

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 Гречки Владислава Олександровича

(ПІБ)

академічної групи ЕТФ -141-18ск-3

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ Електропривод, мехатроніка та робототехніка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Електромеханічна система узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»»

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електропривода

_____ (повна назва)

_____ Казачковський М.М.

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

«_____» _____ 2021 року

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

Студенту Гречці В.О академічної групи ЕТФ -141-18ск-3
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ Електропривод, мехатроніка та робототехніка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

_____ (офіційна назва)

на тему «Електромеханічна система узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей стану 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 № 2 і 3 та 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)

ЗМІСТ

Реферат.....	5
РОЗДІЛ 1. Технологічна частина.....	6
Вступ.....	6
Коротка характеристика цеху, опис технологічного процесу.....	7
Коротка характеристика виробництва катанки на стані «400»	
ТОВ НВО «Дніпрофмаш».....	9
Вимоги до електроприводу.....	14
Вимоги до системи автоматичного регулювання.....	15
Характеристика механізму клітей № 2 і 3 та їх кінематична схема.....	15
РОЗДІЛ 2. Автоматизований Електропривод.....	16
Розрахунок потужності та вибір електродвигуна.....	16
Розрахунок статичних моментів.....	16
Побудова навантажувальної діаграми, тахограми, струмової діаграми.....	19
Попередній вибір двигуна.....	20
Перевірка двигуна по нагріванню, розрахунок і побудова струмової діаграми.....	21
Вибір і опис типу перетворювача.....	23
Вибір тиристорного перетворювача для живлення якірного кола двигуна.....	25
Введення в експлуатацію в покроковому режимі.....	27
Дані для реєстрації фактичних значень частоти обертання.....	28
Вибір струмообмежувального реактора.....	29
Функціональна схема системи управління перетворювачем.....	31
Підключення перетворювача SINAMICS DC Master.....	33
Система узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш».....	36
РОЗДІЛ 3. Охорона праці.....	39
Загальні положення.....	39
Аналіз небезпечних і шкідливих чинників.....	39
Техніка безпеки.....	41

Пожежна безпека.....	43
Розрахунок захисного заземлення.....	45
Розрахунок штучного освітлення цеху.....	47
Розрахунок кондиціонування.....	49
РОЗДІЛ 4. Техніко-економічне обґрунтування.....	53
Вступ.....	53
Розрахунок капітальних витрат.....	54
Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	55
Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	57
Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	58
Висновки.....	58

РЕФЕРАТ

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

Ще моя робота складає в собі вибір перетворювача SINAMICS DC Master його роботу та підключення маючи відповідні схеми.

Моя тема кваліфікаційної роботи, а саме тема: «Електромеханічна система узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш» має на увазі те як заготівка буде проходити без перешкод між другою та третьою клітями. Для того щоб валки другої кліті не штовхали заготівку або навпаки, не тягнуло її, треба щоб валки третьої кліті оберталися швидше ніж валки другої кліті.

У розділі Охорона праці я описував аналіз небезпечних і шкідливих чинників, техніку безпеки, пожежну безпеку, а також розраховував захисне заземлення, штучне освітлення цеху. Розділ охорона праці дуже важливий для працівників які працюють на прокатному виробництві, тому що бувають різні випадки пожеж та випадків які можуть призвести не тільки до травмування, а й до смерті працівника який не дотримувався техніки безпеки. Тому є низка правил та заходів яка буде стояти на варті захисту працівника.

В економічному розділі я розрахував капітальні витрати, витрати спожитої електроенергії. Ці розрахунки важливі для роботи підприємства, а не тільки прокатного виробництва. Тому и проводяться економічні розрахунки для виявлення проблем та витрат всього процесу.

Вступ

Сучасний світовий ринок металопродукції все в більшій мірі вимагає катанку якісного сортаменту, яка застосовується для виробництва машинобудівних деталей, металокорду, канатів, інструменту і т.д.

Підвищеним попитом користується катанка, призначена для глибокого волочіння без проміжного відпалу. Виробництво якісної бунтової металопродукції можливо при дотриманні високих вимог до сировини, прокатного обладнання, а також при реалізації процесом термообробки металу в потоці лінії двостадійного охолодження.

Систематичне зростання споживання катанки і підвищення вимог до її якості обумовлює постійне вдосконалення дротяних станів.

Катанка є основною сировиною для метизної промисловості, вона використовується для виробництва дроту.

Розвиток метизного виробництва, підвищення вимог до якості готових металевих виробів, їх виробництва, необхідність поліпшення техніко - економічних показників вимагають збільшення маси мотків, підвищення точності розмірів, поліпшення механічних властивостей структури, зниження кількості окалини і величини безвуглердного шару, зменшення діаметра катанки.

Для вирішення цих завдань необхідно створення нової технології, що забезпечує, з одного боку, докорінне поліпшення якості катанки і, з іншого боку, максимальну продуктивність з метою підвищення ефективності виробництва катанки.

Практика показала можливість підвищення продуктивності станів, отримання продукції високої якості з мінімальним розкидом по довжині мотка в партії металу, і в межах марки необхідних механічних властивостей і структури катанки, зниження кількості окалини на поверхні металу і величини безвуглеродженого шару, отримання якісного зовнішнього виду бунту катанки, поліпшення техніко - економічних показників роботи стану. Отримання готової

продукції високої якості, поряд з економією металу, дозволить значно знизити витрати матеріальних і енергетичних ресурсів, а також трудомісткості виробництва.

Підвищення якості катанки з вуглецевих марок сталей може бути отримано при її сорбітізації шляхом регульованого прискореного охолодження з прокатного нагріву.

У перспективі буде збільшуватися випуск сорбітізованої катанки для виробництва високоякісних канатів, металокорду, сталевих дроту та інших виробів.

Поліпшення якості металопродукції, підвищення ефективності її виробництва і споживання є одним з генеральних напрямків розвитку промисловості в найближчі роки.

У зв'язку з цим виникає необхідність вирішення деяких невеликих питань, за допомогою яких можна безпосередньо вплинути на нинішні умови в прокатному виробництві. Тому необхідно розглянути питання, що стосуються підвищення якості катанки при її сорбітізації, збільшення.

1. Коротка характеристика цеху, опис технологічного процесу

Безперервний дротяний стан 400 поставки фірми SKET (Німеччина) введено в експлуатацію в 1990 р Устаткування стану, за винятком обтискної групи і нагрівальної печі, виготовлено фірмою SKET (Німеччина). Кліті «400» обтискної групи виготовлені фірмою ZDAZ (Чехія).

Річна продуктивність стану 550 тис.т при швидкості прокатки до 70 м/с. Передбачена проектом точність катанки 0,1 - 0,2 мм, при овальності не більше 0,2 мм.

У 2000 - 2001 рр. здійснено реконструкцію стану згідно з технічним завданням, розробленим Інститутом чорної металургії (м Дніпро, Україна), спрямована на збільшення марочного і розмірного сортаменту і поліпшення якості катанки. Встановлено нові блоки фірми SKET п'ятого покоління зі

швидкістю прокатки до 100 м / с, модернізовані лінії двостадійного охолодження катанки і ділянки формування, обробки і прибирання бунтів.

Стан призначений для виробництва катанки діаметром 5,0 - 10,0 мм по ДСТУ 2590 - 88, що поставляється 0,7 - 2,2 т бунтах розмірами 1250 850 (700 2200) мм із вуглецевих, якісних, конструкційних, інструментальних і легованих сталей.

Заготівка поставляється на стан поштучно, в разі необхідності і по ковшам, в супроводі документа про якість із зазначенням в ньому хімічного складу, марки стали, маси плавки, кількості придатних і призначених на обріз заготовок, результатів контролю макроструктури. Кожна партія привізної заготовки супроводжується документом про якість, в якому вказується номер плавки, марка стали, перетин заготовки, маса партії, кількість заготовок, хімічний склад, результати всіх випробувань, передбачених відповідними ДСТУ і ТУ.

Після прибуття металу на комбінат на кожну плавку виписується паспорт, в якому записуються всі дані документа про якість. До паспорту заносяться результати контрольної перевірки якості заготовки на БМК і дозвіл контрольного майстра ВТК на запуск металу у виробництво.

На поверхні заготовок, що подаються в піч, не повинно бути прокатних наклепів, рванин, розкатаних забруднень, заходів, поздовжніх і поперечних тріщин. Поверхневі дефекти, розміри яких перевищують установлені стандартами і цією Інструкцією, повинні бути видалені шляхом поздовжньої вирубки, наждачним зачистки на шліфувально - обдирних верстатах, або іншими засобами зачистки. Видалення поверхневих дефектів і суцільне обдирання заготовки виробляються в відповідності до технологічної інструкції за зачисткою.

Всі заготівки кожної плавки повинні мати в торцях клейма, що вказують номер плавки, марку стали, умовний знак бригади.

Стан призначений для виробництва катанки діаметром 5,0 - 10,0 мм за ДСТУ 2590 - 88, що поставляється в 0,7 - 2,2 т бунтах розмірами 1250 850 (700

2200) мм із вуглецевих, якісних, конструкційних, інструментальних і легованих сталей.

Обтискна група клітей призначена для прокатки заготовок перетином 200x200 мм або 150x200 мм, 180x200 мм в підкат перетину 96x96 мм. Загальна витяжка з заготовки перерізом 200x200 мм становить 4,35, з заготовки 180x300 мм - 3,92.

Обтискна група клітей одноститкова, складається з чотирьох двовалкових клітей 400 з чергуванням горизонтальної і вертикальної кліті і двох горизонтальних двовалкових клітей. Розкат між клітями №5 і №6 кантується спеціальними кантувальними валками малого діаметра, змонтованими на вивідній стороні кліті №5. Максимальний момент прокатки в горизонтальних клітях 630 № 1 і №3 дорівнює 450 кН-м; максимальна відстань між валками 715 мм; діапазони регулювання рівня верхнього валка 100 мм, нижнього - 60 мм. Привід натискних гвинтів верхнього валка від електродвигуна, швидкість регулювання 0,64 мм / с, крок натискного гвинта -10 мм. Кліть можна переміщати від осі стану (на -440, +470 мм).

Довжина ходу пристрою для зміни валків 3,2 м. Максимальний момент на обох валках кліті 2В - 330 кН-м, кліті 4В-280кН-м. Привід натискних гвинтів від електродвигуна, швидкість регулювання 0,64 мм / с, крок натискного гвинта 10 мм. Діапазон регулювання вертикального переміщення кліті 800 мм. Пристрій для заміни валків переміщається на 5 м. Максимальна вантажопідйомність 50 т.

2. Коротка характеристика виробництва катанки на стані «400»

ТОВ НВО «Дніпрофмаш»

Стан складається з 23 двовалкових клітей, з приводом валків кожної кліті від індивідуального електродвигуна, в тому числі двох вертикальних клітей, двох десятиклітьових блоків. Кліті об'єднані в технологічні групи:

- обтискна група: шість клітей (№ 1 - № 6);
- чорнова: п'ять клітей (№7 - №11);
- перша проміжна: шість клітей (№12 - №17);
- друга проміжна: шість клітей (№18 - №23);
- чистова: два блоки по десять двовалкової клітей в кожному і приводом валків клітей блоку від двох електродвигунів.

Завантажувальний шлепер служить для прийому від пратцен - крана партій заготовок і поштучної передачі їх на підвідний рольганг. Місткість шлепера - 35 заготовок перетином 195x95 мм, довжиною до 6 м, загальною вагою до 70 т.

Підвідний рольганг, що складається з чотирьох секцій, транспортує заготовки від завантажувального шлепера до похилого підйомника.

Привод - роликовий індивідуальний реверсивний;

швидкість обертання роликів - 0,9 м / с;

діаметр ролика - 315 мм;

довжина бочки ролика - 630 мм.

Зіштовхувачі бракованих заготовок встановлено на підвідному рольганг і складається з зіштовхувача рейкового типу і кишені для збирання бракованих заготовок.

Зусилля подачі 44 кН;

швидкість подачі - 0,4 м / с.

Схема розташування основного технологічного обладнання наведена на рисунку 1.1.

Піч з крокуючим подом призначена для нагріву заготовок. Тип печі - прохідна, чотиризонна, двостадійного нагріву металу. Піч опалюється природним газом. Теплота згоряння палива 8000 ккал / м. Під печі складається з трьох нерухомих і двох рухливих (з чергуванням) ба-лок. Рухливі балки забезпечені механізмами підйому і горизонтального переміщення. Габаритна довжина печі - 26,8 м, ширина - 7,65 м, габаритна площа поду - 205 м.

Повітря для горіння подається через металевий петлевий трубчастий рекуператор вентилятором ВМ - 18. Схема руху газів в рекуператорі перехресно - прямоточна. Температура підігріву повітря - до 340 С.

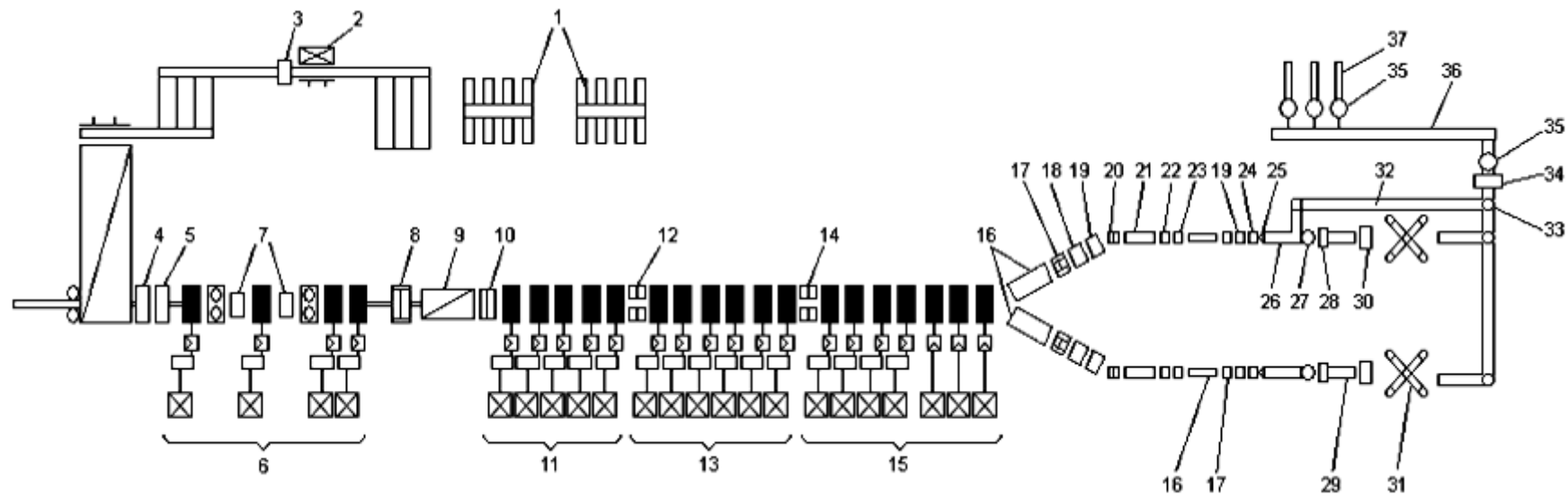


Рисунок 1.1- Схема розташування основного технологічного устаткування стану «400»

1 - зачисні наждакові верстати, 2 - кишеня для бракованих заготовок, 3 і 30 - ваги, 4 - витасківатель, 6 - обтискна група клітей 630, 8 - маятників летючі ножиці, 9 - підігрівальна піч, 10 і 20 - розривні ножиці, 11- чорнова група клітей, 12 - кривошипно-важільні 0,4-МН ножиці, 13 – друга проміжна група клітей, 14 - кривошипні 97,5-кН ножиці, 15 – третя проміжна група клітей, 16 - пристрій водяного охолодження , 17 - дискові ножиці, 18 - скрапні ножиці, 19 - кривошипні ножиці, 21 - десятиклітьовий чистовий блок клітей, 22 - вимірювач товщини и, 24 - трайб-апарат, 25 - гвितкоутворювач, 26 - транспортер з повітряним охолодженням, 27 - гвितкозбірник, 28 - ділильні ножиці, 29 - транспортер, 31 - прес з в'язальними машинами, 32 - транспортер піддонів, 33 - перекидач, 34 - візок для знімання бунтів, 35 - знімна сережка, 36 - ланцюговий транспортер, 37- пластинчастий транспортер.

Піч має 36 пальників, в тому числі 12 бокових горілок типу «труба в трубі» ДВБ 200/35 в підігрівальній камері і 24 плоскополум'яних горілки ГР 750 - 5/12 зведенні в своді нагрівальної камери.

Виштовхувач заготовок штанговий встановлений біля бічного вікна печі на осі прокатки стану «400». Штовхаюча штанга рухається за допомогою вертикальних роликів, що подаються, і входить в спеціальний жолоб, розташований всередині печі уздовж торцевої стіни. Параметри поршня заготовок і провідних роликів наведені в таблиці 1.1.

Виштовхувач роликів служить для видачі нагрітої заготовки на стає рольганг; встановлений безпосередньо біля вікна видачі печі на осі прокатки. Характеристика роликів витасківателя і швидкість витягування наведені в таблиці 1.2.

Предстановий рольганг служить для подачі гарячих заготовок в першу кліть стану «400». Швидкість транспортування - 1,1 м / с.

Кантувач пневматичний з вирівнювачем служить для кантування заготівки перетином 195x195 мм. Кантовка здійснюється за допомогою 4 - х пневмоциліндрів.

Таблиця 1.1 – Параметри виштовхувача заготівок і ведучих роликів.

Параметр	Одиниця вимірування	Величина параметра
Зусилля виштовхування	кН	19,6
Швидкість виштовхування	м/с	1,1
Цикл подачі заготівок	с	85
Діаметр ведучих роликів	мм	360
Довжина бочки ролика	мм	245

Таблиця 1.2 - Характеристика роликів виштовхувача і швидкість
виштовхувача

Параметр	Одиниця вимірування	Величина параметра
Діаметр роликів:		
- верхнього	мм	320
- нижнього	мм	362
Швидкість виштовхувача	м/с	1,1
Сила притискування ролика	кН	38,6

Марки сталей, що прокатуються на стані:

- сталь вуглецева звичайної якості ДСТУ 380-94, Ст 0 - Ст 3 сп / пс;
- сталь вуглецева якісна конструкційна ДСТУ 1050-88;
- сталь рессорно - пружинна вуглецева і легована: ДСТУ 14959 - 85, 60Г - 70Г, 60С2А, 70С2А, 51ХВА, 70ХГФА і ін .;
- сталь низьковуглецева, легована для зварювального дроту: ДСТУ 2246 - 76. СВ - 08А, СВ - 08Г2С, СВ - 18ХГС і ін .;
- сталь інструментальна нелегована ДСТУ 1435 - 62. У7 (А) - У12 (А);
- сталь інструментальна легована ДСТУ 5950 - 68. 9ХС;
- сталь легована конструкційна ДСТУ 4543 - 75. 40Х, 30ХГСА, 20Х та ін .;
- сталь підшипникова ДСТУ 801 - 89. ШХ15;
- сталь конструкційна, високою оброблюваності різанням ДСТУ 1414. АС14, АС35Г2;
- сталі високолеговані і сплави корозійно - стійкі, жаро-стійкі та жаростійкі ГОСТ 5632-68. 12Х18Н10Т, 17Х18Н9, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т.;
- сталі за спеціальними технічними умовами і стандартами підприємства;
- катанка сталева для металокорду ТУ 14 - 1 - 1881. 70 корд;
- катанка сорбітізірована з високочистої стали для металокорду ТУ 14 - 1 - 4752. 70 К-В;
- катанка сталева, канатна і конструкційна ТУ 14 - 1 - 5317 - 95.

Спеціалізація стану. Катанка діаметром 5,0 - 9,0 мм; мілкосортний прокат 10,0 - 16,0 мм. Вид готової продукції: мотки діаметром 1250 850 мм, довжиною до 2000 мм. Маса мотка 700 - 2000 кг. Вихідні заготовки: квадратного або прямокутного перерізу 150 - 200: 170 - 200 мм, довжиною 5520 - 7120 мм. Маса вихідної заготовки 1400 - 2000 кг.

3. Вимоги до електроприводу

До електроприводу валків безперервного стану пред'являються наступні вимоги:

- 1) Забезпечення діапазону регулювання швидкості двигунів для стану «400» до 30: 1.
- 2) Підтримування заданого співвідношення швидкостей валків у всіх режимах роботи з точністю близько 1%, включаючи прискорення і уповільнення стану, з метою забезпечення сталості міжклітьових натягів.
- 3) Задане прискорення і уповільнення за мінімальний час $a = 14 \text{ рад /с}^2$.
- 4) Можливість незалежної зміни швидкості двигуна будь-якої кліті.
- 5) Припинення прискорення і уповільнення стану в будь-який момент розгону і гальмування.
- 6) Пом'якшення механічної характеристики двигунів при заправці з можливістю регулювання жорсткості механічної характеристики вальцювальником.
- 7) Можливість спільної поштовхової роботи головних приводів «вперед» при включених, а також відключених приводах намотувальних пристроїв; індивідуальний поштовх в обох напрямках.
- 8) Автоматична зупинка при спрацьовуванні захисту будь-якого приводу кліті або намотувального пристрою з форсованим темпом загальмовування $a_m = 20 \text{ рад /с}^2$ зі збереженням заданого натягу.
- 9) Обмеження якірного струму, потоку і швидкості електроприводу на максимально допустимому рівні. $I_{\max} = 2,5I_n$; $\omega_{\max} = 71,4 \text{ рад / с}$

10) Регулювання співвідношення швидкостей двигунів верхнього і нижнього валків.

11) Рівномірне завантаження за електромагнітним моментом двигунів верхнього і нижнього валків.

4. Вимоги до системи автоматичного регулювання

1. Динамічна просадка швидкості на клітях не повинна перевищувати (при робочих навантаженнях): 8%

2. Час відновлення швидкості після захоплення металу валками повинний бути не більше 300мс

3. Помилка підтримки заданої швидкості повинна бути не більше (з урахуванням дрейфу нулів і коефіцієнтів датчиків) 2,5%.

5. Характеристика механізму клітей № 2 і 3 та їх кінематична схема

Привод робочих валків безперервної підгрупи чистової групи сталі 400 здійснюється електродвигуном через проміжні передавальні механізми і пристрої, які складають робочу лінію кліті.

На рисунку 1.2 представлена кінематична схема обтискувальної кліті №2 стану 400.

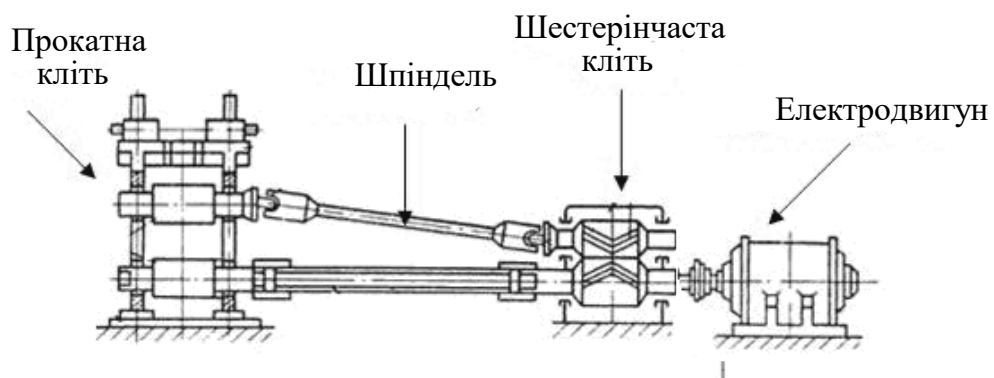


Рисунок 1.2 - Кінематична схема кліті

1 - натискний гвинт; 2 - вінець; 3 - глобоїдний черв'як; 4 - черв'чний редуктор; 5 електродвигун; 6 - електромагнітна муфта; 7 - зубчаста муфта

Таблиця 1.2 - Характеристики обтискних клітей

Група клітей стана	Обтискувальна					
	1	2	3	4	5	6
Номер кліті	Г	В	Г	В	Г	Г
Розташування	Г	В	Г	В	Г	Г
Діаметр початкового кола шестерен валка, мм	630				450	
Міжцентрова відстань робочих валків (Max/Min)	690/570				550/420	
Діаметр робочих валків (Max/Min)	550/500				480/435	
Довжина бочки валка	1000				800	
Число обертів валків, (об/хв)(Max/Min)	14,3	20	43	43	12	12
	4,5	6,2	5,5	7,1	12,5	12,5
Передаточне відношення редуктора	22,4	16	18	14	8	8
Потужність електродвигунів, кВт.	800					
Вага робочих клітей, (в зборі т.)	36,93 - (37,07)					
Припустиме зусилля на натискуваний гвинт (Max)	250				125	
Зусилля прокатки, тс. Max	390	300	330	240	200	150
Крутячий момент (Mmax)	45,5	35,9	37,1	27,3	14,8	12,3
Кількість калибрів стійкість	3x35000	4x16000	4x30000	5x16000	4x14000	4x13000
Середній прокат на валок т.	105000	64000	120000	80000	56000	52000

2.1 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна

2.1.1 Розрахунок статичних моментів

Оскільки потужності прокатування в кожній обтискній кліті приблизно однакові, всі вони комплектуються уніфікованими електроприводами, потужність яких розрахуємо, використовуючи параметри прокатування в першій кліті.

Для розрахунку моментів вибирається найбільш важкий режим прокатування сляба з низьколегованої конструкційної сталі

Марка 17Г1С (межа плинності $K_f = 4,4 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$;

Товщина $h_0 = 0,25 \text{ м}$;

Довжина $B_0 = 1,850 \text{ м}$;

Товщина підкату після чорнової групи $0,04 \text{ м}$, до $0,06 \text{ мм}$,

$\Delta h = H - h = 0,06 - 0,04 = 0,02 \text{ м}$.

Тиск металу на валки.

Щоб прокатати метал, необхідно до нього через валки докласти зовнішню силу, що долає внутрішній опір деформації. При цьому повний тиск металу на один валок

$$P = P_{\text{сер}} \cdot Q = 8,66 \cdot 10^6 \cdot 0,122 = 1,056 \cdot 10^6 \text{ Н},$$

де $P_{\text{сер}}$ - середній питомий тиск металу на валки, Н/м^2 ,

Q - поверхня дотику металу з одним валком, м^2

$$Q = B \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} = 1,85 \cdot \sqrt{0,218 \cdot 0,02} = 0,122 \text{ м}^2.$$

Для підрахунку середнього питомого опору широко застосовується формула А.І.Целікова [3]

$$P_{\text{сер}} = K \frac{2h}{\Delta h(\delta - 1)} \left(\frac{h_k}{h} \right) \left[\left(\frac{h_k}{h} - 1 \right) \right] =$$

$$= 2,48 \cdot 10^7 \frac{2 \cdot 0,04}{0,02(3,23 - 1)} \cdot 1,167 [(1,167) - 1] = 8,66 \cdot 10^6 \text{ Н},$$

де $K = 1,15 \cdot K_f = 1,15 \cdot 4,4 \cdot 10^7 \cdot 0,49 = 2,48 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$;

$$\delta = f \sqrt{2D / \Delta h} = 0,49 \sqrt{2 \cdot 0,435 / 0,02} = 3,23,$$

$D = 0,435$ - діаметр робочого валка;

$f = n(1,05 - 0,0005 \cdot t) = 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 1120^0) = 0,49$ - коефіцієнт тертя під час гарячої прокатки;

t - температура металу, $^{\circ}\text{C}$; $n = 1$ - під час гарячої прокатки на сталевих валках.

Співвідношення h_k / h знаходимо з рівності

$$\frac{h_k}{h} = \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (\delta^2 - 1) \cdot (H/h)^\delta}}{\delta + 1} \right]^{1/\delta} = \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (3,23^2 - 1) \cdot (0,06 / 0,04)^{3,23}}}{3,23 + 1} \right]^{1/3,23} = 1,167.$$

Моменти при прокатуванні.

Статичний момент підраховується по зусиллю прокатки, тому такий спосіб підрахунку дає точніші результати при прокатці профілів прямокутного перетину.

Загальний момент на валу двигуна:

$$M = M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}} + M_{\text{хх}} + M_{\text{дин}},$$

де $M_{\text{пр}}$ - момент прокатки, необхідний для подолання сил деформації металу, що прокочується і сил тертя між металом і валками;

$M_{\text{тр}}$ - момент додаткових сил тертя в підшипниках робочих валків і в передавальних механізмах при прокатці;

$M_{\text{хх}}$ - момент холостого ходу двигуна;

$M_{\text{дин}}$ - динамічний момент для подолання сил інерції. В даному випадку $M_{\text{дин}} = 0$, тому режим прокатки статичний.

Момент прокатки, діючий на обидва валка

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot P \cdot \psi \cdot l = 2 \cdot 1,056 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,066 = 0,07 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $\psi = 0,5$ - під час гарячої прокатки листа;

$l = \sqrt{R \cdot \Delta h} = 0,066 \text{ м}$ - довжина хорди окружності валка при прокатці.

Номінальний момент двигуна,

$$M_H = \frac{9,55(P_H \cdot \mu_{дв})}{n} ;$$

$$M_H = 0,023 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент додаткових сил тертя

$$\begin{aligned} M_{тр} &= \frac{P \cdot d \cdot \mu_1}{i} + \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \frac{M_{пр} + P \cdot d \cdot \mu_1}{i} = \\ &= \frac{1,056 \cdot 10^6 \cdot 0,25 \cdot 0,003}{2} + \left(\frac{1}{0,97} - 1 \right) \cdot \frac{0,07 \cdot 10^6 + 1,056 \cdot 10^6 \cdot 0,25 \cdot 0,003}{2} = \\ &= 0,0015 \cdot 10^6 \text{ Н}, \end{aligned}$$

де P - тиск металу на валки;

$d = 0,25\text{м}$ - діаметр шийки валка;

μ_1 - коефіцієнт тертя в підшипниках;

$i=2$ - передавальне число шестеренної кліті;

$\eta=0,97$ - ККД шестеренної кліті.

Момент холостого ходу при розрахунках береться рівним $3 \div 5\%$ від номінального моменту прокатного двигуна

$$M_{хх} = 5\% \cdot M_{дв.н} = 0,05 \cdot 0,023 \cdot 10^6 = 0,0012 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Загальний момент на валу двигуна:

$$M = M_{пр} + M_{тр} + M_{хх} = 0,07 \cdot 10^6 + 0,0015 \cdot 10^6 + 0,0012 \cdot 10^6 = 0,0727 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2.1.2 Побудова навантажувальної діаграми, тахограми, струмової діаграми

Розрахунок часу прокатки в кліті №2.

Довжина підкату після першої кліті відома і становить

$$l_6 = 31 \text{ м}.$$

Час прокатки

$$t_{пр} = \frac{l_6}{v} = \frac{31}{1,19} = 27 \text{ с},$$

де $v = 1,19 \text{ м/с}$ - швидкість прокатки шостий кліті.

Час холостого ходу першої кліті

$$t_{\text{хх}} = 75 \text{ с.}$$

Виходячи з вимог до електроприводу, швидкість прокатки при набиранні навантаження (метал входить в кліть) залишається постійною.

Діаграми значень моментів при прокатці зображені на рисунку 2.1.

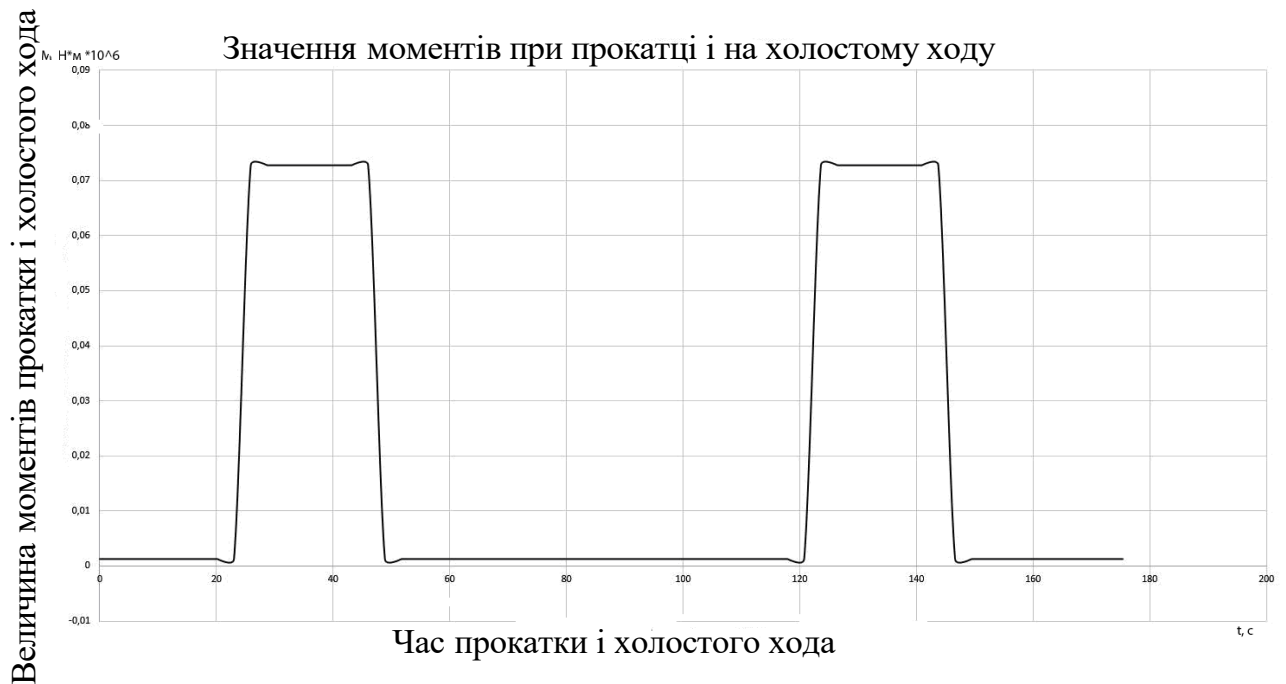


Рисунок 2.1 - Діаграма значень моментів при прокатці

Таблиця 2.1 - Значення моментів при прокатці

Момент, Н / м	Кліть 2
$M_{\text{пр}}$	$0,0727 \cdot 10^6$
$M_{\text{хх}}$	$0,0012 \cdot 10^6$

2.1.3 Попередній вибір двигуна

Потужність приводного двигуна кліті №2 визначається [3]

$$P_n = (M_{np} + M_{rp}) \cdot \omega_n \cdot \sqrt{\frac{E_{фак}}{E_{ст}}} =$$

$$= (0,07 \cdot 10^6 + 0,0015 \cdot 10^6) \cdot 33,5 \cdot \sqrt{\frac{0,36}{4}} = 717 \text{ кВт},$$

де ω_n - кутова швидкість обертання робочих валків;

$$E_{фак} = \frac{t_p}{T_{ц}} = \frac{27}{75} = 0,36;$$

$$E_{ст} = 4.$$

Двигун вибирається по каталогу [4] з серії 4П, керуючись даними P_n , n_n , p_{max} . Вибирається двигун незалежного збудження типу 4П-450-38-800 - УЗ, умови вибору представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні показники двигуна

max , 1/с	100,5
$\omega_{дв}$, 1/с	33,5
Розрахунок P_n ,кВт	717
Паспорт P_n ,кВт	800

2.1.4 Перевірка двигуна по нагріванню, розрахунок і побудова струмової діаграми

Для перевірки двигуна по нагріванню скористаємося методом еквівалентного струму. Для знаходження еквівалентного струму необхідно перерахувати навантажувальну діаграму.

Перерахунок проводиться за рівнянням:

$$I = \frac{M}{C_n}.$$

де C_n - поточне значення постійної двигуна.

$$C_n = k\Phi = \frac{U_n - I_n \cdot R_{я}}{\omega_n} = \frac{600 - 1460 \cdot 0,0017}{33,5} = 17,83 \text{ В} \cdot \text{с},$$

де U_n , I_n , ω_n , - відповідно номінальні значення напруги, струму, швидкості двигуна;

$R_{я}$ - опір якірного ланцюга двигуна в нагрітому стані

$R_{я} = 0,0017 \text{ Ом}$;

ω - кутова швидкість прокатки.

Струм двигуна при прокатці визначається як:

$$I_{пр} = \frac{M_{xx} + M_{пр} + M_{тр}}{C_n} = \frac{0,0727 \cdot 10^6}{17,83} = 1152 \text{ А.}$$

Струм двигуна при роботі на холостому ході визначається як:

$$I = \frac{M_{xx} + M_{тр}}{C_o} = \frac{0,0012 \cdot 10^6 + 0,0015 \cdot 10^6}{17,83} = 21,2 \text{ А.}$$

Результати розрахунків зведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Паспортні дані двигуна

№	Технічна характеристика	Одиниця виміру	Двигуни клітей 1-6
1	2	3	4
1	Тип двигуна	-	4П-450-38-800 - УЗ
2	Номінальна потужність при ТВ=100%	кВт	800
3	Номінальна частота обертання	об/хв	320
4	Максимальна частота обертання	об/хв	960
5	Номінальна напруга якоря	В	600
6	Струм кола якоря при ТВ=100%	А	1460
7	Максимально допустимий струм	А	2300
8	Перевантаження	-	1,6
9	Швидкість наростання струму (максимальна) dl/dt	-	200 I_n
10	Напруга збудження	В	220
11	Струм збудження	А	28
12	Клас нагрівостійкості	-	В
13	ККД	-	92,5
14	Область регулювання частоти обертання: - зміною якірної напруги - ослабленням поля	об/хв. об/хв	100-320 320-960

15	Опір якоря	Ом	0,0017
16	Номинальна індуктивність якоря	мГн	0,0654
17	Допустима пульсація струму	%	15
18	Маса двигуна (в зборі)	т	13,61
19	Діаметр колектора	мм	650
20	Мінімально допустимий діаметр колектора	мм	625
21	Кількість траверс на двигун	шт.	8
22	Число щіток на траверсу	шт.	6
23	Розміри щіток	мм	(2x12,5) x32x40
24	Гранична залишкова висота щіток	мм	14
25	Число двигунів даного типорозміру в лінії стану	шт.	6

Таблиця 2.4 - Розрахунок струмів двигуна

Струм, А	Кліть 1
I _{пр}	1152
I _{хх}	21,2

За отриманими значеннями струмів двигуна на рис. 2.3 побудована струмово-швидкісна діаграма для кліті №2.

Еквівалентний струм за цикл визначиться як:

$$I_n \geq I_e = \sqrt{\frac{I_{пр}^2 \cdot t_{пр} + I_{хх}^2 \cdot t_{хх}}{T_{ц}}} = \sqrt{\frac{1152^2 \cdot 27 + 21,2^2 \cdot 75}{75}} = 691 \text{ А.}$$

На підставі таблиці 2.4 можна зробити висновок, що обрані двигуни проходять по нагріванню так як еквівалентний струм за цикл не перевищує номінального струму двигуна.

2.1.5 Вибір і опис типу перетворювача

Найважливішим завданням проектування є вибір приводного двигуна. Крім вибору двигуна по потужності необхідно також врахувати режим роботи електроприводу, спосіб збудження (для двигунів постійного струму),

номінальну напругу двигуна, номінальну і максимальну швидкості обертання двигуна.

Вибрано двигун постійного струму серії 4П. Двигуни цієї серії відрізняються підвищеною перевантажувальною здатністю і низькою номінальною швидкістю, що дозволяє використовувати їх без додаткових передавальних пристроїв.

Прокатні двигуни постійного струму можуть отримувати живлення від тиристорного перетворювача. Передбачається живлення двигуна від тиристорного перетворювача з 12-пульсною схемою випрямлення.

Потужність вентиляльної групи «Назад» становить 30-50% від потужності вентиляльної групи «Вперед», через меншу потужність створювану при гальмуванні стану і тривалості роботи вентиляльної групи «Назад».

Для управління вентиляльними групами тиристорного перетворювача доцільно застосовувати роздільне управління групами «Вперед» і «Назад». При цьому час паузи, що з'являється при цьому способі управління, природно, не може впливати на технологічний процес прокатки, так як в робочому режимі робочі валки обертаються тільки в одну сторону - у напрямку прокатки. Основна перевага роздільного управління перед спільним управлінням тиристорного перетворювача полягає у відсутності необхідності застосування дроселів для обмеження величини зрівняльного струму. Крім того, знижується ймовірність прориву інвертора, так як вентиляльна група в режимі інвертора відкривається тільки на період рекуперативного гальмування.

Роздільне управління тиристорними вентиляльними групами дозволяє повніше використовувати запас по напрузі перетворювача, так як випрямні групи перетворювача можна відкривати з мінімальним кутом

Завдяки цим перевагам тиристорні перетворювачі з роздільним керуванням набули широкого поширення. Автоматизований електропривод постійного струму з тиристорними перетворювачами в даний час є основним типом промислових регульованих приводів.

При роздільному управлінні тиристорного перетворювача з'являється зона переривчастих струмів. Вона сприяє різкому збільшенню динамічної просадки швидкості двигуна при набірні навантаження, погіршується керованість тиристорного перетворювача при малих токах. Всім вищевказаним в цьому пункті вимогам повністю задовольняє тиристорний перетворювач серії ТПЧ.

2.1.6 Вибір тиристорного перетворювача для живлення якірного кола двигуна

Для приведення в обертання робочих валків клітей №2 і №3 застосовується двигун постійного струму типу 4П-450-38-800 - У3. Технічні дані двигуна наведені в клієнтському формулярі (табл. 2.3). На підставі технічних умов на розробку і номінальних даних двигуна вибираємо з каталогу тиристорний перетворювач серії ТПЧ відповідно до співвідношеннями:

$$U_{dn} \geq U_{ня} = 600 \text{ В};$$

$$I_{dn} \geq I_{ня} = 1460 \text{ А};$$

$$I_{dn} \geq I_{ня} \cdot \lambda / \lambda_{mn} = 1460 \cdot \frac{2,5}{2,25} = 1622$$

Де $\lambda_{mn} = 2,25$ - - перевантажувальна здатність тиристорного перетворювача при тривалості перевантаження 10 с.

$$E_{d0} = 1,35 \cdot U_{2л} = 1,35 \cdot 600 = 810 \text{ В} - - \text{максимальна ЕРС ТП при } \alpha = 0;$$

Коефіцієнт посилення тиристорного перетворювача визначимо за формулою:

$$K_{III} = \frac{\Delta E_d}{\Delta U_y} = \frac{810}{8} = 101,25$$

Виходячи з вищевказаного вибираємо тиристорний перетворювач серії ТПЧ, який є пристроєм перетворення змінного струму в постійний і

призначений для живлення двигунів постійного струму. Всім вищевказаним умовам відповідає тиристорний перетворювач типу ТПЧ-800-1,0.

Випрямлячі серії ТПЧ є статичними пристроями перетворення змінного струму в постійний і призначені для живлення двигунів постійного струму. Технічні дані перетворювача представлені в таблиці 2.4

Випрямлячі призначені для тривалого режиму роботи, але допускають роботу в повторно-короткочасному режимі і здатні витримувати циклічні перевантаження.

Випрямляч серії ТПЧ є статичним пристроєм перетворення змінного струму в постійний і призначені для живлення двигунів постійного струму. Випрямляч - реверсивний з роздільним керуванням, схема трифазна мостова з паралельним з'єднанням мостів.

Управління випрямлячем здійснюється системою управління, яка забезпечує:

- фазування СІФУ відповідно до групи з'єднання силового живильного трансформатора; електричних кутів при зміні керуючого сигналу від +8 В до -8 В;°
- плавну зміну кута управління в діапазоні від 0 до 170 градусів;
- роздільне управління групами реверсивного тиристорного перетворювача;
- вирівнювання струмів паралельно з'єднаних випрямних мостів з розбалансом струмів не більше 5% від середнього значення струму моста.

Таблиця 2.4 - Паспортні дані перетворювача

1	2	3	4
1	Тип	-	SINAMICS DS MASTER 6RA8095-4GS22-OAAO
2	Номінальна потужність при ТВ=100%	кВт	1380
3	Номінальний струм	А	2000

4	Номінальний вхідний струм якоря	А	1660
5	Номінальна напруга живлення ланцюга якоря	В	575 3 АС (+10/-20 %)
6	Номінальна напруга живлення, харчування блоку електроніки	В	380 (-25 %) ... 480 (+10 %) 2 АС; I _n = 1 А или 190 (-25 %) ... 240 (+10 %) 2 АС; I _n = 2 А
7	Номінальна напруга живлення вентилятора	В	400 В 3 АС ± 10 % (50 Гц) 460 В 3 АС ± 10 % (60 Гц)
8	Номінальний струм вентилятора	А	0,3 1
9	Номінальна частота	Гц	45 ... 65
10	Номінальна напруга DC	В	690
11	Перевантажувальна здатність	x I _n	1,8
12	Втрати потужності при номінальному струмі DC	кВт	7,07
13	Номінальна напруга струму DC ланцюга збудження	В	Макс. 390
14	Номінальний струм DC ланцюга збудження	А	40
15	Нормальна температура навколишнього середовища під час роботи	° С	0 ... +40

2.1.7 Введення в експлуатацію в покроковому режимі

Введення даних двигуна. У наступних параметрах повинні вводитися дані двигуна згідно з його табличних даних (див. розділ «Захист двигуна постійного струму від теплових перевантажень » і « Обмеження струму в залежності від частоти обертання »):

p50078[0]	400	Номінальна вхідна напруга якоря
p50078[1]	400	Номінальна вхідна напруга збудження
p50101 [D]	600	(в Вольтах)
p50102 [D]	28	Номінальний струм кола збудження (в Амперах)
p50104 [D]	320	Частота обертання n1 (в об / хв)
p50105 [D]	1460	Струм якоря I1 (в Амперах)
p50106 [D]	960	Частота обертання n2 (в об / хв)
p50107 [D]	820	Струм якоря I2 (в Амперах)
p50109 [D]	1	Діє обмеження струму по частоті обертання

2.1.8 Дані для реєстрації фактичних значень частоти обертання

Експлуатація з аналоговим тахометром ТМГ 30П

p50083 [D] 1= Фактичне значення частоти обертання надходить з каналу «Головне фактичне значення» (r52013) (Клеми ХТ.103, ХТ.104)

p50741 [D] 55,2 Напруга тахогенератора при максимальній частоті обертання (- 270,00 В до +270,00 В) Примітка: встановлене тут значення визначає повну частоту обертання для регулювання частоти обертання.

r2000- 960 Частота обертання в об / хв при напрузі тахогенератора, встановленому на p50741 [0] Примітка 1: параметр r2000 служить для перерахунку «фізичної частоти обертання »(об / хв) в« відносну частоту обертання »(%) і навпаки. Такий перерахунок необхідний для: введення заданого значення частоти обертання через панель управління в STARTER; введення заданого значення частоти обертання через робоче вікно на АОР30; розрахунки відображаються значеннями r020, r021, r060 і r063 Примітка 2:

параметр r_{2000} , а також параметри r_{020} , r_{021} , r_{060} і r_{063} не залежать від блоку даних. Тому фізична частота обертання може правильно відобразитися тільки для одного блоку даних (DDS).

2.1.9 Вибір струмообмежувального реактора

Вибір тиристорного перетворювача для живлення обмотки якоря та обмотки збудження проводиться з каталогу [28] за номінальними даними прокатних електродвигунів відповідно до співвідношень:

1) Данні кола якоря:

$$U_d \geq \alpha \cdot U_{\text{в.ном}} = \alpha \cdot 690 \text{ В};$$

$$I_{\text{дн}} \geq I_{\text{н.в.}} = 1460 \text{ А},$$

де $U_{\text{дв}}$ - номінальне випрямлення напруги перетворювача. В;

α - коефіцієнт форсування;

$I_{\text{дв}}$ - номінальний випрямлений струм, А.

2) Данні кола збудження:

$$U = 400 \text{ В};$$

$$I = 28 \text{ А},$$

Запас по напрузі, який забезпечує коефіцієнт форсування, необхідний для того, щоб у всіх робочих режимах приводу магнітний потік залишався постійним для забезпечення оптимального перехідного процесу, що є обов'язковою вимогою до електроприводу прокатних станів гарячої прокатки, особливо, до приводів безперервних підгруп.

Для додаткового захисту системи збудження від коливань напруги живлення тиристорний збудник підключається до індивідуального джерела

живлення в трифазну мережу 380В, 50Гц, через струмообмежувальним реактор.

Струмообмежувальним реактор типу РТСТ-10-1600-0,35 У3, з номінальними даними Коефіцієнт форсування, який може бути забезпечений даними перетворювачем визначиться як , $600 = 810 \text{ В} \cdot \text{де } U_d = 1,35$. Така величина коефіцієнта форсування повинна забезпечити достатній запас по напрузі для всіх режимів роботи приводу.

Принципова схема перетворювачів збудження і живлення якоря представлена на рисунку. 2.2. Комутаційний дросель (1) в колі збудження розраховується на номінальний струм збудження двигуна. Комутаційний дросель (2) в колі живлення якоря розраховується на номінальний струм якоря двигуна. Змінний струм дорівнює 0,82 від постійного струму.

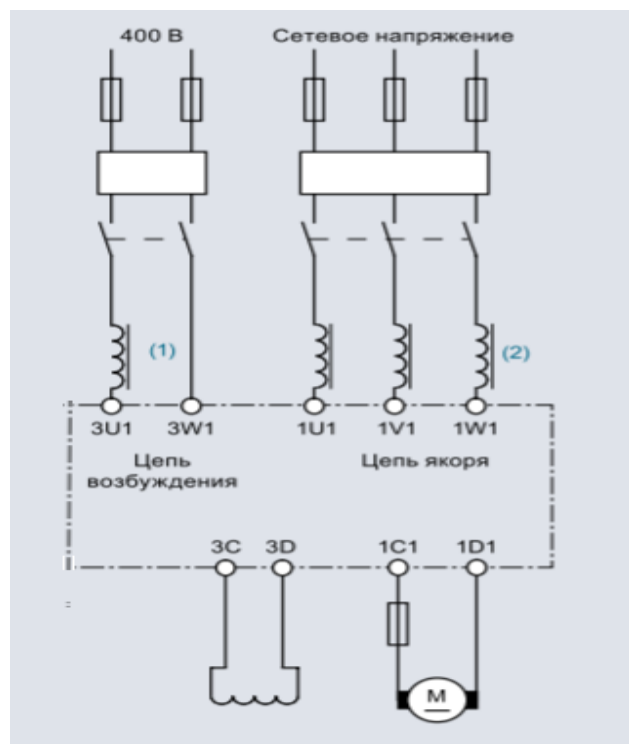


Рисунок 2.2 Принципова схема силової частини системи живлення обмотки збудження і якоря двигуна.

Таблиця 2.5 Комутаційний дросель кола якоря.

№	2	3	4
1	Тип	-	6RX1800-4KK04
2	номінальний змінний струм	A	1245

3	Індуктивність	мГ н	0,041
4	Втрати в міді	Вт	505,2
5	Загальні втрати	Вт	845,7
6	Номінальна. струм короткого замикання (SCCR)	кА	75 (200 мс)
7	вага	кг	169,7
8	Номінальна напруга ізоляції	В	1000

Таблиця 2.6 Комутаційний дросель кола збудження.

№	2	3	4
1	Тип	-	6RX1800-4DK01
2	номінальний змінний струм	А	25
3	Індуктивність	мГ н	1,158
4	Втрати в міді	Вт	30,8
5	Загальні втрати	Вт	53,2
6	Номінальна. струм короткого замикання (SCCR)	кА	5,0(20 мс)
7	вага	кг	4,4
8	Номінальна напруга ізоляції	В	600

2.1.10 Функціональна схема системи управління перетворювачем

Спрощена функціональна схема системи управління, яка реалізована в перетворювачі Sinamics DCM, представлена на рис. 2.3

В основі побудови системи управління лежить принцип підпорядкованого регулювання координат [1], [2], [4]. Система має два залежних канала управління по колу якоря з реверсивним тиристорним перетворювачем ТПЯ і по колу збудження з перетворювачем ТПВ. За рахунок наявності двох каналів управління в перетворювачі реалізована двозонна система регулювання швидкості, яка в першій зоні регулює

швидкість двигуна за рахунок зміни напруги на якорі при сталості магнітного потоку, а в другій зоні підвищення швидкості виробляється шляхом ослаблення магнітного потоку при сталості ЕРС.

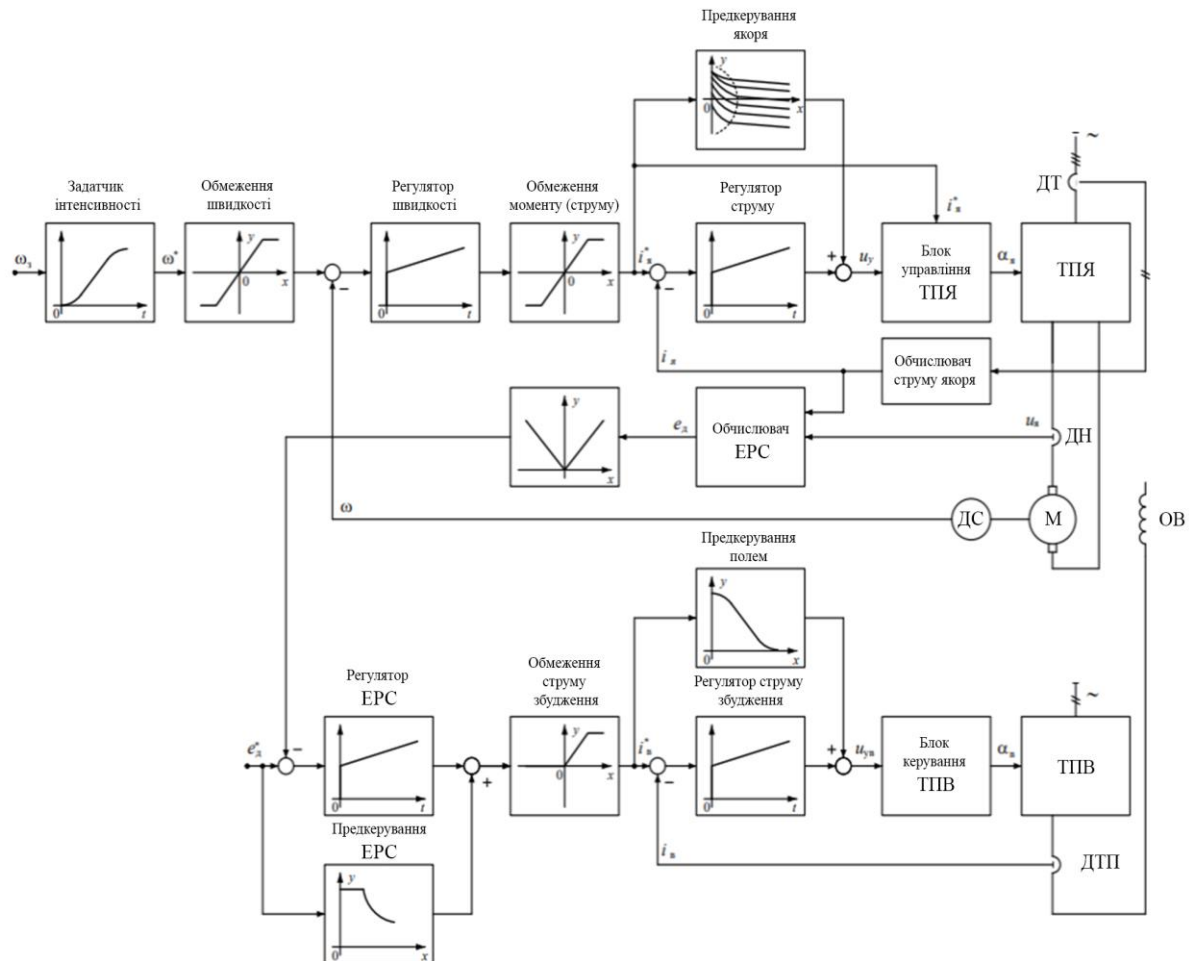


Рисунок 2.3 Функціональна схема системи управління перетворювачем Sinamics

Для керування швидкістю через напругу якорного кола використовується двоконтурна система автоматичного регулювання. Зовнішньому контуру регулювання швидкості підпорядкований внутрішній контур регулювання струму якоря з пропорційно-інтегральним регулятором. Сигнал зворотного зв'язку за струмом якоря надходить через вимірювальні трансформатори струму (ДТ), які встановлені на вході перетворювача.

Сигнал зворотного зв'язку за швидкістю може надходити з аналогового тахогенератора або імпульсного датчика швидкості (ДС).

За замовчуванням перетворювач Sinamics реалізує двократноінтегруючу систему регулювання швидкості з пропорційно-інтегральним (ПІ) регулятором швидкості. При необхідності можна реалізувати і однократноінтегруючу систему регулювання швидкості з пропорційним регулятором швидкості. Обмеження струму якоря і моменту забезпечується ланкою, встановленою на виході регулятора швидкості. Перед регулятором швидкості встановлено задавач інтенсивності, який обмежує швидкість наростання сигналу завдання на швидкість, що призводить до обмеження динамічного струму двигуна. Управління напругою збудження здійснюється двоконтурною системою автоматичного регулювання збудження. Внутрішнім контуром системи регулювання збудження є контур струму збудження з пропорційно - інтегральним регулятором. Сигнал зворотного зв'язку за струмом збудження надходить з датчика струму (ДТВ), встановленого в колі обмотки збудження (ОВ). Зовнішній контур системи регулювання збудження являє собою контур регулювання ЕРС з пропорційно-інтегральним регулятором. Сигнал зворотного зв'язку надходить з обчислювача ЕРС, на який подаються сигнали струму і напруги якоря. Розглянемо більш докладно найбільш важливі елементи системи регулювання швидкості електроприводу з перетворювачем Sinamics, починаючи з внутрішнього контуру. Для цього використовуємо функціональні схеми, які наводяться в технічній документації.

2.1.11 Підключення перетворювача SINAMICS DC Master

На рис. 2.4 приведена принципова електрична схема силової частини електроприводу, до складу якого входять двигун (М1) постійного струму незалежного збудження і напівпровідниковий перетворювач постійного струму (Sinamics) для живлення обмоток якоря і обмотки збудження.

Перетворювачем обмотки якоря є двокомплектний тиристорний випрямляч з роздільним керуванням. Кожен комплект випрямляча виконаний за трифазною мостовою схемою. На вході випрямляча встановлені струмообмежуючі реактори.

Перетворювач обмотки якоря отримує живлення від трифазної мережі змінного струму з напругою 380 В. Напруга живлення на тиристорний перетворювач якірного кола подається через автомат QF1 і контактор K1.

Для обмотки збудження використовується несиметричний однофазний однокомплектний перетворювач з напругою живлення 380 В.

Так само як і для якірного кола, подача напруги на схему випрямлення здійснюється послідовним включенням автомата QF1 і контактора K1. Кола системи управління електроприводу живляться від мережі змінного струму з напругою 380 В. Напруга подається контактором K2.

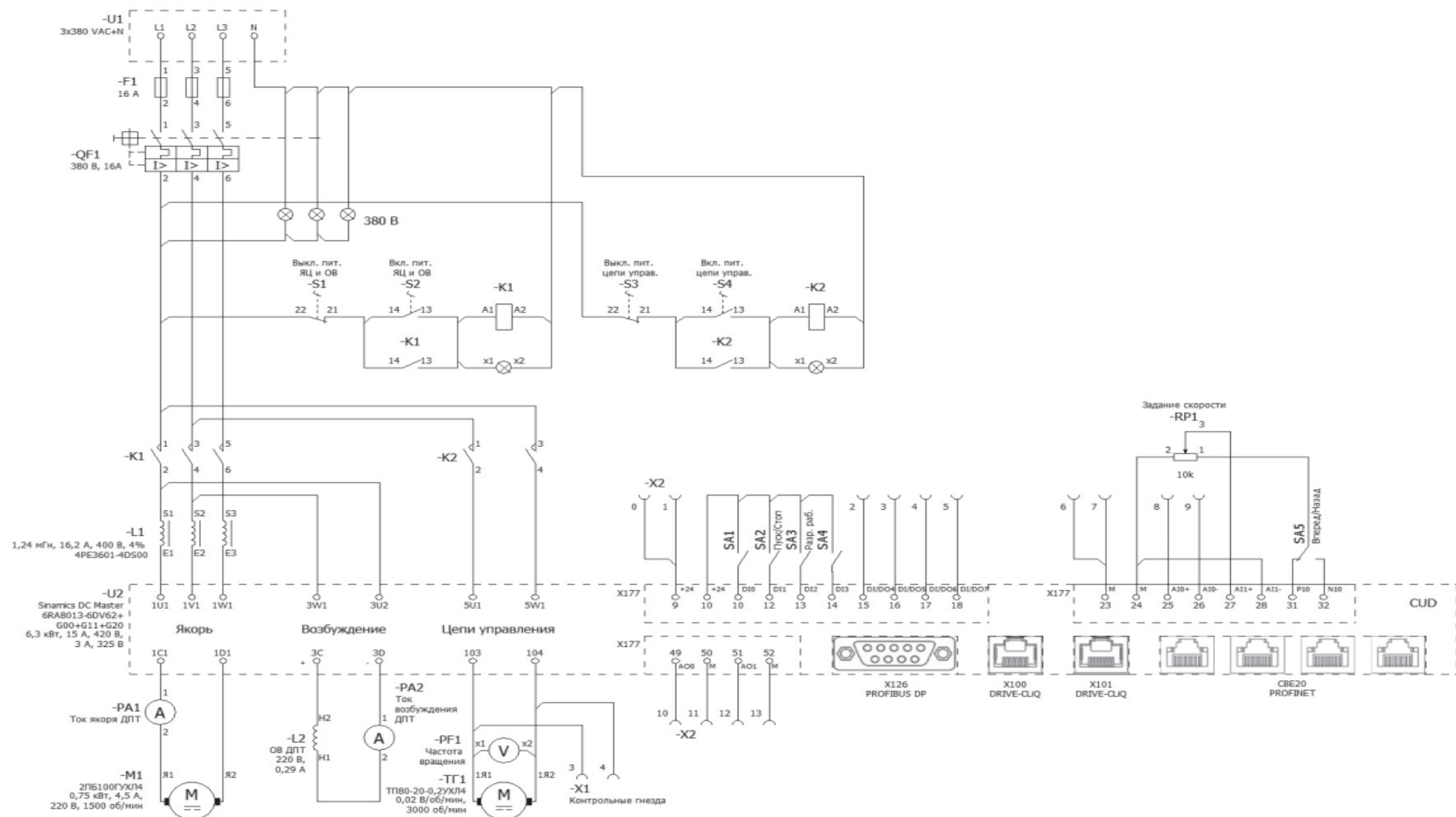


Рисунок 2.4. Схема підключення перетворювача SINAMICS DC Master

2.1.12 Система узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»

Підвищення надійності прокатки за допомогою виключення силового взаємозв'язку в міжклітьовому проміжку і мінімізації натягу або підпору в процесі прокатки із змінним зазором горизонтальних валків забезпечується за рахунок того, що при зміні зазору валків здійснюють регулювання швидкості електроприводу валків третьої кліті пропорційно збільшенню лінійної швидкості металу на вході в другу кліть.

Необхідне забезпечення прокатки з мінімальним натягом або підпором в універсальних клітях.

При зменшенні міжвалкового зазору, внаслідок відставання швидкості металу на вході третьої кліті від швидкості металу на виході з другої, порушується умова сталості секундного обсягу металу в міжклітьовому проміжку. Це призводить до виникнення неконтрольованого підпору або натягу прокату. Виникнення неконтрольованих зусиль призводить до порушення технологічного режиму прокатки і може мати аварійні наслідки.

Формування головної і кінцевої ділянок змінної товщини по довжині здійснюється за рахунок переміщення натискних пристроїв. Зменшення зазору при прокатці головної ділянки призводить до зменшення швидкості руху металу на вході в кліть (відставання). При спільній прокатці в другій та третій кліті це призводить до порушення рівності секундних обсягів металу на виході з другої кліті і на вході в третю кліть, тобто порушується умова сталості обсягу металу в міжклітьовому проміжку.

При переміщенні натискних пристроїв вниз це викликає виникнення підпору третьої кліті .

Виникнення підпору при спільній прокатці є неприпустимим, тому що призводить до зниження стійкості прокату в валках і виникненню аварійних ситуацій. В результаті знижуються надійність роботи обладнання і точність геометричних розмірів на кінцевих ділянках прокату.

Технічним завданням є розробка системи узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей з метою ліквідації підпору другої кліті, викликаного неузгодженістю швидкостей металу на виході з другої кліті і на вході в третю кліть в динамічному режимі при переміщеннях натискних пристроїв в процесі прокатки.

Функціональну схему запропонованої системи узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш» зображено на рисунку 2.5. На цій схемі зображені друга і третя прокатні кліті з приводними двигунами М2 і М3, які живляться відповідно від керованих перетворювачів ТП2 і ТП3. Швидкість обертання валків прокатних клітей вимірюються тахогенераторами ТГ2 і ТГ3, а зазори між верхніми і нижніми валками клітей – датчиками положення ДП2 і ДП3.

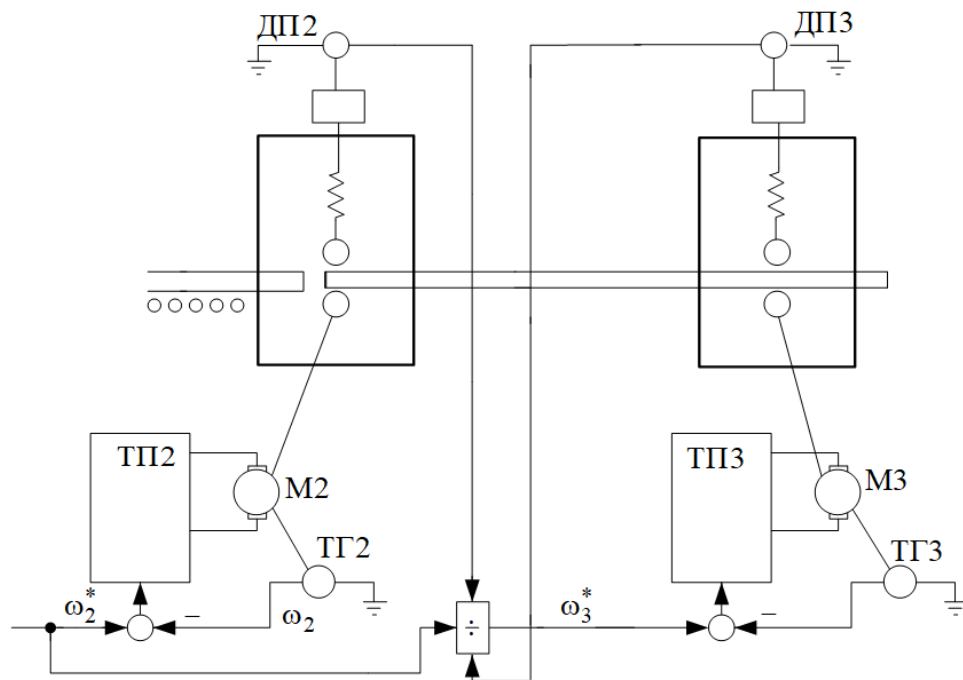


Рисунок 2.5 Функціональна схема системи узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей стану 400 ТОВ НВО «Дніпрофмаш»

На вхід електроприводу другої кліті подається сигнал ω_2^* завдання на швидкість обертання валків цієї кліті, де він порівнюється з сигналом ω_2

поточного значення цієї швидкості. Сигнал ω_3^* завдання на швидкість обертання валків третьої кліти формується відповідно до формули

$$\omega_3^* = \frac{U_{PP2}}{U_{PP3}} \omega_2^*$$

де U_{PP2} і U_{PP3} - сигнали вимірювання зазору між верхніми і нижніми валками клітей.

Очікуваними результатами є зниження числа аварійних ситуацій за рахунок підвищення стійкості металу в валках, точності геометричних розмірів прокату за рахунок забезпечення рівності секундного обсягу металу в міжклітьовому проміжку. Технічний результат може бути досягненим тим, що у відомому способі узгодження швидкостей другої третьої клітей стану 400 ТОВ НВО прокатного стану, що складається з послідовно розташованих клітей, згідно з яким для електроприводу кожної кліти задають і вимірюють значення кутових швидкостей валків (прокатки), при цьому в режимі вільної прокатки металу в другої кліти до захоплення металу валками третьої кліти швидкість електроприводу валків третьої кліти встановлюють відповідно до приведеної вище залежності.

Це дозволяє ліквідувати підпір валків другої кліти через метал, що виникає при зменшенні зазору між валками третьої кліти в процесі прокатування. Ліквідація підпору забезпечує сталість секундного обсягу металу в міжклітьовому проміжку між другою і третьою кліттю. В результаті збільшується точність геометричних розмірів прокату, і знижується ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Висновок

Моя кваліфікаційна робота довела, що електромеханічна система узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей можливе. Розрахунками, вибором двигуна та перетворювача доведено, що система узгодження дозволяє проходити заготівці без перешкод та поломок стану 400 ТОВ НВО.

3. Охорона праці

3.1 Загальні положення

В даному проекті розглядається електропривод прокатної кліті безперервно-заготівельного стану 400 ТОВ НВО.

Прокатна кліть є основним пристроєм безперервно-заготівельного табору, так як в ній здійснюється прокатка металу. Заготівля на кліть подається з рольганга.

Після входження заготовки в кліть здійснюється прокатка між двома валками прокатної кліті, з подальшою видачею розкату на рольганг. Привід здійснюється від одного електродвигуна, встановленого в становому прольоті, через двошвидкісний комбінований редуктор і зубчасті шпинделі.

Роботи, що виконуються при установці і подальшої експлуатації електроприводу прокатної кліті умовно можна розділити на наступні групи:

- монтаж електроприводу;
- настройка електроприводу;
- роботи з технічного обслуговування електроприводу;
- роботи з усунення аварій електроприводу.

Крім того, проводяться планово попередні ремонти електроприводу, виконувані одночасно в термін ремонту типового технічного обладнання по який складається план графіками.

3.2 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників

При виконанні робіт на промисловому підприємстві постійно пов'язана з наявністю деяких небезпечних і шкідливих факторів.

До небезпечної групи чинників при виробництві пуско-налагоджувальних робіт електроприводу відносяться:

- 67 - ураження електричним струмом;
- отримання опіків;
- отримання механічної травми.

Причини ураження електричним струмом:

- 1) випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою;
- 2) поява напруги на металевих конструктивних частинах електрообладнання (корпусах, кожухах тощо) в результаті пошкодження ізоляції та інших причин;
- 3) поява напруги на відключених струмовідних частинах, на яких працюють люди, внаслідок помилкового включення установки;
- 4) виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю.

Основними шкідливими факторами є:

- запиленість (окалина);
- шум і вібрація від виробничих механізмів;
- відхилення параметрів мікроклімату;
- недостатня освітленість.

Проходячи через організм людини електричний струм надає термічне, електролітичне і біологічне вплив. Як показали дослідження, пил прокатних станів полягає в основному з оксидів заліза Fe_2O_3 з домішкою інших речовин: оксиду кремнію Si_2O_3 , марганцю Mn_2O_7 і інших елементів.

Розмір частини пилу в прокатному цеху коливається в широких межах: великі фракції 5-10 мкм швидко осідають, а дрібні частинки розміром від 10 до 0.1 мкм і менше тривалий час перебувають в повітрі, що шкідливо для організму людини.

Найбільш високий вміст пилу в становому прольоті і на складі готової продукції. При відсутності вентиляції концентрація пилу в повітрі безперервно-заготівельного стану безпосередньо у робочих клітей становить 68 187-2420 мгм / м³ . На складі готової продукції концентрація пилу становить 20-40 мгм / м³ . Загальний викид пилу від всіх джерел пилоутворення становить близько 200 г / т товарного прокату. Гранично допустима концентрація шкідливих речовин рекомендується [10]. Фактична запиленість становить 15.9 - 20 мг / м³ , ГДК становить 10 мг / м³ . У

прокатному цеху працюють електроприводу великої потужності, які працюють при напрузі 220-6000 В і струмі до 10000 А.

Тому вони є джерелами підвищеної небезпеки при відсутності заземлення, яке регламентовано [3], пошкодженні ізоляції силових кабелів.

3.3 Техніка безпеки

Так як в приміщенні цеху, де розташований даний електропривод, можливі одночасні дотики людини до з'єднаних з землею металоконструкцій будинків, технологічних апаратів, механізмів 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 і передбачає:

Категорія приміщення по електробезпеки 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 килимок 70
- ізолююча підставка
- ізолюючі ковпаки і накладки
- штанги для вирівнювання і перенесення потенціалу
- ізолюючі склопластикові (діелектричні) драбини і приставні сходи.

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 кошти захисту, для електроперсоналу це такі, як:

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

Важливим заходом, що забезпечує електробезпека обслуговуючого персоналу, є захисне заземлення металевих, неструмопровідних частин електрообладнання приводу, які можуть опинитися під напругою в випадку пошкодження ізоляції електродвигуна, апаратів управління, мереж.

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 пожежобезпеці відносяться до зони класу П-Па - приміщення, в яких звертаються тверді горючі речовини. 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 неелектричного характеру є:

- порушення технологічного режиму;

- самозаймання промислової дрانتя 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-22-4720-80;
- 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.

3.5 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 сталеву 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.

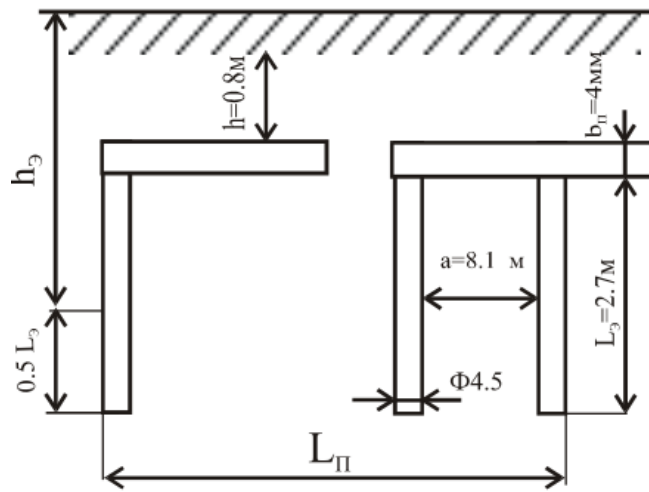


Рисунок 4.1 – Схема пристрою захисного заземлення.

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:

$$R_e = \frac{0,366 \cdot \rho}{L_e} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot L_e}{d_e} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot h_e + L_e}{4 \cdot h_e - L_e} \right) =$$

$$= \frac{0,366 \cdot 130}{2,7} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 2,7}{0,045} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 2,15 + 2,7}{4 \cdot 2,15 - 2,7} \right) = 95,5 \text{ Ом},$$

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.

3.6 Розрахунок штучного освітлення цеху

Для розрахунку рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні основним є метод коефіцієнта використання (метод світлового потоку), враховує світловий потік, відбитий від стелі і стін.

Потрібних потік ламп в кожному світильнику розраховується за виразом [17]:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{мін}} \cdot S \cdot z \cdot K}{N \cdot \eta},$$

де $E_{\text{мін}}$ - нормована мінімальна освітленість, лк;

K - коефіцієнт запасу (1,1 -1,5);

S - освітлювана площа, м²;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, рівний відношенню Есер/Емін, значення якого для другорозрядних ламп ДРЛ дорівнює 1,1;

N- число світильників в приміщенні;

η - коефіцієнт використання світлового потоку ламп, залежить від ККД і кривої розподілу сили світильника, коефіцієнта відображення стелі і стін, висоти підвісу світильників і індексу приміщення, що враховує вплив форми приміщення на розподіл світлового потоку.

Значення коефіцієнта використання світлового потоку визначається по [17]. Індекс приміщення (характеризує співвідношення розмірів освітлюваного приміщення і висоти підвісу світильників в ньому):

$$i_n = \frac{H \cdot L}{h_p \cdot (H + L)},$$

де H=30 м - ширина освітлюваного приміщення;

L=150 м - довжина приміщення;

h_p=12 м - висота світильників над робочою поверхнею.

Округляємо i_n=2,083 до значення 2 [17].

Коефіцієнт запасу для приміщень K=1,5.

Коефіцієнт використання світлового потоку ламп з відбивачем η=0,85

$$\Phi_n = \frac{300 \cdot 4500 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{50 \cdot 0,85} = 48500 \text{ лм.}$$

Розраховував підбираємо [17] світильник, обладнаний стандартною лампою ДРЛ, P=1000 кВт, U=220 В, світловий потік Фл=50000 лм.

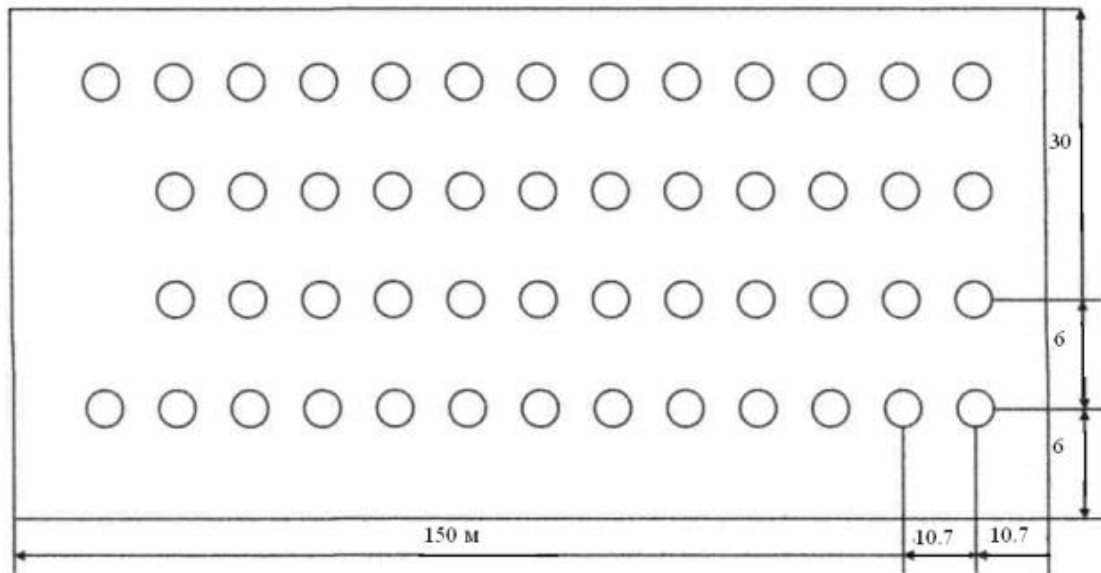


Рисунок 1 - Схема розташування світильників

В якості заходів, що виключають вплив шкідливих чинників на робочих основних професій необхідно:

- очистити від бруду і пилу світлові прорізи;
- замінити металеві листи, на ліхтарях промислових корпусів, на скло;
- очистити від бруду і пилу освітлювальну апаратуру;
- своєчасно робити заміну згорілих ламп.

3.7 Розрахунок кондиціонування

Аерація – організований природний повітрообмін гравітаційного (теплого) і вітрового тиску, який використовується для досягнення параметрів повітря робочої зони і відповідає санітарно-гігієнічним нормам СН 245-71 та ГОСТ 12.1.005-88. Аерацію рекомендовано використовувати у виробництві, де не потрібна попередня обробка приточного зовнішнього повітря, при концентрації пилу та шкідливих речовин, які в приточному повітрі не перевищують допустимих норм у робочій зоні.

Використання аерації в цехах металургійних підприємств має народногосподарське значення. Умовами ефективної роботи аерації являється правильне планування будівель з чергуванням гарячих та холодних прольотів, розміщення витяжних пристроїв під джерелами тепловиділень, регулювання системи аерації в залежності від зовнішньої температури повітря і напрямку вітру, а також достатня площа аераційних отворів та їх раціональна конструкція.

При підборі схеми аерації та типу ліхтаря повітряний тиск не враховується. Вибір типу ліхтаря залежить від повітрообміну в цеху, вимог економіки, освітленості та експлуатаційних умов аерації. В даній роботі і ліхтар типу КТИС, вибрано як найбільш економічний по витратам метала та коштів.

Витяжні стулки –зверху підвісні подвійні.

Орієнтована висота ліхтаря – 26м.

Кількість повітря, необхідного для асиміляції тепловиділень та забезпечення нормальної температури в робочій зоні, яке надходить через приточні отвори та одночасно через примикаючий холодний отвір

$$L_1 = \frac{a \cdot m \cdot Q}{(T_{pz} - T_n) \cdot c \cdot \rho_n} + (1 + m)K,$$

де $a=1,04$ – коефіцієнт, який враховує висоту розміщення приточних отворів від підлоги;

$Q=0,8$ – кількість тепла, яке надходить в приміщення від технологічного обладнання і нагрітого металу; $Q=0,8 \cdot g \cdot V$, де $g =0,116$ кВт/м³ – величина питомого тепловиділення при об'ємі прокатного цеха більш ніж 250 т.м³;

V – об'єм приміщення, м³ ;

$$Q = 0,8 \cdot 0,116 \cdot 738437 = 68526,95 \text{ кВт};$$

$m=0,4$ – дослідний коефіцієнт виділення тепла в робочу зону;

T_{pz} – температура повітря в робочій зоні, К;

T_z – температура зовнішнього повітря, яке надходить через отвори (для теплового періоду року і дорівнює середній температурі самого теплого місяця $t_z=378\text{K}$;

$$T_{pz}=T_v+\Delta t=378+5=383\text{K};$$

Δt – робоча різниця температур, яка приймається для гарячих цехів, згідно СН 245-71 і СНіП 33-75;

T_v – температура повітря виділеного через отвори аераційного ліхтаря

$$T_v=T_{pz}-(1-m)T_z/m=383-375(1-0,4)/0,4=390\text{ K};$$

c – теплоємність повітря;

ρ_z – густина зовнішнього повітря,

$$\rho_z = 353/T_z=0,934\text{ кг/м}^3;$$

$K = 72$ - м/с– кількість повітря, виділеного механічною вентиляцією,

$$L_1 = \frac{1,04 \cdot 0,4 \cdot 68526,95}{(383 - 378) \cdot 1 \cdot 0,934} + (1 + 0,4)720 = 6536,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Кількість нагрітого повітря, виділеного через витяжні отвори аераційного ліхтаря:

$$L_2 = \frac{a \cdot m}{(T_{pz} - T_n) \cdot c \cdot \rho_v} - K,$$

де ρ_v – густина виділеного повітря при середній температурі по висоті цеха, яка дорівнює:

$$T_{сер.}=0,5(T_{pz}+T_{вид})=0,5(383+390)=386,5\text{ K},$$

$$\rho_v = \frac{353}{T_{сер.}} = 0,913\text{ кг/м}^2.$$

Тоді

$$L_2 = \frac{68526,95 \cdot 0,4}{(383 - 378) \cdot 1 \cdot 0,913} - 720 = 58884,6 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Величина теплового нагріву

$$\Delta P = h/2 (\rho_H - \rho_B)g = 16/2(0,934 - 0,913)9,8 = 1,7 \text{ Па.}$$

Швидкість повітря у витяжних отворах аераційного ліхтаря:

$$W_1 = \sqrt{\frac{2h_1(\rho_H + \rho_B)g}{h_H}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8(0,934 + 0,913)9,8}{0,913}} = 1,89 \text{ м/с.}$$

Швидкість повітря в приточних отворах:

$$W_2 = \sqrt{\frac{2h_2(\rho_H + \rho_B)g}{\rho_B}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8(0,934 + 0,913)9,8}{0,934}} = 1,87 \text{ м/с.}$$

Площа приточних отворів із стулками, які відкриваються під кутом

$$\alpha = 45^\circ$$

$$F_1 = \frac{L_1}{M_1 \cdot W_1},$$

де M_1 – коефіцієнт втрат, $M_1 = (0,62 \div 0,65) \sin \alpha = 0,64 \cdot \sin 45^\circ = 0,445$,

$$F_1 = \frac{6536,3}{0,445 \cdot 1,87} = 7854 \text{ м}^2.$$

Площа приточних отворів із стулками, які відкриваються під кутом

$$\alpha = 30^\circ$$

$$F_2 = \frac{L_2}{M_2 \cdot W_2},$$

$$M_2 = 0,64 \cdot \sin 30^\circ = 0,33,$$

$$F_2 = \frac{5284,6}{0,33 \cdot 1,89} = 8472,9 \text{ м}^2.$$

Висновок. Техніка безпеки потрібна попре все для безпеки працівників та поліпшення умов праці. Це потрібно для збереження технологічного процесу та процесу всього підприємства.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Вступ

Метою даної кваліфікаційної роботи є узгодження швидкостей обертання валків другої та третьої клітей прокатного стану з ціллю запобігання випуску бракованої продукції.

Прокатні стани є високопродуктивними металургійними агрегатами, що визначають ефективність всього технологічного ланцюга прокатки до отримання готового продукту. У зв'язку з цим, їх системи управління повинні забезпечувати високу продуктивність і експлуатаційну надійність електричного і механічного обладнання. Тому узгодження швидкостей має важливу роль в прокатному виробництві.

У данній роботі вибрано двигуни подрібної потужності, тиристорний перетворювач і показано експлуатацію в покроковому режимі.

Розрахунки довели, що правильний вибір двиунів та правильно подане завдання на них,дають гарні результати в кінцевому виході продукту.

Для визначення розміру загальних витрат в проекті розраховано наступні економічні показники:

- капітальні вкладення;
- експлуатаційні витрати до складу яких входять:
- амортизаційні відрахування та втрати на електричну енергію.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні витрати розраховуються наступним чином:

$$K_{np} = K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{mzc} + Z_m + Z_n + Z_{np}$$

де $K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right)$ – вартість обладнання, тис. грн;

Z_{mzc} – транспортно-заготівельні і складські витрати, тис. грн;

Z_m – витрати на монтажну-налагоджувальні роботи, тис. грн;

Z_n – планові накопичення, тис. грн.

Z_{np} – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Розрахунок капітальних витрат наведено в таблиці 4.1 згідно даних заводів-виробників та представників ринку електрообладнання. [27] [29]

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат

п/п	Найменування технічних засобів	К-сть	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Перетворювач напруги SINANICS DS MASTER 6RA 8095-4GS22-OAAO	2	702 269	1 404 592

2	Двигун 4П 450 38 800	2	555 000	1 110 000
3	Вимикач ВА 55-43 2000А	2	42 992	85 984
4	Запобіжник FWJ-2000А	6	37 579	225 478
5	Блок живлення NDR-240-24	1	1 258	1 258
Всього				2 827 312

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

1. Відстані доставки устаткування від місця придбання до місця експлуатації;
2. Кількості, маси і габаритів устаткування;
3. Виду транспортних засобів;
4. Транспортних тарифів;
5. Розцінок на навантажувально-розвантажувальні роботи;
6. Витрат на складську обробку.

З урахування маси та габаритів деякі технічні засоби доставляються заводом виробником. Вартість перевезення устаткування наведено в таблиці 4.2[28]

Таблиця 4.2 вартість перевезення.

п/п	Найменування технічних засобів	К-сть	Маса кг	Ціна перевезення однієї одиниці грн.
1	Перетворювач напруги SINANICS DS MASTER 6RA 8095-4GS22-0AA0	2	560	8600
2	Двигун 4П 450 38 800	2	6400	12400
3	Вимикач ВА 55-43 2000А	2	59	2739
4	Запобіжник FWJ-2000А	6	0.05	2750

5	Блок живлення NDR-240-24	1	1.09	300
6	Всього			26789

Витрати на монтажні (Z_m) і налагоджувальні роботи (Z_n) можна визначити таким чином:

$$Z_{m(n)} = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_\delta \times K_{CM} \times K_{np}$$

Де C_i - чисельність працівників і -го розряду, необхідних для виконання певного об'єму монтажних (налагоджувальних) робіт, чол.

a_i - часова тарифна ставка 4-го розряду.

t_i - час, необхідний для виконання певного об'єму монтажних (налагоджувальних) робіт, години

K_δ - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

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

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

Інші одноразові вкладення грошових коштів (Z_{np}) включають в себе витрати на демонтаж застарілого устаткування;

Таким чином капітальні витрати:

$$K_{np} = K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{мзс} + Z_m + Z_n + Z_{np} = 2\,827\,312 + 7000 + 17760 = 2\,852\,072 \text{ грн}$$

4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a).
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z).

- єдиний соціальний внесок (Cс).
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж (Cт).
- вартість електроенергії, що буде спожита об'єктом проектування або втрат електроенергії (Cе).
- інші витрати (Cін).

$$C = Ca + Cz + Cc + Cnp + Ce + Cin \text{ грн.}$$

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

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

$$\Phi_a = \Phi_{п} - Л,$$

де $\Phi_{п}$ – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

$Л$ – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

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

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

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

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

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_{п} \cdot H_a}{100},$$

Річний фонд амортизаційних відрахувань:

$$AO = \frac{2827312 \cdot 20}{100} = 565462 \text{ грн}$$

4.2.2 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного устаткування включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітником і можуть визначатися за фактичними даними підприємства. Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати по формулі:

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

де n – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

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

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

m_i – число ремонтів за рік

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

S_i - вартість однотипних замінних елементів, грн.;

Π – кількість однотипних замінних елементів;

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

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

$$З_{m.p.} = 68.93 \cdot 1 \cdot 1,2 + \frac{55000 \cdot 4}{44000} \cdot 4380 = 21982 \text{ грн.}$$

4.2.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Розрахунок вартості спожитої електроенергії Вартість електроенергії, спожитої об'єктом протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності, і визначається за формулою:

$$C_e = W_p \cdot C_e, \text{ грн.}$$

де W_p - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт год;

C_e - тариф на електроенергію = 2,7 грн./кВт год - вартість електроенергії для підприємств станом на 10.05.2021;

$$C_3 = 58466 \cdot 2,7 = 157\,858 \text{ грн.}$$

де: W_p - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт·год.;

C_e - тариф на електроенергію, грн./кВт·год.

Зм. Арк. № докум. Підпис Дат Арк. 48 ЕП.ПД. 00.00.02.ПЗ 2,7 грн./кВт год - вартість електроенергії для підприємств станом на 10.05.2021;

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = C_a + C_c + C_3 = 565462 + 21982 + 157\,858 = 588702 \text{ грн.}$$

Висновки

У розрахунках економічного розділу були отримані значення капіталовкладень – 2 827 312 грн.; витрат на монтажні і налагоджувальні роботи – 17760 грн.; витрати на доставку – 26789 грн.; річних експлуатаційних витрат а саме: амортизаційні відраховування – 565 462 грн.; вартість електроенергії – 157 858 грн. споживаної об'єктом проектування впродовж року, витрат на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації – 21982 грн.

Таким чином, можна сказати, що робота стану є економічно вигідним рішенням.

Література

1. Фотиев М.М. Электроприводы и электрооборудование металлургических цехов: Учебн. 3-е изд. - М.: Металлургия. 1990. - 352 с.
2. Фотиев М.М. Электрооборудование прокатных и трубных станов. - М.: Металлургия, 1995. - 256 с.
3. Афанасьев В.Д. Автоматизированный электропривод: Учеб. пособие. - М.: Энергоатомиздат, Металлургия, 1977. - 280 с.
4. Попович М.Г. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.
5. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства: Учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 1987. - 312 с.

6. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 416 с.
7. Колб Ант.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навч. посібник. - Д.: НГУ, 2006. - 511 с.
8. Белов М.П. и др. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: Учеб. пособие. - М.: Академия, 2006. - 368 с.
9. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под ред. В.А.Елисеева и А.В. Шинянского. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 616 с.
10. Фотиев М.М. Электроприводы и электрооборудование металлургических цехов: Учебн. 3-е изд. - М.: Металлургия. 1990. - 352 с.
12. Фотиев М.М. Электрооборудование прокатных и трубных станов. - М.: Металлургия, 1995. - 256 с.
13. Попович М.Г. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.
14. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства: Учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 1987. - 312 с.
15. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 416 с.
16. АСУ листопрокатных станов. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Васичкин В.И. и др. М.: Металлургия, 1994. 334 с.
17. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для ВУЗов. □ Л.: Энергоиздат. Ленинградское отд-ние, 1982.—392 с., ил.
18. Бригиневи́ч Б.В., Голованов А.К. На́ладка тиристорных электроприводов с раздельным управлением. □ М.: Энергоатомиздат, 1991 152 с.: ил.
18. Зеленов А.Б. Выбор мощности электропривода механизмов прокатных станов. Учеб. пособие для вузов. – К.: УМК ВО, 1990. – 200 с.
19. Исаев М.Г. Грабовський Г.Г. Математичні моделі і алгоритми керування в АСК ТП товстолистових прокатних станів К.: Техніка, 2001. 248 с.
20. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. для вузов. 2-е изд. пе-

рераб. и доп. □ М.: Энергоатомиздат, 1998. 704 с.: ил.

21. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник/ И.Х. Евзеров, А.С. Горобец, Б.И. Мошкович и др.; Под ред. канд. техн. наук В.М. Перельмутера. М.: Энергоатомиздат, 1988. 319 с.: ил.

22. Перельмутер В.М. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока. – Х.: Основа, 2004 – 210 с.

23. Перельмутер В.М., Сидоренко В.А. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока. □ М.: Энергоатомиздат, 1988. 304 с., ил.

24. Півняк Г.Г., Бешта О.С. Тулуб С.Б. Цифрова ідентифікація параметрів електромеханічних систем в задачах енерго- і ресурсозбереження: Монографія/ За ред. акад. Г.Г.Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004. – 197 с.

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

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

27. SINAMICS DCM Перетворювач постійного струму, керуючий модуль Каталог D 23.1 Видання 2019.

28. Посилання: <https://такелажные-работы.укр/калькулятор/>.

29. Посилання <https://tm-e.com.ua>