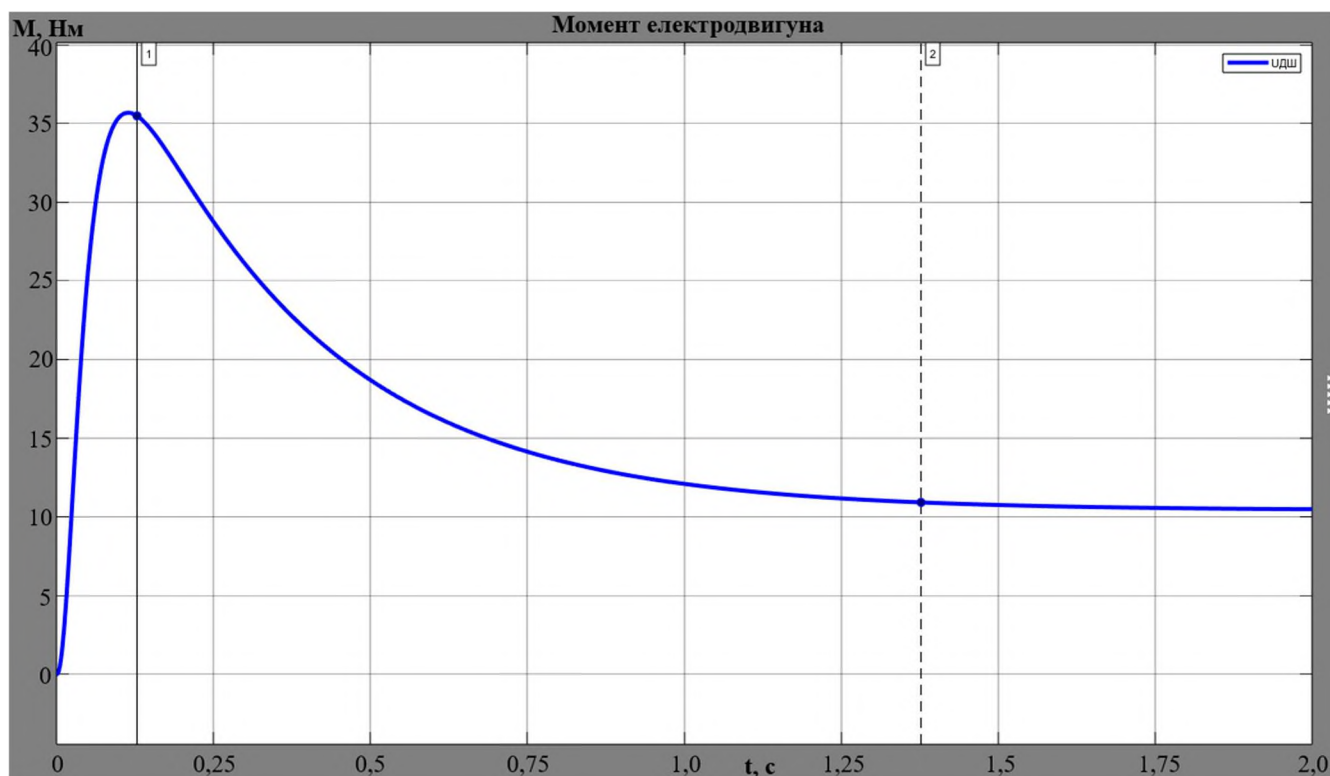


Рисунок 4.5 – Момент електродвигуна

Для оцінки якості керування за рисунком 4.3 визначимо наступні показники якості:

- час перехідного процесу $t_{\text{пп}} = 1.36$ с;
- перерегулювання $\sigma = 0\%$.

Отже, отримані данні задовольняють вимоги кваліфікаційної роботи.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, направлених на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Задачі охорони праці - звести до мінімуму вірогідність ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Охорона праці включає:

- виробничу санітарію — систему організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають або зменшуючих дію на працюючих шкідливих виробничих чинників;
- техніку безпеки - система організаційних заходів і технічних засобів, запобігаючих або зменшуючих дію на працюючих небезпечних виробничих чинників;
- пожежо - і вибухобезпечність - система організаційних заходів і технічних засобів, направлених на профілактику і ліквідацію пожеж і вибухів, обмеження їх наслідків;
- законодавство по охороні праці.

5.1. Загальні вимоги до охорони праці в машинобудуванні

Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю певних небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Небезпечним виробничим чинником називається такий виробничий чинник, дія якого на працюючого в певних умовах призводить до травми або до іншого раптового різкого погіршення здоров'я.

Шкідливим виробничим чинником називається такий виробничий чинник, дія якого на працюючого в певних умовах приводить до захворювання або зниження працездатності.

Між небезпечним і шкідливим чинником часто не можна провести чіткої межі. Один і той же чинник може привести до нещасного випадку.

До небезпечних і шкідливих виробничих чинників, характерних для установки асинхронного приводу, відносяться:

- небезпека ураження електричним струмом;
- небезпека виникнення пожежі;
- дія шуму на організм людини.

До основних причин ураження електричним струмом відносяться такі, як випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою; поява напруги на конструктивних металевих частинах устаткування (корпусі, кожусі) в результаті пошкодження ізоляції і інших причин; поява напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, в результаті помилкового включення установки; виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання дроту на землю.

Небезпека ураження, оцінюється величиною струму, що проходить через тіло людини, або ж напругою дотику, залежить від ряду чинників: схеми включення людини в ланцюг, напруга мережі, схеми самого ланцюга, режиму її нейтралі, ступені ізоляції струмоведучих частин від землі, також від величини місткості струмоведучих частин і т.д.

Проходячи через організм електричний струм проводить термічну, електролітичну і біологічну дію.

Термічна дія виражається в опіках окремих ділянок тіла нагріві кровоносних судин і т.п.

Електролітична дія виражається в розкладанні крові і інших органічних рідин, що викликає значні порушення їх фізико-хімічних складів.

Біологічна дія є особливим специфічним процесом, властивим лише живій тканині. Воно виражається в подразненні і збудженні живих тканин організму, що супроводжується мимовільними судорожними скороченнями м'язів, у тому числі м'язів серця і легенів. В результаті можуть виникнути різні порушення в організмі, у тому числі порушення і навіть повне припинення діяльності органів дихання і кровообігу. Подразнююча дія струму на тканини організму може бути прямою, коли струм проходить безпосередньо по цих тканинах і рефлекторним, тобто через центральну нервову систему, коли шлях струму лежить зовні цих тканин.

Результат дії електричного струму залежить від ряду чинників, у тому числі від електричного опору тіла людини, величини і тривалості протікання через нього струму, роду і частоти струму і індивідуальних властивостей людини.

Величина струму, що протікає через тіло людини, є головним чинником, від якого залежить результат ураження: чим більше струм, тим небезпечніша його дія. Людина починає відчувати протікаючий через нього струм промислової частоти (50 Гц) щодо малого значення: 0,6 — 1,5 мА. Цей струм називається пороговим відчутним струмом.

Тривалість протікання струму через тіло людини впливає на результат ураження унаслідок того, що з часом різко зростає струм за рахунок зменшення опору тіла і нагромаджуються негативні наслідки дії струму на організм.

Основними заходами захисту від ураження струмом для установки з асинхронним приводом є забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику; захисне розділення мережі; усунення небезпеки ураження при появі напруги на корпусі, кожусі і інших частинах установки, що досягається застосуванням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням і др.; вживання захисних засобів; організація безпечної експлуатації установки. В процесі експлуатації установки з асинхронним приводом нерідко виникають умови, при яких навіть найдосконаліше їх виконання не забезпечує безпеки працюючого і потрібне застосування спеціальних захисних засобів - переносних приладів і пристосувань.

До захисних засобів відносяться:

- ізолюючі захисні засоби: діелектричні гумові рукавички, інструмент з ізольованими рукоятками, струмошукачі, діелектричні галоші, килимки, ізолюючі підставки;
- огорожуючі захисні засоби: щити, галоші, килимки, ізолюючі накладки, тимчасові захисні заземлення;
- оберігаючі захисні засоби: захисні окуляри спеціальні рукавиці.

Пожежі на промислових підприємствах представляють велику небезпеку для працюючих і можуть заподіяти величезний матеріальний збиток. Пожежа від установки з асинхронним приводом може відбутися в результаті прояву теплової і іскрової дії електричного струму в умовах, сприятливих для запалювання горючих матеріалів електроустановки, до яких відносяться тверді і рідкі ізоляційні матеріали. Основними причинами пожеж в електроустановках є перевантаження дротів, коротке замикання, великі перехідні опори в електричних мережах, електрична дуга або іскріння. До заходів попередження виникнення пожеж відносяться вживання плавких запобіжників, автоматичних вимикачів, що здійснюють захисне відключення, а також правильний монтаж мереж, машин і апаратів відповідно до вимог правил пристрою електроустановок.

Шум надає на людину шкідливу фізіологічну дію, яка полягає не тільки в пошкодженні слухового апарату, але і в негативному впливі на нервову систему, викликаючи уповільнення психологічних реакцій. Під впливом виробничого шуму виникають різні професійні захворювання: порушується ритм серцевої діяльності, змінюється кров'яний тиск, погіршується діяльність органів дихання. Спостерігається також ослаблення пам'яті, уваги, гостроти зору. Таким чином, шум може бути причиною травматизму.

Під впливом шуму значно знижується продуктивність праці, причому знижується тим більше, чим складніше трудовий процес і чим більше в ньому елементів розумової праці.

Для зниження шуму в установці з асинхронним приводом можуть бути застосовані наступні методи:

- зменшення шуму в джерелі шляхом вдосконалення технологічних процесів і устаткування;
- зміна спрямованості випромінювання;
- раціональне планування цеху;
- акустична обробка приміщення при вживанні звукопоглинальних матеріалів;
- зменшення шуму на шляху його розповсюдження, використовуючи звукоізоляційні матеріали.

5.2 Розрахунок захисного заземлення установки з приводом змінного струму

Захисним заземленням називається навмисне з'єднання нетоковедущих частин, які можуть опинитися під напругою, із заземляючим пристроєм.

Корпуси електричних машин, джерел живлення, електричні апарати і інші частини, виконані з струмопровідних матеріалів, можуть опинитися під напругою при замиканні їх струмоведучих частин на корпус. Якщо корпус при цьому не має контакту із землею, дотик до нього так само небезпечне, як і дотик до фази. Якщо ж корпус заземлений, він опиниться під напругою

$$U_z = I_z R_z$$

де I_z - струм замикання на землю;

R_z - опір що заземляє пристрої.

Людина, що стосується цього корпусу, потрапляє під напругу зіткнення:

$$U_{пр} = U_z \cdot \square_1 \cdot \square_2$$

де $\square_1$ - коефіцієнт напруги зіткнення;

α_2 - коефіцієнт, що враховує падіння напруги в додатковому опорі ланцюга людини.

Струм через людину рівний

$$I = I_3 \cdot \frac{R_3}{R} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2$$

звідки видно, що чим менше R_3 і α_1 , тим менше струм проходить через людину, що стоїть на землі і стосується корпусу устаткування, яке знаходиться під напругою.

Розрахунок захисного заземлення має на меті визначити основні параметри заземлення: число, розміри і розміщення одиночних заземлювачів і що заземляють провідників, при яких напруга дотику і кроку в період замикання фази на заземлений корпус не перевищує допустимих значень. При цьому розрахунок проводиться звично для випадків розміщення заземлювача в однорідній землі (спосіб коефіцієнтів використання).

Найбільший допустимий опір що заземляє пристрої для електричних установок напругою до 1000 В у будь-який час року не повинно перевищувати 4 Ом.

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням кліматичного коефіцієнта:

де $\rho_{уд}$ - питомий опір для ґрунту (для глини $\rho_{уд}=60$ Ом);

ϕ - кліматичний коефіцієнт ($\phi = 1,4$).

Опір одиночного вертикального трубчастого заземлення визначається по формулі:

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \left[\ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4H + L}{4H - L} \right],$$

де H, L, D - розміри заземлювача.

Як вертикальні електроди використовуємо сталеві труби з розмірами (рисунок 5.1): $d = 0,03$ м; $L = 3,5$ м; $H_0 = 0,8$ м; $H = 2,3$ м.

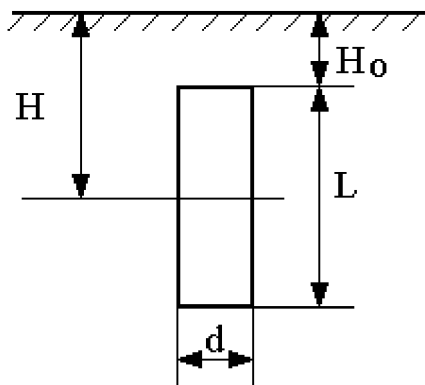


Рисунок - 5.1. – Трубчатий заземлювач в ґрунті.

Опір розтікання струму одиночного стрижня:

$$R = \frac{84}{2\pi \cdot 2,5} \cdot \left[\text{Ln} \frac{2 \cdot 2,5}{0,03} + \frac{1}{2} \cdot \text{Ln} \frac{4 \cdot 2,3 + 2,5}{4 \cdot 2,3 - 2,5} \right] = 28,7 \text{ Ом.}$$

Попередня кількість вертикальних заземлювачів:

$$n' = R_{\text{ст.од.}} / R_{\text{доп}} = 28,7 / 4 \approx 8 \text{ стрижнів.}$$

Вибираємо відстань між вертикальними заземлювачам: $a = 2,5$ м.

По таблиці [11] приймаємо коефіцієнт використання вертикальних стрижнів $\eta_{\text{ст}} = 0,6$. З урахуванням цього уточнене число вертикальних заземлювачам:

$$n = n' / \eta_{\text{ст}} = 8 / 0,6 \approx 14 \text{ стрижнів.}$$

Визначаємо довжину смуги, що сполучає вертикальні заземлювачам:

$$L = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 2,5 \cdot 14 = 36,8 \text{ м.}$$

Опір розтікання струму смуги магістралі (рисунок 5.2):

$$R_n = 0,159 \cdot \frac{\rho}{L} \cdot \text{Ln} \frac{2L^2}{b \cdot h},$$

де b - ширина смуги ($b = 0,03$ м);

h - глибина смуги заземлення ($h = 0,85$ м);

L - довга смуги;

R - питомий опір.

$$R_n = 0,159 \cdot \frac{84}{36,8} \cdot \ln \frac{2 \cdot 36,8^2}{0,03 \cdot 0,85} = 4,2 \text{ Ом.}$$

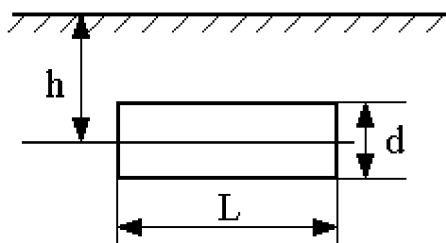


Рисунок - 5.2. – Смуга в гранті

Опір розтікання струму всього пристрою:

$$R_3 = \frac{1}{\frac{\eta_2}{R_n} + \frac{n \cdot \eta_1}{R_{ст.од}}} = \frac{1}{\frac{0,48}{4,2} + 14 \cdot \frac{0,6}{28,7}} = 2,45 \text{ Ом}$$

де η_1 - коефіцієнт використання заземлювача ($\eta_1 = 0,6$);

η_2 - коефіцієнт використання сполучної смуги [11] ($\eta_2 = 0,48$).

Оскільки одержаний опір $R_3 = 2,45$ Ом менше допустимого $R_{доп} = 4$ Ом, то заземлювач забезпечує якісне заземлення корпусу електродвигуна.

5.3 Розробка заходів по забезпеченню безпечної експлуатації електроустановки з приводом змінного струму

Досвід показує, що для забезпечення безпечної, безаварійної і високопродуктивної роботи електроустановок необхідно разом з досконалим виконанням їх і

оснащенням захисними засобами так організувати їх експлуатацію, щоб виключити всяку можливість помилок з боку обслуговуючого персоналу.

Основою організації безпечної експлуатації електроустановок є висока технічна письменність і свідома дисципліна обслуговуючого персоналу, який зобов'язаний строго дотримувати організаційні і технічні заходи, а також прийоми і черговість виконання експлуатаційних операцій відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

Особи, обслуговуючі електроустановки, не повинні мати каліцтв і хвороб, що заважають виробничій роботі. Для персоналу бере безпосередню участь в оперативних перемиканнях і ремонтних роботах в електроустановках, стан здоров'я встановлюється медичним оглядом при прийнятті на роботу, а потім періодично один раз в два роки.

Кожний працівник до призначення його на самостійну роботу по обслуговуванню електроустановок або при переведенні на іншу ділянку роботи зобов'язаний пройти навчання безпечним методам роботи на робочому місці і перевірку знань. Одночасно він зобов'язаний вивчити правила техніки безпеки, правила надання першої допомоги. Кожний працівник до призначення його на самостійну роботу по обслуговуванню електроустановок або при переведенні на іншу ділянку роботи зобов'язаний пройти навчання безпечним методам роботи на робочому місці і перевірку і т.п. в об'ємі, відповідному вимогам його робочого місця. Перевірка знань Правил техніки безпеки проводиться кваліфікованою комісією після навчання на робочому місці.

Всі роботи по експлуатації діючої установки проводяться при обов'язковому дотриманні наступних умов:

- на роботу повинен бути видано дозвіл уповноваженою на це особою;
 - робота повинна проводитися, як правило, не менше ніж двома особами;
- повинні бути виконані організаційні і технологічні заходи, що забезпечують безпеку персоналу.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі магістра було модернізовано систему керування електропривода універсального вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н118-1.

В роботі було замінено застарілу релейно-контакторну систему керування на сучасний частотний перетворювач із скалярним керуванням. В ході роботи було розв'язано наступні завдання:

- розглянуто компонування, технічні характеристики та електрообладнання свердлильного верстата;
- складено функціональну схему системи керування електропривода головного руху. Обґрунтовано вибір елементів системи керування електропривода;
- побудовано структурну схему системи керування електропривода свердлильного верстата та виконано розрахунок параметрів її елементів;
- проведено моделювання системи керування електропривода головного руху верстата в *MATLAB* та дослідити вплив параметрів регуляторів на якість керування.

Для оцінки якості керування було визначено наступні показники якості:

- час перехідного процесу $t_{\text{пн}} = 1.36$ с;
- перерегулювання $\sigma = 0\%$.

Отже, отримані данні задовольняють вимоги кваліфікаційної роботи.

Також в роботі було розглянуто питання охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Станок вертикально-сверлильный 2Н118-1.00.000 РЭ. Руководство, 1985.
2. Бірта Г. О. Методологія і організація наукових досліджень. навч. посіб. / Г. О. Бірта, Ю. Г. Бургу – К. : «Центр учбової літератури», 2014. – 142 с.
3. Частотний регулювальник швидкості серії CDI-E. Інструкція з експлуатації, Hangzhou Delixi Group Co., Ltd., 2015. – 269 с.
4. Терехов В.М. Системы управления электроприводов : [учебник для студ. высш. учеб. заведений] / В.М. Терехов, О.И. Осипов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.
5. Башарін А.В., Новіков В.А., Соколовський Г.Г. Керування електроприводами: Навчальний посібник для вузів. – Л.: Енерговидав. Ленінгр. відділення, 1982. – 392 с.
6. Герман-Галкин С.Г., Кардонов Г.А. Электрические машины: Лабораторные работы на ПК. - СПб.: КОРОНА принт. 2003. - 256 с.
7. Закон України "Про охорону праці" № 5459-VI (5459-17) від 16.10.2012.
8. Березуцький В. В. Основи охорони праці: Навч. посіб. / В. В. Березуцький, Т. С. Бондаренко, Г. Г. Валенко та ін.; За заг. ред. В. В. Березуцького. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Х.: Факт, 2007. – 480 с.

ДОДАТОК А
Мультимедійна презентація

Міністерство освіти і науки України Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий
інститут автоматички та електротехніки

Кваліфікаційна робота магістра

на тему:

**«Модернізація системи керування універсального
вертикально-свердильного верстата»**

Виконав: студент VI курсу
Правник А.П.
Керівник: к.т.н., доцент
Бугрім Л.І.

Миколаїв 2024

Рисунок А.1 – Слайд 1 мультимедійної презентації

- **Актуальність теми.** Розвиток верстатобудування визначає рівень всього машинобудівного виробництва, оскільки металорізальні верстати при їх високій продуктивності, точності та універсальності є основним видом технологічного обладнання для розмірної обробки деталей.
- Свердлильні верстати складають значну частку в загальному обсязі металорізального обладнання. На свердлильних верстатах виконують досить широке коло робіт, що забезпечується різноманітністю конструкцій і кінематики верстатів, а також інструменту. Типи і моделі фрезерних верстатів відрізняються призначенням, конструкцією, кінематикою, розмірами, рівнем автоматизації і ступенем точності.

- **Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є заміна застарілої релейно-контакторної системи керування на сучасний частотний перетворювач із скалярним керуванням. Щоб досягти поставленої мети, слід розв'язати наступні завдання:
 - - розглянути компонування, технічні характеристики та електрообладнання універсального вертикально-свердильного верстата;
 - - скласти функціональну схему системи керування електропривода свердильного верстата. Обґрунтувати вибір елементів системи керування електропривода;
 - - побудувати структурну схему системи керування електропривода верстата та виконати розрахунок параметрів її елементів;
 - - провести моделювання системи керування електропривода головного руху верстата в *MATLAB* та дослідити вплив параметрів регуляторів на якість керування.

Рисунок А.1 – Слайд 3 мультимедійної презентації

- **Об’єкт дослідження.** Перехідні процеси в електроприводі вертикально -свердильного верстата моделі 2Н118-1 на основі асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором.
- **Предмет дослідження.** Параметри регуляторів системи керування електропривода верстата, які впливають на якість керування.
- **Методи дослідження.** Заміна застарілої системи керування на основі релейно-контакторної схеми на сучасний частотний перетворювач. Теоретичні дослідження виконані із залученням сучасної теорії електропривода, методів теорії автоматичного керування та комп’ютерного моделювання в *MATLAB*.

Загальний вигляд свердильного верстата



Рисунок А.1 – Слайд 5 мультимедійної презентації

Електрична схема верстата

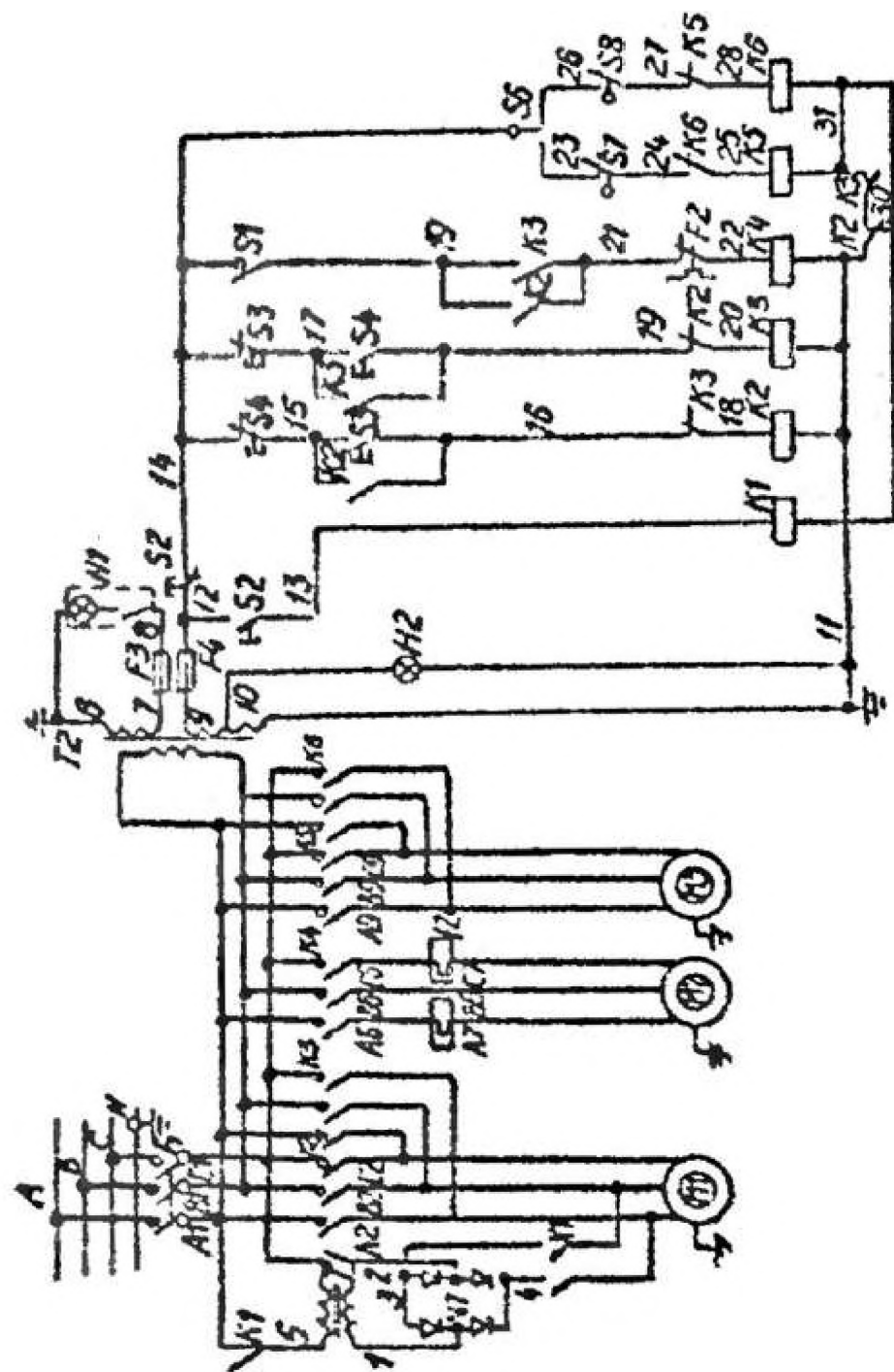


Рисунок А.1 – Слайд 6 мультимедійної презентації

Силовая схема подключения частотного перетворювача

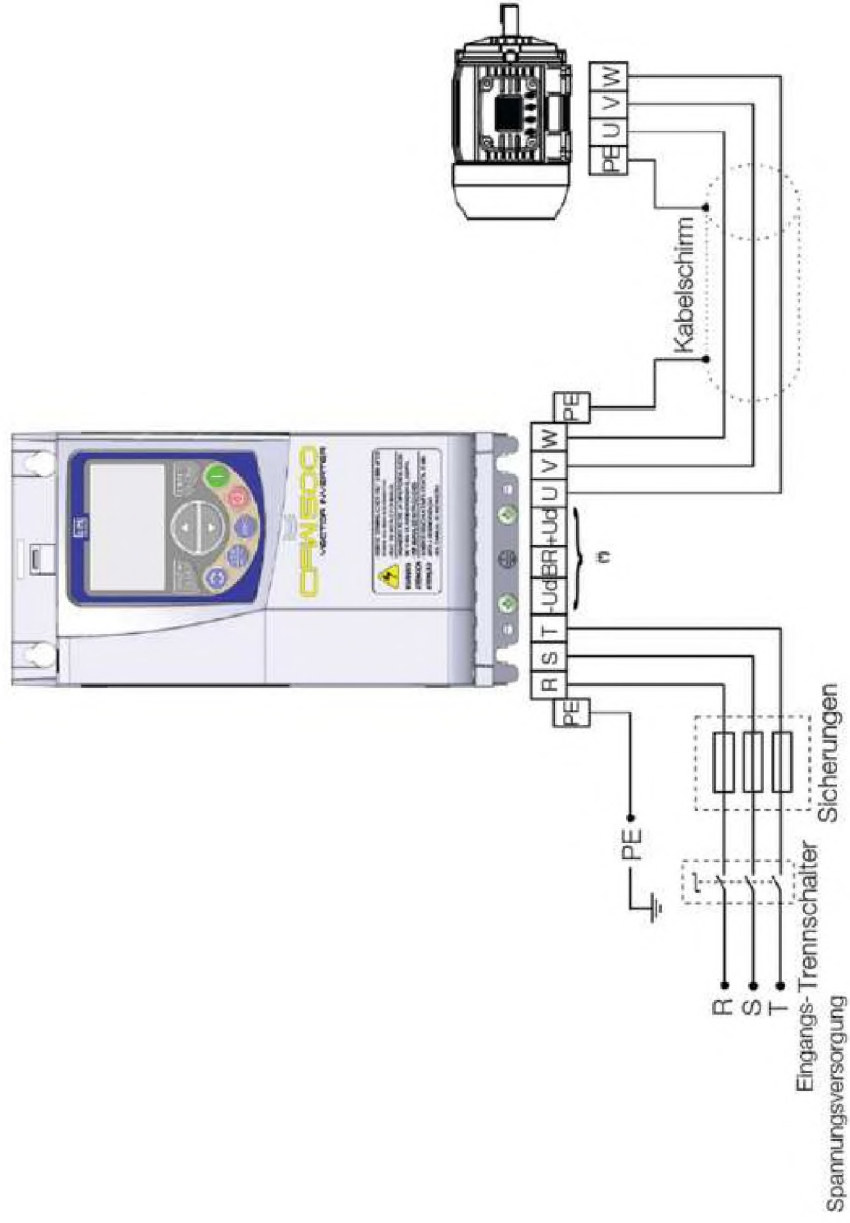


Рисунок А.1 – Слайд 7 мультимедійної презентації

Функціональна схема системи керування

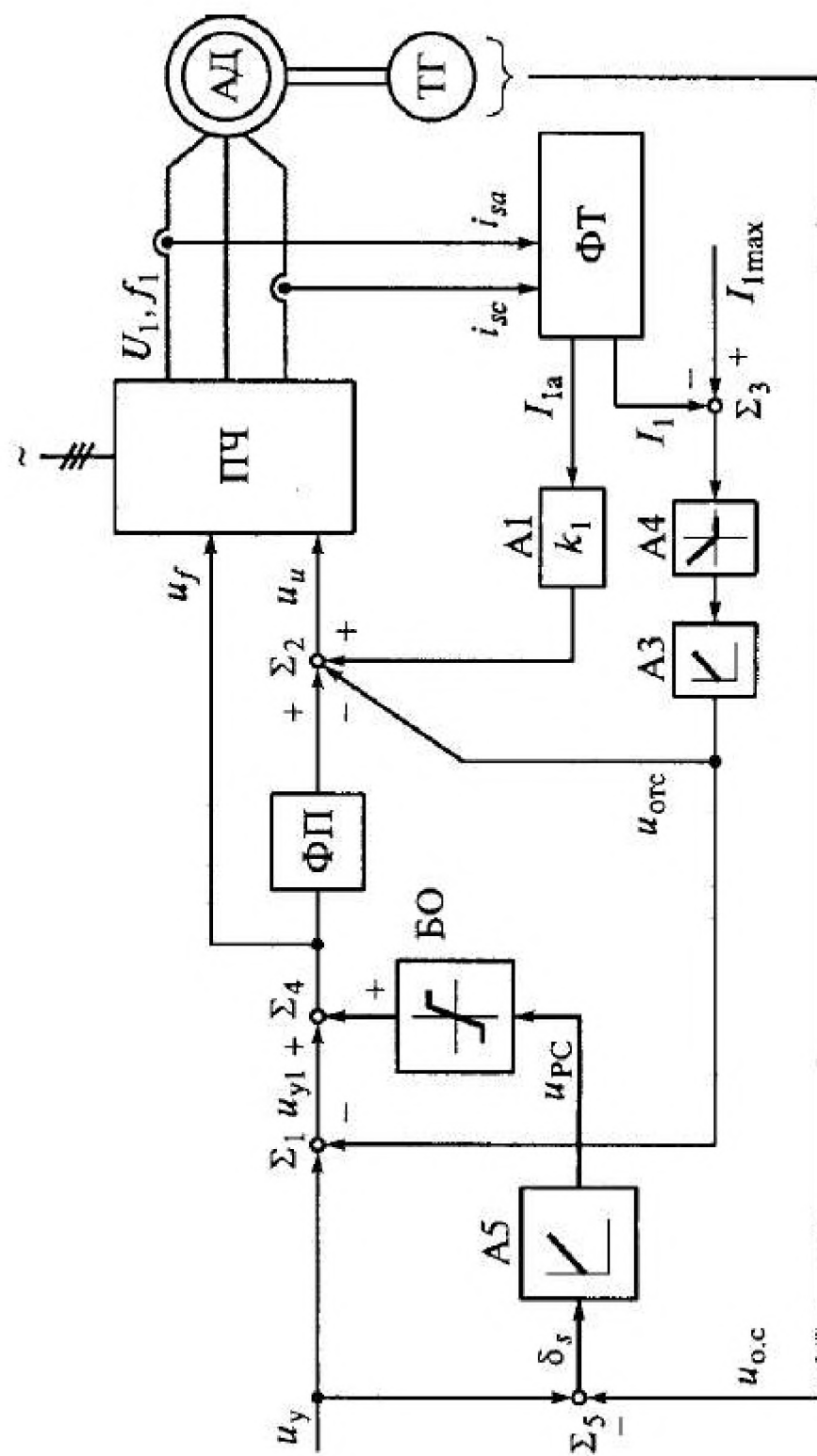


Рисунок А.1 – Слайд 8 мультимедійної презентації

Структурна схема ПЧ-АД при скалярній системі керування

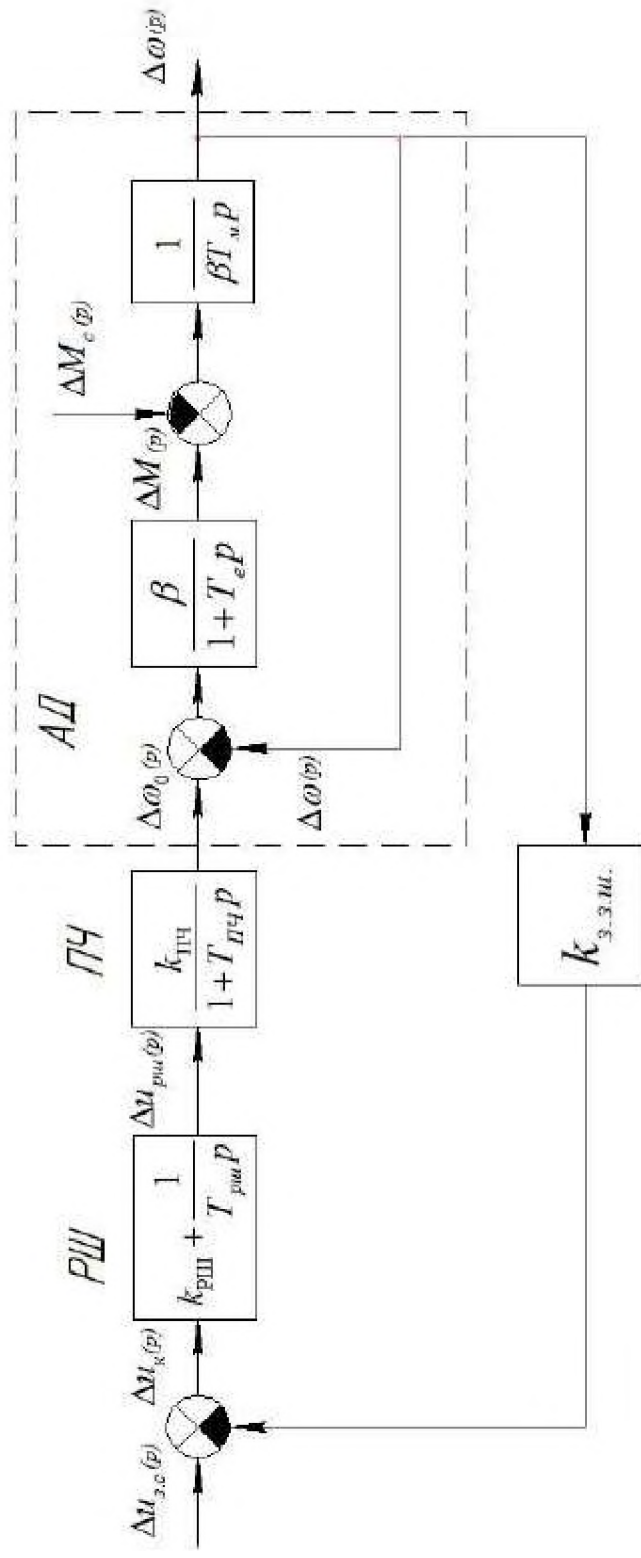


Рисунок А.1 – Слайд 9 мультимедійної презентації

Моделювання системи керування електропривода

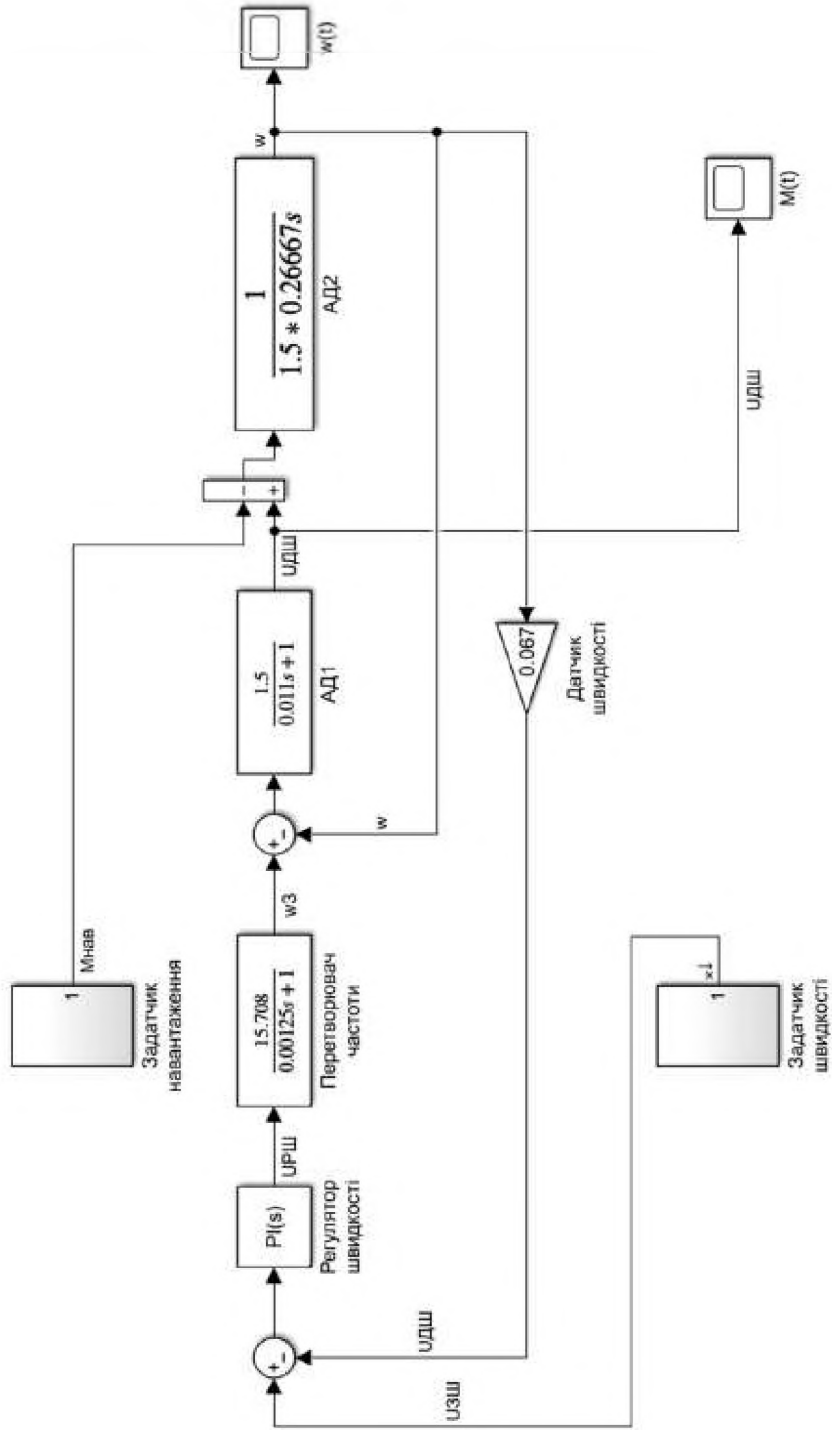


Рисунок А.1 – Слайд 10 мультимедійної презентації

Швидкість ротора

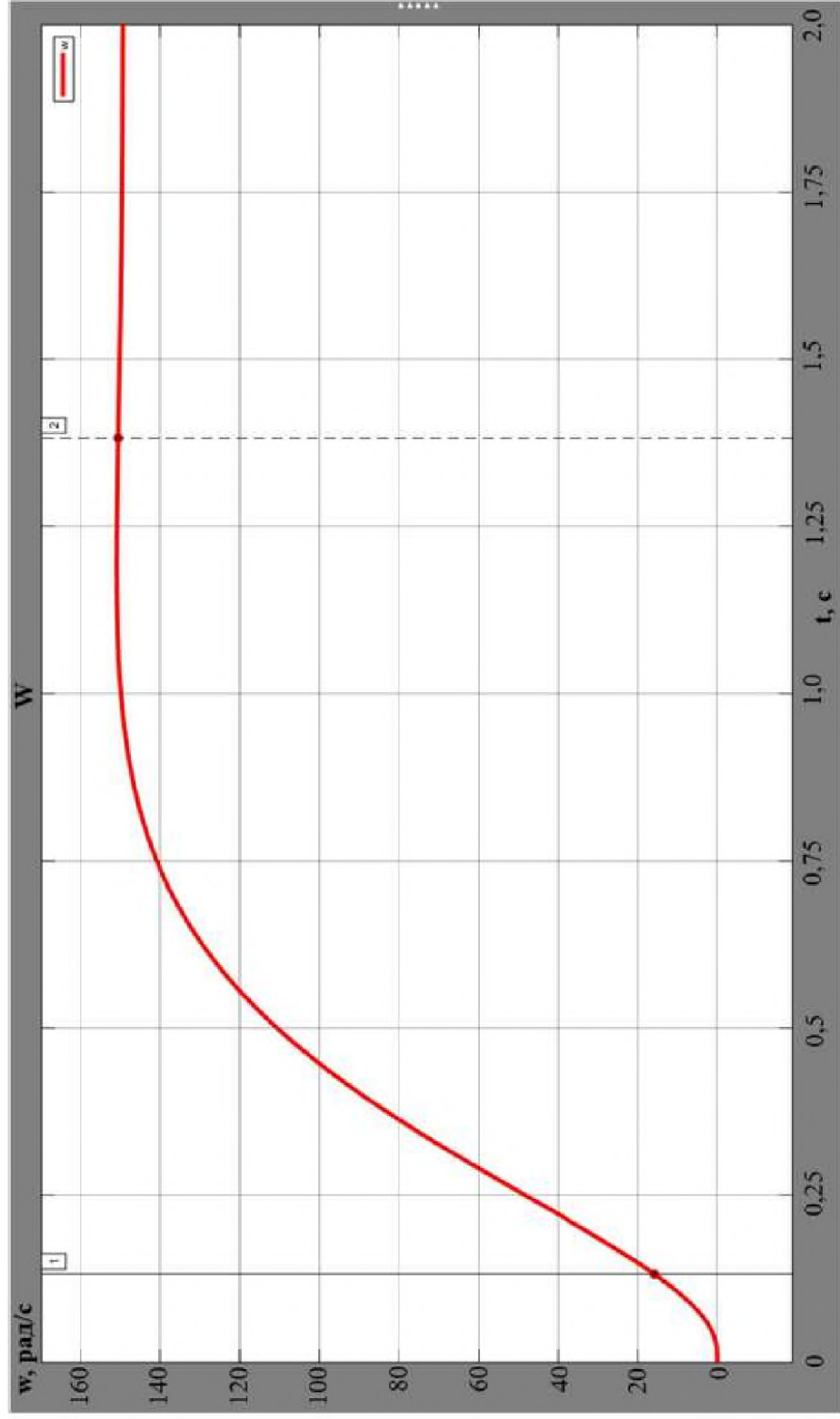


Рисунок А.1 – Слайд 11 мультимедійної презентації

Момент електродвигуна

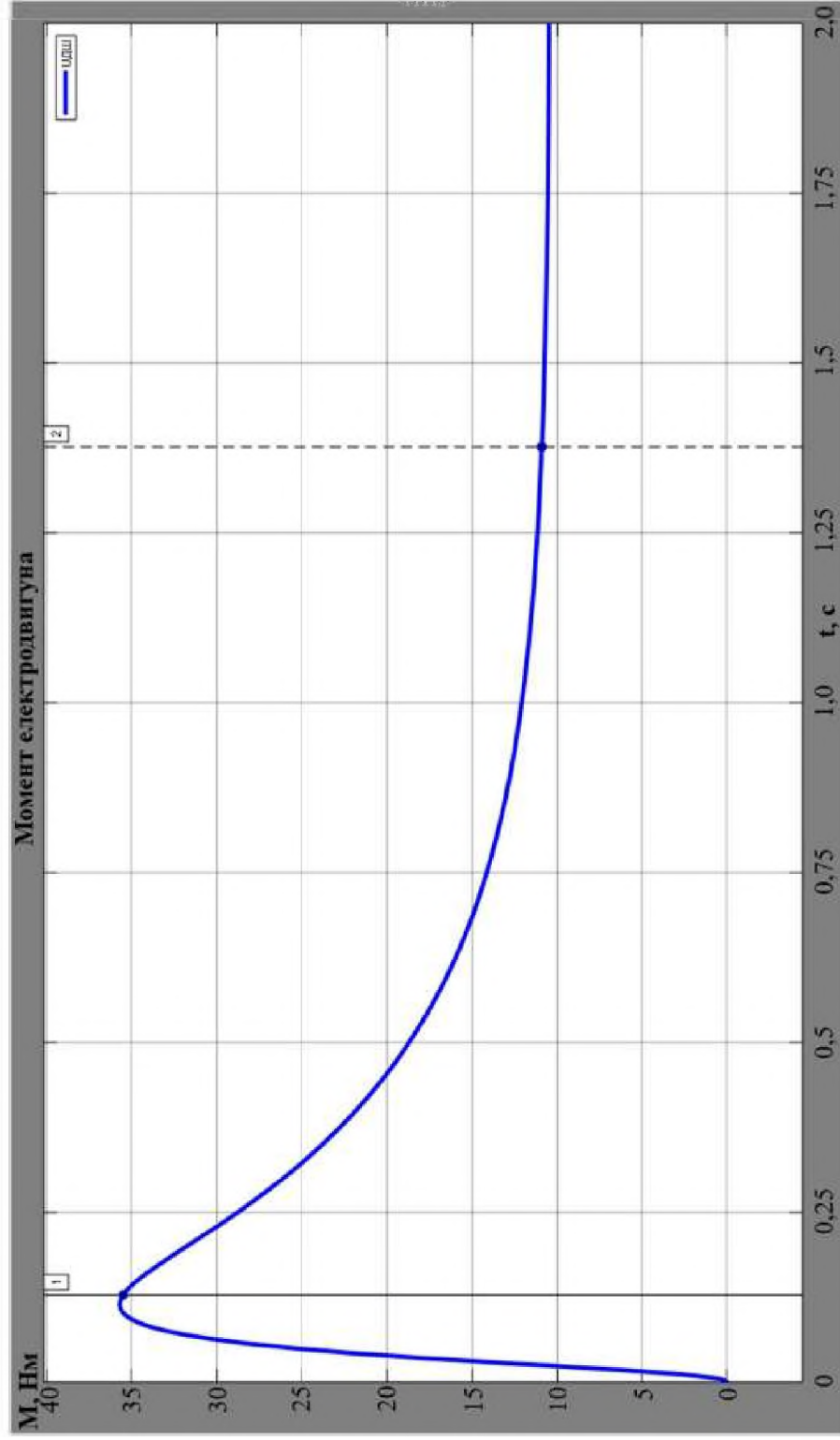


Рисунок А.1 – Слайд 12 мультимедійної презентації

Висновки

В кваліфікаційній роботі магістра було модернізовано систему керування електропривода універсального вертикально-свердильного верстата моделі 2Н118-1.

В роботі було замінено застарілу релейно-контакторну систему керування на сучасний частотний перетворювач із скалярним керуванням. В ході роботи було розв'язано наступні завдання:

- розглянуто компонування, технічні характеристики та електрообладнання свердильного верстата;
- складено функціональну схему системи керування електропривода головного руху. Обґрунтовано вибір елементів системи керування електропривода;
- побудовано структурну схему системи керування електропривода свердильного верстата та виконано розрахунок параметрів її елементів;
- проведено моделювання системи керування електропривода головного руху верстата в *MATLAB* та дослідити вплив параметрів регуляторів на якість керування.

Для оцінки якості керування було визначено наступні показники якості:

- час перехідного процесу $t_{\text{пп}} = 1.36 \text{ с}$;
- перерегулювання $\sigma = 0\%$.

Отже, отримані данні задовольняють вимоги кваліфікаційної роботи.

Також в роботі було розглянуто питання охорони праці.