

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 Власова Юрія Вікторовича

(ПІБ)

академічної групи ЕТФ -141-18ск-3

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup> Електропривод, мехатроніка та робототехніка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Головний електропривод горизонтальної кліті стана 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 Власову Ю.В академічної групи ЕТФ -141-18ск-3  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації<sup>1</sup> Електропривод, мехатроніка та робототехніка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Головний електропривод горизонтальної кліти стана 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічна частина	Характеристика механізму клітей № 2і 3та їх кінематична схема	07.06.2021
Автоматизований електропривод	Розрахунок потужності та вибір електродвигуна	07.06.2021
Охорона праці	Розрахунок захисного заземлення	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)

## РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі розглянув та, описав технологію прокатки стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш». Провів і розрахував вибір електродвигуна, описав охорону праці на підприємстві та виконав економічні рохрахунки.

Тема моєї кваліфікаційної роботи: «Головний електропривод горизонтальної кліті стана 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш». Робота складається с чотирьох розділів: технологія прокатки, розрахунок потужності та вибір електродвигуна, охорона праці, економічна частина.

В першому розділі описав технологічні процеси на підприємстві.

У спеціальній частині роботи я розписав розрахунок та вибрав відповідний електродвигун.

В розділі Охорона праці я зазначив основні вимоги до техніки безпеки на підприємстві, провів розрахунок захисного заземлення та описав засоби пожежної безпеки.

У розділі економіки провів розрахунки щодо витрат підприємства на капітальні роботи, заробітну платню та вігідність даних заходів.

## **ABSTRACT**

In the qualification work I considered and described the rolling technology of the mill 400 LLC "Dniprof mash". I conducted and calculated the choice of electric motor, described labor protection at the enterprise and performed economic calculations.

The topic of my qualification work: The main electric drive of the horizontal stand is 400 LLC "Dniprof mash". The work consists of four sections: rolling technology, power calculation and selection of electric motor, labor protection, economic part.

In the first section he described the technological processes at the enterprise.

In a special part of the work, I painted the calculation and chose the appropriate electric motor.

In the section on labor protection, I mentioned the basic requirements for safety at the enterprise, calculated the protective grounding and described the means of fire safety.

In the section of economics, he calculated the company's costs for capital works, wages and the profitability of these measures. and described the rolling technology of the mill 400 LLC Dniprof mash. Conducted and calculated the choice of electric motor, described labor protection at the enterprise and performed economic calculations.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	11
1.1. Прокат на ТОВ НВО «Дніпрофмаш» .....	11
1.2. Опис технологічного процесу стана «400» .....	11
1.3. Робочий механізм .....	15
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА .....	20
2.1. Розрахунок статичних моментів і вибір двигуна .....	20
2.2. Розрахунок параметрів механічної системи приводу .....	24
2.3. Вибір тиристорного перетворювача для живлення двигуна .....	26
2.4. Вибір згладжуючого реактора.....	28
2.5. Вибір тиристорного збудження двигуна .....	30
2.6. Вибір трансформатора для живлення тиристорного збудника .....	30
2.7. Параметри обмотки збудження двигуна .....	31
2.8. Параметри тиристорного збудника.....	32
2.9. Параметри силового кола обмотки збудження .....	33
2.10. Розрахунок параметрів силового кола. Параметри тиристорного перетворювача якірного кола. ....	33
2.11. Параметри схеми «Тиристориний перетворювач – еквівалентний двигун».....	34
2.12. Розрахунок параметрів тиристорного перетворювача якоря для схеми «Тиристориний перетворювач – еквівалентний двигун».....	36
2.13. Область роботи та граничні характеристики схеми «тиристорний перетворювач – еквівалентний двигун».....	37
3. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	41
3.1. Загальні вимоги.....	41
3.2. Техніка безпеки.....	49
3.3. Розрахунок захисного заземлення .....	53
3.4. Пожежна безпека .....	53
4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	54
Вступ .....	54
4.1. Розрахунок капітальних витрат .....	54
4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат .....	60
4.3. Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	61

4.4. Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	61
4.5. Розрахунок вартості спожитої електроенергії .....	62
4.6. Визначення інших витрат .....	63
ВИСНОВОК .....	64
ЛІТЕРАТУРА .....	65

## ВСТУП

Виробництво металу має певне значення у розвитку народного господарства і зростаючого достатку людей. Від подальшого поступу металургії значною мірою залежить забезпечення металом машинобудування, транспорту, сільського господарства й інших сфер народного господарства. Технологічний процес одержання готового прокату є завершальною стадією металургійного виробництва. Через прокатні цехи проходить майже вся сталь, виплавлена в сталеплавильних цехах, тому зі збільшенням прокату існує проблема підвищення ефективності прокатного виробництва та якості готового продукту.

Науково-виробниче об'єднання «Дніпрофмаш» є багатoproфільним підприємством в області прокатного виробництва. НВО «Дніпрофмаш» виготовляє малотоннажні партії сталевих квадратних труб і прямокутних труб. Освоєно виробництво ряду профілів дрібних перетинів, стрічки сталевий площення середньої міцності, квадратної і шпонкової сталі. НВО «Дніпрофмаш» виконує проектування, виготовлення і ремонт дрібносоротно-середньосортних станів для прокатки сортових і фасонних профілів, гнутих профілів і профільних труб, спеціального прокатно-волочильного устаткування. Розробляє технологічну документацію на пусковий сортамент прокату для нових прокатних станів.

Прокат – це вид обробки, при якому заготовка обтискується обертовими валками прокатного стану. Метал при прокатуванні деформується на невеликій ділянці, що називається зоною деформації.

Прокатний стан – це сукупність приводу, шестеренної кліти, одній або кількох робочих клітей. Прокатні стани класифікують за трьома основними ознаками: за кількістю і розташування валків; за кількістю і розташування робочих клітей; за призначенням.

Залежно від кількості і розташування валків в кліті стан поділяють на двохвалкові, трьохвалкові, чотирьохвалкові, багато валкові та універсальні.

Стани двохвалкові мають робочі кліті із двома валками з їх постійним напрямом обертання. Смуга між валками минає раз. Реверсивні двохвалкові стани мають змінний напрям обертання валків для проходження металу між валками кілька разів (блюмінги, слябінги).

Стани трьохвалкові мають у своїй робочій кліті три прокатних вала з їх постійним напрямом обертання, розташованих на одній вертикальній площині. Для завдання прокатної смуги між верхнім та середнім валками служать підйомно-хитні столи, установлені з одного чи обох сторін кліті. До цього типу станів відносять сортові лінійні стани.

Стани чотирьохвалкові мають у своїй робочій кліті чотири валка лише у вертикальній площині. Два валка меншого діаметра є робочими, два валка більшого діаметра є опорними. Ці стани застосовують при гарячій і холодній прокатці листової і смугової сталі.

Багато валкові стани (шести-, дванадцяти- і двадцятивалкові) широко застосовують останні роки. Завдяки малому діаметру валків (10...30 мм) і великій жорсткості робочої кліті дозволяють катати найтоншу стрічку. Робочі валки цих станів без приводні, вони спираються на цілий ряд приводних валків, які у своє чергу спираються на цілий ряд опорних валків. Така схема забезпечує практично повну відсутність прогину робочих валків.

Універсальні стани застосовують при прокатці широкосмугової сталі, листів, і слябів. Метал в універсальних станах обтискається горизонтальними і вертикальними валками; останні забезпечують отримання рівних і гладких крайок прокату. Універсальні балочні стани застосовують при прокатці балок заввишки до 1000 мм. Вертикальні валки робочих клітей цих станів є не приводними і розташовуються між опорами підшипників горизонтальних валків на одній площині із ними.

За призначенням стани поділяють на обтискні, заготівельні, сортові, смугові, листові, трубопрокатні і стани спеціального призначення.

До обтискних станів відносять блюмінги і слябінги – великі стани з валками діаметром 800...1500 мм для прокатки заготівель масою 3...28 т і



більше. Ці заготівлі є вихідним матеріалом для великосортних і листових станів.

Заготівельні стани мають валки діаметром 450...850 мм. Цими станами прокочують блюми в заготівлі менших розмірів (>60x60...>150X150 мм), щоб одержати потім сортову сталь і дріт. Найбільш досконалими станами є безперервні заготівельні стани, встановлені безпосередньо за блюмінгами, і стани радіально-сдвигової деформації. Застосовують також заготівельні стани лінійного типу.

Сортові стани залежно від розмірів та призначення виробів поділяють на рельсобалочні з валками діаметром 750...900 мм для прокатки залізничних рейок, балок, швелерів та інших великих профілів; великосортні з валками діаметром 500...750 мм; середньосортні з валками діаметром 350...450 мм; дрібносортні з валками діаметром 250...325 мм; дотові з діаметром валків 150...250 мм.

Розташування робочих клітей сортових станів може побут різним. У сортовому стані лінійного типу всі кліті перебувають у одній чи кількох лініях. Суттєвим недоліком цих станів є однакова частота обертання валків у всіх клітях даної лінії, як наслідок не можна прокочувати метал зі швидкістю, зростаючій зі збільшенням довжини смуги.

Дуже досконалі безперервні сортові стани. Робочі кліті в цих станах розташовуються послідовно одна за одною. Швидкість прокатки смуги у міру зниження її перерізу збільшується. На безперервних станах можна досягнути дуже високою продуктивності за повної виключення ручної праці. Завдяки автоматизації цих станів можна використовувати швидкість прокатки 60...80 м/с і більше.

Смугові стани є безперервними, вони призначені для прокатки стрічок і штрипсових заготовок для зварних труб.

Дротові стани прокочують дріт (катанку) завтовшки 5...10 мм. Сучасні дротові стани будують безперервними з блоками чистових клітей.

Листові стани для гарячої прокатки листової сталі завтовшки 1,2...60 мм мають валки довжиною 800...5000 мм. Товстолистова сталь шириною 1000...2500 мм прокочують на безперервних і напівбезперервних широкосмугових станах. Листові стани для холодної прокатки аркушів завтовшки 0,05...4 мм мають валки довжиною 700...2800 мм. При холодній прокатці тонкої стрічки зі сталі різних марок і кольорових металів широко застосовують чотирьох-, дванадцяти- і двадцятивалкові стани, і навіть чотирьох- і п'яти клітьові безперервні чотирьохвалкові стани.

Трубопрокатні стани призначені для безшовних сталевих труб. Процес прокатки безшовних труб складається з двох операцій: отримання злитка чи заготовлі товстостінної гільзи, і наступного розкочування цієї гільзи в трубу заданого діаметра. Для виробництва зварних труб найбільше застосування отримали безперервні стани, у яких сталеві труби виготовляють електрозварюванням.

До станів спеціального призначення відносять бандажі, колесопрокатні, шаропрокатні та інших.

На НВО «Дніпрофмаш» діє служба якості, яка забезпечує вхідний технологічний і вихідний контроль показників якості заготовок і готової продукції.

Фахівцями підприємства здійснюється безперервний контроль якості роботи, відповідність технічної документації, дотримання технології виготовлення.

Це дозволяє постійно удосконалювати технологію і оперативно враховувати вимоги споживачів, що змінюються.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є аналіз роботи технологічного процесу і модернізація головного електроприводу горизонтальної кліті безперервно-заготівельного стану. Кваліфікаційна робота розроблена на основі завдання на дипломне проектування і звіту з переддипломної практики.

# **1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА**

## **1.1 Прокатка на ТОВ НВО «Дніпрофмаш»**

Науково-виробниче об'єднання «Дніпрофмаш» є багатопрофільним підприємством в області прокатного виробництва. НВО «Дніпрофмаш» виготовляє малотоннажні партії сталевих квадратних труб і прямокутних труб. Освоєно виробництво ряду профілів дрібних перетинів, стрічки сталевий площення середньої міцності, квадратної і шпонкової сталі. НВО «Дніпрофмаш» виконує проектування, виготовлення і ремонт дрібносоротно-середньосортних станів для прокатки сортових і фасонних профілів, гнутих профілів і профільних труб, спеціального прокатно-волочильного устаткування. Розробляє технологічну документацію на пусковий сортамент прокату для нових прокатних станів.

## **1.2 Опис технологічного процесу стану “400”**

Проектне завдання комплексної механізації й автоматизації ТОВ «Дніпрофмаш», яке було розроблене в 1990 році, в якому передбачалося будівництво напівбезперервного середньосортного стану “400”.

Сортопрокатний цех (стан “400”) було побудовано по останньому слову досягнень науки і техніки на даний період для подібного типу станів. Технічне обладнання стану було поставлено згідно договору з Німеччиною. Підйомно-транспортне обладнання, за винятком кранів складу заготовок, обладнання допоміжних служб стану, нагрівальних печей, комунікацій води, газу, пара, повітря було виготовлено за проектами українських проектних організацій.

Напівбезперервний середньосортний стан “400” призначений для прокату вуглецевих, низьколегованих марок сталі, приведених в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Марки сталі, які прокатуються на стані “400”

№ пп	Марки сталі	ДСТУ
1	Вуглецева сталь	ДСТУ 380-71; 5521-76
2	Конструктивна сталь	ДСТУ 1054-74
3	Низьколегована сталь	ДСТУ 19281-73
4	Легована сталь	ДСТУ 4543-71

Стан постачається заготовкою з трубозаготівельного стану рейкобалкового цеху. За допомогою електромостового крану (4 штуки) до складу поступають заготовки і складуються на завантажувальні штахети, які перекладають їх на транспортний рольганг для подальшої передачі заготовок до печей. В печі заготовки штовхаються рейковим штовхачем. Нагріті в печі заготовки видаються по одній на рольганг за печами.

Перед першою кліттю є ричажно-кривошипні ножиці гарячої різки №53 після кліті В2 і кривошипно-ексцентрикові ножиці №54 після кліті №14, на яких в разі необхідності зрізують передній кінець заготовки та розрізають заготовку пополам.

Порізана заготовка, в залежності від профілю, прокатується на всіх чотирнадцятьох клітях, які розташовані в три лінії паралельно становому прольоту. В першій безперервній лінії розташовано вісім клітей (чорнова група), в другій – дві кліті (проміжні) і в третій – чотири кліті (чистова група). Безперервна лінія прокату характеризується тим, що прокатка металу здійснюється одночасно у віх клітях цієї лінії і метал проходить в одному напрямку при одночасному обтиску його в кожній робочій кліті.

Передача розкатів з однієї безперервної лінії прокатки в наступну проводиться обвідними апаратами і шлеперами. На стані “400” використовуються кліті з вертикально та горизонтально розміщеними валками. Характерною особливістю стана є індивідуальний привід кожної робочої кліті від електродвигуна з широкими межами регулювання швидкості обертання, отже, точного встановлення швидкості прокату для кожної кліті та забезпечення відсутності пружності полози в останніх клітях, що усуває обрив полози при прокатці і створює безпеку персоналу, який обслуговує чистові кліті. Максимальна швидкість прокатки чистової кліті до 15 м/с. Завдяки такій швидкості температура металу не встигає сильно понизитись і прокатка проходить при високій середній температурі. Виготовляється прокат високої якості, підвищується термін служби валків і знижуються витрати електроенергії.

Чистова група (кліті 1,2,3,4) складається з двох клітей із горизонтальним розташуванням валків (кліті 2 і 4) і двох клітей з вертикально розташованими валками (кліті 1 і 3). Метал, який підлягає прокатці, подається до двох валків, котрі обертаються зустрічно один одному. При наближенні до валків метал захвачується і обтикаються ними, в результаті чого зменшується переріз, головним чином за рахунок збільшення довжини металу, так як ширина не значно збільшується при прокатці.

Після четвертої кліті полоса транспортується по рольгангу на холодильник для подальшої її обробки. Холодильник рейкового типу, двосекційний, довжиною 90 метрів. Охолоджені полоси скидаються з холодильника на рольганг, по якому вони подаються до правильної машини. Ділянка правильних машин має дві лінії – праву та ліву. Розправлені транспортуються під ножиці холодної різки, які встановлено по двоє на праву та ліву лінії. Розрізані на мірні довжини полоси пакетами транспортуються до навантажувальних та укладальних ліній. Придатний

метал кранами та передавальним візком транспортується на ділянку готової продукції. Метал, який підлягає відправці на експорт, подається в прольоти оздоби, де він проходить додаткову обробку на окремо розташованих оздоблювальних агрегатах.

У 2000 році на стані “400” додатково було встановлено кліті В1 та В2. В результаті проведеної реконструкції стало можливим вести прокатку металу великого перерізу (160 мм<sup>2</sup>), що привело до збільшення продуктивності стану.

Сортамент профілів, які прокатуються на стані “400” згідно з ДСТУ і ТУ, приведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Сортамент профілів, які прокатуються на стані “400”

№ пп.	Профіль. розмір	ДСТУ або ТУ
1	Сталь кругла, діаметр 36-65мм	ДСТУ 2590-71
2	Сталь кутова рівнополочна, 45x45x90x90 і нерівнополочна 75x50 товщиною полки 5-8мм 75x50 товщиною полки 56-36мм полки 5мм	ДСТУ 8509-72 ДСТУ 8510-72 ТУ 14-2-443-81 ТУ 14-2-285-77 ТУ 14-1-3023-80
3	Швелер №10	ДСТУ 8240-72; ТУ 14-2-230-76 ТУ 14-1-3023-80
4	Балка двотаврова	ДСТУ 8339-72
5	Арматурна сталь №32,36,40	ДСТУ 5781-82
6	Сталь кутова спеціальна 80x80x10мм	ТУ 14-230-16-73

### 1.3 Робочий механізм

Прокатна кліть складається з наступних механізмів (рисунок 1.1):

- кліть - 11 - робоча частина, складається з 2 валків горизонтального виду, створених для обтиску сплаву потрібного калібру;
- шпинделі - 9 - створені для передачі обертання від шестерній кліті валків, що прикріплюються і до валців і до шестерній кліті шарнірами;
- шестеренна кліть - 8 - створена для передачі обертання 2 валкам. Являє собою зубчасту передачу з шестерень схожого діаметру, розміщується в замкнутій коробці.
- редуктор - 13 - призначений для того, щоб при малій швидкості прокатки можливо було використовувати двигун з підвищеною номінальною швидкістю.

На рисунку 1.1 приведена кінематична схема механізму прокатної кліті.

Основні параметри механізму кліті:

- діаметр муфти – 750 мм;
- довжина муфти – 550 мм;
- діаметр вала між двигуном і редуктором – 300 мм;
- довжина вала – 6800 мм;
- діаметр малої шестерні редуктора – 400 мм ;
- довжина малої шестерні редуктора – 500 мм;
- діаметр великої шестерні редуктора – 600 мм ;
- довжина великої шестерні редуктора – 500 мм ;
- діаметр шестерні шестерінчастої кліті – 600 мм ;
- довжина вала шестерінчастої кліті – 1100 мм;
- діаметр шпинделя – 450 мм;
- довжина шпинделя - 1300 мм;
- діаметр бочки валка – 580 мм;
- довжина бочки – 800 мм.

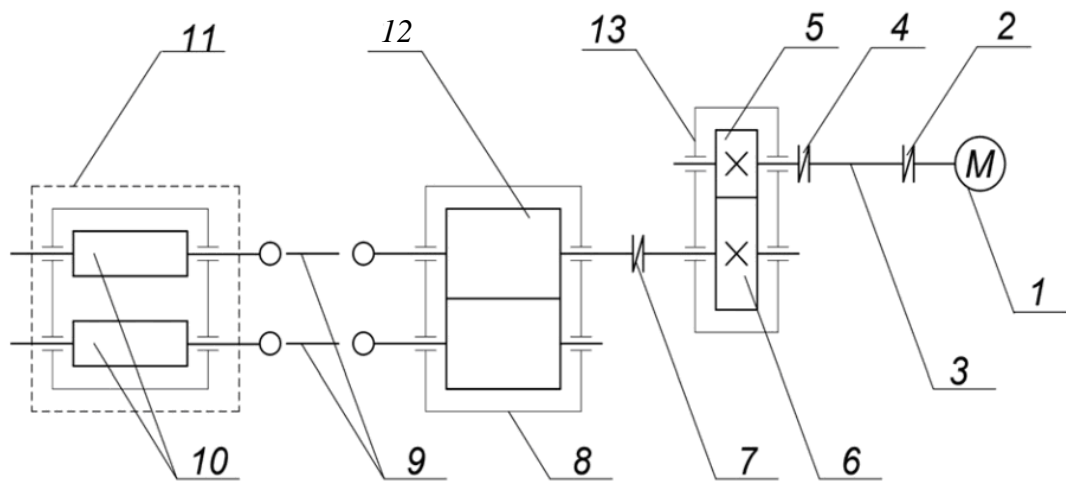


Рисунок 1.1 – Кінематична схема механізму прокатної кліті:

- 1 – електродвигун; 2, 4, 7 – муфти; 3 – вал; 5 – швидкохідна шестерня редуктора; 6 - тихохідна шестерня редуктора; 8 – шестерінчаста кліть; 9 – шпинделі; 10 – прокатні валки; 11 – кліть; 12 - шестерні шестерінчастої кліті; 13 – редуктор

Вибір типу роду струму і виду електроприводу виконується виходячи з декількох умов, що висуваються з режиму роботи робочого механізму.

Найбільш поширеним типом електроприводу змінного струму вважається електропривод з короткозамкненим асинхронним двигуном,

Частотне регулювання швидкості електроприводів змінного струму з короткозамкненим асинхронними двигунами знаходить все найбільше застосування в різних областях техніки.

Найбільш широко використовуються методи регулювання швидкості двигуна, пов'язані зі зміною швидкості обертання електричного поля статора. Знаходять застосування 2 основні методи регулювання швидкості обертання електричного поля: перемикання числа пар полюсів і регулювання частоти напруги статора двигуна.

Перетворення змінної напруги мережі живлення в змінну напругу з регульованою частотою, напругою і струмом здійснюють перетворювачі



частоти. В даний час перетворювачі частоти виконуються на базі силових напівпровідникових ключів.

За характером взаємодії з мережею живлення перетворювачі частоти на напівпровідникових елементах поділяються на 2 великі класи:

- перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком;
- перетворювачі частоти з ланкою постійного струму.

Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму поділяються на:

- автономні інвертори струму (АІС);
- автономні інвертори напруги (АІН).

У складі автономні інвертори містять випрямляч, силовий фільтр і інвертор, що перетворює постійну напруга (струм) в змінну напругу (струм) заданої частоти.

Перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком.

Перевагами таких перетворювачів частоти вважаються:

- одноразове перетворення енергії, значний ККД перетворювача;
- можливість проходження реактивної потужностей як від мережі до навантаження, так і навпаки;
- можливість отримання напруги живлення двигуна при відсутності гармонік з частотами, кратними частоті живильної мережі.

Недоліки:

- складність системи керування. Велика кількість тиристорів вимагає більшої кількості систем імпульсно-фазового керування;
- коефіцієнт потужності перетворювача значно менше одиниці ( $\cos\varphi \approx 0,15$ );
- значне спотворення форми напруги мережі живлення;
- труднощі отримання частот, близьких до частоти мережі живлення.

Для нульовою схеми найбільша частота вихідної напруги звичайно обмежується  $f_{1\max}=16$  Гц. Перехід до мостовій схемі розширює робочий діапазон до  $f_{1\max}=25$  Гц.

Тому асинхронні електроприводи з безпосередніми перетворювачами частоти використовуються для без редукторних електроприводів середньої і малої потужності.

Автономні інвертори струму.

Основні переваги перетворювачів частоти з автономними інверторами струму:

- можливість рекуперації енергії в мережу;
- близька до синусоїдальної вихідна напруга;
- безаварійність режиму короткого замикання в навантаженні.

Недоліки:

- обмеження вихідної частоти на рівні 100-125 Гц;
- комутаційні перенапруги на тиристорах призводять до ускладнення силової схеми;
- неможливість роботи на велике навантаження;
- значні габарити і індуктивність фільтра.

Автономні інвертори напруги.

Переваги інвертора напруги:

- лінійність вихідний вольт амперної характеристики;
- можливість досягнення значних меж регулювання частоти;
- можливість роботи, як з одним двигуном, так і з групою двигунів.

Недоліки:

- велика ємність електролітичного конденсатора фільтра. Ємність конденсатора повинна бути більше 1000 мкФ на кожен кВт встановленої потужності двигуна;
- потужності іверторів напруги порівняно невеликі 3 - 1500 кВт · А;
- складність забезпечення рекуперації електричної енергії в мережу в гальмівних режимах.

Для електроприводу використовується двигун постійного струму, що має наступні переваги:

- підвищена перевантажувальна здатність, що досягає 2,5 - кратної величини (у асинхронних двигунів не перевищує 2,25 - кратної величини);
- малий момент інерції;
- електричне гальмування двигунів постійного струму здійснюється простіше і досягає кращого ефекту, ніж гальмування асинхронного двигуна;
- можливість регулювання швидкості в широких межах;
- пристрої керування на постійному струмі простіше і надійніше в використанні, ніж пристрої керування на змінному струмі.

Для живлення двигуна постійного струму застосовуються системи керування:

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

Коротко розглянемо переваги і недоліки і виберемо найбільш підходящий регульований випрямляч.

Система генератор - двигун (Г-Д), що дозволяє плавно регулювати швидкість двигуна і фактично не вносить спотворень (перешкод) в мережу живлення, має значну встановлену потужність електродвигунів, низькій ККД, значні габарити і масу. Крім того, дана система вимагає великої кількості комутаційної апаратури.

Система транзисторний перетворювач - двигун не дивлячись на простоту керування транзисторами (транзистор - абсолютно керований елемент) і високий ККД (до 0,98%), незважаючи на те, що її використання обмежене потужністю елементної бази (транзисторів).

Система тиристорний перетворювач - двигун (ТП-Д) має високий ККД перетворювача (до 0,98%), найменшу потужність встановленого обладнання, недоступність рухомих частин, невеликі габарити і масу, безшумність в роботі, високий рівень автоматизації, значний термін роботи.

Проаналізувавши можливі варіанти і зіставивши їх з вимогами, приходимо до вимоги використання електроприводу прокатної кліти системи тиристорний перетворювач - двигун.

## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок статичних моментів і вибір двигуна

Розрахунок потужності електродвигуна здійснюємо по методиці, наведеної в [1]. В таблицю 2.1 заносимо основні технологічні дані, потрібні для розрахунку.

Таблиця 2.1 – Формуляр для розрахунку потужності двигуна за кривими питомих витрат енергії

N зп	Технічні дані	Понач.	Од.вим.	Значення
1	2	3	4	5
	Розміри вихідної заготовки			
1.	Маса	m	т	10
2.	Ширина	b	мм	127
3.	Висота	h	м	172
	Розміри кінцевого профілю			
4.	Товщина	$h_k$	мм	103
5.	Ширина	$b_k$	мм	103
6.	Довжина	$l_k$	м	60
	Розміри після кліти			
7.	Товщина до проходу	$h_0$	мм	127
8.	Товщина після проходу	$h_1$	мм	103
9.	Довжина після проходу	l	м	60
10.	Час проходу	T	с	31
11.	Питома витрата енергії за прохід	W	кВт·год/т	2,4
12.	Момент холостого ходу	$M_{xx}$	Н·м	$10,6 \cdot 10^3$
13.	Маховий момент механізму, приведений до вала привідного двигуна	$GD^2_{м.прив}$	кГ·м <sup>2</sup>	3199
14.	Окружна швидкість валків	V	м/с	4,1
15.	Передавальне число редуктора	$i_{ред}$	-	1,83
16.	ККД редуктора	$\eta_{ред}$	-	0,93
17.	Тривалість циклу прокатки	$t_{ц}$	с	40

Визначимо момент прокатки

$$M_n = 10^5 \cdot \frac{m \cdot D \cdot W \cdot g}{1} = 10 \cdot \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 0,58 \cdot 2,4 \cdot 9,81}{60} = 227,6 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $D=0,58$  – діаметр валка, м;

$W=2,4$  – питома витрата енергії при  $L=2,05$  кВт·год/т;

$$L = \frac{b \cdot h}{b_k \cdot h_k} = 2,05 \text{ - витяжка.}$$

Знаходимо спільний момент з урахуванням моментів тертя в механізмі

$$M = M_n + M_{xx} = 227,6 \cdot 10^3 + 10,6 \cdot 10^3 = 238,2 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо середньоквадратичний момент

$$M_{ck} = \sqrt{\frac{M_n^2 \cdot t + M_{x.x.}^2}{t_{ц}}} = \sqrt{\frac{(227,6 \cdot 10^3)^2 \cdot 31 + (10,6 \cdot 10^3)^2 \cdot 9}{40}} = 200,4 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Відношення спільного моменту до середньоквадратичного

$$\frac{M}{M_{ck}} = \frac{238,2 \cdot 10^3}{200,4 \cdot 10^3} = 1,189.$$

Потужність, що споживається на валках

$$P_{сп} = \frac{M_{ck} \cdot n_b}{0,975} = \frac{200,4 \cdot 10^3 \cdot 135}{0,975} = 2774,8 \text{ кВт}.$$

Швидкість обертання валків

$$n_b = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 4,1}{\pi \cdot 0,58} = 135 \text{ об/хв}.$$

Частота обертання двигуна

$$n_{дв.розр.} = n_b \cdot i_{ред} = 135 \cdot 1,83 = 247 \text{ об/хв}.$$

Потужність двигуна, що споживається

$$P_{\text{дв.розр}} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{ред}}} = \frac{2774,8}{0,93} = 2983,6 \text{ кВт.}$$

За отриманими розрахунковим параметрам двигуна  $P_{\text{дв.розр}}=2983,6$  кВт;  
 $n_{\text{дв.розр}}=247$  об/хв, обираємо двигун типу П2-21/33-3,15. Довідкові і  
 розрахункові параметри електродвигуна наведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Параметри електродвигуна П2-21/33-3,15

Найменування	Позначення, розрахункова формула	Числове значення
1	2	3
1. Паспортні параметри		
Номінальна потужність, кВт	$P_{\text{дв.ном}}$	3150
Номінальна напруга, В	$U_{\text{дв.н}}$	930
Номінальний струм, А	$I_{\text{дв.н}}$	3620
Номінальна частота обертання, об/хв	$n_{\text{дв.н}}$	315
Максимальна частота обертання, об/хв	$n_{\text{дв.макс}}$	500
Перевантаження за струмом	$\lambda_{\text{дв}} = I_{\text{макс}} / I_{\text{н}}$	2,25
Номінальна напруга збудження, В	$U_{\text{зб.н}}$	220
Номінальний струм збудження, А	$I_{\text{зб.н}}$	53
Число пар полюсів	$2p$	14
Число витків обмотки збудження на полюс	$W_{\text{в}}$	201
Номінальний потік збудження, Вб	$\Phi_{\text{н}}$	0,115
		0,00317
Опір обмотки якоря, Ом	$R_{\text{я } 15^{\circ}\text{C}}$	0,000662
Опір обмотки додаткових полюсів, Ом	$R_{\text{дп } 15^{\circ}\text{C}}$	0,0028
Опір компенсаційної обмотки, Ом	$R_{\text{ко } 15^{\circ}}$	2,35
Опір обмотки збудження, Ом	$R_{\text{зб } 15^{\circ}}$	20500
Маховий момент, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$	$GD_{\text{дв}}^2$	(2-5)
Припустима величина пульсацій струма якоря, %	$p(I) \%$	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
<b>2. Розрахункові параметри</b>		
Опір якірного кола двигуна нагрітий, Ом	$R_{дв.наг} = 1,38 \cdot (R_{я 15^\circ C} + R_{дп 15^\circ C} + R_{ко 15^\circ C})$	0,00915
Номінальна кутова швидкість, рад/с	$\omega_{дв.н} = \frac{\pi \cdot n_{дв.н}}{30}$	32,98
Максимальна кутова швидкість, рад/с	$\omega_{дв.макс} = \frac{\pi \cdot n_{дв.макс}}{30}$	52,36
Індуктивність якірного кола, Гн	$L_{дв} = 0,1 \frac{U_{дв.н}}{p \cdot I_{дв.н} \cdot \omega_{дв.н}}$	$0,111 \cdot 10^{-3}$
Коефіцієнт ЕРС, (В·с)/рад і електромагнітного моменту, (Н·м)/А	$k\Phi_n = c = \frac{U_n - I_n \cdot R_{дв.наг}}{\omega_{дв.н}}$	27,19
Конструктивний коефіцієнт двигуна	k	236
Номінальна ЕРС двигуна, В	$E_{дв.н} = c \cdot \omega_{дв.н} + I_{дв.н} \cdot R_{дв.наг}$	929,85
Номінальний момент, Н·м	$M_{дв.н} = \frac{P_{дв.н}}{\omega_{дв.н}}$	95512,4
Електромагнітний момент, що відповідає номінальному струму, Н·м	$M_{ем.н} = c \cdot I_{дв.н}$	98427,8
Момент тертя на валу двигуна, Н·м	$M_{с.дв} = M_{ем.н} - M_{дв.н}$	2915,4
Момент інерції, кг·м <sup>2</sup>	$J_{дв} = \frac{GD_{дв}^2}{4}$	5125
Максимальний припустимий струм двигуна, А	$I_{дв.макс} = I_{дв.н} \cdot \lambda_{дв}$	8145
Мінімальний потік збудження, Вб	$\Phi_{мін} = \frac{\omega_{дв.н}}{\omega_{дв.макс}} \cdot \Phi_n$	0,072

частота обертання валків при номінальній частоті обертання двигуна

$$n_{вал} = \frac{n_{дв.н}}{i_{ред}} = \frac{315}{1,83} = 172,13 \text{ об/хв,}$$

Або

$$\omega_{вал} = \frac{\pi}{30} \cdot n_{вал} = \frac{\pi}{30} \cdot 172,13 = 18,016 \text{ рад/с}$$

Лінійна швидкість прокатки при номінальній швидкості двигуна

$$V_{\text{валк}} = R_{\text{валк}} \cdot \omega_{\text{валк}} = 0,29 \cdot 18,016 = 5,225 \text{ м/с},$$

де  $R_{\text{валк}}=0,29$  – радіус бочки валка, м.

Частота обертання валків при максимальній частоті обертання двигуна в режимі ослаблення поля

$$n_{\text{вал.макс}} = \frac{n_{\text{дв.макс}}}{i_{\text{ред}}} = \frac{500}{1,83} = 273,22 \text{ об/хв},$$

або

$$\omega_{\text{вал.макс}} = \frac{\pi}{30} \cdot n_{\text{вал.макс}} = \frac{\pi}{30} \cdot 273,22 = 28,6 \text{ рад/с}.$$

Лінійна швидкість прокатки при максимальній швидкості двигуна

$$V_{\text{валк.макс}} = R_{\text{валк}} \cdot \omega_{\text{валк.макс}} = 0,29 \cdot 28,6 = 8,29 \text{ м/с}.$$

## 2.2 Розрахунок параметрів механічної системи приводу

Загальний вигляд кліті з груповим приводом валків представлений на рисунку 1.2. Момент наведений інерції механізму

$$J_{\text{м.прив}} = \frac{GD_{\text{м.прив}}^2}{4} = \frac{3190}{4} = 797,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$





## 2.3 Вибір тиристорного перетворювача для живлення двигуна

Тиристорний перетворювач вибирається за наступними умовами.

– Номинальна випрямлена напруга перетворювача повинна бути більше або дорівнювати номінальній напрузі двигуна

$$U_{dn} \geq U_{дв.н.} = 930 \text{ В}$$

– Номінальний струм перетворювача повинен бути більше або дорівнювати номінальному струму двигуна

$$I_{dn} \geq I_{дв.н.} = 3620 \text{ А}$$

Якщо тривалість перегрузки перетворювача більше або дорівнює тривалості перегрузки двигуна, то струм допустимої перегрузки перетворювача повинен бути більше або дорівнювати струму допустимої перегрузки двигуна

$$I_{d \max} \geq I_{дв. \max} = 8145 \text{ А}$$

Обираю перетворювач типу КТЕ-4000/930-0111 с такими параметрами:

– номінальна випрямлена напруга перетворювача

$$U_{dn} = 1050 \text{ В};$$

– номінальний струм перетворювача

$$I_{dn} = 2 \cdot 2000 = 4000 \text{ А};$$

– струм допустимої перегрузки перетворювача

$$I_{d \max} = 2,25 \cdot 4000 = 9000 \text{ А}.$$

Тиристорний перетворювач виконаний по 12-пульсній схемі приведений на рисунку 2.2 та включає в себе дві трифазні мостові схеми випрямлення, що ввімкнені паралельно. Мости будуть отримувати живлення від вторичних обмоток трансформатора. Також будуть використані індуктивні делителі для того, щоб забезпечити рівномірну загрузку мостів струмом. Для цього будуть застосовані згладжуючі реактори L1 та L2.

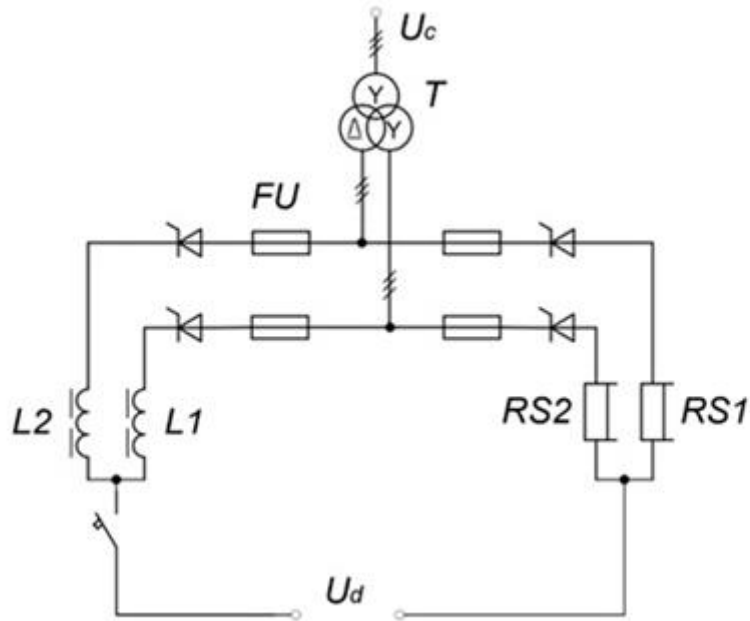


Рисунок 2.2 Однолінійна схема силової частини неререверсивного електропривода

Максимальна випрямлена ЕДС при куті керування  $\alpha=0$ , для еквівалентної схеми.

$$E_{d0(12)} = k_{cx} \cdot U_{2\text{лн}} = 1,398 \cdot 900 = 1258,3 \text{ В}$$

де  $k_{cx} = \frac{\sqrt{2} \cdot m_E}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{m_E}\right) = \frac{\sqrt{2} \cdot 12}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{12}\right) = 1,398$  – коефіцієнт схеми;

$m_E = 12$  – число пульсів керуемого випрямляча або перетворювача.

Індуктивність силового кола перетворювача для однієї групи вентилів

$$L_{mn} = 2 \cdot L_{\text{тр.}\phi} = 2 \cdot 0,066 \cdot 10^{-3} = 0,132 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Повний опір трансформатора

$$Z_{\text{тр.}\phi} = \frac{U_{\text{кз}} \cdot U_{2\text{фн}}}{100 \cdot I_{2\text{фн}}} = \frac{6,6 \cdot 519,6}{100 \cdot 1633} = 0,021 \text{ Ом}$$

Активний опір обмотки фази трансформатора

$$R_{\text{тр.}\phi} = \frac{P_{\text{кз}}}{n \cdot m_2 \cdot I_{2\text{фн}}^2} = \frac{44000}{2 \cdot 3 \cdot 1633^2} = 2,75 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$$

де  $m_2 = 3$  – кількість фаз;

$n = 2$  – кількість вторинних обмоток.

Індуктивний опір обмотки фази трансформатора

$$X_{\text{тр.ф}} = \sqrt{Z_{\text{тр.ф}}^2 - R_{\text{тр.ф}}^2} = \sqrt{0,021^2 - 0,00275^2} = 0,0208 \text{ Ом}$$

Індуктивність обмотки фази трансформатора

$$L_{\text{тр.ф}} = \frac{X_{\text{тр.ф}}}{\omega_c} = \frac{0,0208}{314} = 0,066 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

## 2.4 Вибір згладжуючого реактора

Згладжуючий реактор додається до кола для покращення використання двигуна та його характеристик. При виборі реактора застосовані дві умови, а саме обмеження зони преривістого струму та обмеження пульсацій струму.

Розраховую величину індуктивності згладжуючого дроселя за умови обмеження зони преривістих струмів.

$$L_{\text{кн1}} = \frac{E_{d0(12)} \cdot k_{\text{тр.макс}}}{\omega_c \cdot I_{d.\text{гр.макс}}} = \frac{1258,2 \cdot 0,02295}{314 \cdot 350} = 0,26 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$\text{де } k_{\text{тр.макс}} = \left(1 - \frac{\pi}{m_r} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{m_r}\right) \cdot \sin 90^\circ = \left(1 - \frac{\pi}{12} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{12}\right) \cdot 1 = 0,02295$$

-максимальний граничний коефіцієнт

$$\omega_c = 314 \text{ с}^{-1} \text{ – кутова частота мережі живлення при частоті } f_c = 50 \text{ Гц}$$

$$I_{d.\text{гр.макс}} \leq I_{\text{дв.х.х}} = \frac{M_{\text{х.х}}}{M_{\text{дв.н}}} \cdot I_{\text{дв.н}} = \frac{10600}{95521,4} \cdot 3620 = 401,75 \text{ А}$$

- начально-непреривний струм, значення якого можна знайти з умови.

$$I_{d.\text{гр.макс}} = 350 \text{ А}; I_{\text{дв.х.х}} \text{ – ток двигуна холостого ходу.}$$

У такому разі індуктивність згладжуючого реактора в колі окремого моста буде вирахована за умовою:

$$0,5L_{\text{др}} = L_{\text{кн1}} - 0,5L_{\text{мн}} - L_{\text{дв}} = 0,26 \cdot 10^{-3} - 0,066 \cdot 10^{-3} - 0,111 \cdot 10^{-3} = 0,0824 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$L_{\text{др}} = 2 \cdot 0,0824 \cdot 10^{-3} = 0,1648 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Знаходжу величину індуктивності згладжуючого дроселя з умови обмеження величини пульсацій випрямленого струму:

$$L_{\text{кн2}} = \frac{E_{d(1)\text{макс}} \cdot 100}{m_n \cdot \omega_c \cdot p(1)\% \cdot I_d} = \frac{149,338 \cdot 100}{12 \cdot 314 \cdot 5 \cdot 3620} = 0,2737 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$\text{де } E_{d(1)\text{макс}} = \frac{E_{d0(12)} \cdot m_n \cdot \sqrt{2}}{(m_n^2 - 1)} = \frac{1258,3 \cdot 12 \cdot \sqrt{2}}{(12^2 - 1)} = 149,33 \text{ В} - \text{значення першої}$$

гармоніки пульсацій випрямленої напруги при куті керування  $\alpha=90^\circ$ ;

$p(1)\%$  - допустиме значення першої гармоніки випрямленого струму у відсотках,  $p(1)\% = (2 - 7)\%$ , приймаємо  $p(1)\% = 4$ .

Тоді індуктивність згладжуючого реактора буде знайдена з умови

$$0,5L_{\text{др}} = L_{\text{кн2}} - 0,5L_{\text{мн}} - L_{\text{дв}} = 0,2737 \cdot 10^{-3} - 0,066 \cdot 10^{-3} - 0,111 \cdot 10^{-3} = 0,096 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$L_{\text{др}} = 2 \cdot 0,096 \cdot 10^{-3} = 0,192 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

За умовою , що дана схема паралельного підключення мостів лише приближено відповідає 12-пульсній схемі випрямлення, вибираємо два згладжуючих реактора по одному для кожної групи вентелів типу СРОЗ, перегрузочна здатність яких  $\lambda_{\text{др}} = 2$ . В такому разі номінальний струм реактора знаходиться за умовою

$$I_{\text{др.н}} \geq \frac{\lambda_{\text{др}} \cdot I_{\text{дв.н}}}{2 \cdot \lambda_{\text{др}}} = \frac{2,25 \cdot 3620}{2 \cdot 2} = 2036,25 \text{ А}$$

Обираємо згладжуючі реактори типу СРОСЗ-1250М з параметрами:

$$\text{Номінальний струм } I_{\text{н.др}} = 2500 \text{ А};$$

$$\text{Індуктивність } L_{\text{н.др}} = 0,32 \cdot 10^{-3} \text{ Гн};$$

$$\text{Втрати міді при номінальному струмі } \Delta P_{\text{др}} = 2800 \text{ Вт}$$

Опір згладжуючого реактора

$$R_{\text{др}} = \frac{\Delta P_{\text{др}}}{I_{\text{др.н}}^2} = \frac{2800}{2500^2} = 0,448 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$$

## 2.5 Вибір тиристорного збуджувача двигуна

Оберемо комплектний збудник для керування збудженням двигуна.

- Номінальна випрямлена напруга перетворювача повинна бути більше чи дорівнювати номінальній напрузі збудження двигуна

$$U_{dn} \geq U_{BH} = 220 \text{ В}$$

- Номінальний струм перетворювача повинен бути більше або дорівнювати номінальному струму збудження двигуна

$$I_{dn} \geq I_{BH} = 53 \text{ А}$$

- Якщо тривалість перегрузки перетворювача більше або дорівнює тривалості перегрузки двигуна, то струм допустимої перегрузки перетворювача повинен бути більше або дорівнювати струму допустимої перегрузки двигуна

$$I_{d \max} \geq I_{B. \max} = 2,25 \cdot 53 = 119,25 \text{ А}$$

Обираємо комплектний збудник для керування по збудженню типу КТЕВ-100/230-0011 з параметрами:

$$\text{Номінальна випрямлена напруга перетворювача } U_{dn} = 230 \text{ В}$$

$$\text{Номінальний струм перетворювача } I_{dn} = 100 \text{ А}$$

$$\text{Струм допустимої перегрузки перетворювача } I_{d \max} = 225 \text{ А}$$

## 2.6 Вибір трансформатора для живлення тиристорного збудника

За тими ж умовами оберемо трифазний трансформатор ТСЗП-25/0,7.

Параметри вентильної обмотки:

$$\text{Номінальна лінійна напруга для вторинної обмотки } U_{2л} = 205 \text{ В}$$

$$\text{Номінальний лінійний струм вторинної обмотки } I_{2л} = 82 \text{ А}$$

Параметри трансформатора:

$$\text{Напруга наскрізного короткого замикання } U_{кз} = 5,5\%$$

$$\text{Втрати короткого замикання } P_{кз} = 1100 \text{ Вт}$$

Розрахунок параметрів трансформатора зубника.

Номинальна фазна напруга вторинної обмотки

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

Номинальний струм фази вторинної обмотки

$$I_{2\text{фн}} = I_{2\text{лн}} = 82 \text{ А}$$

Повний опір трансформатора

$$Z_{\text{тр.ф}} = \frac{U_{\text{кз}} \cdot U_{2\text{фн}}}{100 \cdot I_{2\text{фн}}} = \frac{5,5 \cdot 118,357}{100 \cdot 82} = 0,0794 \text{ Ом}$$

Активний опір обмотки фази трансформатора

$$R_{\text{тр.ф}} = \frac{P_{\text{кз}}}{m_2 \cdot I_{2\text{фн}}^2} = \frac{1100}{3 \cdot 82^2} = 0,0545 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір обмотки фази трансформатора

$$X_{\text{тр.ф}} = \sqrt{Z_{\text{тр.ф}}^2 - R_{\text{тр.ф}}^2} = \sqrt{0,0794^2 - 0,0545^2} = 0,05774 \text{ Ом}$$

Індуктивність обмотки фази трансформатора

$$L_{\text{тр.ф}} = \frac{X_{\text{тр.ф}}}{\omega_c} = \frac{0,05774}{314} = 0,184 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

## 2.7 Параметри обмотки збудження двигуна

Опір обмотки збудження при робочій температурі.

$$R_{\text{в.гор}} = 1,38 \cdot R_{\text{в}} = 1,38 \cdot 2,35 = 3,24 \text{ Ом}$$

Усереднене значення індуктивності основного потоку на робочій ділянці

$$L_{\text{в}} = 2p \cdot W_{\text{в}} \frac{\Delta\Phi}{\Delta I_{\text{в}}} = 14 \cdot 201 \cdot \frac{0,043}{34} = 3,56 \text{ Гн}$$

$$\text{де } \Delta\Phi = \Phi_{\text{н}} - \Phi_{\text{мін}} = 0,115 - 0,075 = 0,043 \text{ Вб}$$

– різниця номінального та мінімального значення потоку збудження;

$$\Delta I_{\text{в}} = I_{\text{вн}} - I_{\text{в.мін}} = 53 - 19 = 34 \text{ А}$$

– різниця номінального та мінімального значення струму збудження;

$I_{B, \text{МИН}} = 19 \text{ А}$  – мінімальний струм збудження.

Індуктивність потоку розсіювання

$$L_s = 2p \cdot W_B \frac{\Phi_H \cdot (\sigma - 1)}{I_{r, H}} = 14 \cdot 201 \cdot \frac{0,115 \cdot (1,18 - 1)}{53} = 1,1 \text{ Гн}$$

## 2.8 Параметри тиристорного збудника

Активний опір силового кола перетворювача збудника

$$R_{\text{ТПВ}} = 2 \cdot R_{\text{тр.ф}} + R_K = 2 \cdot 0,0545 + 0,055 = 0,164 \text{ Ом}$$

де  $R_K = \frac{m_B \cdot X_{\text{тр.ф}}}{2 \cdot \pi} = \frac{6 \cdot 0,05774}{2 \cdot \pi} = 0,055 \text{ Ом}$  – опір комутації анодних струмів

Індуктивність силового кола перетворювача збудника

$$L_{\text{ТПВ}} = 2 \cdot L_{\text{тр.ф}} = 2 \cdot 0,184 \cdot 10^{-3} = 0,368 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Коефіцієнт посилення перетворювача

$$k_{\text{ТПВ}} = k_{\text{СУ,ТПВ}} \cdot k_{\text{УВ}} = 10 \cdot 4,83 = 48,3$$

де  $k_{\text{СУ,ТПВ}} = 10 \text{ град/В}$  – коефіцієнт передачі СІФУ з лінійною опорною напругою;

$$k_{\text{УВ}} = \frac{\pi \cdot E_{d0}}{180} = \frac{\pi \cdot 276,86}{180} = 4,83 \text{ В/град}$$

- коефіцієнт передачі керуемого випрямляча

$$E_{d0} = \frac{U_{2\phi}}{\sqrt{3} \cdot k_{\text{У2}}} = \frac{205}{\sqrt{3} \cdot 0,428} = 276,86 \text{ В}$$

- максимальная випрямлена ЕДС при кути керування  $\alpha=0$ ;

$k_{\text{У2}} = 0,428$  – коефіцієнт схеми випрямлення за напругою.

Постійна часу перетворювача

$$T_{\text{ТПВ}} = \frac{0,5}{m_r \cdot f_c} = \frac{0,5}{6 \cdot 50} = 0,00167 \text{ с}$$



## 2.9 Параметри силового кола обмотки збудження

Опір кола обмотки збудження

$$R_{\text{цв}} = R_{\text{тпв}} + R_{\text{в,гор}} = 0,164 + 3,24 = 3,404 \text{ Ом}$$

Постійна часу основного потоку

$$T_{\text{в}} = \frac{L_{\text{в}}}{R_{\text{цв}}} = \frac{3,56}{3,404} = 1,05 \text{ с}$$

Постійна часу потоку розсіяння

$$T_{\text{с}} = \frac{L_{\text{тпв}} + L_{\text{с}}}{R_{\text{цв}}} = \frac{0,368 \cdot 10^{-3} + 1,1}{3,404} = 0,323 \text{ с}$$

Постійна часу вихрових струмів

$$T_{\text{к}} = 0,1 \cdot T_{\text{в}} = 0,1 \cdot 1,05 = 0,105 \text{ с}$$

Значення мінімального кута керування перетворювачем збудження

$$\alpha_{\text{мин}} \leq \arccos \frac{I_{\text{в,н}} \cdot R_{\text{цв}}}{k_{\text{ис,мин}} \cdot E_{\text{д0}}} = \arccos \frac{53 \cdot 3,404}{0,85 \cdot 276,86} = 39,95^\circ$$

Приймаємо  $\alpha_{\text{мин}} = 30^\circ$ .

## 2.10 Розрахунок параметрів силового кола. Параметри тиристорного перетворювача якірного кола.

Схема заміщення складається з двох нереверсивних тиристорних перетворювачів, що з'єднані паралельно. Параметри керованого випрямляча:

Опір

$$R_{\text{ув}} = 2 \cdot R_{\text{тр,ф}} + R_{\text{к}} = 2 \cdot 2,75 \cdot 10^{-3} + 0,0198 = 0,0253 \text{ Ом}$$

$$\text{де } R_{\text{к}} = \frac{m_{\text{в}} \cdot X_{\text{тр,ф}}}{2 \cdot \pi} = \frac{6 \cdot 0,0208}{2 \cdot \pi} = 0,0198 \text{ Ом} \text{ – опір від комутації струмів}$$

вентелів;

Індуктивність

$$L_{\text{ув}} = 2 \cdot L_{\text{тр,ф}} = 2 \cdot 0,066 \cdot 10^{-3} = 0,132 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

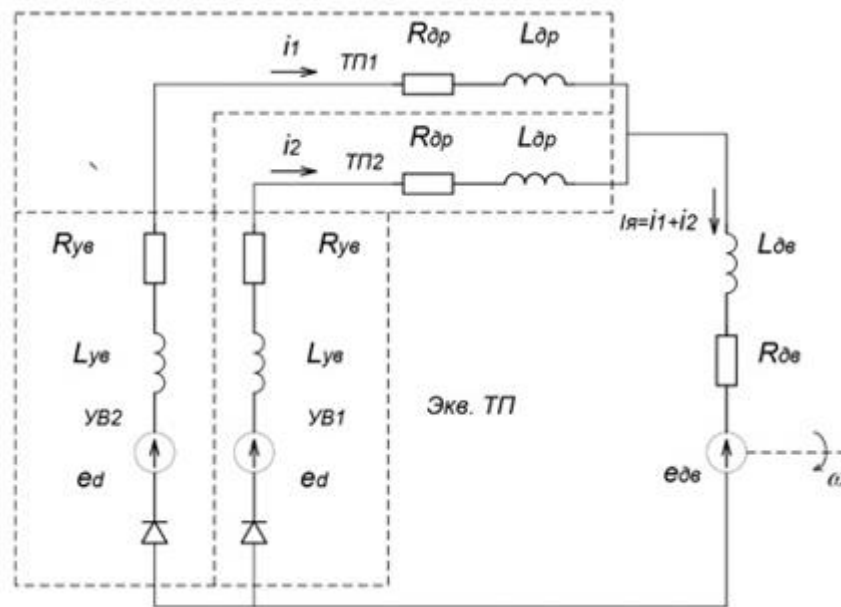


Рисунок 2.3 Схема заміщення для паралельно ввімкнених тиристорних перетворювачів, що працюють на один двигун

### 2.11 Параметри схеми «Тиристориний перетворювач – еквівалентний двигун»

Перетворимо схему в дві схеми «Тиристориний перетворювач – еквівалентний двигун».

Схема «Тиристориний перетворювач – еквівалентний двигун» використовується для розрахунку електромеханічних характеристик електроприводу та при оптимізації контурів струму.

Опір та індуктивність тиристорного перетворювача:

$$R_{\text{ТП}} = R_{\text{УВ}} + R_{\text{ДР}} = 0,0253 + 0,448 \cdot 10^{-3} = 0,02575 \text{ Ом}$$

$$L_{\text{ТП}} = L_{\text{УВ}} + L_{\text{ДР}} = 0,132 \cdot 10^{-3} + 0,32 \cdot 10^{-3} = 0,452 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

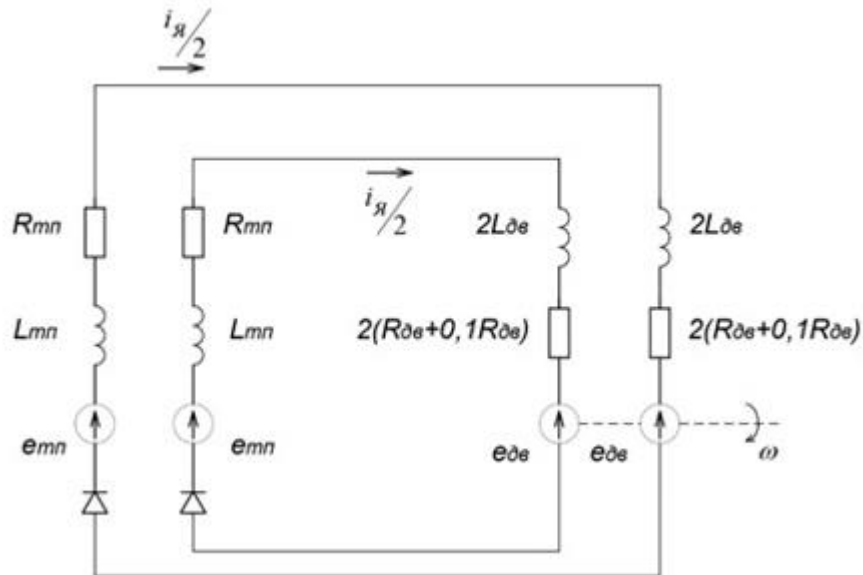


Рисунок 2.4 Схема заміщення: дві системи «Тиристорний перетворювач – еквівалентний двигун»

Опір та індуктивність якірного кола:

$$R_{яц} = R_{тп} + 2 \cdot (R_{дф} + 0,1R_{дф}) = 0,02575 + 2 \cdot (0,00915 + 0,1 \cdot 0,00915) = 0,046 \text{ Ом}$$

$$L_{яц} = L_{тп} + 2 \cdot L_{дф} = 0,452 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0,11 \cdot 10^{-3} = 0,674 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Постійна часу перетворювача

$$T_{тп} = \frac{0,5}{m_r \cdot f_c} = \frac{0,5}{12 \cdot 50} = 0,000833 \text{ с}$$

Постійна часу якірного кола

$$T_{яц} = \frac{L_{яц}}{R_{яц}} = \frac{0,674 \cdot 10^{-3}}{0,046} = 0,0146 \text{ с}$$

Електромеханічна постійна часу

$$T_m = \frac{J_z \cdot R_{яц}}{c^2} = \frac{5922,5 \cdot 0,023}{27,19^2} = 0,1843 \text{ с}$$

Розраховуємо відношення

$$\frac{T_m}{T_{яц}} = \frac{0,1843}{0,0146} = 12,62$$

Значення, отримане з даного виразу підтвержує слабкий вплив електромеханічних процесів на електромагнітні.

## 2.12 Розрахунок параметрів тиристорного перетворювача якоря для схеми «Тиристорний перетворювач – еквівалентний двигун»

Середньовипрямлена ЕДС перетворювача при куті  $\alpha = 0^\circ$

$$E_{d0} = k_{U2л} \cdot U_{2лн} = 1,351 \cdot 900 = 1215,9 \text{ В}$$

Коефіцієнт усилення перетворювача

$$k_{тп\lambda} = k_{су.тп} \cdot k_{ув} = 10 \cdot 21,95 = 197,55$$

де  $k_{су.тп} \geq \frac{\Delta\alpha}{U_{уп.макс}} = \frac{90}{10} = 9$  град/в – коефіцієнт передачі СІФУ з лінійною напругою;  $\Delta\alpha = 90^\circ$  – діапазон зміни кута керування в випрямленому режимі;  $U_{уп.макс} = 10$  В – максимальна напруга керування;

$$k_{ув} = \frac{\pi \cdot E_{d0(12)}}{180} = \frac{\pi \cdot 1258,3}{180} = 21,95 \text{ В/град}$$

- коефіцієнт передачі керуемого випрямляча.

Коефіцієнт передачі комірки згодження на вході СІФУ

$$k_{у0} = 2U_{0пмакс} \cdot \frac{\Delta\alpha}{180 \cdot U_{упмакс}} = 8 \cdot \frac{90}{180 \cdot 10} = 0,4$$

де  $2U_{0пмакс} = 8$  В – максимальний розмах опорної напруги на вході перетворювача.

Для того, щоб розрахувати області існування електромеханічних характеристик розомкненої системи електропривода перетворюємо вихідну схему в схему «еквівалентний тиристорний перетворювач – двигун».

Розраховуем параметри схеми.

$$R_{тпе} = \frac{R_{тп}}{2} + R_{дв} + 0,1 \cdot R_{дв} = \frac{0,02575}{2} + 0,00915 + 0,1 \cdot 0,00915 = 0,02294 \text{ Ом}$$

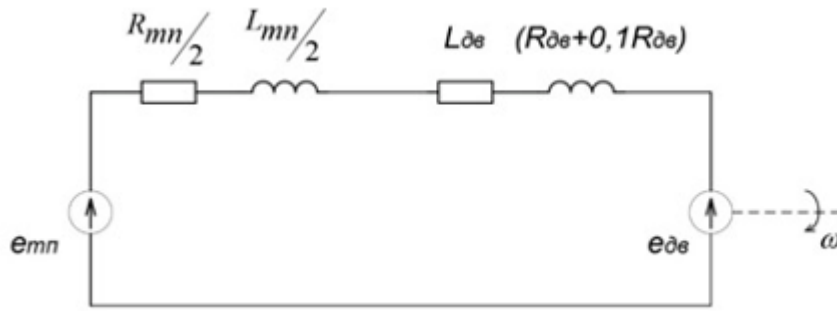


Рисунок 2.5 Схема заміщення «еквівалентний тиристорний перетворювач – двигун»

Індуктивність еквівалентного тиристорного перетворювача

$$L_{\text{тпе}} = \frac{L_{\text{тп}}}{2} + L_{\text{дв}} = \frac{0,452 \cdot 10^{-3}}{2} + 0,111 \cdot 10^{-3} = 0,337 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Середньовипрямлена ЕРС при кути керування  $\alpha = 0^\circ$

$$E_{d0(12)} = k_{cx} \cdot U_{2\text{лн}} = 1,398 \cdot 900 = 1258,3 \text{ В}$$

Опір та індуктивність якірного кола:

$$R_{\text{яц}} = \frac{R_{\text{тп}}}{2} + R_{\text{дв.гор}} + 0,1 \cdot R_{\text{дв.гор}} = \frac{0,02575}{2} + 0,00915 + 0,1 \cdot 0,00915 = 0,02294 \text{ Ом}$$

$$L_{\text{яц}} = \frac{L_{\text{тп}}}{2} + L_{\text{дв}} = \frac{0,452 \cdot 10^{-3}}{2} + 0,111 \cdot 10^{-3} = 0,337 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

### 2.13 Область роботи та граничні характеристики схеми «тиристорний перетворювач – еквівалентний двигун»

Швидкість обертання валу електродвигуна:

$$\omega = \frac{E_d - I_d \cdot R_{\text{яц}} - \Delta U_{\text{в}}}{c},$$

де  $E_d = E_{d0} \cdot \cos(\alpha)$  - середнє значення випрямленої ЕДС у режимі неперивного струму;

$\alpha$  – кут включення тиристора, що починає вирахуватися від точки природньої комутації;

$\Delta U_{\text{в}}$  – пряме спадання напруги в тиристорі.

Необхідно провести ряд перетворень для отримання відповідної швидкості обертання валу двигуна, після чого отримаємо вираження для знаходження кута керування в функції швидкості:

$$\alpha(\omega) = \arccos\left(\frac{\omega \cdot c + I_d \cdot R_{ял} + \Delta U_e}{E_{d0}}\right)$$

Використовуємо підсумковий вираз для побудови електромеханічних характеристик в зоні неперервного струму:

$$\omega(I) = \frac{E_{d0} \cdot \cos(\alpha(\omega)) - I \cdot R_{ял} - \Delta U_e}{c}$$

Характеристики мають лінійний характер, але в області малих навантажень з'являється зона переривчастого струму. Чим більше кут  $\alpha$ , тим більше зона.

Тож величина граничного струму залежить від кута  $\alpha$  та параметрів схеми.

Проведемо розрахунок та побудуємо характеристики в зоні переривистих струмів. Для цього знайдемо кут відкривання, вимірний від початку позитивної полухвилі синусоїди фазної ЕДС:

$$\theta_0(\alpha) = \frac{180}{\pi} \cdot \left( \alpha(\omega) + \left( \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m_e} \right) \right)$$

Значення ЕРС у відносних одиницях в залежності від кута керування  $\alpha$  в зоні переривчастих струмів.

$$e(\alpha) = \cos\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \frac{\sin\left(\left(\theta_0(\alpha) - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \sin\left(\left(\theta_0(\alpha) + \lambda - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot e^{\frac{\lambda \cdot \pi}{180} \cot\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}{1 - e^{\frac{\lambda \cdot \pi}{180} \cot\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}$$

де вугол  $\lambda = \frac{2 \cdot 180}{m_e} = 60 \text{ град}$  – кут провідності тиристорів;

$\theta$  – кут відставання струму в якорі від напруги. Обумовлений наявністю в колі якоря індуктивності  $L_{яц}$ .

Кут  $\theta$  можливо знайти за вираженням:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\omega_0 \cdot L_{яц}}{R_{яц}}\right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

Значення струму у відносних одиницях в зоні переривчастих струмів:

$$i(\alpha) = \frac{m_e}{2 \cdot \pi} \left( \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \cos\left((\lambda + \theta_0(\alpha)) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot e_{sp}(\alpha) \right)$$

Характеристики режиму переривчастого струму можливо побудувати в абсолютних одиницях  $\omega = f(I)$  за наступним виразом:

$$\omega(\alpha) = e(\alpha) \frac{\sqrt{2} \cdot U_n \cdot \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} - \frac{\pi}{2}\right) - \Delta U_e}{c}$$

$$I(\alpha) = i(\alpha) \frac{\sqrt{2} \cdot U_n \cdot \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} - \frac{\pi}{2}\right)}{R_{яц}}$$

Якщо в приведених виразах задати кут відкриття тиристорів  $\alpha$  (в діапазоні  $0 \dots 180$ ) та кут провідності  $\lambda$  ( $0 \dots 60$ ), то отримаємо електромеханічні характеристики в зоні переривчастих струмів.

Електромеханічні характеристики системи КВ-Д побудовані в програмі MathCad та показані на рисунку 2.6:

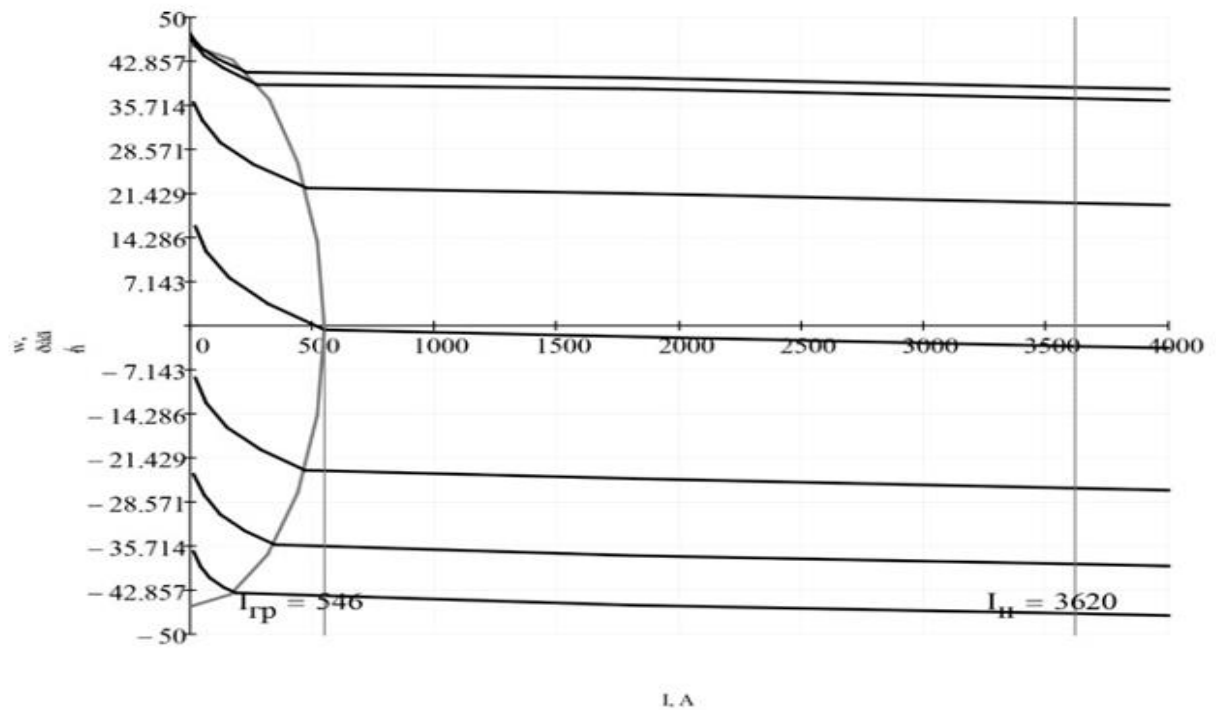


Рисунок 2.6 Електромеханічні характеристики системи КВ-Д з роздільним керування.

Для отримання граничної характеристики можливо використати вираженням для швидкості та струму в зоні переривистого струму, задаючи кут  $\lambda = 60$  град за змінити кут керування  $\alpha$ .

Як видно з графіків рисунка 2.7 відношення  $\frac{I_{дгрmax}}{I_{дн}} = \frac{546}{3620} = 0,15$ , що є задовільним.

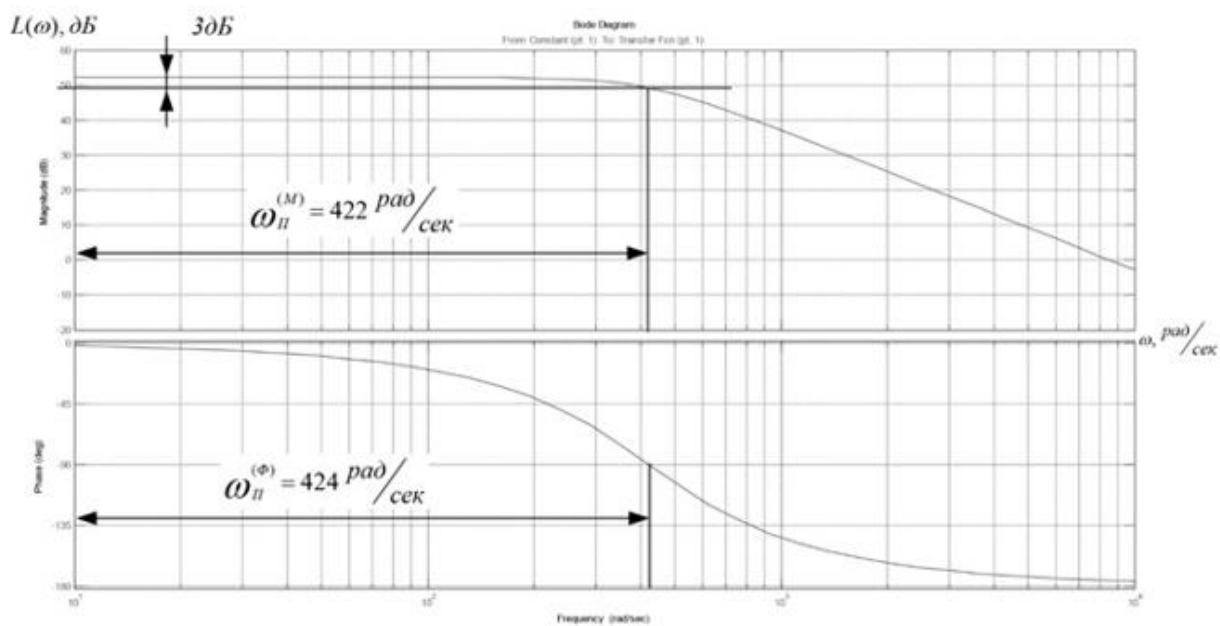


Рисунок 2.7 Логарифмічні частотні характеристики замкнутого контура струму



## **3 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **3.1 Загальні вимоги**

3.1.1. Експлуатація прокатних станів повинна відповідати вимогам ГОСТ 12.2.094-83.

3.1.2. Щоб уникнути аварійних ситуацій на прокатних станах необхідна установка автоматизованих систем контролю за роботою основного механічного та електричного обладнання з використанням електронно-обчислювальних машин.

3.1.3. На станах, що будуються регулювання зазору між валками повинно бути механізовано. Ручне регулювання зазору між валками повинно здійснюватися відповідно до вимог інструкції з охорони праці, розробленою та затвердженою на підприємстві з дотриманням вимог НПАОП 0.00-4.15-98 (z0226-98). Головний пост управління прокатним станом повинен мати переговорний зв'язок і сигналізацію з машинним залом і з постами управління допоміжних агрегатів.

3.1.4. Пуск стана повинен здійснюватися після подачі двох відповідних звукових сигналів і одночасно світлової сигналізації, добре чути і видно на всіх робочих місцях стана та на його допоміжних агрегатах.

3.1.5. До подачі сигналу про пуск стана уповноважена особа зобов'язана перевірити справність стану, всіх його огорожувальних і запобіжних пристроїв.

Розпорядження про пуск стана може бути дано тільки після узгодження з відповідною посадовою особою та після виведення працівників з устаткування стану.

Забороняється пуск зламаного стана, а також при наявності несправностей огорожувальних і запобіжних пристроїв.

Дозвіл про пуск стана може дати тільки відповідальна посадова особа, котра управляє прокаткою.

3.1.6. Для попередження травмування працівників прокатних станів необхідно щомісячно проводити змащення підшипників і муфт шпинделів, суворо дотримуватися режиму нагрівання злиwkів і заготовок відповідно до інструкцій підприємств-виробників обладнання. Чи не дозволяється подавати для прокатки нерівномірно прогріті заготовки та зливки.

Не дозволяється застосовувати вивідні проводки без бокових лінійок.

У процесі прокатки необхідно стежити за станом кінця заготовки, що подається в кліть. При незадовільному стані кінець заготовки повинен бути обрізаний. При неможливості обрізання бракованого кінця заготовка не повинна допускатися до прокату.

Замір профілю прокочується металу при роботі табору виробляти тільки дистанційно, за допомогою відповідних вимірювальних приладів.

3.1.7. Всі сполучні шпинделя, муфти та корінні вали прокатних станів повинні захищатися заготованими або суцільними щитами або кожухами не тільки з боків, а й зверху. На великосортних і високошвидкісних станах запобіжні кожухи повинні витримувати удари шматків муфт, які розірвалися. Шпинделі блюмінгів і слябінгів повинні захищатися щільним бар'єром з обладнанням майданчика з поручнями для зручності обслуговування.

3.1.8. Непрацюючі калібри валків повинні бути закриті щитами. Перевірку калібрів, зазору між валками, а також положення проводок потрібно проводити за допомогою відповідних пристроїв. Забороняється проводити ремонт стана під час його роботи.

3.1.9. На дрібносортних безперервних і лінійних станах, на відповідних рольгангах стану необхідно встановлювати борти потрібної висоти, а рольганги огорожувати високими бортами.

3.1.10. На дрібносортних станах лінійного типу робочі місця необхідно огорожувати запобіжними стінками.

3.1.11. На велико-і середньосортного станах лінійного типу прокатне поле мають бути огорожені суцільними бортами з ухилом в бік заготовки висотою, на 200 мм перевищує висоту самого прокочується профілю.

3.1.12. Для захисту від відлітають під час прокату часток окалини, осколків металу і бризок шлаку перед валками на станині необхідно влаштувати надійні сітчасті щити чи щільні ланцюгові завіси, а вздовж лінії стану, проти прорізу в станині робочих рольгангів, - знімні щити з густої міцної сітки. Проміжок між валками з боку, протилежного з'єднувальному шпинделя, закривається запобіжним щитом.

3.1.13. На прокатних станах при наявності гідравлічного зрівноважування середнього валка проміжки між траверсою приводу і станиною кліті повинні бути закриті огорожувальними щитами, що виключають можливість попадання працівників між траверсою і станиною.

3.1.14. Для забезпечення умов безпеки в процесі прокатки повинна бути справна привалкова арматура (напрямні коробки з пробілами, вивідні проводки, проводкою столи, лінійки і т.д.). Вступні коробки сортових станів повинні бути без бічних регулюють болтів.

3.1.15. При ручному подачі металу в валки кліщі вальцювальників повинні відповідати сортаменту металу, що прокочується і бути в справному стані. Для охолодження кліщів близько станів повинні бути встановлені ємності з проточною водою, температура якої не повинна перевищувати 45 град.

3.1.16. Настил підлоги в місцях прокатки і прибирання металу від лінійного стану повинен бути рівним і виготовленим з негорючих матеріалів.

У місцях, де знаходяться вальцювальники, стель не повинна бути слизькою.

Ці Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» (далі - Гігієнічна класифікація праці) спрямовані на гігієнічну оцінку умов та характеру праці на робочих місцях працівників та застосовуються на підприємствах, в установах, організаціях усіх форм власності у випадках, передбачених законодавством.

Ця Гігієнічна класифікація праці базується на принципі диференціації оцінок умов праці залежно від фактично визначених рівнів впливу факторів виробничого середовища і трудового процесу та з урахуванням їх можливої шкідливої дії на здоров'я працівників.

Робота в умовах перевищення гігієнічних нормативів (3 клас) дозволена тільки за умови застосування засобів колективного та індивідуального захисту і скорочення часу дії шкідливих виробничих факторів (захист часом).

Робота в небезпечних умовах праці (4 клас) не дозволяється, за винятком ліквідації аварій, проведення екстрених робіт для попередження аварійних ситуацій. Така робота виконується із застосуванням засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та за умови регламентованих режимів робіт.

Результати досліджень (вимірювань) та гігієнічної оцінки умов праці, проведених з використанням критеріїв цієї Гігієнічної класифікації праці, можуть бути використані:

- закладами охорони здоров'я, які надають медичну допомогу працівникам, проводять медичні огляди працівників, установлюють зв'язок захворювань з умовами праці;
- спеціалізованими підрозділами психофізіологічної експертизи;
- вищими медичними навчальними закладами III-IV рівнів акредитації та закладами післядипломної освіти (кафедрами гігієни та курсами професійних захворювань);
- роботодавцями для розробки заходів щодо покращення умов праці та профілактики шкідливого впливу на організм працюючих;
- працівниками (з метою отримання інформації про умови праці на їх робочих місцях як при влаштуванні на роботу, так і в процесі трудової діяльності);
- органами соціального та медичного страхування в тих випадках, коли тарифи відрахувань залежать від ступеня шкідливості та небезпечності умов праці та завданої шкоди здоров'ю.

Для окремих видів виробництв, робіт, професій, які мають окремо виражену специфіку професійної діяльності (робота в підземних спорудах, підземних умовах, вахтові режими праці тощо), за критеріями цієї Гігієнічної класифікації праці можуть визначатись відповідні показники гігієнічної оцінки умов праці згідно з нормативно-методичною документацією.

У цій Гігієнічній класифікації праці терміни вживаються у таких значеннях:

- безпечні умови праці - стан умов праці, за якого вплив на працівників шкідливих та небезпечних виробничих факторів усунуто або їх рівні не перевищують граничнодопустимих значень;
- виробничо обумовлені захворювання - захворювання різноманітної етіології (переважно поліетіологічні), що мають тенденцію до зростання при збільшенні стажу роботи в несприятливих умовах праці та перевищують таку в професійних групах, що не контактують зі шкідливими факторами;
- гігієнічний норматив - рівень шкідливих виробничих факторів, який при щоденній (крім вихідних днів) 8-годинній роботі (але не більше 40 годин на тиждень протягом усього робочого стажу) не повинен викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я. Дотримання гігієнічних нормативів не виключає порушень стану здоров'я осіб з підвищеною чутливістю (зниженою резистентністю);
- граничнодопустима концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони (далі - ГДКр.з.) - концентрація речовини, яка за умов регламентованої тривалості її щоденної дії при 8-годинній роботі (але не більше ніж 40 годин протягом тижня) не повинна викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я, які можуть бути діагностовані сучасними методами досліджень протягом трудового стажу працівників. ГДКр.з. встановлюються для речовин, що здатні чинити шкідливий вплив на організм працівників при інгаляційному надходженні. Залежно від особливостей дії на організм шкідливих

речовин для них встановлюються такі ГДКр.з.: максимальна разова та середньозмінна;

- граничнодопустима максимальна разова концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони (далі - ГДКр.з.м.р.) - максимальне регламентоване значення концентрації речовини у повітрі робочої зони для будь-якого 15-хвилинного (30-хвилинного для аерозолів речовин переважно фіброгенної дії) відрізка часу робочої зміни. Концентрація речовини, що дорівнює ГДКр.з.м.р., не повинна діяти безперервно більше 15 хвилин та повторюватись на цьому рівні протягом робочої зміни більше ніж 4 рази з інтервалами не менше 1 години;
- граничнодопустима середньозмінна концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони (далі - ГДКр.з.сз.) - регламентоване значення концентрації шкідливої речовини у повітрі робочої зони для відрізка часу, що дорівнює 75% робочої зміни (але не більше ніж 8 годин), за умов дотримання ГДКр.з.м.р. ГДКр.з.сз. встановлюється для речовин, для яких характерні кумулятивні властивості (речовини хроноконцентраційної дії);
- експозиція - кількісна характеристика інтенсивності та тривалості дії шкідливого фактора;
- захист часом - зменшення впливу шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу на працівників шляхом обмеження часу їх дії: введення внутрішньозмінних перерв, скорочення робочого дня, збільшення тривалості щорічної відпустки;
- небезпечний виробничий фактор - фактор середовища і трудового процесу, що може бути причиною гострого захворювання (отруєння), раптового різкого погіршення здоров'я або смерті;
- постійне робоче місце - місце, де працівник перебуває більше 50% свого робочого часу або більше 2 годин безперервно. Якщо при

цьому робота виконується на різних ділянках робочої зони, постійним робочим місцем вважається вся зона;

- постійний інфразвук - інфразвук, рівень звукового тиску якого змінюється не більше ніж на 10 дБ на шкалі засобу вимірювальної техніки (далі - ЗВТ);
- постійний шум - шум, рівень звуку якого за робочу зміну змінюється у часі не більше ніж на 5 дБА на шкалі ЗВТ;
- працездатність - стан людини, за якого сукупність фізичних, розумових та емоційних можливостей дає змогу працівнику виконувати роботу визначеного змісту, обсягу та якості;
- працеспроможність - стан людини, обумовлений можливістю фізіологічних і психічних функцій організму, що характеризують його здатність виконувати конкретну кількість роботи заданої якості за необхідний інтервал часу;
- професійне захворювання - захворювання, що виникло внаслідок професійної діяльності працівника та зумовлюється виключно або переважно впливом шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу;
- професійний ризик - величина ймовірності порушення (ушкодження) здоров'я працівника з урахуванням тяжкості наслідків внаслідок несприятливого впливу факторів виробничого середовища і трудового процесу. Гігієнічна оцінка професійного ризику проводиться з урахуванням величини експозиції цих факторів, показників стану здоров'я працівника та втрати ним працездатності;
- робоче місце - місце постійного чи тимчасового перебування працюючих в процесі трудової діяльності;
- робочий день (зміна) - встановлена законодавством тривалість (у годинах) роботи протягом доби;

- умови праці - сукупність факторів виробничого середовища і трудового процесу, які впливають на здоров'я і працездатність людини під час виконання нею трудових обов'язків;
- шкідливий виробничий фактор - фактор середовища або трудового процесу, вплив якого на працівника за певних умов (інтенсивність, тривалість дії тощо) може спричинити професійне або виробничо обумовлене захворювання, тимчасове або стійке зниження працездатності, підвищення частоти соматичних та інфекційних захворювань, призвести до порушення здоров'я як працівника, так і його нащадків;
- шкідливі умови праці - стан умов праці, за якого рівень впливу одного або більше факторів виробничого середовища та/або трудового процесу перевищує допустимий.

Шкідливими виробничими факторами є:

1) фізичні фактори:

- мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання);
- барометричний тиск;
- неіонізуючі електромагнітні поля та випромінювання: електростатичні поля, постійні магнітні поля, електричні та магнітні поля промислової частоти (50 Гц), електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, електромагнітні випромінювання оптичного діапазону, зокрема лазерне та ультрафіолетове;
- іонізуючі випромінювання;
- виробничий шум, ультразвук, інфразвук;
- вібрація (локальна, загальна);
- освітлення: природне (відсутність або недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);
- іонізація повітря;

2) хімічні фактори:



- речовини хімічного походження, деякі речовини біологічної природи, які отримані хімічним синтезом та/або для контролю яких використовуються методи хімічного аналізу, аерозолі фіброгенної дії (пил);

3) біологічні фактори:

- мікроорганізми - продуценти, живі клітини та спори мікроорганізмів, що містяться в бактеріальних препаратах, патогенні мікроорганізми;

4) фактори трудового процесу:

- Важкість (тяжкість) праці - характеристика трудового процесу, що відображає рівень загальних енергозатрат, переважне навантаження на опорно-руховий апарат, серцево-судинну, дихальну та інші системи.

- Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі.

Категорії робіт за важкістю: легка, середньої важкості, важка, дуже важка.

Напруженість праці - характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника.

До показників, що характеризують напруженість праці, належать: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

### **3.2 Техніка безпеки**

Так як в допоміжній цеху де розташований даних електропривод можливі одночасні дотику людини до яких з'єднання з землею металоконструкцій будинків, технологічним апаратам, механізмам і т.п., з

одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання - з іншого, це приміщення належить до категорії з підвищеною електробезпеки.

Техніка безпеки при ремонті і обслуговуванні електрообладнання прокатного цеху відповідає [3,4] і передбачає:

Категорія приміщення по електробезпеці з підвищеною небезпекою

- призначення осіб, відповідальних за безпеку робіт; такими особами є виконавець робіт, начальники дільниць, майстри та бригадири монтажних бригад;

- включення в проект виробництва робіт рішень по створенню умов для безпечного виробництва;

- впровадження передового досвіду роботи з попередження виробничого травматизму;

- організацію кабінетів з техніки безпеки.

При роботах, пов'язаних з небезпекою ураження електричним струмом, застосовуються необхідні заходи захисту. Важливу роль у забезпеченні безпеки для електротехнічного персоналу грають електротехнічні засоби захисту та запобіжні пристосування.

Електротехнічні засоби захисту поділяються на основні та додаткові.

До основних засобів захисту відносяться:

- ізолюючі кліщі (для операцій з запобіжниками);

- електровимірювальні прилади;

- монтажний інструмент з ізольованими ручками;

- діелектричні рукавички;

- ізолюючі штанги (оперативні, вимірювальні для нанесення заземлення).

Всі вимірювальні і індивідуальні засоби захисту після закінчення встановленого на них терміну служби здаються на перевірку. При виході з ладу замінюються.

До додаткових засобів захисту до 1000 В відносяться:

- діелектричні калоші;

- діелектричні килимки;
- ізолююча підставка;
- ізолюючі ковпаки, покриття і накладки;
- штанги для вирівнювання і перенесення потенціалу;
- ізолюючі склопластикові (діелектричні) драбини і приставні сходи;

Понад 1000 В:

- діелектричні рукавички
- діелектричні боти
- діелектричний коврік
- ізолююча підставка
- ізолюючі ковпаки і накладки
- штанги для вирівнювання і перенесення потенціалу
- ізолюючі склопластикові (діелектричні) драбини і приставних драбин.

Для уникнення отримання опіку на робочому місці, наприклад від працюючого

паяльника, повинні дотримуватися:

- порядок на робочому місці;
- зручна для роботи поза;
- уважність працюючого персоналу.

Для уникнення механічних травм застосовуються певні кошти захисту, для електроперсоналу це такі, як:

- каска;
- спецодяг;
- спецвзуття;
- рукавиці;
- захисні окуляри.

### 3.3 Розрахунок захисного заземлення

Важливим заходом, що забезпечує електробезпека обслуговуючого персоналу, є захисне заземлення металевих, неструмоведучих частин електрообладнання приводу, які можуть опинитися під напругою у разі пошкодження ізоляції електродвигуна, апаратів управління, мереж. У нашому випадку заземлення виносне. Заземлені провідники приєднуються одним кінцем до корпусу електрообладнання, яке може виявитися під напругою, іншим до заземлювальної магістралі. Захисна дія виносного заземлення обумовлено тільки малою величиною його опору. Згідно з існуючими правилами опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

В якості заземлювачів використовуються труби діаметром 4.5 см і довжиною 2.7 м, смугова сталь перетином 48 на 4 мм. Заземлювачі розташовані в ряд і з'єднані сталевією смугою.

Трубчасті заземлення встановлюються в землю на глибину рівну 0.81 м. Величину відстані між заземлювачами приймемо рівної трьом довжинам.

$$a = 3 \cdot L_e = 3 \cdot 2,7 = 8,1 \text{ м.}$$

Верхні кінці заземлювачів з'єднані за допомогою смугової сталі. Схема пристрою захисного заземлення наведена на рисунку 4.1.

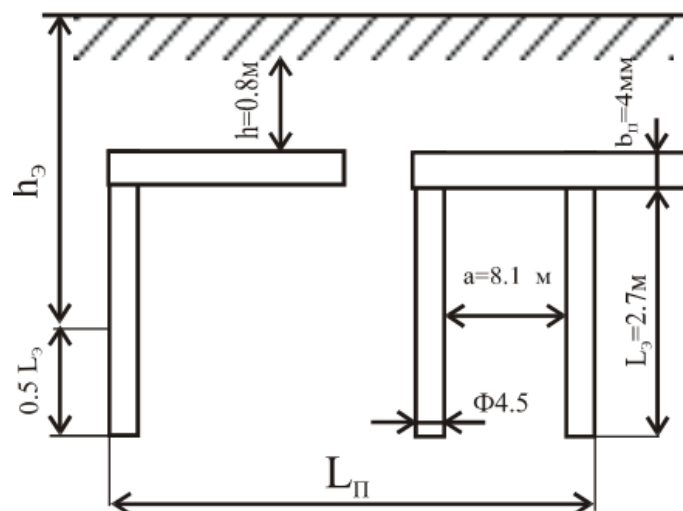


Рисунок 3.1 – Схема пристрою захисного заземлення.

Розрахунок пристрою захисного заземлення виконаною за методикою, викладеною в [19], при цьому будемо враховувати деякі фактори, такі як:

- кліматична зона - центральний район;
- вид ґрунту - суглинок;
- розташування електродів - в ряд.

Питомий електричний опір ґрунту в зоні розміщення заземлювачів визначається за формулою:

$$\rho = \rho_m \cdot K_c = 100 \cdot 1,3 = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

де  $\rho_m = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  - табличне значення питомого опору ґрунту [19];

$K_c$  - коефіцієнт сезонності.

Опір електрода:

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{0,366 \cdot \rho}{L_e} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot L_e}{d_e} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot h_e + L_e}{4 \cdot h_e - L_e} \right) = \\ &= \frac{0,366 \cdot 130}{2,7} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot 2,7}{0,045} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 2,15 + 2,7}{4 \cdot 2,15 - 2,7} \right) = 95,5 \text{ Ом}, \end{aligned}$$

де  $L_e$  – довжина електрода;

$d_e = 0.045 \text{ м}$  – діаметр електрода;

$h_e$  – висота електрода.

$$h_e = h + 0,5 \cdot L_e = 0,8 + 0,5 \cdot 2,7 = 2,15 \text{ м}.$$

Кількість необхідних електродів попередньо:

$$n' = \frac{R_e}{R_3} = \frac{95,5}{4} = 24.$$

Приймаємо коефіцієнт використання електродів  $\eta_e = 0,77$ .

Потрібна кількість електродів дорівнюватиме:

$$n = \frac{R_e}{\eta_e \cdot R_3} = \frac{95,5}{0,77 \cdot 4} = 31 \text{ шт.}$$

Довжину сполучної смуги за формулою:

$$L_{\Pi} = a \cdot n = 8,1 \cdot 31 = 251,1 \text{ м}.$$

Опір сполучної смуги:

$$R_{\Pi} = \frac{\rho \cdot K_r \cdot 0,366}{L_{\Pi}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{\Pi}^2}{h_{\Pi} \cdot b_{\Pi}} = \frac{130 \cdot 4 \cdot 0,366}{251,1} \cdot \lg \frac{2 \cdot 251,1^2}{0,048 \cdot 0,004} = 15,4 \text{ Ом.}$$

Загальний опір захисного заземлення:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_e \cdot R_{\Pi}}{R_e \cdot \eta_{\Pi} + R_{\Pi} \cdot \eta_{\Pi} \cdot n} = \frac{95,5 \cdot 15,4}{95,5 \cdot 0,65 + 15,4 \cdot 0,77 \cdot 31} = 3,4 \text{ Ом,}$$

де

$\eta_{\Pi} = 0,65$  - коефіцієнт використання смуги.

За результатами розрахунку зробимо перевірку:

$$R_{\Sigma} < R_3 = 3,4 < 4.$$

Отриманий результат задовольняє вимогам і, отже, захисне заземлення вибрано вірно.

### 3.4 Пожежна безпека

Підприємства чорної металургії нерідко відрізняються підвищеною пожежною небезпекою, так як їх характеризує складність виробничих установок, значна кількість легкозаймистих та горючих рідин, скраплених горючих газів, твердих горючих матеріалів, велика оснащеність електроустановками, а також робота з гарячим металом.

Категорія виробництва згідно НПБ-105-03 "В". Приміщення, де розташоване електрообладнання, оператора і машинний зал по 76 пожароопасності відносяться до зони класу П-Па - приміщення, в яких звертаються тверді горючі речовини. [3]

В електроустановках споживачів причина пожеж і вибухів можуть бути електричного та неелектричного характеру.

Причинами електричного характеру є:

- іскріння;
- перевантаження і великі періоди опору;
- коротке замикання;
- електрична дуга.

Причинами неелектричних характеру є:

- порушення технологічного режиму;
- самозаймання промислової дрантя та інших матеріалів, схильних до самозаймання;
- необережне поводження з вогнем;
- конструктивні недоліки обладнання;
- неправильне зберігання пально-мастильних матеріалів.

Заходи з пожежної профілактики поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин і внутрішньозаводського транспорту, правильне утримання будівель, територій, протипожежний інструктаж робітників і службовців, організацію добровільних пожежних дружин, пожежно-технічних комісій, видання наказів з питань посилення пожежної безпеки і т.д.

Заходи режимного характеру - це заборона куріння в невстановлених місцях, виробництва зварювальних та інших вогневих робіт в пожежонебезпечних приміщеннях і т.д.

Експлуатаційними заходами є своєчасні профілактичні огляди, ремонти і випробування технологічного обладнання.

До технічних заходів належать, дотримання протипожежних правил, норм при проектуванні будинків, при влаштуванні електроприводів і обладнання, опалення, вентиляції, освітлення, правильне розміщення обладнання та забезпечення пожежним інвентарем. пожежний інвентар включає в себе:

- сухий пісок в ящиках;
- лопати;
- вогнегасники ОУ-5, ОУ-8, ОУ-80 (вуглекислотні) згідно ТУ-22-472080;
- пожежні гідранти;
- водопровідні крани.

У пожежонебезпечних приміщеннях розміщені установки автоматичного пожежогасіння, де використовуються повітряно-механічна піна. У цеху діють дві пеногенераторні станції ПГС-1, ПГС-2. для автоматичного виявлення вогнища пожежі і запуску систем пожежогасіння використовують теплові сповіщувачі. Крім автоматичного їх запуску передбачений дистанційний і місцевий запуск.

Основними причинами пожежі можуть бути: перевантаження проводів, коротке замикання, великі перехідні опори в електричних ланцюгах, електрична дуга, іскріння і несправності обладнання.

Згідно [14], пожежна профілактика забезпечується: системою запобігання пожежі; системою протипожежного захисту; організаційно технічними заходами. До заходів запобігання пожежі відносяться:

- застосування засобів захисного відключення можливих джерел загоряння (Захисного занулення);
- застосування іскробезпечного устаткування; застосування пристрою блискавкозахисту будівлі; виконання правил (інструкції) з пожежної безпеки.

До заходів протипожежного захисту відносяться: застосування пожежних сповіщувачів; засобів колективного та індивідуального захисту від факторів пожежі; системи автоматичної пожежної сигналізації; порошкових або вуглекислотних вогнегасників, два ящика з піском 0,5 м<sup>3</sup>. 81

Організаційно-технічні заходи: наочна агітація і інструктаж працюючих з пожежної безпеки; розробка схеми дії адміністрації і працюють в разі пожежі та організація евакуації людей; організація позаштатної пожежної дружини.

При виявленні загоряння робочий негайно повідомляє по телефону 01 в пожежну охорону, повідомляє керівнику, приступають до евакуації людей і матеріальних цінностей. Гасіння пожежі організовується первинними засобами з моменту виявлення пожежі. Постраждалим у пожежі забезпечується швидка медична допомога.



Сучасна система електробезпеки забезпечує захист від ураження в двох найімовірніших і небезпечних випадках:

- при прямому дотику до струмоведучих частин електроустаткування;
- у разі непрямого дотику.

Під непрямым дотиком розуміється дотик людини до відкритих провідних частин обладнання, на яких в нормальному режимі (Справному стані) електроустановки відсутня електричний потенціал, але при будь-яких несправності, що викликали порушення ізоляції або її пробою на корпус, на цих частинах можлива поява небезпечного для життя людини потенціалу.

Для захисту від прямого дотику до струмоведучих частин, згідно [15] п.412. служать ізоляція струмоведучих частин, застосування огорожень і оболонки, установка бар'єрів, розміщення поза зоною досяжності, пристрої захисного відключення (УЗО).

Для захисту від непрямого дотику застосовуються: захисне заземлення та захисне занулення [15] п.413.

Навіть якщо при електропоразки працює зовні зберіг формат нормального самопочуття, він повинен бути оглянутий лікарем з висновком про стан здоров'я. Предварітельно потерпілий повинен бути звільнений від дії електричного струму. Якщо при цьому відключити напругу швидко неможливо, звільнення від електрики потерпілого необхідно виробляти, ізолювавши себе діелектричними рукавичками або калошами. При необхідності перерізати дроти (кожен окремо) інструментом з ізольованими ручками. Якщо є необхідність (при втраті свідомості, зупинці серця і т.п.) надання першої допомоги, то до прибуття медпрацівника необхідно почати робити: зовнішній масаж серця, штучне дихання.

Для запобігання від ураження електричним струмом при дотику до корпусів електроустановок, що знаходяться під напругою при пробі ізоляції або в інших випадках, необхідно розрахувати і встановити захисне заземлення.

## 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### Вступ

Металургійне виробництво повинне задовільняти умовам економічних рішень та зберігати рівень надійності живлення. Мною була прорахована схема роботи кліті. Вона потребує оцінки економічних показників, а саме:

- капітальні вкладення на спорудження мережі;
- відрахування від капітальних витрат на експлуатацію внутрішньоцехової мережі та амортизаційні відрахування;
- вартість втрат електричної енергії.

### 4.1 Розрахунок капітальних витрат

Розрахунок виконаю за показниками вартості окремих елементів. Вартість монтажних-налагоджувальних робіт складає 10% від вартості електрообладнання. Транспортно-заготівельні і складські витрати нехтуються через доставку і зберігання обладнання у самого підприємства.

Для визначення капітальних витрат можна скористатися формулою

$$K_{пр} = K_{об} (\Sigma Ці) + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{н} + Z_{пр}, \text{ грн}$$

де  $K_{об} (\Sigma Ці)$  - вартість придбання електрообладнання (двигун, генератор і перетворювач), необхідного для реалізації прийнятого технічного рішення.

$K$  - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$  - транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{м}$  - витрати на монтажні роботи;

$Z_{н}$  - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$  - інші одноразові вкладення коштів.

Таблиця 4.1 Зведення капітальних витрат.

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Двигун типу П2-21/33-3,15	1	560 000	560 000
2	Тиристорний перетворювач типу КТЕ-400/930-0111	1	14 900	14 900
3	Тиристорний перетворювач типу КТЕВ-100/230-011	1	732	732
4	Трансформатор трифазний типу ТСЗП-25/0,7	1	69 500	69 500
5	Вимикач	2	42 992	85 984
6	Блок живлення	1	1 367	1 367
7	Запобіжник	4	38 200	125 800
	ВСЬОГО			858 283

Витрати на монтажні (Зм) роботи:

$$Z_m = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 68,93 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 1,375 \cdot 1,1 + 1000 = 3752, \text{ грн}$$

Витрати на налагоджувальні (Зн) роботи:

$$Z_n = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 68,93 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot 1,375 \cdot 1,1 + 1000 = 2147, \text{ грн.}$$

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

$a_i$  - годинна тарифна ставка 4-го розряду дорівнює 68,93 грн / год;  
 $t_i$  - час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, час;

$K_d$  - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{CM}$  - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

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

Інші одноразові вкладення коштів ( $Z_{pr}$ ) можуть включати витрати на:

1. Демонтаж застарілого обладнання;
2. Проведення проектно-конструкторських робіт;
3. Підготовку персоналу;
4. Придбання готового програмного забезпечення.

$K_{pr} = 858\,283 + 3752 + 2147 = 864\,182$  грн,

## 4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування ( $C_a$ );
- заробітна плата обслуговуючого персоналу ( $C_3$ );
- відрахування на соціальні заходи від заробітної плати ( $C_c$ );
- витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання ( $C_t$ );
- вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування ( $C_e$ );
- інші експлуатаційні витрати ( $C_{pr}$ ).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_t + C_e + C_{pr};$$

Розрахунок експлуатаційних расходів ведеться за проектним и базовим варіантом паралельно.

### 4.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат для проектного варіанту і за даними підприємства про балансову вартість замінного обладнання для базового варіанту (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 Амортизаційні відрахування.

№	Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
1	Проектний варіант	864 182	20	172836
2	Базовий варіант	849 322	20	169864

Базова балансова вартість якого замінюють обладнання взяті за даними відділу основних засобів підприємства, що складають 849 322.

### 4.4 Розрахунок річного фонду заробітної плати

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

$$F_n = (D_k - D_{св} - D_{вих}) \cdot T_{зм} = (365 - 104 - 11) \cdot 8 = 2000, \text{ год.}$$

де  $D_k$ ,  $D_{св}$ ,  $D_{вих}$  – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;  $T_{зм}$  – тривалість зміни, годин.

Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу надано в таблиці 5.

Таблиця 5. Річний фонд заробітної плати

Найменування професій працівників	Явочний штат в зміну, чол.	Годинна тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, ч.	Разом, основна зарплата за тарифом, грн.
Електромонтер 4-го розряду	2	68,93	2000	137 860

Загальна величина річного фонду заробітної плати становить:

$$C_{з пр} = Z_{осн} + Z_{доп} = 137\ 860 + 6893 = 144\ 753 \text{ грн}$$

де  $Z_{осн}$  - основна заробітна плата, грн;

$Z_{доп}$  - додаткова заробітна плата (5% від основної), грн.

#### 4.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності і річного фонду робочого часу об'єкта проектування по формулі:

$$C_{э.пр} = W_{э.пр} \cdot Ц_{э} = 5721 \cdot 3,18 = 18192 \text{ грн};$$

$$C_{э.баз} = W_{э.баз} \cdot Ц_{э} = 6048 \cdot 3,18 = 19232 \text{ грн};$$

де  $W_{э}$ - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт \* год .;

$Ц_{э}$ - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн / кВт \* год.

3,18 грн./кВт год - вартість електроенергії для підприємства станом на 06.05.21;

Кількість спожитої за рік електроенергії, кВт \* год розраховуємо за формулою:

$$W_{\text{г.нр}} = t_d \cdot t_h \cdot t_t \cdot P_n = 20 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 2,98 = 5721 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{\text{г.баз}} = t_d \cdot t_h \cdot t_t \cdot P_n = 20 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 3,15 = 6048 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де  $t_d$  - кількість робочих днів на місяць.

$t_h$  - кількість робочих годин за зміну.

$t_t$  - кількість місяців на рік.

$P_n$  - потужність пристрою, що управляє.

#### 4.6 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

4% від 144 753 дорівнюють 5790 грн. Тобто  $C_{\text{пр}} = 5790$  грн.

$$C_{\text{пр}} = C_a + C_{\text{э}} + C_{\text{пр}};$$

$$C_{\text{пр}} = 86418 + 18192 + 5790 = 104610 \text{ грн}$$

$$C_{\text{баз}} = C_a + C_{\text{э}} + C_{\text{пр}};$$

$$C_{\text{баз}} = 84322 + 19232 + 5790 = 103554 \text{ грн}$$

## ВИСНОВОК

У більшості випадків процес розробки нової або удосконалення вже наявної машини виробляється вручну, а перевірка отриманих результатів здійснюється шляхом випробувань на натурних моделях, що значно збільшує собівартість виробу.

У роботі розглянув технологію прокатки стану 400, обладнання прокатного цеху.

Підбрав необхідне та відповідне обладнання. Описав охорону праці та розрахував необхідне обладнання для підприємства. Провів розрахунок економічної частини.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Серенсен С.В., Коган В.П., Шнейдеровіч Р.М. Несуча здатність і розрахунок деталей машин на міцність. Керівництво і довідковий посібник. - М.: Машинобудування, 1975. - 488 с.
2. Корольов А.А. Конструкція і розрахунок машин і механізмів прокатних станів: Учеб. посібник для вузів. - 2-е вид. - М.: Металургія, 1985. - 376 с.
3. Гребенник В.М., Цапко В.К. Надійність металургійного обладнання. Довідник. - М.: Металургія, 1989. - 520 с.
4. Коган В.П., Махутов Н.А., гусенят А.П. Розрахунки деталей машин і конструкцій на міцність і довговічність: Довідник. - М.: Машинобудування, 1985. - 224 с.
5. Голуб Е.С., Мадорский Е.З., Розенберг Г.Ш. Діагностування судових технічних засобів: Довідник. - М.: Транспорт, 1993. - 150 с.
6. ГОСТ ІСО 10816-1-97. Контроль стану машин за результатами вимірювань вібрації на невращаючихся частинах. Частина 1: Загальні вимоги. - Введ. 01.07.99. - М.: ИПК Вид-во стандартів. - 18 с.
7. Технічна діагностика механічного устаткування / Сидоров В.А., Кравченко В.М., Седуш В.Я. та ін. - Донецьк: Новий світ, 2003. - 125 с.
8. Іванченко Ф.К., Гребенник В.М., Шіряєв В.І. Розрахунок машин и механізмів прокатних цехів. - К.: Вища школа, 1995 - 453с.
9. <http://masters.donntu.edu.ua>.
10. Зеленов А.Б. Выбор мощности электропривода механизмов прокатных ста-нов. Учеб. пособие для вузов. – К.: УМК ВО, 1990. – 200 с.
11. Косматов В.И. Проектирование электроприводов металлургического производства. Учебное пособие: Магнитогорск, МГМА 1998. 244 с.
12. Бешта О.С., Балахонцев О.В., Бородай В.А. Автоматизований електро-привод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ, 2010.

13. С.Н.Вешеневский. Характеристики двигателей в электроприводе.- М: Энергия, 1977 – 431с.
14. Шавьолкін О. О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії : навч. посібник / О. О. Шавьолкін ; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 403 с.
15. А.В.Башарин, В.А.Новиков, П.П.Соколовский. Управление электроприводами. -Л.: Энергоиздат, 1982 – 392с.
16. Клименко Б.В. К49 Электричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.
17. Грабко В.В. Системи керування електроприводами. Системи підпорядкованого керування електроприводом постійного струму. Вінниця: ВНТУ, 2010. – 2010.
18. Фотиев М.М. Электроприводы и электрооборудование металлургических цехов: Учебн. 3-е изд. - М.: Металлургия. 1990. - 352 с.
19. Фотиев М.М. Электрооборудование прокатных и трубных станов. - М.: Металлургия, 1995. - 256 с.
20. Колб Ант.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навч. посібник. - Д.: НГУ, 2006. - 511 с.
21. В.И.Крупович, Ю.Г.Барыгин, М.Т.Самовер. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами.-М: Энергоиздат. 1982 – 416с.
22. И.Х.Евзеров, А.С.Городец и др. Справочник – комплектные тиристорные электропривода.-М: Энергоатомиздат, 1998 – 318с.
23. Е.Н.Зимин и др. Электропривод постоянного тока с вентильными преобразователями.-М: Энергоатомиздат, 1981 – 192с.
24. Правила улаштування електроустановок. Видання третє, перероблене, і доповнене Правилами улаштування електроустановок, вид. 3-тє, перероб. і доп. 2010. - 736 с.