

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ «Дніпровська політехніка»

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

дипломного проекту

бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 0507 Електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки 050702 Електромеханіка
(код і назва напрямку підготовки)

спеціальність 6.05070204
(код і назва спеціальності)

Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

освітній рівень бакалавр
(назва освітнього рівня)

Кваліфікація фахівець у галузі електротехніки
(код і назва кваліфікації)

на тему: Модернізація електроприводу головного підйому
мостового крана вантажопідйомністю 90 тонн

Виконавець:

Студент 4 курсу, групи ЕМ-14-1

_____ Зінов'єв А.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Казачковський М.М.		
розділів:			
Спеціальна частина	Якупов Д.В.		
Охорона праці	Голінько В.І.		
Економіка	Тимошенко Л.В.		
Рецензент			
Нормоконтроль	Казачковський М.М.		

Дніпро
2018

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ «Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
Електроприводу
(повна назва)

_____ Казачковський М.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект

Бакалавра

(назва рівня вищої освіти)

студенту ЕМ-14-1 Зінов'єву А.І.

(група) (прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту Модернізація електроприводу головного
підйому мостового крана вантажопідйомністю 90 тонн

затверджена наказом ректора ДВНЗ НТУ "Дніпровська політехніка" від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Спеціальний</i>	<i>Розрахунок та вибір електротехнічного обладнання крана, дослідження динаміки електроприводу.</i>	
<i>Охорона праці</i>	<i>Аналіз шкідливих і небезпечних факторів та заходи щодо їх усунення.</i>	
<i>Економічний</i>	<i>Розрахунок основних техніко-економічних показників впровадження дипломного проекту.</i>	

Завдання видав _____
(підпис)

Казачковський М.М.
(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Зінов'єв А.І.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: _____

Термін подання дипломного проекту до ЕК _____

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	5
ВСТУП.....	7
1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	8
1.1. Основні режими роботи кранових механізмів.....	8
1.2. Механічна частина.....	8
1.3. Будова і робота крана.....	9
2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД.....	16
2.1. Загальні відомості про застосування різних електроприводів кранових механізмів.....	16
2.2. Вимоги, що пред'являються до електроприводу головного підйому.....	20
2.3. Попередній вибір потужності електродвигуна.....	20
2.4. Розрахунок тахограми і навантажувальної діаграми електродвигуна.....	22
2.5. Перевірка обраного двигуна за нагріванням та перевантаженням.....	28
2.6. Вибір перетворювача частоти.....	29
2.7. Розробка системи автоматичного керування електроприводом.....	34
2.7.1. Побудова системи автоматичного керування з орієнтацією поля ротора в системі координат з керованим ковзанням.....	34
2.7.2. Синтез регуляторів.....	37
3. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	44
3.1. Моделювання частотно-регульованого електроприводу.....	44
3.1.1. Математична модель об'єкта управління.....	44
3.1.2. Розрахунок параметрів об'єкта керування.....	48
3.1.3. Математична модель системи керування електроприводом.....	50
3.2. Результати моделювання.....	53
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	56
4.1. Вступ.....	56
4.2. Початкові дані для розрахунку і капітальні витрати.....	57
4.3. Амортизаційні відрахування.....	58
4.4. Заробітна плата основних робочих.....	58
4.5. Єдиний соціальний внесок.....	59

					ЕП.ПД.18.03.3М.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

4.6. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	59
4.7. Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	60
4.8. Визначення інших витрат.....	60
4.9. Розрахунок експлуатаційних витрат.....	60
4.10. Висновки.....	61
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників	62
5.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	64
5.3. Пожежна профілактика.....	67
5.4. Заходи з ергономіки.....	69
5.5. Висновок.....	70
ВИСНОВОК.....	71
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	72
ДОДАТОК А.....	73

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 74 с., 22 рис., 4 табл., 11 джерел, 4 аркуші креслень.

Метою даного проекту є модернізація електроприводу механізму головного підйому мостового крана вантажопідйомністю 90 тонн шляхом впровадження частотно-регульованого електроприводу.

Важливою причиною широкого застосування регульованого приводу на кранах є регулювання швидкості в широкому діапазоні, усунення перевантажень елементів системи, зменшення пускових струмів.

Економічний ефект від впровадження частотно-регульованого електроприводу складається з зниження експлуатаційних витрат, економії при ремонті та обслуговуванні обладнання.

В першому розділі розглянуто режими роботи, механічну частину та будову і роботу крана. В другому розділі розглянуто електропривод, обран двигун та перетворювач частоти, виконано їх розрахунки, була розроблена САК, а також проведений синтез її регуляторів. В третьому розділі обрана система керування, проведені відповідні розрахунки та виконано моделювання електроприводу. В четвертому розділі приведені капітальні та експлуатаційні витрати, зроблені відповідні розрахунки. В п'ятому розділі розглянуто аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, інженерно-технічні заходи з охорони праці, пожежна профілактика, заходи з ергономіки.

Також складено висновок з даного дипломного проекту.

МОСТОВИЙ КРАН, ЕЛЕКТРОПРИВОД ГОЛОВНОГО ПІДЙОМУ, ВЕКТОРНЕ КЕРУВАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНИЙ ДВИГУН ЗМІННОГО СТРУМУ, ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ, РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ, АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ЧИННИКІВ.

					ЕП.ПД.18.03.Р.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ESSAY

Explanatory note, 74 papers, 22 figures, 4 tables, 11 sources, 4 sheets of drawings.

The purpose of this project is to modernize the electric drive mechanism of the main lifting bridge crane load capacity of 90 tons by introducing a frequency-controlled electric drive.

An important reason for the wide use of an adjustable drive on cranes is speed control over a wide range, elimination of overloads of system elements, reduction of starting currents.

The economic effect of the introduction of a frequency-regulated electric drive consists of reducing operating costs, saving during repair and maintenance of equipment.

In the first section, the operating modes, the mechanical part and the structure, as well as the operation of the crane are considered. In the second section, the electric drive is considered, the motor and the frequency converter are selected, their calculations are performed, the automatic control system was developed, and its regulators were synthesized. In the third section, the control system was selected, the corresponding calculations were made and the electric drive simulation was performed. The fourth section shows the capital and operating costs, the corresponding calculations are made. The fifth section considers the analysis of hazardous and harmful production factors, engineering and technical measures for labor protection, fire prevention, measures for ergonomics.

Also, a conclusion from this graduation project is drawn up.

BRIDGE CRANES, ELECTRIC MAIN ELEVATION, VECTOR CONTROL, ELECTRIC AC MOTOR, FREQUENCY CONVERTER, THE CALCULATION OF CAPITAL AND OPERATING COSTS, ANALYSIS OF DANGEROUS AND HARMFUL PRODUCTION FACTORS.

					ЕП.ПД.18.03.Р.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Підйомно-транспортні машини і механізми є основними засобами механізації та автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт у всіх галузях промисловості та сільського господарства.

У зв'язку з інтенсифікацією технологічних процесів, частка часу на підйомно-транспортні операції значно зросла. Різке підвищення продуктивності праці, яке вкрай необхідно під час переходу економіки на нові умови розвитку та управління, може бути досягнуто шляхом механізації та автоматизації підйомно-транспортних і настановних операцій, які менш автоматизовані, ніж технологічні.

Підйомно-транспортні машини (ПТМ) вельми металоємні, і, отже, вимагають великої кількості матеріальних і трудових витрат, тому необхідно створити мало металоємні, досконалі, надійні та раціональні конструкції. Проектуванням, підбором і установкою підйомно-транспортних машин зайняті інженерно-технологічні працівники не тільки у вузько спеціалізованих організаціях і підприємствах, але і в самих різних галузях промисловості.

Підйомно-транспортне обладнання є невід'ємною частиною практично будь-якої схеми механізації будь-якого виробничого процесу, в кожній галузі економіки. Тому підйомно-транспортні машини представляють винятковий методичний інтерес як об'єкт проектування при підготовки інженерів і конструкторів-машинобудівників широкого профілю.

Кінцевою метою проектування, розробки, впровадження та застосування підйомно-транспортних машин є ліквідація ручних вантажно-розвантажувальних робіт і виключення важкої праці при виконанні основних і допоміжних операцій.

					ЕП.ПД.18.03.ВС.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.1. Основні режими роботи кранових механізмів

Механізми крана працюють (включені) не весь час робочого циклу крана. Механізм підйому вантажу працює тільки під час опускання порожньої підвіски крюка і підйому її з вантажем, а механізми пересування крана і вантажного візка працюють тільки під час виконання відповідних рухів. Під час виконання інших технологічних операцій: стропування вантажу, установки його на опору механізми крана не працюють. Час роботи механізмів крана - менше часу його циклу і в роботі механізмів є перерви (паузи). Необхідність підготовки кранівника до виконання наступної технологічної операції збільшує час цих перерв.

Режим роботи кранових механізмів - важливий фактор при виборі потужності приводних електродвигунів, апаратури і системи управління. Від нього залежить і конструктивне виконання механізмів.

У ряді випадків навіть однотипні крани працюють в різних режимах.

За правилами будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних механізмів встановлено чотири номінальних режиму роботи: легкий (Л), середній (С), важкий (В), дуже важкий (ДВ).

Для кожного механізму крана режим роботи визначається окремо, режим роботи крана в цілому встановлюється за механізмом головного підйому.

Встановлено сім класів використання і навантаження крана А0 ... А6 (від 800 до 50 000 год).

1.2. Механічна частина

Конструкція крана (Рисунок 1.1) складається з моста по рейках якого переміщається вантажний візок 2. Управління краном виконується з кабіни кранівника 3, розташованої під робочою площадкою моста.

					ЕП.ПД.18.03.01.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для обслуговування живлячих кранових тролей і струмоприймачів передбачена кабіна для обслуговування тролей 4. Електрообладнання 5, розташоване на мосту, візки і в кабіні кранівника, призначене для керування механізмами крана. Струмopідведення до вантажного візка здійснюється гнучким кабелем 6, підвішеним до кареток, переміщається по монорельсі.

Міст крана складається з двох напівмостів, вага кожного з яких рівномірно, передається на чотири ходових колеса. Напівмости шарнірно з'єднані між собою перехідними балками. Привід пересування моста - роздільний. Міст обладнаний перехідними площадками, сходами, буферами.

1.3. Будова і робота крана

Електропривод більшості вантажопідйомних машин характеризується повторно - короткочасному режимом роботи при великій частоті включення, широкому діапазоні регулювання швидкості і постійно виникаючих значних перевантаженнях при розгоні і гальмуванні механізмів.

В даний час кранове електрообладнання має у своєму складі серії кранових електродвигунів змінного і постійного струму, серії силових і магнітних контролерів, командоконтролерів, кнопкових постів, кінцевих вимикачів, гальмових електромагнітів і електрогідравлічних штовхачів, пускотормозних резисторів і ряд інших апаратів, комплектуючих різні кранові електроприводи.

Міст крана складається з двох прогонових балок коробчатого перетину, кожна з яких спирається на дві кінцеві балки коробчатого перетину, шарнірно з'єднаних між собою сполучної балкою, що утворюють жорстку раму. На кінцевих балках моста крана закріплені вісім дворобордних ходових коліс, з яких чотири - приводні. Для виходу на майданчик моста з кабіни передбачений люк.

					ЕП.ПД.18.03.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

На прогонових балках за допомогою притискних планок закріплюються підвізочні рейки. Майданчики прогонових балок обладнані перилами і призначені для безпечного і зручного обслуговування кабельного струмопідведення вантажного візка, а також електрообладнання та механізмів, розташованих поза кабіною і візка.

Для обслуговування головних тролей біля торця моста підвішена кабіна.

Кінцеві балки моста при монтажі крана обладнуються перилами, а майданчики поручнями і огорожами. Перехід між майданчиками прогонових балок, здійснюється за кінцевим балкам з використанням сходів.

Обмеження переміщення візка крана з здійснюється буферними пристроями, розташованими на прогонових балках моста, а крана - буферами, закріпленими на кінцевих балках.

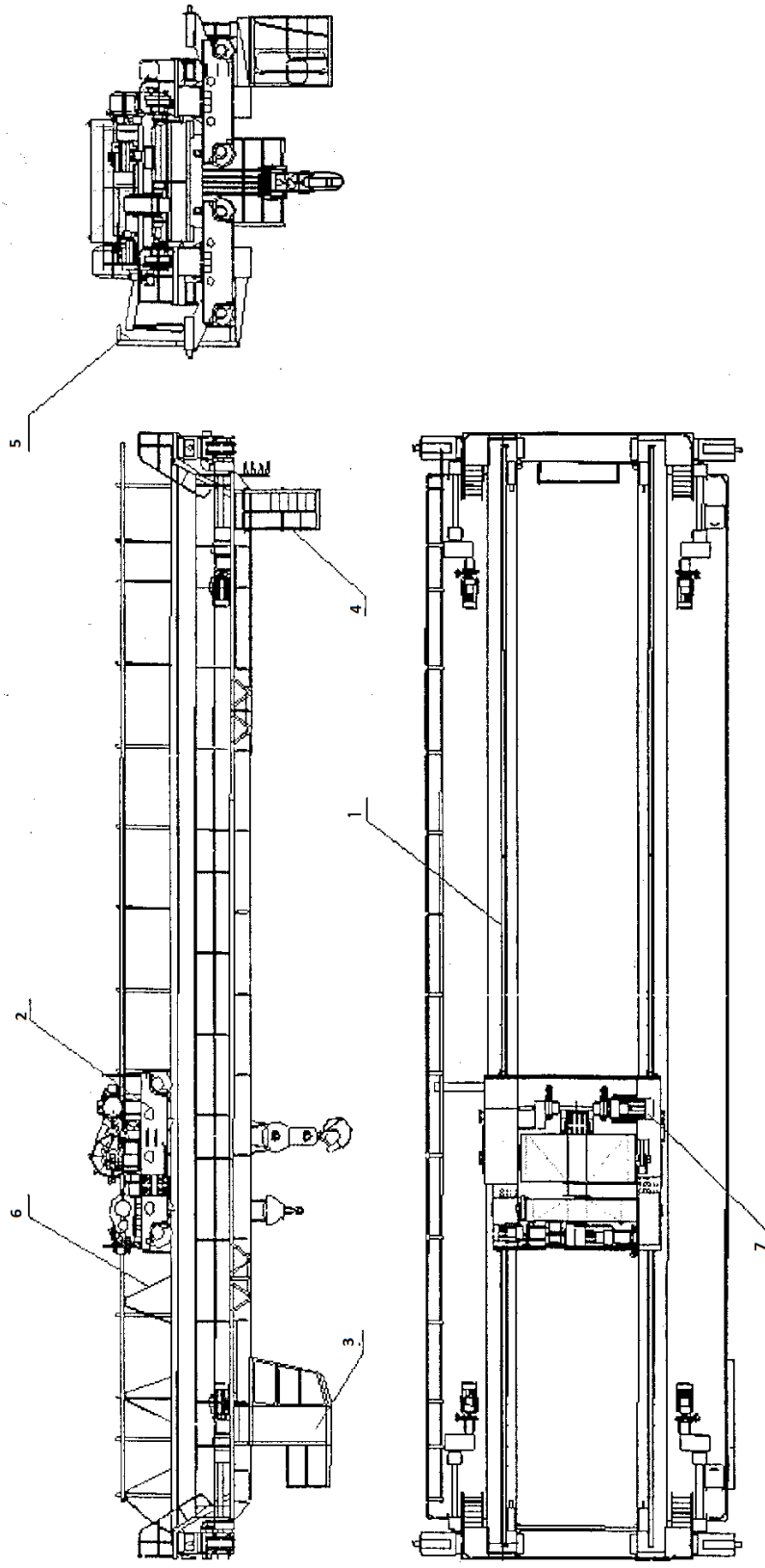
Скребки, встановлені перед колесами моста запобігають можливість потрапляння під колеса сторонніх предметів.

Механізм пересування крана з приводними колесами виконаний з чотирма роздільними приводами, що складаються з електродвигуна, гальма, швидкохідного валу з шарнірами муфт, редуктора, тихохідного валу з шарнірами муфт, сполученого з валом приводного колеса.

Вантажний візок складається з: рами, двох механізмів підйому з вантажними підвісками, механізму пересування візка. На одному крані вантажний візок з електромагнітом на допоміжному підйомі, обладнується і кабельним барабаном.

Рама візка зварна, балочної конструкції, роз'ємна для забезпечення можливості її транспортування залізничним транспортом. З'єднання частин рами виконано за допомогою накладок і чистих болтів без застосування зварювання. Рама встановлена на чотири ходових колеса, два з яких приводні.

					ЕП.ПД.18.03.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



1 - міст; 2 - вантажний візок; 3 - кабіна кранівника; 4 - кабіна для обслуговування тролей;
 5 - електрообладнання крана; 6 - струмопідведення до вантажного візка; 7 - електродвигун;

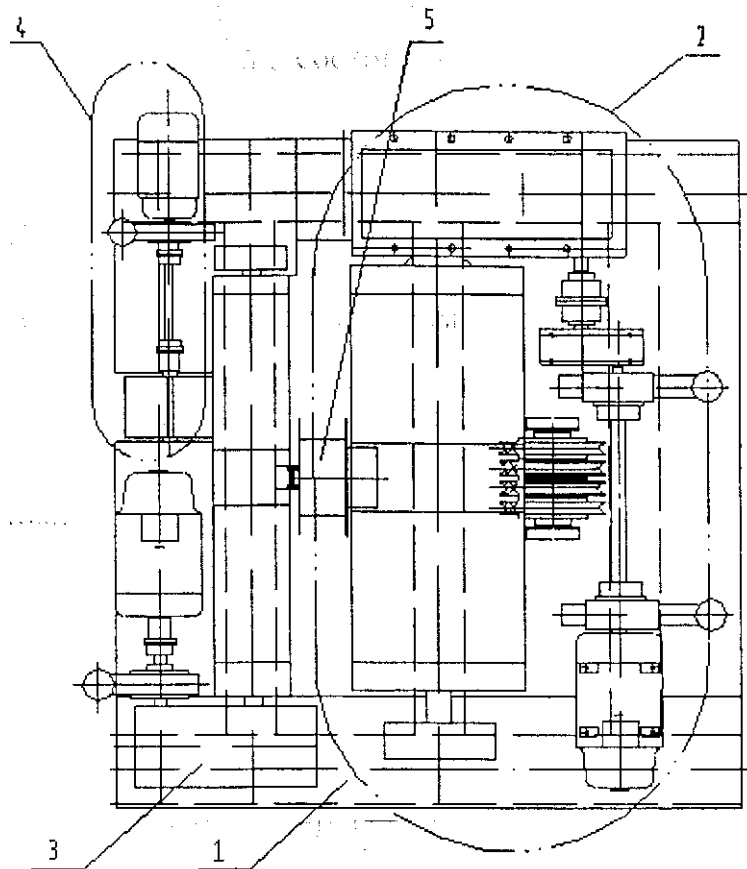
Рис. 1.1. Загальний вигляд крана

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ЕП.ПД.18.03.01.ПЗ

Арк.

11



1-рама; 2- механізм головного підйому; 3- механізм допоміжного підйому, 4-механізм пересування візка; 5-кабельний барабан.

Рис. 1.2. Вантажний візок

Вантажний візок пересувається по рейках уздовж пролітних балок моста.

Механізм головного підйому складається з електродвигуна, двох шарнірів муфт з проміжним валом, двох редукторів з зубчастої муфтою між ними, двох колодкових гальм, барабана, поліспасти, підвіски вантажопідйомністю 90т.

Поліспаст механізму головного підйому - п'ятикратний здвоєний.

Барабани механізму підйомів отримують обертання через зубчасту маточину з редуктора. Опорами барабанів з одного боку є підшипники у вихідному зубчастому валі редуктора, а з іншого боку підшипники в опорі барабана.

					ЕП.ПД.18.03.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Барабан механізму головного підйому складається з зварної обичайки, на поверхні якої нарізані гвинтові канавки, що забезпечують напрям і одношарові навивки вантажного каната. За допомогою шпильок з пружинними шайбами і гайками, на поверхні барабана накладками, закріплюються кінці каната. Обертання на вилку кінцевого вимикача передається з вала маточини через стакан, закріпленого до валу болтами.

Механізм допоміжного підйому складається з електродвигуна, валу з зубчастими муфтами, редуктора, колодкового гальма, барабана, здвоєного поліспасти, підвіски вантажопідйомністю 20 т.

Поліспаст механізму допоміжного підйому - дворазовий здвоєний.

Барабан допоміжного механізму підйому складається з обичайки, на поверхні якого нарізані гвинтові канавки, що забезпечують напрям і одношарові навивки вантажного каната. На поверхні барабана накладками закріплюються кінці каната. Обертання на вилку кінцевого вимикача передається з вала маточини через стакан, закріпленого до валу болтами.

Механізм пересування візка складається з електродвигуна, колодкового гальма, швидкохідного валу з зубчастими муфтами, вертикального редуктора, двох проміжних валів із зубчастими муфтами (шарнірами муфт) і двох приводних коліс. Приводні колеса візка складаються з колеса, насаженого на вал із застосуванням шпонок. Вал колеса обертається на підшипниках кочення, встановлених в кутових буксах.

Кабіна управління закритого типу застелена, має тепло і шумоізоляцію, оснащена кондиціонером, електрообігрівачем і пультом управління.

Пульт управління призначений для управління всіма механізмами крана. Пульт управління поворотний обладнаний кріслом кранівника, що має регулювання положення по висоті й уздовж поздовжньої осі кабіни.

У конструкції крана передбачені:

вільний доступ для обслуговування механізмів та електрообладнання;

					ЕП.ПД.18.03.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

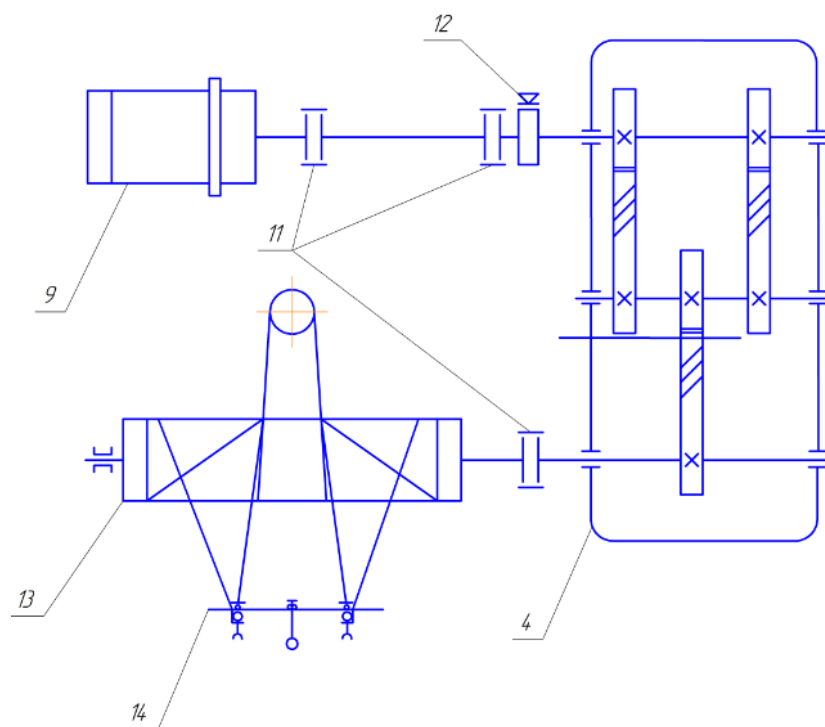
безпеку обслуговування, ремонту, монтажу механізмів і їх складальних одиниць;

місця для стропування складальних одиниць крана при монтажі та ремонті;

система сходів і майданчиків, необхідних для технічного обслуговування і ремонту механізмів та електрообладнання.

Швидкість підйому гака вибирають залежно від вимог технологічного процесу, в якому бере участь дана вантажопідйомна машина, характеру роботи, типу машини і її продуктивності.

Режим роботи вантажопідіймальних машин циклічний. Цикл складається з переміщення вантажу по заданій траєкторії і повернення у вихідне положення для нового циклу.



1-гальма, 2-муфта, 3-двигун головного підйому, 4-редуктор, 5-поліспаст, 6-барабан.

Рис. 1.3. Кінематична схема механізму підйому крана

					ЕП.ПД.18.03.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Технічні вимоги крану представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Вихідні дані

Найменування		Позначення	Величина
Маса вантажу, т		G_H	90
Маса крюка, т		G_N	3,03
Сумарний момент інерції механізму, кг*м ²		J_m	2,3
Передавальне відношення редуктора		i	125,00
Сумарний ККД механізму		η	0,90
Швидкість підйому задана, м/с		V	0,1
Прискорення м/с ²		a	0,04
Діаметр барабана, м		$Dб$	1,228
Поліспастиць	Кратність	m	5,000
	Кількість гілок		2
Номінальна швидкість двигуна задана, об /хв		$nз$	970
Кількість двигунів		y	1
Висота підйому, м		h	28,00
Діапазон регулювання швидкості			1:4
Час технологічної паузи, сек		t_{II}	423
Прискорення вільного падіння, м/с ²		g	9,81

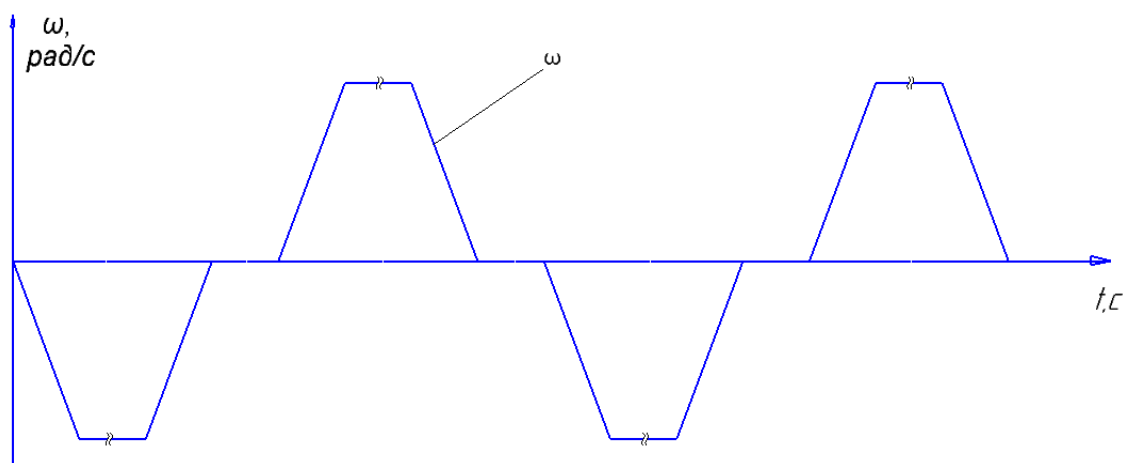


Рис. 1.4. Типове відпрацювання тахограми крану з використанням частотно -регульованого електропривода

2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

2.1. Загальні відомості про застосування різних електроприводів кранових механізмів

Все частіше знаходять застосування кранові електродвигуни трифазного змінного струму (асинхронні) і постійного струму (послідовного або паралельного збудження). Вони працюють, як правило, в повторно-короткочасному режимі при широкому регулюванні частоти обертання, причому робота їх супроводжується значними перевантаженнями, частими пусками, реверсами, гальмуваннями. Крім того, електродвигуни кранових механізмів працюють в умовах підвищеного трясіння і вібрацій, а в металургії в умовах високої температури.

Основні особливості кранових двигунів:

- виконання, зазвичай, закрите;
- ізоляційні матеріали мають клас нагрівостійкості F і H;
- момент інерції ротора по можливості мінімальний, а номінальна частота обертання відносно невелика - для зменшення втрат енергії в перехідних процесах;
- магнітний потік відносно великий - для забезпечення великої перевантажувальної здатності по моменту;
- значення короткочасного перевантаження за моментом для кранових електродвигунів постійного струму в годинному режимі становить $\sim 2,5$, а для двигунів змінного струму - 2,3 - 3,5;
- відношення максимально допустимої робочої частоти обертання до номінальної становить для постійного струму 1,5 - 2,9, для електродвигунів змінного струму 2,5;
- для кранових електродвигунів змінного струму за номінальний режим прийнятий режим з ПВ = 40%, а для ДПТ поряд з цим режимом - режим 60 хвилин.

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Найбільш широко для приводу кранових механізмів застосовуються трифазні асинхронні електродвигуни з фазним ротором, що забезпечують регулювання швидкості і плавний пуск при відносно великому значенні навантаження на валу. Ці електродвигуни встановлюють на кранових механізмах при середньому, важкому і дуже важкому режимах роботи. Вони допускають регулювання пускового моменту в заданих межах і регулювання швидкості в діапазоні (1: 3) - (1: 4).

- Асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором застосовуються рідше із-за деякого підвищеного пускового моменту і значних пускових струмів, хоча маса їх приблизно на 8% менше, ніж у асинхронних двигунів з фазним ротором, а вартість в 1-3 рази менше, ніж у цих двигунів при однаковій потужності. Асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором іноді застосовують при режимах Л і С (для механізмів підйому). Застосування їх на механізмах кранів, що працюють у більш важких режимах, обмежено малою допустимою частотою вмикання і складністю схем регулювання швидкості.

- Перевагами асинхронних електродвигунів в порівнянні з електродвигунами постійного струму є їх відносно менша вартість, простота обслуговування і ремонту. Маса кранового асинхронного електродвигуна з зовнішньої самовентиляцією в 2,2 - 3 рази менше маси кранового електродвигуна постійного струму при однакових номінальних моментах. Якщо експлуатаційні витрати прийняти за одиницю для асинхронних електродвигунів з к.з. ротором, то для електродвигунів з фазним ротором ці витрати складуть 5 одиниць, а для електродвигунів постійного струму 10 одиниць. Тому в кранових електроприводах найбільш широке застосування отримали асинхронні електродвигуни (близько 90% від загального числа двигунів).

Електродвигуни постійного струму доцільно застосовувати в тих випадках, коли потрібно широке і плавне регулювання швидкості, для

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

приводів з великим числом включень в годину, при необхідності регулювання швидкості вгору від номінальної, для роботи в системі Г-Д.

У крановому ЕП застосовуються такі системи електроприводів:

- електропривод постійного струму з управлінням за допомогою силового контролера (К - ДП);
- електропривод постійного струму з управлінням за допомогою магнітного контролера (МК - ДП);
- електропривод постійного струму з живленням і управлінням за допомогою тиристорного перетворювача (ТП - ДП);
- електропривод постійного струму по системі генератор - двигун (Г - Д);
- електропривод змінного струму з асинхронним короткозамкненим двигуном, керованим магнітним пускатчем (МП - АДК);
- електропривод змінного струму з асинхронним короткозамкненим двигуном, керованим силовим контролером (К - АДК);
- електропривод змінного струму з двошвидкісним асинхронним двигуном, керованим магнітним контролером (МК - АДД);
- електропривод змінного струму: асинхронний двигун з фазним ротором, керований силовим контролером (К - АДФ);
- електропривод змінного струму: асинхронний двигун з фазним ротором, керований силовим контролером з динамічним гальмуванням способом самозбудження (КД - АДФ);
- електропривод змінного струму: асинхронний двигун з фазним ротором, керований силовим контролером з тиристорним імпульсно-ключовим регулюванням (КІ - АДФ);
- електропривод змінного струму: асинхронний двигун з фазним ротором, керований магнітним контролером з гальмуванням способом протиковикання (МКП - АДФ);

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- електропривод змінного струму: асинхронний двигун з фазним ротором, керований магнітним контролером з бездуговою комутацією (МКБ - АДФ);

- електропривод змінного струму: асинхронний двигун з фазним ротором, керований тиристорним перетворювачем напруги (ТПН - АДФ);

- електропривод змінного струму: асинхронний двигун з фазним ротором, керований магнітним контролером з тиристорним імпульсно-ключовим регулюванням (МКІ - АДФ);

- електропривод змінного струму: асинхронний короткозамкнений двигун, керований безпосередньо перетворювачем частоти (ПЧ - АД).

Для даного дипломного проекту була вибрана система ПЧ – АД, тому що її важливими перевагами є:

- економічність регулювання, обумовлена тим, що двигун працює з малими величинами абсолютного ковзання і при цьому втрати в двигуні не перевищують номінальних;

- висока жорсткість і плавність регулювання механічних характеристик, що дозволяє регулювати швидкість в широкому діапазоні.

При частотному регулюванні усувається один з істотних недоліків електродвигунів з короткозамкненим ротором - постійна частота обертання ротора електродвигуна, яка не залежить від навантаження. Частотне регулювання дозволяє відповідно до характеру навантаження вибрати закон керування швидкістю АД.

Впровадження перетворювача частоти в систему дозволяє продовжити ресурс її використання і підвищити середній наробіток на відмову. Ці позитивні ефекти забезпечуються за рахунок усунення перевантажень елементів системи, зменшення пускових струмів і застосування частотних перетворювачів з вбудованими в них ПД-регуляторами, що гарантують точне регулювання необхідних параметрів.

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.2. Вимоги, що пред'являються до електроприводу головного підйому

- Двигун повинен бути захищений від перевантаження і коротких замикань в силових ланцюгів і ланцюгах керування. При припиненні живлення приводного двигуна повинен автоматично відключитися ланцюг управління, а після відновлення повинен бути виключений самозапуск;
- Привід головного підйому повинен бути забезпечений нормально-замкнутим контактом, а при включенні двигуна гальмо має автоматично відкриватися. Замикання струмопровідних частин електричного пристрою приводу гальма на корпус не повинно викликати мимовільне вмикання цього приводу. У електродвигуна змінного струму при живленні від керованого перетворювача, зняття механічного гальма відбувається за величини струму двигуна, який забезпечує необхідний момент для утримання вантажу;
- Привід повинен бути реверсивним;
- Клас нагрівостійкості ізоляційних матеріалів вибраного типу приводу повинен бути F або H;
- Робота приводу в повторно-короткочасному режимі з ПВ = 40%;
- Прискорення підйому гака з вантажем не повинно перевищувати $a_{\max} = 0,3 \text{ м/с}^2$;
- Швидкість підйому не повинна перевищувати $V_{\max} = 1,4 \text{ м/с}$;
- Діапазон регулювання приводу підйому не менше D (4 : 1);

2.3. Попередній вибір потужності електродвигуна

Приведений до валу двигуна статичний момент при підйомі вантажу

$$M_{\text{ст}} = \frac{(G_H + G_N) \cdot D_{\bar{o}} \cdot g}{i \cdot 2 \cdot u \cdot m \cdot \eta} = \frac{(90000 + 3030) \cdot 9,81 \cdot 1,228}{125 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 0,9} = 996 \text{ Нм}$$

Момент статичний підйому з урахуванням запасу 15%

$$M_{\text{ст.р}} = M_{\text{ст}} \cdot 1,15 = 1,15 \cdot 996 = 1146 \text{ Нм}$$

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Розрахункова потужність електродвигуна

$$P_{\text{PAC}} = \frac{M_{\text{ст.р}} \cdot n_3}{9550} = \frac{1146 \cdot 1000}{9550} = 119,9 \text{ кВт}$$

Час циклу $T_{\text{ц}}$ перевищує 10 хвилин, отже, необхідно вибрати електродвигун, призначений для роботи в режимі S1.

Вибираємо асинхронний електродвигун з кз ротором АИР315М6

Таблиця 2.1

Параметри електродвигуна АИР315М6

Найменування	Позначення	Величина
Потужність номінальна, кВт	P_N	132,000
Швидкість оберт. номін., об / хв	n	983,000
Момент інерції ротора, кг*м	J_{∂}	2,630
Струм номінальний, А	I_N	133,000
ККД, %	η	0,925
Cos φ	$\cos \varphi$	0,860
Момент номінальний, Н*м	M_N	731,000
Момент максимальний, Н*м	$M_{\text{макс}}$	1340,000
Момент критичний, Н*м	$M_{\text{к}}$	1754,000
Параметри схеми заміщення:		
Індуктивний опір гл. магн. ланцюга,	x_m	3,500
Активний опір статорного ланцюга, в.о.	r_1'	0,030
Індук. опір відс. статор. ланцюга, в.о.	x_1'	0,110
Активний опір роторного ланцюга, в.о.	r_2'	0,019
Індук. опір відс. ротор. ланцюга, в.о.	x_2'	0,120
Режим роботи	S1	
Охолодження	Примусова вентиляція	

Розрахуємо вагу гака і вантажу

$$G_{\text{ГР}} = g \times m_{\text{ГР}} = 9,81 \times 90000 = 882900 \text{ Н}$$

$$G = g \times m = 9,81 \times 3030 = 29724,3 \text{ Н}$$

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

де $G_{гр}$ - вага вантажу, G - вага вантажопідйомного пристрою

Кутова швидкість барабана

$$\omega_B = \frac{V}{R_B} = \frac{0,1}{0,614} = 0,162 \text{ рад/с}$$

Приймаємо частоту обертання двигуна 983 об / хв

Номінальна кутова швидкість обертання валу двигуна

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 983}{30} = 104,6 \text{ рад/с}$$

Статичний момент при підйомі вантажу, приведений до валу двигуна

$$M_{СП.ПР} = M_{СТ} = 996 \text{ Нм}$$

Статичний момент при спуску вантажу, приведений до валу двигуна

$$M_{СС.ПР} = M_C \cdot \eta_{МЕХ} = 996 \times 0,9 = 896,4 \text{ Нм}$$

Розрахункова статична потужність на валу електродвигуна

$$P_{СТ} = \frac{(G_H + G_N) \cdot g \cdot V}{\eta_{МЕХ}} = \frac{(90000 + 3030) \cdot 9,81 \cdot 0,1}{0,9 \times 1000} = 101,4 \text{ кВт}$$

Номінальна кутова швидкість обертання барабана

$$\omega_B = \frac{2V}{D_B} = \frac{2 \cdot 0,1}{1,228} = 0,16 \text{ рад/с}$$

2.4. Розрахунок тахограми і навантажувальної діаграми електродвигуна

Розглянемо ділянку тахограми на якому відбувається спуск гака без вантажу.

Статичний момент ЕД при опусканні гака без вантажу:

$$M_{ІСТ} = \frac{G_N \cdot D_{\delta} \cdot g \cdot \eta}{i \cdot 2 \cdot y \cdot m} = \frac{3030 \cdot 9,81 \cdot 1,228 \cdot 0,9}{125 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 5} = 26,27 \text{ Нм}$$

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час розгону двигуна до номінальної швидкості:

$$t_p = t_1 = \frac{V_K - V_H}{a} = \frac{0,1}{0,04} = 2,5 \text{с}$$

Шлях пройдений при розгоні:

$$S_p = S_1 = \frac{V_K - V_H}{2} \cdot t_1 = \frac{0,1}{2} \cdot 2,5 = 0,125 \text{м}$$

Сумарний момент інерції механізму:

$$J_{\Sigma} = 1,2 J_{ДВ} + J_{МЕХ} = 1,2 \cdot (3,33 + 2,3) = 6,296 \text{кгм}^2$$

Кутове прискорення двигуна:

$$\varepsilon_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_n \cdot a}{V \cdot 60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 983 \cdot 0,04}{0,1 \cdot 60} = 41,15 \text{рад/с}^2$$

Динамічний момент:

$$M_{\text{дин}} = J_{\Sigma} \cdot \varepsilon_1 = 6,296 \cdot 41,15 = 259,08 \text{Нм}$$

Сумарний момент на ділянці розгону:

$$M_1 = -M_{\text{дин}} - M_{\text{ст}} = -259,08 - 26,27 = -285,35 \text{Нм}$$

Шлях пройдений при роботі з усталеною швидкістю:

$$S_{\text{вст}} = S_2 = S - S_1 - S_3 = 28 - 0,125 - 0,125 = 27,75 \text{м}$$

Час роботи на ділянці з усталеною швидкістю:

$$t_{\text{вст}} = t_2 = \frac{S_{\text{вст}}}{V} = \frac{27,75}{0,1} = 277,5 \text{с}$$

На ділянці зі сталою швидкістю момент дорівнює моменту статичному:

$$M_2 = M_{\text{ст}} = 26,27 \text{Н.м.}$$

Час гальмування до повної зупинки:

$$t_T = t_3 = \frac{V}{a} = \frac{0,1}{0,04} = 2,5 \text{с}$$

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Шлях пройдений при гальмуванні до повної зупинки:

$$S_T = S_3 = \frac{V_K - V_H}{2} \cdot t_3 = \frac{0,1}{2} \times 2,5 = 0,125 \text{ м}$$

Момент на ділянці гальмування, M_3 :

$$M_3 = M_{\text{дин}} - M_{\text{ICT}} = 259,08 - 26,27 = 232,81 \text{ Нм},$$

Розглянемо ділянку тахограми на якому відбувається підйом гака з вантажем.

Час розгону двигуна до номінальної швидкості:

$$t_4 = t_P = 2,5 \text{ с}$$

Шлях пройдений при розгоні:

$$S_4 = S_P = 0,125 \text{ м}$$

Момент на ділянці розгону, (рух вгору) M_4 :

$$M_4 = M_{\text{СП.ПР}} + M_{\text{дин}} = 996 + 259,08 = 1255,08 \text{ Нм}$$

Шлях пройдений при роботі з усталеною швидкістю:

$$S_5 = S_{\text{VCT}} = 27,75 \text{ м}$$

Час роботи на ділянці з усталеною швидкістю:

$$t_5 = t_{\text{VCT}} = 277,5 \text{ с}$$

Момент на ділянці з усталеною швидкістю:

$$M_5 = M_{\text{СП.ПР}} = 996 \text{ Нм}$$

Час гальмування до повної зупинки:

$$t_6 = t_T = 2,5 \text{ с}$$

Шлях пройдений при гальмуванні:

$$S_6 = S_T = 0,125 \text{ м}$$

Момент на ділянці гальмування M_6 :

$$M_6 = M_{\text{СП.ПР}} - M_{\text{дин}} = 996 - 259,08 = 736,92 \text{ Нм}$$

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо ділянку тахограми на якому відбувається опускання гака з вантажем.

Час розгону двигуна до номінальної швидкості:

$$t_7 = t_p = 2,5 \text{ с}$$

Шлях пройдений при розгоні:

$$S_7 = S_p = 0,125 \text{ м}$$

Момент на ділянці розгону, (рух вниз) M_7 :

$$M_7 = M_{\text{СС.ПР}} - M_{\text{ДИН}} = 896,4 - 259,08 = 637,32 \text{ Нм}$$

Шлях пройдений при роботі з усталеною швидкістю:

$$S_8 = S_{\text{УСТ}} = 27,75 \text{ м}$$

Час роботи на ділянці з усталеною швидкістю:

$$t_8 = t_{\text{УСТ}} = 277,5 \text{ с}$$

Момент на ділянці з усталеною швидкістю:

$$M_8 = M_{\text{СС.ПР}} = 896,4 \text{ Нм}$$

Час гальмування до повної зупинки:

$$t_9 = t_T = 2,5 \text{ с}$$

Шлях пройдений при гальмуванні:

$$S_9 = S_T = 0,125 \text{ м}$$

Момент на ділянці гальмування M_9 :

$$M_9 = M_{\text{СС.ПР}} + M_{\text{ДИН}} = 896,4 + 259,08 = 1155,48 \text{ Нм}$$

Розглянемо ділянку тахограми на якому відбувається підйом гака без вантажу.

Статичний момент ЕД при підйомі гака без вантажу:

$$M_{2\text{СТ}} = \frac{G_N \cdot D_6 \cdot g}{i \cdot 2 \cdot y \cdot m \cdot \eta} = \frac{3030 \cdot 9,81 \cdot 1,228}{125 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 0,9} = 32,44 \text{ Нм}$$

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час розгону двигуна до номінальної швидкості:

$$t_{10}=t_p=2,5\text{с}$$

Шлях пройдений при розгоні:

$$S_{10}=S_p=0,125\text{м}$$

Момент на ділянці розгону, (рух вгору) M_{10} :

$$M_{10}=M_{2CT}+M_{\text{дин}}=32,44+259,08=291,52 \text{ Нм}$$

Шлях пройдений при роботі з усталеною швидкістю:

$$S_{11}=S_{уст}=27,75\text{м}$$

Час роботи на ділянці з усталеною швидкістю:

$$t_{11}=t_{уст}=277,5\text{с}$$

Момент на ділянці з усталеною швидкістю:

$$M_{11}=M_{2CT}=32,44\text{Нм}$$

Час гальмування до повної зупинки:

$$t_{12}=t_T= 2,5\text{с}$$

Шлях пройдений при гальмуванні:

$$S_{12}=S_T= 0,125\text{м}$$

Момент на ділянці гальмування M_{12} :

$$M_{12}=M_{2CT}-M_{\text{дин}} =32,44-259,08=-226,64 \text{ Нм}$$

Повний час спуску / підйому:

$$t_{РАБ} = t_p + t_{уст} + t_T = 2,5 + 277,5 + 2,5 = 282,5\text{с}$$

Час паузи між підйомом і спуском:

$$t_{II}=423\text{с}$$

$$T_{\text{ц}}=(t_{\text{ПАУЗЫ}}+t_{РАБ})\cdot 4=(423+282,5)\cdot 4=2822\text{с}$$

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

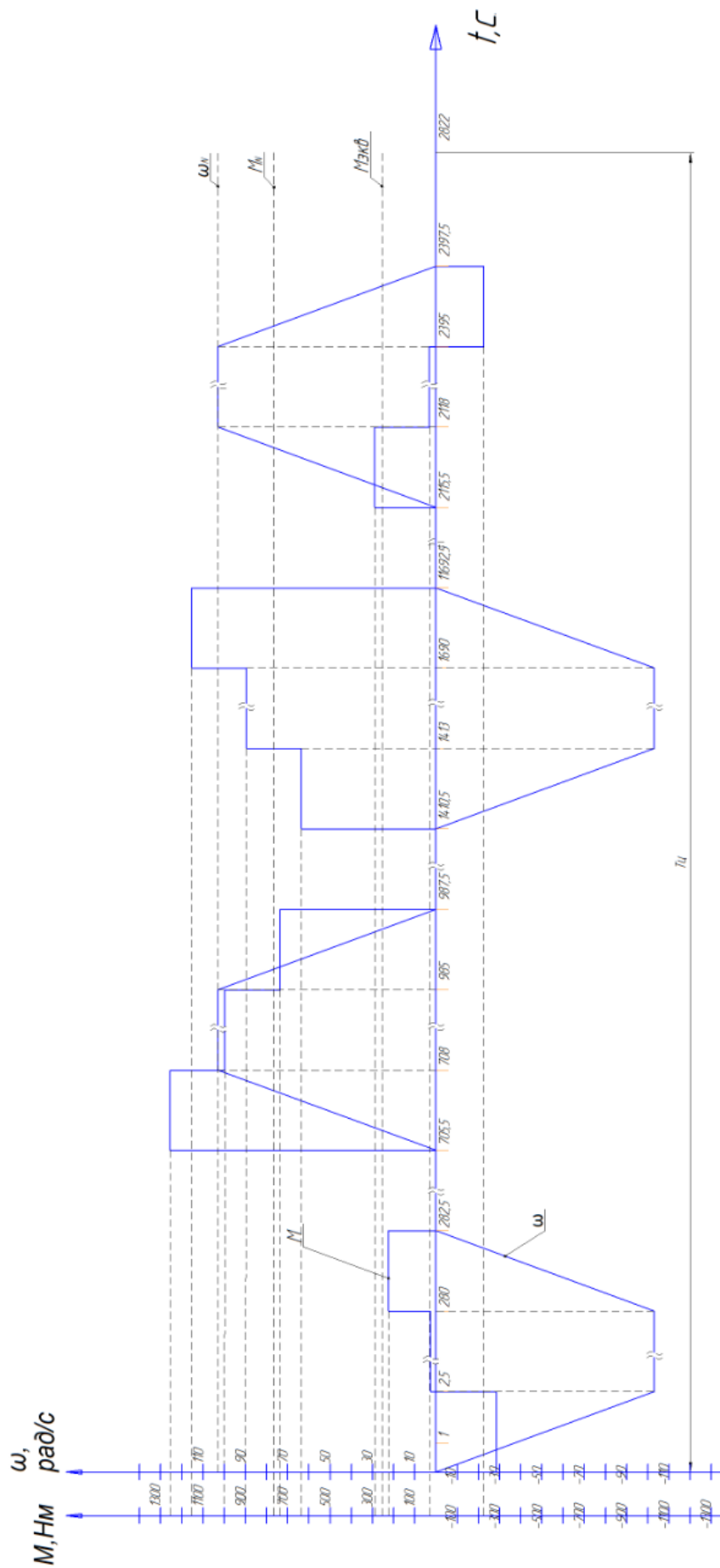


Рис. 2.1. Тахограма і навантажувальна діаграма двигуна

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ

Арк.

27

2.5. Перевірка обраного двигуна за нагріванням та перевантаженням
Еквівалентний момент при природному повітряному охолодженні
двигуна

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \times t_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i \times t_i}} \cdot H_M$$

Де β_i - коефіцієнт погіршення тепловіддачі. Двигун має примусову вентиляцію, тому $\beta_i = 1$, тоді:

$$M_{\text{екв}}^* = \sqrt{\frac{M_1^2 t_P + M_2^2 t_{\text{УСТ}} + M_3^2 t_T + M_4^2 t_P + M_5^2 t_{\text{УСТ}} + M_6^2 t_T + M_7^2 t_P + M_8^2 t_{\text{УСТ}} + M_9^2 t_T + M_{10}^2 t_P + M_{11}^2 t_{\text{УСТ}} + M_{12}^2 t_T}{4 \cdot (t_P + t_T + t_{\text{ПАВЗЫ}} + t_{\text{УСТ}})}}, \text{Нм}$$

$$M_{\text{екв}}^* = \sqrt{\frac{((-285,35)^2 \cdot 2,5 + 26,27^2 \cdot 277,5 + 226,64^2 \cdot 2,5 + 1255,08^2 \cdot 2,5 + 996^2 \cdot 277,5 + 736,29^2 \cdot 2,5 + 637,32^2 \cdot 2,5 + 896,4^2 \cdot 277,5 + 1155,48^2 \cdot 2,5 + 291,52^2 \cdot 2,5 + 32,44^2 \cdot 277,5 + 226,64^2 \cdot 2,5)}{4 \cdot (2,5 + 2,5 + 423 + 277,5)}} = 424,72 \text{Нм}$$

Так як двигун призначений для роботи в режимі S1, а фактична тривалість включення дорівнює:

$$PB_{\phi} = \frac{t_p}{t_p + t_n} 100\% = \frac{1130}{2822} 100\% = 41\%$$

То зробимо відповідний перерахунок еквівалентного моменту, визначивши для цього двигуна:

$$M_{\text{екв}} = M_{\text{екв}}^* \cdot \sqrt{\frac{PB_{\phi}}{PB_{\delta}}} = 424,72 \cdot \sqrt{\frac{41}{100}} = 272 \text{Нм}$$

Умова перевірки двигуна по нагріванню:

$$M_{\text{екв}} < M_N$$

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$M_N=731\text{Нм}$$

Отже

$$272<731$$

Двигун задовольняє умовам перевірки по нагріванню.

Умова перевірки по перевантаженню:

Максимальний момент двигуна

$$M_{\text{макс(по НД)}}<M_{\text{макс.доп}}$$

$$M_{\text{макс.доп}}=1340\text{ Нм}$$

$$M_{\text{макс(по НД)}}=1255,08\text{ Нм}$$

Отже

$$1255,08<1340$$

Умова виконується, двигун АІР315М6 перевірку по перевантаженню проходить.

2.6. Вибір перетворювача частоти

За параметрами обраного двигуна вибираємо перетворювач Altivar ATV980C16Q4X1 фірми Schneider Electric. Перетворювач використовується для перетворення частоти і моменту трифазного електродвигуна.

Altivar ATV980 із заводськими установками є ідеальною для широкої області простих застосувань регулювання швидкості. Перетворювач може застосовуватися як індивідуально, так і інтегруватися в системи автоматизації процесу. Він забезпечує максимальну ефективність технологічного обладнання, володіє чудовими прикладними алгоритмами управління і комунікаційними можливостями.

Основні області застосування:

- Нафтогазова промисловість;

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Металургія, видобуток корисних копалин;
- Харчова промисловість;
- Водопідготовка, водопостачання і водовідведення;

Основні функції контролю технологічного процесу:

- Ефективне управління двигуном з перевантаженням по моменту до 180% Мн в розімкнутій або замкнутій системі регулювання;
- Можливість роботи з асинхронними, синхронними і спеціальними двигунами, незалежно від класу ефективності і виробника. Двигуни з постійними магнітами, високомоментні двигуни, реактивні індукторні двигуни;
- Інтегрований здвоєний порт EtherNet / IP і Modbus TCP, кібербезпека Achilles Level 2;
- Зручність використання в системах автоматизації PlantStruxure і Foxboro Evo;
- Енергоефективність, контроль відхилення енергоспоживання системи від номінального значення;
- Адаптація до особливостей технологічного процесу;
- Вбудовані функції безпеки STO, сертифіковані по SIL3;
- Режим роботи «ведучий - ведений» і розподіл навантаження між перетворювачами частоти;
- Розподіл моменту при жорсткому або гнучкому з'єднанні елементів приводу;
- Доступ до технічної документації за допомогою динамічного QR коду;
- Вимірювання в режимі реального часу з архівацією і можливістю настройки інформаційної панелі;
- Функції попередження про необхідність технічного обслуговування (наприклад, контролю температури за допомогою датчиків PT100 / 1000, відстеження часу роботи вентиляторів);

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип захисту:

- тепловий захист;
- відключення двигуна при перевищенні обертального моменту;
- перевантаження по вихідній напрузі;
- захист від короткого замикання;
- зникнення фази двигуна;
- підвищена напруга живлення;
- перенапруження на шині постійного струму;
- перевищення швидкості;

Перевіримо перетворювач по перевантажувальній здатності.

Максимальний момент по навантажувальній діаграмі:

$$M_{\max}=1255\text{нМ}$$

Струм двигуна при цьому моменті становитиме:

$$I_{\max \text{ дв}} = \frac{M_{\max}}{M_N} \cdot I_N = \frac{1255}{731} \cdot 133 = 228\text{А}$$

$$I_{\text{доп. max}} = \lambda \cdot I_{\text{преобр}} = 1,5 \cdot 250 = 375\text{А},$$

де $\lambda = 1,5$ - Перевантажувальна здатність перетворювача.

Умова перевірки перетворювача по струму:

$$I_{\text{доп. max}} > I_{\max \text{ дв}}$$

Отже

$$375 > 228$$

Умови задовольняє заданий перетворювач.

У таблиці 2.2 наведені характеристики ПЧ Altivar ATV980C16Q4X1.

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Характеристики ПЧ Altivar ATV980

Таблиця 2.2

№	Найменування параметру	Величина	Од. вим.
1.	Напруга живильної мережі	380	В
2.	Частота мережі	50	Гц
3.	Безперервний вихідний струм	250	А
4.	Потужність	132	кВт
5.	Лінійний струм 380В	237	А
6.	Макс. перехідний струм протягом 60с	360	А
7.	Кількість дискретних виходів	1	
8.	Кількість дискретних входів	8	24В
9.	Кількість релейних виходів	3	
10.	Кількість аналогових входів	3	0-20мА/4-20мА 0-10В
11.	Кількість аналогових виходів	2	0 - 20 мА, 0-10В
12.	Маса	1082	кг
13.	Ступінь захисту	IP21	
14.	Типорозмір	А	

Характеристики перетворювачів частоти:

Силовий блок перетворювачів частоти може бути розділений на три частини:

а) некерований випрямляч, доповнений вхідним ланцюгом захисту від перенапруги і, можливо, ланцюгом, що обмежує різкі кидки напруги.

б) ланцюг з ланкою постійного струму, що містить конденсатор, зазвичай з дуже великою ємністю (використовується батарея електролітичних конденсаторів).

в) трифазний транзисторний інвертор.

Схеми підключення та керування ПЧ наведені в додатку А.

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

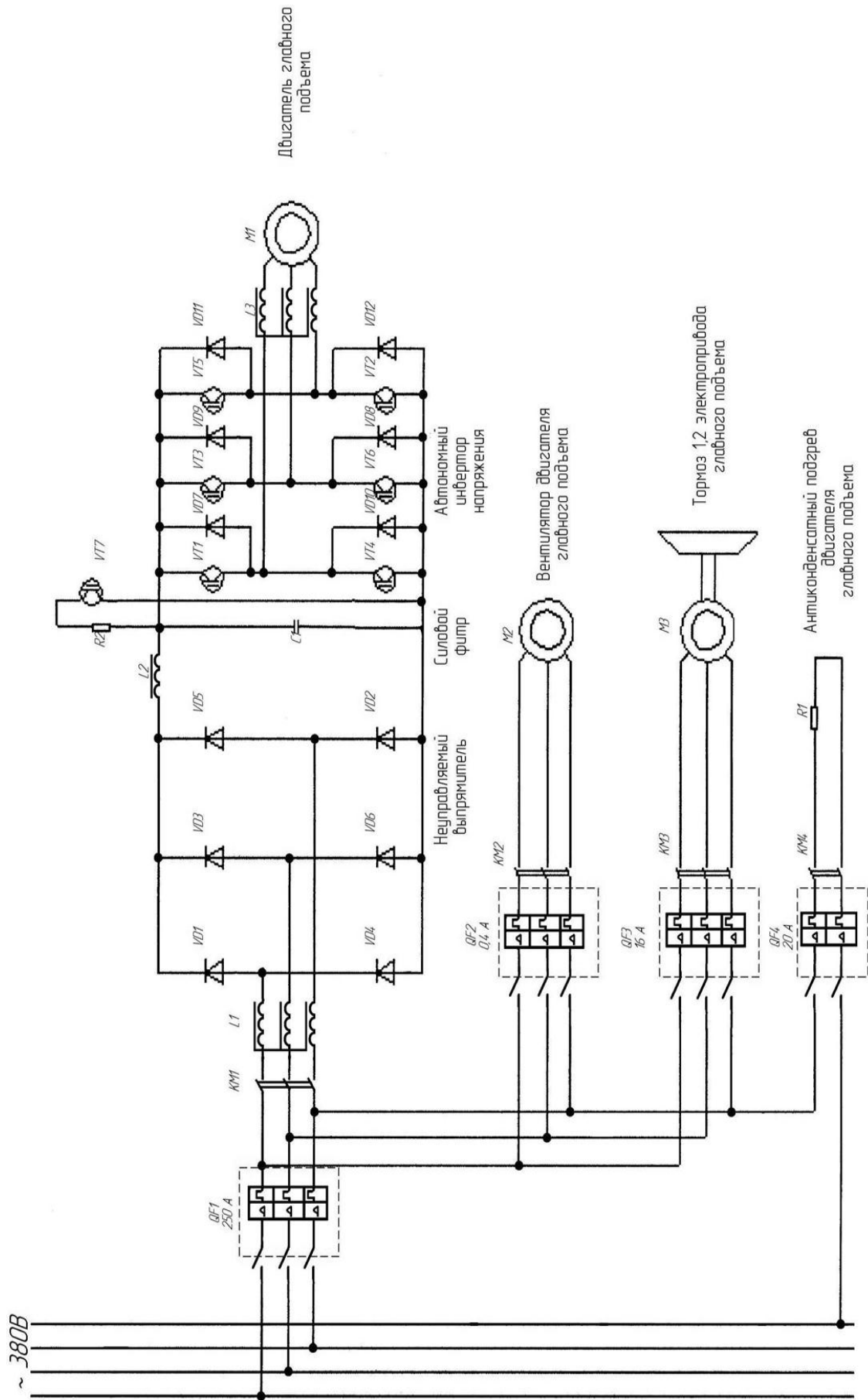


Рис. 2.2. Электрична принципова схема силових ланцюгів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ

Арк.

33

2.7. Розробка системи автоматичного керування електроприводом

2.7.1. Побудова системи автоматичного керування з орієнтацією поля ротора в системі координат з керованим ковзанням

Існує два принципи побудови системи автоматичного регулювання асинхронного двигуна з векторним керуванням:

- Принцип орієнтації поля в системі координат з керованою швидкістю обертання. Тут орієнтуючим елементом є регулятор моменту, тоді магнітне поле, що обертається, утворюється шляхом фіксації вектора потокозчеплення ротора в системі координат і наданням цій системі необхідної швидкості обертання. Регулятор моменту будується в вигляді зверненої моделі ланки електромагнітного моменту.
- Принцип орієнтації системи координат по полю. У цьому варіанті орієнтуючим є сам об'єкт регулювання, і при цьому з асинхронного двигуна отримують інформацію про стан вектора потокозчеплення взаємоіндукції і потім отримують вектор потокозчеплення ротора. Необхідність в датчиках потокозчеплення в пазу асинхронного двигуна є істотним недоліком даного варіанта.

Функціональна схема системи керування реалізуюча принцип керування приведена на рис.2.3.

Характеристика системи регулювання:

1. Схема має замкнуту систему регулювання проєкцій струмів статора - замкнута з регулюванням по відхиленню (регулювання ведеться в системі координат зорієнтованої за вектором потокозчеплення ротора, тобто регулює постійні сигнали);
2. Система регулювання модуля вектора потокозчеплення ротора з регулятором потокозчеплення - розімкнена система регулювання.
3. Система регулювання електромагнітного моменту з регулятором моменту - розімкнена з регулюванням по збуренню (кутова швидкість обертання ротора);

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

4. Система регулювання швидкості - замкнута з регулюванням по відхиленню (в реальній системі швидкість двигуна обчислюється на основі моделі двигуна);

Опис схеми (рис. 2.3.):

Силова частина:

ПЧ - перетворювач частоти; АД - асинхронний двигун;

Інформаційна частина:

ДТ - датчик фазних струмів; ДС - датчик швидкості (реально не існує);

БК - блок компенсації внутрішніх перехресних зв'язків об'єкта;

ПКН - перетворювач координат напруги (здійснює пряме перетворення за допомогою матриці A_s ; при моделюванні перетворення координат не використовується);

ПКТ - перетворювач координат струму (здійснює зворотне перетворення за допомогою матриці A_s^{-1} ; при моделюванні перетворення координат не використовується);

БУКП - блок керування координатними перетворювачами;

Регулююча частина:

РС - регулятор швидкості; ЗО - ланка обмеження;

РМ - регулятор моменту; РТС - регулятор струмів статора;

РП - регулятор потокозчеплення; ЗИ - задатчик інтенсивності;

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

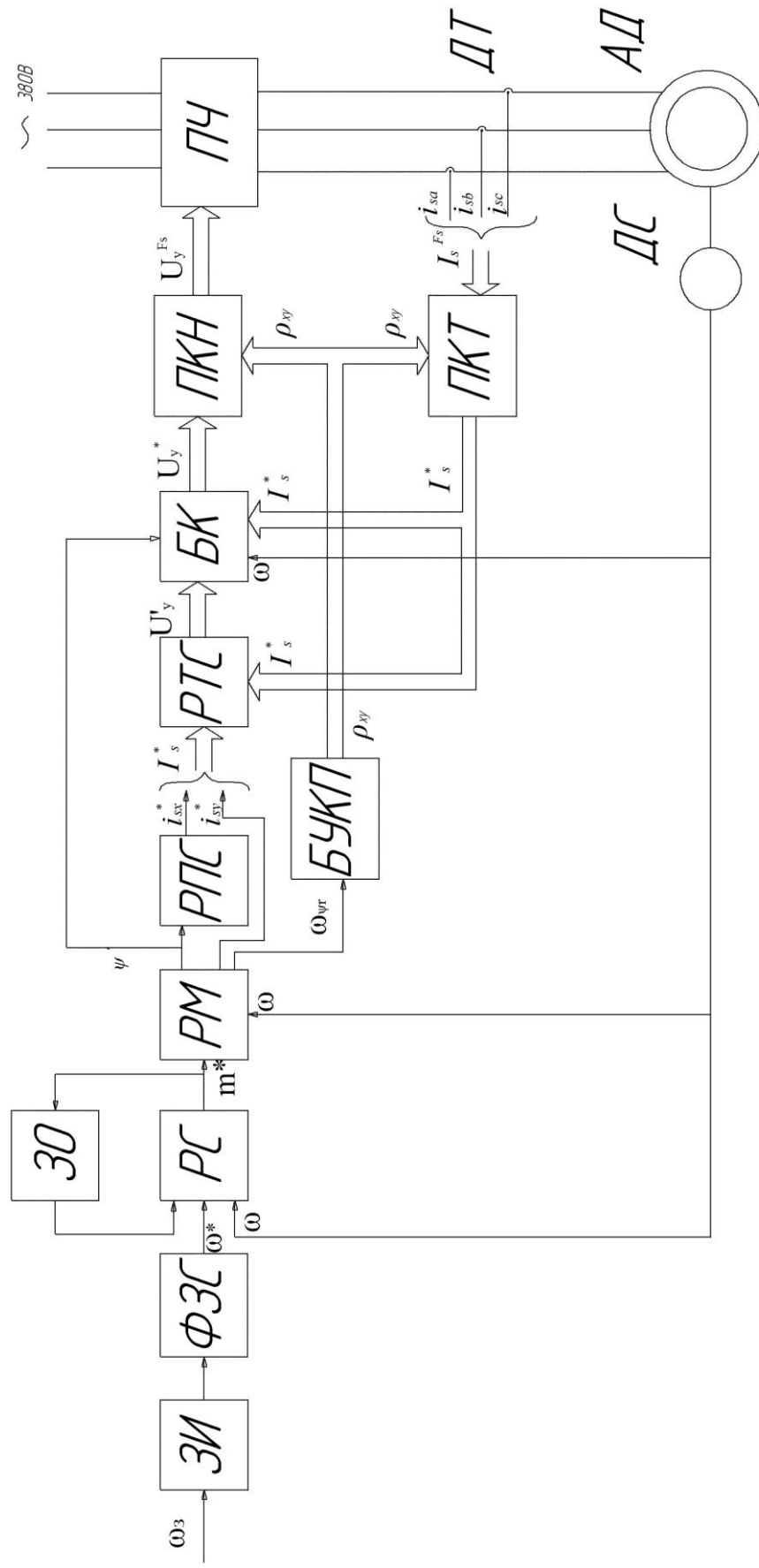


Рис. 2.3. Функціональна схема САК з орієнтацією поля в системі з керованим ковзанням

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

2.7.2. Синтез регуляторів

Система регулювання будується на принципах підлеглого регулювання, в основу яких закладено такі основні положення:

- Об'єкт регулювання представляється у вигляді послідовно з'єднаних ланок.
- Розбиття об'єкта на ланки проводиться з такого розрахунку, щоб на виході кожної ланки була фізична величина, яка представляє інтерес з точки зору регулювання і контролю.
- На виході регулюючої частини встановлюється фільтр з передавальною функцією:

$$\Phi_0(p) = \frac{1}{T_\mu p + 1}, \text{ де } T_\mu - \text{некомпенсована постійна часу.}$$

Для кожної регульованої координати будується замкнута система регулювання з індивідуальним регулятором, на який покладено дві основні функції: компенсувати ланку об'єкта регулювання потрапившу в контур і забезпечення астатизма контуру (як мінімум першого порядку) по керуючому впливу. Система при цьому налаштовується на модульний оптимум. Фізичним змістом налаштування на модульний оптимум є те, що в полосі пропускання кожного контуру коефіцієнт посилення дорівнює 1 і тому нехтуємо зміною сигналу при проходженні через систему. При налаштуванні на модульний оптимум використовується інтегральний критерій якості мінімізуючий помилку та її похідну.

2.7.3. Синтез регуляторів перетворених струмів статора

Оскільки для обох проекцій струму статора ланка об'єкта потрапив в контур самотнього то розглянемо синтез регулятора для однієї з проекцій.

Розрахункова схема для синтезу двомірного регулятора струму статора приведена на рис. 2.4.

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

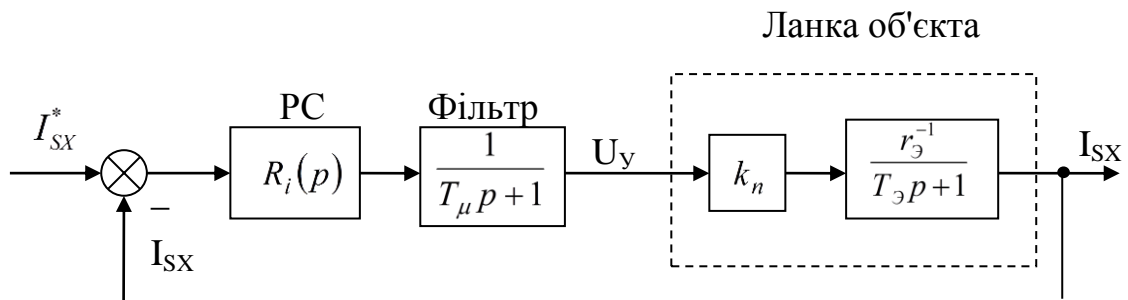


Рис. 2.4. Розрахункова схема САР струму

Передавальна функція має вигляд:

$$\Phi_0(p) = \frac{1}{T_\mu p + 1}$$

Некомпенсовану постійну часу приймаємо рівною $T_\mu = 0.005$ с, оскільки при використанні частотно-регульованого електроприводу ця величина може бути обрана набагато менше, ніж в аналогічному приводі постійного струму. З огляду на те, що в електроприводі змінного струму практично не існує обмеження на частоту вхідних впливів через високу частоти комутації.

Ланка об'єкта потрапив в контур має вигляд:

$$W_i(p) = \frac{k_n / r_3}{T_3 p + 1}$$

Передавальна функція регулятора має наступний вигляд:

$$R_i(p) = W_i^{-1}(p) \frac{1}{T_i p} = \frac{T_3 + 1}{\frac{k_p}{r_3} T_i p} = \frac{T_3 + r_3}{k_p T_i} + \frac{1}{\frac{k_p}{r_3} T_i p} - \text{«ПІ» регулятор,}$$

де $T_i = 2 \cdot T_\mu$ - постійна часу регулятора струму статора виходячи з налаштування на модульний оптимум.

Замкнута типова передавальна функція контуру струму має вигляд:

$$G_i(p) = \frac{1}{2T_\mu^2 p^2 + 2T_\mu p + 1}$$

2.7.4. Синтез регулятора потокозчеплення ротора

В даному проекті використовується управління при сталості потокозчеплення ротора $\Psi_r = \text{const}$, без урахування зміни індуктивності $l_m^* = l_m$, тому допускається використання схеми без регулятора Ψ , а слід подати на вхід САР струму сигнал i_{sx}^* .

Величина завдання на струм по координаті X

$$i_{sx}^* = \frac{I_{sx.ном}}{I_{s.б}};$$

Величина завдання потокозчеплення

$$\Psi_r^* = i_{sx}^* l_m;$$

Схема регулятора

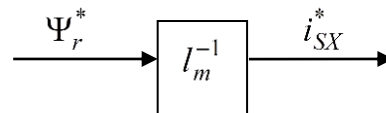


Рис. 2.5. Структурна схема для синтезу регулятора потокозчеплення ротора

2.7.5. Синтез регулятора електромагнітного моменту

Регулятор представлений у вигляді зворотної ланки моменту

$m = k_r \Psi_r i_{sy}$ – ланка моменту (ЗМ); $i_{sy} = (k_r^* \Psi_r)^{-1} m^*$ – регулятор моменту (РМ)

Регулятор моменту формує частоту ковзання координат. Потрібно ввести в регулятор моменту обчислювач абсолютного ковзання β_{Ψ_r}

$$\beta_{\Psi_r} = r_r^* k_r^* \Psi_r^* i_{sy}^*$$

$$\omega_{\Psi_r} = \omega + \beta_{\Psi_r}$$

$$\Phi(p) = \frac{1}{T_{\omega}'p + 1}$$

Передавальна функція регулятора швидкості має вигляд:

$$R_{\omega}(p) = \frac{T_{\omega}'p + 1}{T_{\omega}'p} \cdot \frac{T_j}{T_{\omega}}$$

Де постійні часу для настройки на модульний оптимум визначаються як:

$$T_{\omega}' = 2 \cdot T_{\omega} = 4 \cdot T_j = 8 \cdot T_{\mu}$$

Типова передавальна функція розімкненої системи регулювання швидкості налаштована на симетричний оптимум і має вигляд:

$$\Phi_{\omega}(p) = \frac{8 \cdot T_{\mu} + 1}{8 \cdot T_{\mu}} \cdot \frac{1}{4T_{\mu}p} \cdot \frac{1}{2T_{\mu}^2p^2 + 2T_{\mu}p + 1}$$

Типова передавальна функція замкнутої системи по керуючому впливу має вигляд:

$$G_{Mc}^{\omega}(p) = \frac{32T_{\mu}^2p}{T_j} \cdot \frac{2T_{\mu}^2p^2 + 2T_{\mu}p + 1}{64T_{\mu}^4p^4 + 64T_{\mu}^3p^3 + 32T_{\mu}^2p^2 + 8T_{\mu}p + 1}$$

Типовий перехідний процес по керуючому впливу має наступні показники якості:

- Час досягнення максимуму $t_M = 18T_{\mu}$;
- Час перехідного процесу (час входження в 1% зону) $t_{n.n} = 22,5T_{\mu}$;
- Перерегулювання по швидкості $\sigma = 6.2\%$;

Типовий перехідний процес по збурюючому впливу має наступні показники якості:

- Час відновлення $t_{вос} = 3.86T_{\omega}$;
- Перерегулювання за моментом $\sigma = 54\%$;

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механічні характеристики системи є абсолютно жорсткими з огляду на те, що значення передавальної функції по збурюючому впливу в сталому режимі $G_{Mc}^{\omega}(0) = 0$

Тобто система не матиме помилки по збурюючому впливу.

Знайдемо значення пропорційного і інтегрального коефіцієнтів регулятора швидкості для установки відповідних параметрів в ПЧ.

Пропорційний коефіцієнт регулятора швидкості:

$$k_n = \frac{T_j}{T_{\omega}} = 445$$

Інтегральний коефіцієнт регулятора швидкості в параметрі під інтегральним коефіцієнтом розуміється постійна часу:

$$T_H = \frac{T_{\omega} \cdot T_{\omega}'}{T_j} = 0,000009$$

Далі ці значення можуть бути встановлені в параметри перетворювача.

					ЕП.ПД.18.03.02.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

3.1. Моделювання частотно-регульованого електроприводу

3.1.1. Математична модель об'єкта управління

В якості базової моделі використовується рівняння електромагнітних контурів і рівняння зв'язку узагальненої електричної машини при наступних припущеннях:

Магнітні сили створювані фазними струмами синусоїдально спрямовані уздовж повітряного зазору (нехтуємо вищими гармоніками);

Не враховується вплив пазів;

Не враховується насичення, і втрати в сталі;

Машина передбачається симетрична, тобто фазні обмотки мають однакове число витків;

Параметри ротора приведені до числа витків обмотки статора.

В даному проекті використовується система базисних величин з орієнтацією на електромагнітну потужність машини, при цьому часом не масштабується. У цьому випадку отримуємо, що базисний момент дорівнює номінальному, а базисне напруга є похідною величиною.

Номінальна кутова частота напруги статора двигуна

$$\Omega_{S.ном} = 2\pi \cdot f_{S.ном} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \frac{1}{c}.$$

Номінальна кутова частота обертання ротора

$$\Omega_{ном} = \omega_{де} = 102,88 \frac{1}{c}.$$

Номінальна кутова частота струму ротора (абсолютне ковзання)

$$\Delta\Omega_{ном} = \Omega_{S.ном} - p\Omega_{ном} = 314 - 3 \cdot 102,88 = 5,36 \frac{эл.рад}{c}.$$

При описі базисних величин знайдемо чисельні значення для двигуна АИР315М6, дані якого наведені в таблиці 2.1.

					ЕП.ПД.18.03.03.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Базисна кутова частота:

$$\Omega_B = 2\pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \frac{1}{c}.$$

Базове значення моменту:

$$M_B = M_N = 731 \text{ Нм}.$$

Базове значення потужності дорівнює значенню електромагнітної потужності в зазорі:

$$P_B = \frac{M_B \cdot \Omega_B}{p_n} = \frac{731 \cdot 314}{3} = 76511 \text{ Вт}.$$

де p_n — число пар полюсів двигуна.

Базисна механічна частота обертання ротора:

$$\omega_B = \frac{\Omega_B}{p_n} = \frac{314}{3} = 104,6 \text{ рад / с}.$$

Базисні величини для ланцюгів ротора і статора.

Базисне значення струму статора (ротора):

$$I_{SB} = I_{RB} = \sqrt{2} \cdot I_H = 133 \cdot \sqrt{2} = 188 \text{ А}$$

Величина струму статора по осі ОХ в номінальному режимі:

$$I_{SX,ном} = \frac{\sqrt{2} I_{S,ном}}{\sqrt{1 + (X_m + X_{r\sigma})^2 \left(\frac{\Delta\Omega_{ном}}{R_r \Omega_{S,ном}} \right)^2}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 133}{\sqrt{1 + (3,5 + 0,12)^2 \left(\frac{5,36}{0,019 \cdot 314} \right)^2}} = 55,27 \text{ А}.$$

Величина струму статора по осі ОУ в номінальному режимі:

$$I_{SY,ном} = \frac{X_m + X_{r\sigma}}{R_r} \cdot \frac{\Delta\Omega_{ном}}{\Omega_{S,ном}} I_{SX,ном} = \frac{(3,5 + 0,12) \cdot 5,36}{0,019 \cdot 314} 55,27 = 179,75 \text{ А}.$$

Базисне значення напруги статора (ротора):

$$U_{SB} = U_{RB} = \frac{2}{m} \cdot \frac{M_B \Omega_B}{p I_{SB}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{731 \cdot 314}{3 \cdot 188} = 271 \text{ В},$$

де m - число фаз.

					ЕП.ПД.18.03.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Потокозчеплення статора:

$$\Psi_S = \frac{X_m}{\Omega_{S,ном}} I_{SX,ном} = \Psi_{TV} = \frac{3,5}{314} 55.27,4 = 0,802 \text{ Вб}$$

Базисне потокозчеплення статора (ротора):

$$\Psi_{SB} = \Psi_{RB} = \frac{U_{SB}}{\Omega_B} = \frac{271}{314} = 0,863 \text{ Вб}$$

Базисний повний опір:

$$Z_B = \frac{U_B}{I_B} = \frac{271}{188} = 1,44 \text{ Ом}$$

Базисна індуктивність статора (ротора):

$$L_{SB} = L_{RB} \frac{\Psi_{SB}}{I_{SB}} = \frac{0,863}{314} = 0,00274 \text{ Гн}$$

Після переходу до відносних одиниць система рівнянь асинхронної машини набирає вигляду (всі величини в відносних одиницях крім часу):

Рівняння статорних ланцюгів:

$$u_{sx} = r_s \cdot i_{sx} + T_B p \cdot \psi_{sx} - \omega_k \cdot \psi_{sy};$$

$$u_{sy} = r_s \cdot i_{sy} + T_B p \cdot \psi_{sy} - \omega_k \cdot \psi_{sx};$$

Рівняння роторних ланцюгів:

$$0 = T_B p \cdot \psi_{rx} - (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{ry} + r_r \cdot i_{rx};$$

$$0 = T_B p \cdot \psi_{ry} - (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{rx} + r_r \cdot i_{ry};$$

де T_B - базисна постійна часу визначається як:

$$T_B = \frac{1}{\Omega_B} = \frac{1}{314} = 0,0032 \text{ с.}$$

Рівняння моменту:

$$m = k_r \cdot (i_{sy} \cdot \psi_{rx} - i_{sx} \cdot \psi_{ry})$$

					ЕП.ПД.18.03.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

де k_r - коефіцієнт зв'язку ротора визначається як:

$$k_r = \frac{l_m}{l_r}$$

Рівняння руху для одномасової системи:

$$m - m_c = T_j \cdot p \cdot \omega,$$

де механічна постійна часу і визначається як:

$$T_j = J_\Sigma \cdot \frac{\Omega_B}{p_n \cdot M_B} = 6,269 \cdot \frac{314}{731 \cdot 3} = 0,897 \text{с}$$

Далі за допомогою рівнянь зв'язку виключаємо струми ротора і потокозчеплення статора з вищенаведеної моделі.

Структурна схема асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором на підставі наведених рівнянь приведена на рис 3.1:

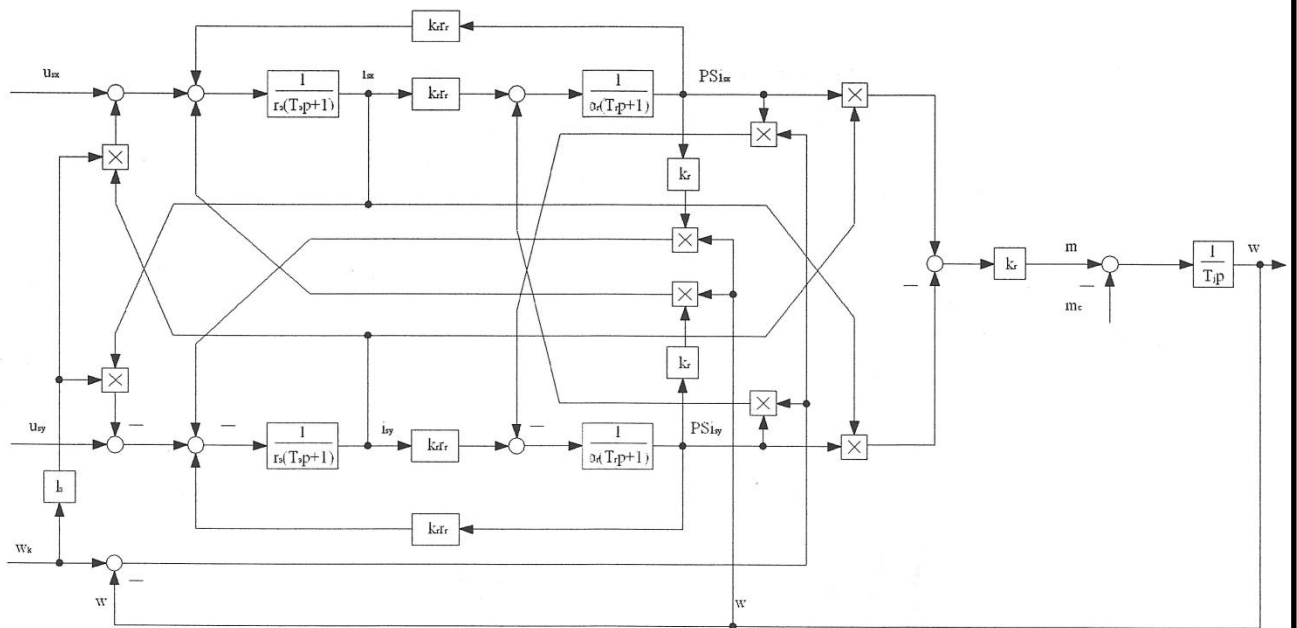


Рис. 3.1. Структурна схема короткозамкнутого асинхронного двигуна

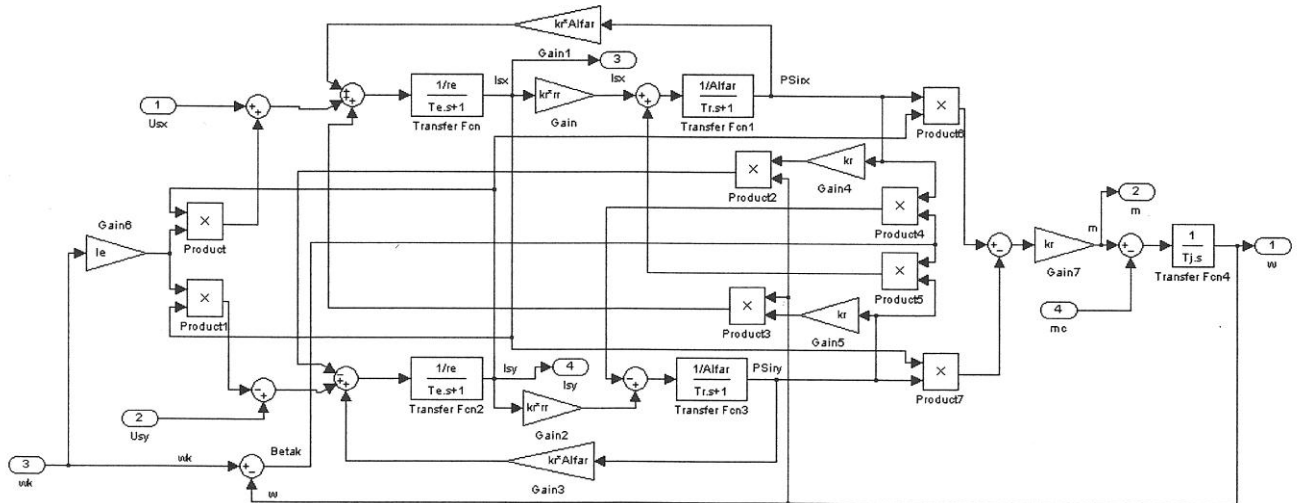


Рис. 3.2. Структурна схема А.Д. в Matlab

3.1.2. Розрахунок параметрів об'єкта керування

Розрахунок параметрів моделі асинхронного двигуна у відносних одиницях проводиться з урахуванням прийнятих відносних одиниць.

При розрахунку параметрів вважається, що модель побудована на основі «Т»-образної схеми заміщення асинхронного двигуна.

Індуктивність розсіювання статорного ланцюга у в.о.:

$$l_{s\sigma} = \frac{X_s}{\Omega_B L_B} = \frac{0,11}{314 \cdot 0,00274} = 0,127$$

Індуктивність розсіювання роторного ланцюга у в.о.:

$$l_{r\sigma} = \frac{X_r}{\Omega_B \cdot L_B} = \frac{0,072}{314 \cdot 0,00274} = 0,083$$

Коефіцієнт взаємної індукції обмоток статора і ротора в в.о.:

$$l_m = \frac{X_M}{\Omega_B L_B} = \frac{3,5}{314 \cdot 0,00274} = 4,06$$

Повна індуктивність обмотки ротора в в.о.:

$$l_s = l_{s\sigma} + l_m = 0,127 + 4,06 = 4,187$$

Повна індуктивність статорних ланцюгів в в.о.:

$$l_r = l_{r\sigma} + l_m = 0,083 + 4,06 = 4,143$$

Коеф. загасання роторних ланцюгів при розімкнутих статорних в в.о.:

$$\alpha_r = \frac{r_r}{l_r} = \frac{0,019}{4,143} = 0,0045$$

Коефіцієнт зв'язку ротора в в.о.:

$$k_r = \frac{l_m}{l_r} = \frac{4,06}{4,082} = 0,98$$

Постійна часу ланцюга ротора:

$$T_r = \frac{l_r}{r_r} \cdot T_B = \frac{4,082}{0,019} \cdot 0,0032 = 0,6\text{с}$$

Еквівалентний опір в в.о.:

$$r_{\Sigma} = r_s + k_r^2 r_r = 0,03 + 0,98^2 \cdot 0,019 = 0,048$$

Еквівалентна індуктивність в в.о.:

$$l_{\Sigma} = l_{s\sigma} + k_r^2 l_{r\sigma} = 0,127 + 0,98^2 \cdot 0,083 = 0,206$$

Еквівалентна постійна часу в в.о.:

$$T_{\Sigma} = \frac{l_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} T_B = \frac{0,206}{0,048} \cdot 0,0032 = 0,0137$$

Механічна постійна часу в в.о.:

$$T_j = \frac{\Omega_B}{M_B p_n} \cdot J_{\Sigma} = \frac{314}{731 \cdot 3} \cdot 6.269 = 0,89$$

Визначимо проєкції вектора напруги статора, що обертається системі координат зі швидкістю магнітного поля статора, задаючи одну з проєкцій.

$$u_{sx} = 1,402 \text{ в.о.}; U_{ж(зірка)} = 380 \text{ В};$$

					ЕП.ПД.18.03.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$u_{sy} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2} \cdot 380}{U_B}\right)^2 - (u_{sx})^2} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2} \cdot 380}{271}\right)^2 - (1,402)^2} = 1,402$$

3.1.3. Математична модель системи керування електроприводом

Передумови якісного регулювання моменту асинхронного двигуна:

1. Орієнтація системи координат.
2. Синтез блоку компенсації внутрішніх перехресних зв'язків. Для побудови високоякісної системи регулювання швидкості необхідно компенсувати трансформаторну ЕРС і ЕРС обертання.
3. Синтез регуляторів перетворених струмів статора.

Передавальна функція регулятора має наступний вигляд:

$$R_i(p) = W_i^{-1}(p) \frac{1}{T_i p} = \frac{T_s + 1}{\frac{k_{\Pi}}{r_s} T_i p} = \frac{T_s + r_s}{k_{\Pi} T_i} + \frac{1}{\frac{k_{\Pi}}{r_s} T_i p} - \text{«ПІ» регулятор,}$$

де $T_i = 2 \cdot T_{\mu} = 0,001 \text{ c}$ - постійна часу регулятора струму статора виходячи з налаштування на модульний оптимум.

$$K_{PT} = \frac{T_s \cdot r_s}{k_{\Pi} T_i} = \frac{0,0138 \cdot 0,048}{1 \cdot 0,001} = 0,662$$

$$T_{PT} = \frac{k_{\Pi} \cdot T_i}{r_s} = \frac{1 \cdot 0,001}{1 \cdot 0,048} = 0,02 \text{ c}$$

Замкнута типова передавальна функція контуру струму має вигляд:

$$G_i(p) = \frac{1}{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1}$$

4. Синтез регулятора потокозчеплення ротора

Система регулювання потокозчеплення розімкнута, оскільки немає інформації про потокозчеплення ротора. У цьому випадку регулювання у другій зоні не проводиться, і потік залишається незмінним під час роботи е.п.

					ЕП.ПД.18.03.03.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулятор потокозчеплення ротора в цьому випадку матиме вигляд (для статичного режиму):

$$R_{\psi_r}(p) = W_r^{-1}(0) = \frac{1}{l_m} ; R_{\psi_r}(p) = \frac{1}{4,06} = 0,24 ;$$

При цьому система не розрахована на управління потокозчепленням в динаміці і чутлива до зміни параметрів магнітного кола залежних від насичення.

5. Синтез регулятора електромагнітного моменту

Регулятор моменту будується в вигляді зверненого ланки електромагнітного моменту, причому, оскільки потокозчеплення ротора не змінюється то воно присутнє в регуляторі у вигляді коефіцієнта.

Контур моменту має високу швидкодію, але на динаміку впливає зміна потокозчеплення ротора.

6. Синтез регулятора кутової швидкості

З точки зору вимог до електроприводу допускається відносне падіння швидкості 5% отже, можливе використання «П» - регулятора швидкості, але вимога до САР такі, що нам необхідно використовувати «ПІ» - регулятор швидкості. При синтезі нехтуємо статичним моментом навантаження.

7. Задатчик інтенсивності

Типова передавальна функція розімкненої системи регулювання швидкості налаштована на симетричний оптимум і має вигляд:

$$\Phi_{\omega}(p) = \frac{8T_{\mu} + 1}{8T_{\mu}p} \cdot \frac{1}{4T_{\mu}p} \cdot \frac{1}{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu}p + 1}$$

Типова передавальна функція замкнутої системи по керуючому впливу має вигляд:

$$G_{\omega}^{\omega}(p) = \frac{1}{64T_{\mu}^4 p^4 + 64T_{\mu}^3 p^3 + 32T_{\mu}^2 p^2 + 8T_{\mu}p + 1}$$

					ЕП.ПД.18.03.03.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Типова передавальна функція замкнутої системи по збурюючому впливу має вигляд:

$$G_{Mc}^{\omega}(p) = \frac{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1}{64T_{\mu}^4 p^4 + 64T_{\mu}^3 p^3 + 32T_{\mu}^2 p^2 + 8T_{\mu} p + 1} \cdot \frac{32T_{\mu}^2 p}{T_j}$$

Типовий перехідний процес по керуючому впливу має наступні показники якості:

- Час досягнення максимуму $t_m = 18 \cdot T_{\mu} = 18 \cdot 0,0005 = 0,09$;
- Час перехідного процесу (час входження в 1% зону)
- $t_{n,n} = 22,5 T_{\mu} = 22,5 \cdot 0,0005 = 0,0113$;
- Перерегулювання по швидкості $\sigma = 6.2\%$;

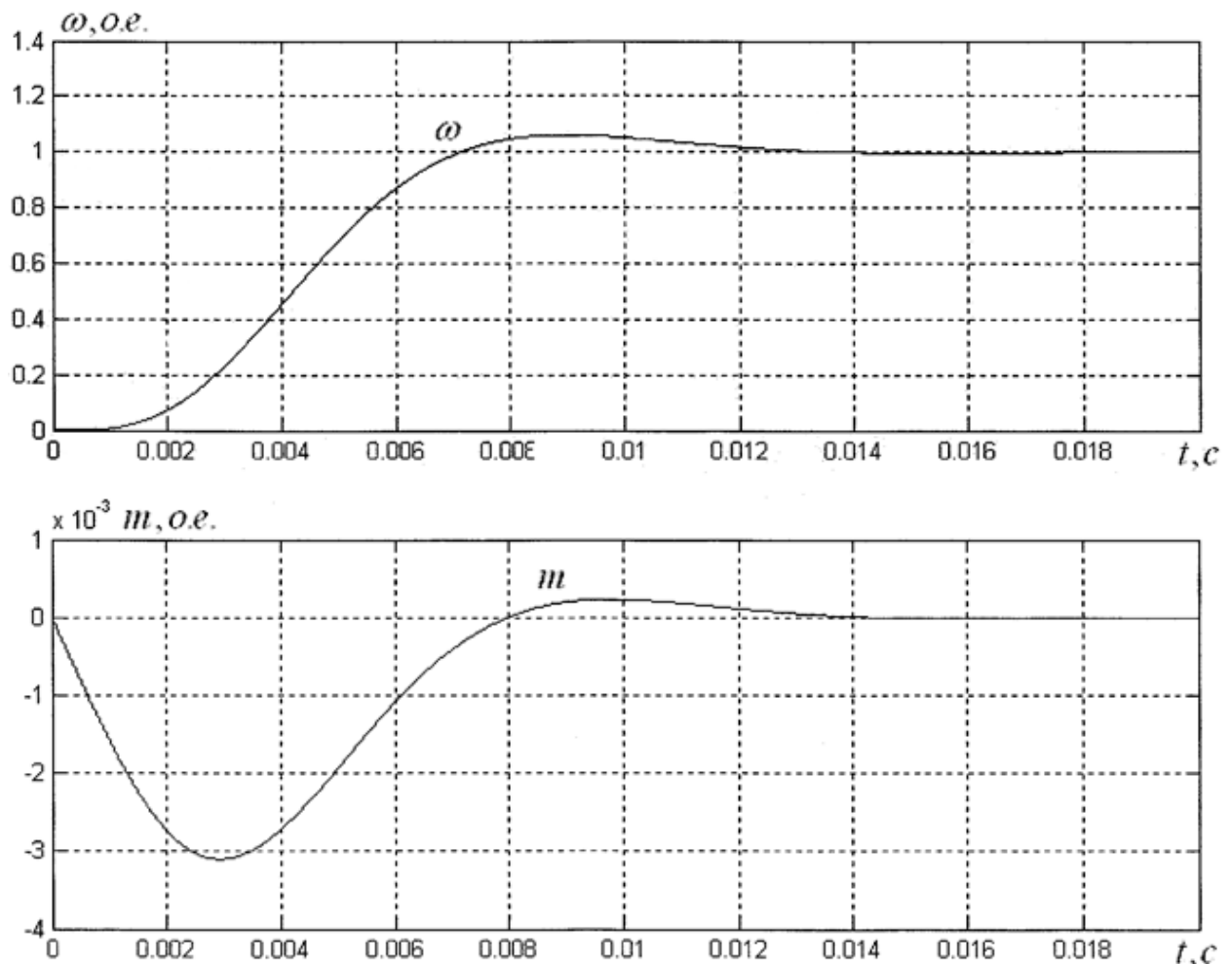


Рис. 3.3. Типові перехідні процеси за швидкістю контуру швидкості
(Зверху по керуючому впливу, знизу по збурюючому)

Типовий перехідний процес по збурюючому впливу має наступні показники якості:

- Час відновлення $t_{\text{вост}} = 3,86 \cdot T_{\omega} = 3,86 \cdot 0,002 = 0,0077$;
- Перерегулювання по моменту $\sigma = 54\%$

Механічні характеристики системи є абсолютно жорсткими, тобто система не матиме помилки по збурюючому впливу.

Знайдемо значення пропорційного і інтегрального коефіцієнтів регулятора швидкості для установки відповідних параметрів в перетворювачі частоти.

Пропорційний коефіцієнт регулятора швидкості:

$$k_{PC} = \frac{T_j}{T_{\omega}}$$

$$k_{PC} = \frac{0,89}{0,002} = 445$$

Інтегральний коефіцієнт регулятора швидкості в параметрі під інтегральним коефіцієнтом розуміється постійна часу:

$$T_{PC} = \frac{T_{\omega} \cdot T_{\omega}'}{T_j}$$

$$T_{PC} = \frac{0,002 \cdot 0,004}{0,89} = 0,0000089$$

3.2. Результати моделювання

При цьому для забезпечення більш плавного пуску (без ударних моментів) проводиться попереднє намагнічування двигуна протягом 1с відповідно до встановленого параметра.

У порівнянні з розрахунковою тахограмою є деякі перехідні процеси, також присутні коливання моменту це пов'язано з тим, що математична

					ЕП.ПД.18.03.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

модель перетворювача частоти представлена не у вигляді коефіцієнта передачі, а вигляді ряду ланок і враховує його дискретність. Значення максимального моменту збігається з розрахунковим. При значенні некомпенсованою постійної часу 0.0005 с і використанням «ПІ» - регулятора швидкості перехідний процес по швидкості практично не відрізняється від завдання.

При відпрацюванні тахограми привід утримує навантаження деякий час, необхідний для накладення механічного гальма.

Розрахунок початкових параметрів для моделювання:

1. Розрахунок номінального потокозчеплення:

$$\psi_N = \frac{\psi_{TN}}{\psi_B}$$

$$\psi_N = \frac{0,802}{0,863} = 0,93 \text{ в.о.}$$

У момент часу $t = 0$ с починаємо створювати номінальний потік, 0,5 с вистачає щоб потік досяг свого номінального значення.

2. Розрахунок номінального моменту:

$$M_N = M_B = 731 \text{ Нм}; \quad m_c = \frac{731}{731} = 1 \text{ в.о.}$$

Номінальний момент подамо в $t = 3,5$ с так як привід виходить на номінальну швидкість.

3. Розрахунок номінальної швидкості:

$$\omega_3 = 1$$

Завдання на швидкість подаємо в $t = 0,5$ с.

Покажемо, що при моделюванні типові тахограми і навантажувальної діаграми вони практично не відрізняються від розрахункових. Відмінність в тому, що на тахограмі і навантажувальній діаграмі представлених в пакеті Matlab мають місце перехідні процеси.

					ЕП.ПД.18.03.03.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

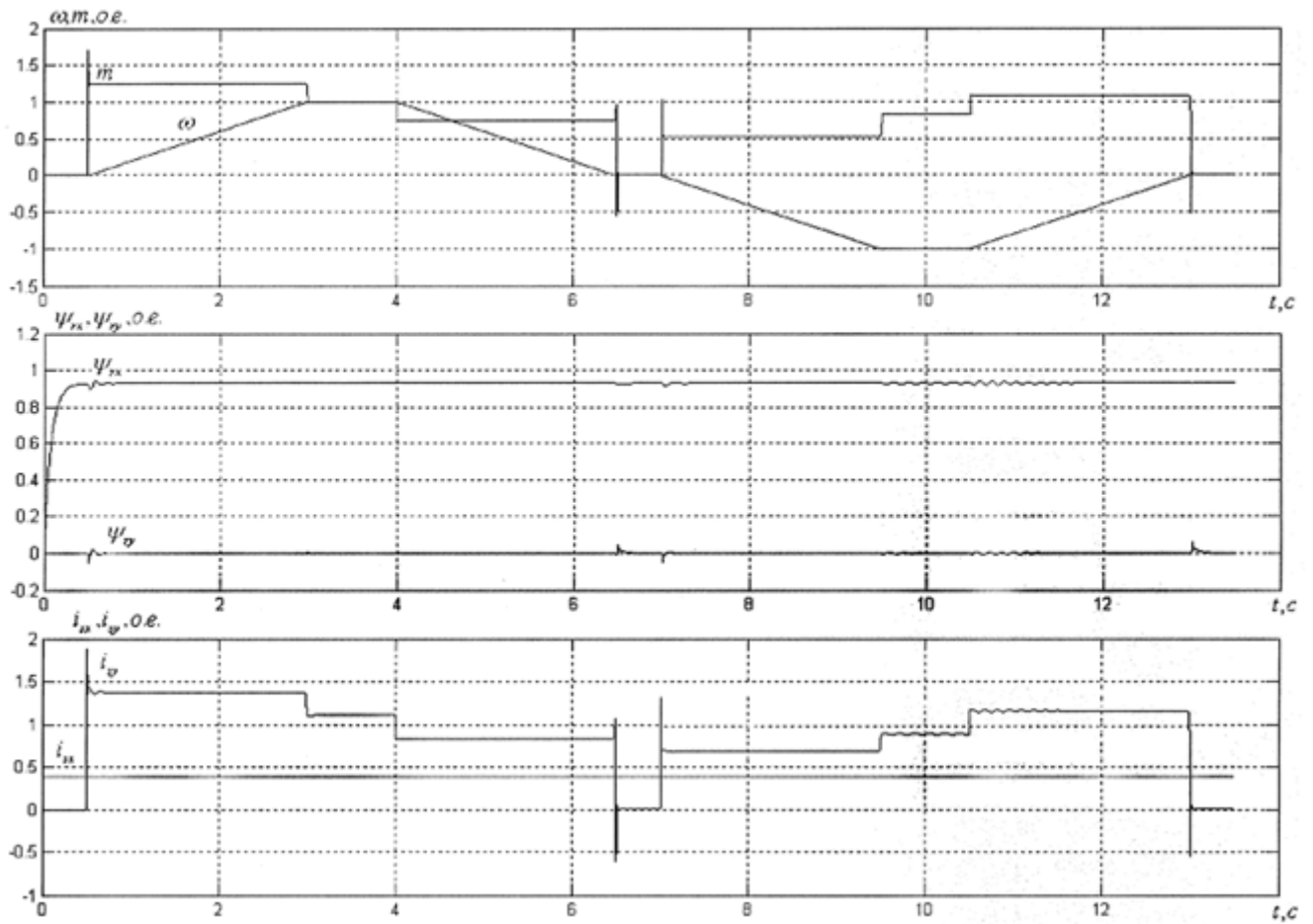


Рис. 3.4. Відпрацювання типової тахограми крана з використанням частотно - регульованого електропривода

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

4.1. Вступ

Останнім часом намітилася стійка тенденція до застосування частотно - регульованих електроприводів мостових кранів. В Україні та за кордоном забезпечуються частотно - регульованим приводом плавні перехідні процеси, що призводять до значного зниження динамічних навантажень в елементах кінематичного ланцюга приводу. Це дозволяє підвищити надійність і довговічність роботи механічного обладнання крана, відпадає необхідність заміни редуктора, гальмівних колодок і електродвигуна.

Тому в даному дипломному проекті було прийнято рішення використовувати АД з частотним керуванням.

Застосування частотно - регульованих перетворювачів дозволяє використовувати одношвидкісні асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором загального застосування.

В цьому розділі буде проведено розрахунок капітальних витрат, а також розрахунок експлуатаційних витрат, що складаються з: амортизаційних відрахувань; річного фонду заробітної плати; відрахувань на соціальні заходи; визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт; вартості спожитої електроенергії; інших витрат. А також будуть складені відповідні висновки з даного розділу.

					ЕП.ПД.18.03.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

4.2. Початкові дані для розрахунку і капітальні витрати

Кошторис на придбання нового обладнання представлено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Вартість електрообладнання

№	Найменування обладнання	Кількість, шт.	Вартість , грн.
1	<p>Шафа приводу головного підйому, в складі:</p> <ul style="list-style-type: none"> - шафа Rittal з монтажними панелями - 1 шт. - перетворювач Altivar ATV980 на 132кВт -1шт. - запобіжники, контактори - елементи силового інтерфейсу (контактори, автоматичні вимикачі, запобіжники, реле) - інтерфейс шафи (джерела живлення, розв'язки, клемники і т.п.) 	1	329772,0
2	<p>Загальнокранове обладнання, в складі:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ел. двиг. головного підйому -132 кВт. з вбудованими вентиляторами -1 шт. - гальмо на привід гол. підйому ТКГ-300, 2шт. - обмежувач вантажопідйомності з функцією реєстратора параметрів; - кінцеві вимикачі для механізмів підйому - ультразвукові датчики (система противозіткнення кранів) - освітлення підкранове - освітлення аварійне - та інше. 	1	315793,0
3	<p>Невраховані матеріали, запасні частини</p> <p>15% від вартості обладнання. Кабель.</p>	1	96835,0

4	Проектні інвестиції, промислова експертиза РД: електроприводи механізмів крана, система керування електроприводами	1	145113,0
5	Налагодження і введення в експлуатацію Електрообладнання крана	1	242181,0
РАЗОМ:			1129694,

Капітальні вкладення складаються з витрат на придбання обладнання, матеріалів, комплектуючих, транспортних витрат, витрат на установку і монтаж обладнання та комплектуючих, а також витрат, пов'язаних з впровадженням заходи - демонтаж старого обладнання, перенавчання персоналу і т.д.

Разом витрати:

$$K_{\text{пр}} = 1129694 \text{ грн.}$$

4.3. Амортизаційні відрахування

Норма амортизації:

$$N_a = \frac{\Phi_{\text{п}} - Л}{\Phi_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}} \cdot 100\%,$$

$$N_a = \frac{1129694 - 112969}{1129694 \cdot 5} = 18\%$$

Амортизаційні відрахування для даної системи:

$$A_0 = \frac{\Phi_{\text{п}} \cdot N_a}{100} = \frac{1129694 \cdot 18}{100} = 203345 \text{ грн.}$$

4.4. Заробітна плата основних робочих

Працюють двоє основних робочих.

$$ЗП_p = C_{\text{ч}} \cdot \kappa_{\text{дп}} \cdot \kappa_{\text{пр}} \cdot \kappa_{\text{соц}} \cdot n_p \cdot F_{\text{н}} \cdot \kappa_{\text{об}}, \text{де}$$

ЗП_р- заробітна плата робітника;

					ЕП.ПД.18.03.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$C_ч = 50,2$ грн. - годинна ставка робітника 4-го розряду;

$к_{дп} = 1,2$ - коефіцієнт додаткових виплат;

$к_{пр} = 1,1$ - премії;

$n_p = 2$ - кількість робочих;

$к_{соц} = 1,34$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні потреби;

$к_{об} = 0,4$ - коефіцієнт обслуговування.

$F_n = 1860$ год. - номінальний річний фонд робочого часу (за нормативно-довідковим матеріалом).

$$ЗП_{осн} = 50,2 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,34 \cdot 2 \cdot 1860 \cdot 0,4 = 132125 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{осн} = 132125 \text{ грн.}$$

де $ЗП_{осн}$ - основна заробітна плата робочих.

$$C_з = ЗП_{осн} + ЗП_{дод}$$

$$C_з = 132125 + 13212 = 145337 \text{ грн.}$$

де $ЗП_{дод}$ - додаткова заробітна плата робочих (10% від $ЗП_{осн}$).

4.5. Єдиний соціальний внесок

$$C_c = 22\% \text{ від } C_з = 31974 \text{ грн.}$$

4.6. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Ці витрати можна розрахувати за формулою:

$$З_{м.р.} = \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\Phi} \right),$$

де n – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

t_i – трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю залежно від виду ремонту год./ од. ;

m_i – число ремонтів за рік;

					ЕП.ПД.18.03.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

R_{Σ} – сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання;

S_i – вартість однотипних замінних елементів, грн.;

Π_i – кількість однотипних замінних елементів;

T_i – середній термін служби деталей даного типу, год.;

T_{ϕ} – число годин роботи апаратури на рік, год. ;

$$Зт.р.=1 \cdot (68,93 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 6 + \frac{10000 \cdot 3}{500} \cdot 250) = 15993 \text{ грн.}$$

4.7. Розрахунок вартості спожитої електроенергії

За паспортними даними потужність двигуна головного підйому - 132 кВт.

Витрати на спожиту електроенергію за рік складуть:

$$C_3 = W_p \cdot C_e, \text{ грн.},$$

$$C_3 = 132 \cdot 2070 \cdot 2,02 = 551945 \text{ грн.},$$

де 2070 - річний фонд робочого часу об'єкта, год.;

2,02 грн./кВт·год - вартість електроенергії для підприємств станом на 01.03.18;

4.8. Визначення інших витрат

$$C_i = 4\% \text{ від } C_3 = 5814 \text{ грн.}$$

4.9. Розрахунок експлуатаційних витрат

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_m + C_3 + C_{np}, \text{ грн.}$$

$$C = 203345 + 145337 + 31974 + 15993 + 551945 + 5814 = 954408 \text{ грн.}$$

					ЕП.ПД.18.03.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

4.10. Висновки

В економічному розділі було проведено розрахунок капітальних витрат, тобто, розраховано суму, що потрібна на придбання необхідного обладнання, встановлення та налагодження крана. Вартість необхідного обладнання склала: для шафи приводу головного підйому - 329772 грн.; загальнокранове обладнання - 315793 грн; невраховані матеріали, запасні частини - 96835 грн. Проектні інвестиції складають 145113 грн. Налагодження і введення в експлуатацію - 242181 грн. Разом капітальні витрати склали 1129694 грн.

Також був проведений розрахунок експлуатаційних витрат, що складався з розрахунку: амортизаційних відрахувань - 203345 грн., заробітної плати робочих - 145337 грн., єдиного соціального внеску - 31974 грн., річних витрат на ремонт і технічне обслуговування - 15993 грн., вартості спожитої електроенергії за рік - 551945 грн., інших витрат - 5814 грн. Разом експлуатаційні витрати склали 954408 грн.

					ЕП.ПД.18.03.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Забезпечення безпеки праці при роботі мостового крана:

На кранівника при роботі крана можуть впливати небезпечні (викликають травми) і шкідливі (викликають захворювання) виробничі фактори.

Безпека праці при підйомі і переміщенні вантажів в значній мірі залежить від конструктивних особливостей підйомно-транспортних машин і відповідність їх правилам і нормам техніки безпеки Держгіртехнагляду.

До небезпечних фізичних факторів належать: рухомі машини та механізми; різні підйомно-транспортні пристрої і переміщувані вантажі; незахищені рухливі елементи виробничого обладнання (привідні і передавальні механізми, ріжучі інструменти, що обертаються і переміщаються пристосування та ін.); відлітаючі частки оброблюваного матеріалу та інструменту, електричний струм, підвищена температура поверхонь обладнання і оброблюваних матеріалів і т.д.

Шкідливими для здоров'я фізичними факторами є: підвищена або знижена температура повітря робочої зони; високі вологість і швидкість руху повітря; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку та різних випромінювань - теплових, іонізуючих, електромагнітних, інфрачервоних і ін. До шкідливих фізичних факторів належать також запиленість і загазованість повітря робочої зони;

Оцінка безпеки і умов праці при експлуатації крана:

У процесі роботи крана може відбутися: обрив каната, сход крана з рейки, викрадення крана при сильному вітрі, що може призвести до серйозних наслідків.

					ЕП.ПД.18.03.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Для виключення можливості уgonу крана при сильному вітрі, на крані встановлюється протиугінний пристрій. Також на крані встановлюються прилади, що включають попереджувальний звуковий сигнал і сигнальну лампу при швидкості вітру 20 м / с і більше.

Для виключення обриву каната, при підйомі вантажу, вага якого перевищує номінальну вантажопідйомність більш ніж на 10%, передбачений обмежник вантажопідйомності, автоматично вимикаючий механізм підйому при перевищенні номінальної вантажопід'ємності, а також при збільшенні навантаження на вантажні канати вище допустимої від зсуву центру тяги грейфера, для виключення натягу і обриву каната при підйомі вантажу на неприпустиму висоту передбачений обмежник висоти підйому.

Щоб уникнути сходу крана з рейок, в кінці шляху передбачені кінцеві вимикачі механізму пересування крана, які встановлені таким чином, що привід відключається дещо раніше, ніж відбувається контакт коліс крана з обмежувальним пристроєм. Це відстань дорівнює половині гальмівного шляху крана.

Оцінка запобіжних засобів обслуговуючого персоналу:

З метою попередження обслуговуючого персоналу, що знаходиться в безпосередній близькості від працюючого крана, при його пересуванні включається автоматично звуковий сигнал. Також звуковий сигнал включається при пересуванні вантажного візка.

Небезпека, що виникає при знаходженні людей на проїзному будові крана, виключається за допомогою автоматичного блокування дверей під час роботи крана.

З метою безпеки доступу до механізмів, запобіжним пристроєм, електроустаткування передбачені майданчики, сходи, огороження по конструкції і розмірам відповідають Правилам Держгіртехнагляду.

					ЕП.ПД.18.03.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Для виключення можливості потрапляння людини в зону роботи механізмів, все висувні частини механізмів і електроустаткування міцно закріплені і закриті огороженнями.

5.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці

5.2.1. Шум

За вимогами до електроприводу рівень звукового тиску в кабіні кранівника не повинен перевищувати 50 дБ. У порівнянні з робочим місцем, для якого при середньгеометричній частоті 4000 Гц (частота комутації перетворювача частоти) звуковий тиск може становити 76 дБ, показник 50 дБ досить високий.

Джерелом шуму в нашому випадку буде приводний двигун, що живиться від перетворювача частоти і редуктор. Причому за рахунок використання широтно-імпульсної модуляції вихідного напруги значення звукового тиску від працюючого двигуна збільшується з 46 до 69 дБ при частоті комутації 4 кГц.

Заходи, що вживаються для боротьби з шумом наступні:

- Використання електричних фільтрів на виході інвертора напруги дозволяє знизити рівень звукового тиску до 49 дБ
- Гучні обладнання (редуктор, двигун) розміщено в окремому приміщенні

При зазначених заходах рівень звукового тиску в машинному приміщенні не перевищує 49 дБ, а в кабіні кранівника становить ще більш меншу величину.

5.2.2. Освітленість

Незадовільна кількість або якість освітлення не тільки стомлює зір, але і викликає стомлення організму в цілому. Погано освітлені зони погіршують

					ЕП.ПД.18.03.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

видимість що може привести до підвищеного травматизму і нещасних випадків.

Велике значення має освітленість. Розрахунок штучного освітлення проводиться методом коефіцієнта використання світлового потоку, так як освітлення робочого місця відбувається не тільки за рахунок світлового потоку, що падає від світильника, а й за рахунок світлового потоку, відбитого від стін і елементів устаткування (пост наказів в кабіні кранівника). Цей метод дає можливість знайти світловий потік при заданій освітленості.

Освітленість в кабіні кранівника становить 200 лк при використанні ламп розжарювання, що повністю відповідає нормам.

5.2.3. Вібрація

Для зниження вібрації приймають такі заходи:

- На відміну від раніше використовуваного електроприводу на основі чотиришвидкісного двигуна, де не проводилося обмеження ривків під час пуску, даний варіант регульованого електропривода обмежує прискорення і похідну прискорення під час пуску. У проекті застосована замкнута система автоматичного регулювання швидкості, яка виключає появу ударів моменту при пуску і переходах електродвигуна, що в свою чергу практично виключає вібрацію.

- Для зниження вібрації, при перевищенні гранично-допустимих норм, до прийнятних значень використовується віброізоляція, тобто пружні елементи розміщуються між вібруючих елементів. Ефективним способом боротьби зі шкідливою вібрацією є пасивна віброізоляція - установка гумових прокладок під опори лебідки.

5.2.4. Електробезпека

Електробезпека - система організаційно-технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу

					ЕП.ПД.18.03.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Привід механізму крана здійснюється від електродвигуна, живлення якого здійснюється від мережі змінного струму напругою 380 В.

Причини ураження полягають в основному в порушенні правил захисту людей від ураження і несправності електроустаткування (в основному це порушення заземлення). Особливо небезпечне приміщення по ураження електричним струмом.

Згідно з правилами улаштування електроустановок прийнято, що напруга силових електричних ланцюгів в машинних приміщеннях не вище 660 В, в виробничих приміщеннях - не вище 380 В, а для кіл керування, освітлення і сигналізації у всіх приміщеннях - не вище 220 В. Електропроводка виконана ізольованими проводами. Кабелі і шланги струмопроводу розміщені і укріплені таким чином, щоб при русі візка виключалася можливість їх зачеплення за що знаходяться в цеху конструкції і їх механічного пошкодження. Перетин жил кабелів і проводів не менше 1,5 мм для мідних жил і 2,5 мм для алюмінієвих жил. Для захисту електродвигуна крана від короткого замикання застосовані автоматичні вимикачі з електромагнітними і тепловими розчеплювачами. Ланцюги управління, освітлення і сигналізації крана мають захист від коротких замикань.

5.2.5. Забезпечення безпеки праці

В якості приводних двигунів для всіх механізмів крана використовують двигуни, спеціально призначені для даних умов роботи.

Це двигуни серії «Д» (краново - металургійні) і серії «П» (загальнопромислові). Вони розраховані на експлуатацію в умовах підвищеної температури оточуючого середовища, вологості.

					ЕП.ПД.18.03.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Для спостереження за технологічним процесом і роботою обладнання в цеху передбачена кабіна з пультом управління. У ній зосереджена найважливіша виробнича інформація. Робота оператора вимагає підвищеної уваги, швидкості реакції. Він повинен приймати оптимальні рішення. У зв'язку з цим умови роботи оператора повинні бути найбільш сприятливі. Тому, в кабіні управління передбачено комфортне кондиціонування, за допомогою якого підтримуються певні параметри повітряного середовища:

температура навколишнього повітря (20-23) ° С;

відносна вологість повітря (30-60)%;

швидкість руху повітря (0,2-0,5) м / с.

До складу кондиціонування входять: обладнання для обробки повітря, його переміщення і розподілу; джерела тепло - і холодопостачання; засоби автоматичного регулювання.

Система кондиціонування є найдорожчим способом вентиляції. Але, не дивлячись на її високу вартість, застосування такої системи в кабіні оператора економічно виправдано, тому що робота оператора в не відповідаючих вимогам умовах принесе більший збиток, ніж витрати на установку кондиціонера.

5.3. Пожежна профілактика

Пожежна безпека - стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей небезпечних факторів пожежі, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Виходячи з протипожежних норм вогнестійкість будівлі відповідає II ступеня (будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів; в покриттях будинків допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції).

					ЕП.ПД.18.03.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Вогнестійкість - властивість опірності впливу пожежі та поширенню її небезпечних факторів.

Категорія В (пожежонебезпечна) Горючі і важкогорючі рідини, тверді горючі і важкогорючі речовини і матеріали (в тому числі волокна і пил), речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним горіти за умови, що приміщення, в яких вони є не належать до категорій А або Б.

Відповідно до правил пожежної безпеки для локалізації загоряння в робочій зоні застосовуються пожежні гідранти, вуглекислотний вогнегасник, встановлений в пожежній шафі, в якому встановлений кран, обладнано аналоговою адресною пожежною сигналізацією, яка складається з головної панелі, димових і теплових сповіщувачів, ручних пожежних сповіщувачів з розбиваємим склом.

На крані застосовується обладнання системи пожежної сигналізації, за допомогою якого забезпечується подача електроживлення на пожежні сповіщувачі і яке:

- використовується для отримання заданого сигналу і подачі сигналу про пожежу;
- передає сигнал про виявлення пожежі через відповідне обладнання в пожежні організації і систему автоматичного пожежогасіння;
- використовується для автоматичного моніторингу належного функціонування системи.

Схема взаємодії системи пожежної сигналізації та кранової системи приведена на рис. 5.1.

					ЕП.ПД.18.03.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

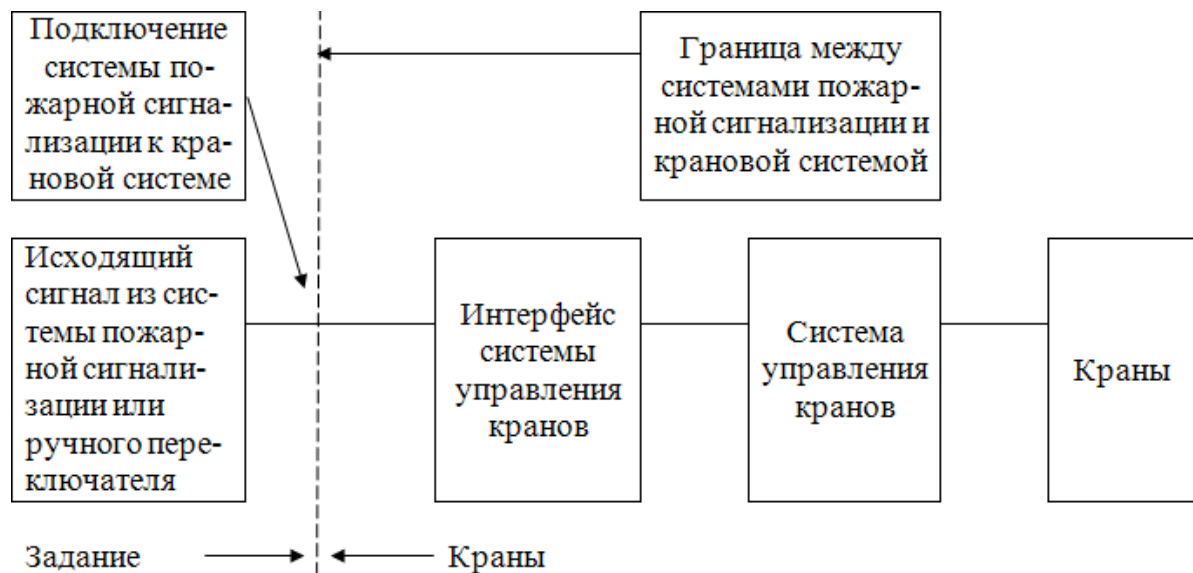


Рис. 5.1. Підключення системи пожежної сигналізації

5.4. Заходи з ергономіки

Підвищення продуктивності праці кранівника, яка багато в чому визначає продуктивність крана, досягається поліпшенням умов роботи людини. Тому при створенні крана певна увага повинна приділятися нормам ергономіки, тобто взаєминам людини з механізмом, визначеним з урахуванням фізичних і психологічних факторів людини. Основними нормами ергономіки є параметри навколишнього середовища - клімат, рівень шуму, запиленість, освітленість і параметри обслуговування - видимість, механічні коливання, конструкція і форма засобів обслуговування і інші чинники, які стосуються пристрою робочого місця кранівника.

Поняття видимість характеризує відстань, на якому можна чітко бачити людині з нормальним зором. Видимість з кабіни крана визначається розташуванням сидіння кранівника, конструкцією вікон кабіни і її розташуванням на крані. Необхідність чергування концентрації уваги то на робочій зоні і крюка підвісі, то на органах управління вимагає хорошої оглядовості. Особливо важливі кути зору; вони визначаються величиною і конструкцією вікон кабіни з урахуванням кута зору очей кранівника.

					ЕП.ПД.18.03.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Кабіна водія має достатні розміри для зручного розташування робочого місця і апаратури. Лобове скло виконано похилим, щоб світлове відображення не спотворювало видимість шляху. У кабіні встановлено козицькові щитки для захисту очей водія від сонячних променів.

5.5. Висновок

У розробленій технології передбачений захист від шуму, вібрації застосовуються спеціальні двигуни, в системі керування передбачено аварійне відключення, застосовуються вентиляція і кондиціонування в кабіні керування, є штучне освітлення. Таким чином робоче місце оператора і обладнання відповідає санітарним нормам і вимогам згідно ГОСТам та ДСНіП.

					ЕП.ПД.18.03.05.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У даній дипломній роботі була розглянута модернізація електроприводу головного підйому мостового крана вантажопідйомністю 90 т шляхом впровадження перетворювача частоти.

Дана модернізація дозволяє продовжити ресурс використання крана, а також підвищити середній наробіток на відмову. Також вона сприяє усуненню перевантажень елементів системи. Тому можна зробити висновок що цим можуть зацікавитися більшість підприємств.

Був обраний асинхронний двигун, а також перетворювач частоти фірми Schneider Electric.

Була розглянута охорона праці проекту, а також техніко-економічне обґрунтування проекту. Зроблені все необхідні розрахунки та складені відповідні висновки.

Електропривод крана і робоче місце проходять за всіма нормами та відповідають вимогам безпеки.

					ЕП.ПД.18.03.В.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колб Ант.А, Колб А.А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп.–Д., Національний гірничий університет, 2010. – 540 с.
2. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 1997.-544с.
3. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів напряму підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, І.В. Шереметьєва - Дніпропетровськ: НГУ, 2017. - 15 с.
4. Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці“ в дипломних проектах (роботах) бакалаврів інституту електроенергетики / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 8 с.
- 5.Герасимьяк Р.П., Параил В.А. Электроприводы крановых механизмов. М., «Энергия», 1970. – 136 с.
6. Довідник по кранах Александров М.П. Л Машинобудування, 1988р
7. Довідник з розрахунками механізмів підйомно-транспортних машин / А.В.Кузьмін Ф.Л.Марон Вища школа 1983.
8. Довідник по електричним машинам. Том 2 / І.П.Копилов, Б.К.Клоков-М.: Вища школа, 1989.- 688 с.
- 9.Теорія електроприводу: Навчальний посібник / Б.І.Фіраго, Л.Б. Павльчк. Мінськ: ЗАТ «Техноперспектива», 2004.- 527с.
- 10.Електромагнітні та електромеханічні процеси в частотно - регульованих асинхронних електроприводах. Поздеев А.Д Чебоксари, 1998. 172 с.
- 11.Яуре А.Г., Певзнер Е.М. Крановый электропривод: Справочник. Энергоатомиздат, 1988. – 344 с.

					ЕП.ПД.18.03.СЛ.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТОК А

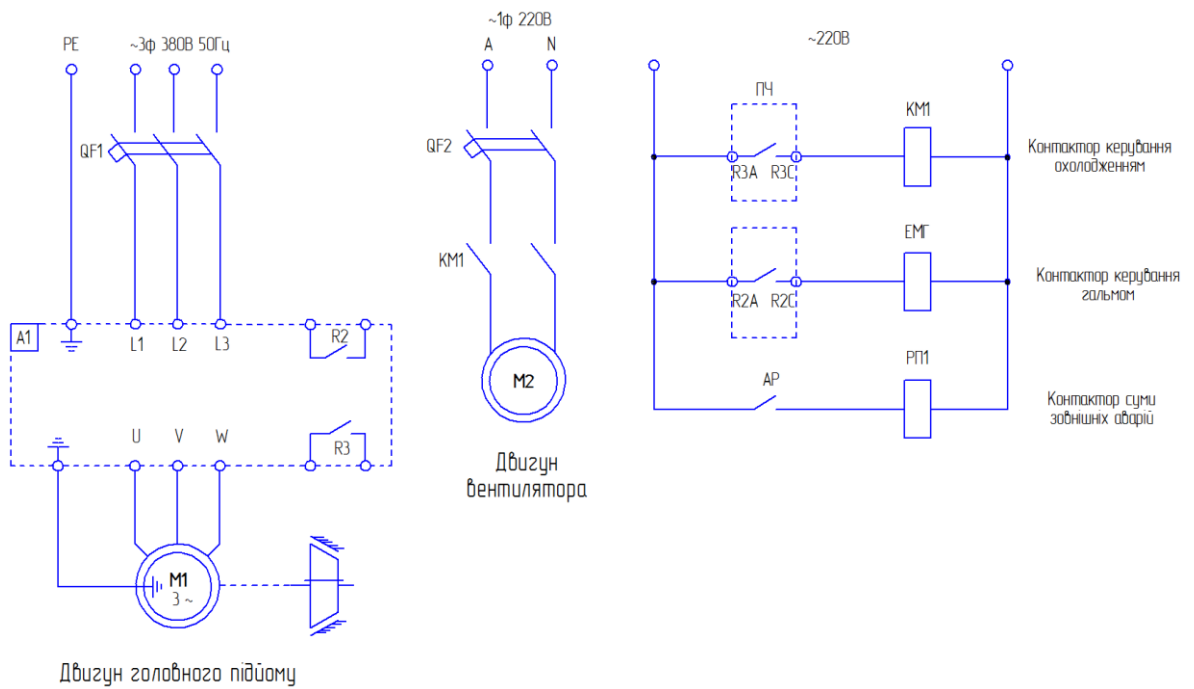


Рис. 1. Схеми підключення перетворювача частоти

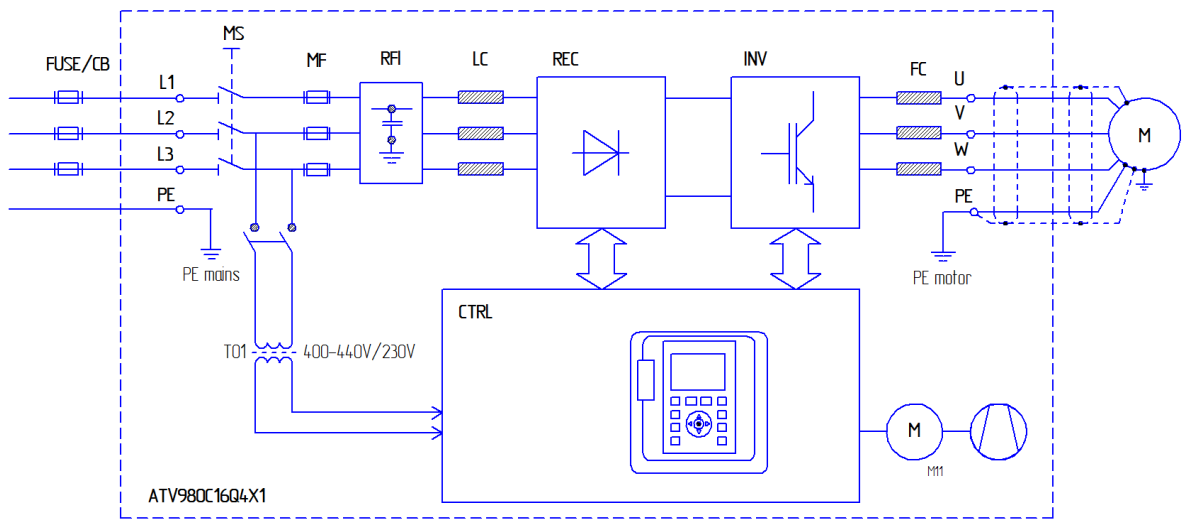


Рис. 2. Внутрішня структура перетворювача частоти

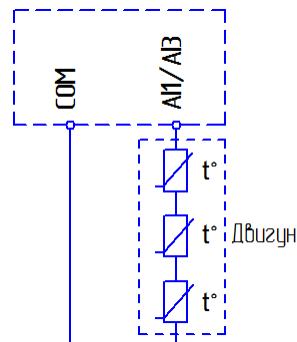


Рис. 3. Підключення датчика температури

					ЕП.ПД.18.03.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

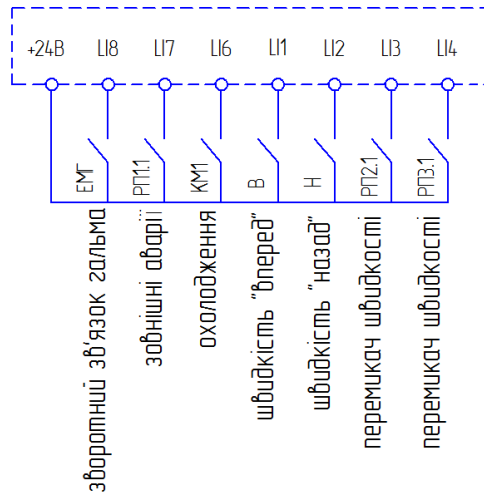


Рис. 4. Схема керування перетворювачем частоти

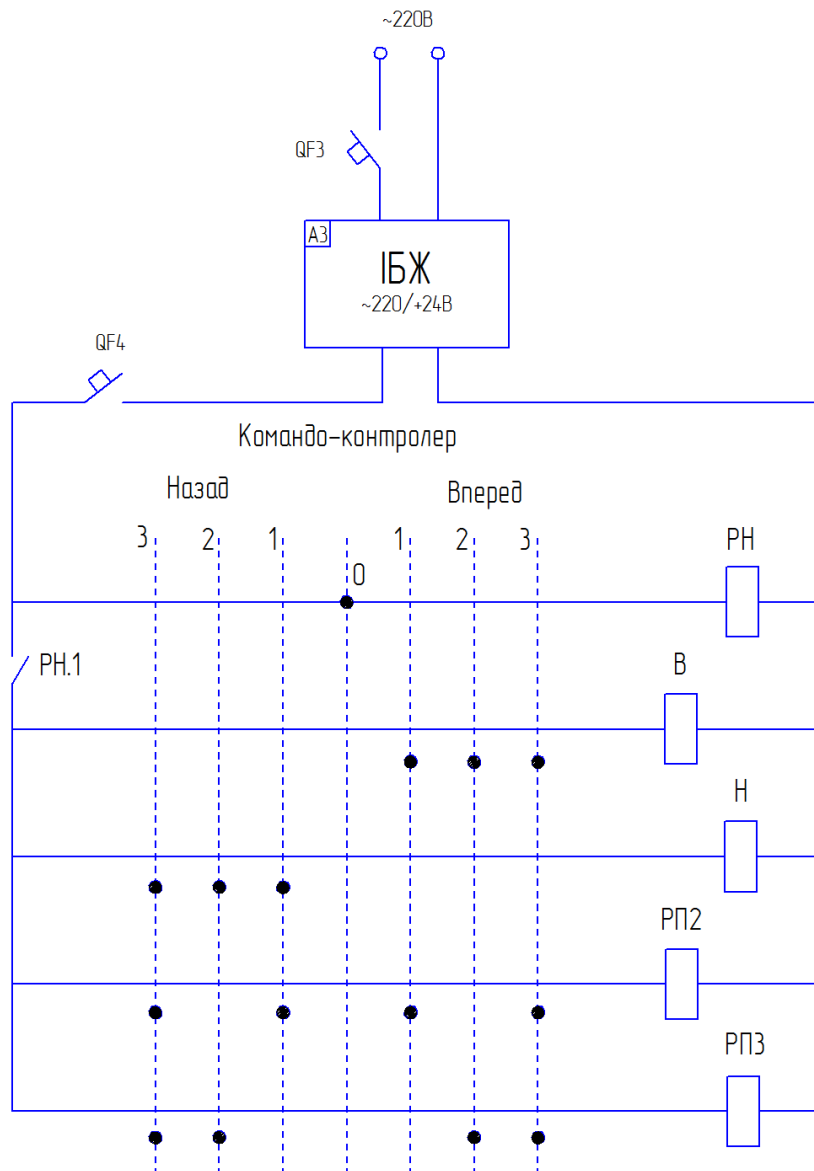
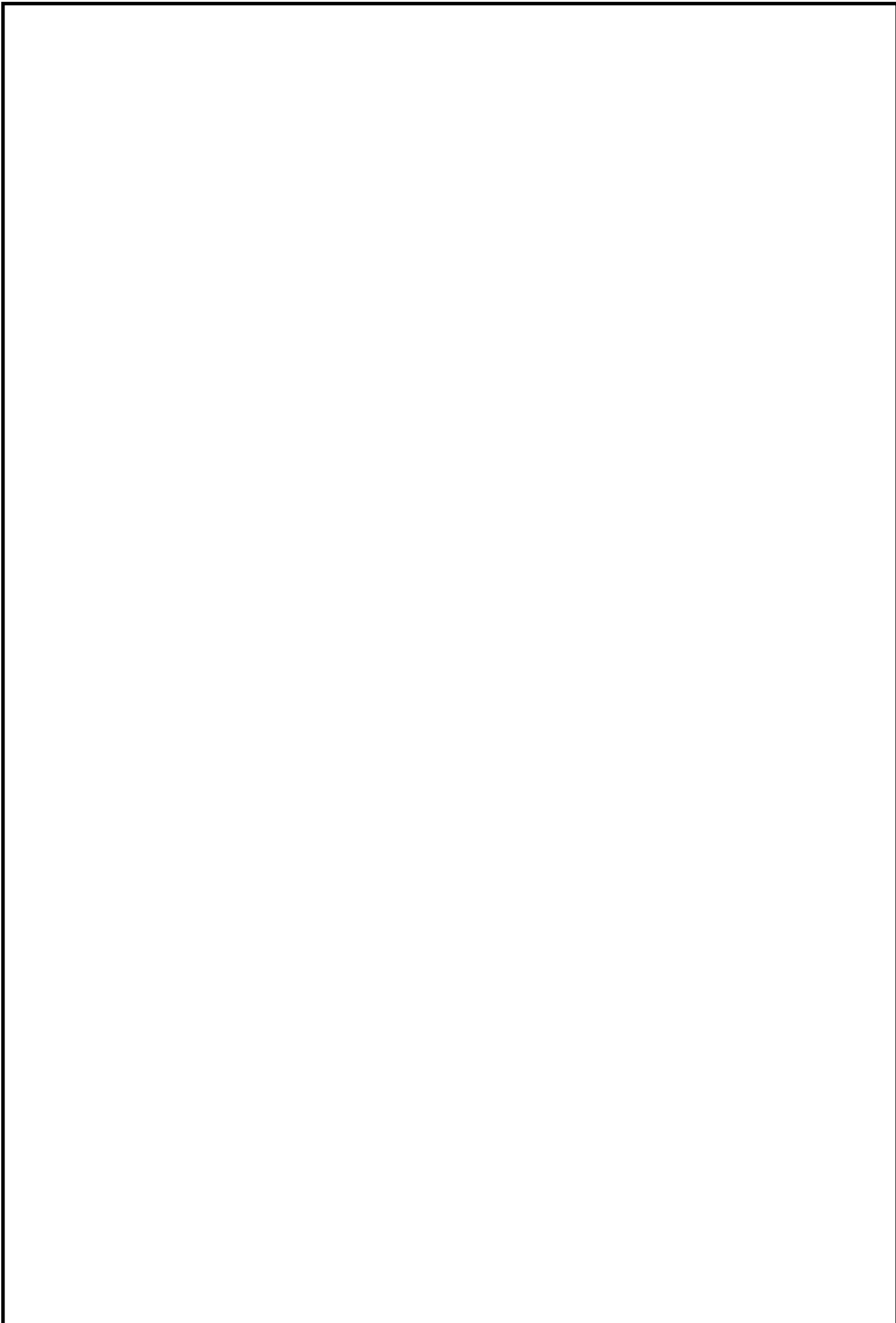
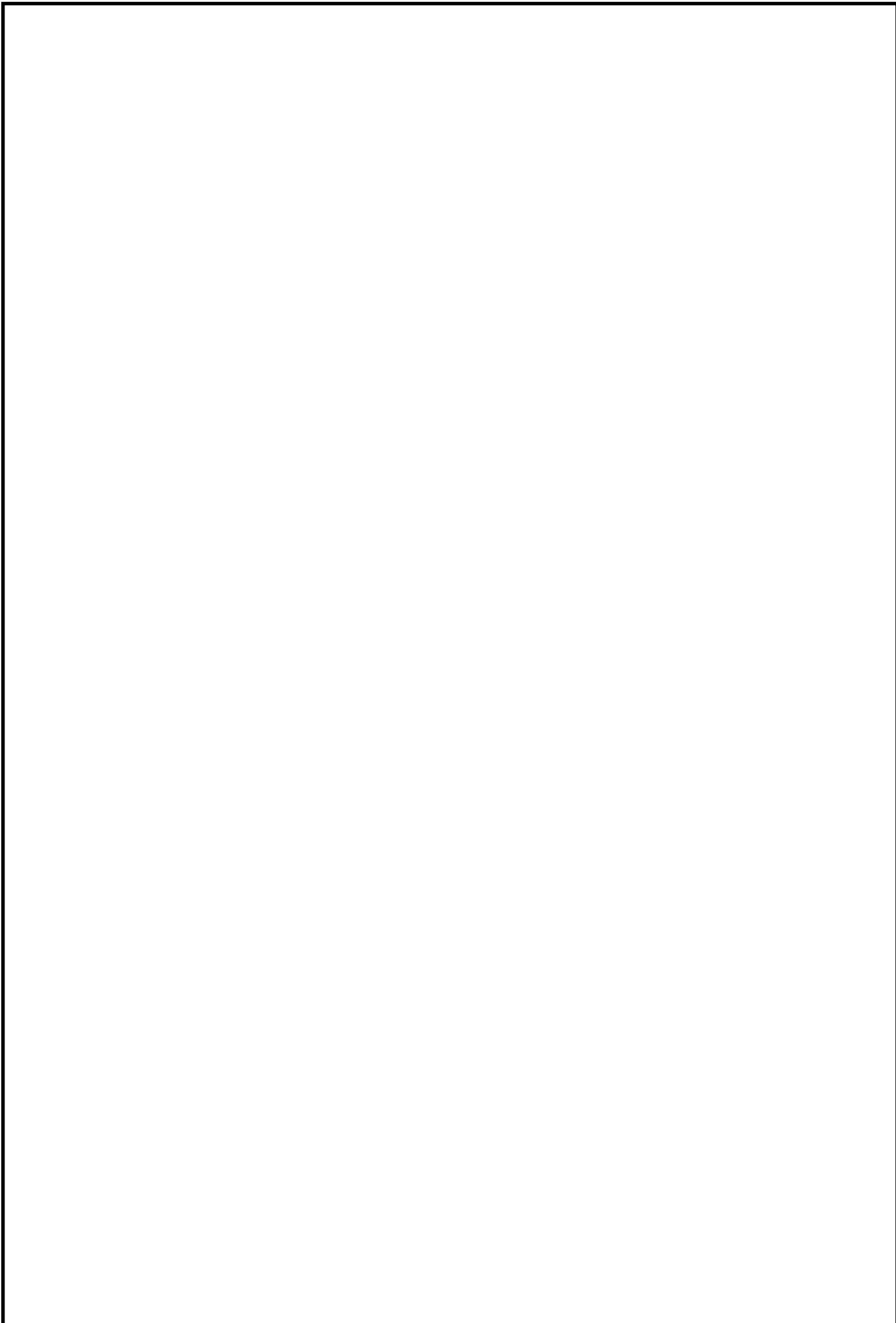


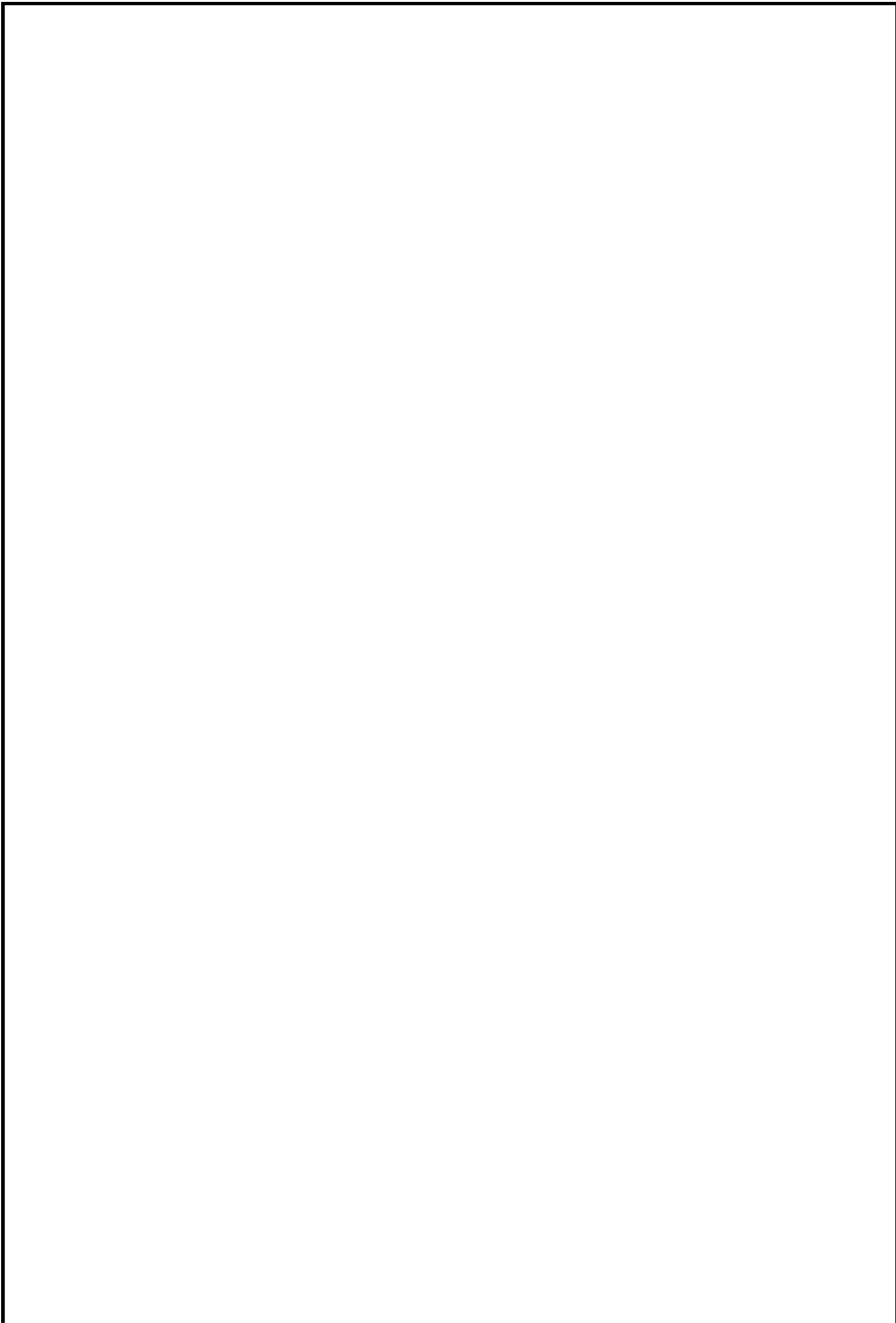
Рис. 5. Схема підключення командо-контролера



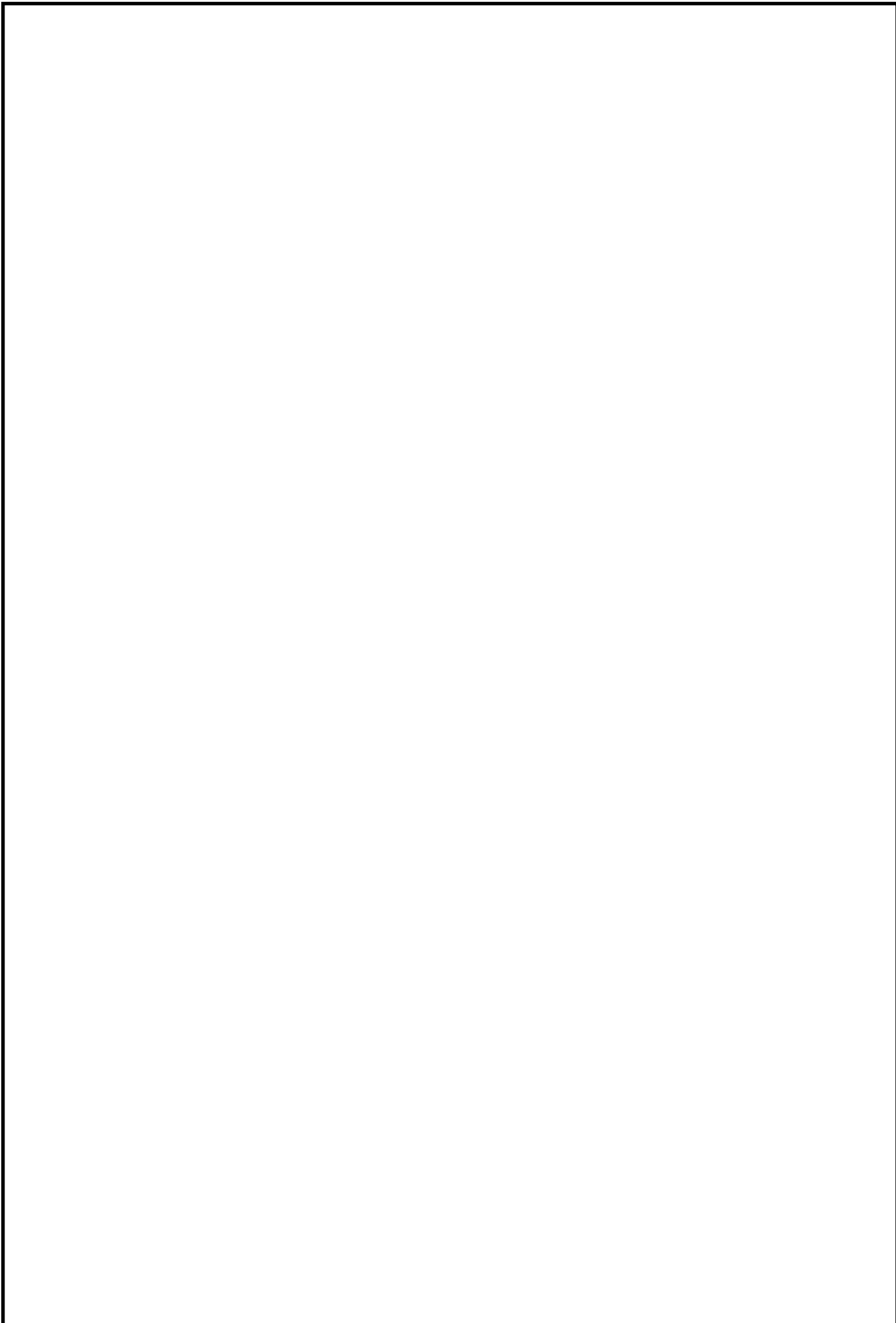
					ЕП.ПД.18.03.ВІ.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75



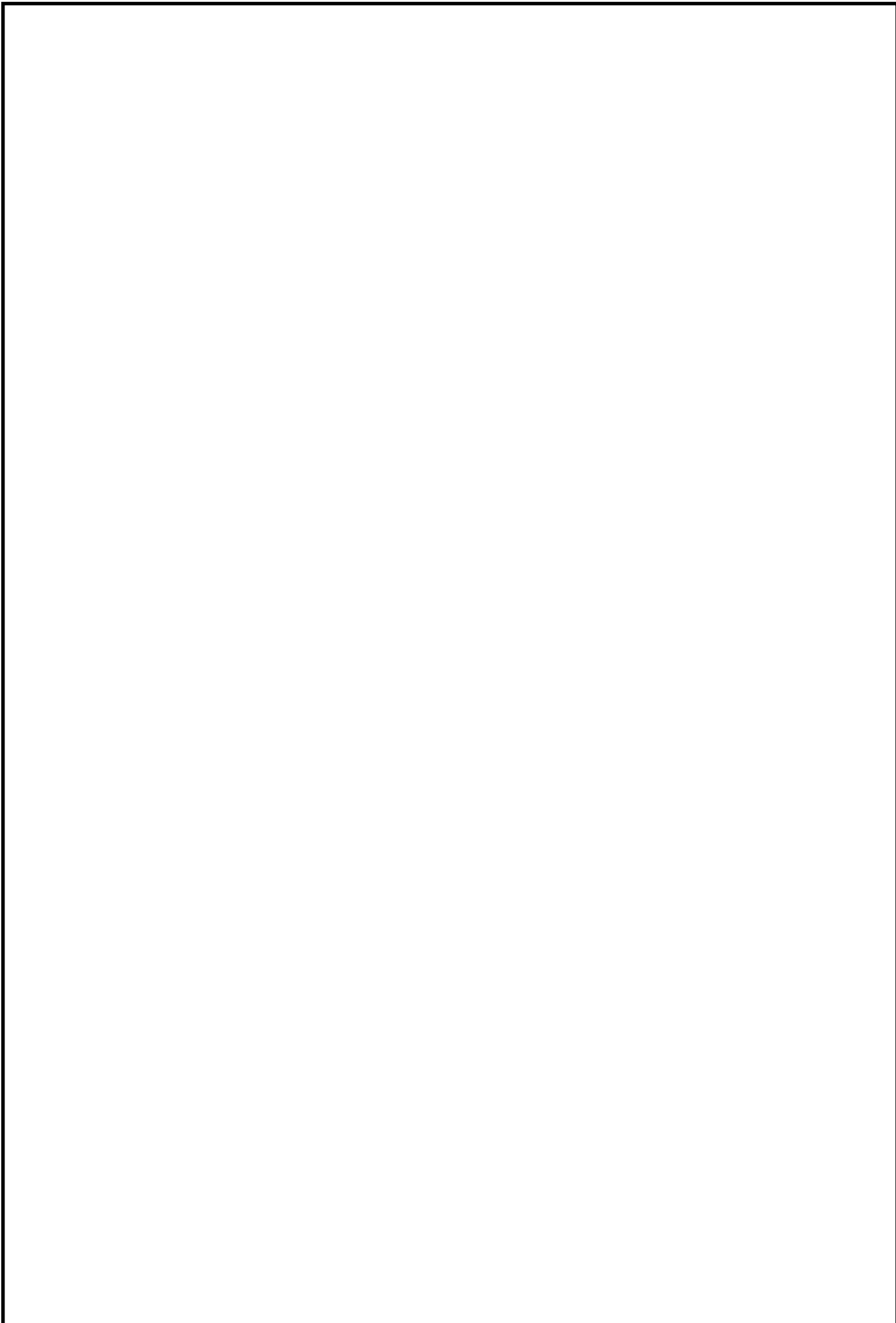
					ЕП.ПД.18.03.ВІ.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76



					ЕП.ПД.18.03.ВІ.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77



					ЕП.ПД.18.03.ВІ.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78



					ЕП.ПД.18.03.ВІ.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79