

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

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

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

напрямок підготовки 6.05070204 «Електромеханіка»
(код і назва напряму підготовки)

освітній рівень бакалавр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація фахівець у галузі електромеханіки
(код і назва кваліфікації)

на тему Груповий електропривод рольгангу чистової кліті стану по системі ТП-Д

Виконавець:

студент 4 курсу, групи ЕМ-15-1

_____ Воронков І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	<i>Балахонцев О.В.</i>		
розділів			
<i>Спеціальна частина</i>	<i>Сьомін А.О.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>Столбченко О.В.</i>		
<i>Економіка</i>	<i>Тимошенко Л.В.</i>		
Рецензент			
Нормоконтроль	<i>Казачковський М.М.</i>		

Дніпро
2019

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

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувач кафедри

електроприводу

(повна назва)

Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

29.01.2019 року

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту ЕМ-15-1 Воронков І.О.

(група)

(прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту Груповий електропривод рольгангу
чистої кліти стану по системі ТП-Д

затверджена наказом ректора ДВНЗ НТУ "Дніпровська політехніка" від
18.06.2019 №568-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Спеціальний	Груповий електропривод частотної кліти стану по системі ТП-Д	29.01 – 27.05
Охорона праці	Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, заходи щодо їх усунення та розрахунок системи заземлення.	28.05 – 3.06
Економічний	Розрахунок основних техніко-економічних показників впровадження дипломного проекту.	4.06 – 10.06

Завдання видав

(підпис)

Сьомін А.О.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Воронков І.О.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 29.01.2019

Термін подання дипломного проекту до ДЕК 18.06.2019

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 74 стор., 12 рис., 12 табл., 6 джерел, 4 листа графічної частини.

Об'єкт детальної розробки: Груповий електропривод рольгангу частової кліті стану по системі ТП-Д

Мета роботи: надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при проектуванні системи групового електроприводу рольгангу.

В проєкті зроблений аналіз заходів щодо групового електроприводу рольгангу, обґрунтована номінальна потужність двигуна. Обраний теристорний перетворювач і компоненти силової частини електропривода.

Виконаний розрахунок системи автоматичного регулювання і проведене дослідження динаміки електромеханічної системи.

Розроблені заходи щодо охорони праці на виробництві.

Доведена економічна ефективність впровадження технічних рішень.

ГРУПОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД РОЛЬГАНГУ ЧАСТОВОЇ КЛІТІ СТАНУ ПО СИСТЕМІ ТП-Д

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Загальні відомості про рольганги	10
1.2 Електрообладнання рольгангу	13
1.3 Вимога до електропривіда.....	17
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД.....	18
2.1 Розрахунок потужності вибір двигуна по каталогу і його перевірка на нагрів	18
Обмеження зони переривчастих струмів.....	25
Згладжування пульсацій випрямленого струму.....	27
Обмеження струму при перекиданні інвертора.....	28
Обмеження струму через вентиля при к / з на стороні постійного струму.....	28
Визначення параметрів об'єкта управління.....	29
Синтез структурної схеми електропривода.....	31
Розрахунок параметрів регуляторів.....	32
Розрахунок параметрів елементів регуляторів.....	33
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	37
3.1 Структурна схема однозонного двигуна постійного струму.	37
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	44
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників	44
4.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці	48
4.3 Пожежна безпека.....	50
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	54
5.1 Розрахунок капітальних інвестицій	55
5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	64
5.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	65
5.2.3 Єдиний соціальний внесок.....	68
5.2.4 Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж	69

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.5 Розрахунок вартості втрат електроенергії.....	69
5.2.6 Визначення інших витрат.....	70
5.3 Визначення річної економії від впровадження об'єкту проектування....	70
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	73

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Метою дипломного проекту є надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при проектуванні системи автоматизованого електроприводу.

Об'єктом проектування в цій роботі є рольганг з груповим електроприводом по системі ТП - Д

Завданнями цього проекту є:

- розрахунок по діаграмі навантаження необхідної потужності електродвигуна і вибір теристорного перетворювача;
 - Вибір інших елементів групового електроприводу;
 - створення моделі електроприводу;
 - розрахунок техніко-економічної ефективності від застосування розробленої системи.
- Аналіз небезпечних та шкідливих чинників на підприємстві

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Загальні відомості про рольгангах

Рольганг - це механізми, які служать для транспортування металу обертовими роликами.

В основі функціонування рольгангов лежать транспортерні ролики, що дозволяють вантажам вільно ковзати по утвореною роликами поверхні. Самі ролики закріплені на нерухомій металевій рамі, немов щаблі біля трапа, тільки на відміну від них - ролики обертаються навколо своєї осі.

Рольганг використовується в тих випадках, коли необхідно періодичне пересування безлічі вантажів на відстані до 30 метрів, наприклад, при завантаженні-розвантаженні вантажних автомобілів з товарами, а також при виробництві металопрокату, пиломатеріалів.

У технологічному сенсі рольганг - це металоконструкція, яка виконана у вигляді рами, в якій паралельно один одному розташовані обертаються ролики. Від надійності цієї конструкції залежить цілісність вантажів, тому виробництвом рольгангов займаються спеціальні заводи, де гарантується висока якість виробленої продукції.

Існує кілька видів рольгангов: холості, з електроприводом і з системою гальмування. Неодружені працюють на основі сили тяжіння, коли вантаж під ухилом скочується вниз по рольгангу. Електропривод може обертати ролики, переміщаючи вантаж в потрібному напрямку без використання нахилу. Рольганги, обладнані гальмівною системою, дозволяють плавно зупинити переміщення вантажів по роликам. Це потрібно при транспортуванні крихких вантажів, що не допускають різкі зупинки при пересуванні. Рольганги розрізняються також по траєкторії переміщення вантажів: прямі і поворотні.

Зручним видом рольгангов є розсувні, які можуть розкладати, подовжуючи траєкторію переміщення вантажів. Перевагою розсувних

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

рольгангов є мобільність, що дозволяє легко переміщати його в потрібне місце.

Ще одним з видів рольганга є пересувний, конструкцією якого передбачено коліщатка, що полегшують його переміщення, як роляль, на ніжках якого також є коліщатка.

Розрізняють такі основні типи рольгангов.

1. Робочі основні, розташовані безпосередньо у прокатної кліті. Перші ролики цих рольгангов часто розміщують в станині робочої кліті стану і постачають індивідуальним електроприводом (так звані станини ролики).

2. Робочі допоміжні або раскатні, службовці продовженням основних робочих рольгангів. Раскатні рольганги включаються в роботу, коли довжина прокочується смуги стає більше довжини основних робочих рольгангів.

3. Транспортні (підводять і відводять), призначені для передачі металу від одного механізму до іншого. Один і той же рольганг може одночасно бути підводящим і відводить (наприклад, рольганг між ножицями і станом). Рольганг, який розташований на початку табору і служить для прийому металу, називається також прийомним.

Різновид транспортних - пічні рольганги, що встановлюються безпосередньо в прохідних нагрівальних печах. Привід і підшипники цих рольгангов розташовуються поза печі; ролики робляться порожнистими для охолодження їх водою.

4. Пакетувальні з косими роликами, які використовуються для одночасного переміщення металу уздовж і поперек рольганга, збирання смуг в плоскі пачки перед і за ножицями, передачі металу на холодильник.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

5. Пересувні, службовці для переміщення металу в двох напрямках - по роликам рольганга, а також в напрямку пересування самого рольганга, вбудованого в який-небудь механізм стану і рухається разом з ним.

Ці рольганги вбудовуються в пересувні столи рейкобалкового і трубозварювальних станів, підйомно-хитні столи станів тріо, паралельно підйомні столи для завантаження металу в нагрівальні печі.

Діаметр ролика з метою зниження ваги повинен вибиратися мінімально можливим за умовами міцності. Дані про діаметрах роликів рольгангів, що застосовуються для різних прокатних станів, наведені в табл. 1.1

Довжина бочки роликів робочих рольгангів дорівнює або трохи більше довжини бочки валків стану. У транспортних рольгангів довжина бочки роликів на 150 ... 250 мм більше ширини транспортується смуги. При транспортуванні розпечених злитків довжина бочки роликів на 300 ... 500 мм більше ширини злитка для запобігання підшипників рольганга від перегріву.

Характеристика роликів рольгангів табл. 1.1

Діаметр роликів, мм	Тип рольгангов
600	Робочі рольганги броньових верстатів і слябінгів
500	Робочі рольганги слябінгів, великих блюмінгів і товстолистових станів
450	Робочі рольганги блюмінгів
400	Робочі рольганги малих блюмінгів і рельсобалочного стану. Транспортні рольганги слябінгів і великих блюмінгів
350	Рольганги середньо листових станів. Транспортні рольганги блюмінгів і рельсобалочного стану
300	Робочі і підводять рольганги середньолистовий і тонколистових станів

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

250	Рольганги дрібносортних станів. Відводять рольганги середньосортних і тонколистових станів
200	Рольганги у холодильників дрібносортних станів
150	Рольганг дротяних станів

Крок роликів вибирається таким, щоб метал лежав не менше ніж на двох роликах. Щоб злитки при транспортуванні не вдарялися об ролики, крок останніх не повинен перевищувати відстані від центра ваги зливка до його широкого торця. Довгі смуги при транспортуванні не повинні викривлятися під дією власної ваги. У зв'язку з цим крок роликів слід обмежувати приблизно такими значеннями: великосортних станів — 1,2...1,6 м; середньосортних станів — 0,9...1,0 м; тонколистових станів — 0,5...0,7 м.

Швидкість роликів робочих і відвідних рольгангів на 5 ... 10% вище швидкості прокатки. Для рольгангов, що підводять метал до печей або до стану, швидкість становить 1,5 ... 2,5 м / с; для транспортних рольгангів вона вибирається відповідно до заданої продуктивності в межах 1,5 ... 12 м / с.

1.2 Електрообладнання рольгангов

Режим роботи електроприводів рольгангів визначається їх призначення і типом стану. У табл. 1.2 наведені дані про кількість включень в годину і відносної тривалості включення електроприводів деяких рольгангов.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Режим роботи електроприводу рольгангов

табл. 1.2

Тип рольгангов	ПВ,%	Число включень в годину
1	2	3
Рольганг перекидача блюмінга	3...6	45
Приймальний рольганг блюмінга	4...8	90
Робочі рольганги:		
Блюмінга:	60	1000...1200
Ровстолистового стану	40	850
Рельсобалочного стану	75...100	350...450
Раскатні рольганги:		
Перед кліттю рельсобалочного стану	60...80	30...110
За кліттю рельсобалочного стану	50...80	175...450
Транспортний рольганг пив гарячого різання рельсобалочного стану	80...90	200
Ставить рольганг правильної машини	70...80	350...500
Рольганг:		
перед ножицями	15...80	540
За ножицями блюмінга	50	550

При виборі типу електроприводу рольгангов необхідне детальне вивчення технологічного процесу (для визначення дійсної навантаження) і режиму роботи рольгангов, а також необхідного

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

діапазону регулювання швидкості роликів, точності зупинки, плавності регулювання та інших специфічних умов роботи.

Рольганги виконуються з груповим або з індивідуальним електроприводом, а також з холостими роликами.

При груповому електроприводі секція рольганга, що складається з 3 ... 10, а іноді і більшого числа роликів, має загальний електропривод від одного або двох електродвигунів через конічне або циліндричні шестерні і трансмісійний вал. Груповий електропривод в основному для рольгангів, які працюють у важкому режимі з частими Дуоком або реверсами (наприклад, для робітників і підвідних рольгангів обтискних клітей). Для цих станів початкова довжина злитка і довжина розкату в перших проходах близькі до значення кроку рольганга, внаслідок чого на один ролик доводиться майже вся маса металу, що прокочується. Це викликає необхідність застосування групового електроприводу, що має в порівнянні з індивідуальним набагато меншу встановлену потужність електродвигунів і меншу вартість. Кінематичні схеми рольгангів з груповим електроприводом показані на рис. 1

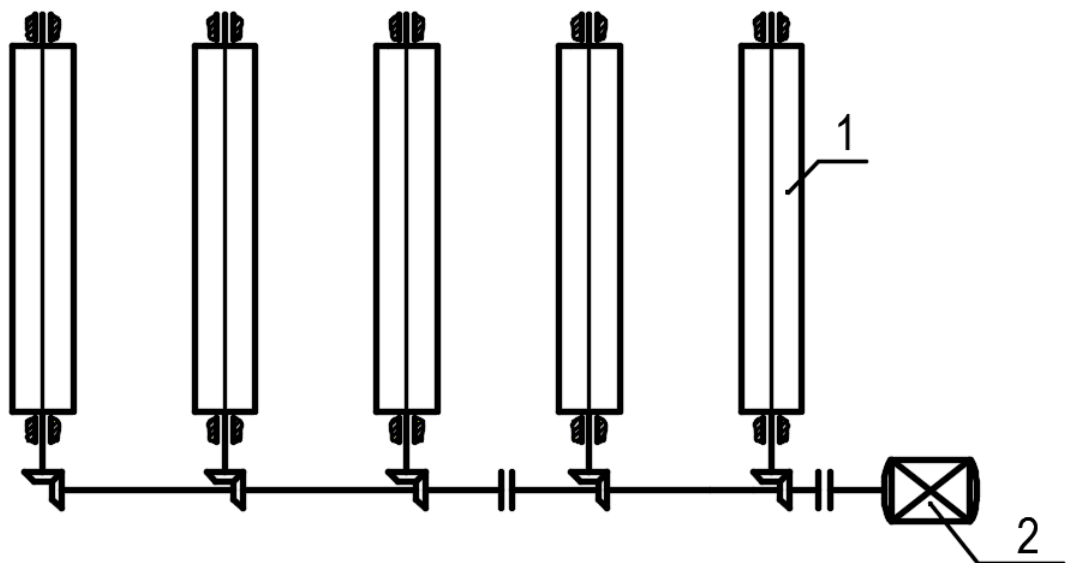


Рис.1.1 Рольганг з груповим електроприводом

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Вихідні дані:

Виконується прокатка заготовки на прокатному стані в чотири пропуску.

Діаграма статичного моменту і тахограмма рольганга наведені на рис. 1, а параметри діаграм - в табл. 1. Привід - групові.

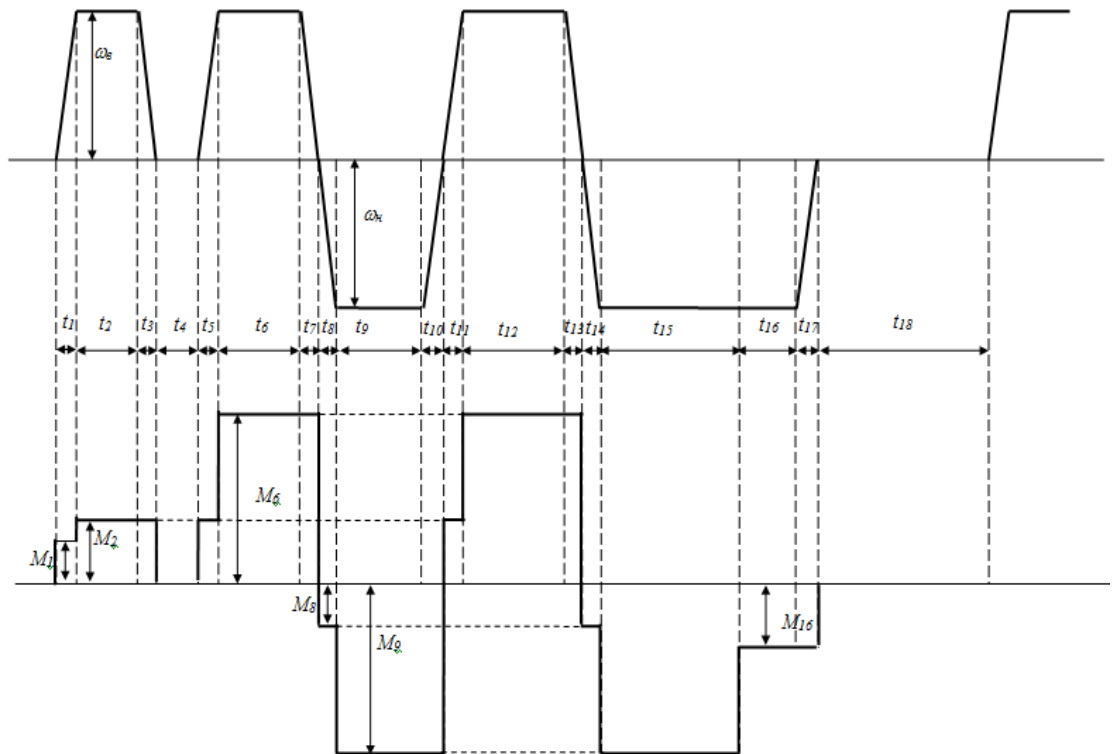


Рис. 1.1 Діаграма моменту і швидкості механізму

Табл.1.3

Параметр	значення	параметр	значення	Параметр	значення
t_1, c	1,4	t_9, c	7	t_{17}, c	1,5
t_2, c	3	t_{10}, c	1,8	t_{18}, c	11
t_3, c	1,5	t_{11}, c	1,6	$M_1 = M_8, H \cdot m$	130
t_4, c	3,2	t_{12}, c	9	$M_2 = M_{16}, H \cdot m$	165
t_5, c	1,7	t_{13}, c	1,6	$M_6 = M_9, H \cdot m$	640

t_6, c	5,5	t_{14}, c	1,4	Приведений $\sum J$ при роботі в холосту	21,3
t_7, c	1,6	t_{15}, c	11,1	Приведений $\sum J_3$ урахуванням заготовки	25,7
t_8, c	1,4	t_{16}, c	2,3	Система электропривод а	ТП-Д (однозонный)

1.3 Вимога до електроприводу

Проаналізувавши вимоги пред'являються до механізму підберемо систему електроприводу яка дозволить найбільш дешево і надійно забезпечити ці вимоги.

Отже, виберемо систему ТП-Д, так як вона найбільш дешево і надійно забезпечує пред'являються вимоги.

Вибір електродвигуна здійснюється за номінальною потужності і частоті обертання. Номінальна потужність і швидкість обертання повинні перевищувати задані. При необхідності треба перерахувати потужність до номінальної тривалості включення. При значній відмінності заданої і номінальної частоти обертання необхідно завищувати потужність двигуна. При цьому необхідна потужність перераховується через необхідний момент і номінальну частоту обертання.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Автоматизований електропривод рольганга

2.1 Розрахунок потужності, вибір двигуна по каталогу і його перевірка на нагрів

Розраховуємо динамічні моменти:

$$M_{д1} = \frac{J_x \cdot \omega_H}{t_1} = \frac{21,2 \cdot 61,785}{1,4} = 935,596 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{д3} = \frac{J_{заг} \cdot \omega_H}{t_3} = \frac{25,7 \cdot 61,785}{1,5} = 1059 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{д5} = \frac{J_{заг} \cdot \omega_H}{t_5} = \frac{25,7 \cdot 61,785}{1,7} = 934,039 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{д7} = \frac{J_{заг} \cdot \omega_H}{t_7} = \frac{25,7 \cdot 61,785}{1,6} = 992,416 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{д8} = \frac{J_x \cdot \omega_H}{t_8} = \frac{21,2 \cdot 61,785}{1,4} = 935,596 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{д10} = \frac{J_{заг} \cdot \omega_H}{t_{10}} = \frac{25,7 \cdot 61,785}{1,8} = 882,148 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{д11} = \frac{J_{заг} \cdot \omega_H}{t_{11}} = \frac{25,7 \cdot 61,785}{1,6} = 992,416 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{д13} = \frac{J_{заг} \cdot \omega_H}{t_{13}} = \frac{25,7 \cdot 61,785}{1,6} = 992,416 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{д14} = \frac{J_x \cdot \omega_H}{t_1} = \frac{21,2 \cdot 61,785}{1,4} = 935,596 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{д17} = \frac{J_{заг} \cdot \omega_H}{t_{17}} = \frac{25,7 \cdot 61,785}{1,5} = 1059 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

де ω_H – кутова швидкість двигуна, рад/с;

де n_H - номінальна частота обертання двигуна, об/мин;

$J_{заг}$ – момент інерції з заготівлею, кг · м²;

J_x – момент інерції в холосту, кг · м²;

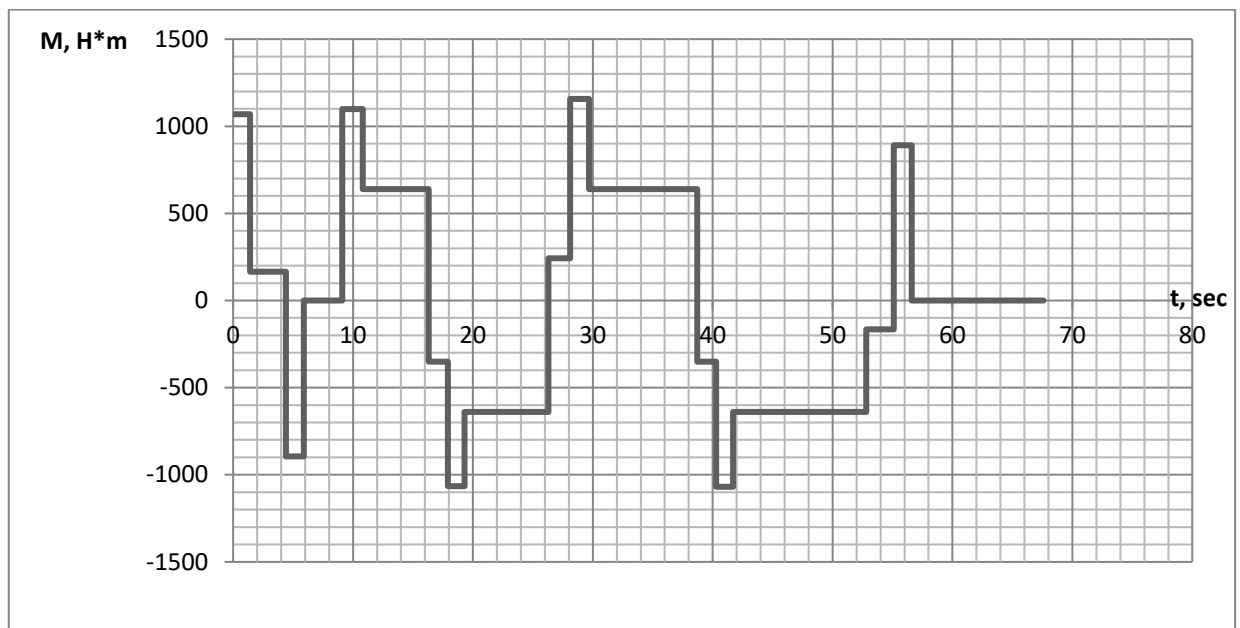


Рисунок 2.1 – Здатність навантаження діаграми двигуна

Вибір потужності двигуна

Еквівалентний момент на валу робочого органу

$$M_{p.э.} = \sqrt{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_2^2 \cdot t_3 + 0^2 \cdot t_4 + M_2^2 \cdot t_5 + M_6^2 \cdot t_6 + M_6^2 \cdot t_7 + M_8^2 \cdot t_8 + M_9^2 \cdot t_9 + M_9^2 \cdot t_{10} + M_2^2 \cdot t_{11} + M_6^2 \cdot t_{12} + M_6^2 \cdot t_{13} + M_8^2 \cdot t_{14} + M_9^2 \cdot t_{15} + M_{16}^2 \cdot t_{16} + M_{16}^2 \cdot t_{17}}$$

$$= \sqrt{130^2 \cdot 1,4 + 165^2 \cdot 3 + 165^2 \cdot 1,5 + 0^2 \cdot 3,2 + 165^2 \cdot 1,7 + 640^2 \cdot 5,5 + 640^2 \cdot 1,6 + 130^2 \cdot 1,4 + 640^2 \cdot 7 + 640^2 \cdot 1,8 + 165^2 \cdot 1,6 + 640^2 \cdot 9 + 640^2 \cdot 1,6 + 130^2 \cdot 1,4 + 640^2 \cdot 11,1 + 165^2 \cdot 2,3 + 165^2 \cdot 1,5}$$

$$= 483,263 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Попередній розрахунок потужності двигуна:

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{дв} = \omega_n \cdot M_{р.э} \cdot k_3 = 61,785 \cdot 483,263 \cdot 1,1 = 32840 \text{ Вт};$$

де $k_3 = 1,1 \div 1,5$ – коефіцієнт запасу, що враховує вплив динамічних навантажень і інших неврахованих при розрахунку факторів, зокрема в погіршенні умов тепловіддачі двигуна при зниженій швидкості.

Розрахунок двигуна по нагріванню:

$$TB_M = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} + t_{13} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17}}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} + t_{13} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18}}$$

$$= \frac{1,4 + 3 + 1,5 + 1,7 + 5,5 + 1,6 + 1,4 + 7 + 1,8 + 1,6 + 9 + 1,6 + 1,4 + 11,1 + 2,3 + 1,5}{1,4 + 3 + 1,5 + 3,2 + 1,7 + 5,5 + 1,6 + 1,4 + 7 + 1,8 + 1,6 + 9 + 1,6 + 1,4 + 11,1 + 2,3 + 1,5 + 11} \cdot 100 = 78,994$$

Для приводу механізму, що працює в повторно-короткочасному режимі, рекомендується використовувати, якщо це можливо, кранові електродвигуни. Для цих електродвигунів слід вибирати $TB_H = 25\%$

Приведення розрахункової потужності $P_{расч}$ до стандартної (каталожної) тривалість включення TB_H виконується за формулою:

$$P_{кат} = P_{расч} \cdot \sqrt{\frac{TB_M}{TB_H}} = 32840 \cdot \sqrt{\frac{78,994}{25}} = 58380 \text{ Вт};$$

Еквівалентний момент електродвигуна, наведений до фактичного значення ПВ = 79%, визначається за формулою:

$$M_d = \sqrt{\frac{M_{п}^2 \cdot \sum t_{п} + M_{т}^2 \cdot \sum t_{т} + M_{ст}^2 \cdot (t_{y0} + t_{y3}) + M_{сб}^2 (t_{y1} + t_{y2} + t_{y3} + t_{y4})}{\frac{1 + \beta}{2} \cdot (\sum t_{п} + \sum t_{т}) + \sum t_y}}$$

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану	Арк.
					По системі ТП-Д	21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= \sqrt{\frac{1069^2 \cdot 9,2 + 894^2 \cdot 8 + 165^2 \cdot (3 + 2,3) + 640^2 \cdot (5,5 + 7 + 9 + 11,1)}{\frac{1 + 0,5}{2} \cdot (9,2 + 8) + 37,9}}$$

$$= 720,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

де β - коефіцієнт погіршення вентиляції електродвигуна при стоянці, рівний 0,5;

$t_{\text{п}}$ - час розгону, с;

$t_{\text{т}}$ - час гальмування, с;

t_{y1-y4} - усталений рух, с

Вибираємо двигун потужністю 75 кВт.

Знаходимо номінальний момент двигуна $M_{\text{н}}$:

$$M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\omega_{\text{н}}} = \frac{75000}{61,785} = 1214 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

За каталожним даними електродвигуна, при ПВ = 79% допускається навантаження, що дорівнює $0,6 \cdot M_{\text{н}}$;

$$M_{\text{н}} = 0,6 \cdot M_{\text{н}} = 728,4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Приймаємо двигун постійного струму типу **МП-72**, 220 В с ПВ=25%

Табл.2.1 – Технічна характеристика ДПТ МП-72;

ДПТ МП-72, 220 В с ПВ=25%		
$P_{\text{н}}$	75000	Вт
$n_{\text{н}}$	590	Об/хв
$I_{\text{ян}}$	374	А
$r_{\text{я}}$	0,026	Ом
$r_{\text{пар}}$	40	Ом
N	178	-

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

a	1	-
$\omega_{\text{пар}}$	1490	-
Φ	0,0687	Вб
$I_{\text{в}}$	4,07	А
$U_{\text{н}}$	220	В
$J_{\text{дв}}$	14	кг · м ²
n_{max}	1600	Об/хв
Q	2680	кг
p	2	-

Комплектний тиристорний перетворювач якірного ланцюга вибирається по номінальному струмі $I_{\text{дн}} \geq I_{\text{ян}}$ і напрузі, $U_{\text{дн}}$ і номінальним параметрам якірного ланцюга двигуна:

$$I_{\text{дн}} \geq I_{\text{ян}} \quad 500 \geq 374$$

$$U_{\text{дн}} \geq U_{\text{ян}} \quad 220 \geq 220$$

Вибираємо комплектний тиристорний перетворювач серії КТЭМ



Рис.2.2 – Зовнішній вигляд комплектного тиристорного перетворювача КТЭМ

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Табл. 2.2 – Технічні дані комплектного ТП серії КТЭМ-500/220

Комплектний ТП якірного ланцюга серії КТЭМ		
U_H	220	В
I_H	500	А

Потужність силового трансформатора визначається за номінальною потужністю двигуна $P_{ндв}$ і його КПД $\eta_{дв}$ т.е.

$$S_{тр} \geq \frac{P_{ндв}}{\eta_{дв}} = \frac{75000}{0,912} = 82280 \text{ В} \cdot \text{А};$$

де $\eta_{дв} = \frac{P_{ндв}}{U_H \cdot I_{ян}} = \frac{75000}{220 \cdot 374} = 0,912$ - КПД двигуна;

Вибір типу силового трансформатора проводиться за потужністю $S_{тр}$, а також по номінальній напрузі його вторинної обмотки U_2 з умови:

$$U_{d0} = (1,1 \div 1,3) \cdot U_{ян} = 1,1 \cdot 220 = 242 \text{ В}$$

Где U_{d0} - максимальне випрямлена напруга перетворювача при куті регулювання $\alpha = 0$

Вибираємо силовий трансформатор типу **ТСП-100/0,7-УХЛ4**

Табл. 2.3 – Технічні дані трансформатора **ТСП-100 / 0,7-УХЛ4**

Номин. мощность, кВ·А	Напр. мережевий обмотки, В	вентильна обм.		Перетворювач		втрати, Вт		U_k %	I_{xx} %
		U, В	I, А	U, В	I, А	P_{xx} , кВт	$P_{кз}$, кВт		
93	380	205	230	262	320	400	2300	5,8	4

Максимальна випрямлена напруга перетворювача при куті регулювання $\alpha = 0$ для трифазної симетричною мостової схеми:

$$U_{d0} = 1,35 \cdot U_{2л} = 1,35 \cdot 205 = 276,75 \text{ В}$$

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$U_{2\phi} = \frac{U_{2л}}{\sqrt{3}} = \frac{205}{\sqrt{3}} = 118,357 \text{ В}$$

$$I_{2\phi} = I_{2л}$$

Реактори в вентильному електроприводі виконують такі функції: зменшують зону переривчастих струмів, згладжують пульсації випрямленої струму, обмежують струм через вентилі в перший напівперіод живлячої напруги при короткому замиканні на стороні випрямленої струму. У реверсивному вентильному електроприводі на реактори додатково покладається завдання обмеження швидкості наростання аварійного струму при перекиданні інвертора.

Розрахунок необхідної величини індуктивності реактора виконується виходячи з умови виконання кожної з перерахованих функцій.

Індуктивність реактора залежить від його значення, силової схеми, перетворювача розташування в схемі.

Обмеження зони переривчастих струмів

Для отримання гранично-безперервного режиму при заданому значенні кута регулювання α в ланцюг випрямленого струму необхідно включити індуктивність L_d , значення якої можна визначити по виразу, задавшись величиною гранично-безперервного струму:

$$I_{dгр} = (0,05 \div 0,1) \cdot I_{dн} = 0,1 \cdot 500 = 50 \text{ А}$$

Гармонійна складова випрямленої напруги $U_{dпт}$:

$$U_{dпт} = \omega_{min} \cdot K\Phi + I_{ян} \cdot r_{я} = 0,062 \cdot 3,404 + 374 \cdot 0,026 = 9,89 \text{ В}$$

Где $\omega_{min} = \frac{\omega_n}{1000} = \frac{61,785}{1000} = 0,062 \frac{рад}{с}$ – мінімальна частота обертання приводу, знаменник формули - діапазон D регулювання швидкості приводу.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{де } K\Phi = \frac{U_H - I_{\text{ян}} \cdot r_{\text{я}}}{\omega_H} = \frac{220 - 374 \cdot 0,026}{61,785} = 3,404;$$

Кут управління:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{U_{d\text{ПТ}}}{U_{d0}}\right) = \arccos\left(\frac{9,89}{276,75}\right) = 1,535 \text{ рад или } 87^\circ;$$

Пульсность ТП:

$$p_{\text{ТП}} = 6;$$

$$k_{\text{зр}} = \left(1 - \frac{\pi}{p_{\text{ТП}}} \cdot \frac{1}{\text{tg}\left(\frac{\pi}{p_{\text{ТП}}}\right)}\right) \cdot \sin(\alpha) = \left(1 - \frac{3,14}{6} \cdot \frac{1}{\text{tg}\left(\frac{3,14}{6}\right)}\right) \cdot \sin(1,535) =$$

$$= 0,093;$$

Напряга короткого замикання:

$$U_{\text{кз}} = \frac{U_c \cdot U_{\text{кз}\%}}{100} = \frac{380 \cdot 5,8}{100} = 22,04 \text{ В};$$

Індуктивний опір живильної мережі (для мостової схеми):

$$X_\alpha = 2 \cdot X_{\text{аф}} = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ Ом};$$

$$\text{Где } X_{\text{аф}} = \frac{U_{\text{кз}} \cdot U_{2\phi}}{100 \cdot I_{2\phi}} = \frac{22,04 \cdot 118,357}{100 \cdot 262} = 0,1 \text{ Ом};$$

Кутова частота мережі:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314,159 \text{ рад}$$

де $f=50$, Гц;

Індуктивність якоря може бути визначена за виразом:

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\text{я}} = K \cdot \left(\frac{30 \cdot U_{\text{н}}}{\pi \cdot I_{\text{ян}} \cdot n_{\text{н}} \cdot p} \right) = 0,5 \cdot \left(\frac{30 \cdot 220}{3,14 \cdot 374 \cdot 590 \cdot 2} \right) = 0,00238 \text{ Гн};$$

где $K = 0,5 \div 0,6$ – для некомпенсованих машин постійного струму;

Для отримання гранично-безперервного режиму при заданому значенні кута управління в ланцюг випрямленого струму необхідно включити $L_{\text{д}}$.

$$L_{\text{д}} = \frac{1}{\omega} \cdot \left(0,126 \cdot \frac{U_{2\text{л}}}{I_{\text{дзр}}} \cdot \sin(\alpha) - 2 \cdot X_{\text{аф}} \right) =$$

$$= \frac{1}{314,159} \cdot (0,126 \cdot \frac{205}{50} \cdot 0,999 - 2 \cdot 0,1) = 0,001 \text{ Гн};$$

Знаючи індуктивність якоря двигуна $L_{\text{я}}$, можна визначити, чи необхідний додатковий реактор для отримання заданого початково-безперервного струму і яка його індуктивність:

$$L_{\text{др}} = L_{\text{д}} - L_{\text{я}} = 0,001 - 0,0027 = -0,00137 \text{ Гн};$$

Згладжування пульсацій випрямленого струму

У симетричній бруківці схемою амплітудні значення гармонійних складових випрямленої напруги пов'язані з його середнім значенням

$U_{\text{д0}}$ і кутом управління перетворювача:

$$U_{\text{дпт}} = 0,35 \cdot U_{\text{д0}} = 0,35 \cdot 276,75 = 96,862 \text{ В};$$

Струм першої гармоніки:

$$I_1 = (0,07..0,01) \cdot I_{\text{дн}} = 0,01 \cdot 500 = 50 \text{ А};$$

Необхідна індуктивність реактора:

$$L_{\text{др}} = \frac{U_{\text{дпт}} \cdot 100}{\sqrt{2} \cdot 0,126 \cdot p \cdot \omega \cdot I_1 \cdot I_{\text{дн}}} - L_{\text{я}} = \frac{96,862 \cdot 100}{\sqrt{2} \cdot 0,126 \cdot 2 \cdot 314,159 \cdot 50 \cdot 500} - 0,0027 = 0,001 \text{ Гн}$$

Обмеження струму при перекиданні інвертора

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При однофазному перекиданні в мостовій схемі якір двигуна шунтирується через вентилі. Індуктивність реактора, яка необхідна для обмеження аварійного струму, може бути визначена по наближеному висловом:

Максимально допустимий струм:

$$I_{\text{доп}} = 10 \cdot I_{\text{дн}} = 10 \cdot 500 = 5000 \text{ А};$$

$$I_{\text{нач}} = I_{\text{дн}} = 500 \text{ А};$$

ЕДС двигуна в момент перекидання:

$$E_{\text{нач}} = U_{\text{н}} - I_{\text{ян}} \cdot r_{\text{я}} = 220 - 374 \cdot 0,026 = 210,32 \text{ В};$$

Індуктивність реактора визначається за такою наближеною формулою:

$$L_{\text{др}} = \frac{0,01 \cdot r_{\text{я}}}{\ln\left(\frac{\frac{E_{\text{нач}}}{r_{\text{я}}} - I_{\text{нач}}}{\frac{E_{\text{нач}}}{r_{\text{я}}} - I_{\text{доп}}}\right)} = \frac{0,01 \cdot 0,026}{\ln\left(\frac{\frac{210,32}{0,026} - 500}{\frac{210,32}{0,026} - 5000}\right)} = -0,00209 \text{ Гн};$$

Обмеження струму через вентилі при к / з на стороні постійного струму

При к / з на стороні постійного струму реактор повинен обмежити його похідну до спрацьовування захисних пристроїв, щоб величина струму не перевищила безпечного для вентилів значення.

Обмеження струму через вентилі може бути здійснено за рахунок індуктивностей розсіювання обмоток трансформатора і індуктивностей в ланцюзі постійного струму.

Індуктивність реактора визначають за наступним значенням:

$$L_{\text{др}} = \frac{2,1 \cdot U_{2\text{л}}}{\omega \cdot (I_{\text{доп}} - I_{\text{нач}})} - \frac{X_{\text{а}}}{\omega} = \frac{2,1 \cdot 205}{314,159 \cdot (5000 - 500)} = -0,000329 \text{ Гн};$$

Вибираємо реактор типу Фросі-65 / 0,5УЗ з індуктивністю 1 мГн на номінальний струм 320 А, активний опір 4.5 мОм. Цей реактор є компактним і має масу 84 кг.

Табл. 2.4 – Технічні дані реактора **ФРОС-65/0,5УЗ**

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(Ф – фільтруючий, Р – реактор, О – однофазний, С – з природним відкритим охолодженням)

Тип реактора	Ном. Пост. Ток, А	Номинальна. індуктивність, мГн	активне опір, мОм	Габарит. Розміри, мм			Маса, кг
				L	B	H	
ФРОС-65/0,5УЗ	320	1	4,5	260	260	610	84

Шунти для ланцюгів якоря і збудження вибираються по їх номінальному струму з ряду:

У ланцюзі якоря: $I_{шя} = 500 \text{ А}$; $U_{шя} = 0,075 \text{ В}$;

Вибираємо тахогенератор постійного струму типу ПТ-32 для двигунів з підшипниками ковзання:

Табл. 2.5 – Технічні дані тахогенератора ПТ-32

Тип	Номинальна. Частота обертів, об/мин	Струм, А	струм збудження, А	габаритні розміри, мм	Маса, кг
ПТ-32	600	0,5	0,5	545×272	102

Визначення параметрів об'єкта управління

Активний опір головного ланцюга електроприводу за схемою ТП-Д може бути знайдено з наступного виразу:

$\beta_t = 1 + 0.004 \cdot 60 = 1.24$ - коефіцієнт який враховує зміни опору при нагріванні на 60 градусів.

Опір якорного ланцюга двигуна:

$$R_a = r_{я} \cdot \beta_t = 0,026 \cdot 1,24 = 0,032 \text{ Ом};$$

Активний опір обмотки трансформатора:

$$R_{тр} = \frac{\Delta P_{кз}}{I_{дн}^2} = \frac{2300}{250000} = 0,0092 \text{ Ом};$$

Активний опір обмежує реактора:

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{др} = \frac{\Delta P_{xx}}{I_{дн}^2} = \frac{400}{250000} = 0,0016 \text{ Ом};$$

Еквівалентний активний опір, що враховує зменшення випрямленої напруга внаслідок комутації вентилів:

$$R_{экв} = \frac{0,5 \cdot U_k \cdot U_{d0}}{100 \cdot I_{дн}} = \frac{0,5 \cdot 22,04 \cdot 276,75}{100 \cdot 500} = 0,061 \text{ Ом};$$

Активний опір шинопроводів:

$$R_{ш} = 0,1 \cdot R_a = 0,1 \cdot 0,032 = 0,0032 \text{ Ом};$$

Активний опір головного ланцюга електроприводу за системою ТП-Д $R_э$:

може бути знайдено як сума наступних складових:

$$\begin{aligned} R_э &= R_a + R_{тр} + R_{др} + R_{экв} + R_{ш} = \\ &= 0,032 + 0,0092 + 0,0016 + 0,061 + 0,0032 = 0,107 \text{ Ом}; \end{aligned}$$

Індуктивність розсіювання трансформатора:

$$L_{тр} = \frac{X_a}{\omega} = \frac{0,199}{314,159} = 0,0006338 \text{ Гн};$$

Індуктивність головного ланцюга:

$$L_э = L_я + L_{тр} + L_{др} = 0,00238 + 0,0006338 + 0,001 = 0,004 \text{ Гн};$$

Номинальний момент двигуна:

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P_{дв}}{n_H} = 9550 \cdot \frac{75}{590} = 1214 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Механічна постійна часу:

$$T_M = \frac{J_{дв} \cdot R_я}{K\Phi^2} = \frac{14 \cdot 0,026}{3,404^2} = 0,031 \text{ с};$$

Електромагнітна постійна часу:

$$T_э = \frac{L_э}{R_э} = \frac{0,004}{0,107} = 0,037 \text{ с};$$

Статичний коефіцієнт посилення ТП по напрузі при лінійному опорному напрузі:

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{kmax} = 10 \text{ В};$$

$$k_{вп} = \frac{U_{d0}}{U_{kmax}} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = 43,472 \text{ В};$$

Синтез структурної схеми електропривода

Статичний струм електроприводу:

$$I_c = 0,8 \cdot I_{ян} = 0,8 \cdot 374 = 299,2;$$

Мала некомпенсированное постійна часу, приймається в діапазоні (3...7 мс):

$$T_\mu = 0.005 \text{ с};$$

Постійна часу замкнутого контуру регулювання струму:

$$T_T = 2 \cdot T_\mu = 0,01 \text{ с};$$

Механічна постійна часу двигуна:

$$T_m = 0,031 \text{ с};$$

Статичний момент навантаження:

$$M_c = 0,8 \cdot M_H = 0,8 \cdot 1214 = 971,186 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Співвідношення постійних інтегрованих замкнутих контурів регулювання швидкості і струму:

$$d\omega_c = \frac{M_c}{J_{дв}} \cdot a_c \cdot T_T = \frac{971,186}{14} \cdot 1 \cdot 0,01 = 0,694;$$

$$\text{зде } a_c = \frac{T_c}{T_T} = \frac{0,01}{0,01} = 1;$$

$$T_c = 2 \cdot T_\mu = 0,01 \text{ с};$$

Розрахунок параметрів регуляторів

Значення коефіцієнта зворотного зв'язку:

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_c = \frac{10}{\omega_n} = \frac{10}{61,785} = 0,162;$$

Коефіцієнт датчика струму:

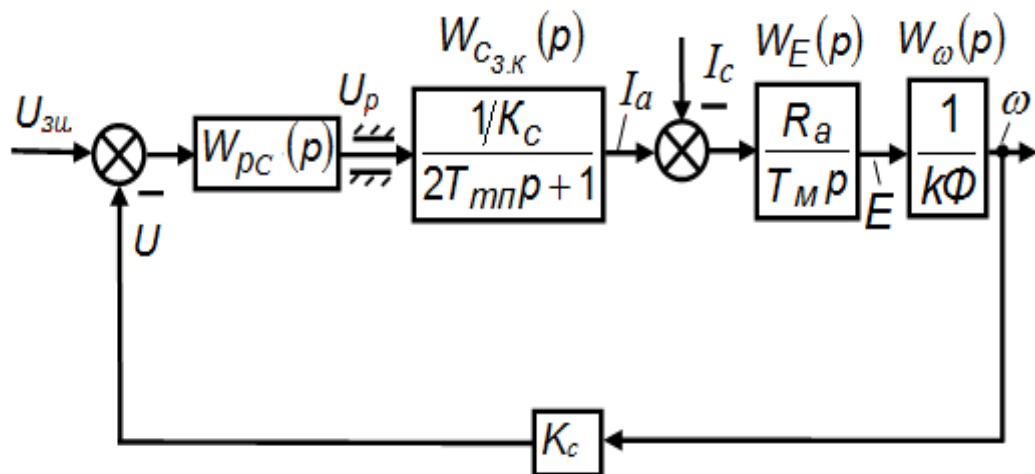
$$K_{дт} = \frac{10}{2,5 \cdot I_{ян}} = \frac{10}{2,5 \cdot 374} = 0,011 \frac{В}{А};$$

Передавальна функція ПІ - регулятора швидкості

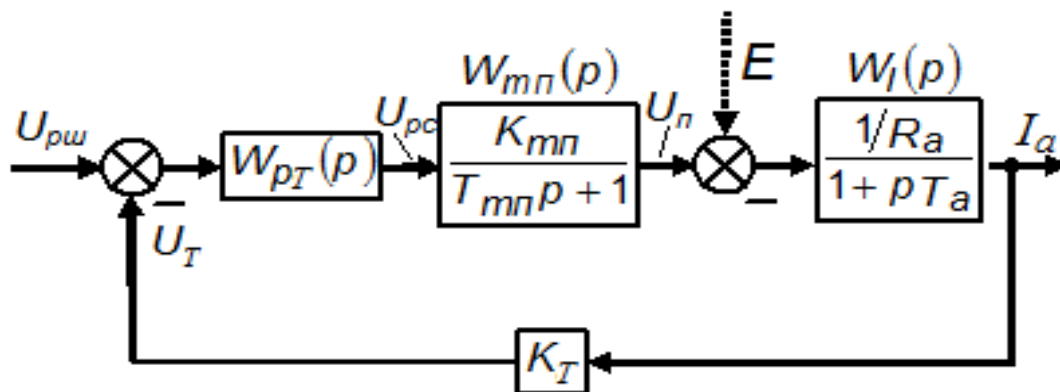
$$W_{pc}(p) = \frac{J \cdot k_{дт}}{32 \cdot T_T^2 \cdot k_{дс} \cdot KF \cdot p} \cdot (8 \cdot T_T \cdot p + 1)$$

$$W_{pc}(p) = \frac{14 \cdot 0,011}{32 \cdot 0,01^2 \cdot 0,162 \cdot 3,404 \cdot p} \cdot (8 \cdot 0,01 \cdot p + 1) =$$

$$= \frac{0,154}{0,00176} \cdot (0,08 \cdot p + 1) = \frac{87}{p} + 6,96$$



Мал.2.3 – Структурна схема контуру швидкості



Мал.2.4 - Структурна схема контуру струму

Постійна часу якірної ланцюга:

$$T_{\text{я}} = \frac{L_{\text{я}}}{R_{\text{я}}} = \frac{0,00238}{0,026} = 0,092 \text{ Гн};$$

Коефіцієнт тиристорного перетворювача:

$$k_{\text{ТП}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{10} = \frac{220}{10} = 22;$$

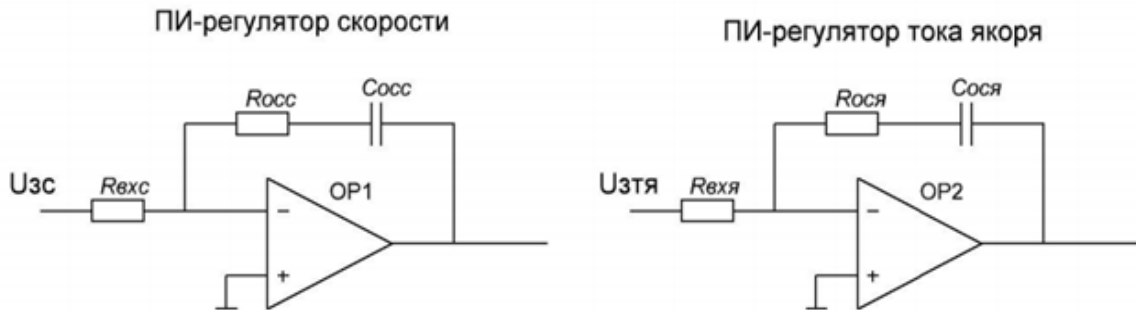
Передавальна функція регулятора струму якоря:

$$W_{\text{ртя}} = \frac{T_{\text{я}}}{2 \cdot T_{\mu} \cdot k_{\text{ТП}} \cdot \frac{1}{R_{\text{я}}} \cdot k_{\text{T}}} + \frac{1}{2 \cdot T_{\mu} \cdot p \cdot k_{\text{ТП}} \cdot \frac{1}{R_{\text{я}}} \cdot k_{\text{T}}} =$$

$$= \frac{0,092}{2 \cdot 0,005 \cdot 22 \cdot \frac{1}{0,026} \cdot 0,011} + \frac{1}{2 \cdot 0,005 \cdot 2 \cdot 22 \cdot \frac{1}{0,026} \cdot 0,011} =$$

$$= 1,148 + \frac{11}{p};$$

Розрахунок параметрів елементів регуляторів



мал.2.5 – Принципові схеми регуляторів

ПИ - регулятор швидкості

$$W_{\text{рс}}(p) = \frac{87}{p} + 6,96$$

Приймаємо $C_{\text{осс}} = 2 \text{ мкФ}$, тоді

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\begin{cases} \frac{R_{ocс}}{R_{вхс}} = 6,96 \\ C_{ocс} \cdot R_{ocс} = \frac{1}{87} \end{cases}$$

Получаємо $R_{ocс} = 5747,0 \text{ Ом}; \quad R_{вхс} = 825,0 \text{ Ом};$

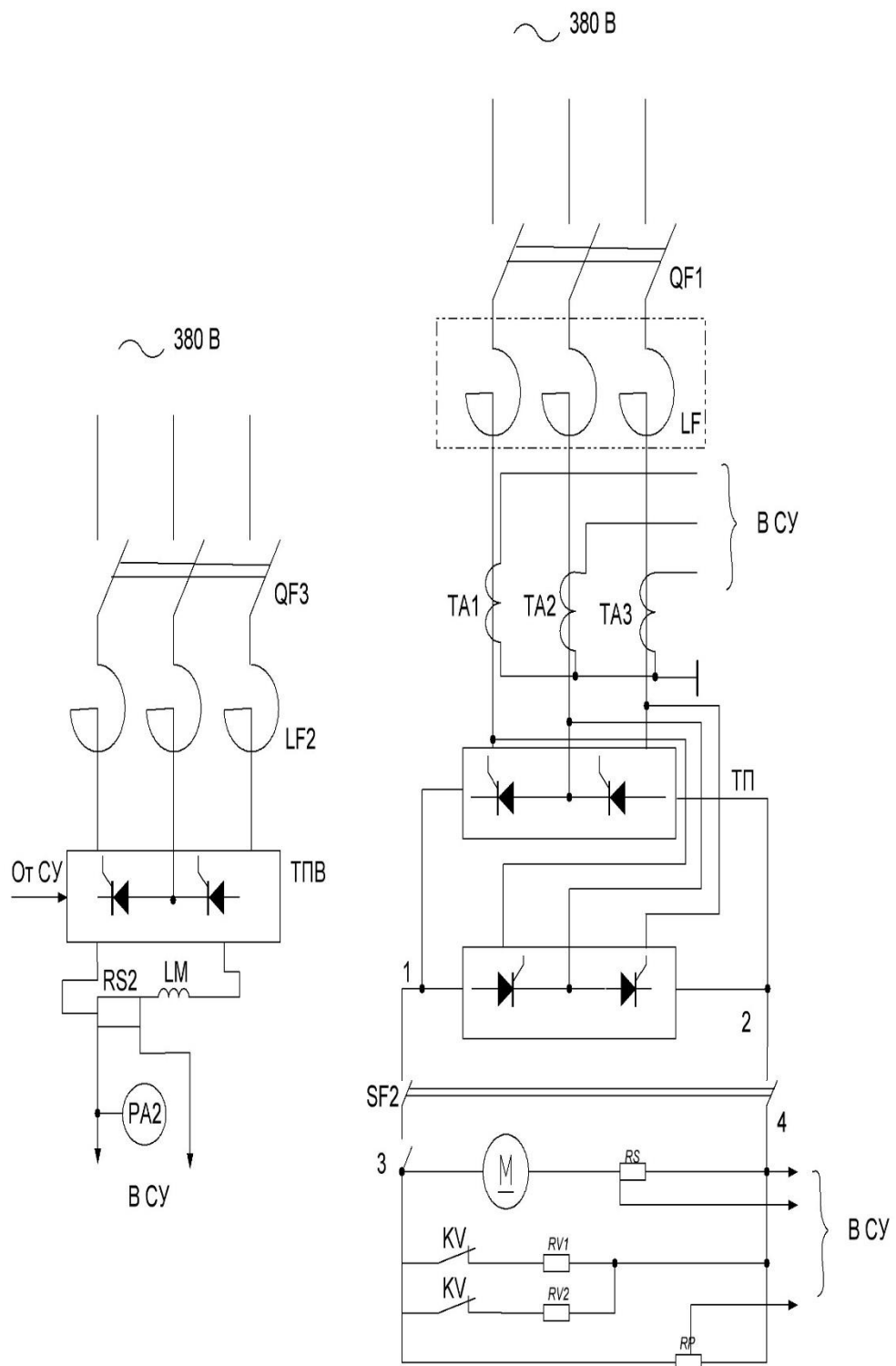
ПШ - регулятор струму якоря:

Приймаємо $C_{ося} = 1 \text{ мкФ}$, тогді

$$R_{ося} = \frac{T_a}{C_{ося}} = \frac{0.092}{10^{-6}} = 92 \text{ кОм};$$

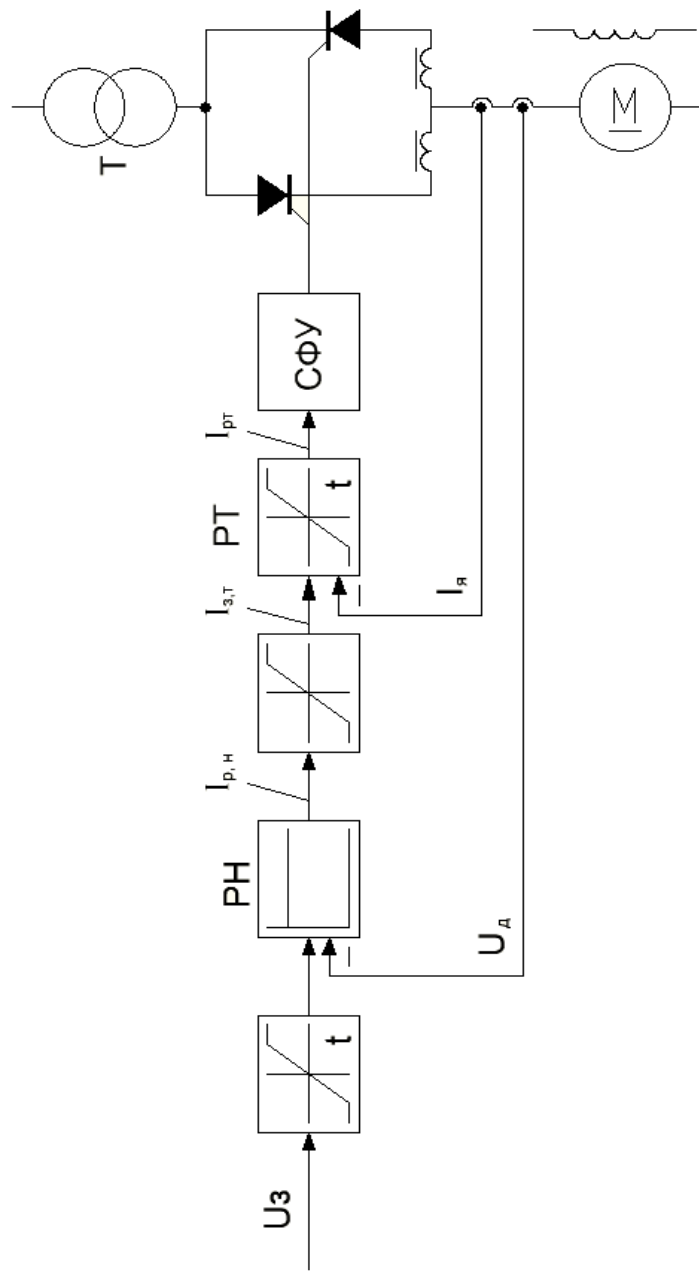
$$R_{вхя} = \frac{2 \cdot T_{\mu} \cdot K_{\mu} \cdot k_{дс}}{R_a \cdot C_{ося}} = \frac{2 \cdot 0.005 \cdot 44 \cdot 0.162}{0.026 \cdot 10^{-6}} = 2741 \text{ кОм};$$

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Мал.2.6 Силова частина однодвигательний електроприводу

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



мал.2.7 Схема підлеглого регулювання для системи ТП-Д з роздільним керуванням

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Висновки: в розділі «Автоматизований електропривод» були обрані двигун постійного струму МП-72, трансформатор ТСП-100 / 0,7-УХЛ4, тиристорний перетворювач КТЕМ, тахогенератор ПТ-32, реактор Фрос 65 / 0,5УЗ. А так же зроблений розрахунок ПІ регулятора струму і ПІ регулятора швидкості. Наведено силова частина однодвигательний електроприводу і схема підлеглого регулювання для системи ТП-Д з роздільним керуванням.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Дослідження динаміки електроприводу

3.1 Структурна схема однозонного двигуна постійного струму

В якості вихідних даних для складання структурної схеми електромеханічної системи з підлеглим регулюванням параметрів приймаємо математичний опис двигуна постійного струму. Регулювання координат електроприводу забезпечується за рахунок зміни напруги харчування в якірного ланцюга, таку функцію виконує тиристорний перетворювач, спрощено можна описати апериодическим ланкою:

$$W_{m\pi}(p) = \frac{K_{m\pi}}{T_{m\pi}p + 1},$$

де $T_{m\pi}$ – еквівалентна постійна часу тиристорного перетворювача (мала постійна часів);

$K_{m\pi}$ – коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача:

$$k_{m\pi} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{10} = \frac{220}{10} = 22;$$

де U_H – номінальна напруга живлення двигуна

Вважаємо, що внутрішній контур регулювання містить регулятор струму $W_{\text{рт}}(p)$ і зворотний зв'язок по току з коефіцієнтом передачі K_T , а зовнішній - регулятор швидкості $W_{\text{рс}}(p)$ і зворотний зв'язок по швидкості з коефіцієнтом передачі $k_{\text{дс}}$. Постійними часу датчиків зворотних зв'язків нехтуємо в зв'язку з їх відносно малим значенням. Зворотний зв'язок по ЕРС вважаємо компенсованій або відсутньої. При таких умовах будуємо структурну схему САУ електроприводу з постійним потоком збудження і підлеглим регулюванням параметрів в абсолютних одиницях. (Рис.3.1)

Передавальна функція регулятора струму:

Передавальна функція ІІ регулятора струму якоря:

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
 W_{\text{ртя}} &= \frac{T_{\text{я}}}{2 \cdot T_{\mu} \cdot k_{\text{ТП}} \cdot \frac{1}{R_{\text{я}}} \cdot k_{\text{T}}} + \frac{1}{2 \cdot T_{\mu} \cdot p \cdot k_{\text{ТП}} \cdot \frac{1}{R_{\text{я}}} \cdot k_{\text{T}}} = \\
 &= \frac{0,092}{2 \cdot 0,005 \cdot 22 \cdot \frac{1}{0,026} \cdot 0,011} + \frac{1}{2 \cdot 0,005 \cdot 2 \cdot 22 \cdot \frac{1}{0,026} \cdot 0,011} = \\
 &= 1,148 + \frac{11}{p};
 \end{aligned}$$

Таким чином, отримана передавальна функція є пропорційно-інтегральним регулятором, невідомою величиною в якому є коефіцієнт $K_{\text{с}}$, що розраховують, виходячи з необхідного максимального струму якоря двигуна.

Якщо врахувати той факт, що максимальна напруга в аналогових системах автоматичного управління приймають на рівні насичення операційних підсилювачів 10 В, то коефіцієнт зворотного зв'язку по струму визначається так:

$$K_{\text{дт}} = \frac{10}{2,5 \cdot I_{\text{яН}}} = \frac{10}{2,5 \cdot 374} = 0,011 \frac{\text{В}}{\text{А}};$$

де $I_{\text{Н}}$ – номінальний струм двигуна;

λ – перевантажувальна здатність двигуна

Передавальна функція ПІ - регулятора швидкості:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{рс}}(p) &= \frac{J \cdot k_{\text{дт}}}{32 \cdot T_{\text{T}}^2 \cdot k_{\text{дс}} \cdot KF \cdot p} \cdot (8 \cdot T_{\text{T}} \cdot p + 1) \\
 W_{\text{рс}}(p) &= \frac{14 \cdot 0,011}{32 \cdot 0,01^2 \cdot 0,162 \cdot 3,404 \cdot p} \cdot (8 \cdot 0,01 \cdot p + 1) = \\
 &= \frac{0,154}{0,00176} \cdot (0,08 \cdot p + 1) = \frac{87}{p} + 6,96
 \end{aligned}$$

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

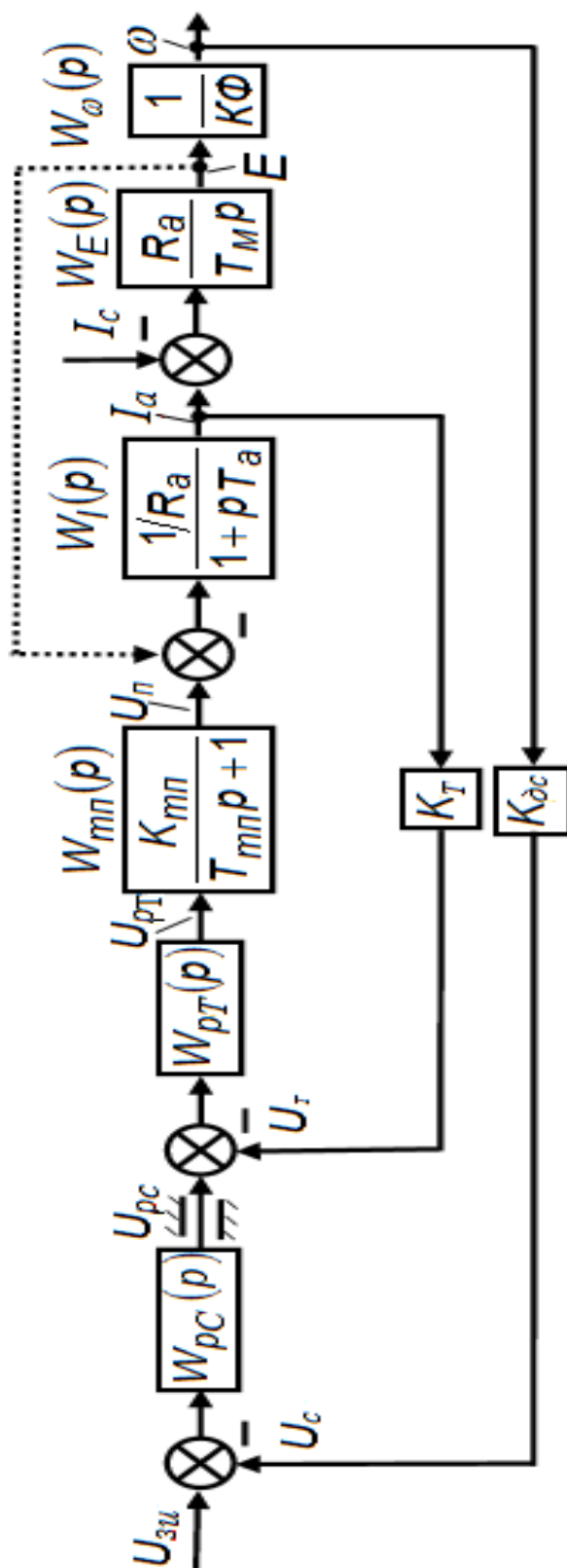
У вираженні для визначення регулятора швидкості невідомим є коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості. Цей коефіцієнт розраховують, виходячи з забезпечення максимальної робочої швидкості при максимальній напрузі завдання в сталому режимі.

З огляду на той факт, що максимальна напруга завдання в аналогових системах автоматичного управління приймають на рівні насичення операційних підсилювачів 10 В, коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості двигуна визначають так:

$$k_c = \frac{10}{\omega_n} = \frac{10}{61,785} = 0,162;$$

де ω_n - номінальна кутова швидкість обертання двигуна

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



мал. 3.1 Структурна схема
однозонного електроприводу

3.2 Моделювання системи однозонного двигуна постійного струму в середовищі MatLab / Simulink і дослідження перехідних процесів при відпрацюванні навантажувальної діаграми

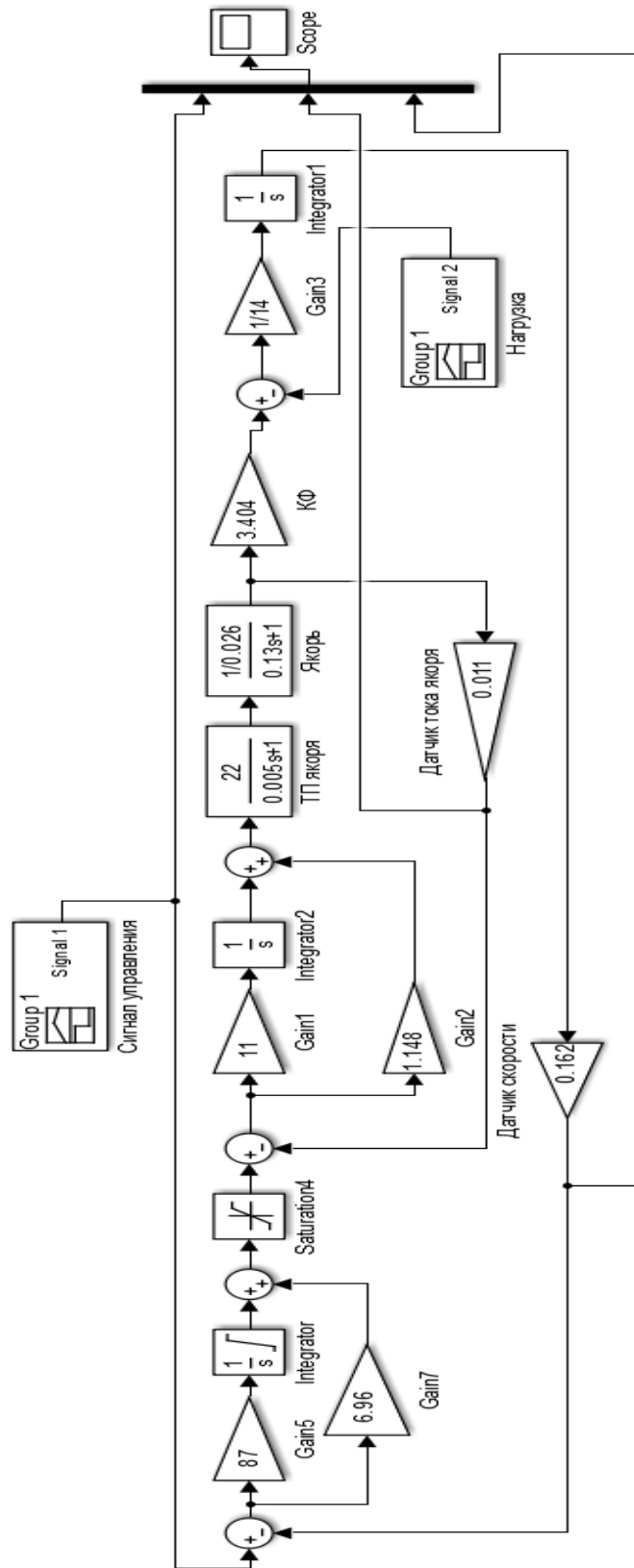


Рис. 3.2 Модель однозонного электропривода постоянного струму

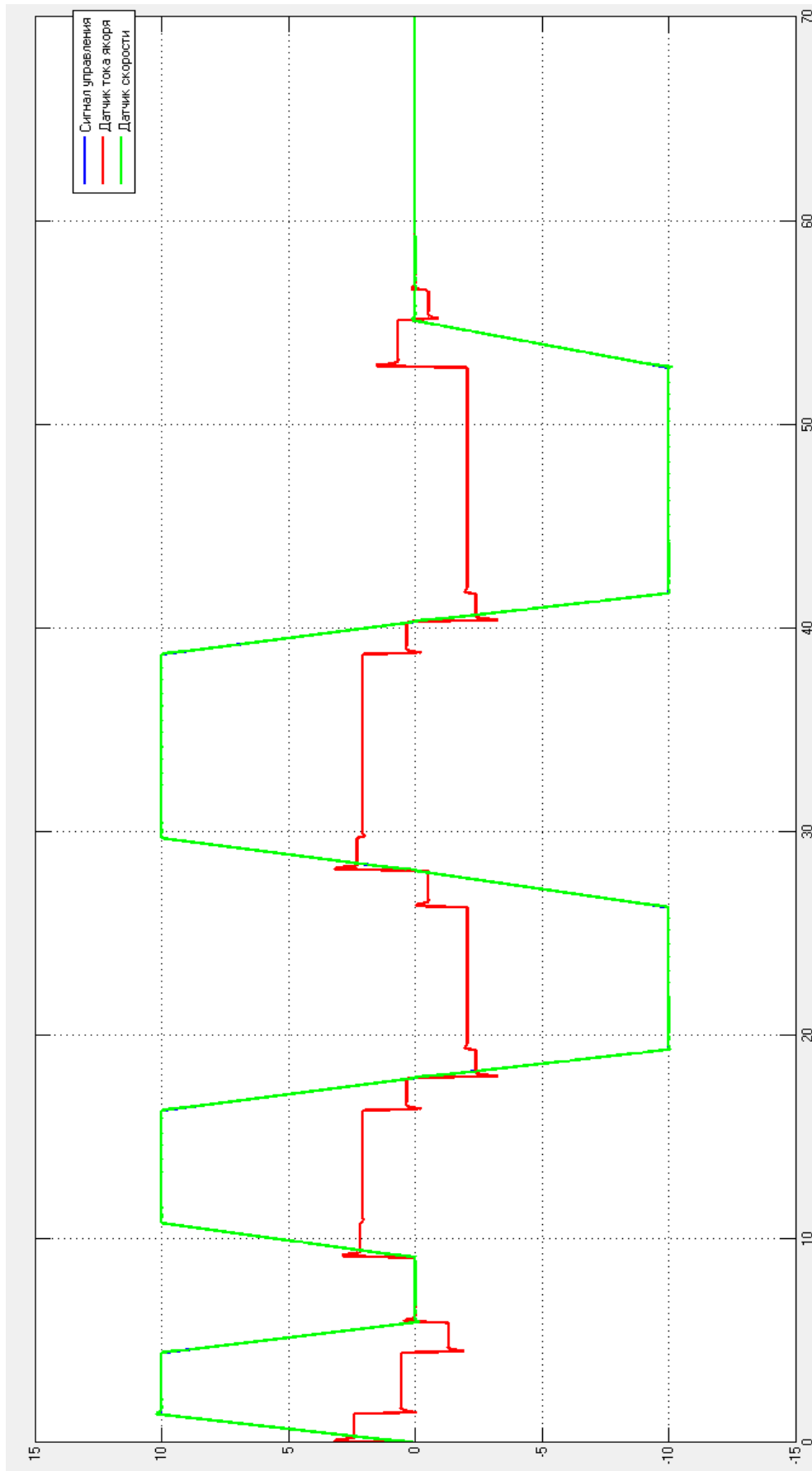


Рис.3.3 Перехідні процеси

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Висновок: в розділі «дослідження динаміки електроприводу» отримано перехідний процес, який задовольняє нашим вимогам.

Управління електроприводами полягає в здійсненні пуску, регулювання швидкості, гальмування, реверсування, а також підтримки режиму роботи приводу відповідно до вимог технологічного процесу.

У найпростіших випадках пуск, регулювання швидкості і гальмування здійснюється за допомогою апаратів ручного керування. Застосування цих апаратів пов'язано з додатковою витратою часу на управління і, отже, знижує продуктивність механізму. Крім того, застосування апаратів ручного керування виключає можливість дистанційного керування, що неприйнятно в ряді сучасних автоматизованих установок.

Прагнення усунути подібні недоліки ручного управління привело до створення апаратів напівавтоматичного і автоматичного управління.

Автоматичне управління електроприводами є одним з основних умов підвищення продуктивності механізмів і виробництва продукції високої якості.

Крім того, автоматизація спрощує обслуговування механізмів, дає можливість здійснити дистанційне керування електроприводами. Останнє особливо важливо там, де не можна управляти двигунами в безпосередній близькості за умовами територіального розташування машин або в зв'язку з особливостями технологічного процесу.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників

Основні небезпечні фактори

- а) Рух машин і механізмів.
- б) Рух виробничого матеріалу.
- в) Наявність високої напруги.

Рух машин і механізмів

У цеху встановлено різне основне і допоміжне обладнання, рушійні частини якого становлять певну небезпеку, так як непередбачений контакт з ними може викликати травми виробничого персоналу. Це прокатні валки, що тягнуть, що подають і напрямні ролики, кантувачелі, штовхачі, Штовхувачі, маніпулятори, рольганги, транспортери.

Частини та вузли прокатних машин (валки, маховики, з'єднувальні шпинделі, зубчасті колеса, барабани летючих ножиць, різні муфти, втулки, кулачки, ексцентрики) здійснюють обертальні рухи. Інші частини і вузли (важелі, елементи транспортерів, штовхачів маніпуляторів і кантователів) виконують зворотно - поступальний рух. Небезпека впливу визначається перш за все конструктивними проблемами. Так, небезпека зростає, якщо обертають частини устаткування містять виступаючі деталі кріплення (болти, шпильки, гвинти, гайки), а на їх поверхні є сліди нерівномірного зносу або дефекти (тріщини, задирки та ін.).

При обертанні назустріч один одному прокатних та інших валків виникають умови для захоплення кінцівок людини, його одягу. Рухомі злитки, блюми, сляби, заготовки, підкат і готовий продукт створюють можливість травмування персоналу під час непередбаченого контакту їх з людиною. З

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

огляду на, що швидкість обробки металу на механічному обладнанні прокатних цехів зростає, можливі викиди металу з валків, відображення напрямних, апаратів і т.д.

Тому для забезпечення безпеки експлуатації машин і механізмів прокатних цехів необхідно застосовувати різні системи захисту. Це досягається насамперед механізацією і автоматизацією виробничих процесів, дистанційним керуванням механізмами і наглядом за їх роботою, заміною періодичних процесовнепреривними, автоматизацією вимірювання параметрів процесу обробки металу.

Рухомі і обертові частини механізмів прокатних станів, агрегатів, розташованих в важкодоступних місцях, допускається огорожувати загальним огороженням із замикаючим пристроєм. Маховики повинні мати бокове огороження у вигляді суцільного бар'єра чи поручнів з обшивкою по низу. Огороження маховиків по обіду має виконуватися у вигляді суцільного щита не менше 2м.

Для безпечного переходу людей через рольганги шлеппери, конвеєри повинні бути побудовані перехідні містки, огорожені поручнями. Містки для переходу через гарячий метал повинні мати теплоізолюючий настил, а з боків екрановані щитами з листового заліза висотою не менше 1,8 м. Для забезпечення безпеки робочих при ремонтах осередків нагрівальних колодязів по краю майданчика повинні встановлюватися знімні огорожі.

Рух виробничого матеріалу

При виконанні операцій різання металу на ножицях потенційна небезпека виникнення травм у персоналу може виникнути при заміні ножів і видаленні з їх ріжучих поверхонь наварів, прибирання обрізків і окалини від ножиць, усунення заклинювання обрізу в жолобі ножиць і на конвеєрі, в процесі

					Груповий електропривід рольгангу частової кліти стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

різання і відборі проб. У скрапном прольоті небезпека можлива при проведенні кантування коробок - контейнерів з обрізом, а також при перестановці вагонів під обріз, тому в процесі роботи проводять періодичний огляд устаткування, при якому також можливе ураження персоналу.

При проведенні прокатки на блюмінгу або слябінгу потенційна небезпека виникнення травм у персоналу виникає при транспортуванні злитків робочим рольгангом до стану, прокатці злитків в робочій кліті в перших проходах, проведенні перевалок і налаштування валків,

очищенні жолобів гідрозмиву окалини, очищення рольгангов від даних пробок

і скрапу, проведенні операцій з установки, прибирання та кантуванні коробок для скрапу.

Рольганги, що подають метал до ножиць, повинні мати борти що виключають можливість вильоту подається металу.

У випадках, якщо виконавчі органи машин становлять небезпеку для людей і не можуть бути огорожені, повинні бути передбачені сигналізація, що попереджає про пуск машини в роботу, і кошти для зупинки і відключення від джерел енергії.

Наявність високої напруги

У цеху велика частина електроустаткування працює при нарузі до 1000В. Електричну небезпеку становлять: електроустановки, електродвигуни, електрообладнання та лінії електропередач.

У цеху є джерела електромагнітних і електричних полів, які використовуються для різних цілей: підігріву робочих валків, сушки покриттів, нанесених на поверхню виробів, нагрівання вихідних виробів для

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

гарячої прокатки. Електромагнітне поле створюється при роботі високочастотних і надвисокочастотних установок. Норми по електромагнітному випромінюванню по СанПіН № 5802-91.

Електродвигуни відкритого типу встановлено в приміщенні цеху без підвищеної небезпеки, їх струмоведучі та обертові частини не закриті і не захищені. Навколо встановлюють огорожі. Рубильники, встановлені у виробничих приміщеннях на розподільчі рахунки забезпечені захисними кожухами, виготовленими з вогнестійких матеріалів. Для захисту електроустановок від перевантажень застосовують плавкі запобіжники. Внутрицеховая електрична мережа виготовлена з ізольованих проводів або кабелів. Кабелі прокладають в підлозі в каналах і закривають зверху знімними покриттями з вогнестійких матеріалів. Повітряну електричну мережу виконують на ізоляторах, на висоті не менше

6 м при напрузі до 1000В і не менше 7 м при напрузі понад 1000В.

Захисне заземлення застосовують як при ізольованій так і при заземленої нейтралі.

Для захисту від електричних і електромагнітних полів встановлюють екранують пристрої, що працюють забезпечують спеціальними екранують костюмами. Екрани є заземлення щити з струмопровідного матеріалу. Стационарні екрани призначені для захисту персоналу при огляді обладнання. У разі застосування НВЧ-коливань необхідно працювати в окулярах, збільшувати відстань між джерелами випромінювання і робочим місцем, зменшувати потужність випромінювання генератора. Методи контролю і способи засобів захисту повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.006-84 та відповідати вимогам ПУЕ

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

- а) Шум і вібрація
- б) Відхилення показників мікроклімату.
- в) Недостатня освітленість робочої зони.

Шум і вібрація

Шум надає багатоаспектний вплив на організм людини. Джерела механічних шумів в прокатних цехах є зубчасті передачі, підшипники, кулачки, кривошипні механізми, ланцюгові передачі, процеси транспортування металу по рольганги, його деформації, різання, вібрації поверхонь машин і устаткування. Термічний шум виникає при роботі газових пальників, нагрівальних пристроїв, при горінні різних смолоскипів. Електромагнітний шум виникає при шумі трансформаторів. Рівень звукового тиску на робочих місцях в цеху 90-120 дБ, при нормі 80 дБ.

Джерелами вібрації є: зворотно-поступальні рушійні системи: електричні і пневматичні зубила, шліфувальні машини. Санітарні норми вібрації робочих місць по СН № 3044-84.

При експлуатації рольгангов виникає високі рівні шуму, обумовлені ударним впливом. Зниження шуму досягається зміною конструкції рольганга, а також застосуванням металевих матеріалів з високими демпфівальними властивостями, виготовлення роликів рольганга зі сталі, що містить від 0,7 до 3,5% Mn, що знижує рівень звукового випромінювання на 12-15 дБ. Пости управління обтискними станами розташовують поблизу кліти. Отже, вони систематично знаходяться над гарячими зливками і прокатами, а також має місце шум високих рівнів. Тому пости керування повинні бути обладнані захисними теплоізоляцією і були захищені від

					Груповий електропривід рольгангу частової кліти стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

проникнення шуму в приміщенні поста. Рівні шуму повинні відповідати ГОСТ 121.003-83 і ГОСТ 12.1.012-78.

Для боротьби з вібраціями в цеху застосовуються виброгасящі фундаменти. А використання дистанційного керування дозволяє вирішити проблему захисту людей від цього шкідливого фактора.

Для боротьби з вібраціями в цеху застосовуються виброгасящі фундаменти. А використання дистанційного керування дозволяє вирішити проблему захисту людей від цього шкідливого фактора.

Таблиця 21 Санітарні норми одне-числових показників вібраційного навантаження на оператора для зміни тривалістю 8 годин.

вид вібрації	Категорія	віброприскорення		віброшвидкості	
		м/с ²	дБ	мс ⁻¹ *10 ⁻²	дБ
Загальна	2	0,2 5	10 9	0,56	101

Відхилення показників мікроклімату

У виробничих приміщеннях цеху передбачається створення мікроклімату, який забезпечує нормальні умови для роботи виробничого персоналу.

Джерела теплових виділень - оброблюваний метал, нагрівальні пристрої, стан, допоміжне обладнання методичної печі для термічної обробки, оздоблювальні агрегати. Велика кількість теплоти виділяється при складуванні вихідних матеріалів, готових виробів, охолодженні на холодильниках. У прокатних цехах повинні бути створені умови по СанПіН 2.2.4.548-96. Оптимальна температура 16-25 С, допустима 13-25 С, при

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

виконанні важкої фізичної роботи максимально допустиме значення температури 26 С, а відносна вологість не більше 75%.

Недостатня освітленість

Освітленість, створювана денним природним світлом, змінюється в надзвичайно широких межах. Зміни ці обумовлені часом дня, сезоном і метеорологічними чинниками, за короткий проміжок часу освітленість природного світла може змінюватися в кілька разів. Тому природне освітлення приміщень не можна характеризувати, а отже, і нормувати абсолютною величиною освітленості. Правила і норми штучного освітлення ґрунтуються на закономірностях, що визначають працездатність зору.

4.3 ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА

Прокатне виробництво характеризується тим, що в обігу постійно знаходиться гарячий метал, при обробці якого виділяється значна кількість променистого тепла з розпеченого металу і окалини. Крім того, в цеху використовуються горючі гази в якості палива в нагрівальних колодязях і на машині вогневій зачистці. З вище перерахованих факторів, що характеризують прокатне виробництво, цех відноситься до категорії "Г" (згідно НПБ 105-03).

Але в цеху є приміщення, які можуть бути віднесені до вищої категорії пожежонебезпеки: маслоподвали, що характеризуються наявністю великої кількості масла для потреб табору, яке здатне займання, можна віднести до категорії "В"; проходи близько газопроводів, що подають паливо в піч, що характеризуються наявністю легкозаймистої газу, можна віднести до категорії "А".

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

За НПБ 105-03, при проектуванні до будівництва будівель і споруд необхідно враховувати категорію пожежної небезпеки виробництва, ступеня вогнестійкості цих будівель. Вогнестійкість обжимного цеху визначається, перш за все, стійкістю конструкцій зберігати свою несучу здатність при впливі високих температур. Оскільки основними матеріалами, використаними при будівництві цеху, є метал і бетон, цех має досить високу вогнестійкість і відповідно до СНиП 21.01.-97 відноситься до першого ступеня вогнестійкості.

У цеху передбачені протипожежні заходи: до будівель і до споруд цеху забезпечений під'їзд пожежних автомобілів з усіх боків; обладнання установками автоматичного пожежогасіння, пожежної сигналізації в особливо пожежонебезпечних приміщеннях.

Система пожежного захисту передбачає наступні заходи:

1. Максимально можливе застосування негорючих і важкогорючих речовин і матеріалів у виробничих процесах;
2. Обмеження кількості горючих речовин і їх належне розміщення;
3. Ізоляцію займистою середовища;
4. Застосування засобів пожежогасіння;
5. Застосування конструкцій виробничих об'єктів з регламентованим межею їх вогнестійкості і горючості;
6. Евакуація людей на випадок пожежі;
7. Застосування засобів пожежної сигналізації та засобів сповіщення про пожежу;
8. Організацію пожежної охорони об'єкта;
9. Застосування засобів колективного та індивідуального захисту від

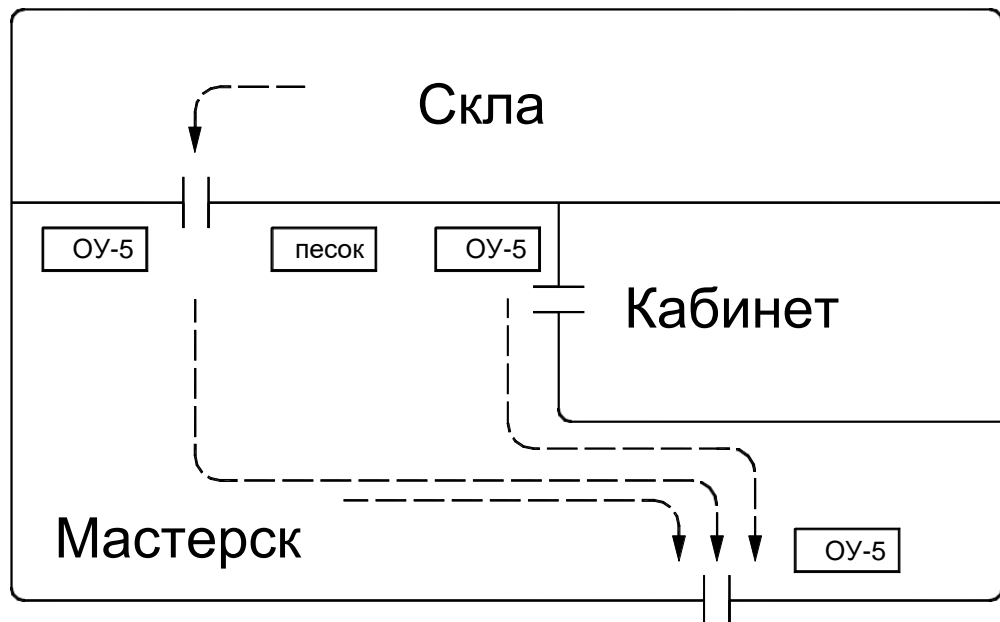
					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

вогню.

Для гасіння пожеж застосовуються кілька типів стаціонарних

систем пожежогасіння. У складах застосовуються установки водяного пожежогасіння. Дана установка не тільки гасить пожежу, а й включає світлову і звукову системи сигналізації. У кабельному підвалі встановлені стаціонарні установки і автоматична пожежна сигналізація дренчерного пожежогасіння з дистанційним управлінням. В галереях, де розташовані електричні кабелі, застосовують установки газового пожежогасіння. У маслоподвалах застосовують установки гасіння пожеж парою. Введення в дію цих установок проводиться вручну засувками, що знаходяться поруч з маслоподвалом.

Для запобігання загибелі людей при виникненні пожежі кожен робітник повинен знати шляхи безпечного виходу зі свого приміщення. На малюнку 1.показан план евакуації людей при пожежі з майстерні електрослужби стану 1250, а також нанесені засоби гасіння пожежі.



Малюнок 21 - План евакуації при пожежі

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Вступ

Метою даного розділу дипломного проекту є розрахунок економічних показників технічного рішення щодо модернізації електропривода головного підйому мостового крану. Суть технічного рішення полягає у впровадженні перетворювача частоти замість релейно-контакторної системи регулювання.

Впровадження частотного регулювання електроприводів (ЧРП) дозволяє:

- підвищити надійність роботи устаткування і систем;
- автоматизувати виробництво;
- економити ресурси і енергію.

Частотне регулювання ефективно застосовується на підприємствах енергетики, промисловості і комунального господарства.

Застосування пристроїв плавного регулювання частоти обертання двигунів дає ряд додаткових переваг, а саме:

- плавний пуск і зупинку двигуна виключає шкідливу дію перехідних процесів в технологічному устаткуванні;
- пуск двигуна здійснюється при струмах, обмежених на рівні номінального значення, що підвищує довговічність двигуна, знижує вимоги до потужності живлячої мережі і потужності комутуючої апаратури;
- можлива модернізація діючих технологічних агрегатів без заміни основного устаткування і практично без перерв в його роботі.

Для обґрунтування економічної доцільності пропонованого в дипломному проекті обладнання необхідно вирішити наступні завдання:

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.Розрахунок капітальних витрат

2.Розрахунок експлуатаційних витрат

3.Розрахунок і аналіз показників економічної ефективності

5.1. Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації, та можуть включати.

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;
- витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;
- витрати, пов'язані з виконанням монтажно-налагоджувальних робіт;
- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Зведення капітальних витрат

№п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн.
1	Двигун постійного струму типу МП-72	1	65352	65352
2	Трансформатор типу ТСП- 100/0,7-УХЛ4	1	73165	73165
3	Реактор ФРОС-65/0,5УЗ	1	224808	224808
4	Тахогенератор ПТ-32	1	51338	51338
5	Тиристорний перетворювач серії КТЭМ	1	16385	16385
			ВСЬОГО	431021

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Вартість монтажно-налагоджувальних робіт виконується робітниками підприємства та фактичними даними підприємства за формулою.

Відповідно до держбюджету – 2019 року, мінімальна зарплата з 1 січня 2019 року становить **4173** гривень на місяць.

Для монтажника 4 розряду з урахуванням тарифного коефіцієнту **1,57** місячна тарифна **заробітна плата дорівнюватиме:**

$$ЗП_{\text{тар1}} = 4173 * 1,57 = 6551.61 \text{ грн}$$

Звідси знайдемо годинну тарифну ставку: **6551.61 грн / 172 год= 38 грн/год**

Коефіцієнти були взяті з Інтерпайп НТЗ <http://ntrp.interpipe.biz/>

Витрати на монтажні (Z_m) та на налагоджувальні роботи (Z_n) можна визначити наступним чином:

Таблиця 5.2

Витрати на монтажні роботи (B_m)

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників	-	Ч	3
2	Часова тарифна ставка монтажника четвертого розряду	грн/год	α	38
3	Час для виконання робіт	год	t	18
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат	-	K_d	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи	-	K_{cm}	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати	-	K_{np}	1,05

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_M = \sum (C_i * a_i * t_i) * K_d * K_{CM} * K_{пр}$$

$$Z_M = 3 \cdot 38 \cdot 18 \cdot 1.27 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 3338,33 \text{ грн}$$

Для монтажника 5 розряду з урахуванням тарифного коефіцієнту **1,95** місячна тарифна **заробітна плата дорівнюватиме:**

$$ЗП_{тар2} = 4173 * 1,95 = 8\ 137,35 \text{ грн}$$

Звідси знайдемо годинну тарифну ставку: **8169.48 грн / 172 год = 47,3 грн/год**

Таблиця 6.3

Витрати на налагоджувальні роботи (B_H)

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників		C	2
2	Часова тарифна ставка монтажника п'ятого розряду	грн/год	a	47,3
3	Час для виконання робіт	Год	t	8
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат	-	K_d	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний внесок	-	K_{CM}	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати	-	$K_{пр}$	1,05

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_n = \sum (C_i * a_i * t_i) * K_d * K_{cm} * K_{pr}$$

$$Z_n = 2 \cdot 8 \cdot 47,3 \cdot 1,27 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 1211,03 \text{ грн.}$$

де C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.

a_i – годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн.

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

K_{pr} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат ($Z_{тзс}$) визначається виходячи з:

- відстані доставки обладнання від місця придбання до місця експлуатації;
- кількості, маси і габаритів устаткування;
- виду транспортних засобів;
- транспортних тарифів;
- розцінок на вантажно-розвантажувальні роботи;
- витрат на складську обробку.

Транспортно-заготівельні і складські витрати за спрощеним методом визначаються у відсотках від вартості устаткування, матеріалів, виробів, конструкцій (5-7%) або за фактичними витратами.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно прейскуранта цін (<https://prom.ua/p12464558-uslugi-gruzoperevozki-furgonom.html>) станом на 25.05.2019

Машина з тентом вантажопідйомністю до 5т ваги, 10 грн за 1км .

Відстань: 477,4 км

Таким чином, загальна сума дорівнює:

$$K_{\text{ТЗС}} = 10 \cdot 477.4 = 4774 \text{ грн}$$

Таким чином, капітальні інвестиції на здійснення проектного варіанта складають:

$$K_{\text{П}} = K_{\text{Об}} + K_{\text{ТЗС}} + K_{\text{М(Н)}}$$

де $K_{\text{Об}}$ – вартість устаткування за зведенням витрат (без ПДВ), тис. грн.;

$K_{\text{ТЗС}}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати, тис. грн.;

$K_{\text{М(Н)}}$ – витрати на монтаж і налагодження устаткування, тис. грн.

$$K_{\text{П}} = 431021 + 4774 + (1211,03 + 3338,33) = 440344.36 \text{ грн}$$

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\text{дем}} = K_{\text{м}}$ так як в монтажних роботах відбувається ті ж самі процеси що и в демонтажних.

Повні капітальні витрати можуть бути визначені в такий спосіб:

$$K_{\text{пов}} = K_{\text{п}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{зал}} = 440344.36 + 3338,33 = 443682,69 \text{ грн}$$

де $K_{\text{зал}}$ – залишкова вартість устаткування, що демонтується, будинків, споруд, тис. грн.

Витрати на придбання технічних засобів оформляються у вигляді зведення капітальних витрат за розділами (табл. 5.4).

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.4

Зведення капітальних інвестицій, тис. грн.

№ п/п	Найменування технічних засобів (обладнання)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Електрообладнання			
	Двигун постійного струму типу МП-72	1	65352	65352
	Трансформатор типу ТСП-100/0,7-УХЛ4	1	73165	73165
	Реактор ФРОС-65/0,5УЗ	1	224808	224808
	Тахогенератор ПТ-32	1	51338	51338
	Тиристорний перетворювач серії КТЭМ	1	16385	16385
2	Будівельно-монтажні роботи			
3.1	Демонтаж старого устаткування	1	3338,33	3338,33
3.2	Монтаж та налагодження	1	4549,36	4549,36
	УСЬОГО			438935,69

До капітальних інвестицій можуть бути додані передвиробничі витрати на НДР і впровадження проектного варіанта ($K_{\text{ндр}}$), підготовку персоналу

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

($K_{пер}$), придбання програмного забезпечення ($K_{пз}$). Тоді повні капітальні інвестиції:

$$K_{пов} = K_{п} + K_{ндр} + K_{пер} + K_{пз}$$

$$K_{пов} = 440344.36 = 440344.36$$

5.2.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Термін корисного використання об'єктів основних засобів для нарахування амортизації, приймається як мінімально допустимих .

Таблиця 5.3

Мінімально допустимі терміни корисного використання за окремими групами основних засобів

Групи	Мінімально допустимі терміни корисного використання, років
група 3 – будівлі;	20
– споруди;	15
– передавальні пристрої	10
група 4 – машини і обладнання;	5
– електронно-обчислювальні машини, інші машини для автоматичної обробки інформації, пов'язані з ними засоби зчитування або друку	2

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

інформації, комп'ютерні програми, інформаційні системи і т. д.	
група 5 – транспортні засоби	5
група 6 – інструменти, прилади, інвентар (меблі)	4

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$Л = V_{\text{рин}} \cdot (1 - K_{\text{вп}})$$

Коефіцієнт вимушеного продажу знаходиться в межах 0,1 - 0,5 або від 10 до 50% від ринкової вартості об'єкта, нехай коефіцієнт вимушеного продажу дорівнює 0.3 або 30% . Тоді Л дорівнює:

$$Л = 431021 \cdot (1 - 30\%) = 301714,7$$

$$\Phi_a = \Phi_n - Л,$$

$$\Phi_a = \Phi_n - Л = 431021 - 301714,7 = 129306,3 \text{ грн}$$

де Φ_n – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

Л – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_a = \frac{\Phi_{\text{п}} - Л}{\Phi_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}} \cdot 100\% = \frac{431021 - 301714,7}{431021 \cdot 5} \cdot 100\% = 6\%$$

де $T_{\text{п}}$ – термін корисного використання (амортизаційний період).

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_{\text{п}} - H_a}{100} = \frac{431021 - 6\%}{100} = 4051,59$$

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається за видами основних фондів і нематеріальних активів за розділами зведення капітальних витрат. Результати розрахунків заносяться в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№ п/п	Найменування	Капітальні інвестиції, тис. грн.	Норма амортизації , %	Сума амортизації , тис. грн.
	2	4	5	6
	<i>Проектний варіант</i>			
1	Електрообладнання	431021	6	1551,67
2	Амортизаційні витрати	4051,59	-	
	УСЬОГО:	435072,59	6	1551,67

5.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється по категоріях персоналу (робітники, ІТП, керівники), що обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їхньої чисельності, режиму роботи, за погодинними тарифними ставками, посадовими окладами, формами і системами оплати праці і преміювання, що застосовують на підприємстві.

Основна заробітна плата працівників – це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона визначається тарифними ставками і відрядними розцінками, посадовими окладами для спеціалістів, службовців і керівників.

При визначенні основної заробітної плати робітників (за відрядною або погодинною формами оплати) необхідно знати погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду та розрахувати номінальний річний фонд робочого часу робітника.

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника F_H визначається відповідно до режиму його роботи (кількістю робочих днів і тривалістю зміни):

$$F_H = (D_K - D_{CB} - D_{VIX}) \cdot T_{3M} = (365 - 11 - 104) \cdot 6 = 1\,500 \text{ год}$$

де D_K , D_{CB} , D_{VIX} – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;

T_{3M} – тривалість зміни, годин.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок номінального річного фонду робочого часу повинний бути наведений у пояснювальній записці.

При розрахунку заробітної плати інженерно-технічного персоналу слід враховувати, що вона визначається, виходячи з місячного посадового окладу.

Результати розрахунку основної заробітної плати обслуговуючого персоналу представляються у вигляді табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахунок річного фонду основної заробітної плати
обслуговуючого персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Явочний штат у змін, осіб	Списковий склад з урахуванням змінності роботи, осіб	Годинна тарифна ставка або денна заробітна плата, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.
1.	Монтажник 4 розряду	3	3	38	4500	171000
2.	Монтажник 5 розряду	2	2	47,3	3000	141900
	УСЬОГО	5	5	-	-	312900

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад встановлених норм, за особливі умови праці. До додаткової заробітної плати належать премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій за діючими на підприємстві преміальними системами, доплати і надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством (за роботу в

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

нічний і вечірній час, у важких і шкідливих умовах, за багатозмінний режим роботи, за керівництво бригадою незвільненим бригадирам, за навчання учнів тощо).

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 8-10% від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$C_z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}$$

$$C_z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} = 312900 + 31290 = 344190 \text{ грн}$$

де $Z_{\text{осн}}$, $Z_{\text{дод}}$ – основна і додаткова заробітна плата відповідно.

5.2.3. Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати (за узгодженням з консультантом економічної частини дипломного проекту). Соціальний внесок це 20% від заробітної

$$C_c = 20\% \cdot 312900 = 62580 \text{ грн}$$

4.2.4. Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж

$$C_{\text{пр}} = 431021 \cdot 1\% = 4310,21 \text{ грн}$$

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного устаткування і мереж включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтникам і визначаються за фактичними даними підприємства або укрупнено у відсотках до капітальних витрат :

- для кабельних і повітряних ліній – 0,5%;
- для підстанцій (у тому числі електроустаткування) – 1%.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

4.2.5. Розрахунок вартості втрат електроенергії

Вартість втрат електроенергії об'єктом проектування протягом року визначається за формулою:

Станом на 01.06.2019 – 1.7529 грн. за 1 кВт/год;

Оскільки обладнання працює в генераторному режимі близько 79% робочого циклу, то і витрати енергії зменшаться на 79%, також 79% буде генеруватися в мережу, а також робочий цикл роботи механізму є нерівномірним еквівалентна потужність двигуна протягом робочого циклу становить 75кВт, а в моменти розгону та гальмування є більшою за номінальну, доречніше буде використовувати для розрахунку вживаної електроенергії саме еквівалентну потужність

$$C_e = W_p \cdot C_e = 88875 \cdot 1.759 = 156331,12 \text{ грн}$$

де W_p – річні втрати електроенергії, кВт·годин;

C_e – тариф на електроенергію, грн./кВт·годин.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річні втрати електроенергії W_p визначаються в спеціальній частині дипломного проекту і погоджуються з керівником проекту.

Якщо на підприємстві використовується багатозонний облік електроенергії, то W_p розподіляється за зонами обліку і у кожній з них застосовується свій тариф на електроенергію.

4.2.6. Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати на охорону праці, на спецодяг тощо. Відповідно до практики ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$C_{\text{інш}} = C_3 \cdot 4\% = 344190 \cdot 4\% = 13767,6 \text{ грн}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_{\text{пр}} + C_e + C_{\text{ін}}$$

$$\begin{aligned} C &= 1551,67 + 344190 + 62580 + 4310,21 + 156331,12 + 1376 \\ &= 582730,6 \text{ грн} \end{aligned}$$

4.3. Визначення річної економії від впровадження об'єкту проектування

Річна економія від впровадження прийнятого технічного рішення (\mathcal{E}_2) може полягати в наступному:

◆ безпосередній економії ресурсів, зниженні собівартості і збільшенні прибутку від реалізації продукції (за інших рівних):

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

◆ збільшенні випуску продукції за рахунок скорочення часу простоїв основного технологічного устаткування і поліпшення якості продукції. Це також призводить до збільшення прибутку підприємства в результаті збільшення обсягу реалізації і продажної ціни (за інших рівних);

◆ скорочення екологічних платежів, обумовленому зменшенням шкідливих викидів підприємства.

Повна річна економія від впровадження варіанту визначається з урахуванням експлуатаційних витрат по даному об'єкту:

$$E_r = 435072,59 + 443682,69 + 438935,69 + 582730,6 = 1900419,69 \text{ грн}$$

$$E = E_r - C = 1900419,69 - 582730,6 = 1317689,09 \text{ грн}$$

Висновок:

У розрахунках цього розділу були отримані значення проектних капіталовкладень, витрат на монтажні і налагоджувальні роботи, річних експлуатаційних витрат, вартості електроенергії, споживаної об'єктом проектування впродовж року, витрат на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації, річній економії від впровадження прийнятого технічного рішення, коефіцієнта ефективності капітальних витрат, терміну окупності капітальних витрат.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розраховано автоматизований груповий електропривод, а саме: обрано відповідний вимогам двигун та терісторній перетворювач

У проекті була розрахована система автоматичного керування. На базі цих розрахунків створена модель електропривода, з якої зняті характеристики перехідних процесів.

У відповідному розділі розглянуті питання щодо охорони праці, прийняті рішення щодо усунення небезпечних факторів.

У розділі економіки шляхом розрахунків встановлена доцільність обраної техніки.

Аналізуючи все вищезазначене можна сказати, що в дипломі була доведена доцільність використання розглянутої системи автоматичного керування.

					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

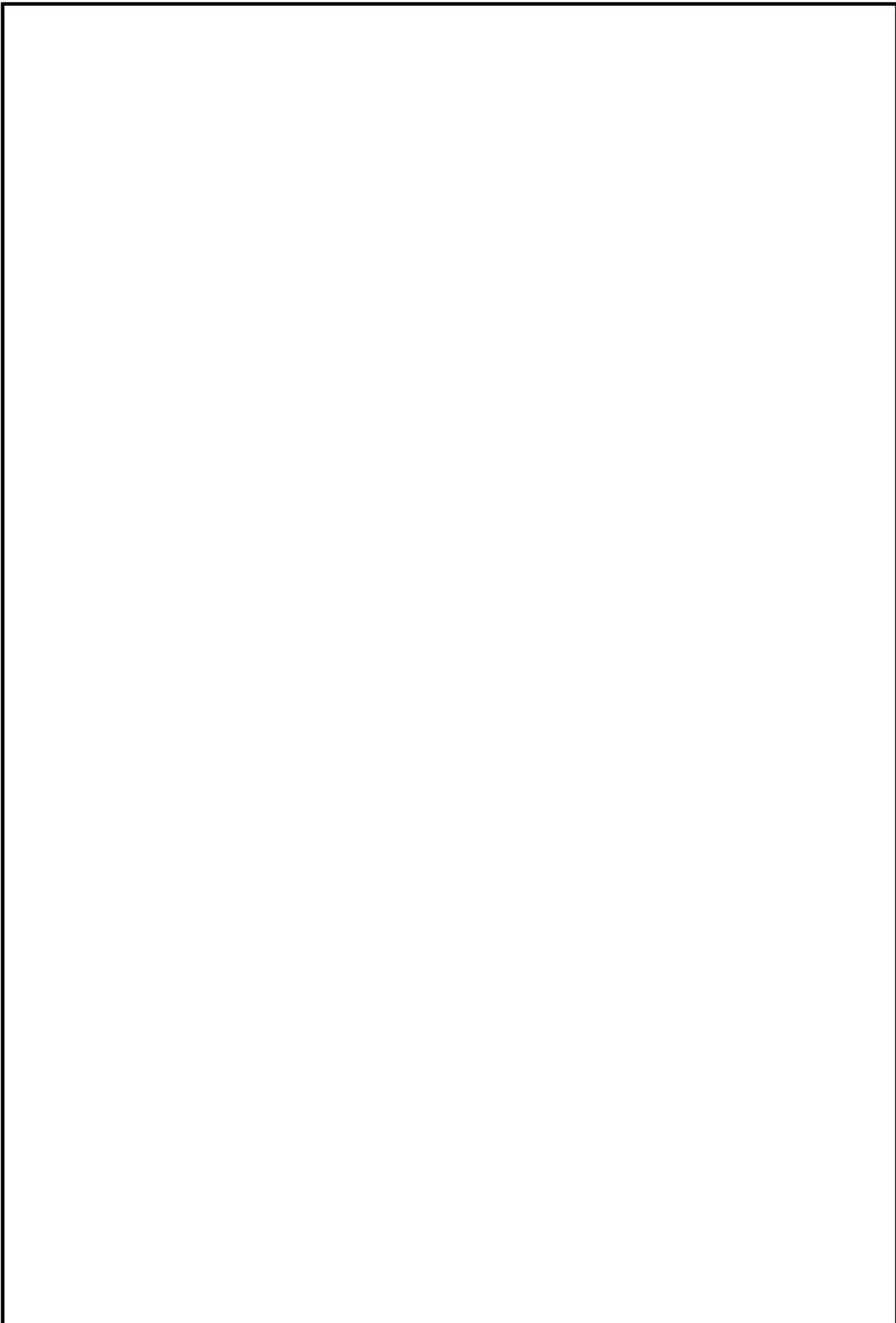
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колб А.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навч. посібник. Д.: НГУ. – 2006.
2. Вешевский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1977. – 432 с.
3. Яуре Я.Г., Певзнер Е.М. Крановый электропривод: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 344 с.
4. Зеленов А.Б. Теория электропривода. Часть 1

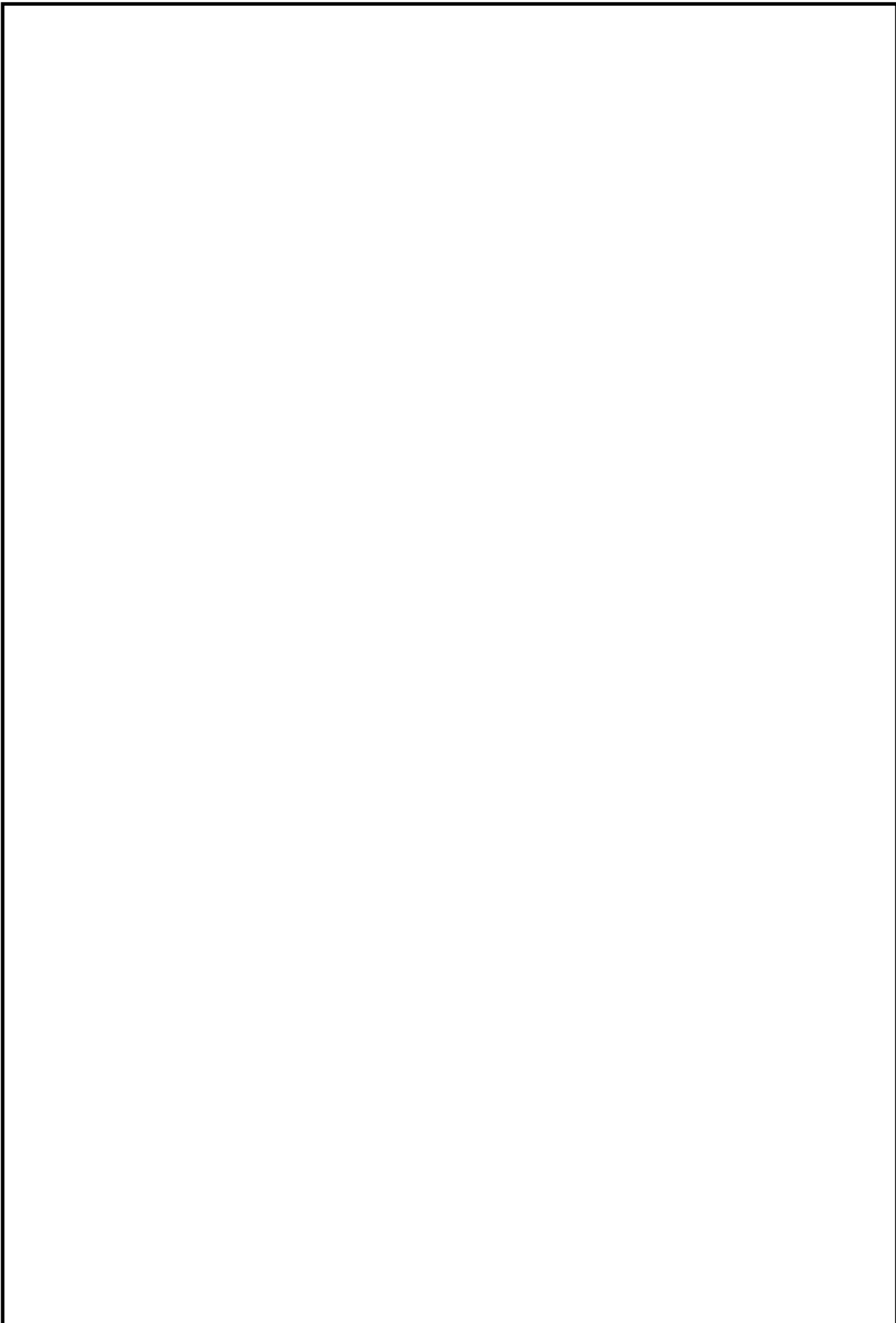
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B3>

<http://www.electrodvigatel.com.ua/>

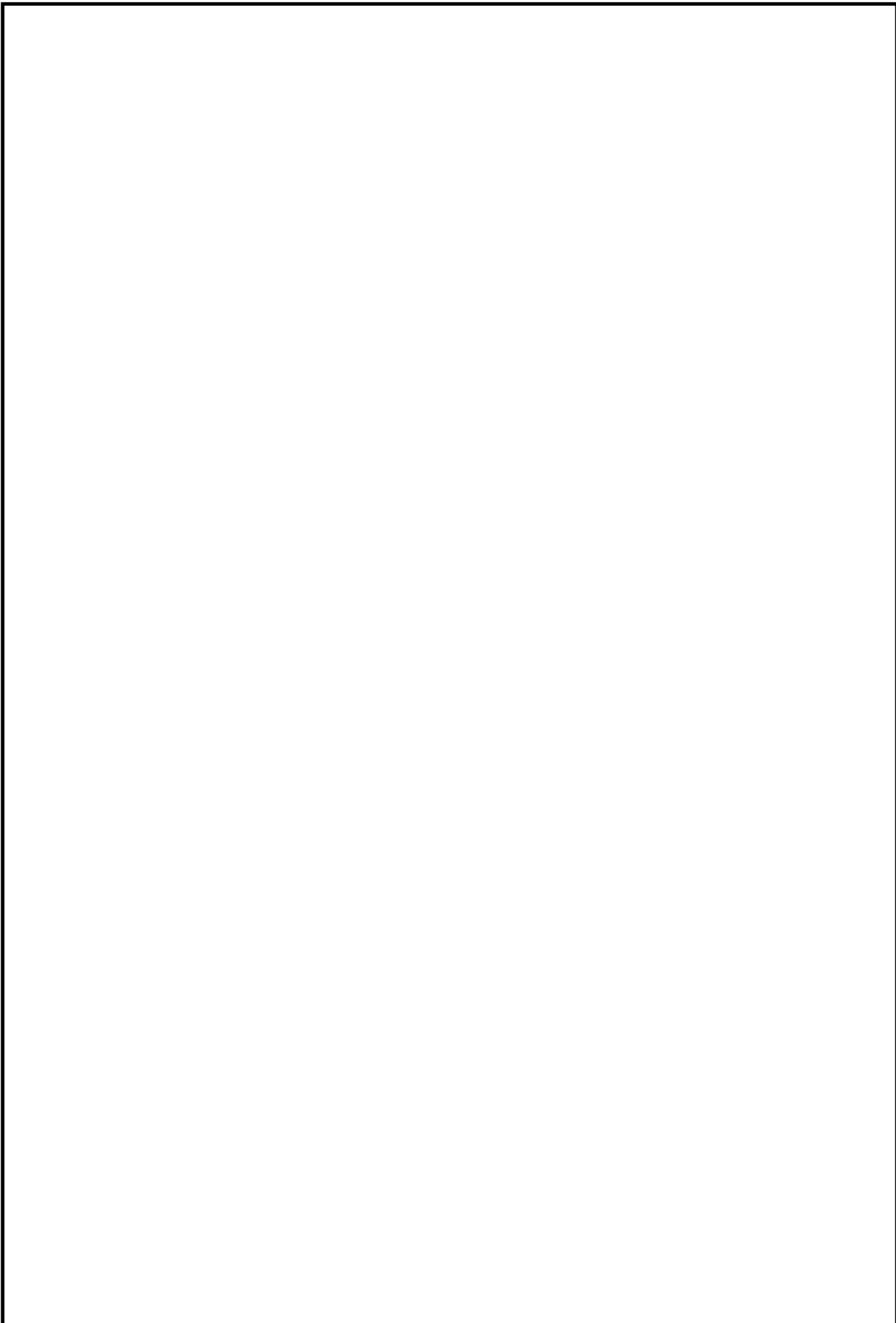
					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



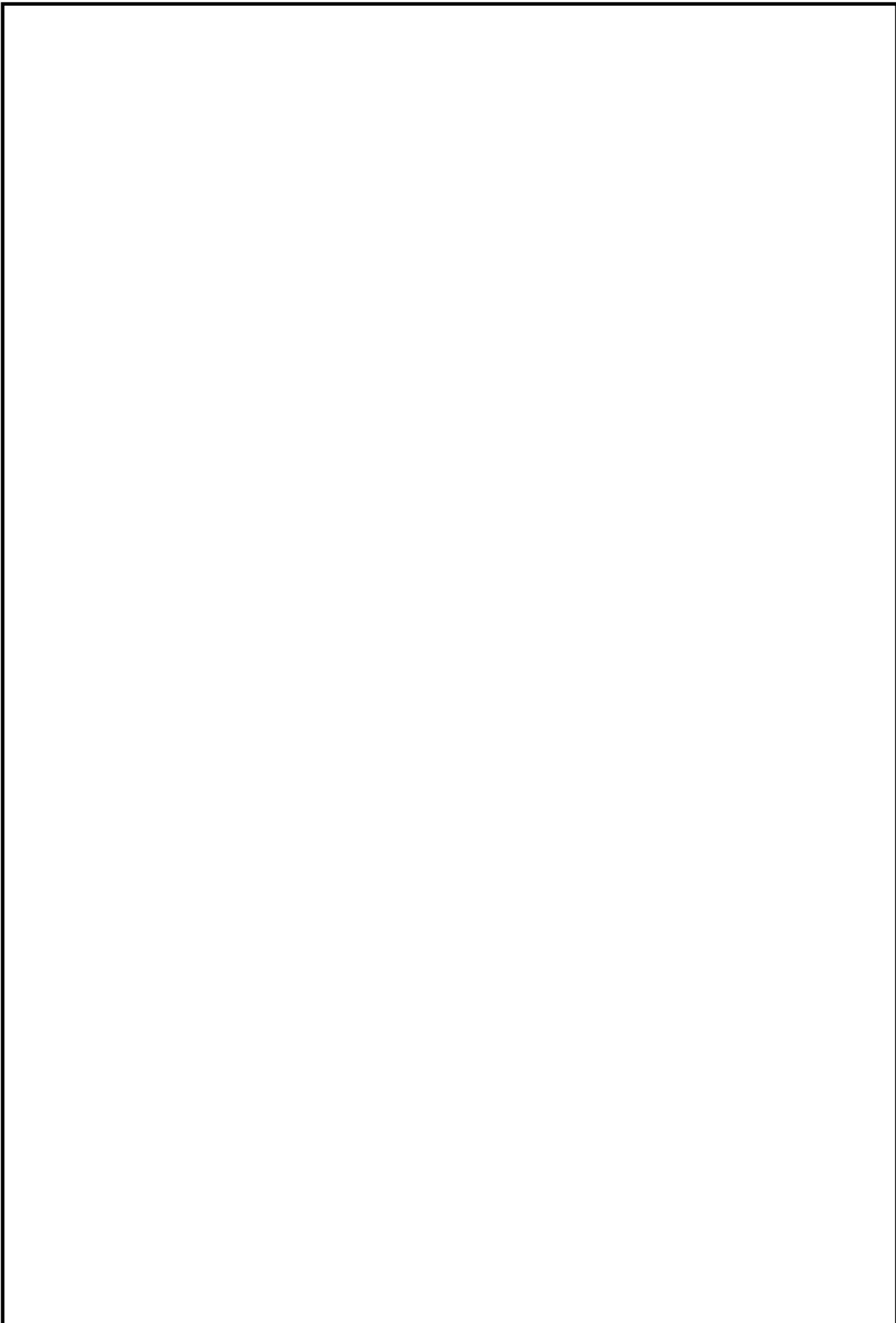
					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74



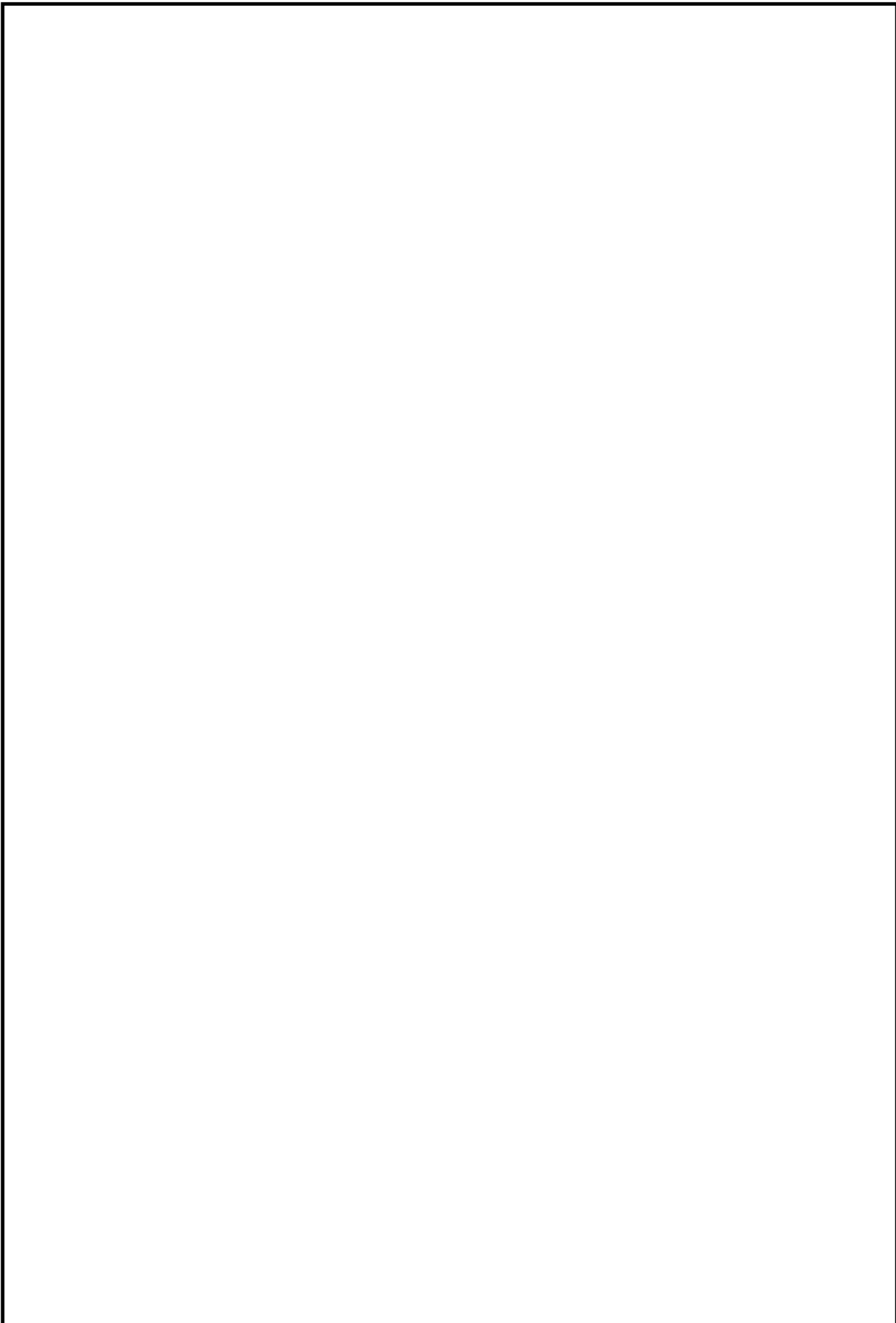
					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75



					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76



					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77



					Груповий електропривід рольгангу частової кліті стану По системі ТП-Д	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78