

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

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)
бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

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

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

освітній рівень бакалавр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація фахівець у галузі електромеханіки
(код і назва кваліфікації)

на тему Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД

Виконавець:

студент 4 курсу, групи ЕМ-15-1

_____ Марченко А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

| Керівники | Прізвище, ініціали | Оцінка | Підпис |
|---------------------------|---------------------------|--------|--------|
| Проекту | <i>Балахонцев О.В.</i> | | |
| Розділів | | | |
| <i>Спеціальна частина</i> | <i>Сьолін А.О.</i> | | |
| <i>Охорона праці</i> | <i>Столбчекно О.В.</i> | | |
| <i>Економіка</i> | <i>Тимошенко Л.В.</i> | | |
| | | | |
| Рецензент | | | |
| Нормоконтроль | <i>Казачковський М.М.</i> | | |

Дніпро
2019

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

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувач кафедри

електроприводу

(повна назва)

Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«19» 02 2019 року

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект

бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту ЕМ-15-1 Марченко А.В.

(група)

(прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД

затверджена наказом ректора ДВНЗ НТУ "Дніпровська політехніка" від

07.05.2019 № 568-л

| Розділ | Зміст | Термін виконання |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Спеціальний | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | 29.01 – 27.05 |
| Охорона праці | <i>Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, заходи щодо їх усунення та розрахунок системи заземлення.</i> | 28.05 – 3.06 |
| Економічний | <i>Розрахунок основних техніко-економічних показників впровадження дипломного проекту.</i> | 4.06 – 10.06 |
| | | |

Завдання видав

(підпис)

Балахонцев О.В.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Марченко А.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 19.02.2019

Термін подання дипломного проекту до ДЕК 18.06.2019

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 70 с., 11 рис., 9 табл., 24 джерела, 4 аркуши креслень. Об'єкт детальної розробки: електропривод злитковозу слябінга.

Мета роботи: розробка регулюємої системи електропривода ЧП-АД. Вибрані елементи силового кола (асинхронний двигун з фазним ротором МТ-72-10, перетворювач частоти Altivar 71). Розраховані параметри однозонної системи регулювання швидкості.

Здійснений розрахунок перехідних процесів в електроприводі в режимах пуску, прикладення навантаження, реверсу з використанням пакета *MATLAB*.

Досліджений вплив гнучкого зворотного зв'язку за струмом на якість перехідних процесів. Отримані залежності показників якості від параметрів каналу гнучкого зв'язку. Проаналізовані небезпечні та шкідливі фактори та розраховане освітлення робочої зони.

Електропривод постійного струму, роздільне керування, двоконтурна однозонна система регулювання швидкості, вибір силового електрообладнання, синтез САР.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод злитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

ЗМІСТ

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ..... | 5 |
| 1. Технологічна частина..... | 6 |
| 1.1 Характеристика електромеханічної системи, вибір обладнання..... | 7 |
| 1.2 Задачі керування, вимоги до електроприводу злитковозу..... | 10 |
| 1.3 Вибір системи електропривода..... | 11 |
| 1.4 Обґрунтування та вибір системи керування електропривода..... | 15 |
| 2. Автоматизований електропривод..... | 17 |
| 2.1 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна, перетворювача..... | 18 |
| 2.2 Механізм переміщення..... | 19 |
| 2.3 Вибір перетворювача..... | 29 |
| 3. Дослідження динаміки електроприводу..... | 33 |
| 4. Охорона праці..... | 42 |
| 4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів..... | 43 |
| 4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці..... | 44 |
| 4.3 Розрахунок освітлення..... | 45 |
| 4.4 Пожежна профілактика..... | 48 |
| 5. Техніко-економічне обґрунтування..... | 50 |
| 5.1 Розрахунок капітальних витрат проекту..... | 51 |
| 5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат..... | 56 |
| 5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань..... | 57 |
| 5.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати..... | 59 |
| 5.2.3 Єдиний соціальний внесок..... | 62 |
| 5.2.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань..... | 62 |
| 5.2.5 Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговува..... | 63 |
| 5.2.6 Розрахунок вартості втрат електроенергії..... | 64 |
| 5.2.7 Визначення інших витрат..... | 66 |
| Список використаної літератури..... | 69 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|--------------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|------|--------|
| | | | | | <i>Електропривод злитковозу по системі ПЧ-АД</i> | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Розроб. | | Марченко А.В | | | | | 4 | |
| Перевір. | | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

ВСТУП

Основним засобом автоматизації машин у сучасному виробництві є електропривод. Сучасний електропривод, як правило, автоматизовано. Автоматична система керування електроприводом дозволяє найбільш раціонально побудувати технологічний процес, підвищити продуктивність праці, поліпшити якість продукції.

Для сучасного електропривода металургійного виробництва характерно широке розповсюдження автоматизації в технологічний процес. Це відноситься до всіх без винятків механізмів. Ускладнення технологічного процесу, підвищення швидкості протікання та необхідність точного виконання унеможлиблює ручне керування.

Метою даного дипломного проекту є розробка системи автоматизованого керування злитковозу за системою ПЧ-АД дослідження статичних і динамічних характеристик, можливість її регулювання.

Система ПЧ-АД має багато переваг: Частотний електропривод значно знизив інерційність системи і підвищив швидкість роботи установки, механізму, він досить безвідмовний у роботі і простий в експлуатації, ККД перетворювача не нижче 95%, мала маса і габаритні розміри, що дозволяє зменшити площу, необхідну для розташування пристрою, як правило має блокову компоновку тиристорів, що дозволяє при виході якого - то тиристора з ладу швидко його замінити.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | |

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | | | |
| | | | | | Технологічна частина | <i>Літ.</i> | <i>Маса</i> | <i>Масштаб</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Марченко</i> | | | | | | |
| <i>Перевір.</i> | | | | | | | | |
| <i>Т. Контр.</i> | | | | | | <i>Арк.</i> | <i>6</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | <i>ЕМ-15-1, кафедра ЕП, ЕТФ,</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | <i>ІІІІІ</i> | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

1.1 Характеристика електромеханічної системи, вибір електрообладнання та розрахунок характеристик системи привода технологічного механізму

Для транспортування нагрітих злитків від колодязів до прийомного рольгангу стана застосовують зливковози (рис. 1.1). Є дві основні схеми подачі зливків – кільцева і човникова[1].

Злитковоз повинен зупинитися точно проти того нагрівального колодязя, з якого мостовим краном буде вийматися нагрітий злиток. Після установки злитка в люльку злитковоза включається його двигун. Обидві операції здійснює оператор з поста управління, розташованого у першій групі нагрівальних колодязів.

Всі інші операції роботи злитковоза (розгін, гальмування при підході до приймального рольгангу, зупинка і перекидання злитка на перші ролики приймального рольганга) здійснюються автоматично, без участі оператора.

Таким чином, управління злитковоза є дистанційним (з пульта управління) напівавтоматичним.

Принцип роботи злитковоза полягає в наступному. На пульті управління злитковоза ПУ є 10-12 кнопок (по числу груп нагрівальних колодязів) для пуску двигуна і руху злитковоза зі злитком від колодязя до приймального рольгангу.

Команда із зазначенням номера нагрівального колодязя для виїмки чергового нагрітого злитка надходить на пульт управління від майстра нагрівальних колодязів. Після цього оператор натискає одну з кнопок пуску двигуна «до колодязя».

Злитковоз розганяється до максимальної швидкості, а потім при підході до заданого криниці його рух сповільнюється. Гальмування двигуна

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | <i>Електропривод злитковозу по системі ПЧ-АД</i> | 7 |

злитковоза здійснюється за допомогою індуктивних вимикачів. При русі злитковоза по рейках плоска сталева пластина при проході над індуктивними вимикачами послідовно замикає їх магнітний ланцюг. При цьому спрацьовують реле магнітних вимикачів, двигун переводиться в гальмівній режим і злитковоз зупиняється проти заданої групи нагрівальних колодязів.

Після установки за допомогою кліщового крана злитка в люльку злитковоза оператор натискає кнопку «До приймального рольгангу»: двигун злитковоза розганяється до максимальної швидкості, а при підході до приймального рольгангу починає гальмуватися.

Гальмування двигуна починається на відстані 12-7 м від рольганга при замиканні індуктивного вимикача; остаточна зупинка двигуна здійснюється кінцевими вимикачами. При цьому автоматично включається двигун повороту люльки зі злитком, злиток укладається на перші ролики рольганга, а люлька повертається у вихідне положення; одночасно реле дає команду двигуну приводу рольганга на подачу злитка до стану.

Із застосуванням кільцевої зливкоподачі автоматизація роботи злитковоза спрощується. В даному випадку автоматизуються цикли руху всіх (трьох-чотирьох) злитковозів, робочий і зворотний ходи зіштовхувача, включення і виключення приймального рольганга.

Отже, злитковоз є складовою й невід'ємною частиною сучасного технологічного процесу забезпечують його ритмічність, сприяють підвищенню продуктивності праці і збільшенню випуску продукції.

| | | | | | | |
|------|--|--|--------|--|--------------------------------------------------|---|
| | | | | | | |
| | | | | | <i>Електропривод злитковозу по системі ПЧ-АД</i> | |
| Змн. | | | Підпис | | | 8 |

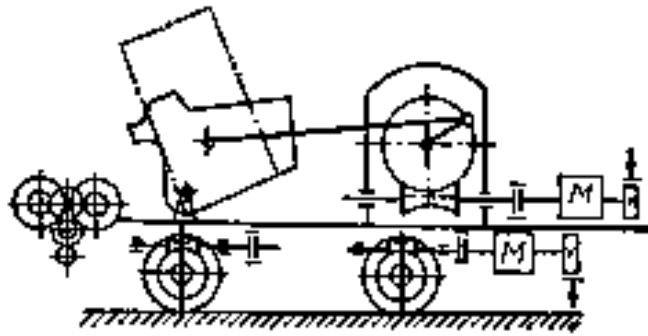


Рис. 1.1.1 Загальний вигляд злитковозу блюмінгу

Розглянемо кінематичну схему злитковозу блюмінгу.

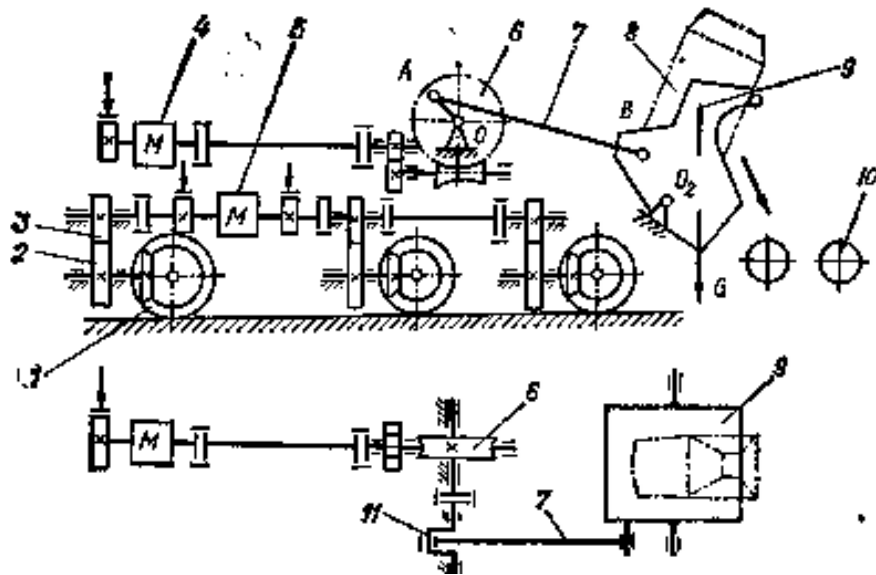


Рис. 1.1.2 Кінематична схема злитковозу блюмінгу.

Зливковоз човникової подачі (Рис. 1.1.2) транспортує зливки 8 у вертикальному положенні в люльку до приймального рольгангу 10, на який укладається зливка поворотом люльки. На схемі приведено трьохсховий зливковоз, у якого електродвигун 5 механізму переміщення приводить у дію три пари ходових коліс 1 через циліндричну 3 і конічну 2 передачі. Застосовують також приводи з черв'ячною і циліндричною передачами. Механізм перекидання люльки приводиться в рух від електродвигуна 4 через черв'ячно-циліндричний редуктор 6 і чотириланковий механізм, в який входить кривошип 11, шатун і люлька 9. Технічні характеристики представлені в таблиці. (табл. 1.1.1)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 9 |

Таблиця 1.1 Технічні характеристики зливковозів

| Параметри | | Зливковоз слябінга |
|-----------|---------------------------------|--------------------|
| 1 | Швидкість руху, м/с | |
| 2 | на прямих ділянках | 4 |
| 3 | на закруглених | 1,5 |
| 4 | Колія, м | 1,5 |
| 5 | База, м | 2,2 |
| 6 | Діаметр коліс, м | 1 |
| 7 | Маса зливків, т | 12 |
| 8 | Механізм переміщення | |
| 9 | потужність електродвигунів, кВт | 46-92 |
| 10 | частота обертання, об/хв. | 625-1250 |
| 11 | Маса зливковоза, т | 25 |

1.2 Задачі керування, вимоги до електроприводу злитковозу

Особливістю злитковозу слябінга є те, що він не рухливий. Злитковоз стоїть на колесах і може вільно рухатися. Суть у тому що злитковоз має виконувати певні поставлені задачі з транспортування, що проводяться в певній послідовності. В цілому йому потрібно виконати 3 операції такі як :

- завантаження;
- транспортування вантажу;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод злитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 10 |

-розвантаження зливковозу.

Вимоги до електроприводу зливковозу

Виходячи з умов технологічного процесу можна висунути основні вимоги до електроприводу зливковозу:

- Режим роботи зливковозу - тривалий, безперервний;
- Частота пуску й зупинки обумовлена лише підходом до рольгангів.

Таким чином, електропривод відноситься до двигунів з нечастими пусками та зупинками.

1.3 Вибір системи електропривода

Алгоритм функціонування процесу транспортування, складається з ряду операцій, що проводяться в певній послідовності. Першої з них є операція завантаження, другою - транспортування вантажу, третьою – розвантаження зливковозу[2].

При цьому система керування повинна забезпечити наступні показники:

- сумарне навантаження або максимальне тягове зусилля повинне бути не більше розрахункового або заданого;
- лінійне навантаження повинна бути не вище розрахункової або обмежуватися завданням по тяговому зусиллю;
- швидкість матеріалу в місці навантаження повинна бути відповідного вступника лінійному завантаженню або вище, якщо це необхідно по вимогах якості розвантаження або енергетики приводів;
- швидкість обертання окремих приводних барабанів повинна відповідати механічним характеристикам двигунів при підтримці заданого розподілу навантаження між двигунами;
- реактивна потужність повинна бути мінімальної при виконанні умов підтримки основних керованих величин;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод зливковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 11 |

- кількість двигунів приводу підтримується таким, щоб сумарної потужності що залишилися вистачило для здійснення транспортування;

Усі ці фактори необхідно враховувати при виборі системи приводу таких механізмів.

Для приводу механізмів зливковозу можливо вибрати наступні системи електроприводів:

Електропривод по системі ТП-Д

В останній час розвиток та удосконалення силової та напівпровідникової техніки визначає широке застосування статичних перетворювачів[3].

Електропривод по системі ТП-Д має наступні переваги:

- силовий тиристорний перетворювач виключає електромагнітні інерційності, які вносять ланцюги збудження та якоря генератора в системі Г-Д, тобто має підвищену швидкодію, яке обмежується головним чином комутаційною здатністю тиристорного перетворювача і механічною інерцією електроприводу;

- дана система проста і безвідмовна в роботі;

- можлива економія міді та кольорових металів, які йдуть на тиристорний агрегат і трансформатор, в порівнянні з електромеханічним перетворювачем;

- електропривод потребує мінімального обслуговування;

- у системи дуже великий ККД, перевищуючий 95% ;

- невеликі габарити, вага, блочна компоновка дозволяє зменшити необхідні виробничі площі, зменшити капітальні витрати на установку та експлуатацію.

В той же час в системі ТП-Д характерні наступні недоліки:

- значні пульсації на виході тиристорного перетворювача обумовлюють проблему нагріву і комутації; для поліпшення форми кривої випрямленого струму, як правило необхідна установка згладжуючого дроселя;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

- при глибинному регулюванні швидкості електропривод має низький коефіцієнт потужності;
- перевантажувальна можливість менш за систему Г-Д;
- при роботі тиристорного перетворювача спотворюється форма напруги у мережі змінного струму, через що виникають перешкоди;
- для забезпечення рекуперації енергії у мережі необхідно використання спеціальних схем включення.

Функціональна схема системи електропривода ТП-Д (рис.1.3.1) приведена нижче.

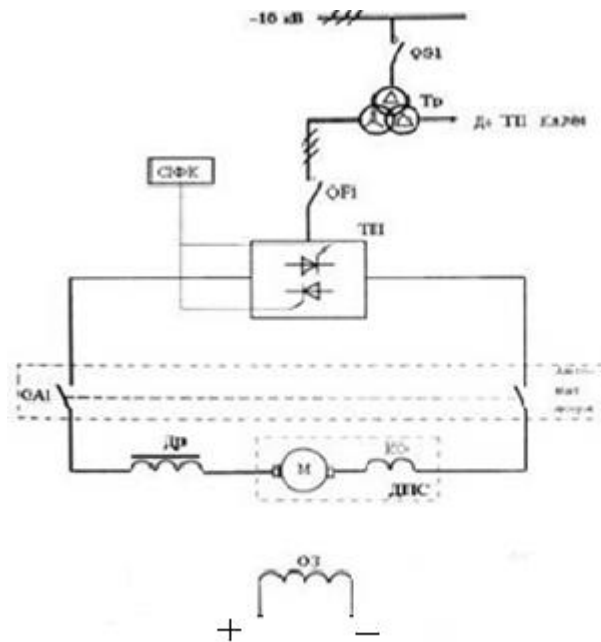


Рис 1.3.1 Функціональна схема системи електропривода ТП-Д

2) Електропривод по системі ПЧ-АД

В останні два десятиріччя, регульовальний асинхронний електропривод зазнав такі істотні зміни у своєму розвитку, що повністю витиснув із багатьох галузей синхронний привод і привод постійного струму. Це пов'язано передусім з досягненням в силовій електроніці і мікропроцесорній техніці, на основі яких були розроблені перетворювачі частоти, які

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

забезпечують управління асинхронними короткозамкненими двигунами з енергетичними та динамічними показниками, сумірними або перевищеними показниками інших приводів.

Сьогодні частотне управління є для асинхронного привода свого роду технічним стандартом. В той же час практично вийшли із застосування і не використовуються такі способи управління та пристрої як симетричне і несиметричне управління напругою, керування введенням додаткових опорів у коло статора і ротора, управління змінною числа пар полюсів та ін[4].

Раніше для рішення завдання регулювання швидкості використовувалися тільки приводи постійного струму. Зараз асинхронні приводи стають усе більше популярними з кожним днем. Вони складаються із преобразователя частоти й асинхронного двигуна. Причини цього розвитку наступні:

- Асинхронні машини невимогливі до техобслуговування;
- Можливе експлуатування у вибухонебезпечній зоні;
- Високий коефіцієнт потужність/маса для асинхронного двигуна;
- Можливість керування при максимальній швидкості;
- Низька вартість асинхронних двигунів;

Регульований привід дозволяє підтримувати постійної навантаження шляхом зниження робочої швидкості при зменшенні фактичної продуктивності установки.

Функціональна схема системи електропривода ПЧ-АД (рис.1.3.2) приведена нижче

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 14 |

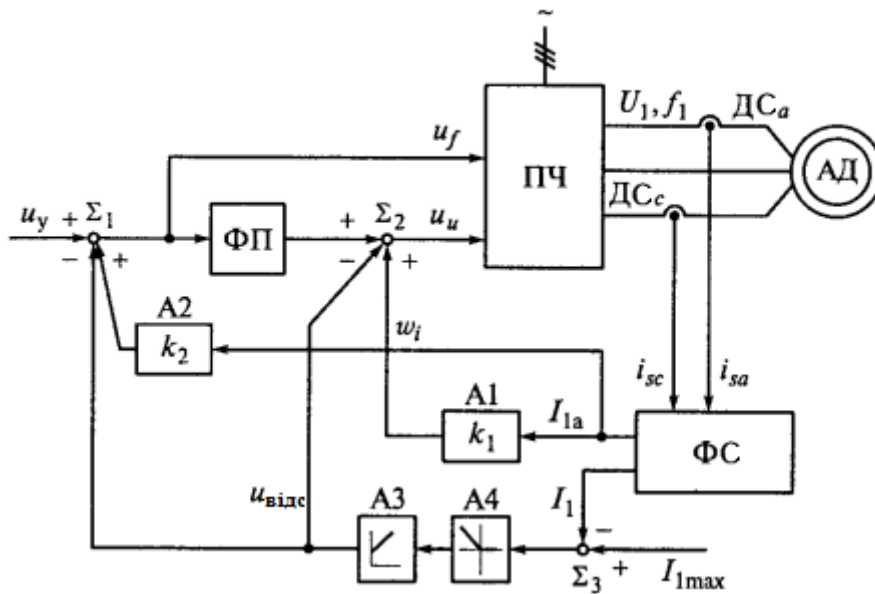


Рис 1.3.2 Функціональна схема системи електропривода ПЧ-АД

1.4 Обґрунтування та вибір системи керування електропривода

На початку 50 - х і кінці 40 - х років почали з'являтися електронні системи управління. Це дало можливість значно поліпшити електропривод постійного струму. Одними з перших з'явилися випрямлячі - тиратрони.

Вони стали використовуватися в якості збудників в

електроприводі постійного струму (найчастіше в системах генератор - двигун). Поява таких пристроїв дозволило застосовувати замкнуті системи управління замість розімкнутих. Однофазні електронно - вакуумні випрямлячі застосовувалися в електроприводах потужністю до 10 кВт[5].

В кінці 50-х почали з'являтися напівпровідникові елементи такі як тиристри і діоди. Спочатку їх виготовляли малопотужними і область їх застосування обмежувалася регулюванням збудження, де вони потихеньку

витісняли електронно - вакуумні прилади завдяки надійності, довговічності, зменшення габаритів і збільшення продуктивності.

Але техніка не стояла на місці і потужність напівпровідникових елементів поступово росла. Через деякий час вони почали витісняти електронно - вакуумні прилади та з якірних ланцюгів електроприводів. Спершу кремнієві діоди почали застосовуватися в регульованих електроприводах постійного струму з реакторами насичення. Нижче показана функціональна схема:

Регулювання швидкості за допомогою реактора насичення. Такі системи більш надійні ніж системи генератор - двигун і забезпечують продуктивність вище, ніж система генератор - двигун, але їх вартісні і габаритні показники будуть гірше системи генератор - двигун. На початку 1960 - х років з'явилися потужні тиристоры. Після їх появи машинні перетворювачі втратили будь-який інтерес проектувальників, вся їхня увага зосередилася на проектуванні електроприводів по системі перетворювач частоти - асинхронний двигун (ПЧ -АД). З тих пір і до цього дня практично скрізь

використовують частотний електропривод. Тиристорний привід став активно витісняти систему генератор - двигун, яка активно впроваджувалася протягом півстоліття.

У зв'язку з цим основні вимоги, до електроприводу злитковозу зводяться до наступного:

- Злитковози призначені для безперервного транспортування злиwkів
- в процесі пуску конвеєрів необхідно зберігати зчеплення що виключає пробуксовку, а також поздовжні коливання зливковозу при повністю завантаженому зливковозі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод злитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 16 |

РОЗДІЛ 2

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

| | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|--|--|--------------------------------------------------|----------------------------------|----------------|--|--|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | | | | |
| | | | | | Автоматизований електропривод | <i>Лім.</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | | | | | | | |
| <i>Розроб.</i> | <i>Марченко</i> | | | | | | | | |
| <i>Перевір.</i> | | | | | | | | | |
| <i>Т. Контр.</i> | | | | | | | | | |
| | | | | | | 17 | <i>Аркушів</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | <i>ЕМ-15-1, кафедра ЕП, ЕТФ,</i> | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | <i>ІІІІІ</i> | | | |

2.1 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна, перетворювача

З ростом продуктивності сучасних вітчизняних блюмінгів до 5 млн. Т на рік і більше потік нагрітих злитків до стану різко збільшується, довжина прольотів нагрівальних колодязів сягає 250 м і при ритмі прокатки 40-50 с швидкість одного зливковоза повинна становити 12 м / с і більше ($500/40 \gg 12$). Якщо при цьому врахувати масу зливковоза, кінетичну енергію при цій швидкості, то виявиться, що для зупинки зливковоза потрібно великий гальмівний шлях[6]. Стійка робота зливковоза при таких високих швидкостях певні складнощі і по ряду інших причин. Внаслідок конструкції та використовуваних елементів в системі керування така система має наступні недоліки:

- негативний вплив на мережу живлення
- підвищенні електричні втрати в електродвигуні. Слід зазначити, що є досвід окремих підприємств з переходу на цифрові системи керування електроприводом постійного струму. Це дозволяє підвищити якість керування та надійність роботи, при цьому знизити витрати на налагодження та обслуговування.

Усі ці фактори необхідно враховувати при виборі системи приводу таких механізмів. Крім цього дане питання потрібно розглядати з економічної точки зору, тобто по рівню капітальних вкладів та по рівню витрат на експлуатацію.

Продуктивність зливковоза човникової подачі визначається циклом рейсу, включаючи паузи, необхідні для посадки зливка кліщовим краном у люльку ($t_1=14\text{с}$) та тривалість укладки зливка на прийомний рольганг ($t_2 = 7\text{с}$). Кліщовий кран із зливком чекає зливковоз на місці його зупинки.

Розрахуємо тривалість пересування зливковоза від колодязя до прийомного рольганга і назад при трапецоїдній діаграмі швидкості:

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод зливковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | 18 |

$$t_2 = \frac{2S}{v} + \frac{3v}{a_{п(γ)}} = 8 \cdot \frac{2}{4} + 3 \cdot \frac{12}{1,25} = 32,8 \text{ с}$$

де S — відстань від колодязів до прийомного рольганга; V — максимальна швидкість зливковоза; $a_{п(γ)}$ — прискорення й уповільнення зливковоза (прийнято, що сповільнення дорівнює половині прискорення).

Максимальне прискорення a_{\max} визначають з умов забезпечення надійного зчеплення приводних коліс з рейками:

$$F_k f_3 \geq \frac{G+G_b}{g} = 1,3 \text{ м/с}^2 \text{ с}$$

Згідно з практикою експлуатації максимальне прискорення беруть менше — 1,2—1,3 м/с². Прискорення й уповільнення при пуску і гальмуванні визначаємо за формулою:

2.2 Механізм переміщення

Прискорення та уповільнення під час пуску і гальмування приймаємо:

$$a_{п(т)} = 1,25 \text{ м/с}^2;$$

Тривалість розгону і гальмування:

$$t_{п(т)} = v/a_{п}, \text{ с}$$

$$t_{п} = \frac{4 \text{ м/с}}{1,25 \text{ м/с}^2} = 3,2 \text{ с}$$

$$t_{т} = v'_c - v / a_{т}, \text{ с}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 19 |

$$t_T = \frac{1\text{м/с} - 4\text{м/с}}{-1,25\text{м/с}^2} = 2,4 \text{ с}$$

$$t_{T1} = v'_c / a_T, \text{ с}$$

$$t_{T1} = \frac{-1\text{м/с}}{-1,25\text{м/с}^2} = 0,8 \text{ с}$$

де v – швидкість постійного руху;

Шлях при розгоні і гальмуванні:

$$S_{\Pi} = v \cdot t_{\Pi} / 2, \text{ м}$$

$$S_{\Pi} = \frac{4\text{м/с} \cdot 3,2\text{с}}{2} = 6,4\text{м}$$

$$S_T = a_{\Pi} \cdot t_T^2 / 2, \text{ м}$$

$$S_T = \frac{1,25\text{м/с}^2 \cdot 2,4^2\text{с}}{2} = 3,6\text{м}$$

$$S_{T1} = v \cdot t_{T1} - (a_{\Pi} \cdot t_{T1}^2 / 2), \text{ м}$$

$$S_{T1} = 1\text{м/с} \cdot 0,8\text{с} - \frac{1,25\text{м/с}^2 \cdot 0,8^2\text{с}}{2} = 0,4\text{м}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 20 |

Шлях при постійній швидкості слітковогоза:

зі злитком:

$$S_c = S - (S_{\Pi} + S'_c), \text{ м}$$

$$S_c = 32\text{м} - (6,4\text{м} + 7\text{м}) = 18,6 \text{ м}$$

$$S'_{c1} = S'_c - (S_T + S_{T1}), \text{ м}$$

$$S'_{c1} = 7\text{м} - (3,6\text{м} + 0,4\text{м}) = 3 \text{ м}$$

без злитка:

$$S_{c1} = S - (S_{\Pi} + S_T), \text{ м}$$

$$S_{c1} = 32\text{м} - (6,4\text{м} + 3,6\text{м}) = 22 \text{ м}$$

де $S=32\text{м}$ шлях руху слітковогоза від групи нагрівальних колодязів до приймального рольганга з злитком і зворотній шлях без злитка;

$S'_c=7\text{м}$ – шлях при меншій швидкості;

Тривалість постійного руху:

зі злитком:

$$t_c = S_c / v, \text{ с}$$

$$t_c = \frac{18,6\text{м}}{4\text{м/с}} = 4,65 \text{ с}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|---------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слітковогоза по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 21 |

$$t'_c = S'_{c1} / v'_c, \text{ с}$$

$$t'_c = \frac{3 \text{ м}}{1 \text{ м/с}} = 3 \text{ с}$$

без злитка:

$$t_{c1} = S_{c1} / v, \text{ с}$$

$$t_{c1} = \frac{22 \text{ м}}{4 \text{ м/с}} = 5,5 \text{ с}$$

де $v'_c = 1 \text{ м/с}$ – повзуча швидкість;

Цикл переміщення навантаженого сліткового:

$$T_{ц1} = (2 \cdot S_{п1} + S_{c1} + (v/v'_c) \cdot S'_{c1}) / v_c$$

$$T_{ц1} = \frac{2 \cdot 6,4 \text{ м} + 18,6 \text{ м} + \left(\frac{4 \text{ м/с}}{1 \text{ м/с}}\right) \cdot 7 \text{ м}}{4 \text{ м/с}} = 14,85$$

Цикл переміщення сліткового без злитка:

$$T_{ц2} = (2 \cdot S_{п1} + S_{c1}) / v_c$$

$$T_{ц2} = \frac{2 \cdot 6,4 \text{ м} + 18,6 \text{ м}}{4 \text{ м/с}} = 7,85$$

Загальний цикл переміщення сліткового:

$$T_{ц.зар.} = T_{ц1} + t_{01} + T_{ц2} + t_{02}$$

$$T_{ц.зар.} = 14,85 + 3 + 7,85 + 3,5 = 29,2$$

где $t_{01} = 3 \text{ с}$ – час зупинки біля приймального рольганга;

$t_{02} = 3,5 \text{ с}$ – час зупинки під час завантаження злитка;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод сліткового по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 22 |

Для попереднього вибору електродвигуна слітковогоза визначаємо статичний опір руху W_c та силу інерції при пуску F_i :

$$w_0 = (f \cdot d + 2 \cdot k) \cdot k_p / D$$

$$w_0 = \frac{(0,015 \cdot 0,25 + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}) \cdot 2}{1} = 0,0095$$

де $D=1$ м - діаметр ходового колеса; $d=0,25$ м - діаметр цапфи;

$f=0,015$ – коефіцієнт тертя в підшипниках;

$k=5 \cdot 10^{-4}$ м – коефіцієнт тертя кочення колеса по рейці;

$k_p=2$ – коефіцієнт, що зчитує тертя реборд по рейках;

Вага злитка та слітковогоза:

$$G = m_3 \cdot g = 12 \text{т} \cdot 9,81 = 117,72 \text{ кН}$$

$$G_B = m_B \cdot g = 25 \text{т} \cdot 9,81 = 245,25 \text{ кН}$$

$$W_c = (G + G_B) \cdot w_0$$

$$W_c = (117,72 + 245,25) \cdot 0,0095 = 3,45$$

$$W_3 = W_c + F_i = (G + G_B) \cdot (d \cdot f + 2 \cdot k / D) \cdot k_p + \delta \cdot (m_3 + m_B) \cdot a_{\text{п}}$$

$$W_3 = (117,72 + 245,25) \cdot \frac{0,25 \cdot 0,015 + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{1} \cdot 2 + \\ + 1,1 \cdot (25 + 12) \cdot 1,25 = 54,325$$

где $\delta=1,1$ – коефіцієнт, що враховує обертальні маси приводу;

$m_3=12$ т - маса злитка;

$m_B=25$ т - маса слітковогоза;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|---------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слітковогоза по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 23 |

Потужність двигуна:

$$P = (W_{с+Fi}) \cdot v / (\psi_{п.ср.} \cdot \eta_{м}), \text{ кВт}$$

$$P = \frac{54,325 \cdot 4}{2,5 \cdot 0,9} = 96,6 \text{ кВт}$$

де $\psi_{п.ср.}=2,5$ - середня кратність пускового моменту двигуна;

$\eta_{м}=0,9$ – коефіцієнт корисної дії машини;

За цими даними вибираємо електродвигун МТ-72-10 (АД с фазним ротором):

| P _н , кВт | n _н , $\frac{\text{об.}}{\text{хв.}}$ | $\frac{M_M}{M_H}$ | Статор | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | | | cosφ | cosφ _{x.x} | I _{с.н} , А | I _{с.х} , А | r _с , Ом |
| 100 | 534 | 3,3 | 0,71 | 0,19 | 239 | 149 | 0,0119 |
| Коеф. трансф. напр. k _ε (k _r =k _ε) | Мом. інерції ротора J, кг·м ² | Маса Q, кг | Статор | Ротор | | | |
| | | | X _с , Ом | E _{р.н} , В | I _{р.н} , А | r _р , Ом | X _р , Ом |
| 0,97 | 12 | 1650 | 0,0877 | 368 | 170 | 0,0299 | 0,0817 |

Кутова швидкість двигуна:

$$\omega = \omega_n \cdot \pi / 30, \text{ рад./с}$$

$$\omega = \frac{534 \cdot 3,14}{30} = 55,89 \frac{\text{рад.}}{\text{с}}$$

$$\omega_T = \omega / \nu, \text{ рад./с}$$

$$\omega_T = \frac{55,89}{4} = 13,97 \frac{\text{рад.}}{\text{с}}$$

Передавальне число редуктора:

$$u_p = \omega / \omega_{\text{мех.}}$$

$$u_p = \frac{55,89}{10} = 5,589$$

$$\omega_{\text{мех.}} = V / R$$

$$\omega_{\text{мех.}} = \frac{5}{0,5} = 10$$

де $R=0,5$ м - радіус колеса;

Момент інерції якоря двигуна разом з деталями на його валу:

$$J_0 = 16,8 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

Номінальний момент:

$$M_n = P / \omega, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 25 |

$$M_H = \frac{96,6}{55,89} = 1,73 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Моменти на валу електродвигуна в період розгону приводу:

$$M_{п.з.} = M_{с.з.} + M_{дин.} = W_c \cdot D / (2 \cdot u_p \cdot \eta_M) + [\delta \cdot J_0 \cdot \omega / t_{п.} + (m_3 + m_B) \cdot v^2 / \omega \cdot t_{п.} \cdot \eta_M], \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{п.з.} = \frac{3,45 \cdot 1}{(2 \cdot 5,589 \cdot 0,9)} + \left[\frac{1,1 \cdot 16,8 \cdot 55,89}{3,2} + (25 + 12) \cdot \frac{4^2}{55,89 \cdot 3,2 \cdot 0,9} \right]$$

$$= 3,2678 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де $M_{с.з.}$ – статичний момент опору при пересуванні навантаженого слітковогоза;

$M_{дин.}$ – динамічний момент при розгоні приводу;

Моменти на валу електродвигуна при сталому режимі роботи:

$M_c = M_{с.з.}$ - в період гальмування;

$$M_{с.з.} = 343 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M'_{дин.} = \delta \cdot J_0 \cdot \omega / t_T + (m_3 + m_B) \cdot (v^2 / \omega \cdot t_T) \cdot \eta_M, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M'_{дин.} = \frac{1,1 \cdot 16,8 \cdot 55,89}{2,4} + (25 + 12) \cdot \frac{4^2}{55,89 \cdot 2,4} \cdot 0,9 = 4,343 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{г.з.} = M_{с.з.} - M'_{дин.}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{г.з.} = 343 - 4343 = -4 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

При русі слітковогоза в зворотньому напрямку без злитка моменти будуть такі:

В період пуску:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|---------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слітковогоза по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 26 |

$$M_{\Pi} = M_c + M_{\text{дин.}} = G_B \cdot \omega_0 \cdot D / 2 \cdot u_p \cdot \eta_M + (\delta \cdot J_0 \cdot (\omega / t_{\Pi}) + m_B \cdot (v^2 / \omega \cdot t_{\Pi} \cdot \eta_M)), \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\Pi} = \frac{245,25 \cdot 0,0095 \cdot 1}{2 \cdot 5,589 \cdot 0,9} + \left(1,1 \cdot 16,8 \cdot \frac{55,89}{3,2} + 25 \cdot \frac{4^2}{55,89 \cdot 3,2 \cdot 0,9} \right) \\ = 3,159 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

При постійному русі:

$$M_{yc} = M_c = 231,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

При гальмуванні:

$$M_{\text{дин.}} = \delta \cdot J_0 \cdot (\omega / t_T) + m_B \cdot (v^2 / \omega \cdot t_T) \cdot \eta_M, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{дин.}} = 1,1 \cdot 16,8 \cdot \frac{55,89}{3,2} + 25 \cdot \frac{4^2}{55,89 \cdot 3,2} \cdot 0,9 = 3,15 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_T = M_c - M_{\text{дин.}}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_T = 231,5 - 3,15 = -2,918 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Еквівалентний момент двигуна:

$$M_{\text{эКВ.}} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot t_i}{\sum t_{ci} + \alpha \sum (t_{\Pi} + t_T) + \beta \sum t_{zi}}}, \text{ кН} \cdot \text{м}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 27 |

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{((3,3 \cdot 10^3)^2 \cdot 3,2) + (343^2 \cdot 4,65) + ((-4,34 \cdot 10^3)^2 \cdot 2,4) + (343^2 \cdot 3) + ((-4,34 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,8)}{(4,65 + 3 + 5,5) + 0,75 \cdot (3,2 + 2,4 + 0,8 + 3,2 + 3,2) + \frac{((3,156 \cdot 10^3)^2 \cdot 3,2) + (231,5^2 \cdot 5,5) + ((-3,147 \cdot 10^3)^2 \cdot 3,2)}{+0,5 \cdot 6,5}}} = 2,475 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де $\alpha=0,75$; $\beta=0,5$ – коефіцієнти, що враховують похибки умов охолодження двигуна при мінливому русі;

$\sum M_i^2 \cdot t_i$ – сума складових чинників;

$\sum t_{zi}$ – загальна тривалість зупинок біля приймального рольганга і під час завантаження злитка;

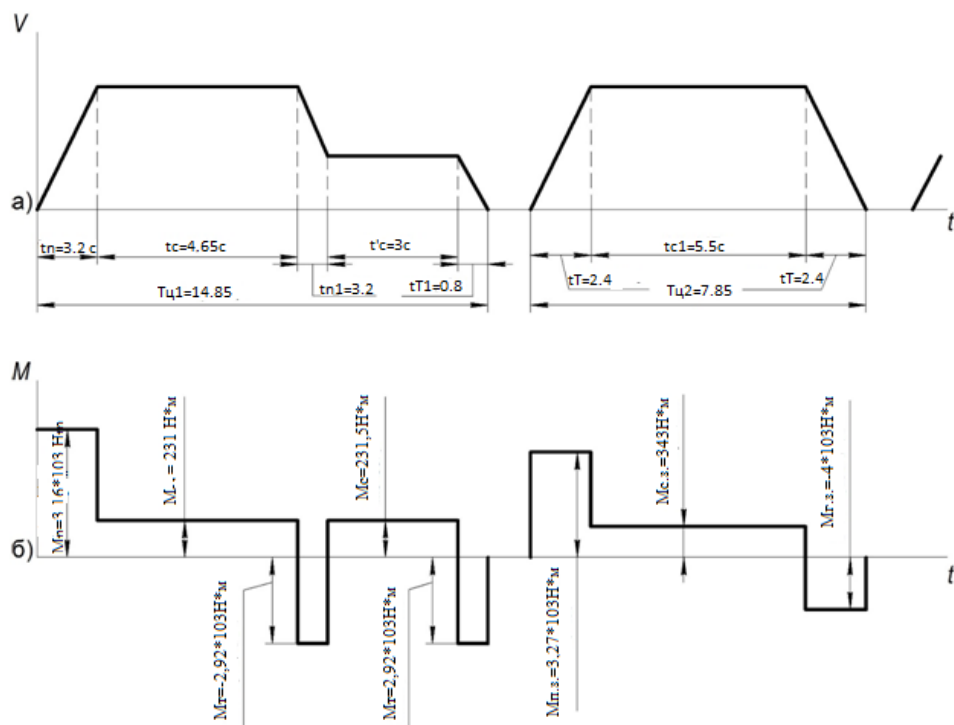
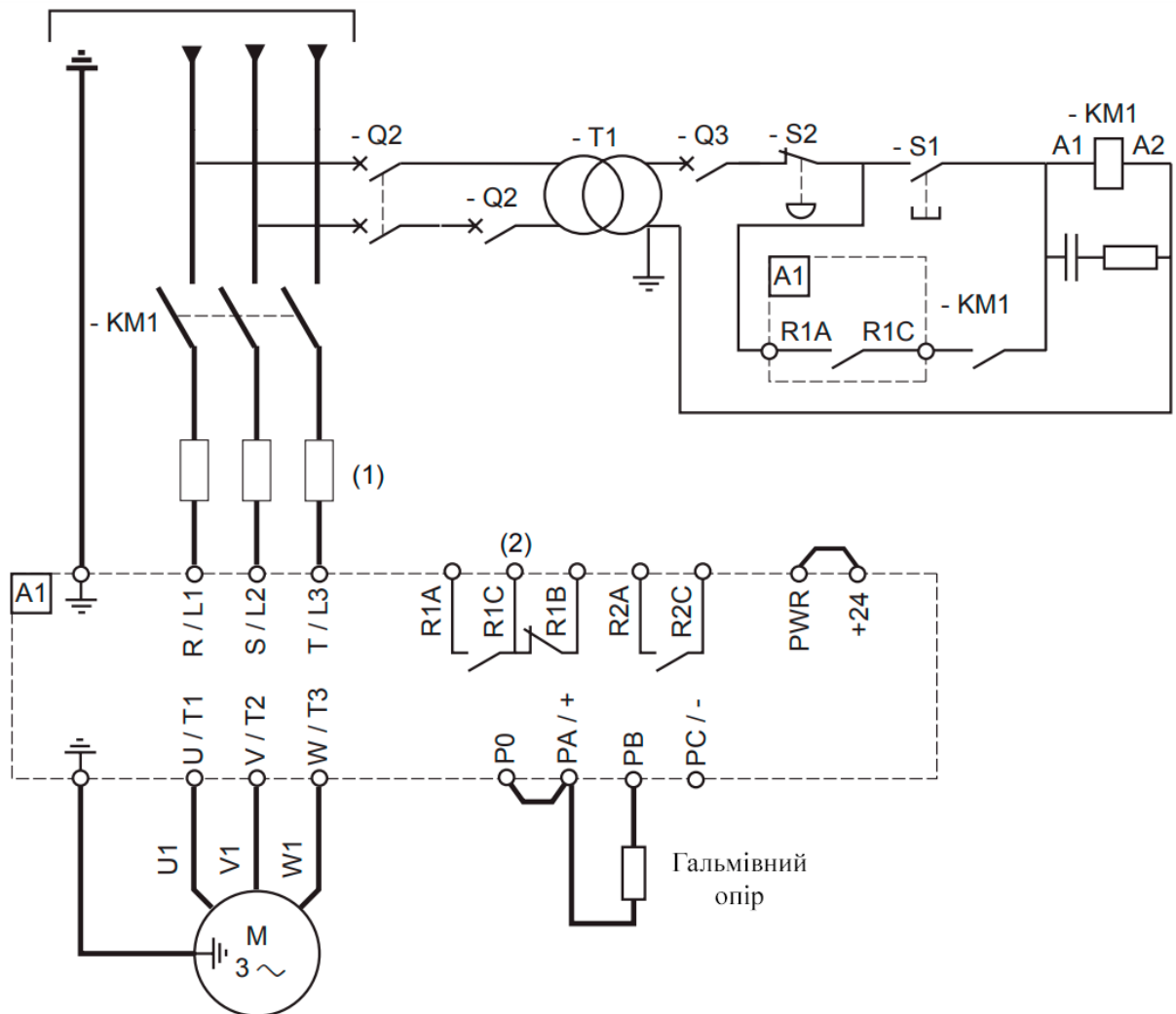


Рис. ____ . а) Діаграма швидкості механізму; б) Навантажувальна діаграма двигуна.

2.3 Вибір перетворювача

При виборі перетворювача частоти (ПЧ) необхідно враховувати те, що управління відбувається векторним методом, тому потрібно вибрати частотний перетворювач для двигуна.

Цим вимогам відповідає перетворювач частоти Schneider ATV71



| | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |
|------|------|----------|--------|-----|

Рис.2.2. Функціональна схема підключення перетворювача частоти до двигунів.

Таблиця 2.2

Параметри перетворювача частоти Schneider ATV71

| Двигатель | | Сеть | | | | Altivar 71 | | | | |
|-----------|------|--------------|-------|-----------------|-------------------------|---------------------------|-------|-------------------------------------|---------------|-------|
| Мощность | | Линейный ток | | Полная мощность | Макс. линейный ток к.з. | Макс. ток в устан. режиме | | Макс. переходный ток в течении 60 с | № по каталогу | Масса |
| | | 380 В | 480 В | | | 380В | 380 В | | | |
| кВт | л.с. | А | А | кВА | кА | А | А | А | | кг |
| 110 | 150 | 202 | 168 | 133 | 35 | 215 | 215 | 258 | ATV71HD90N4 | 74 |

Обраний перетворювач реалізує векторний закон регулювання. Суть векторного регулювання полягає в незалежному управлінні двома складовими струму статора, орієнтованими по осях d , q ротора. Складова по осі d являється потокостворюючою, по осі q - моментостворюючою. Характеристики векторного асинхронного електроприводу, таким чином, по точності і швидкодії наближаються до характеристик двозонного електроприводу постійного струму.

Функціональна схема електроприводу з векторним управлінням показана на рис. 2.2.

Векторне управління вимагає перетворення координат. Напряга статора описується в осях α, β , роторні величини - в осях d, q .

Регулювальники потокозчеплення, швидкості, складових струмів по осях d , q розраховуються виходячи з симетричного критерію оптимізації відповідно до передавальної функції об'єкту управління (асинхронний двигун) по цих осях.

Преваги використання перетворювачів частоти:

- управління і контроль швидкості обертання електродвигуна;
- захист від кидків напруги і перевантажень;
- забезпечення плавного пуску і зупинки підконтрольного електрообладнання;
- полегшення робочого процесу при виконанні складних технічних завдань;
- стійкість до тривалих навантажень і імпульсним діям;
- можливість економії енергоресурсів аж до 40-50%;
- збільшення ККД електродвигунів;
- зниження зносу і поліпшення механічних показників підключеного обладнання;
- здійснення безперервного моніторингу технологічних параметрів і можливість оперативного втручання.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | | | | |

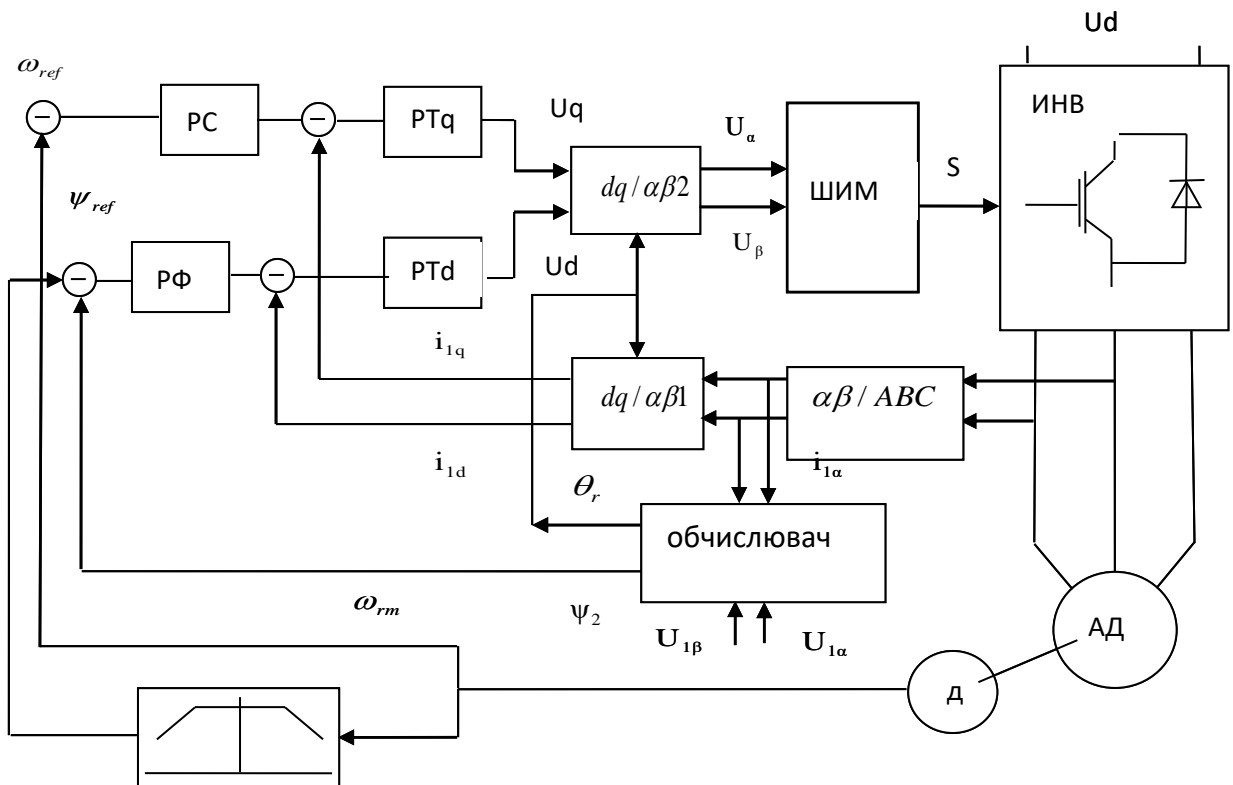
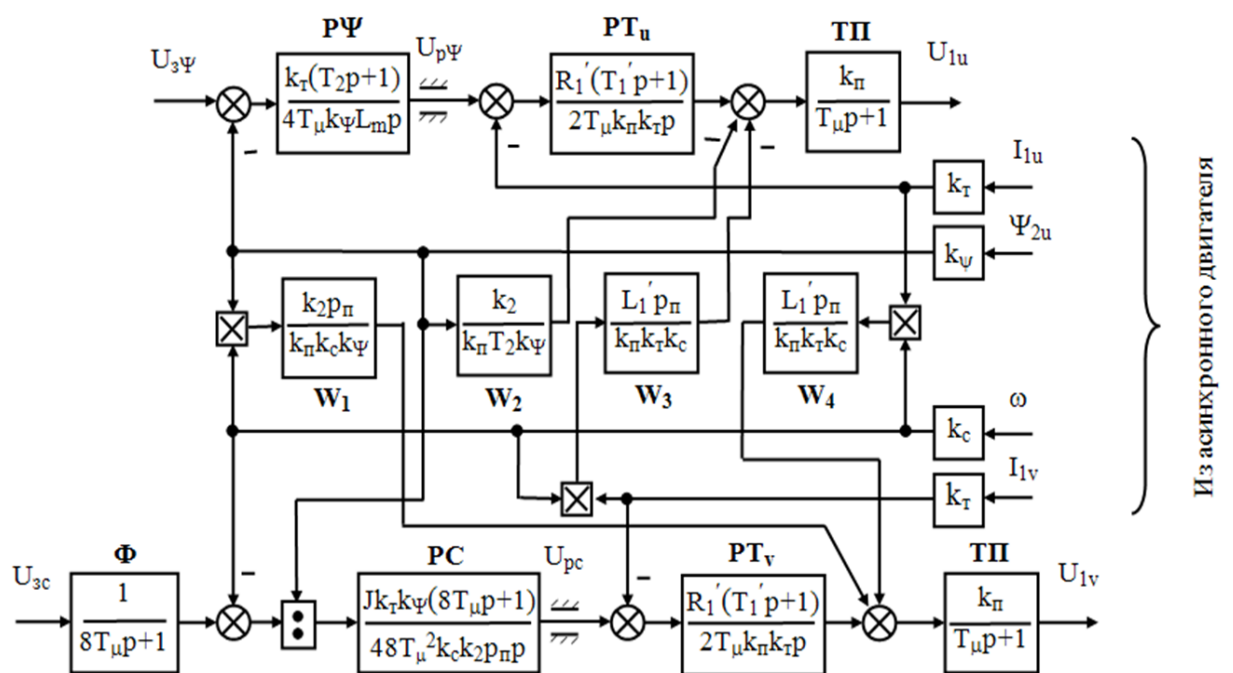


Рис. 2.3. Функціональна схема електроприводу, реалізуюча векторне керування.



РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

| | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|-----------------|--|--|--------------------------------------------------|-------------|----------------|--|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | | | |
| | | | | | <i>Дослідження динаміки електроприводу</i> | <i>Літ.</i> | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | | | | | | |
| <i>Розроб.</i> | <i>Марченко А.В.</i> | | | | | | | |
| <i>Перевір.</i> | | | | | | | | |
| <i>Т. Контр.</i> | | | | | | | | |
| | | | | | 33 | | <i>Аркушів</i> | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | <i>ЕМ-15-1, кафедра ЕП, ЕТФ,</i> | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | <i>ІТФ</i> | | | |

Розрахунок параметрів САР і моделювання проводимо у відносних одиницях.

Параметри ланок, використовувані в моделі :

Базовий опір:

$$Z_b = \frac{(U_H \cdot \sqrt{3})}{(I_H \cdot \sqrt{3})} = 1,59 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі статора:

$$R_{cb} = R_c \cdot Z_b = 0.0119 \cdot 1,59 = 0,0189 \text{ Ом}$$

$$X_{cb} = X_c \cdot Z_b = 0.0877 \cdot 1,59 = 0,14 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі ротора:

$$R_{pb} = R_p \cdot Z_b = 0.0299 \cdot 1,59 = 0,0475 \text{ Ом}$$

$$X_{pb} = X_p \cdot Z_b = 0.0817 \cdot 1,59 = 0,13 \text{ Ом}$$

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | |

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму:

$$k_t = \frac{U_b}{2 \cdot I_{\phi H} \cdot 2^{0.5}} = \frac{10}{2 \cdot 138 \cdot 2^{0.5}} = 0,0256$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_s = \frac{U_b}{w \cdot \frac{\Pi}{30}} = \frac{10}{535 \cdot \frac{3.14}{30}} = 0,1786$$

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора:

$$k_2 = \frac{L_m}{L_2} = \frac{0.0236}{0.0240} = 0,9827$$

Постійна часу ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{0.0567}{0.112} = 0,5034$$

Номінальне потокозчеплення:

$$\Psi_H = \frac{I_H}{1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot I_H \cdot 2p \cdot k_2} = \frac{239}{1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 239 \cdot 16 \cdot 0,9827} = 0,03$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 35 |

Коефіцієнт зворотного зв'язку по потокозчепленню:

$$k_{\Psi} = \frac{U_b}{\Psi_H} = \frac{10}{0,03} = 333,3$$

Передаточна функція регулятора швидкості :

$$W_{PC}(p) = \frac{J \cdot k_t \cdot k_{\Psi} (8 \cdot T_{\mu} \cdot p + 1)}{48 \cdot T_{\mu}^2 \cdot k_C \cdot k_2 \cdot p_n \cdot p}$$

Тоді пропорційна частина РШ :

$$W_{PC}(p) = \frac{J \cdot k_t \cdot k_{\Psi}}{6 \cdot T_{\mu} \cdot k_C \cdot k_2 \cdot p_n} = \frac{12 \cdot 0,0256 \cdot 333,3}{6 \cdot 0,001 \cdot 0,1789 \cdot 0,9827 \cdot 8} = 12133$$

Інтегральна частина:

$$W_{PCИ}(p) = \frac{J \cdot k_t \cdot k_{\Psi}}{48 \cdot T_{\mu}^2 \cdot k_C \cdot k_2 \cdot p_n}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 36 |

$$W_{PCИ}(p) = \frac{12 \cdot 0,0256 \cdot 333,3}{48 \cdot 0,001^2 \cdot 0,1789 \cdot 0,9827 \cdot 8} = 1516,7 \cdot 10^3$$

Передаточна функція регулятора потокозчеплення:

$$W_{P\Psi}(p) = \frac{k_t \cdot (T_2 \cdot p + 1)}{4 \cdot T_\mu \cdot k_\psi \cdot L_m \cdot p}$$

Пропорційна частина регулятора потокозчеплення:

$$W_{P\Psi\Pi}(p) = \frac{k_t \cdot T_2}{4 \cdot T_\mu \cdot k_\psi \cdot L_m} = \frac{0,0256 \cdot 0,5034}{4 \cdot 0,001 \cdot 333,3 \cdot 0,0236} = 0,41$$

Інтегральна частина регулятора потокозчеплення:

$$W_{P\PsiИ}(p) = \frac{k_t \cdot (T_2 \cdot p + 1)}{4 \cdot T_\mu \cdot k_\psi \cdot L_m} = \frac{0,0256 \cdot (0,5034 \cdot 8 + 1)}{4 \cdot 0,001 \cdot 333,3 \cdot 0,0236} = 4,1$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 37 |

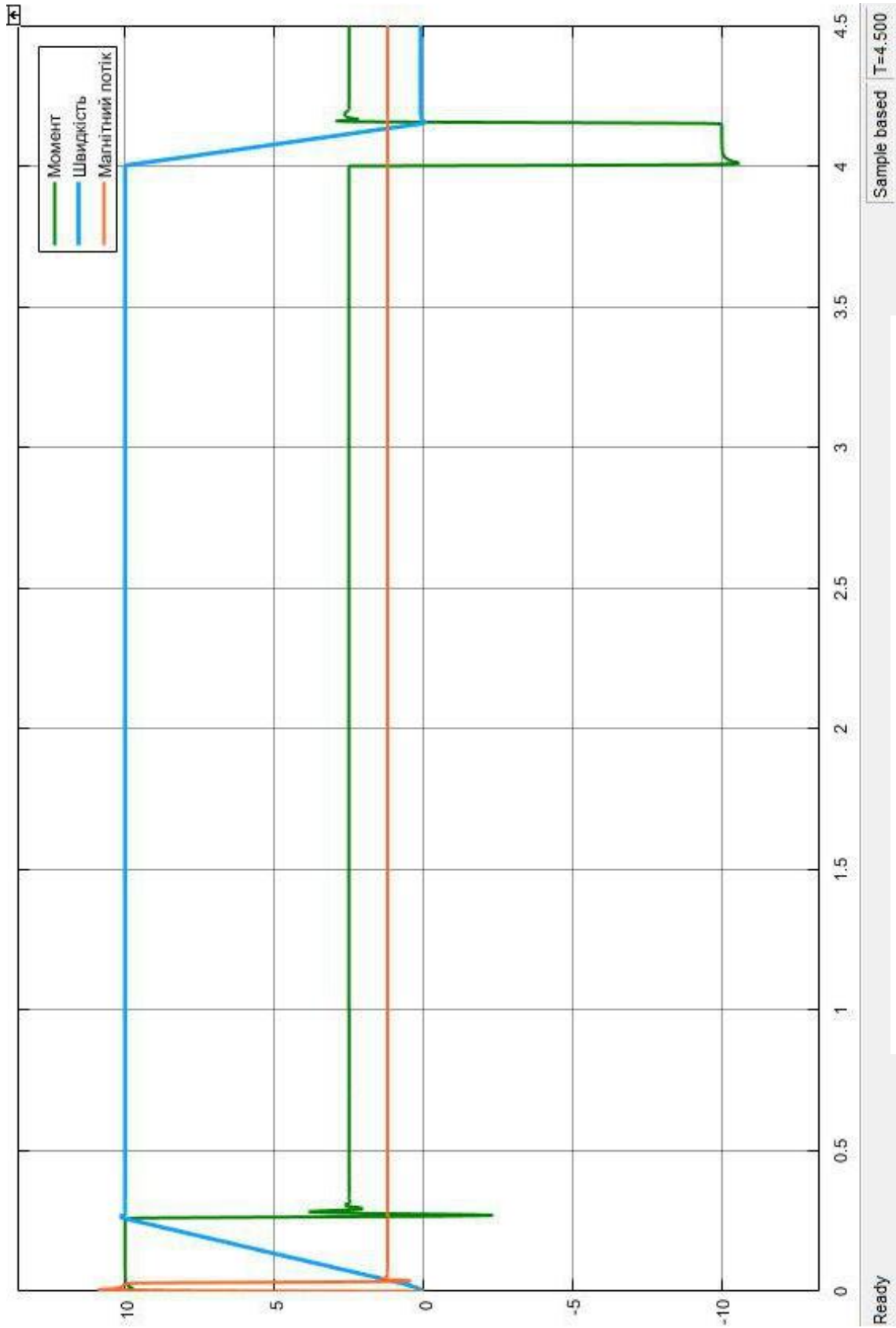


Рис. 3.2 Графіки перехідних процесів

| | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |
|------|------|----------|--------|-----|

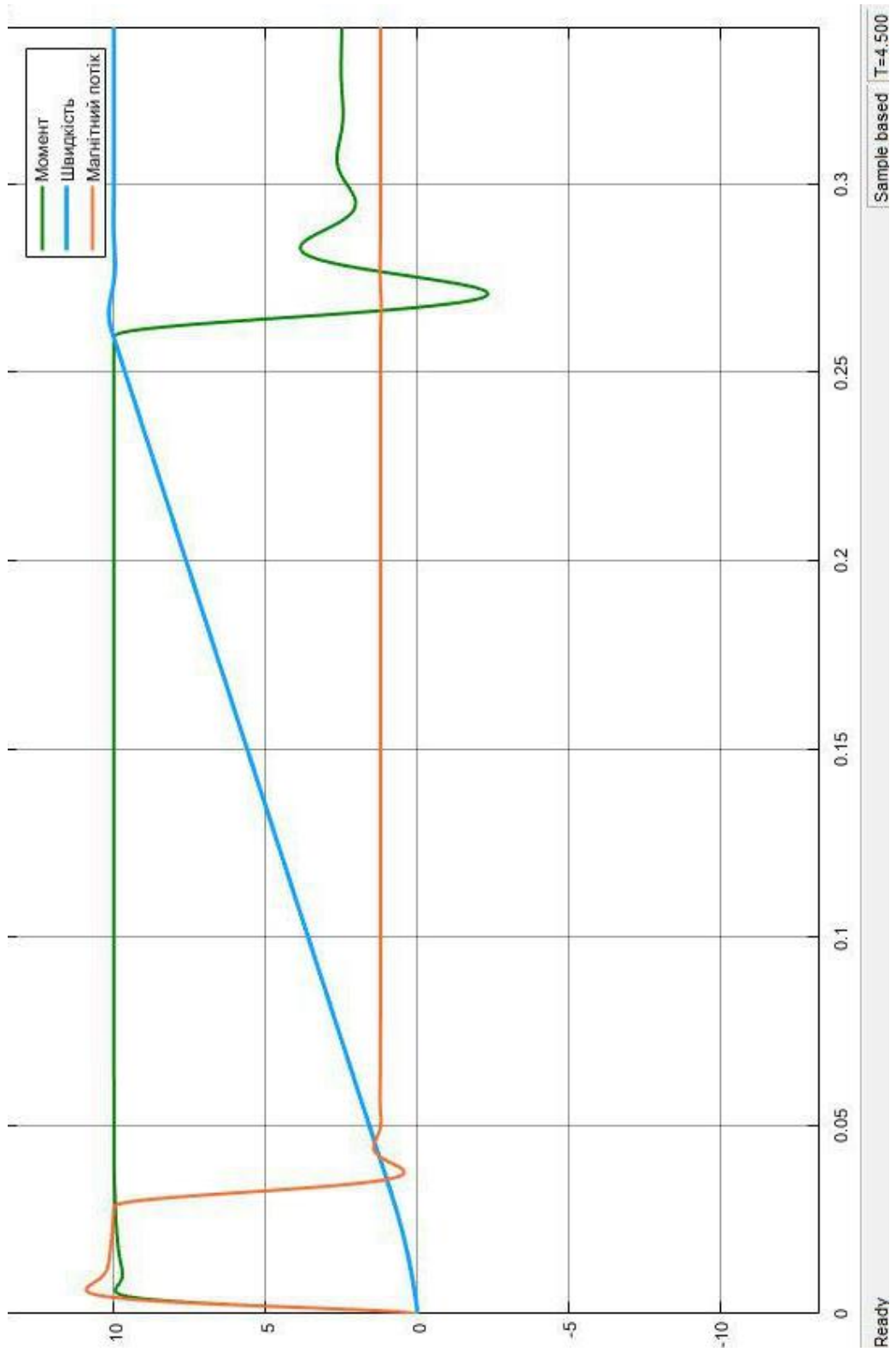


Рис. 3.3 Графіки перехідних процесів при пуску двигуна

| | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |
|------|------|----------|--------|-----|

ВИСНОВОК

В даному розділі виходячи зі структурної схеми САР, параметрів електропривода та регуляторів розроблена математична модель електропривода. Метою досліджень є перевірка якості перехідних процесів у САР у характерних для даного електропривода. Виходячи з графіків перехідних процесів математична модель розрахована та налаштована правильно і відповідає усім вимогам технологічного процесу.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | 41 |

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ

| | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|-------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | | | | |
| | | | | | Охорона праці | <i>Літ.</i> | | <i>Маса</i> | <i>Масштаб</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | | | 1 | 1 : 1 |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Марченко А.В.</i> | | | | | | | |
| <i>Перевір.</i> | | | | | | | | | |
| <i>Т. Контр.</i> | | | | | | <i>Арк.</i> | 42 | <i>Аркушів</i> | 1 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | <i>ЕМ-15-1, кафедра ЕП, ЕТФ,</i> | | |

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Сучасні прокатні цехи є складними виробничими комплексами, оснащеними різноманітним механічним, електричним і підемо-транспортним устаткуванням, обслуговування якого вимагає чіткого дотримання правил безпеки та норм виробничої санітарії. Прокатне виробництво відрізняється від інших металургійних виробництв високою швидкістю технологічних операцій, інтенсивністю вантажопотоків і різноманітністю метеорологічних умов на різних ділянках.

Безперервність технологічного процесу вимагає одночасного виконання таких різних за характером операцій, як нагрівання, прокатка, транспортування і складування металу.

Об'єктом роботи є злитковоз який призначений для подачі сталевих злитків, нагрітих до температури прокатки, від нагрівальних колодязів до прийомних рольганги стану або блюмінга при русі по кільцевому рейковому шляху в прокатних цехах[12].

Основними причинами шкідливих і небезпечних факторів при експлуатації злитковозів є:

- 1) Опіки і пошкодження окалиною при прокатці зливків;
- 2) придавлення маніпуляторами;
- 3) падіння при змазці шпинделей;
- 4) несправність електрообладнання та травмування персоналу;
- 5) травми при різанні гарячого металу і клейманні заготовок;
- 6) травматизм при збиранні окалини і обрізків;
- 7) запиленість, загазованість, тепловипромінювання і шум.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 43 |

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Отруєння газом відбувається в результаті просочування газу через склепіння і стіни регенераторів або через люки перекидних клапанів у колодязів регенеративного типу. Щоб уникнути просочування газу склепіння регенераторів ущільнюють газонепроникною масою, що складається з смоли з піском або з піску, глини та рідкого скла. Стіни нових регенераторів від верху до низу укладають на суцільний кожух із сталевих листів. Стіни існуючих регенераторів, у яких неможливо обладнати такий кожух, просто обмазують газонепроникною масою. На діючих колодязях роботи на склепіннях регенераторів слід виконувати в газозахисних апаратах і під наглядом відповідальної особи[13].

Для попередження звалювання поставлених злитків люльку перекидача роблять досить глибокою. Якщо впавший злиток не заважає руху злитковоза, його видалення виробляють в період пауз. Негайне видалення впавшого злитка можливо тільки після подачі сигналу про припинення робіт. Кожна така операція викликає необхідність присутності людей поблизу злитковоза, що пов'язане з небезпекою травмування. Тому всі роботи з видалення впав злитка виробляють під керівництвом майстра.

Перебування людей в зоні транспортування зливків неприпустимо. Для поліпшення умов праці та безпечної роботи управління злитковозом виконують дистанційно. Злитковоз обладнаний обмежувачами ходу і автоматичною сигналізацією. Шлях переміщення злитковоза захищають. Ремонтувати злитковзи можна тільки після надійного відключення їх з розбиранням електронних схем і огорожі від інших працюючих злитковозів міцними тимчасовими тупиками[14].

Видалення шлаку в сухому або рідкому вигляді з нагрівальних колодязів є небезпечною операцією. Спосіб видалення рідкого шлаку вважається кращим

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод злитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | 44 |

При випуску рідкого шлаку для захисту від бризок близько ковшів (коробок) необхідно встановлювати металеві щити.

Коробки з шлаком з шлакового коридору необхідно своєчасно видаляти (не допускаючи їх переповнення) за допомогою спеціального пристосування, автоматично вимикає струм і загальмовує електрокар на випадок падіння або зіскакування водія з майданчика управління. Щоб уникнути небезпеки ураження струмом у тунелі напруга змінного струму допускається не більше 40 В. Відстань між візками і стінками тунелю повинно бути не менше 500 мм. Загарбання шлакових ковшів при підйомі їх з тунелю роблять за допомогою спеціальної траверси без участі робітників.. Роботи з прибирання шлаку необхідно механізувати. Вантажопідйомні пристосування рекомендується застосовувати з 8-кратним запасом міцності і щодоби оглядати.

З метою безпеки експлуатації безперервних заготовочних станів сполучні шпинделя і муфти клітей станів укладають в індивідуальні кожухи. Важливо також забезпечити правильну настройку валків цих станів, щоб виключити неполадки в роботі і небезпека виходу металу, що прокочується в сторону. Для кантування смуги при прокатки застосовують спеціальні кантуються валки. Наладку і кріплення валкової арматури виконують під час перерв в прокатці. Для безпечного переходу через рольганги використовують містками. Щоб уникнути небезпеки виходу прокату, що надходить до летючих ножиць і направляється після різання на стелажі, рольганги обладнають запобіжними болтами, які виключають небезпеку виходу заготовки в сторону[15]. Пульт управління летючими ножицями розташовують в безпечному місці При кантовці злитків і заготовок вручну заходи безпеки повинні бути спрямовані на захист робочих від сильного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 45 |

тепловиділення печі і виплеск з печі шлаку і вибивання полум'я. Всі робочі місця біля нагрівальних печей обладнають припливною вентиляцією з попереднім охолодженням повітря в літній час. Вентилятори застосовувати можна в поєднанні з розпиленням води.

При розробці заходів щодо захисту від шуму і вібрації будемо керуватися ГОСТ 12.1.029-80 "Засоби і методи захисту від шуму і вібрації"[16]. Зниження шуму і вібрації досягаємо наступними методами:

- зменшення шуму та вібрації в джерелі їх виникнення;
- ізоляції джерел шуму і вібрації засобами звуко і віброізоляції, застосування засобів індивідуального захисту.

Найбільш ефективний захист від шуму і вібрації в джерелі їх виникнення. Тому при проектуванні і конструюванні устаткування та технологічних процесів використовуємо ударні взаємодії деталей ненаголошений, зворотно-поступальний рух - обертальним, підшипники кочення - підшипниками ковзання, металеві деталі - деталями з пластмас або інших матеріалів, гучні технологічні процеси - безшумними або малошумними.

Для попередження впливу такого шкідливого чинника, як перевищення допустимого рівня запиленості, застосовуємо респіратори типу «Лепесток200».

Для захисту людей від шкідливого впливу теплового випромінювання і високих температур застосовують теплоізоляцію гарячих поверхонь, наприклад шляхом обмазки зовнішніх поверхонь котлів і трубопроводів гарячої води будь-яким будівельним розчином з наповнювачем у вигляді скловати або азбесту. Загальною захистом від випромінювання можуть служити екрани з малотеплопроводних матеріалів, а в якості засобів індивідуального захисту застосовуються спецодяг (брезентові або суконні костюми), окуляри зі світлофільтрами, щитки з органічного скла і ін.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|---------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковогозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| | | | | | | 46 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

З огляду на це, проведемо розрахунок освітлення тому, що воно є одним з ключових факторів які впливають на нормальну роботу працівників .

4.3 Розрахунок освітлення

Найбільш часто потрібно визначити потужність ламп, необхідну для отримання заданої освітленості[17], при обраному типі і розташуванні світильників.

У майстерні електриків стану 1350 довжиною 15м, шириною 10м і висотою 4,1м на висоті 4 м від підлоги підвішують світильники з люмінесцентними лампами; їх намічено встановити в два ряди. Норма освітленості 200лк при $k = 1,5$.

За таблицею знаходимо коефіцієнт використання, тобто відносну частку потоку лампи, що подає на поверхню S; $\eta = 0,4$. Визначаємо потрібний світловий потік лампи за формулою:

$$F * N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{\eta} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 15 \cdot 10 \cdot 1,1}{0,4} = 135000 \text{ лм.} \quad (4.1)$$

де

E - найменша освітленість, лк;

k - коефіцієнт запасу;

S - площа приміщення, м²

Z - коефіцієнт для переходу від найменшої освітленості до середньої

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку світильників по формулі:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{15 \cdot 10}{4(15+10)} = 1,5 \quad (4.2)$$

де A і B - довжина і ширина приміщення, м;

h - висота підвісу світильників, м.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 47 |

За таблицею відповідності потік лампи ЛБ40 приймають 2480 лм, ЛБ-80-4320 лм.

Отже, потрібне число ламп для стану визначаємо за формулою:

$$40\text{Вт} = \frac{135000}{2480} \approx 55 \quad (4.3)$$

$$80\text{Вт} = \frac{135000}{4320} \approx 31 \quad (4.4)$$

Так як світильники дволампові і число рядів два, то в кожному ряду необхідно:

$$40\text{Вт} = \frac{55}{4} \approx 13 \quad (4.5)$$

$$80\text{Вт} = \frac{31}{4} \approx 7 \quad (4.5)$$

Довжина світильників з лампами 40 Вт близько 1250мм, з лампами 80Вт -

близько 1550 мм. Отже, при лампах 80Вт суцільні ряди не виходять, при лампах 40 Вт можна отримати суцільні ряди, встановивши в кожному з них по

14 світильників

4.4 Пожежна профілактика

Прокатне виробництво характеризується тим, що в обігу постійно знаходиться гарячий метал, при обробці якого виділяється значна кількість променистого тепла з розпеченого металу і окалини. Крім того, в цеху використовуються горючі гази в якості палива в нагрівальних колодязях і на машині вогневій зачистці[18]. З вище перерахованих факторів, що характеризують прокатне виробництво, цех відноситься до категорії "Г"

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 48 |

(згідно НПБ 105-03).

Пожежна і вибухова небезпека коригується наступними факторами:

- наявність широко розвинутої мережі кабельного господарства;
- наявність великої кількості масел в маслопідвалі, де знаходяться резервуари для зберігання масел;

Найбільш імовірним осередком виникнення пожежі на стані є машинні зали, маслопідвали, струмопровідні кабелі, газові комунікації, пости керування.

Для запобігання пожежам на стані передбачаються такі заходи:

- створення протипожежних перешкод в кабельних приміщеннях (вогнетривкі будівельні конструкції з межею вогнестійкості 1,5 години), в схемах електроустановок застосування засобів максимального теплового захисту, примусове охолодження двигунів для запобігання їх займання;
- основним пожежо-профілактичним заходом в масло-господарстві є виняток випаровування масла і застосування будь-якого джерела відкритого вогню;
- всі пожежонебезпечні приміщення в підвалі повинні бути обладнані установками автоматичного гасіння пожеж;

Для усунення причин пожеж і вибухів в чорній металургії проводяться технічні, експлуатаційні, організаційні та режимні заходи.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | |

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|--------------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|-------------|----------------|---|-------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | | | | | |
| | | | | | Техніко-економічне обґрунтування | <i>Літ.</i> | <i>Маса</i> | <i>Масштаб</i> | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | | | | 1 | 1 : 1 |
| | | <i>Марченко А.</i> | | | | | | | | |
| | | <i>Перевір.</i> | | | | | | | | |
| | | <i>Т. Контр.</i> | | | | <i>Арк.</i> | 50 | <i>Аркушів</i> | 1 | |
| | | <i>Реценз.</i> | | | | <i>ЕМ-15-1, кафедра ЕП, ЕТФ,</i> | | | | |
| | | <i>Н. Контр.</i> | | | <i>ІІІІІ</i> | | | | | |
| | | <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

ВСТУП

В умовах конкурентної боротьби виробництво спрямовано на ресурсозбереження, своєчасну заміну та модернізацію засобів праці, кращого використання матеріальних, трудових та фінансових ресурсів, підвищення якості продукції, впровадження нових розробок.

Основною проблемою є зниження споживання електричної енергії промисловими підприємствами. Морально та технічно застаріле електрообладнання має низьку надійність роботи, малий коефіцієнт корисної дії, вимагає великих витрат на обслуговування в порівнянні з сучасними системами електроприводу. Тому до нього пред'являються вимоги по надійності роботи та легкості в обслуговуванні. Проектним рішенням запропоновано замінити стару систему електроприводу на більш сучасну- частотний перетворювач-асинхронний двигун (ПЧ-АД). Дане технічне рішення дозволить знизити витрати на поточне обслуговування електроприводу, збільшить надійність роботи системи в цілому, відповідно зменшиться споживання електроенергії приводом переміщення злитковозу. Для економічної оцінки доцільності модернізації електроустаткування необхідно визначити: капітальні витрати, річні експлуатаційні витрати: амортизаційні відрахування, річний фонд заробітної плати, відрахування на соціальні заходи. Визначити річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт, вартість спожитої електроенергії.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| | | | | | | 51 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | |

5.1. Розрахунок капітальних інвестицій

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

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

Таблиця 5.1.

Зведення капітальних витрат

| №п/п | Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів) | Кількість | Ціна за одиницю, грн | Сума, грн. |
|------|--------------------------------------------------------|-----------|----------------------|------------|
| 1 | Асинхронний двигун MT 72-10 | 1 | 125 100 | 125 100 |
| 2 | Перетворювач частоти Altivar 71 | 1 | 297 491,67 | 297 491,67 |
| | | | ВСЬОГО | 422 591,67 |

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

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

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

$$ЗП_{\text{тар1}} = 4173 \cdot 1,57 = 6551,61 \text{ грн}$$

Звідси годинна тарифна ставка дорівнюватиме: **6551,61 грн / 172 год = 38 грн/год**

Коефіцієнти були взяті з Інтерпайп НТЗ, вході проходження зимної преддипломної практики: <http://ntrp.interpipe.biz/>

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

Таблиця 5.2 - Витрати на монтажні роботи (B_m)

| № п/п | Найменування витрат | Один. вим. | позначення | значення |
|-------|----------------------------------------------------------|------------|-----------------|----------|
| 1 | Кількість робітників | | Ч | 2 |
| 2 | Часова тарифна ставка монтажника четвертого розряду | грн/год | a | 38 |
| 3 | Час для виконання робіт | Год | t | 9 |
| 4 | Коефіцієнт, що враховує розмір доплат | | K _д | 1,27 |
| 5 | Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи | | K _{см} | 1,22 |
| 6 | Коефіцієнт, що враховує інші витрати | | K _{пр} | 1,05 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 53 |

$$B_M = \sum(C \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{c3} \cdot K_{insh} \quad (5.2)$$

$$B_M = 2 \cdot 38 \cdot 9 \cdot 1,27 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 1112,78 \text{ грн.}$$

де C - Кількість осіб необхідних для монтажу и налагодження устаткування;

a - годинна тарифна ставка інженера-наладчика, 4-го розряду, грн / рік;

t - час, необхідній для монтажу та наладки обладнання, рік;

K_d - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{c3} - коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний внесок;

K_{insh} - коефіцієнт враховує інші витрати на здійснення робіт.

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

$$ЗП_{тар2} = 4173 \cdot 1,95 = 8\,170 \text{ грн}$$

Звідси знайдемо годинну тарифну ставку: **8170 грн / 172 год = 47,3 грн/год**

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 54 |

Таблиця 5.3 - Витрати на налагоджувальні роботи (B_H)

| № п/п | Найменування витрат | Один. вим. | позначення | значення |
|-------|----------------------------------------------------------|------------|------------|----------|
| 1 | Кількість робітників | | $Ч$ | 1 |
| 2 | Часова тарифна ставка монтажника п'ятого розряду | грн/год | a | 47,3 |
| 3 | Час для виконання робіт | Год | t | 6 |
| 4 | Коефіцієнт, що враховує розмір доплат | | K_D | 1,27 |
| 5 | Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи | | K_{cm} | 1,22 |
| 6 | Коефіцієнт, що враховує інші витрати | | K_{np} | 1,05 |

$$B_H = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_D \cdot K_{cm} \cdot K_{инш} \quad (5.3)$$

$$B_H = 1 \cdot 6 \cdot 47,3 \cdot 1,27 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 462 \text{ грн.}$$

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно прейскуранта цін фірми «EXMOTO» (<https://www.exmoto.ua>) станом на 5.05.2019

Електродвигун серії МТ-72-10 (1650кг) з м. Київ в м. Дніпро

Тариф «Стандарт»: 1кг = 55 грн

Загальна сума = тариф + (вага) * додану вартість

Загальна сума = [55 + (1650) * 6] × 1 = 9955 грн

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 55 |

ATV71HD110N4 перетворювач частоти ATV71 110кВт (74кг) x1 з м. Харків в м. Дніпро

Тариф «Стандарт»: 1кг = 55 грн

Загальна сума = тариф + (вага) * додану вартість

Загальна сума = [55 + (74) *6] × 1 = 499грн

$$B_{mзс} = 9955 + 499 = 10052 \text{ грн} \quad (5.4)$$

$$K_{пр} = 422\,591.67 + 10454 + 1112,78 + 461,70 = \\ = 434\,621 \text{ грн}$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період, виражений у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного обладнання відносяться:

- Амортизаційні відрахування (C_a);
- Заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3);
- Відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);
- Витрати на технічне обслуговування и поточний ремонт устаткування
- Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (C_T);
- Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування
- Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (C_e);
- Інші експлуатаційні витрати ($C_{інш}$).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 56 |

Таким чином, річні експлуатаційні витрати становлять:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_e + C_{\text{інш}} \quad (5.5)$$

5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання. Приймається дипломником строк корисного використання об'єктів основних засобів для нарахування амортизації може бути менше мінімально допустимих строків корисного використання. Розрахунок зведений в таблицю 5.5.

$$C_a = \Phi_{\text{п}} \frac{N_a}{100} \quad (5.6)$$

де N_a – норма амортизації для заміняемого обладнання

Для розрахунку норм амортизації використовуємо прямолінійний метод. Норма амортизації для проектного і базового варіантів складає:

$$N_a = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\% \quad (5.7)$$

Таблиця 5.5 - Розрахунок амортизаційних відрахувань

| № п/п | Найменування | Капітальні витрати, грн. | Норма амортизації, % | Сума амортизації, грн |
|-------|-------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1. | Проектний варіант | 434 621 | 20 | 86925 |

5.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 57 |

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу (робочі, РСС), який обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їх чисельністю, режимом роботи, вартовими тарифними ставками, посадовими окладами, що застосовуються на підприємстві формами і системами оплати праці та преміювання.

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

Додаткова заробітна плата - це винагорода за працю понад установлені норми, за особливі умови праці. До додаткової заробітної плати відносяться премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій, доплати і надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством.

$$T_{\text{НОМ}} = 245 * 8 = 1960 \text{ год.} \quad (5.8)$$

Таблиця 5.6 - Розрахунок річного фонду заробітної плати

| № п/п | Найменування професій працівників | Обліковий штат, чол. | Часова тарифна ставка, грн. | Номінальний річний фонд робочого часу, год. | Основна зарплата по тарифу, грн. |
|-------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|
| 1. | Черговий електрослюсар | 1 | 38 | 1960 | 74480 |

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 10-15% від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 58 |

СТАНОВИТЬ:

$$C_3 = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.9)$$

$$C_3 = 74480 + 8938 = 83418 \text{ грн.}$$

де $Z_{осн}$, $Z_{доп}$ – основна і додаткова заробітна плата відповідно, грн.

5.2.3. Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи (єдиний соціальний внесок) визначаються на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$C_{вн} = C_3 * 22\% \quad (5.10)$$

$$C_{вн} = 83418 * 0,22 = 18352 \text{ грн.}$$

5.2.4 Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговування

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства. Ці показники можуть змінюватися в залежності від зносу обладнання.

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати за формулою:

$$B_{т.р.} = \sum_{i=1}^n (R \cdot t \cdot m \cdot R_{\Sigma} + \frac{S \cdot \Pi}{T} \cdot T_{\phi}), \quad (5.10)$$

де R - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

t - трудомісткість одного ремонту (для середнього приймаємо 7 ч / од.);

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД | Арк. |
| | | | | | | 59 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

m - кількість ремонтів в рік;

R_{Σ} - сумарна категорія складності ремонту (приймаємо 10);

S - вартість однотипних замінних елементів, грн;

Π - кількість однотипних замінних елементів, грн;

T - середній термін служби деталей одного типу, ч;

T_{ϕ} - число годин роботи обладнання в рік, годин.

У свою чергу ефективний фонд робочого часу обладнання ТЕФ визначається як календарний фонд часу T_k (тривалість року - 365 днів) за вирахуванням вихідних і святкових днів і часу між змінами T_n (в 2017 році - 116 днів), а також часу простою обладнання в планово попереджувальних робіт. Число годин роботи в рік становить $249 \cdot 8 = 1992$ год. (245 робочих днів, зміна 8 годин, робота в 1 зміну)

Час на проведення ремонтних попереджувальних робіт $T_{п.рем.} = 6 \cdot 8 = 48$ год.

Технічний зупинка механізма приблизно 1 год. в зміну тобто 249 годин.

Загальний час роботи обладнання становить:

$$T_p = 1992 - 48 - 245 = 1695 \text{ год.} \quad (5.11)$$

Проектні витрати:

$$C_{т.р.} = 38 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 10 + \frac{200 \cdot 6}{300} \cdot 1695 = 9440 \text{ грн.}$$

(5.12)

5.2.5 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:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$C_e = W_p \cdot C_e \text{ грн} \quad (5.13)$$

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

C_e - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн / кВт год.

Ціни на I клас тарифна ставка на електроенергію складає 2,39 грн / кВт год без НДС (відповідно до Постанови НКРЕ від 24.04.17 №538 Єдині роздрібні тарифи). ПДВ=20%.

$$W_p = N_y \cdot T_n \cdot K_{\text{INT}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (5.14)$$

де N_y – встановлена потужність обладнання;

T_n – номінальний час роботи обладнання за рік;

K_{INT} – інтегральний коефіцієнт використання потужності.

Кількість електроенергії, споживаної впроваджуються об'єктом за рік:

$$W_{p1} = 110 \cdot 1695 \cdot 0,6 = 111672 \text{ кВт} \quad (5.14)$$

Витрати на електроенергію впроваджуваного об'єкта складуть:

$$C_{e1} = 111672 \cdot 2,39 = 266897 \text{ грн} \quad (5.15)$$

5.2.6 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Відповідно до практики, ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу і складають:

$$C_{\text{інш}} = 83418 \cdot 0,04 = 3337 \text{ грн.} \quad (5.16)$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати становлять:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_e + C_{i_{нш}} = 86928 + 83418 + \quad (5.17)$$

$$+18352 + 9440 + 266897 + 3337 = 468372 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 62 |

Висновки

В умовах конкурентної боротьби виробництво спрямовано на ресурсозбереження, своєчасну заміну та модернізацію засобів праці, кращого використання матеріальних, трудових та фінансових ресурсів, підвищення якості продукції, впровадження нових розробок.

У даному розділі були визначені: капітальні витрати які складають 468372

грн на рік експлуатаційні витрати: амортизаційні відрахування, річний фонд заробітної плати, відрахування на соціальні заходи. Визначено річні витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт, вартість спожитої електроенергії.

Встановлення нового обладнання дозволило скороти витрати на електроенергію. Досягнуто це за рахунок сучасних технологій управління електродвигуном за допомогою тиристорного перетворювача перетворювача частоти.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------------------|------|
| | | | | | Електропривод слитковозу по систем ПЧ-АД | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 63 |

ВИСНОВОК

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

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

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

У розділі економіки шляхом розрахунків встановлена доцільність обраної техніки.

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

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| | | | | | | 68 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | |

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Довідник з автоматизованого електроприводу / Под ред. В.А. Єлісеєва, А.В. Шінянського. - М.: Вища школа, 1983.
2. Довідник з проектування автоматизованого електроприводу і систем управління технологічними процесами / Під ред. В.І. Круповіча, Ю.Г. Барабін, М.Л. Самовер. - М.: Вища школа, 1982.
3. Ключев А.С. та ін. Довідковий посібник. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. 1990.
4. Довідник з автоматизованого електроприводу / Під ред. В.А. Єлісеєва і А.В.Шінянського. - М.: Вища школа, 1983. - 616 с.
5. Б. Диомидов В. Литовченко Довідковий посібник. Прокатне виробництво.
6. 6.Белов М.П. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів.
7. Дружинін М.М. Електрообладнання прокатних цехів.
8. Башарин А.В. і ін. Приклади розрахунків автоматизованого електропривода. . - Л.: Енергія, 1997.- 440С.
9. Довідник по електричним машинам. Том 2. / За ред. Копилова І.П
10. Довідник з проектування електроприводу, силових установок / Под ред. Я.М. Болинама.
11. Розрахунок машин та механізмів прокатних цехів під ред. Ф.К. Іванчека.
12. Хашковській А.В. Питання безпеки при роботі з прокатними механізмами: Навчальний посібник.
13. Варенко А. Н., Костіков В. І. Хімічна екологія та інженерна безпека металургійних виробництв: Навчальний посібник.
14. Охорона праці в прокатному виробництві / Під ред. Бринза А.М.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 69 |

15. Безпека праці на виробництві. Виробнича санітарія / Під ред. Злобінського Б.М. - М.: Металургія.
16. ГОСТ 12.1.029-80 "Засоби і методи захисту від шуму і вібрації".
17. СНіП 23.05-95. Будівельні норми і правила. Норми проектування. Природне і штучне освітлення.
18. Пожежна безпека на об'єктах чорної металургії Глушко Л.А.
19. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи Л.В. Тимошенко, І.В. Шереметьєва - Дніпропетровськ: НГУ.
20. https://ventilator.ua/auxpage_contacts/.
21. <http://driveka.ru>.
22. <http://www.transel.com.ua>.
23. <https://electrolend.com.ua>.
24. <https://karpenko.com.ua>.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | <i>Електропривод слитковозу по системі ПЧ-АД</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 70 |