

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електропривода

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Діхтяр Максима Сергійовича

(ПІБ)

академічної групи ЕТФ -141-18ск-3

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ Електропривод, мехатроніка та робототехніка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему « Індивідуальний електропривод рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Садовий О.В.			
розділів:				
Технологічна частина	Садовий О.В.			
Автоматизований електропривод	Садовий О.В.			
Охорона праці	Столбченко О.В.			
Техніко-економічне обґрунтування	Тимошенко Н.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер				

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електропривода

(повна назва)

Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студенту Діхтар М. С академічної групи 141-18сқ-3
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ Електропривод, мехатроніка та робототехніка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Індивідуальний електропривод рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.04.2021 №201-С

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічна частина	Характеристика технологічного рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш» та його основні параметри	07.06.2021
Автоматизований електропривод	Розрахунок основних елементів системи автоматичного регулювання	07.06.2021
Охорона праці	Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці	07.06.2021
Техніко-економічне обґрунтування	Розрахунок капітальних витрат	07.06.2021

Завдання видано

(підпис керівника)

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15.02.2021

Дата подання до екзаменаційної комісії 16.06.2021

Прийнято до виконання

(підпис студента)

(прізвище, ініціали)

ABSTRACT

In my qualification work, I described the work of an individual electric drive roller conveyor rolling mill 400 LLC NGO "Dniprofmash".

namely its characteristics, requirements for the electric drive, requirements for the automatic control system, labor protection, and economic calculations.

In my work for this object of control of the electric drive the three-level system of the automated control of its work and connection having the corresponding schemes is chosen.

In qualifying work on the topic: "Individual electric drive transport roller rolling mill 400 LLC NGO" Dniprofmash "made a selection of the type of electric motor by type and current based on consideration and comparison of technical and economic indicators of options that meet the technical requirements of the selected working machine. On the basis of the initial data and the requirements shown to the electric drive, it was necessary to choose the variant of the electric drive capable to fulfill requirements completely and to be as much as possible economic.

In the section on labor protection, I described the analysis of dangerous and harmful factors, safety, fire safety, as well as the calculation of fuses. Therefore, there are a number of rules and measures that will protect the employee.

In the economic section, I calculated capital expenditures, operating costs and annual maintenance and maintenance costs. These calculations are important for the operation of the enterprise. That is why economic calculations are made to identify problems and costs of everything

РЕФЕРАТ

У своїй кваліфікаційній роботі я описував роботу індивідуального електроприводу рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш». А саме його характеристику, вимоги до електроприводу ,вимоги до системи автоматичного регулювання, охорону праці, та економічні розрахунки.

В моїй роботі для даного об'єкта управління електропривода обрана трирівнева система автоматизованого управління його роботу та підключення маючи відповідні схеми.

В кваліфікаційній роботі на тему: «Індивідуальний електропривод транспортного рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш» зробив підбір типу електродвигуна за роду і струму на основі розгляду і порівняння техніко-економічних показників варіантів, що задовольняють технічним вимогам обраної робочої машини. На основі вихідних даних і вимог, що пред'являються до електроприводу, необхідно було вибрати варіант електроприводу, здатний повністю виконувати вимоги і бути максимально економічним

В розділі Охорона праці я описував аналіз небезпечних і шкідливих чинників, техніку безпеки, пожежну безпеку а також провів розрахунок запобіжників . Тому є низка правил та заходів яка буде стояти на варті захисту працівника.

В економічному розділі я розрахував капітальні витрати, розрахунок експлуатаційних витрат та річні витрати на технічне обслуговування і поточного ремонту. Ці розрахунки важливі для роботи підприємства . Тому і проводяться економічні розрахунки для виявлення проблем та витрат всього.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	6
1.1 Характеристика транспортного рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш» та його основні параметри.....	6

1.2	Загальна характеристика електрообладнання транспортного рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш», його режимів роботи та умов експлуатації	8
1.3	Опис індивідуального електроприводу транспортного рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»	9
1.4	Загальний опис технологічного процесу	13
1.5	Діаграми швидкостей та навантажень обраного механізму в процесі обробки	15
1.6	Вимоги до електропривода та системи програмного керування.....	20
2.	АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ТРАНСПОРТНОГО РОЛЬГАНГУ ПРОКАТНОГО СТАНУ 400 ТОВ НВО «ДНІПРОФМАШ» ...	23
2.1	Система автоматизованого управління електроприводом	23
2.2	Двигун.....	26
2.3	Комплектний електропривод	35
2.4	Розрахунок основних елементів системи автоматичного регулювання	38
3.	ОХОРОНА ПРАЦІ	42
3.1	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у цеху або на підприємстві	42
3.2	Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці.....	47
3.3	Розрахунок запобіжників.....	51
4.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	54
4.1	Мета та задачі.....	54
4.2	Розрахунок капітальних витрат.....	54
4.3	Розрахунок експлуатаційних витрат	56
4.4	Економічні показники проекту	58
	ВИСНОВКИ	59
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	61

ВСТУП

Визначення потужності і вибір електродвигуна є однією з трудомістких завдань. Вона пов'язана з особливостями роботи виробничого механізму і характером перехідних процесів в електроприводі. Тому вирішується методом послідовних наближень.

В даному проекті необхідно спроектувати електропривод рольганга нереверсивного прокатного стану. Прокатний стан являє собою складний комплекс різних механізмів, пов'язаних між собою єдиним технологічним процесом. Крім основної операції - обтиску для отримання потрібного перетину і форми металу, на прокатному стані виробляється велика кількість допоміжних операцій, без яких важко, а часом неможливо вести технологічний процес: транспортування металу, установка робочих валків, кантування металу, різання, правка і ін. Рольганги призначені для транспортування металу з допомогою обертових роликів.

Метою даного дипломного проекту є розвиток, систематизація та закріплення знань, отриманих при вивченні теоретичного матеріалу.

Постановка в проекті головних питань проектування системи електроприводу виробничого механізму потребує вирішення наступних технічних завдань: виявлення особливостей механізму, вибір типу електроприводу, вибір роду струму і типу електродвигуна, розрахунок потужності і вибір типорозміру двигуна, вибір способів і апаратури для формування необхідних статичних і динамічних характеристик.

Об'єктом роботи є транспортний рольганг прокатного стану.

Предметом виступає процес моделювання індивідуального електроприводу рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш».

Практична значимість отриманих результатів полягає у можливості застосування запропонованої модернізації на реальному підприємстві з

метою підвищення продуктивності.

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика транспортного рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш» та його основні параметри

Рольганги призначені для транспортування металу до прокатного стану, прийому його з валків і пересування до ножиць, пил, та іншим машинам. За призначенням рольганги ділять на робочі і транспортні. Робочими називають рольганги, розташовані безпосередньо у робочій клітці стану для формування металу у валках і прийому його з валків. Транспортними називають всі інші рольганги, встановлені перед робочою кліткою і за нею і такі, що зв'язують між собою окремі машини і пристрої стану.

Рольганги виділяють з груповим і індивідуальним приводом і холостими роликками.

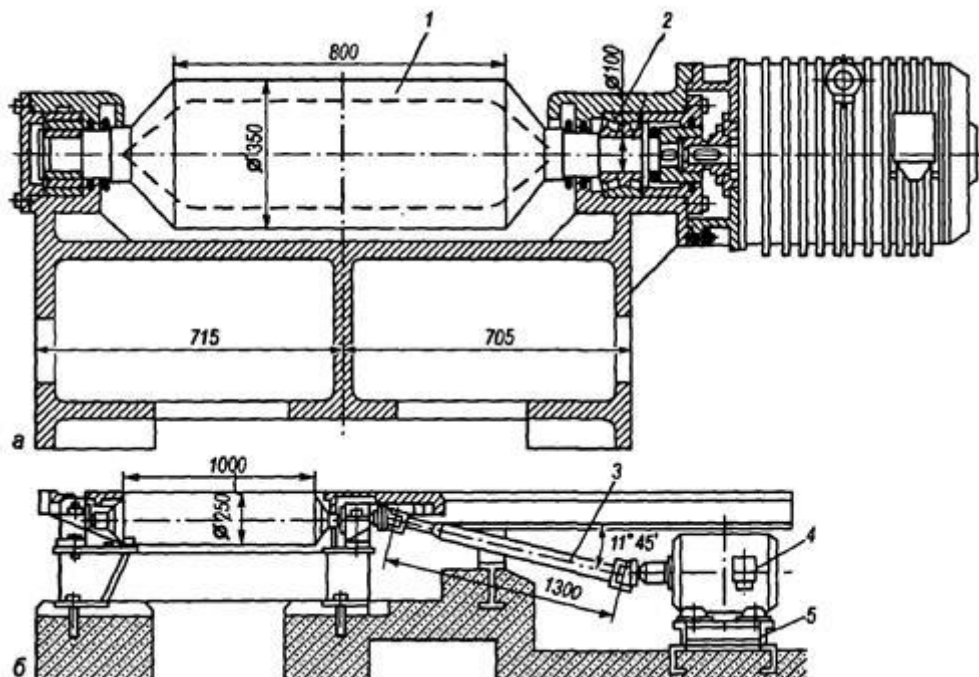


Рисунок 1.1 – Рольганг з індивідуальним приводом:

а - від фланцевого електродвигуна,

б - від електродвигуна через зубчасту муфту.

1 - ролик, 2 - конічні роликопідшипники, 3 - карданний вал, 4 - електродвигун, 5 - підстава електродвигуна

При індивідуальному приводі кожен ролик даної секції рольганга приводиться від окремого електродвигуна. Такі ролики широко застосовують у швидкохідних транспортних рольгангах для пересування гуркотів, довжина яких після розкочування значна, а так само в якості перших роликів робочих рольгангів обтискних станів.

При груповому приводі всі ролики однієї секції рольганга, що складається з 4 - 10 роликів і більше приводиться від одного електродвигуна через конічні шестерні і трансмісійний вал. Рольганги з груповим приводом застосовують при невеликій швидкості транспортування на порівняно невеликому проміжку шляху.

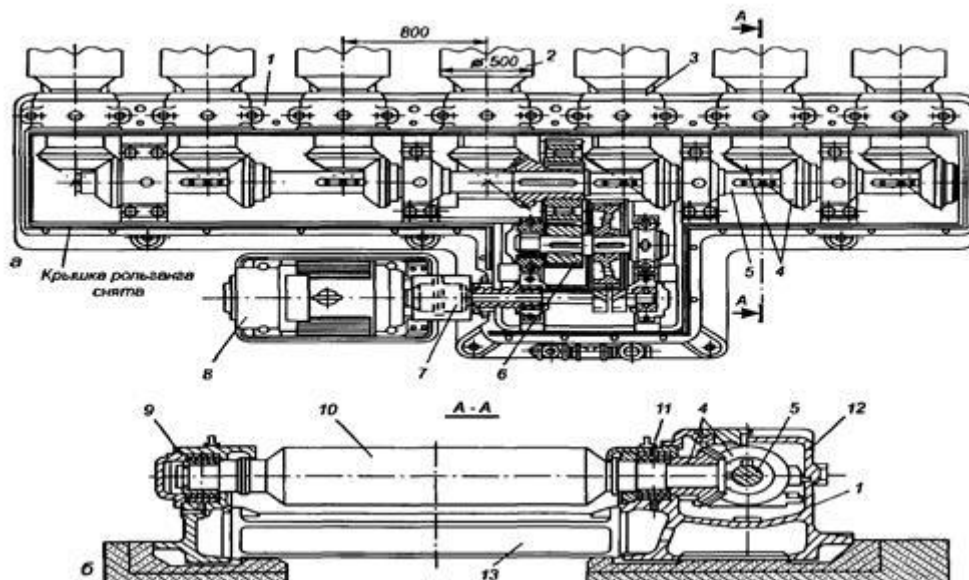


Рисунок 1.2 – Рольганг з груповим приводом:

1 - рама роликів, 2 - ролик, 3 - корпус підшипників, 4 - конічні шестерні, 5 - трансмісійний вал, 6 - циліндрична передача, 7 муфта, 8 -

електродвигун, 9 - підшипники кочення, 10 - ролик, 11 - роликові підшипники, 12 - литі кришки, 13 - литі траверси

Ролики кожної секції наводяться в рух від одного електродвигуна через муфту, дві пари циліндричних передач, а також конічні шестерні, насаджені на трансмісійний вал і кінці шийок роликів. З боку приводу ролики встановлені на конічні роликові підшипники, укладені в корпусі. З іншого боку вони так само, як і трансмісійний вал, встановлені на підшипниках кочення.

1.2 Загальна характеристика електрообладнання транспортного рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш», його режимів роботи та умов експлуатації

Загальна характеристика електрообладнання транспортного рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»:

1. Електропривод - однодвигунний, груповий;
2. Режим роботи - повторно-короткочасний;
3. Характер роботи - циклічний;
4. Характер навантаження на валу механізму - реактивне;
5. Привід реверсивний;
6. Забезпечення частих пусків, реверсів (до 120 включений в годину);
7. Електродвигун повинен мати максимально високий ККД, мінімальний момент інерції, велику перевантажувальну здатність, що забезпечує задане прискорення металу зі злитку;
8. Забезпечити надійний захист від перевантажень і аварій;
9. Простота управління і обслуговування;
10. Управління рольгангами в ручному режимі здійснюється операторами поста управління за допомогою ключа управління;

11. Управління рольгангами в автоматичному режим за допомогою контролера "FESTO";
12. Електродвигун призначений для роботи в умовах підвищеної температури, вологості і запиленості, повинен мати закрите виконання і високий клас ізоляції;
13. Перетворювач призначений для роботи в закритих стаціонарних приміщеннях при температурі навколишнього повітря від 5° до 45° С і відносній вологості не більш 80%;
14. Електропривод повинен забезпечувати високу надійність, обумовлену тим, що при будь-яких неполадках електроприводу, він повинен забезпечити виконання технологічного процесу до кінця прокатки;
15. Окружна швидкість на бочках роликів 2м / с;
16. Діапазон регулювання швидкості не менше 3;
17. Статична похибка підтримки швидкості обертання не більше 5%;
18. Час реверсування з n_{\max} до $-n_{\max}$ при завантаженому рольгангу злитку не більш 2с;
19. Перерегулювання не більше 5%
20. Сигнал управління - аналоговий $\pm 10\text{В}$, відповідає максимальній швидкості;
21. Відхилення мережі живлення від номінального значення для високої напруги (10 кВ) $\pm 10\%$;
22. Відхилення мережі живлення від номінального значення для низької напруги $+ 10\% - 15\%$;
23. Допустиме перевантаження двигуна в перехідних режимах I_{\max} / I_{\min} не менше 2.8

1.3 Опис індивідуального електрориводу транспортного рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»

У комплекс стану гарячої прокатки крім робочої кліті входять: нагрівальні колодязі, злитковози, рольганги, поворотний стіл, кантувач, робочі рольганги, ножиці та інші механізми, об'єднані спільною технологічною лінією. Прокатка відбувається наступним чином: нагрітий до температури 1200-1250 ° С злиток з нагрівальних колодязів або нагрівальних печей транспортують спеціальними візками-злитковозами до приймального рольгангу, звідки за допомогою підвідного та подовжувачального рольгангів доставляють на робочий рольганг. Перед подачею злитка в кліть встановлюється за допомогою натискного пристрою необхідний розчин валків, потім включається привод переднього робочого рольганга і двигун робочих валків таким чином, щоб в момент входу металу у валки їх швидкість відповідала нормальним умовам захоплення. Як правило, ця швидкість нижча швидкості прокатки, тому після захоплення металу відбувається подальше збільшення швидкості валків, і двигун в цей час долає момент статичного опору і інерцію рухомих мас.

В кінці пропуску двигун включається на гальмування з таким розрахунком, щоб швидкість викиду металу з валків не була надто великою, і злиток не йшов далеко від робочої кліті. Після виходу злитка з валків включається натискувальний пристрій для отримання потрібного розчину валків, потім двигун включається в зворотному напрямку для подальшого пропуску. Для зменшення часу паузи необхідно, щоб переміщення натискного пристрою і реверс рольгангов і робочих валків проводився одночасно і за мінімальний час. Після другого, четвертого та інших парних пропусків заготовка потрапляє на передній робочий рольганг і тут, якщо це необхідно, вона кантується на 90° за допомогою кантувача або переміщається в потрібний калібр за допомогою лінійок маніпулятора. Загальна кількість пропусків при прокатці одного злитка (3-19), вона коливається в залежності від стану і розмірів заготовки. Після закінчення прокатки метал транспортним рольгангом подається до ножиць, де

відрізаються, мають неправильну форму передній і задній кінці прокату, і здійснюється поріз його на мірні довжини.

Таким чином, для транспортування металу, що прокочується до прокатного стану, подачі металу у валки, прийому його з валків і пересування до допоміжних машин (ножиць, пил, правильних машин і т.д.) служать рольганги. Робочими називають рольганги, розташовані безпосередньо у робочій клітці стану і служать для подачі металу, що прокочується в валки і прийому його з валків.

На рисунку 1.3 показана схема розташування рольгангів.

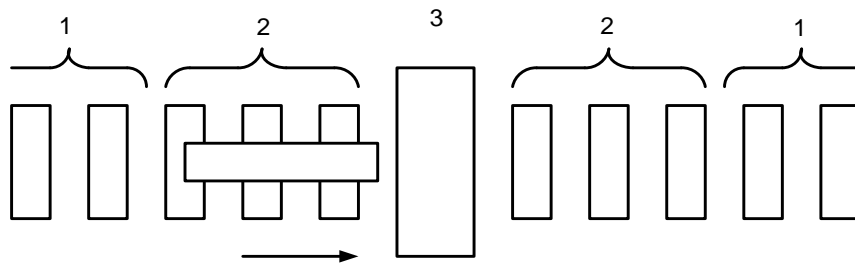


Рисунок 1.3 - Схема розташування рольгангів
де: 1 – транспортний рольганг, 2 – робочий рольганг,
3 – робоча кліть стану.

Застосовують рольганги з груповим і індивідуальним приводом роликів. При індивідуальному приводі кожен ролик має окремий привід. На рисунку 1.4 показана кінематична схема рольганга з індивідуальним приводом ролика.

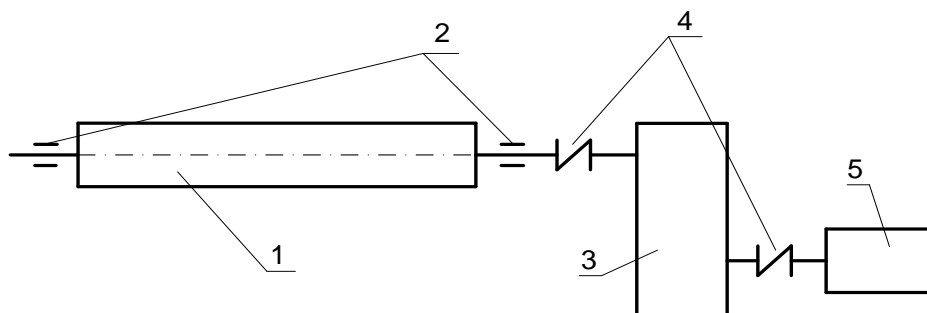


Рисунок 1.4 - Кінематична схема індивідуального привода ролика рольганга.

де: 1 – ролик, 2 – підшипники, 3 – редуктор, 4 – муфты,
5 – електродвигун.

Робочі рольганги, що працюють в повторно-короткочасному режимі, вимагають швидкого розгону і уповільнення механізму, так як в межах відведеного їм часу повинні швидко виконати свою операцію, не знижуючи загального ритму прокатки.

Привід механізму повинен забезпечувати стопорну (екскаваторну) характеристику $\omega=f(M)$ для захисту електричного двигуна при надмірних зусиллях, які можуть виникнути в процесі роботи, а також для наближення форми динамічного струму при розгоні і гальмуванні до прямокутної, що дозволяє при заданій максимальній величині струму отримати більш інтенсивні перехідні процеси.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика приймального рольганга

Параметр	В
Вага транспортуемого металла, т	13,5
Маса одного ролика, кг	8280
Число роликів	7
Довжина бочки ролика, мм	1200
Шаг роликів, мм	800
Діаметр бочки ролика, мм	600
Діаметр цапфи ролика, мм	260
Передавальне число редуктора	7,65
ККД зубчастої передачі	0,8
Окружна швидкість на бочках ролика, м/с	2
Моменти інерції, приведені до вала	

двигуна:	
- незавантаженого рольганга, кг·м ²	63
- завантаженого рольганга злитком, кг·м ²	95
Режим роботи	повторно - короткочасний
Число вмикань в годину	120

1.4 Загальний опис технологічного процесу

Рішення про проведення комплексної реконструкції сталеплавильного і сортопрокатного виробництв було прийнято з таких причин: по-перше, багато видів сортового прокату виробництва не відповідали сучасним вимогам споживачів на внутрішньому і зовнішньому ринках; по-друге, колишня технологія була дуже витратною. Вона включала в себе розливання в виливниці, прокатку злитка на обтискному стані, а для табору "250-2" ще й додаткову прокатку заготовки. Крім того, об'єктивно існують перспективні потреби підприємств Групи металургійних комбінатів в високоякісному сортовому прокаті, і реконструкція сортопрокатного виробництва дозволяє ці потреби задовольнити в повній мірі. Необхідно також відзначити, що перехід на нові технології дозволяє більш гнучко варіювати використовувані види сировини, а також допомагає досягти більшої стійкості бізнесу, за рахунок зменшення залежності від кон'юнктури ринку плоского прокату. Не можна не згадати і екологічний аспект.

Стан «400», використовується для прокатки кута, швелера, кола в прутках, шестикутника. Його потужність 788 тисяч тонн сортового прокату в рік. На стані вже завершені всі підготовчі роботи: комплексне випробування, доведення і випробування двигунів по всьому технологічному циклу, сушка печі, прокрутка валків і рольгангів.

Вихідною заготівкою для широкосмугового стану є литі сляби масою до 36 т, товщиною 230-300 мм і шириною 900-1850 мм, отримані на комбінаті або прокатані на слябінгу із злитків. В прольоті складу стопи слябів краном завантажуються на візки, якими транспортуються до завантажувального рольгангу печей, обладнаному підйомними столами, штовхачами і пічними штовхачами. При підйомі столу на висоту сляба черговий сляб зіштовхує на рольганг, встановлюється проти вікна завантаження і штовхачем завантажується в піч. Для нагріву слябів встановлені три-чотири методичні печі. Просування слябів в печах здійснюється крокуючими балками. Нагріті до температури прокатки сляби по одному видаються на пічний розвантажувальний рольганг і транспортуються до чорнової групи робочих клітей.

З чорнової групи клітей підкат завтовшки 30-50 мм виходить на проміжний рольганг. Перед чистою групою робочих клітей підкат витримується для вирівнювання температури, надходить для обрізу переднього кінця летючими барабанными ножицями і далі йде в чистову групу клітей. Перед першою чистою кліттю встановлений окалинозламувач. Безперервна чистова група складається з п'яти - восьми робочих клітей. Кількість робочих клітей в чистовій групі залежить від товщини готової смуги. При прокатці смуг завтовшки 1,8-2,2 мм - вісім клітей; 1,5-1,8 - шість клітей. Чистові чотиривалкові робочі кліті з горизонтальним розташуванням валків: діаметр робочих валків 800 мм, опорних 1600 мм, довжина бочки 2000 мм. Валки робочих клітей чистої групи мають індивідуальний привід. Такі можливості в з'явилися після реконструкції стану «400». В цьому році, наприклад, на стані були встановлені нові гідравлічні моталки і чистові окалинозламувачі, що дозволило розширити можливості з виробництва рулонного прокату. Випробування дослідної партії металу підтвердили наявність комплексу характеристик, властивих прокату класу міцності X70 і навіть X80.

1.5 Діаграми швидкостей та навантажень обраного механізму в процесі обробки

Завдяки вихідними даними робочої машини можемо розрахувати і побудувати залежності швидкості робочої машини від часу $v(t)$. Ділянки розрізняються значеннями швидкостей, статичних навантажень і моментів інерції.

Для побудови залежностей визначимо:

1. Час пуску t_n до сталої швидкості з допустимим прискоренням і час гальмування t_r від сталої швидкості до нуля:

$$t_n = t_r = \frac{V_n}{a}. \quad (1.1)$$

2. Шлях, що проходиться за час пуску (гальмування) робочою машиною:

$$L_n = L_r = \frac{V_n^2}{2 \cdot |a|}. \quad (1.2)$$

3. Час усталеного режиму руху зі швидкістю V_n :

$$t_y = \frac{L - (L_n + L_r)}{V_n}. \quad (1.3)$$

Відповідно до формул (4.1), (4.2) і (4.3) розрахуємо переміщення.

Для режиму транспортування всієї заготовки отримаємо:

$$t_{n1} = t_{r1} = \frac{V_p}{a} = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ с};$$

$$L_{n1} = L_{r1} = \frac{V_n^2}{2 \cdot |a|} = \frac{0,4^2}{2 \cdot 1} = 0,08 \text{ м};$$

$$t_{y1} = \frac{L / 2 - (L_n + L_r)}{V_p} = \frac{14 / 2 - (0,08 + 0,08)}{0,4} = 17,1 \text{ с}.$$

Для режиму транспортування половини заготовки отримаємо:

$$t_{n2} = t_{r2} = \frac{V_p}{a} = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ с};$$

$$L_{n2} = L_{r2} = \frac{V_n^2}{2 \cdot |a|} = \frac{0,4^2}{2 \cdot 1} = 0,08 \text{ м};$$

$$t_{y2} = \frac{L/2 - (L_{n2} + L_{r2})}{V_p} = \frac{14/2 - (0,08 + 0,08)}{0,4} = 17,1 \text{ с}.$$

Моменти статичного опір визначаються для двох режимів роботи за формулами:

$$M_{\text{рост}} = M_1 + M_2,$$

де M_1 - момент сил тертя в підшипниках, Н·м;

M_2 - момент сили тертя кочення, Н·м.

$$M_1 = \frac{m_1 \cdot d_{\text{ш}} \cdot \mu \cdot g}{2},$$

де m_1 - маса деталей і вузлів, що спираються на підшипники, кг;

$d_{\text{ш}}$ - діаметр шийки вала або осі, м;

μ - коефіцієнт тертя ковзання в підшипниках;

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - прискорення сили тяжіння.

$$M_2 = m_2 \cdot g \cdot f,$$

де $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - прискорення сили тяжіння;

m_2 - маса деталей, що спираються на вузол кочення, кг;

f - коефіцієнт тертя кочення, м.

Розрахуємо сумарний статичний момент робочого органу:

$$M_{\text{рост1}} = \frac{(2,4 \cdot 10^4 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 9,8)}{2} + 8 \cdot 10^3 \cdot 0,005 \cdot 9,8 = 627,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{рост2}} = \frac{(2,4 \cdot 10^4 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 9,8)}{2} + 4 \cdot 10^3 \cdot 0,005 \cdot 9,8 = 392 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для визначення динамічних моментів робочої машини розрахуємо момент інерції робочого органу:

$$J_{\text{ро}} = N \cdot J_p + J_B + \frac{m_3 \cdot D^2}{4},$$

де J_p, J_b - моменти інерції обертових елементів робочої машини, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

m - маса злитка, що поступально рухається, кг ;

D - діаметр ролика, м ;

n - число роликів.

$$J_{\text{ро1}} = 16 \cdot 20 + 5 + \frac{8000 \cdot 0,4^2}{4} = 645 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$J_{\text{ро2}} = 16 \cdot 20 + 5 + \frac{4000 \cdot 0,4^2}{4} = 485 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

При заданій величині допустимого прискорення a для кожного режиму робочої машини визначаються динамічні моменти

$$M_{\text{родин}} = J_{\text{ро}} \cdot \frac{2 \cdot a}{D}.$$

Визначимо динамічний момент з урахуванням величини допустимого прискорення і заданого режиму роботи:

$$M_{\text{родин1}} = \frac{J_{\text{ро1}} \cdot 2 \cdot a}{D} = \frac{645 \cdot 2 \cdot 1}{0,4} = 3225 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{родин2}} = \frac{J_{\text{ро2}} \cdot 2 \cdot a}{D} = \frac{485 \cdot 2 \cdot 1}{0,4} = 2425 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Повний момент робочого органу:

$$M_{\text{ро}} = M_{\text{рост}} + M_{\text{родин}};$$

- в усталеному режимі:

$$M_{\text{ро}} = M_c;$$

- при гальмуванні:

$$M_{\text{ро}} = M_c - M_{\text{дин}};$$

- під час пуску:

$$M_{\text{ро}} = M_c + M_{\text{дин}}.$$

Розрахуємо повний момент робочого органу для всіх режимів роботи:

- в усталеному режимі

$$M_{\text{рост1}} = M_{\text{с1}} = 627,2 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{рост2}} = M_{\text{с2}} = 392 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

- пуск

$$M_{\text{роп1}} = M_{\text{с1}} + M_{\text{дин1}} = 627,2 + 3225 = 3852,2 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{роп2}} = M_{\text{с2}} + M_{\text{дин2}} = 392 + 2425 = 2817 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

- гальмування

$$M_{\text{рог1}} = M_{\text{с1}} - M_{\text{дин1}} = 627,2 - 3225 = -2597,8 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{рог2}} = M_{\text{с2}} - M_{\text{дин2}} = 392 - 2425 = -2033 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

За результатами розрахунків на рисунку побудовані залежності швидкості робочої машини від часу $V(t)$ і навантажувальні діаграми моментів для кожного режиму роботи (рисунок 1.5).

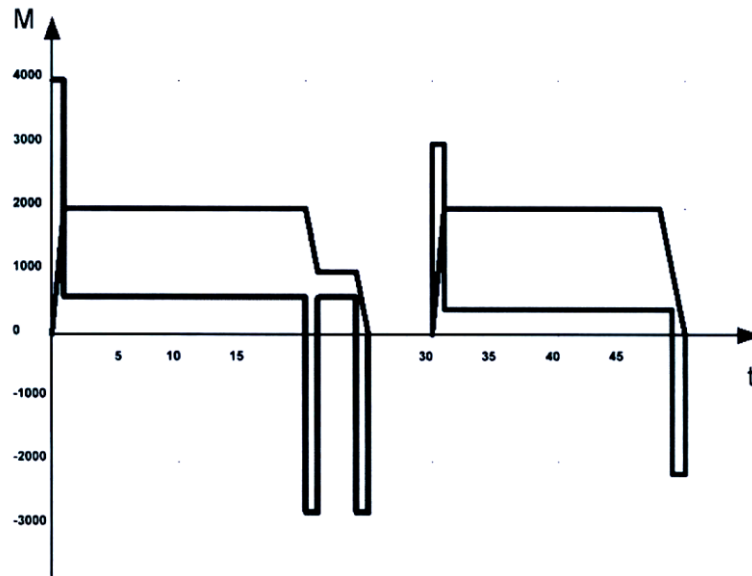


Рисунок 1.5 - Навантажувальні діаграми моментів і швидкостей.

На основі побудованої навантажувальної діаграми моменту робочої машини можна розрахувати середньоквадратичне значення моменту:

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m M_k^2 \cdot t_k}{\sum_{k=1}^m t_k}},$$

де M_k - момент двигуна на k -ій ділянці ($k= 1, \dots, m$);

t_k - тривалість k -тої ділянки.

Середньоквадратичне значення моменту

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{M_{\text{роп1}}^2 \cdot t_{\text{пр}} + M_{\text{роу1}}^2 \cdot t_{\text{ур}} + M_{\text{рог1}}^2 \cdot t_{\text{гр}} + M_{\text{роп2}}^2 \cdot t_{\text{пв}} + M_{\text{роу2}}^2 \cdot t_{\text{ув}} + M_{\text{рог2}}^2 \cdot t_{\text{гв}}}{t_{\text{пр}} + t_{\text{ур}} + t_{\text{гр}} + t_{\text{пв}} + t_{\text{ув}} + t_{\text{гв}}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{3852,2^2 \cdot 0,4 + 627,2^2 \cdot 17,1 + 2597,8^2 \cdot 0,4 + 2817^2 \cdot 0,4 + 392^2 \cdot 17,1 + 2033^2 \cdot 0,4}{0,4 + 17,1 + 0,4 + 0,4 + 17,1 + 0,4}} = 798,34 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При цьому потужність може бути визначена по співвідношенню:

$$P_{\text{дв}} = \frac{k_1 \cdot M_{\text{сркв}} \cdot 2 \cdot v_{\text{п}} \cdot \sqrt{\frac{TB_{\text{ф}}}{TB_{\text{кат}}}}}{D},$$

$$P_{\text{дв}} = \frac{1,4 \cdot 798,34 \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{\frac{0,8}{0,4}}}{0,4} = 3,2 \text{ кВт},$$

де k_1 - коефіцієнт, що враховує динамічні навантаження, зумовлені обертовими елементами електроприводу (двигун, редуктор), а також втратами в редукторі. Прийmemo $k_1=1,4$;

$PB_{\text{ф}}$ - фактичне значення відносної тривалості включення проєктованого електроприводу;

$PB_{\text{кат}}$ - найближче до $PB_{\text{ф}}$ каталожне значення відносної тривалості вмикання для електродвигунів обраної серії.

Фактичне значення відносної тривалості включення $TB_{\text{ф}}$ розраховується по тривалості часу роботи t_k на всіх m ділянках руху по заданому часу циклу:

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{Z} = \frac{3600}{80} = 45 \text{ с},$$

$$TB_{\text{ф}} = \frac{t_{\text{пр}} + t_{\text{ур}} + t_{\text{гр}} + t_{\text{пв}} + t_{\text{ув}} + t_{\text{гв}}}{t_{\text{ц}}} = \frac{35,8}{45} = 0,8 \text{ с}.$$

1.6 Вимоги до електропривода та системи програмного керування

Вибір роду струму і типу електропривода проводиться виходячи з цілого ряду умов, що висуваються до режиму роботи виконавчого механізму.

Транспортний рольганг працює в повторно - короткочасному режимі роботи з частими пусками, реверсами і гальмування, вимагає великої перевантажувальної здатності для швидкого прискорення металу зі злитком, а так само регулювання швидкості обертання роликів. Для даного електроприводу використовується двигун постійного струму, який має такі переваги:

- більш висока перевантажувальна здатність, що досягає $2,5 \div 4$ - кратної величини (у асинхронних двигунів вона не перевищує $2 \div 2,5$ кратної величини);
- мінімальний момент інерції;
- електричне гальмування двигунів постійного струму здійснюється простіше і дає кращі результати, ніж гальмування асинхронного двигуна;
- допускають регулювання швидкості в широких межах;
- апаратура управління на постійному струмі простіше і надійніше в дії, ніж апаратура управління на змінному струмі.

Для живлення двигуна постійного струму існують системи управління:

- генератор-двигун;
- транзисторний перетворювач-двигун;
- тиристорний перетворювач-двигун.

Вибір роду струму і типу електропривода проводиться виходячи з цілого ряду умов, що висуваються до режиму роботи виконавчого механізму. Транспортний рольганг працює в повторно - короткочасному режимі роботи з частими пусками, реверсами і гальмуванням, вимагає великої перевантажувальної здатності для швидкого прискорення металу зі злитком, а так само регулювання швидкості обертання роликів. Для даного

електроприводу використовується двигун постійного струму, який має такі переваги:

- більш висока перевантажувальна здатність, що досягає $2,5 \div 4$ - кратної величини (у асинхронних двигунів вона не перевищує $2 \div 2,5$ кратної величини);
- мінімальний момент інерції;
- електричне гальмування двигунів постійного струму здійснюється простіше і дає кращі результати, ніж гальмування асинхронного двигуна;
- допускають регулювання швидкості в широких межах;
- апаратура керування на постійному струмі простіша і надійніша в дії, ніж апаратура керування на змінному струмі.

Для живлення двигуна постійного струму існують системи керування:

- генератор-двигун;
- транзисторний перетворювач-двигун;
- тиристорний перетворювач-двигун.

Коротко розглянемо їх достоїнства і недоліки і виберемо найбільш прийнятний керований випрямляч.

Система генератор - двигун (Г-Д) дозволяє плавно регулювати швидкість двигуна і практично не вносить спотворень (перешкод) в мережу живлення, має велику встановлену потужність електричних машин - отже, більш низький ККД, великі габарити і масу. Крім того, ця система вимагає великої кількості комутаційної апаратури і має високу гучність.

Система транзисторний перетворювач-двигун, незважаючи на простоту керування транзисторами (транзистор - повністю керований прилад) і високий ККД перетворювача (до 0,98%) має малу потужність в наслідок обмеженої потужності елементної бази (транзисторів).

Система перетворювач частоти – асинхронний двигун (ПЧ-АД), має високий ККД, меншу потужність встановленого обладнання, відсутність рухомих контактів, високу швидкодію, менші габарити і масу, великий

термін служби, простоту резервування. Тому для індивідуального приводу роликів приймального рольгангу доцільно використати систему перетворювач частоти-асинхронний короткозамкнений двигун.

У нашому випадку в якості електроприводу транспортного рольганга доцільне використання комплектного електроприводу 4МТКФ (Н) 112L4.

Електропривод 4МТКФ (Н) 112L4 відповідає всім необхідним вимогам, що пред'являються до електроприводу транспортного рольганга, до його статичних і динамічних показників якості.

2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД РОЛЬГАНГУ ПРОКАТНОГО СТАНУ 400 ТОВ НВО «ДНІПРОФМАШ»

2.1 Система автоматизованого управління електропривода

Для даного об'єкта управління електропривода обрана трирівнева система автоматизованого управління. Принципова схема даної моделі показана на рисунку 2.1.

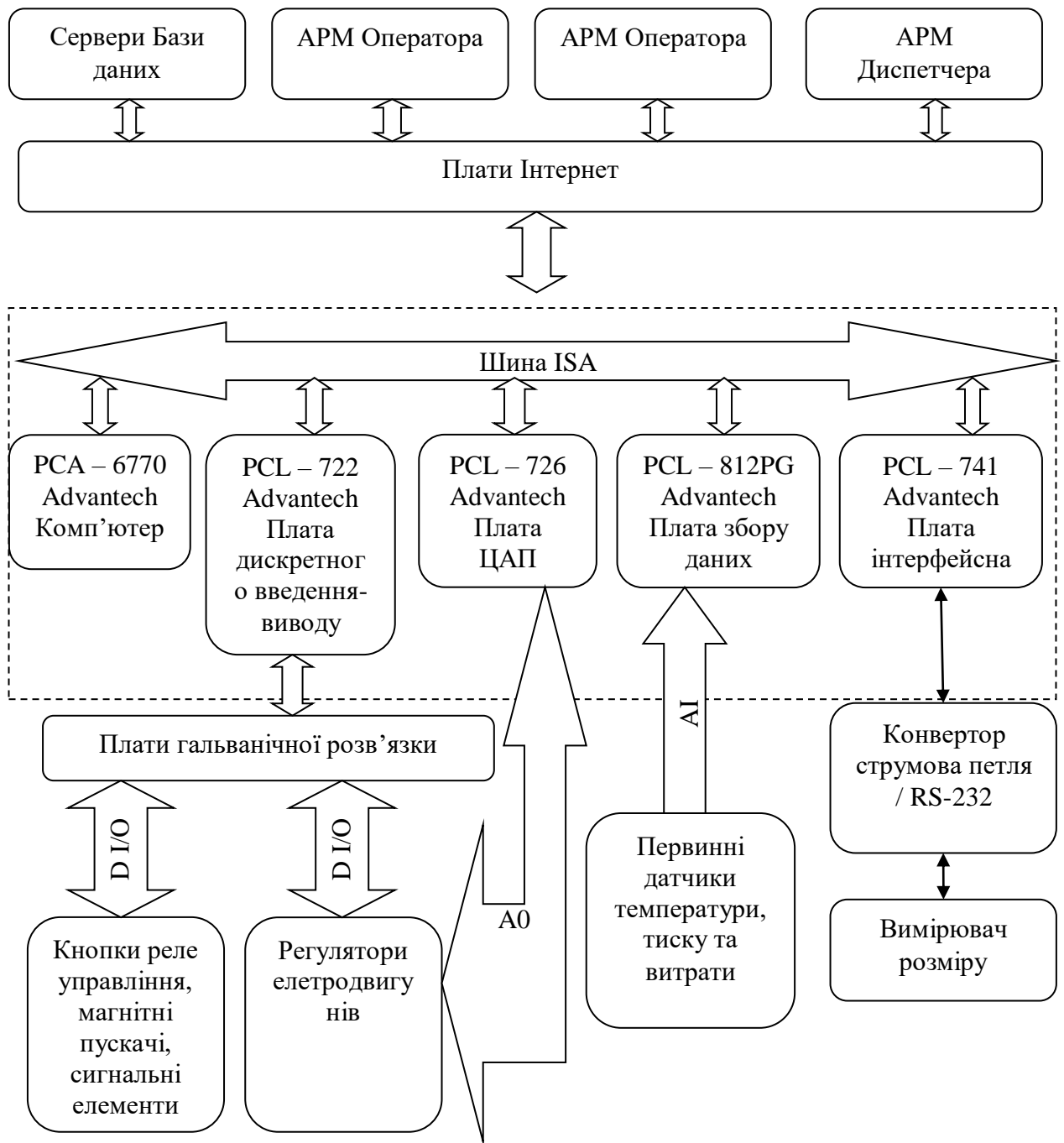


Рисунок 2.1 – Трирівнева структура САУ

Нижній рівень, іменований ще також польовим, містить первинні датчики (вимірювальні перетворювачі), які збирають дані про протікання всього технологічного процесу, зокрема, виконавчих пристроїв і приводів, які виконують керуючі та регулюючі дії.

Дані з датчиків нижнього рівня надходять в промисловий комп'ютер, в який встановлено такі плати і зовнішні модулі, підключені через шину ISA:

плата дискретного вводу / виводу, плата ЦАП, плата збору даних, інтерфейсна плата, одноплатний комп'ютер, розташовані в щитовій КВП і А і апаратній АСУ в безпосередній близькості від об'єкту управління.

Дані з датчиків надходять на багатофункціональну плату збору даних, а інформація з вимірника діаметру спершу перетворюється конвертором в RS-232 сумісний сигнал, а потім, після обробки в інтерфейсній платі, сигнал надходить на ту ж саму плату збору даних.

Далі потік даних надходить на одноплатний комп'ютер оператора, де і розташовується мікропроцесор, який робить всі необхідні обчислення. Плата ЦАП застосовується для виведення аналогових керуючих сигналів з цифрових систем на виконавчі механізми. Одноплатний комп'ютер, який встановлений в операторній в безпосередній близькості з виробництвом, необхідний для швидкого контролю і управління технологічним процесом на місці [8].

Всі дані з датчиків нижнього рівня відправляються на середній рівень управління промислового комп'ютера (ПК), який реалізує виконання наступних операцій

- а) прийом, зберігання, отриманих даних і первинну обробку інформації про стан всього технологічного процесу;
- б) обмін даних з верхнім рівнем;
- в) виконання завдань, що надійшли з верхнього рівня;
- г) автоматичне регулювання і управління.

Верхній (інформаційно-обчислювальний) рівень складається з плати Ethernet, яка є збирачем, а також локальної мережі, що складається з сервера бази даних і комп'ютерів. Для підвищення надійності роботи САУ в операторній розташоване резервне АРМ оператора.

Відповідно до вхідної інформації з датчиків і сигналів з АРМ оператора промисловий комп'ютер формує керуючий вплив. Інформація з щитової КВП

і А по дубльованій мережі з протоколом Ethernet надходить в щит сервера в апаратній АСУ ТП.

Тут здійснюється перевірка формованих промисловим комп'ютером керуючих впливів, а також гаряче резервування комп'ютера на випадок виходу його з ладу. Таким чином підвищується надійність і стійкість САУ на випадок виходу комп'ютера з ладу або пошкодження однієї з ліній мережі.

Інженер АСУ ТП може переглядати всі доступні екранні форми з інформацією, що відображається на ній, так само може відстежувати роботу системи в цілому. Роботу з екранними формами інженер АСУ ТП здійснює в режимі перегляду.

Інформація з локального промислового комп'ютера надходить в локальну мережу через плати Ethernet в диспетчерський пункт, що виконує наступні операції -

- а) прийом інформації з промислового комп'ютера;
- б) аналіз даних, в тому числі і масштабування;
- в) підтримка тимчасової єдності;
- г) синхронність роботи всіх компонентів системи;
- д) архівація даних по заданих параметрах;
- е) обмін даними між верхнім рівнем і локальним промисловим комп'ютером на середньому рівні.

Апаратна АСУ ТП відповідає за архівування всіх параметрів, що знімаються з лінії. Резервне архівування відбувається також на сервері відділу автоматизації в центральному офісі компанії.

2.2 Двигун

Вибір типу електродвигуна і роду струму слід проводити на основі розгляду і порівняння техніко-економічних показників варіантів, що

задовольняють технічним вимогам обраної робочої машини. На основі вихідних даних і вимог, що пред'являються до електроприводу, необхідно вибрати варіант електроприводу, здатний повністю виконувати вимоги і бути максимально економічним.

Вибір двигуна для проєктованого електроприводу включає в себе:

- 1) вибір конструкції (виконання) двигуна;
- 2) вибір двигуна по швидкості;
- 3) вибір типу і потужності двигуна.

Двигун вибирається по каталогу таким чином, щоб значення його потужності при $T_{V_{кат}}$ дорівнювало б або трохи більше потужності, розрахованої вище.

З асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором вибираємо двигун 4МТКФ (Н) 112L4 [3]. Номінальні дані двигуна наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні параметри електродвигуна 4МТКФ (Н) 112L4.

Параметр	Величина
Номінальна потужність, P_n	3,7 кВт
Номінальна частота обертання, n_n	1390 об/хв
Номінальний струм статора, I_{1n}	10,5
Коефіцієнт потужності в номінальному режимі, $\cos \varphi_n$	0,83
Пусковий струм, I_p	41 А
Пусковий момент, M_p	56 Н·м
Максимальний (критичний) момент, $M_{макс}$	56 Н·м

Переваги асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором:

- приблизно постійна швидкість при різних навантаженнях;
- можливість короткочасних механічних перевантажень;

- простота конструкції;
- простота пуску і легкість його автоматизації;
- більш високі $\cos\varphi$ і ККД, ніж у електродвигунів з фазним ротором;

- підвищена надійність двигуна.
- відносно мінімальні витрати.

Недоліки асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором:

- труднощі в регулюванні швидкості обертання;
- великий пусковий струм;
- низький $\cos\varphi$ при недовантаженнях.

Розрахуємо номінальні дані для основного режиму роботи двигуна.

Наведений номінальний струм ротора:

$$I'_{2н} = I_{1н} \cdot \cos\varphi_n = 10,5 \cdot 0,83 = 8,715 \text{ А.}$$

Номінальна швидкість:

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{60} = \frac{\pi \cdot 1390}{60} = 72,74 \text{ рад/с.}$$

Швидкість холостого ходу:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{60} = \frac{\pi \cdot 1500}{60} = 78,54 \text{ рад/с.}$$

Номінальне ковзання:

$$s_n = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0} = \frac{78,54 - 72,74}{78,54} = 0,07.$$

Приведений активний опір ротора з урахуванням витіснення струму:

$$r'_2 = \frac{M_n \cdot \omega_n}{3I_{1н}^2} = \frac{56 \cdot 72,74}{3 \cdot 41^2} = 0,807 \text{ Ом.}$$

При складанні розрахункової схеми механічної частини електроприводу моменти опору руху РО (статичні моменти) і моменти інерції приводяться до валу двигуна:

$$M_{pc} = \frac{M_{pocг}}{i_p},$$

де $M_{pocг}$ - статичний момент робочої машини, Н·м,

i_p - передавальне число обраного вище редуктора.

Статичні моменти робочої машини, наведені до валу двигуна, розраховуємо для заданих режимів роботи за формулами

$$M_{pc1} = \frac{M_{pocг1}}{j_p} = \frac{627,2}{63} = 13,9 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{pc2} = \frac{M_{pocг2}}{j_p} = \frac{392}{63} = 8,7 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де M_{pc1} - статичний момент при русі вперед,

M_{pc2} - статичний момент при русі назад.

Статичний момент на валу в руховому режимі:

$$M_{bc1д} = \frac{M_{pc1}}{\eta_p} = \frac{13,9}{0,96} = 14,48 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{bc2д} = \frac{M_{pc2}}{\eta_p} = \frac{8,7}{0,96} = 9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При уточнених розрахунках усталених і перехідних режимів роботи електроприводу потрібно також враховувати момент втрат холостого ходу (момент постійних втрат) двигуна M_x , який розраховується за формулою:

$$M_x = 0,05 \cdot M_H,$$

де M_H - номінальний момент двигуна розраховуємо за формулою:

$$M_{xx} = 0,05 \cdot M_H = 0,05 \cdot \frac{P_H}{\omega_H} = 0,05 \cdot \frac{5400}{95,25} = 2,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Таким чином, наведені статичні моменти системи електропривод - робоча машина розраховують для кожної ділянки з урахуванням режиму роботи електроприводу за формулою:

$$M_c = M_{bc} \pm M_x,$$

$$M_{c1} = M_{bc1} + M_x = 14,48 + 2,8 = 17,08 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_c = M_{bc2} + M_x = 9 + 2,8 = 11,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При цьому в статичному моменті враховуються не тільки сили опору руху в робочій машині, але також і механічні втрати в двигуні.

Сумарний приведений до валу двигуна момент інерції системи може бути розрахований по співвідношенню:

$$J = \delta \cdot J_d + J_{пр},$$

де J_d - момент інерції ротора двигуна;

δ - коефіцієнт, що враховує момент інерції інших елементів електроприводу: муфт, гальмівного шківів, редуктора та ін. $\delta = 1,3 \dots 1,5$;

$J_{пр} = J_{po} / j_p^2$ - приведений до валу двигуна сумарний момент інерції рухомих виконавчих органів робочої машини і пов'язаних з ними рухомих мас

$$J_{пр1} = \frac{J_{pc1}}{j_p^2} = \frac{645}{63^2} = 0,32 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{пр2} = \frac{J_{pc2}}{j_p^2} = \frac{485}{63^2} = 0,24 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

Сумарні приведені моменти інерції при русі вперед і назад

$$J_1 = \delta \cdot J_d + J_{пр1} = 1,4 \cdot 0,3 + 0,32 = 0,74 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_2 = \delta \cdot J_d + J_{пр2} = 1,4 \cdot 0,3 + 0,24 = 0,66 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Для можливості врахування впливу пружностей в механізмі вказана крутильна жорсткість C_k , віднесена до робочого валу.

Наведену до валу двигуна жорсткість пружного механічного зв'язку $C_{пр}$

визначають через значення жорсткості на робочому валу (пружної муфти) за формулою:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{к}} / j_{\text{р}}^2,$$

$$C_{\text{пр}} = 50 \cdot \frac{10^6}{63^2} = 24691,4 \text{ Н} \cdot \text{м/рад}.$$

Для кожної ділянки роботи електроприводу знайдемо значення усталеної швидкості двигуна:

$$\omega_{\text{с}} = \frac{2v_0}{D} j_{\text{р}},$$

$$\omega_{\text{с1}} = \omega_{\text{с2}} = \frac{2 \cdot v_{\text{р}} \cdot j_{\text{р}}}{D} = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 63}{0,4} = 90 \text{ рад/с}.$$

Розрахуємо пускові $M_{\text{п}}$ і гальмівні $M_{\text{г}}$ моменти двигуна, при яких забезпечується можливість розгону і гальмування електроприводу з заданим допустимим прискоренням.

$$M_{\text{дин}} = J \cdot \frac{2a \cdot j_{\text{р}}}{D};$$

$$M_{\text{дин1}} = \frac{2 \cdot a_{\text{доп}} \cdot J_1 \cdot j_{\text{р}}}{D} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,74 \cdot 63}{0,4} = 166,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дин2}} = \frac{2 \cdot a_{\text{доп}} \cdot J_2 \cdot j_{\text{р}}}{D} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 63}{0,4} = 148,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{\text{п}} = M_{\text{с}} + M_{\text{дин}}.$$

Моменти пуску

$$M_{\text{п1}} = M_{\text{с1}} + M_{\text{дин1}} = 17,08 + 166,5 = 183,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{п2}} = M_{\text{с2}} + M_{\text{дин2}} = 11,8 + 148,5 = 160,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Моменти гальмування

$$|M_{\text{г1}}| = |M_{\text{дин1}}| - M_{\text{с1}} = 166,5 - 17,08 = 102,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$|M_{\text{г2}}| = |M_{\text{дин2}}| - M_{\text{с2}} = 148,5 - 11,8 = 136,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Значення моментів наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розраховані моменти двигуна.

Параметр	Величина
1	2
Приведений статичний момент при русі вперед, M_{c1}	17,08 Н·м
Приведений статичний момент при русі назад, M_{c2}	11,8 Н·м
Приведений момент інерції при русі вперед, $J_{пр1}$	0,32 кг·м ²
Приведений момент інерції при русі назад, $J_{пр2}$	0,24 кг·м ²
Сумарний приведений момент інерції при русі вперед, J_1	0,74 кг·м ²
Сумарний приведений момент інерції при русі назад, J_2	0,66 кг·м ²
Динамічний момент при русі вперед, $M_{дин1}$	166,5 Н·м
Динамічний момент при русі назад, $M_{дин2}$	148,5 Н·м
Пусковий момент при русі вперед, $M_{п1}$	183,7 Н·м
Пусковий момент при русі назад, $M_{п1}$	160,3 Н·м
Гальмівний момент при русі вперед, $M_{г1}$	149,4 Н·м
Гальмівний момент при русі назад, $M_{г2}$	136,7 Н·м

Метою попередньої перевірки двигуна є уточнення навантажувальних діаграм моменту, а також діаграми швидкості з урахуванням моменту інерції обраного двигуна.

Час перехідних процесів для кожної ділянки:

$$t_i = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{cp} - M_c},$$

де J - приведений момент інерції системи до вала двигуна, кг м²,

ω_c - усталена швидкість двигуна, 1/с,

M_{cp} - середній момент двигуна, Н·м,

M_c - наведений статичний момент, Н·м.

$$t_{n1} = J_1 \cdot \frac{\omega_{c1}}{M_{n1} - M_{c1}} = 0,74 \cdot \frac{90}{183,7 - 17,08} = 0,4 \text{ с (при пуску вперед),}$$

$$t_{r1} = J_1 \cdot \frac{\omega_{c1}}{M_{r1} - M_{c1}} = 0,74 \cdot \frac{90}{149,4 - 17,08} = 0,5 \text{ с (при гальмуванні}$$

вперед),

$$t_{n2} = J_2 \cdot \frac{\omega_{c2}}{M_{n2} - M_{c2}} = 0,66 \cdot \frac{90}{160,3 - 11,8} = 0,4 \text{ с (при пуску назад),}$$

$$t_{r2} = J_2 \cdot \frac{\omega_{c2}}{M_{r2} - M_{c2}} = 0,66 \cdot \frac{90}{136,7 - 11,8} = 0,48 \text{ с (при гальмуванні}$$

назад),

кут повороту вала двигуна за час перехідного процесу:

$$\alpha_i = \frac{\omega_c \cdot t_i}{2},$$

$$\alpha_{n1} = \frac{\omega_{c1} \cdot t_{n1}}{2} = \frac{90 \cdot 0,4}{2} = 18 \text{ рад.}$$

$$\alpha_{r1} = \frac{\omega_{c1} \cdot t_{r1}}{2} = \frac{90 \cdot 0,5}{2} = 22,5 \text{ рад,}$$

$$\alpha_{n2} = \frac{\omega_{c2} \cdot t_{n2}}{2} = \frac{90 \cdot 0,4}{2} = 18 \text{ рад,}$$

$$\alpha_{r2} = \frac{\omega_{c2} \cdot t_{r2}}{2} = \frac{90 \cdot 0,48}{2} = 21,6 \text{ рад,}$$

Час роботи з усталеною швидкістю

$$t_y = \frac{\alpha - (\alpha_n + \alpha_r)}{\omega_c},$$

де α – кут повороту вала двигуна, що відповідає величині переміщення в даному режимі;

$$\alpha = 2 \cdot L \cdot j_p / D,$$

$$\alpha = 2 \cdot 14 \cdot 63 / 0,4 = 1575 \text{ рад};$$

$$t_{y1} = \frac{\alpha - (\alpha_{n1} + \alpha_{r1})}{\omega_{c1}} = \frac{1575 - (18 + 22,5)}{90} = 17,05 \text{ с},$$

$$t_{y2} = \frac{\alpha - (\alpha_{n2} + \alpha_{r2})}{\omega_{c2}} = \frac{1575 - (18 + 21,6)}{90} = 17,05 \text{ с},$$

α_n, α_r - кут повороту вала за час пуску і гальмування відповідно.

Перевірка двигуна по продуктивності полягає в порівнянні сумарного фактичного часу роботи електроприводу в циклі t_ϕ із заданим значенням часу роботи t_p у вихідних даних для проектування. Завдання по продуктивності має бути безумовно виконано, $t_\phi < t_p$.

Сумарний фактичний час роботи приводу:

$$M_{\text{срkv}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \leq M_{\text{доп}},$$

$$M_{\text{срkv}} = \sqrt{\frac{M_{n1}^2 \cdot t_{n1} + M_{c1}^2 \cdot t_{y1} + M_{r1}^2 \cdot t_{r1} + M_{n2}^2 \cdot t_{n2} + M_{c2}^2 \cdot t_{y2} + M_{r2}^2 \cdot t_{r2}}{t_{n1} + t_{y1} + t_{r1} + t_{n2} + t_{y2} + t_{r2}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{183,7^2 \cdot 0,4 + 17,8^2 \cdot 17,05 + 149,4^2 \cdot 0,5 + 160,3^2 \cdot 0,4 + 11,8^2 \cdot 17,05 + 136,7^2 \cdot 0,48}{0,4 + 17,05 + 0,5 + 0,4 + 17,05 + 0,48}} = 37,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент двигуна при $T_{B_{\text{кат}}}$, найближчому до T_{B_ϕ} :

$$M_{\text{кат}} = \frac{P_n \cdot 9,55}{n_n} = \frac{3700 \cdot 9,55}{1390} = 35,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Фактичне значення T_B :

$$T_{B_\phi} = \frac{1}{t_u} \cdot t_\phi \cdot 100\% = \frac{1}{45} \cdot 35,88 \cdot 100\% = 59,73\%.$$

Допустимий момент:

$$M_{\text{доп}} = M_{\text{кат}} \cdot \sqrt{\frac{T_{B_{\text{кат}}}}{T_{B_\phi}}} = 35,4 \cdot \sqrt{\frac{100}{59,73}} = 45,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Зменшимо допустимий момент на 15%:

$$M_{\text{доп.15\%}} = M_{\text{доп}} \cdot 0,85 = 45,8 \cdot 0,85 = 38,93 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$37,8 \text{ Н} \cdot \text{м} < 45,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - середньоквадратичний момент менше допустимого. Отже, обраний двигун проходить перевірку по нагріванню.

2.3 Комплектний електропривод

За своїми функціональними ознаками технічні засоби автоматизації підрозділяється на

а) обладнання нижнього (польового) рівня, що виконує функції первинного перетворення, передачі інформації про технологічний об'єкт і прийом сигналів;

б) обладнання середнього рівня, що виконує функції збору, первинної обробки даних і вироблення керуючих впливів на виконавчі механізми, передачі інформації на верхній рівень;

в) обладнання верхнього (диспетчерського) рівня, що виконує функції збору, візуалізації, обробки і зберігання даних.

Для регулювання швидкості асинхронних двигунів використовуються частотні перетворювачі компанії «Веспер» моделі ЕЗ-8100К, що дозволяють здійснювати моніторинг і управління по RS - 422/485.

Для вимірювання споживаного струму і напруги асинхронних двигунів використовуються перетворювачі вимірювальної напруги і струму з індикацією НПСІ-ДНТВ.

В якості виконавчих механізмів клапанів використовуються електроприводи St-mini компанії «Авангард». Регулювання клапаном здійснюється уніфікованим струмовим сигналом (4-20) мА.

На середньому рівні для збору первинної інформації від датчиків, а також для формування керуючих впливів на виконавчі механізми

використовується промисловий комп'ютер, виконаний в корпусі ІРС-6908, забезпечений електронним диском (замість звичайного жорсткого диска), сторожовим таймером і шасі ІSА для підключення плат вводу-виводу і зовнішніх модулів.

У якості світлозвукової сигналізації загазованості застосовуються пости аварійної сигналізації ПАСВ.

Устаткування середнього рівня АСУ ТП розміщується в щитах -

- а) щит промислового комп'ютера (ЩК-1130.01);
- б) щит реле (щр-1130.01).

ЩК-1130.01, ЩБ-1130.01, ЩР-1130.01 є металеві, збірні, підлогові щити, одностороннього обслуговування фірми "Rittal". Габаритні розміри щитів (Ш × Г × В, мм) - 800 × 600 × 2000. Для запобігання несанкціонованому доступу щити обладнані замками.

У щиті комп'ютера (ЩК-1130.01) розміщено наступне обладнання -

- а) джерело безперебійного живлення APC Smart-UPS;
- б) резервовані джерела живлення фірми Phoenix Contact;
- в) промисловий комп'ютер (основний і резервний);
- г) повнорозмірна плата введення-виведення Advantech PCL-722;
- д) багатофункціональна плата збору даних PCL-812PG Advantech;
- е) інтерфейсна плата PCL-741 Advantech;
- ж) одноплатний комп'ютер PCA-6770 Advantech;
- і) плата ЦАП PCL-726 Advantech;
- к) плата Ethernet;
- л) сигнальні індикатори;
- м) клеми фірми Phoenix Contact.

У щиті реле (ЩР-1130.01) розміщено наступне обладнання -

- а) резервовані джерела живлення фірми Phoenix Contact;
- б) комутаційні реле фірми Pepperl + Fuchs;
- в) клемні плати гальванічної розв'язки фірми Fastwel;

г) клеми фірми Phoenix Contact.

Щит промислового комп'ютера (ЩК-1130.01) забезпечує виконання таких функцій -

а) прийом сигналів від первинних перетворювачів і вторинних приладів;

б) контроль достовірності та первинної обробки інформації (перерахунок параметрів у фізичні величини, обчислення поточних значень, порівняння з уставками і т.д.);

в) регулювання технологічних параметрів відповідно до обраних законів регулювання, з видачею команд керування у вигляді аналогового сигналу (4-20) мА постійного струму;

г) програмно-логічне керування, захист і блокування технологічного обладнання;

д) підготовка даних для відображення і архівації;

е) самодіагностика.

Щит реле (ЩР-1130.01) забезпечує комутацію керуючих сигналів насосних агрегатів, вентиляторів, світлозвукової сигналізації, засувок.

На верхньому рівні розташовані сервери БД, АРМ диспетчера та оператора, а також додатковий АРМ оператора (гарячий резерв) з встановленим програмним забезпеченням Windows 7 і Simple-Scada. Для забезпечення безперебійного живлення кожне АРМ і сервер БД оснащені ДБЖ на 220В. Розташована в апаратній АСУ ТП.

На верхньому рівні розташовано АРМ конфігуратора в апаратній АСУ ТП.

Локальний сервер і частина мережевого обладнання, що забезпечує обмін інформацією на верхньому рівні, так само відноситься до верхнього рівня АСУ ТП [9].

2.4 Розрахунок основних елементів системи автоматичного регулювання

В якості алгоритму регулювання буде використовуватися алгоритм ПД-регулювання, що виправляє недоліки П- і ПІ-регулювання. Диференціальна складова підключається в нерівноважні моменти і при виникненні різких змін.

Відгук при використанні ПД-регуляторів практично миттєвий, оскільки не потрібно чекати, поки накопичиться помилка, а величина відгуку пропорційна швидкості зміни основних параметрів. Таким чином, при виникненні різкого перегріву виникне сигнал, здатний швидко відключити двигун.

Пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) регулятор - пристрій в колі зворотного зв'язку, що використовується в системах автоматичного управління для підтримки заданого значення вимірюваного параметра.

ПІД-регулятор вимірює відхилення стабілізуючої величини від заданого значення (уставки) і видає керуючий сигнал, який є сумою трьох доданків, перший з яких пропорційний цьому відхиленню, другий пропорційний інтегралу відхилення і третій пропорційний похідній відхилення.

У загальному випадку математичний опис процесу регулювання можна представити у вигляді такої структурної схеми (рисунок 2.2).

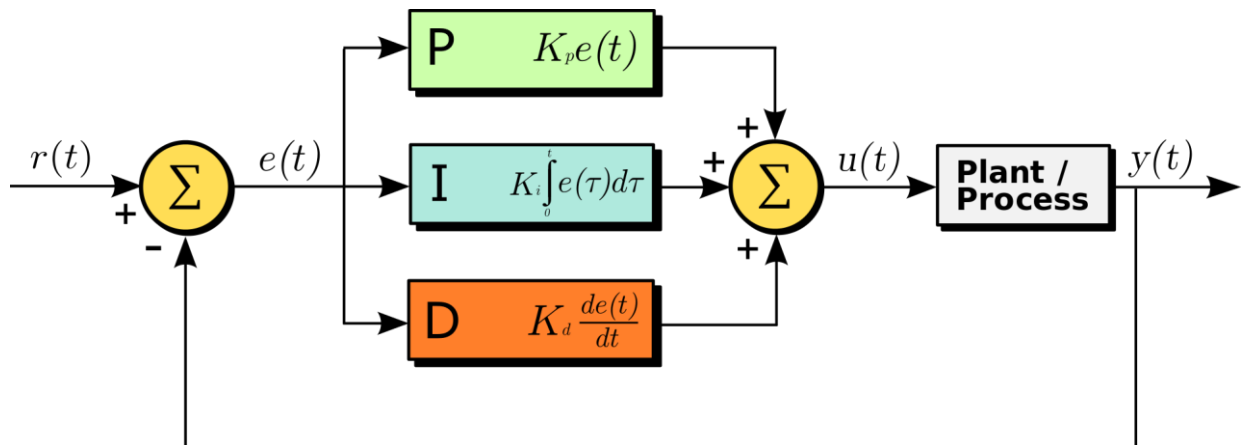


Рисунок 2.2 – Алгоритм ПІД регулювання

Блок ПІД регулятора описується наступною схемою (рисунок 2.3).

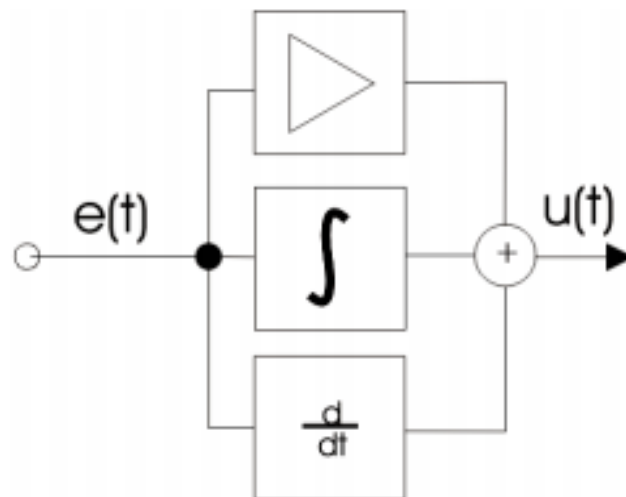


Рисунок 2.3 – Блок-схема ПІД регулятора

Беручи зміну температури нагрівача опору рівномірному по всій своїй площі при зміні електричної потужності, що подається до нагрівача, можна в першому наближенні розглядати нагрівач і циліндр в якості ланки із зосередженими параметрами.

Тоді об'єкт управління уявімо, як послідовне з'єднання 2 ланок, аперіодичної ланки 1 порядку і аперіодичної ланки другого порядку [11].

$$W_1(s) = \frac{0.18}{2.8s + 1} \quad (2.1)$$

$$W_2(s) = \frac{0.9}{(5.6s + 1)^2} \quad (2.2)$$

Перехідна характеристика об'єкта управління зображена на рисунку 2.4.

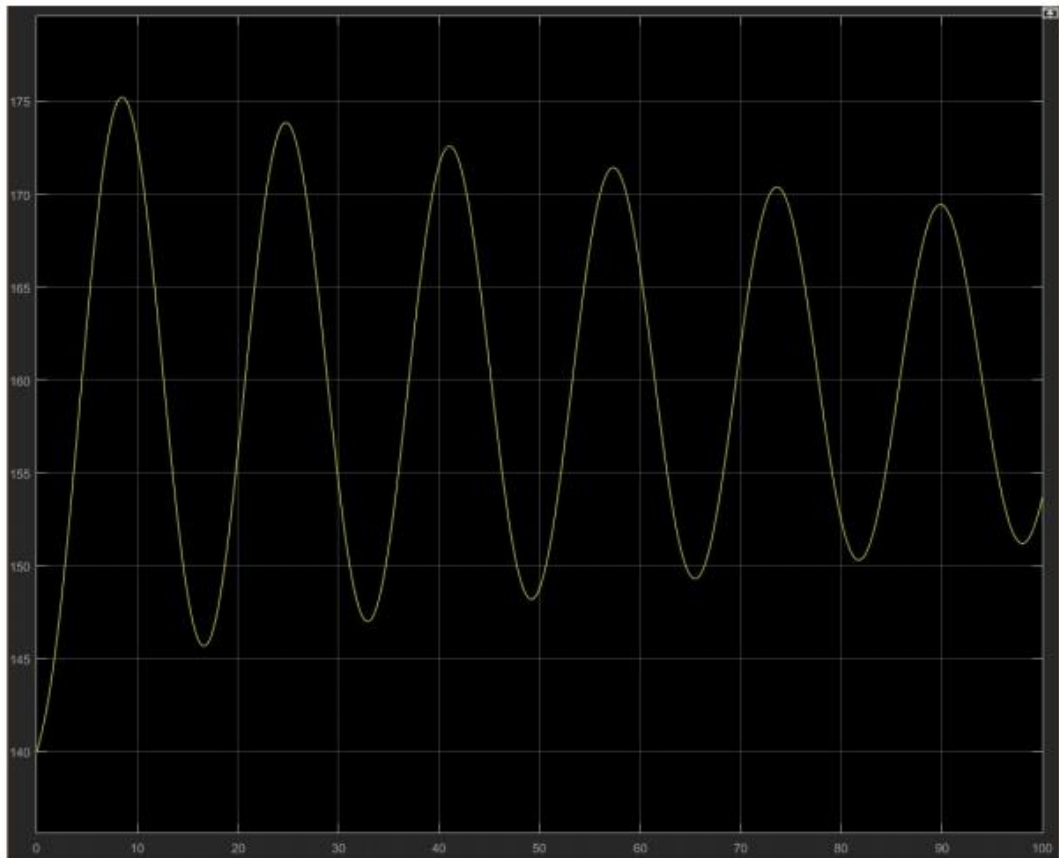


Рисунок 2.4 – Графік перехідного процесу, до настройки регулятора

Підбір коефіцієнтів ПД-регулятора здійснено методом CHR (Chien, Hrones and Reswick). Даний спосіб на відміну від відомих інженерних методів, заснований на використанні критерію максимальної швидкості наростання при відсутності перерегулювання. За допомогою параметрів A і L перехідної характеристики на рисунку 2.4 і таблиці 2.4, були отримані такі коефіцієнти ПД-регулятора: $K_P = 23,8$; $K_I = 0,1$; $K_D = 30,7$.

Таблиця 2.4 – Підбір коефіцієнтів методом CHR

Регулятор	K	T _i	T _d
П	0,3/a	-	-
ПІ	0,35/a	1,2 L/k	-
ПІД	0,6/a	1,0 L/k	0,5 L/K

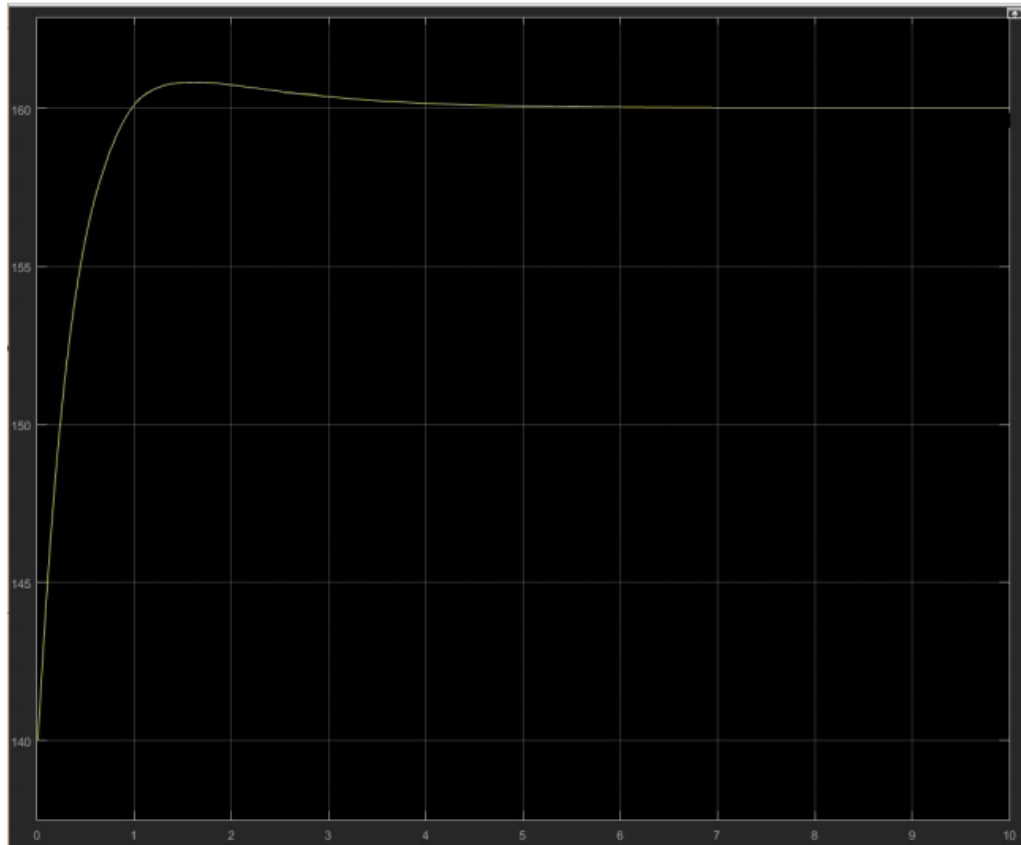


Рисунок 2.5 – Графік відрегульованого перехідного процесу

Графік перехідного процесу представлений на рисунку 2.5.

Виходячи з графіка видно, що час перехідного процесу складає близько 5 с, без перерегулювання.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у цеху або на підприємстві

На виробництві мають бути створені сприятливі умови праці – сукупність факторів виробничого середовища, які впливають на здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

Однак можливість впливу виробничих факторів на працюючих існує завжди, тому повинні бути розроблені заходи захисту від нього і забезпечення безпеки праці - стану умов праці, при яких виключено вплив на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

При проведенні технологічного процесу на ТОВ НВО «Дніпрофмаш» на всіх стадіях обробки металів можлива поява небезпечних і шкідливих факторів. Основними з них є: виділення пилу, газів, парів; тепловий потік; підвищений рівень шуму, вібрації, електромагнітних випромінювань; збільшення напруги в електричних ланцюгах; наявність рухомих машин і механізмів; рухомі частини виробничого обладнання.

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, подаючі і напрямні ролики, кантувачелі, штовхачі, 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 та вузли

(важелі, елементи транспортерів, штовхачів маніпуляторів і кантователів) виконують зворотно - поступальний рух.

Небезпека впливу визначається перш за все конструктивними проблемами. Так, небезпека зростає, якщо обертаючі частини обладнання 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 огляду на, що швидкість обробки металу на механічному обладнанні прокатних цехів зросла, 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 механізмів і наглядом за їх роботою, заміною періодичних процесів безперервними, автоматизацією вимірювання параметрів процесу обробки металу.

При нагріванні злитків в камерах нагрівальних колодязів можливі викиди гарячого шлаку з камери при його взаємодії з водою і матеріалами, що мають високу вологість. Новоутворена окалина на поверхні вихідних матеріалів створює небезпеку ураження персоналу при розльоті в момент прокатки. Окалина також відшаровується від поверхні злитків, блюмів, слябів і заготовок, потрапляє на шляху, по яким пересуваються злитковози, в простір під завантажувальними пристроями, холодильниками, шлеперами та іншими обладнанням. Роздрібнена в процесі прокатки окалина розсіюється в просторі у прокатному стані і створює значну запиленість повітря.

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 окалин від ножиць, усунення заклинювання обрізу в жолобі ножиць і на конвеєрі, в процесі різання і відборі проб. У скрапному 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 можливо 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 рольганів від даних пробок і скрапу, проведенні операцій з установки, прибирання та кантування коробок для скрапу.

Значно зростає фактор безпеки виробничого процесу при використанні в потоці машин вогневої зачистки металу.

Разом з тим цей процес впливає на поліпшення умов праці, сприяючи ліквідації небезпечних і шкідливих факторів на інших стадіях процесу. При вогневій зачистці металу можливий вибух газів.

Такі технологічні операції, як охолодження, таврування, складування металу особливого впливу на рівень безпеки виробничого процесу не роблять, за винятком термічної обробки. У цеху з гарячим повітрям газ стискається в горілчаних пристроях методичних печей, в інших випадках газ і повітря можуть змішуватися в холодному стані і тому будь-яке попадання повітря в газ або газу в закритий простір з повітрям може привести до утворення вибухонебезпечної суміші. При посадці злитків в печі і їх видачу існує небезпека випадання злитків на робочу площадку.

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. В прокатних цехах повинні бути створені умови по СанПіН 2.2.4.548-96.

Оптимальна температура 16-25 С, допустима 13-25 С, при виконанні важкої фізичної роботи максимально допустиме значення температури 26 С, а відносна вологість не більше 75%.

При нагріванні слябів для гарячої прокатки на поверхні останніх утворюється окалина, яка при прокатці зламується і піднімається в простір навколо об'єкта. Дисперсність частинок цієї окалини, забруднюють повітря прокатного відділення, визначається умовами роботи нагрівальних пристроїв, маркою сталі і конструкцією печей.

Роздрібнена окалина розподіляється в просторі перед кліттю і за нею.

У обтискному цеху основними джерелами інфразвуку є: системи вентиляції, газоочистки, поршневі компресори. До механічних джерел збудження звуку в цеху відносяться: Штовхачі, стан, кантувачі. Аеродинамічними джерелами є: вентилятори, системи подачі захисних газів.

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 рольгангу, 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 ДСН 3.3.6.042-99.

У цеху велика частина електроустаткування працює при напрузі 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 гарячої прокатки. Електромагнітне поле створюється при роботі високочастотних і надвисокочастотних установок. Норми по електромагнітного випромінювання по СанПіН № 5802-91.

Санітарно - технічні умови, існуючі в цеху показані, в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 –Санітарно - технічний паспорт

Дільниці	Загазованість ь мг/м ³	Запиленність ь мг/м ³	Температура С		Відносна вологість, %	
			Теплий період	Холодний період	Теплий період	Холодний період
Нагрівальні колодяці	15-20	2,3-2,8	28-46	9-20	40	45
Стан 400	00,1-0,15	6,8-9,5	26-42	5-16	60	70
Машина зачищення	10-15	6,3-7,7	23-43	5-18	55	60
Заготовчий стан	0,05-0,13	5,95-6,85	24-38	12-24	45	50
Склад гарячих заготовок	-	6,3-7,3	26-43	8-18	35	45

Аналізуючи існуючі в обтискному цеху умови праці, можна зробити висновок, що є недоліки на виробництві, усуваючи які можливо поліпшити

умови праці працюючих, а як наслідок і їх продуктивність, що матиме позитивний вплив на прибуток.

3.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці

За діючими правилами всі приміщення діляться за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом на три класи:

- без підвищеної небезпеки;
- з підвищеною небезпекою;
- особливо небезпечні.

До приміщень без підвищеної небезпеки відносяться сухі, безпилкові приміщення з нормальною температурою повітря, з ізолюючими (наприклад, дерев'яними) статями, в яких відсутні заземлені предмети або їх дуже мало.

До приміщень з підвищеною небезпекою відносяться приміщення:

- сирі, в яких відносна вологість повітря тривалий час перевищує 75%;
- жаркі, в яких під впливом різних теплових випромінювань температура повітря перевищує постійно або періодично (Більше 1 доби) 35 ° c;
- пилові, з струмопровідним пилом, в яких за умовами виробництва виділяється струмопровідний технологічний пил;
- з струмопровідними підлогами - металевими, земляними, залізобетонними, цегляними і тому подібне, в яких можливо одночасний дотик людини до яких з'єднання з землею металоконструкцій будинків, технологічним апаратам, механізмам і тощо, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання, з іншого.

До особливо небезпечних відносяться приміщення:

- особливо сирі, тобто приміщення, в яких відносна вологість повітря близька до 100%,

- з хімічно активним чи органічним середовищем, містяться агресивні пари, гази, рідини, утворюються відкладення або цвіль, діючі руйнівню на ізоляцію і струмоведучі частини електрообладнання.

З урахуванням наведених вище умов і факторів приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою.

Захист робочих місць від інтенсивного теплового опромінення гарячими поверхнями технологічного обладнання застосовуються екрани, які поглинають теплоту екрануємої поверхні, не допускаючи її поширення в навколишнє середовище і повинні відповідати вимогам ГОСТ.12.1.007-88.

Захист від надлишкової теплоти здійснюється екрануванням робочих місць, створенням теплової ізоляції, пристроїв аерації виробничого приміщення, місцевої вентиляції і зволоженням повітря, що подається дрібно розпорошеною водою. У холодний період року використовують радіаційний душ, що забезпечує місцевий променистий обігрів робочих місць в умовах негативної температури до (25С). Над транспортним рольгангом встановлюють теплозахисні панелі, що складаються з теплоізоляційного шару, який заповнює каркас екрану і повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.003-81.

Значному утворенню пилу сприяє вода, що подається для охолодження валків. Вода розтікається по поверхні розкату, випаровується і, переходячи в пар, виривається з великою силою в напрямку руху металу, відриває окалину і розбиває її до стану дрібнодисперсних частинок.

Основним методом боротьби з пилоутворенням на обтискних станах є запобігання або зменшення окалиноутворення при обертанні або зменшенні окалиноутворення при нагріванні злитків в нагрівальних колодязях. В якості спеціальних заходів слід застосовувати систему гідрознепилення. Водяні струмені, звожуючи пил, запобігаючи його поширенню. Таким чином осідає 70-80% пилу.

При зачистці металу на машині вогневої зачистки утворюються велика кількість пилу і газів. Для захисту від них застосовують спеціальне укриття з відсмоктуванням їх від машини вогневої зачистки.

Концентрація пилу повинна відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005-88.

При експлуатації рольгангів виникають 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 кліті. Отже, вони систематично знаходяться над гарячими зливками і прокатами, а також має місце шум високих рівнів. Тому пости керування повинні бути обладнані захисною теплоізоляцією і бути захищені від проникнення шуму в приміщенні поста. Рівні шуму повинні відповідати ГОСТ 121.003-83 і ГОСТ 12.1.012-78.

Рухомі і обертові частини механізмів прокатних станів, агрегатів, розташованих в важкодоступних місцях, допускається захищати загальним огородженням із замикаючим пристроєм. Маховики повинні мати бокове огородження 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 перилами. 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.

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

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

Для зниження рівня інфразвуку аеродинамічного походження застосовуються реактивні глушники. Зменшення випромінювання інфразвуку пальниками може бути досягнуто зміною конструкції пальників і вдосконаленням режимів горіння.

Для захисту від ультразвукових хвиль застосовують прозорі з оргскла і не прозорі екрани які повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.001-81 і ГОСТ 15762-73.

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 розподільних засобах забезпечені захисними кожухами, виготовленими з вогнестійких матеріалів. Для захисту електроустановок від перевантажень застосовують плавкі запобіжники. Внутрішньо цехова 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 заземленій нейтралі.

Для захисту від електричних і електромагнітних полів встановлюють екрануючі пристрої, що працюють. Екрани представляють собою заземлені щити з струмопровідного матеріалу. Стационарні екрани призначені для захисту персоналу при огляді обладнання. В разі застосування НВЧ-коливань

необхідно працювати в окулярах, збільшувати відстань між джерелами випромінювання і робочим місцем, зменшувати потужність випромінювання генератора.

Безпека праці є одним з факторів, що визначають стабільність підприємства. Низький рівень безпеки праці створює можливість для виникнення виробничого травматизму, що порушує професійно-кваліфікаційний склад працівників та в кінцевому підсумку знижує виробництво товарної продукції.

Поліпшення безпеки праці в цеху призведе до зменшення економічних втрат і збільшення продуктивності праці, це позитивно вплине на прибуток.

3. Розрахунок запобіжників

Для попередження пожеж від коротких замикань на всіх лініях і відгалуженнях електричних мереж послідовно включають плавкі запобіжники (вставки) з міді, свинцю, алюмінію, третника, чи цинку релейні пристрої.

Відповідно до правил запобіжники встановлюють при переході проводу з більшого перетину на менше. При установці запобіжників легкоплавку вставку розраховують на силу струму групи.

Струм вставки

$$J_{\text{вст}} = a \cdot I_{\text{пл}}^{2/3}.$$

Діаметр плавкої частини запобіжника залежить від струму плавлення $I_{\text{пл}}$

$$I_{\text{пл}} = b \cdot d^{3/2}.$$

У цих формулах a і b – коефіцієнти, що залежать від матеріалу вставки (відповідно для мідної 0,0538 і 80,0; алюмінієвої 0,0658 і 59,2; свинцевої 0,205 і 10,8); d – діаметр вставки міліметрів.

Для того, щоб не було відключень струму при короткочасних перевантаженнях, струм плавлення вставки повинний бути більше номінального, зазначеного на запобіжниках.

Практично приймають

$$I_{\text{пл}} = 1,25 \cdot I_{\text{н}},$$

де $I_{\text{н}}$ – номінальний струм, А.

При виборі плавкої вставки запобіжника для захисту електродвигуна необхідно враховувати, що в момент пуску двигуна пусковий струм значний. Щоб запобіжник у період пуску не перегорів, номінальний струм вставки

$$I_{\text{вст}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{2,5} (2,4 \dots 2,8) I_{\text{н}}.$$

Припустимі тривалі струми ($I_{\text{н}}$) і найбільші струми номінальних плавких вставок запобіжників ($I_{\text{вст}}$) і розчепителів автоматів ($I_{\text{авт}}$) для проводів і кабелів стандартних перетинів приведені в табл. 4.1.

При $I_{\text{н}} = 10 \text{ А} \cdot I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{н}}}{3}$. Це співвідношення не враховує умов пуску

електродвигуна, тим часом тривалість пуску $t_{\text{пуск}}$ різна.

При легких умовах пуску $t_{\text{пуск}} = 0,3 \dots 0,5 \text{ с}$ $I_{\text{вст}} = I_{\text{н}}$

При середніх умовах пуску $t_{\text{пуск}} = 0,5 \dots 2 \text{ с}$ $I_{\text{вст}} \geq I_{\text{н}}$

Піковий струм групи електродвигунів $I_{\text{пик}} = \sum I_{\text{р}} + I_{\text{пуск}}$,

де $\sum I_{\text{р}}$ - сума значень розрахункового струму електродвигунів усієї групи.

При цьому повинна виконуватися наступна умова

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{пик}}}{2,5} \text{ та } I_{\text{вст}} \leq 3I_{\text{н}}.$$

У стенді використовуються наступні елементи MASH стартер СТ 142, АД Р=7,6 кВт, ДПС Р=2,5 кВт. Максимальна сила струму споживана стартером $I_{\text{СТ}}=130 \text{ А}$.

Сила струму АД $I_{\text{АД}}=20 \text{ А}$.

Сила струму ДПС $I_{\text{дпс}}=23,4$ А.

$$\sum I_p = 173,4 \text{ А};$$

$$I_{\text{пуск.ст}} = 600 \text{ А};$$

$$I_{\text{пik}} = \sum I_p + I_{\text{пуск}} = 773,4 \text{ А};$$

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{пik}}}{2,5} \geq 309,2 \text{ А};$$

$$I_{\text{вст}} = 350 \text{ А};$$

$$I_{\text{вст}} \leq 3I_n, \text{ т.я. } 3 \cdot 340=1020 \text{ А},$$

перетин жили 150 мм^2 .

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

4.1 Мета та задачі

В якості об'єкта для економічного розрахунку пропонується розглянути індивідуальний електропривод рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш».

Джерелами економічної ефективності нових машин є: підвищення їх продуктивності, надійності; зниження матеріаломісткості та енергоємності, підвищення рівня їх стандартизації та уніфікації; зниження витрат ресурсів і втрат при експлуатації машини; підвищення якості виробленої машиною продукції.

До числа економічних показників відносяться наступні:

капітальні вкладення на розробку індивідуального електроприводу рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»;

відрахування від капітальних витрат на експлуатацію індивідуального електроприводу рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»;

вартість втрат.

4.2 Розрахунок капітальних витрат

Розрахунок капітальних вкладень на розробку індивідуального електроприводу рольгангу прокатного стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш» виконаємо за показниками вартості його основних елементів.

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт складає 10% від вартості обладнання.

Транспортно-заготівельні і складські витрати приймаються у процентах від вартості обладнання, конструкцій і складають 7%.

Планові накопичення для підприємств металургійної галузі визначаються у розмірі 30% від вартості монтажних робіт.

Капітальні витрати на здійснення запропонованого варіанту розраховуються наступним чином [6]:

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн} + K_{пл},$$

де $K_{об}$ – вартість обладнання, тис. грн;

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

$K_{мн}$ – витрати на монтажну-налагоджувальні роботи, тис. грн;

$K_{пл}$ – планові накопичення, тис.грн.

Розрахунок капітальних витрат наведено в таблиці 4.1 згідно даних заводів-виробників та представників ринку обладнання.

Таблиця 4.1

Розрахунок капітальних витрат

№ п/п	Найменування	Од. вим.	Кіл-ть, шт	Ціна за одиницю, грн.	Загальна сума, грн.
1	2	3	4	5	6
1	Електродвигун	шт.	1	13198	13198
2	Бункер	шт.	1	518	518
3	Ведучий шків	шт.	1	167,5	167,5
4	Ведений шків	шт.	1	198,3	198,3
5	Ротор	шт.	1	608	608
6	Ролик	шт.	1	216	216
7	Заслінка	шт.	1	73	73
8	Барабан	шт.	1	417	417
9	Відвід	шт.	1	120	120
10	Кришка	шт.	120	72,28	8640
11	Вал	шт.	2	33,81	67,62
12	Кріпильні вироби:				
	Болт	шт.	30	1,23	36,9
	Гайка	шт.	30	0,71	21,3
	Шайба	шт.	30	0,47	14,1
	Шплінт	шт.	16	0,75	12
13	Разом				$\Sigma=24307$
14	Транспортно-заготівельні витрати 8% від суми «Всього»				1949,6
	Всього п. 13+п. 14				26256,6

Основні капітальні вкладення складають 26256,6 грн.

4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

А. Розрахунок амортизаційних відрахувань (C_a). Норма амортизації для електрообладнання за даними Податкового кодексу України становить 20 %, а мінімальний строк експлуатації становить 5 років. Амортизаційні відрахування розраховуються за наступним виразом:

$$A_B = \Phi_6 / T_{\text{мін}}, \text{ тис. грн,}$$

де Φ_6 – балансова вартість обладнання;

$T_{\text{мін}}$ – мінімальний строк експлуатації обладнання.

Розрахунок капітальних витрат на електрообладнання та амортизаційних відрахувань наведено в таблиці 4.2. Дані для розрахунків приведено на основі прайс-листів заводів-виробників та представників ринку електрообладнання.

Таблиця 4.2

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Тип	Балансова вартість всього (тис. грн)	Мінімальний строк експлуатації	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
Електродвигун	13198	5	2639,6
Бункер	518	5	103,6
Ведучий шків	167,5	5	33,5
Ведений шків	198,3	5	39,66
Ротор	608	5	121,6
Ролик	216	5	43,2
Заслінка	73	5	14,6
Барабан	417	5	83,4

Відвід	120		24
Кришка	8640		1728
Вал	67,62		13,524

Б. Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання, включають витрати на матеріали, запасні блоки, визначено у відсотках від капітальних витрат.

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт:

$$I_e = I_{ол} + I_{onc},$$

де $I_{ол}, I_{onc}$ – витрати на ремонт і обслуговування.

4.4 Економічні показники проекту

Таблиця 4.3

Економічні показники проекту

Найменування показника	Одиниці виміру	Проектний варіант
Капітальні витрати	тис.грн	26,26
Сумарні експлуатаційні витрати	тис.грн	11,45
Технічне обслуговування і поточний ремонт	тис.грн	6,6
Амортизаційні відрахування	тис.грн	4,85

Висновки по розділу

На основі технічних даних щодо прийнятого у спеціальному розділі основного електрообладнання індивідуального електроприводу рольгангу прокатного стану 400 виконано розрахунки капіталовкладень в проект, які складуть 26,26 тис. грн., та експлуатаційні витрати при обслуговуванні даної системи, які становлять 11,45 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У рамках даної дипломної роботи здійснено проектування індивідуального електроприводу рольгангу прокатного стану 400.

Базовим підприємством обрано ТОВ НВО «Дніпрофмаш». У комплекс стану гарячої прокатки крім робочої кліті входять: нагрівальні колодязі, злитковози, рольганги, поворотний стіл, кантувач, робочі рольганги, ножиці та інші механізми, об'єднані спільною технологічною лінією. Прокатка відбувається наступним чином: нагрітий до температури 1200-1250 ° С злиток з нагрівальних колодязів або нагрівальних печей транспортують спеціальними візками-злитковозами до приймального рольгангу, звідки за допомогою підвідного та подовжувачального рольгангів доставляють на робочий рольганг. Перед подачею злитка в кліть встановлюється за допомогою натискного пристрою необхідний розчин валків, потім включається привід переднього робочого рольганга і двигун робочих валків таким чином, щоб в момент входу металу у валки їх швидкість відповідала нормальним умовам захоплення. Як правило, ця швидкість нижча швидкості прокатки, тому після захоплення металу відбувається подальше збільшення швидкості валків, і двигун в цей час долає момент статичного опору і інерцію рухомих мас.

У роботі запропоновано автоматизацію управління електропривода. Для даного об'єкта управління електропривода обрана трирівнева система автоматизованого управління Нижній рівень, іменованій ще також польовим, містить первинні датчики (вимірювальні перетворювачі), які збирають дані про протікання всього технологічного процесу, зокрема, виконавчих пристроїв і приводів, які виконують керуючі та регулюючі дії.

Дані з датчиків нижнього рівня надходять в промисловий комп'ютер, в який встановлено такі плати і зовнішні модулі, підключені через шину ISA: плата дискретного вводу / виводу, плата ЦАП, плата збору даних, інтерфейсна плата, одноплатний комп'ютер, розташовані в щитовій КВП і А і апаратній АСУ в безпосередній близькості від об'єкту управління.

Дані з датчиків надходять на багатофункціональну плату збору даних, а інформація з вимірника діаметру спершу перетворюється конвертором в RS-232 сумісний сигнал, а потім, після обробки в інтерфейсній платі, сигнал надходить на ту ж саму плату збору даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фотиев М.М. Электроприводы и электрооборудование металлургических цехов: Учебн. 3-е изд. - М.: Металлургия. 1990. - 352 с.
2. Фотиев М.М. Электрооборудование прокатных и трубных станов. - М.: Металлургия, 1995. - 256 с.
3. Афанасьев В.Д. Автоматизированный электропривод: Учеб. пособие. - М.: Энергоатомиздат, Металлургия, 1977. - 280 с.
4. Попович М.Г. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.
5. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства: Учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 1987. - 312 с.
6. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 416 с.
7. Колб Ант.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навч. посібник. - Д.: НГУ, 2006. - 511 с.
8. Белов М.П. и др. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: Учеб. пособие. - М.: Академия, 2006. - 368 с.
9. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под ред. В.А.Елисеева и А.В. Шинянского. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 616 с.
10. Фотиев М.М. Электроприводы и электрооборудование металлургических цехов: Учебн. 3-е изд. - М.: Металлургия. 1990. - 352 с.
12. Фотиев М.М. Электрооборудование прокатных и трубных станов. - М.: Металлургия, 1995. - 256 с.
13. Попович М.Г. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.

14. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства: Учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 1987. - 312 с.
15. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 416 с.
16. АСУ листопрокатных станов. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Васичкин В.И. и др. М.: Металлургия, 1994. 334 с.
17. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для ВУЗов. □ Л.: Энергоиздат. Ленинградское отд-ние, 1982.—392 с., ил.
18. Бригиневи́ч Б.В., Голованов А.К. На́ладка тиристорных электроприводов с раздельным управлением. □ М.: Энергоатомиздат, 1991 152 с.: ил.
18. Зеленев А.Б. Выбор мощности электропривода механизмов прокатных станов. Учеб. пособие для вузов. – К.: УМК ВО, 1990. – 200 с.
19. Ісаєв М.Г. Грабовський Г.Г. Математичні моделі і алгоритми керування в АСК ТП товстолистових прокатних станів К.: Техніка, 2001. 248 с.
20. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. □ М.: Энергоатомиздат, 1998. 704 с.: ил.
21. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник/ И.Х. Евзев, А.С. Горобец, Б.И. Мошкович и др.; Под ред. канд. техн. наук В.М. Перельмутера. М.: Энергоатомиздат, 1988. 319 с.: ил.
22. Перельмутер В.М. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока. – Х.: Основа, 2004 – 210 с.
23. Перельмутер В.М., Сидоренко В.А. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока. □ М.: Энергоатомиздат, 1988. 304 с., ил.
24. Півняк Г.Г., Бешта О.С. Тулуб С.Б. Цифрова ідентифікація парамет-

рів електромеханічних систем в задачах енерго- і ресурсозбереження: Монографія/ За ред. акад. Г.Г.Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004. – 197 с.

25. Решмин Б.И., Ямпольский Д.С. Проектирование и наладка систем подчиненного регулирования электроприводов. М., "Энергия", 1975. – 184 с.

26. Тирсторные электроприводы прокатных станов / В.М. Перельмутер, Ю.Н. Брауде, Д.Я. Перчик, М.М. Книгин. Металлургия, 1978. 152 с.: ил.

27. Бешта О.С., Балахонцев О.В., Бородай В.А. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ, 2010.