

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

Електро-технічний факультет

Кафедра **Електропривода**
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)
бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань **0507 Електротехніка та електромеханіка**
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки **050702 Електромеханіка**
(код і назва напрямку підготовки)

спеціальність **6.050702 Електромеханічні системи автоматизації та
електропривод**
(код і назва спеціальності)

освітній рівень **бакалавр**
(назва освітнього рівня)

кваліфікація **фахівець у галузі електромеханіки**
(код і назва кваліфікації)

на тему: **Електропривод робочого рольгангу чистової кліти стану по системі
ТП-Д**

Виконавець:

студент **4** курсу, групи **ЕМ-14-2**

(підпис)

Гетало Р.О.

(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Бешта А.С.		
розділів:			
Автоматизований електропривод	Сьомін А.О.		
Дослідження динаміки електропривода	Сьомін А.О.		
Охорона праці	Столбченко О.В.		
Економічного	Тимошенко Л.В.		
Рецензент			
Нормоконтроль	Казачковский М.М.		

Дніпро
2018

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

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електропривода

(повна назва)

Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект
бакалавра

студенту ЕМ-14-2
(група)

Гетало Р.О
(прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту "Електропривод робочого рольгангу чистової кліті стану по системі ТП-Д"

затверджена наказом ректора ДВНЗ НТУ «Дніпропетровська політехніка» від
№ _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Автоматизований електропривод	Аналіз технології роботи механізму та розрахунок потужності електроприводу.	20.01.18 – 12.02.18
Дослідження динаміки електропривода	Вибір комплектного електроприводу, синтез САУ і дослідження її роботи.	16.02.18 – 15.03.18
Охорона Праці	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.	17.03.18 – 26.04.18
Техніко-економічне обґрунтування	Встановлення економічної доцільності прийнятих технічних рішень. Розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.	29.04.18 – 30.05.18

Завдання видав _____

(підпис)

Сьомін А.О.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Гетало Р.О.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 20.01.2018

Термін подання дипломного проекту до ЕК 10.06.2018

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 63 с., 11 рис., 11 табл., 13 джерела, 4 аркуша креслень.

Об'єкт детальної розробки: електропривод робочого рольгангу чистової кліті стану по системі ТП-Д.

Мета роботи: модернізація електроприводу робочого рольгангу.

Технічний проект містить розрахунки, які підтверджують працездатність системи.

У розділі «Технологічна частина» вказані основні відомості про вибрані елементи (рольганговий електродвигун постійного току Д808 тихохідний, тиристорний перетворювач Mentor MP105A4(R)).

У розділі «Автоматизований електропривод» виконаний аналіз навантажувальних характеристик електроприводу з використанням пакета MATLAB. Шляхом моделювання отримано діаграми навантаження та швидкості розробленої моделі.

У розділі «Охорона праці» виконано аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проєктованого об'єкту. Проведені інженерно – технічні заходи з охорони праці, заходи щодо пожежної профілактики та ергономіки.

В економічній частині наведено розрахунки капітальних та експлуатаційних витрат

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 63 с., 11 рис., 11 табл., 13 источников, 4 листа чертежей.

Объект детальной разработки: электропривод рабочего чистовой клетки стана рольганга по системе ТП-Д.

Цель работы: модернизация электропривода рабочего рольганга.

Технический проект содержит расчеты, подтверждающие работоспособность системы.

В разделе «Технологическая часть» указаны основные сведения о выбранные элементы (рольгангов электродвигатель постоянного тока Д808 тихоходный, тиристорный преобразователь Mentor MP105A4 (R)).

В разделе «Автоматизированный электропривод» выполнен анализ погрузочные-данные характеристик электропривода с использованием пакета MATLAB. Путем моделирования получено диаграммы нагрузки и скорости разработанной модели.

В разделе «Охрана труда» выполнен анализ опасных и вредных производственных факторов проектируемого объекта. Проведены инженерно - технические мероприятия по охране труда меры пожарной профилактики и эргономики.

В экономической части приведены расчеты капитальных и эксплуатационных затрат.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

Explanatory note 63 p., 11 fig., 11 tables, 13 sources, 4 sheets of drawings.

The object of detailed development: the electric drive of the main table of finishing stand by the system «Thyristor converter- DC motor».

Purpose: modernization of the electric drive of the main table.

The technical design contains calculations, which confirm the system performance.

In the section "Technological part" the basic information about the selected elements is specified (roll-on electric motor of DC current D808 slow-moving, thyristor converter Mentor MP105A4 (R)).

In the section "Automated Electric Drive" an analysis of the charging characteristics of the electric drive using the MATLAB package is performed. Through the simulation, load diagrams and speeds of the developed model are obtained.

In the section "Labor protection" an analysis of hazardous and harmful production factors of the projected object was performed. The engineering and technical measures on labor protection measures on fire prevention and ergonomics have been carried out.

In the economic part the capital and operating costs for the implemented equipment are determined.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Зміст

Вступ	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Характеристика рольгангу та його параметри	8
1.2 Загальна характеристика електрообладнання рольгангу, його режимів роботи та умов експлуатації	11
1.3 Вихідні данні для проектування	14
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	19
2.1 Розрахунок та вибір потужності двигуна	19
2.2 Вибір силової частини електропривода	26
2.3 Роррахунок елементів САК	32
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	34
3.1 Розрахунок математичної моделі електроприводу рольгангу	34
3.2 Розрахунок перехідних процесів	37
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	42
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проєктованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою	42
4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	45
4.3 Розрахунок освітлення	47
4.4 Пожежна профілактика	49
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	51
5.1 Вступ	51
5.2 Розрахунок капітальних витрат	53
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	56
Висновки	61
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	62

Вступ

Прокатка є основним видом обробки металів тиском. Близько 75% сталі, виплавленої на металургійних заводах, обробляється на прокатних станах і випускається у вигляді готового прокату: листів, сортових профілів, труб та інше.

Сучасний прокатний стан характеризується високим рівнем продуктивності, механізацією трудомістких робіт і автоматизацією основних технологічних процесів. Зростання продуктивності прокатних станів і допоміжних механізмів, підвищення якості продукції, досягнення високих швидкостей прокатки і інтенсифікація обтиснень стали можливими в результаті розвитку і широкого впровадження в прокатне виробництво сучасних систем електроприводу і автоматики. Сучасні прокатні стани і механізми представляють приклад тісного взаємозв'язку елементів конструкцій, технологічного процесу і автоматизованого електроприводу. Крім основної операції на прокатному стані проводиться цілий ряд допоміжних операцій, без яких неможлива прокатка металу.

В сучасних механізованих прокатних станах з потоковим технологічним процесом обробки металу рольганги є одним з найбільш поширених допоміжних механізмів, від яких у великій мірі залежить продуктивність і безперебійна робота прокатного стану в цілому. Продуктивність прокатного стану може виявитися невисокою, якщо хоча б один з його механізмів не в змозі виконати відповідну кількість операцій в заданий час.

Основним завданням проекту є модернізація застарілого обладнання робочого рольгангу з груповим приводом. Зменшення енергоспоживання електроприводом рольганга і підвищення техніко-економічних показників робочого електрообладнання за рахунок встановлення сучасних технологічних рішень, а саме встановлення двигуна постійного струму і тиристорного перетворювача для керування електродвигуном. Це дозволить значно зменшити втрати електроенергії при цьому обсяги прокатної продукції залишаться на тому ж рівні.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 Технологічна частина

1.1 Характеристика рольгангу та його параметри

Рольганги - це механізми, призначені для транспортування металу обертовими роликками. За призначенням рольганги діляться на робочі, транспортні, пакетувальні, пересувні та інші.

Робочі рольганги слугують для подачі металу до прокатних валків і відведення його від валків та розташовуються безпосередньо у кліті. На великих станах частина роликків цих рольгангов (від 1 до 3) розміщуються безпосередньо в станині кліті і називаються станинними роликками. Їх призначення - поліпшити умови захоплення металу валками.

Робочі допоміжні рольганги (подовжувальні або розкатні), є продовженням основних робочих. Вони використовуються, коли довжина металу, що прокочується перевищує довжину основних рольгангов.

Транспортні рольганги слугують для передачі металу від одного механізму до іншого. Розрізняють підводящі і відводящі транспортні рольганги в залежності від напрямку їх руху щодо механізму. Рольганг, розташований на початку стану, і слугуючий для прийому металу, називається прийомним. Різновидом транспортних рольгангів є пічні рольганги, що встановлюються в прохідних нагрівальних печах.

Пакетувальні рольганги з косими роликками призначені для одночасного переміщення металу уздовж і поперек вісі рольгангу для збирання заготовок або смуг в пачки.

Пересувні рольганги слугують для переміщення металу в напрямку руху роликків рольганга і в напрямку переміщення самого рольганга (пересувні столи, рейкобалкового і трубозварювальні стани, підйомно-хитні столи станів тріо, паралельно-підйомні столи для завантаження металу в нагрівальні печі та інші).

Діаметр роликків рольгангу для зниження їх маси вибирається згідно з мінімальними задовольняючими умовами міцності.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Рольганги можуть мати груповий або індивідуальний приводи. При груповому приводі секція рольгангу, що має від трьох до десяти і більше роликів, має один або два загальні приводні двигуна. Груповий привод застосовується для рольгангів, які переміщують короткі заготовки, коли на один ролик може припадати майже вся вага заготовки, так як при індивідуальному приводі в цьому випадку потрібна була б значно більша встановлена потужність. До таких рольгангів відносяться робочі, подовжувальні і прийомні рольганги обтискних станів, рольганги у печей.

Робочий рольганг є одним з найбільш навантажених механізмів стану. Тому підвищення безвідмовності і довговічності робочого рольгангу є важливим завданням. Рішення задач, пов'язаних з надійністю роботи рольганга дозволить підвищити ефективність його експлуатації.

Прокатне виробництво - завершальний етап металургійного процесу. Робочий рольганг займає провідне місце в технологічній лінії прокатки, так як його зупинка приводить до підвищення аварійності в цеху і в кінцевому підсумку знижується продуктивність всього цеху.

Робота робочого рольгангу повинна бути безвідмовною, тому в цеху повинні бути передбачені ділянки і відповідне обладнання і інструменти для підтримки і відновлення його працездатності.

Ролики виконують функцію транспортування злитка до робочої кліті. В процесі переміщення злитка ролики сприймають тиск з боку злитка, і передають цей тиск на підшипники.

При експлуатації робочий рольганг може працювати в одному з наступних режимів роботи:

- 1) транспортування злитку і розкат;
- 2) кантування розкату на рольгангу;
- 3) холостий хід;
- 4) прийом розкату з кліті.

Кожен з перерахованих режимів характеризується своїми режимами навантажень деталей рольгангу.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Робочим органом рольганга є ролики, тому навантаження, що діють на рольганг, розглядаються стосовно роликів.

Навантаження всіх інших деталей і вузлів рольгангу (підшипники роликів, шестерні та зубчасте колесо редуктора, підшипники редуктора, вали редуктора, муфти) можуть бути отримані за встановленими навантаженнями на ролики.

Основним режимом роботи робочого рольганга є транспортування злитка і розкату. Для цього режиму навантаження на ролики визначатиметься масою злитка (розкату) і його довжиною.

Навантаження на один ролик обернено пропорційне числу роликів, які одночасно стикаються з металом, що прокочується. Після кожного проходу в прокатній кліті маса розкату розподіляється між більшим числом роликів, відповідно зменшується навантаження на ролики і обертовий момент, що передається на елементи приводу рольгангу.

При транспортуванні розкату, коли його довжина перевищує 2 кроки між ролика, навантаження на один ролик може бути визначена як маса розкату, віднесена до числа роликів, на яких лежить розкат. Але на практиці деяке число роликів безпосередньо не стикаються з розкатом у вигляді його нерівностей, тому допускають, що в контакті з розкатом знаходяться 70% від загального числа роликів.

При роботі рольганга на холостому ході ролики сприймають навантаження тільки від власної сили тяжіння.

У режимах кантування розкату на ролики діє динамічне навантаження.

Крім того, динамічне навантаження впливає на ролики рольгангу при прийомі розкату з кліті. Можливо два варіанти виходу розкату з кліті.

При прокатці з нижнім тиском розкат подається на ролики зверху. У разі, коли розкат загнутий при виході з кліті він упирається в ролик, в результаті можлива пробуксовка прокату.

В роботі розглянуті навантаження, що впливають на ролики рольганга при транспортуванні розкату і його кантуванні.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.2 Загальна характеристика електрообладнання рольгангу, його режимів роботи та умов експлуатації

Режими роботи електроприводів рольгангу визначаються їх назвою і типом стану. При виборі типу електроприводу рольгангу необхідне детальне вивчення технологічного процесу, для визначення дійсного навантаження і режиму роботи рольгангов, а також необхідного діапазону регулювання швидкості роликів, точності зупинки, плавності регулювання та інших специфічних умов роботи.

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

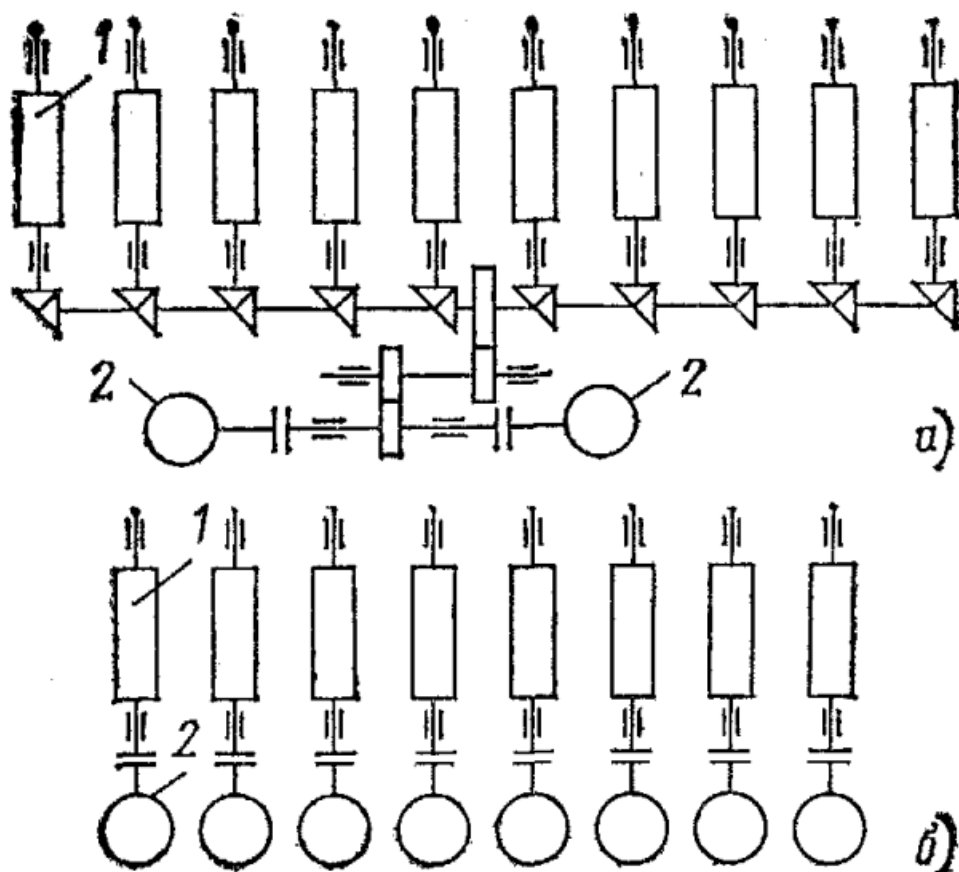


Рисунок 1.1 Рольганг з груповим та індивідуальним приводом

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

При груповому електроприводі секція рольгангу, що складається з 3 ... 10, а іноді і більшого числа роликів, має загальний електропривод від одного або двох електродвигунів через конічні або циліндричні шестерні і трансмісійний вал. Груповий електропривод застосовується в основному для рольгангів, які працюють у важкому режимі з частими пусками або реверсами, наприклад, для робочих і підвідних рольгангів обтискних клітей. Для цих станів початкова довжина злитка і довжина розкату в перших проходах близькі до значення кроку рольганга, внаслідок чого на один ролик приходить майже вся маса прокатного металу. Це викликає необхідність застосування групового електроприводу, що має в порівнянні з індивідуальним набагато меншу встановлену потужність електродвигунів і меншу вартість.

Для рольгангов з груповим електроприводом, що не вимагають регулювання швидкості і мають частоту включень в годину не більше 500, використовуються асинхронні електродвигуни з фазним ротором. Електропривод подібного типу застосовується для рольгангів обтискних клітей трію, прийомних рольгангів блюмінга, завантажувальних та прийомних рольгангів печей, а також для деяких рольгангів, що транспортують важкі заготовки.

При необхідності регулювання швидкості роликів використовуються електродвигуни постійного струму, що живляться від окремого генератора або від тиристорного перетворювача, що забезпечує широкий діапазон регулювання швидкості зміною напруги на якорі, а також скорочення часу перехідних процесів.

При індивідуальному електроприводі рольгангов кожен ролик приводиться у рух окремим електродвигуном. Подібний електропривод застосовується для станини роликів, а також для транспортних рольгангів, які переміщують довгі смуги металу, коли маса прокату розосереджується на велике число роликів.

Рольганги з індивідуальним електроприводом коштують дорожче, однак це компенсується простотою конструкції, зручністю виготовлення і більшою

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

експлуатаційною надійністю. У рольгангів з індивідуальним електроприводом можлива заміна приводних електродвигунів без зупинки рольгангу або без зниження його швидкості, допускається робота рольгангу при виході з ладу одного або декількох електродвигунів.

Для індивідуального електроприводу роликів рольгангів застосовуються асинхронні двигуни спеціальної конструкції з великою перенавантажувальною здатністю. Живлення цих електродвигунів здійснюється від перетворювачів частоти з діапазоном регулювання 10 ... 60 Гц. Частота, а, отже, і швидкість змінюються одночасно на всіх електродвигунах декількох секцій рольгангу.

Крім того, для індивідуального електроприводу рольгангів застосовуються електродвигуни постійного струму паралельного збудження з груповим управлінням і регулюванням напруги.

Останнім часом для робочих рольгангів обтискних станів використовують індивідуальний без редукторний електропривод зі спеціальними тихохідними електродвигунами постійного струму.

Для швидкохідних рольгангов ролики зазвичай з'єднуються з електродвигуном безпосередньо, а для тихохідних - через редуктор. Вибір редукторного або без редукторного індивідуального електроприводу роликів - завдання техніко-економічного розрахунку, заснованого на порівнянні цих двох типів електроприводу з точки зору капітальних витрат і експлуатаційних показників.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3 Вихідні дані для проектування

Автоматизований електропривод рольгангу.

Виробничий процес відбувається наступним чином:

Виконується прокатка заготовки на прокатному стані в чотири пропуски. Нагріта до температури 1200-1250 ° С заготовка з нагрівальних колодязів або нагрівальних печей транспортується спеціальними візками-злитковозами до приймального рольгангу, звідки за допомогою підвідного та подовжуючого рольгангів доставляють на робочий рольганг. Рольганг вмикається у напрямку до стану вхолосту. Момент вмикання рольганга вибирається таким, щоб після досягнення сталої швидкості транспортована розкатним рольгангом заготовка підійшла до дев'ятого ролика. Заготовка переміщується до маніпулятора зі сталою швидкістю, після чого рольганг зупиняється. Момент початку гальмування обирається так, щоб після зупинки рольгангу кінець заготовки знаходився на вісі третього ролика. При пересуванні заготовки маніпулятором рольганг не працює.

Друге включення рольгангу виконується при подачі заготовки в валки для першого пропуску. В період прокату рольганг працює зі сталою швидкістю. Перед закінченням прокату рольганг реверсує з попереднім гальмуванням. Гальмування починається в такий момент часу, щоб при відході заготовки з першого ролика швидкість рольгангу дорівнювала нулю.

Розгін рольгангу в зворотному напрямку вхолосту. Після другого пуску заготовка приймається на рольганг, що обертається в напрямку прокату зі сталою швидкістю. Потім починається його гальмування, причому момент початку гальмування обирається так, щоб швидкість рольгангу дорівнювала нулю при зупинці заготовки, викинутої кліттю, після чого починається розгін із заготовкою в напрямку до стану. Робота рольганга при прокаті заготовки в третьому пропуску аналогічна його роботі при прокаті в першому пропуску.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Заготовка, викинута з кліті після прокату в четвертому пропуску, транспортується робочим рольгангом на розкатний. Робочий рольганг зупиняється, гальмування його починається в момент проходження заднього кінця смуги через вісь дев'ятого ролика.

Після паузи, тривалість якої визначається часом, необхідним для передачі розкату шпелером з першої чистової лінії на другу і часом, необхідним для транспортування наступної заготовки до стану, починається другий цикл роботи рольганга.

Таким чином, для транспортування металу до прокатного стану, подачі металу у валки, прийому його з валків і пересування до допоміжних машин (ножиць, пил, плавильних машина та іншим) слугують рольганги. За своїм призначенням рольганги поділяють на робочі і транспортні. Робочими називають рольганги, розташовані безпосередньо у робочій кліті і слугують для подачі металу у валки і прийому його з валків. Транспортними називають всі інші рольганги, встановлені перед робочою кліттю і за нею і з'єднуючі між собою окремі допоміжні машини і пристрої стану.

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

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

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Вихідні данні:

Діаграми статичного моменту і тахограма рольгангу приведені на
рисунок 1.2, а параметри діаграм - у таблиці 1.1.

Привод - груповий. Кінематична схема приведена на рисунку 1.3.

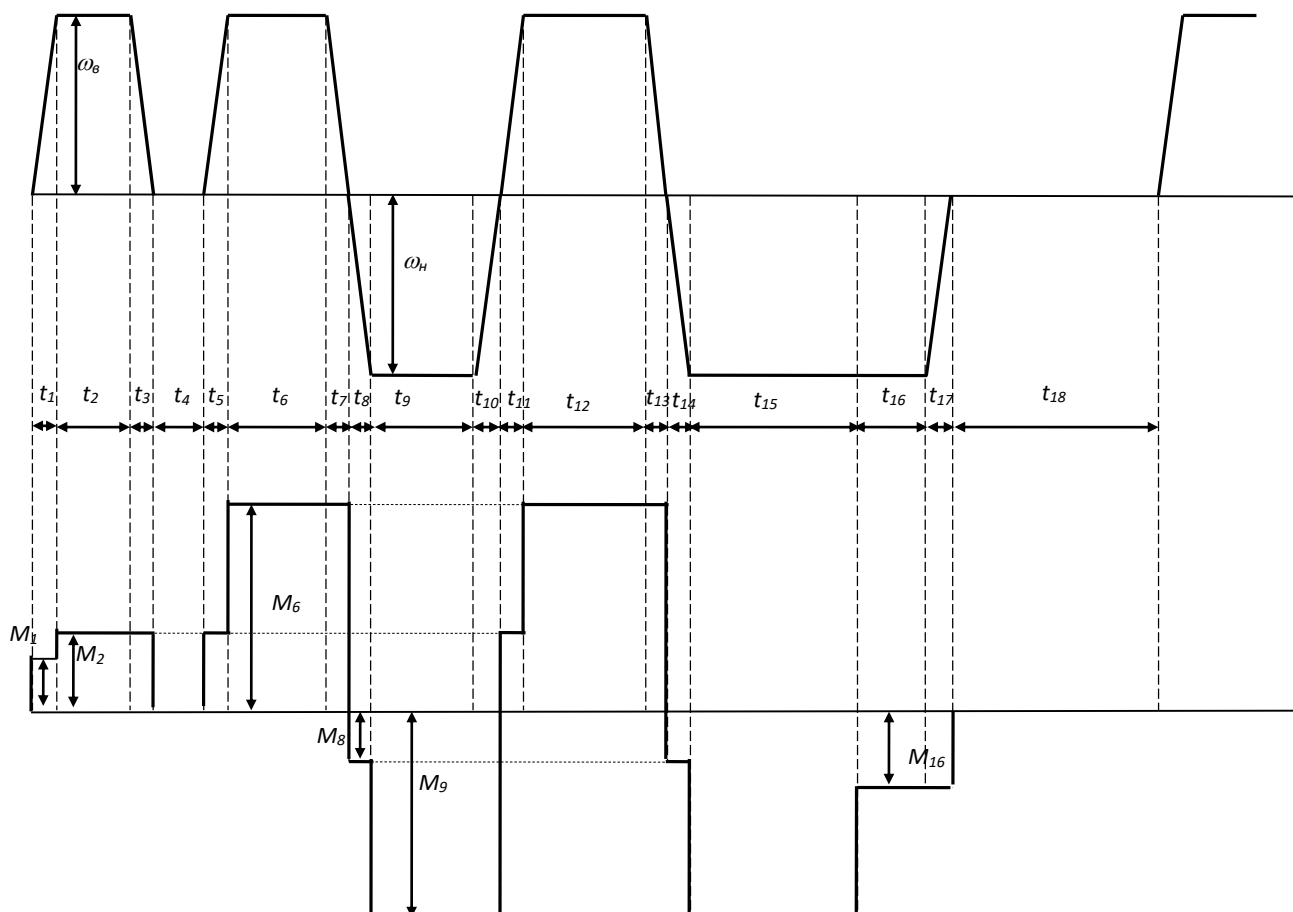
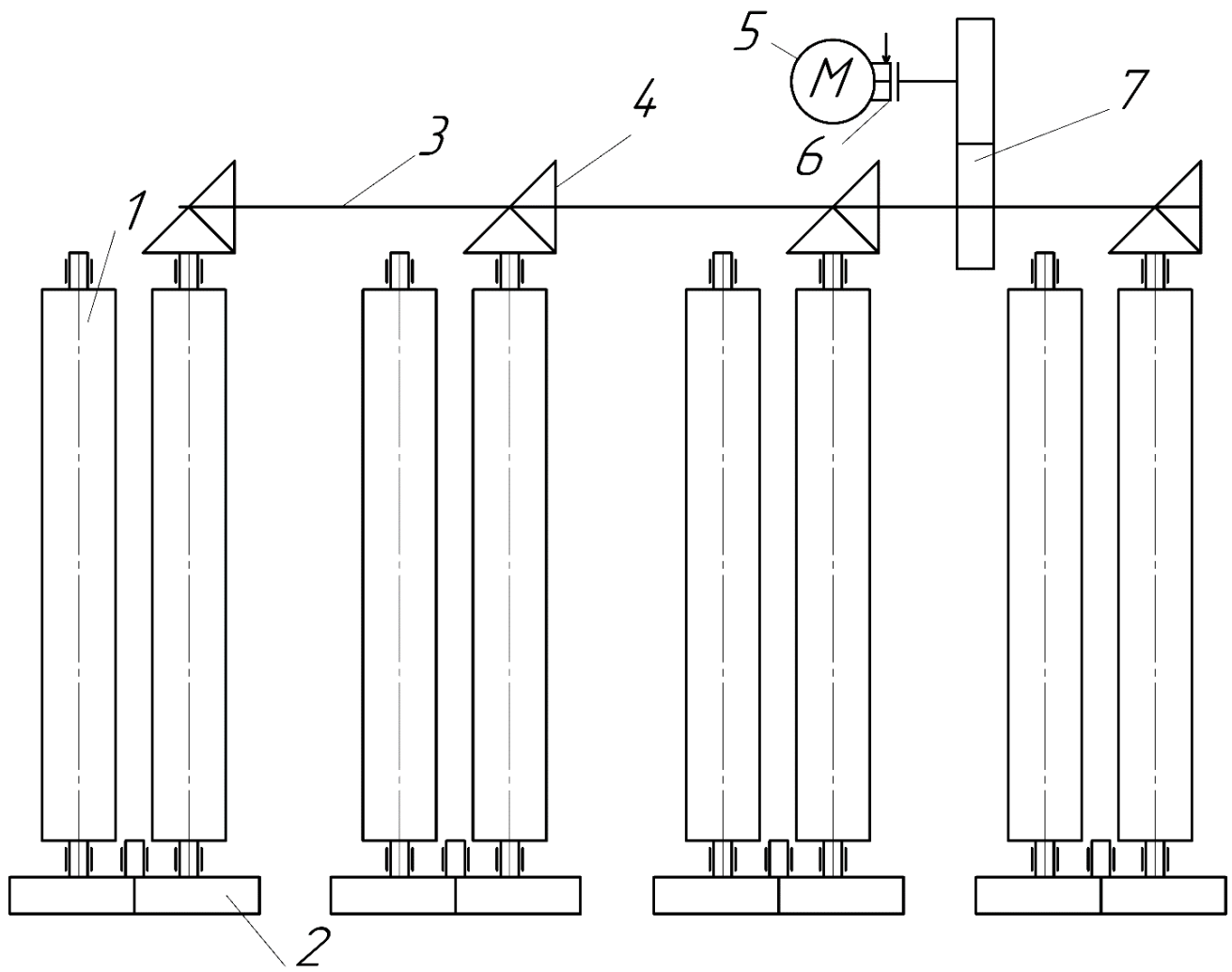


Рисунок 1.2 Діаграма швидкості і навантажувальна діаграма рольгангу



1 – ролик, 2 – розподільний редуктор, 3 – продольний вал, 4 – конічна шестерня, 5 – електродвигун, 6 – тормозний шкіф, 7 – редуктор.

Рисунок 1.2 Кінематична схема робочого рольгангу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.18.15.5.ПЗ

Арк.

17

Таблиця 1.1 Параметри діаграм

Параметр	Значення
№ варіанту	2
t_1, c	1,7
t_2, c	4
t_3, c	1,9
t_4, c	4,5
t_5, c	2
t_6, c	6,3
t_7, c	1,9
t_8, c	1,7
t_9, c	9
t_{10}, c	2,2
t_{11}, c	1,9
t_{12}, c	14
t_{13}, c	1,9
t_{14}, c	1,7
t_{15}, c	19
t_{16}, c	3
t_{17}, c	1,9
t_{18}, c	22
$M_1 = M_8, H \cdot m$	145
$M_2 = M_{16}, H \cdot m$	176
$M_6 = M_9, H \cdot m$	690
Приведений $\sum J$ при роботі вхолосту	22,1
Приведений $\sum J$ з урахуванням заготовки	26,4
Система електропривода	ТП-Д (однозоний)

2 Автоматизированный электропривод

2.1 Розрахунок та вибір потужності двигуна

Потужність двигуна попередньо обирається орієнтовно, а потім після розрахунку перехідних процесів і побудови навантажувальної діаграми двигуна проводиться перевірка по нагріву.

Попередньо обрано рольганговий двигун постійного струму Д808.

Таблиця 2.1 Характеристики електродвигуна Д808

Назва	Одиниця виміру	Значення
Тип двигуна	-	Д808
Номинальна потужність	кВт	37
Номинальний струм	А	100
Номинальна частота обертання ротора	Об/хв	525
КПД	%	92
Номинальний обертовий момент	Нм	673,04
Максимальний обертовий момент	Нм	1400
Момент інерції двигателя	Кг·м ²	2

Визначаємо час роботи:

$$t_p = \sum_i^n t_{pi} \quad (2.1)$$

$$t_p = 1,7 + 4 + 1,9 + 4,5 + 2 + 6,3 + 1,9 + 1,7 + 9 + 2,2 + 1,9 + 14 + 1,9 + 1,7 + 19 + 9 + 1,9 = 78,6 \text{ с.}$$

де t_{pi} - проміжки часу в котрі рольганг працює.

Розрахунок часу робочого циклу рольгангу:

$$t_{ц} = \sum t_i \quad (2.2)$$

$$t_{ц} = 78,6 + 4,5 + 22 = 105,1 \text{ (с)}.$$

где t_i - поточний проміжок часу.

Тривалість вмикання двигуна:

$$ПВ = \frac{t_p}{t_{ц}} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

$$ПВ = \frac{78,6}{105,1} \cdot 100\% = 75\%$$

де t_p - тривалість роботи електродвигуна;

$t_{ц}$ - тривалість циклу.

Визначення сумарних моментів інерції:

Для роботи вхолосту:

$$J_{xx} = \Sigma J_{xx} + J_r \quad (2.4)$$

де ΣJ_{xx} - момент інерції приведений до валу двигуна при роботі вхолосту;

J_r - момент інерції двигуна.

$$J_{xx} = 22,1 + 2 = 24,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Для роботи з навантаженням:

$$J_n = \Sigma J_n + J_r \quad (2.5)$$

где ΣJ_n - момент інерції приведений до валу двигуна при роботі з навантаженням.

$$J_n = 26,4 + 2 = 28,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Динамічний момент двигуна:

$$M_{дин} = J_{\Sigma} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (2.6)$$

де M_c - статичний момент навантаження;

J_{Σ} - сумарний момент інерції;

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta\omega$ - приріст швидкості ω ;

Δt - приріст часу.

$$M_{\text{дин1}} = \frac{22,1 \cdot 50}{1,7} = 650 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{дин3}} = \frac{26,4 \cdot (-50)}{1,9} = -694,7 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{дин5}} = \frac{26,4 \cdot (-50)}{2} = 660 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{дин7}} = \frac{22,1 \cdot (-50)}{1,9} = -581,6 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{дин8}} = \frac{22,1 \cdot (-50)}{1,7} = -650 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{дин10}} = \frac{26,4 \cdot 50}{2,2} = 600 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{дин11}} = \frac{26,4 \cdot 50}{1,9} = 694,7 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{дин13}} = \frac{26,4 \cdot (-50)}{1,9} = -694,7 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{дин14}} = \frac{26,4 \cdot (-50)}{1,7} = -776,5 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{дин17}} = \frac{26,4 \cdot 50}{1,9} = 694,7 \text{ Нм},$$

Знаючи статичний та динамічний моменти на кожній ділянці робочого циклу, визначаємо електромагнітний момент:

$$M = M_c + M_{\text{дин}}, \quad (2.7)$$

$$M_1 = 145 + 650 = 795 \text{ Нм},$$

$$M_2 = 176 \text{ Нм},$$

$$M_3 = 176 - 694,7 = -518,7 \text{ Нм},$$

$$M_4 = 0 \text{ Нм},$$

$$M_5 = 176 + 660 = 836 \text{ Нм},$$

$$M_6 = 690 \text{ Нм},$$

$$M_7 = 690 - 581,6 = 108,4 \text{ Нм},$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$\begin{aligned}
M_8 &= -145 - 650 = -795 \text{ Нм}, \\
M_9 &= -690 \text{ Нм}, \\
M_{10} &= -690 + 600 = -90 \text{ Нм}, \\
M_{11} &= 176 + 694,7 = 870,7 \text{ Нм}, \\
M_{12} &= 690 \text{ Нм}, \\
M_{13} &= 690 - 694,7 = -4,7 \text{ Нм}, \\
M_{14} &= -145 - 776,5 = -921,5 \text{ Нм}, \\
M_{15} &= -690 \text{ Нм}, \\
M_{16} &= -176 \text{ Нм}, \\
M_{17} &= -176 + 694,7 = 518,7 \text{ Нм},
\end{aligned}$$

Перевірка двигуна за нагрівом

Розрахунок еквівалентного моменту двигуна:

$$M_e = \sqrt{\frac{M_{\Pi}^2 \cdot \Sigma t_{\Pi} + M_{\Gamma}^2 \cdot \Sigma t_{\Gamma} + M_c^2 \cdot t_c}{\frac{1+\beta}{2} \cdot (\Sigma t_{\Pi} + \Sigma t_{\Gamma} + \Sigma t_c)}} = \sqrt{\frac{145^2 \cdot 11,4 + 176^2 \cdot 7,4 + 690^2 \cdot 55,3}{\frac{1+0,5}{2} \cdot (11,4 + 7,4 + 55,3)}} = 621,391 \text{ (Нм)} \quad (2.8)$$

де M_{Π} - пусковий момент;

t_{Π} - час пуску;

M_{Γ} - гальмівний момент;

t_{Γ} - час гальмування;

M_c - момент статичного навантаження;

t_c - час незмінного навантаження;

β – коефіцієнт погіршення вентиляції двигуна при зупинці (для двигунів із закритим виконанням та самовентиляцією 0,45...0,55).

Розрахунок номінального моменту двигуна:

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P_H}{n},$$

де P_H - номінальна потужність двигуна;

n - номінальна частота обертання ротора.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$M_n = 9550 \cdot \frac{37}{525} = 673,048 \text{ (Нм)}$$

При правильно обраному двигуні його номінальний момент при стандартному PV_n має бути рівний або більший розрахованого еквівалентного моменту тобто:

$$M_n \geq M_e$$

$$673,048 \text{ Нм} > 621,391 \text{ Нм}$$

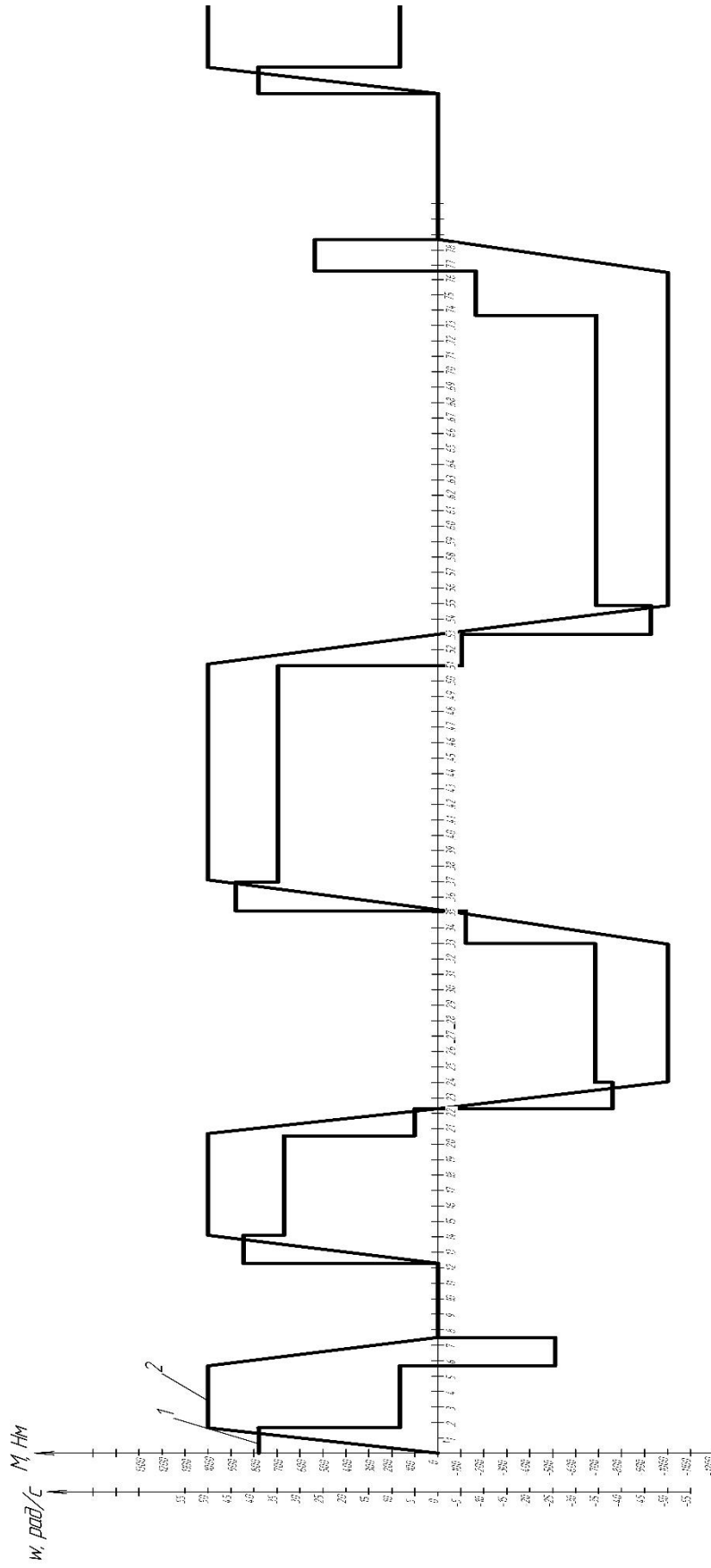
Умова за нагрівом виконується.

Виходячи з цього можна зробити висновок, що даний електродвигун Д808 обраний правильно і його можна використовувати для приводу робочого рольгангу.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 2.2 Розрахункові моменти навантаження двигуна.

№	$\Delta\omega$, рад/с	Δt , с	$M = M_c + J \cdot \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$, Нм
1	50	1,7	795
2	0	4	176
3	-50	1,9	-518,7
4	0	4,5	0
5	50	2	836
6	0	6,3	690
7	-50	1,9	108,4
8	-50	1,7	-795
9	0	9	-690
10	50	2,2	-90
11	50	1,9	870,7
12	0	14	690
13	-50	1,9	-4,7
14	-50	1,7	-921,5
15	0	19	-690
16	0	3	-176
17	50	1,9	518,7



1- Момент навантаження

2- Швидкість обертання

Рисунок 2.1 Навантажувальна діаграма електродвигуна

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ЕП.18.15.5.ПЗ

Арк.

25

2.2 Вибір силової частини електропривода

Вибір тиристорного перетворювача робимо виходячи з номінальних даних двигуна, а саме за номінальною потужністю двигуна. Номінальна потужність двигуна 37 кВт. Найбільш підходящим є перетворювач компанії Mentor. Тиристорний перетворювач для двигунів постійного струму Mentor MP105A4(R).

Серія тиристорних перетворювачів MP105A4(R) відповідає найсуворішим вимогам застосування. Завдяки використанню різноманітних законів управління двигуном і численним функціональними можливостями. Вона адаптована для вирішення найбільш складних завдань електропривода:

Багатофункціональність перетворювача Mentor MP105A4(R) збільшує продуктивність і гнучкість використання машин для багаточисельних застосувань.

Типові застосування Mentor MP:

- Металургія;
- Крани і підйомно-транспортне обладнання;
- Випробувальні і навантажувальні стенди;
- Магнітні захвати;
- Транспортери;
- Шинна промисловість;
- Кабельна промисловість;
- Морські застосування;
- Виробництво скла;
- Індустрія розваг, театри;
- Станочне обладнання;
- Дроблення;
- Застосування електропривода постійного струму в якості активного випрямляча для систем змінного струму з рекуперацією.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблица 2.1 Технические данные тиристорного перетворювача постійного струму Mentor MP105A4(R)

Модель	Вхідний-змінний струм		Вихідний постійний струм		Потужність двигуна	
	Тривалий, А	Тривалий, А	Перенавантаження, А	При 400 В, кВт	При 500 В, л.с.	
MP105A4(R)	94	105	157,5	37,5	60	

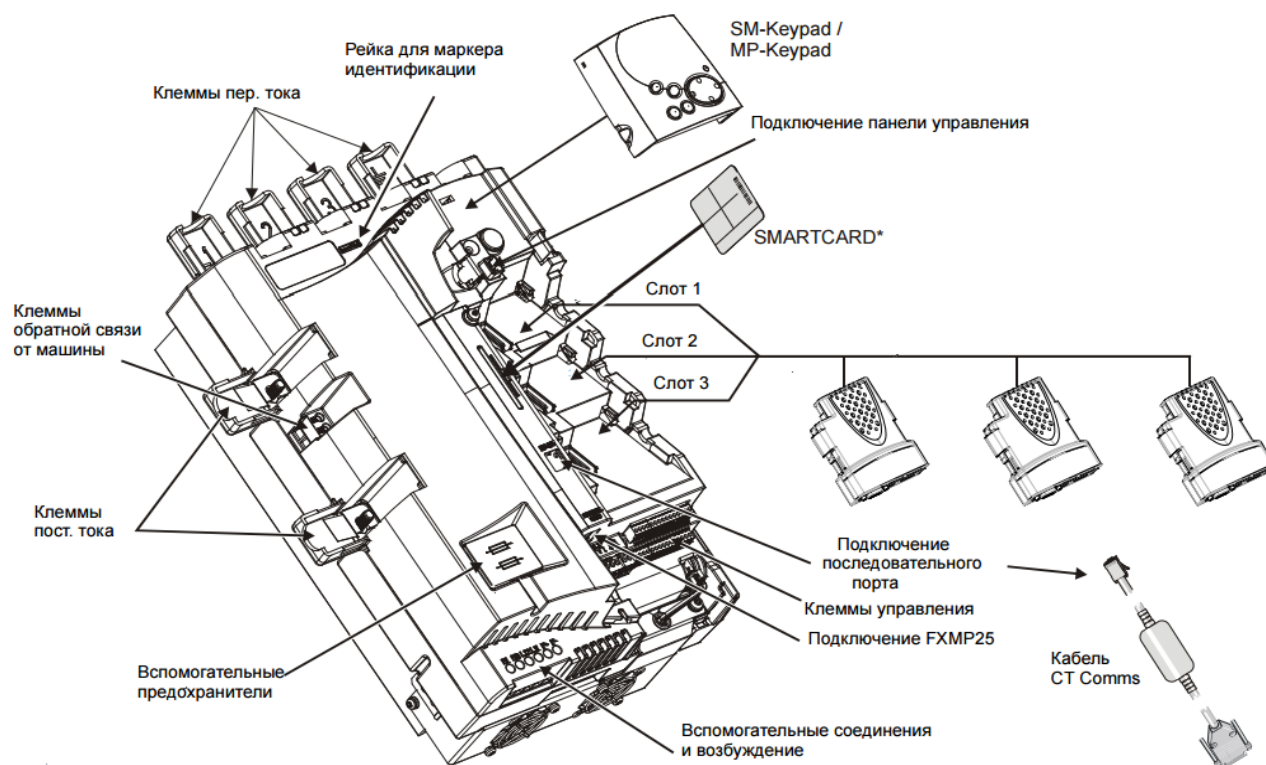


Рисунок 2.1 Загальний вид та опції електропривода

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.18.15.5.ПЗ

Арк.

27

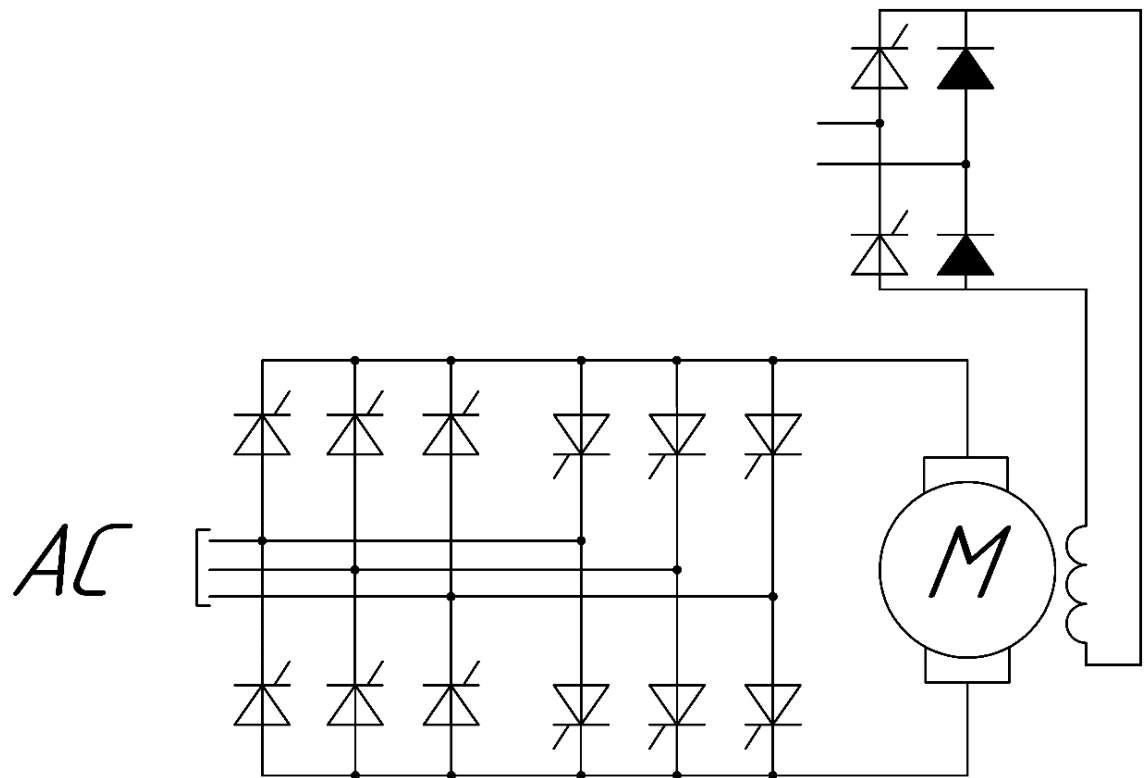


Рисунок 2.2 Силова схема тиристорного перетворювача

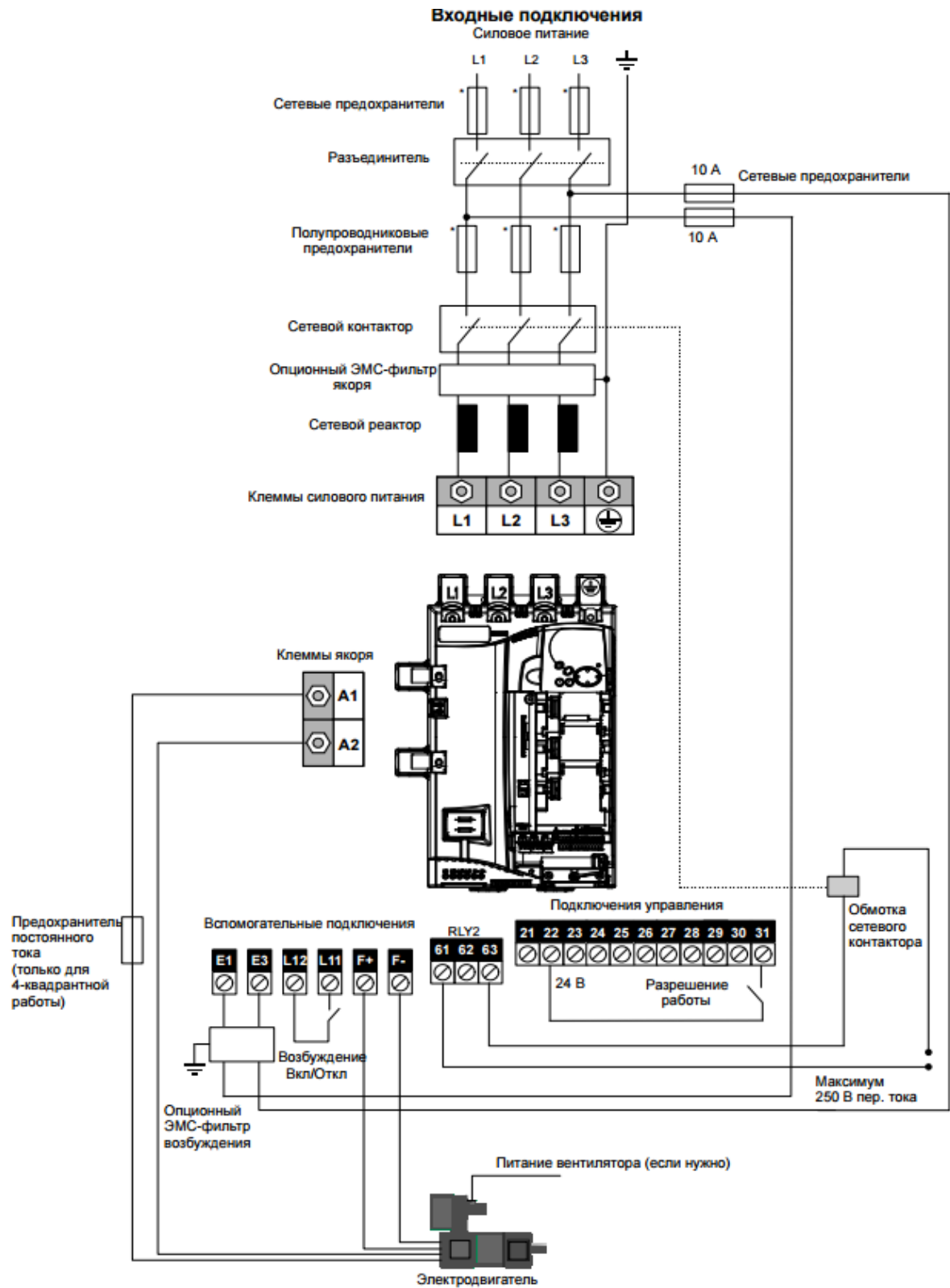


Рисунок 2.3 Схема підключення тиристорного перетворювача

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вибір енкодера

Енкодер - пристрій, призначений для перетворення кута повороту обертового об'єкта (вала) в електричні сигнали, що дозволяють визначити кут його повороту.

Широко застосовуються в промисловості.

Енкодери поділяються на декілька видів, а саме на інкрементальні та абсолютні.

Інкрементальні енкодери представляють собою імпульсні пристрої, що передають інформацію про поточний стан об'єкта у вигляді імпульсів. Кут повороту визначається в залежності від числа імпульсів, переданих на лічильник. У зв'язку з особливостями конструкції і принципу роботи інкрементальних енкодерів для коректного вимірювання необхідно прив'язати датчик до системи відліку за допомогою спеціальних нульових позначок, а також виробляти повернення обладнання в початкове положення при відключенні датчика.

Абсолютні енкодери мають більш складний пристрій і більш складний процес обробки сигналів, але при цьому відрізняються значно ширшими можливостями застосування. На виході абсолютні датчики видають безпосередньо інформацію про поточний кут повороту без необхідності додаткової інтерпретації за допомогою лічильника імпульсів. При цьому абсолютний датчик кута повороту не потребує прив'язки до нульових позначок і визначає положення вала відразу після включення обладнання. Завдяки цьому позиційні енкодери відрізняються більш високою точністю і можуть застосовуватися в областях, критичних до швидкого і точного вимірювання поточного положення об'єкта.

Останнім часом широкого поширення набули також енкодери спеціальної конструкції. В цьому випадку стандартна модель датчика кута повороту може бути поєднана з додатковими елементами конструкції, наприклад, мірним колесом, спеціальною ручкою або іншими, що дозволять

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

крім обертання контролювати також і інші параметри - довжину, відстань, розташування і інші.

Виходячи з того, що наш тиристорний перетворювач Mentor MP105A4(R) забезпечує управління в розімкненому (по напрузі якоря) або в замкненому контурі за сигналами від тахогенератора, інкрементного енкодера або інших типів енкодерів - SSI, EnData, SinCos і інші, було обрано енкодер АТЕХ SIL3/PLe Sendix SIL 7014 FS3 з такими технічними характеристиками:

Таблиця 2.2 Технічні дані енкодера АТЕХ SIL3/PLe Sendix SIL 7014 FS3

Найменування параметру	Значення параметру
Модель	АТЕХ SIL3/PLe Sendix SIL 7014 FS3
Макс. допустима швидкість обертання, об/мин.	6000
Напруга живлення, В	5В= ±5% 12 – 24В= ±5%
Степень зашиты	IP 67
Час відклику, мкс	1
Розширення, імпульс/оберт	до 2048
Тип виходу / інтерфейс	SinCos
Діапазон зміни величини аналогового входу / виходу	0÷30мА

2.3 Розрахунок елементів САК

Кут керування:

$$\alpha = \arccos \frac{U_{d_{tn}}}{U_{d_{do}}} = \arccos \frac{2.16}{540} = 89,7^\circ \quad (2.9)$$

$$U_{d_{tm}} = \omega_{\min} \cdot k\Phi + I_{\gamma} \cdot r_{\gamma} = 0,1 \cdot 8 + 100 \cdot 0,136 = 2,16 \text{ В} \quad (2.10)$$

де $\omega_{\min} = \frac{\omega_n}{250}$, рад/с - мінімальна частота обертів привода, знаменник формули - діапазон регулювання швидкості привода.

$$\omega_{\min} = \frac{54}{525} = 0,1 \quad (2.11)$$

$$k\Phi = \frac{U_n - I_{\gamma n} \cdot r_{\gamma n}}{\omega_n} = \frac{440 - 100 \cdot 0,0136}{54} = 8,1 \quad (2.12)$$

Коефіцієнт визначаємо за характеристиками, наведеними у методичних вказівках:

$$K_{ep} = 0,95 \quad (2.13)$$

Індуктивність якоря може бути визначена за виразом:

$$L_{\gamma} = 0,1 \cdot \left(\frac{30 \cdot U_n}{3,14 \cdot I_{\gamma n} \cdot n_n \cdot p} \right) = 0,1 \cdot \left(\frac{30 \cdot 440}{3,14 \cdot 100 \cdot 525 \cdot 2} \right) = 0,04 \text{ Гн} \quad (2.14)$$

Для отримання гранично неперервного режиму при заданому значенні кута керування у колі випрямленого струму необхідно включити індуктивність L_d :

$$L_d = \frac{1}{\omega} \cdot \left(\frac{k_{ep} \cdot U_{e0}}{I_{d_{ep}}} - X_a \right) \quad (2.15)$$

$$L_d = \frac{1}{314} \cdot \left(\frac{0,95 \cdot 540}{10} \right) = 0,16 \text{ мГн}$$

Для гранично неперервного режиму додаткова індуктивність не потрібна.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

У симетричній мостовій схемі амплітудні значення гармонічних складових випрямленої напруги пов'язані з його середнім значенням U_{d0} та кутом керування перетворювача.

$$U_{d_{nm}} = 0.153 \cdot U_{d0} = 82\text{В} \quad (2.16)$$

Струм першої гармоніки:

$$I_1 = 0,1 \cdot I_{ян} = 0.1 \cdot 100 = 10\text{А} \quad (2.17)$$

Необхідна індуктивність реактора:

$$L_{\text{оп}} = \frac{U_{d_{nm}} \cdot 100}{\sqrt{2} \cdot k_z \cdot p_{mm} \cdot \omega \cdot I_1 \cdot Id_n} - L_{я} \quad (2.18)$$

$$L_{\text{оп}} = \frac{82 \cdot 100}{\sqrt{2} \cdot 0.95 \cdot 6 \cdot 314 \cdot 10 \cdot 100} = 0,003\text{Гн}$$

Оскільки $L_{я} > L_{\text{р}}$, то реактор не потрібен

Передатні функції регулятора струму та швидкості відповідно:

$$W_{\text{розс}}^{\delta} = \frac{1}{2T_{\mu\text{с}}p(pT_{\mu\text{с}} + 1)} \quad (2.19)$$

$$W_{\text{замс}} = \frac{1/k_{\text{ззс}}}{2pT_{\mu\text{с}}(pT_{\mu\text{с}} + 1) + 1} \approx \frac{1/k_{\text{ззс}}}{2pT_{\mu\text{с}} + 1} \quad (2.20)$$

3 Дослідження динаміки електроприводу

3.1 Розрахунок математичної моделі електроприводу рольгангу

Приймаємо як вихідні структурні схеми двигуна постійного струму перетворювача та схему САК. При цьому вважаємо, що внутрішній контур керування містить регулятор струму W_{pc} та інерційний давач зворотного зв'язку за струмом з передавальним коефіцієнтом k_{33c} , а зовнішній - регулятор швидкості $W_{pш}$ та інерційний давач зворотного зв'язку за швидкістю з передавальним коефіцієнтом $k_{33ш}$. Передатні функції давачів зворотних зв'язків за струмом та швидкістю приймаємо у вигляді аперіодичних ланок зі сталими часу $T_{\phi c}$ та $T_{\phi ш}$ відповідно, а зворотний зв'язок за внутрішньою ЕРС двигуна не враховуємо.

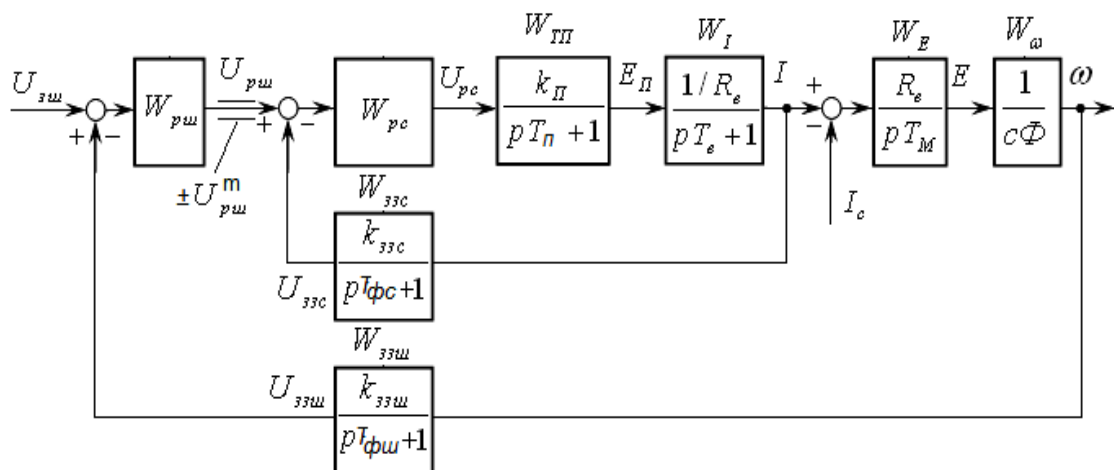


Рисунок 3.1 Структурна схема якірного кола двигуна постійного струму

Розрахункова схема САК з вказаними регуляторами наведена на рисунці 3.2

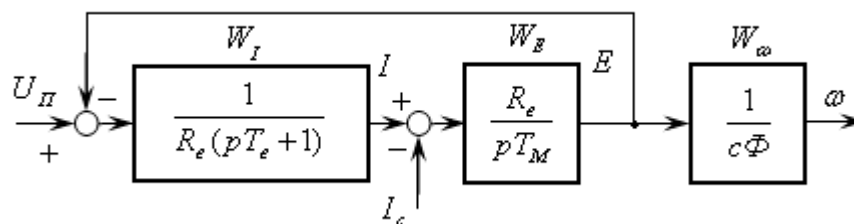


Рисунок 3.2 Розрахункова структурна схема САК

У схемі регулятор швидкості має обмеження $\pm U_{pm}^m = I_{дон} k_{ззс} = I_n \lambda_i k_{ззс}$, де I_n - номінальний струм двигуна, λ_i - перевантажувальна здатність двигуна (обычно = 2,0 ... 2,5).

Для внутрішнього контура струму схеми на рис. 3.3 вносимо малу сталу часу $T_{фс}$ у сталу часу тиристорного перетворювача та отримуємо некомпенсовану сталу часу контура струму $T_{\mu c} = T_{фс} + T_{п}$, яку у подальшому використаємо у наближеній передатній функції тиристорного перетворювача. У результаті розрахункова схема для визначення передатної функції регулятора струму.

Для такої розрахункової схеми передатна функція розімкненого контура струму набуває вигляду:

$$W_{pc} W_{ТП} W_I W_{ззс} = W_{розс}. \quad (3.1)$$

Якщо прирівняти $W_{розс}$ до вигляду бажаної передатної функції, то:

$$W_{розс}^{\delta} = \frac{1}{2T_{\mu c} p(pT_{\mu c} + 1)}, \quad (3.2)$$

у котрій використана декомпенсована часу контура струму $T_{\mu c}$, то шукана передатна функція регулятора струму:

$$W_{pc} = \frac{W_{розс}^{\delta}}{W_{ТП} W_I k_{ззс}} = \frac{R_e (pT_{\mu c} + 1)(pT_e + 1)}{2pT_{\mu c} (pT_{\mu c} + 1)k_{П} k_{ззс}} = \frac{R_e (pT_e + 1)}{2pT_{\mu c} k_{П} k_{ззс}} \quad (3.3)$$

Отримана передатна функція регулятора струму має вигляд передатної функції пропорційно-інтегральної ланки, після розкриття дужок у чисельнику:

$$W_{pc} = \frac{R_e T_e}{2T_{\mu c} k_{П} k_{ззс}} + \frac{R_e}{2pT_{\mu c} k_{П} k_{ззс}} \quad (3.4)$$

де перший доданок відображає пропорційну, а другий - інтегральну частину.

Згідно розрахункової схеми після нескладних перетворень можна отримати передатну функцію замкненого контура струму у вигляді:

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$W_{замс} = \frac{1/k_{33c}}{2pT_{\mu c}(pT_{\mu c} + 1) + 1} \quad (3.5)$$

При виборі передатної функції регулятора швидкості виходимо з загально відомого припущення про справедливність виразу:

$$W_{замс} = \frac{1/k_{33c}}{2pT_{\mu c}(pT_{\mu c} + 1) + 1} \approx \frac{1/k_{33c}}{2pT_{\mu c} + 1} \quad (3.6)$$

Після відмітки $T_{\mu и} = 2T_{\mu c} + T_{\phi и} = 2(T_{\Pi} + T_{\phi c}) + T_{\phi и}$ та використання її як некомпенсовану сталої часу контура швидкості отримуємо розрахункову схему.

Для даного контура швидкості з малою некомпенсованою сталою $T_{\mu и}$ з урахуванням виразів та бажаної передатної функції розімкненого контура маємо:

$$W_{р и} W_{замс} W_E W_{\omega} W_{33 и} = \frac{1}{2pT_{\mu и}(pT_{\mu и} + 1)} \quad (3.7)$$

а шукана передатна функція регулятора швидкості має вигляд пропорційної ланки:

$$W_{р и} = \frac{(pT_{\mu и} + 1)k_{33c}pT_M c\Phi}{2pT_{\mu и}(pT_{\mu и} + 1)R_e k_{33 и}} = \frac{T_M k_{33c} c\Phi}{2T_{\mu и} R_e k_{33 и}} \quad (3.8)$$

Таким чином, у результаті визначення передатних функцій регуляторів струму та швидкості отримана двухконтурна, одноразово інтегруюча структурна схема САК електродвигуна постійного струму з пропорційним регулятором швидкості.

3.2 Розрахунок перехідних процесів

Знаходимо чисельне значення інерційного давача зворотного зв'язку за струмом з передатним коефіцієнтом $k_{ззс}$:

$$K_{ззс} = \frac{U_{рш}^m}{I_n \lambda_i} = \frac{10}{(92 \cdot 2)} = 0,217 \quad (3.9)$$

Визначаємо передану функцію регулятора струму. Передатна функція регулятора струму має вигляд передатної функції пропорційно-інтегральної ланки, після розкриття дужок у чисельнику приймає вигляд:

$$W_{pc} = \frac{R_e T_e}{2T_{\mu c} k_{\Pi} k_{ззс}} = \frac{0.0117 \cdot 0.0381}{2 \cdot 0.005 \cdot 0.01 \cdot 0.217} \quad (3.10)$$

де перший доданок відображає пропорційну, а другий - інтегральну частину.

Тиристорний перетворювач зазвичай подають у вигляді аперіодичної ланки з передатною функцією:

$$W_{\Pi} = \frac{K_{\Pi}}{pT_{\Pi} + 1} = \frac{44}{0.005 + 1} \quad (3.11)$$

де k_{Π}, T_{Π} - коефіцієнт підсилення та еквівалентна стала часу, що характеризує ТП з СІФК. Коефіцієнт підсилення визначаємо за відношенням:

$$K_{\Pi} = \frac{U_n}{U_{рш}} = \frac{440}{10} = 44 \quad (3.12)$$

де $U_n, U_{рш}$ - номінальна напруга на двигуні та коефіцієнт обмеження у регуляторі швидкості.

У сталому режимі роботи визначаємо K_{Φ} :

$$K_{\Phi} = \frac{U_n - I_{ян} \cdot r_{ян}}{\omega_n} = \frac{440 - 92 \cdot 0.0136}{56.2} = 7,8 \text{ Вс/рад} \quad (3.13)$$

Приймаємо ланку як представлення двигуна постійного струму. Аперіодична ланка з передатною функцією представимо у вигляді:

$$W_I = K_{\Phi} = 7,8 \text{ Вс/рад} \quad (3.14)$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$W_e = \frac{R_e}{pT_m} = \frac{1}{J} = \frac{1}{2} \quad (3.15)$$

Розраховуємо інерційний давач зворотного зв'язку за швидкістю з передатним коефіцієнтом $k_{ззш}$:

$$W_{ззш} = \frac{U_{рш}}{w_n} = \frac{10}{56,6} \approx 0,1766 \quad (3.16)$$

Визначаємо передатну функцію регулятора струму та представляємо у такому вигляді:

$$W_{рш} = \frac{K_{зш} \cdot I_{дв}}{2T_u \cdot K_{эс} \cdot K_{ф}} = \frac{0.01 \cdot 17}{2 \cdot 0.01 \cdot 10 / 56,6 \cdot 7.8} \quad (3.17)$$

Одним з найзручніших засобів моделювання електромеханічних систем у середовищі MatLab є пакет робочих інструментів Simulink.

Модель у Simulink - це сукупність блоків та ліній, що з'днують ці блоки: Створення моделі відбувається шляхом перетягування блоків з бібліотек, редагування параметрів цих блоків та наступним з'єднанням цих блоків між собою за допомогою ліній. Блоки дуже різноманітні, тому вони згруповані у бібліотеці відповідно до функціонального призначення. Блоки можуть бути дуже різноманітні, мати виходи і не мати входів, тобто бути джерелами сигналів або, навпаки, мативходи та не мати виходів, тобто бути приймачами сигналів, або мати і те і інше, не мати ні входів, ні виходів.

Виходячи з вищевказаних переваг, програми MatLab та пакета в середині у вигляді інструментарію - Simulink, вони є оптимальним вибором для дослідження динаміки електропривода.

Модель ТП-Д з підлеглим регулюванням в пакеті Matlab представлена на Рисункці 3.3. Перехідні процеси представлені на Рисунці 3.4.

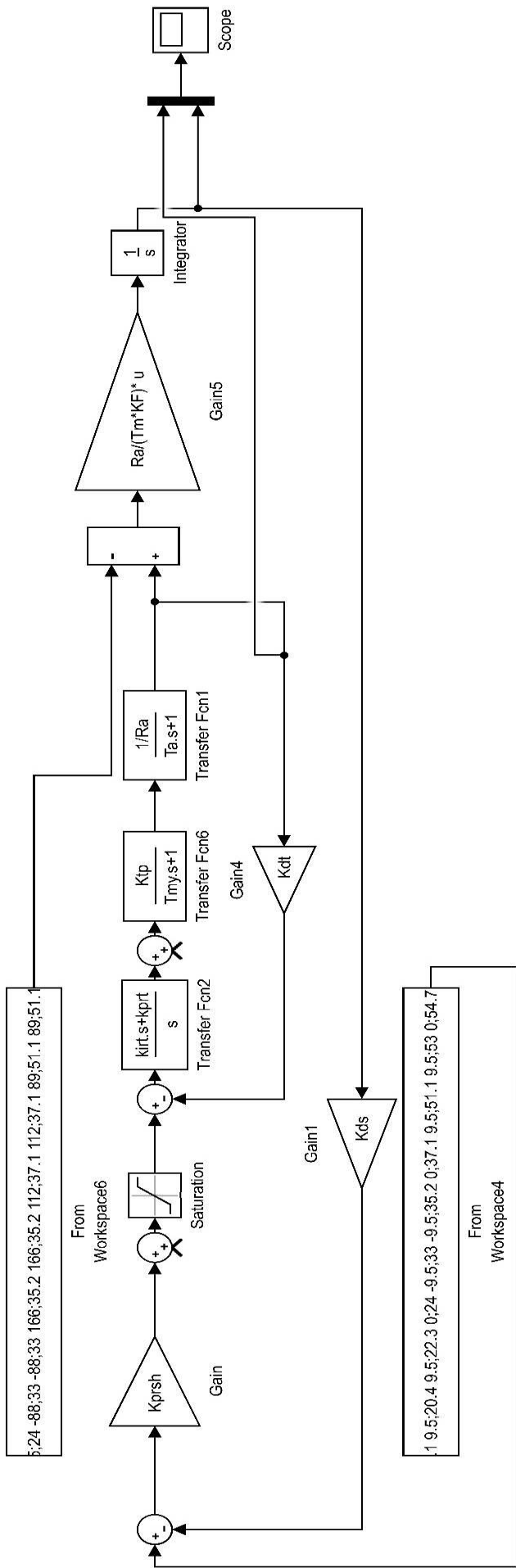


Рисунок 3.3 Модель ТП-Д з підлеглим регулюванням

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

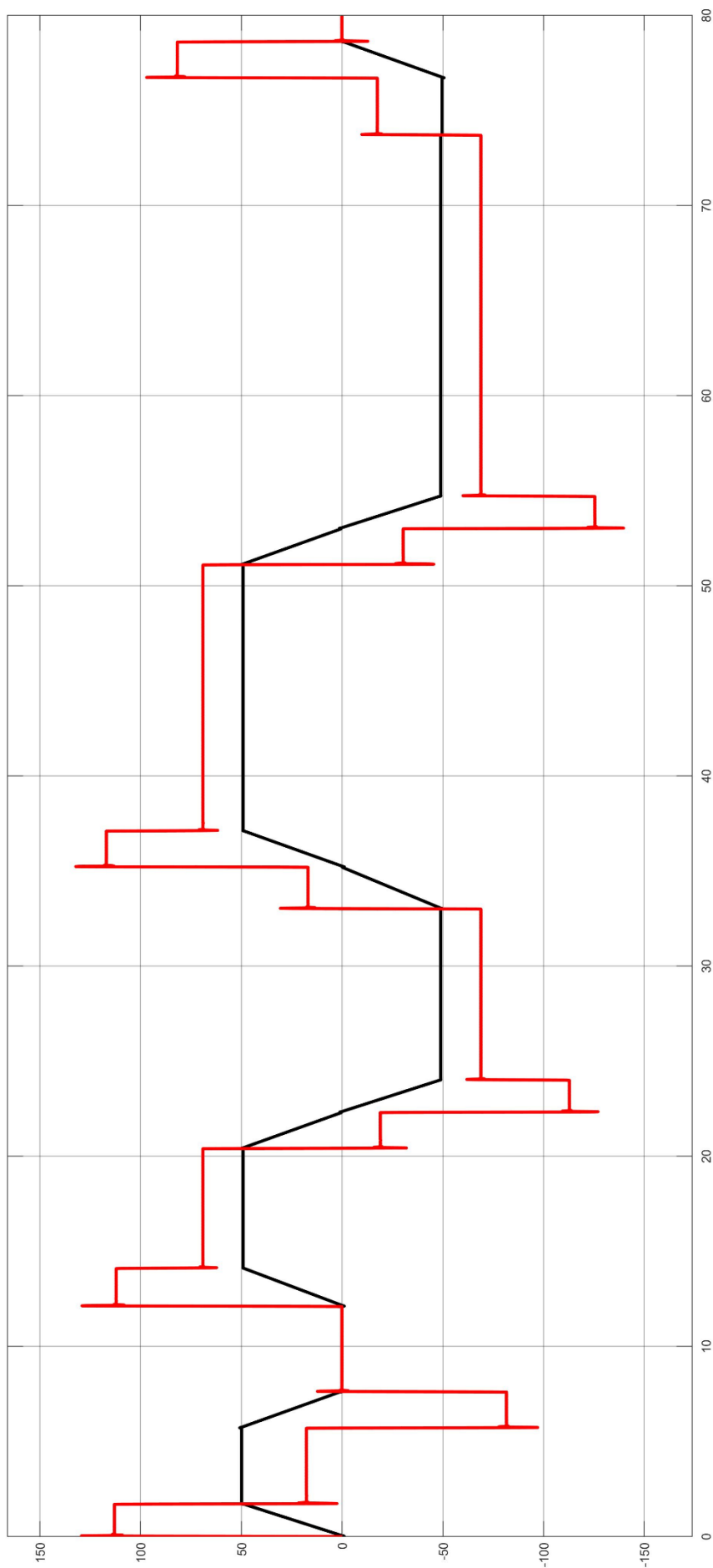


Рисунок 3.4 Перехідні процеси в електроприводі рольгангу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.18.15.5.ПЗ

Арк.

40

Висновки

Виходячи з отриманих графіків динаміки електропривода можна зробити висновок, що схема зібрана правильно та повністю відповідає всім необхідним динамічним характеристикам. Отже розрахунок параметрів схеми був виконаний вірно.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Охорона праці

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів технологічного процесу та рольгангу

При роботі рольгангу можливо виникнення шкідливих і небезпечних факторів. Це пов'язано з обробкою металу та роботою електроустаткування.

Основні шкідливі фактори:

Шум і вібрація.

- Відхилення показників мікроклімату.
- Недостатня освітленість робочої зони.

Шум и вібрація:

Шум надає багатоаспектний вплив на організм людини. Джерела механічних шумів в прокатних цехах це зубчасті передачі, підшипники, кривошипні механізми, ланцюгові передачі, процеси транспортування металу по рольгангам, його деформації, різання, вібрації поверхонь машин і устаткування. Термічний шум виникає при роботі газових пальників та нагрівальних пристроїв. Електромагнітний шум виникає при роботі трансформаторів. Рівень звукового тиску на робочих місцях в цеху 90-120 дБ, при нормі 80 дБ. Джерелами вібрації є: зворотно-поступальні рушійні системи: електричні і пневматичні зубила, шліфувальні машини. Санітарні норми вібрації робочих місць згідно з СН № 3044-84.

Відхилення показників мікроклімату:

У виробничих приміщеннях цеху передбачається створення мікроклімату, який забезпечує нормальні умови для роботи виробничого персоналу. Джерела теплових виділень - оброблюваний метал, нагрівальні пристрої, стани, допоміжне обладнання методичної печі для термічної обробки, оздоблювальні агрегати. Велика кількість теплоти виділяється при складуванні вихідних матеріалів, готових виробів, охолодженні на холодильниках. В прокатних цехах повинні бути створені умови згідно з СанПіН 2.2.4.548-96. Оптимальна температура 16-25 С, допустима 13-25 С,

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

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

Недостатня освітленість:

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

Основні небезпечні фактори:

- Рух машин і механізмів;
- Рух виробничого матеріалу;
- Наявність високої напруги;
- Електробезпека.

Рух машин і механізмів:

У цеху встановлено різне основне і допоміжне обладнання, рушійні частини якого становлять певну небезпеку, так як непередбачений контакт з ними може викликати травми виробничого персоналу. Це прокатні валки, тягнучі, подаючі і напрямні ролики, кантувателі, штовхачі, зіштовхувачі, маніпулятори, рольганги, транспортери. Частини та вузли прокатних машин (валки, маховики, з'єднувальні шпинделі, зубчасті колеса, барабани летючих ножиць, різні муфти, втулки, кулачки) здійснюють обертальні рухи. Інші частини та вузли (важелі, елементи транспортерів, штовхачів маніпуляторів і кантователів) виконують зворотно - поступальний рух. Небезпека впливу визначається перш за все конструктивними проблемами. Так, небезпека зростає, якщо обертаючі частини обладнання містять виступаючі деталі кріплення (болти, шпильки, гвинти, гайки), а на їх поверхні є сліди нерівномірного зносу або дефекти (тріщини, задирки та ін.).

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

При обертанні назустріч один одному прокатних та інших валків виникають умови для захоплення кінцівок людини, його одягу. Рухомі злитки, блюми, заготовки, підкат і готовий продукт створюють можливість травмування персоналу під час непередбаченого контакту їх з людиною. З огляду на те, що швидкість обробки металу на механічному обладнанні прокатних цехів зростає, можливі викиди металу з валків, направляючих лінійок, апаратів і т.д.

Рух виробничого матеріалу:

При виконанні операцій різання металу на ножицях потенційна небезпека виникнення травм у персоналу може виникнути при заміні ножів і видаленні з їх ріжучих поверхонь наварів, прибирання обрізків і окалини від ножиць, усунення заклинювання обрізу в жолобі ножиць і на конвеєрі, в процесі різання та відбору проб. У скрапному прольоті небезпека можлива при проведенні кантування коробок - контейнерів з обрізом, а також при перестановці вагонів під обріз, тому в процесі роботи проводять періодичний огляд устаткування, при якому також можливо ураження персоналу.

При проведенні прокатки на блюмінгу або слябінгу потенційна небезпека виникнення травм у персоналу виникає при транспортуванні злитків робочим рольгангом до стану, прокатці злитків в робочій клітці в перших проходах, проведенні перевалок і налаштуванні валків, очищенні жолобів гідрозмиву окалини, очищення рольгангів від пробок і скрапу, проведенні операцій з установки, прибирання та кантуванні коробок для скрапу. Рольганги, які подають метал до ножиць, повинні мати борти, що виключають можливість вильоту металу що подається.

Наявність високої напруги:

У цеху велика частина електроустаткування працює при напрузі до 1000В. Електричну небезпеку становлять: електроустановки, електродвигуни, електрообладнання та лінії електропередач. У цеху є джерела електромагнітних і електричних полів, які використовуються для різних цілей: підігріву робочих валків, сушці покриттів, нанесених на поверхню виробів,

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

нагрівання вихідних виробів для гарячої прокатки. Електромагнітне поле створюється при роботі високочастотних і надвисокочастотних установок. Норми щодо електромагнітного випромінювання згідно з СанПіН № 5802-91.

Електробезпека:

Чималу небезпеку становить можливість продовження роботи електроприводу при глухому замиканні на землю. Для того, щоб уникнути небезпеки виникнення замикання на землю, необхідно постійно підтримувати справний стан ізоляції.

По-перше, необхідно проводити прийнятно-здавальні випробувань при введенні в експлуатацію електроприводу. Такі випробування проводяться під підвищеною напругою, при якій дефекти ізоляції виявляються внаслідок пробою і подальшому прогоранні ізоляції. Після усунення виявлених ефектів, необхідно провести повторну перевірку.

По-друге, необхідний періодичний контроль ізоляції - періодичне вимірювання опору ізоляції електроприводу в заданий термін, або після виявлення дефектів. Вимірювання повинні проводитися при відключеній установці для кожної фази відносно землі і між фаз на кожній ділянці між двома послідовно встановленими апаратами захисту. Опір кожної ділянки повинно перевищувати 500 кОм на фазу. Вимірювання проводяться мегаомметром, що складається з генератора постійного струму з ручним приводом, логометра і додаткових опорів. Опір ізоляції нелінійний і залежить від прикладеної напруги.

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

При експлуатації рольгангів виникає високий рівень шуму, обумовлений ударним впливом. Зниження шуму досягається зміною конструкції рольгангу, а також застосуванням металевих матеріалів з високими демпфувальними властивостями, виготовлення роликів рольгангу зі сталі, що містить від 0,7 до 3,5% Марганцю, що знижує рівень звукового випромінювання на 12-15 дБ. Пости управління обтискними станами розташовують поблизу кліті. Отже,

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

вони систематично знаходяться над гарячими злитками і прокатами, а також має місце шум високих рівнів. Тому пости керування повинні бути обладнані захисною теплоізоляцією і мають бути захищені від проникнення шуму в приміщенні поста. Рівні шуму повинні відповідати ДСТУ 2867-94.

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

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

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

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

Рольганги, що подають метал до ножиць, повинні мати борти що виключають можливість вильоту металу, що подається. У випадках, якщо виконавчі органи машин представляють небезпеку для людей і не можуть бути огорожені, повинні бути передбачені сигналізація, що попереджає про пуск машини в роботу, і засоби для зупинки і відключення її від джерел енергії.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Якщо електродвигуни відкритого типу встановлено в приміщенні цеху без підвищеної небезпеки, їх струмоведучі та обертові частини не закриті і не захищені. Навколо встановлюють огорожі. Рубильники, встановлені у виробничих приміщеннях на розподільних шафах повинні бути забезпечені захисними кожухами, виготовленими з вогнестійких матеріалів. Для захисту електроустановок від перевантажень застосовують плавкі запобіжники.

Внутрішньо цехова електрична мережа виготовлена з ізольованих проводів або кабелів. Кабелі прокладають в підлозі в каналах і закривають зверху знімними покриттями з вогнестійких матеріалів. Повітряну електричну мережу виконують на ізоляторах, на висоті не менше 6 м при напрузі до 1000В і не менше 7 м при напрузі понад 1000В. Захисне заземлення застосовують як при ізольованій так і при заземленій нейтралі.

Для захисту від електричних і електромагнітних полів встановлюють екрануючі пристрої, працівників забезпечують спеціальними екрануючими костюмами. Екрани представляють собою заземлені щити з струмопровідного матеріалу. Стаціонарні екрани призначені для захисту персоналу при огляді обладнання. В разі застосування НВЧ-коливань необхідно працювати в окулярах, збільшувати відстань між джерелами випромінювання і робочим місцем, зменшувати потужність випромінювання генератора. Методи контролю і способи засобів захисту повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.006-84 та відповідати вимогам ПУЕ.

4.3 Розрахунок освітлення

У майстерні електриків стану довжиною 28м, шириною 16м та висотою 4,3м на висоті 3,8м від підлоги підвішують світильники з люмінесцентними лампами ЛБ; їх намічено встановити в два ряди. Норма освітленості 200лк при $k=1,5$.

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку світильників за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} \quad (4.1)$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

де А та В – довжина та ширина приміщення, м;

h – висота підвішування світильників, м.

$$i = \frac{28 \cdot 16}{3,5 \cdot (28 + 16)} = 2,9$$

За таблицею знаходимо коефіцієнт використання, тобто відносну частку потоку лампи, що падає на поверхню

Необхідний світловий потік лампи визначаємо за формулою:

$$F \cdot N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{\eta} \quad (4.2)$$

E – найменша освітленість, лк;

k - коефіцієнт запасу;

S – площа приміщення, м²;

Z – коефіцієнт для переходу від найменшої освітленості до середньої; (при Z=1,1 дає найбільш рівномірну освітленість);

N – кількість світильників.

$$F \cdot N = \frac{200 \cdot 1.5 \cdot 112 \cdot 1.1}{0.4} = 92400 \text{ (лм)}$$

Лоток лампи ЛБ40 приймають 2480 лм, ЛБ-80-4320 лм.

Необхідна кількість ламп:

$$40 \text{ Вт} = \frac{92400}{2480} = 38 \text{ (шт)}; \quad (4.3)$$

$$80 \text{ Вт} = \frac{92400}{4320} = 20 \text{ (шт)} \quad (4.4)$$

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

$$\text{при: } 40 \text{ Вт} = \frac{38}{4} \approx 10 \quad (4.5)$$

$$\text{при: } 80 \text{ Вт} = \frac{20}{4} = 5 \quad (4.6)$$

Довжина світильників з лампами 40 Вт близько 1250мм, з лампами 80Вт - близько 1550 мм.

При лампах 40 Вт можна отримати суцільні ряди, встановивши в кожному з них по 10 світильників. Загальна довжина ряду складе близько 12,5 м, тобто ряди будуть на 0,75м не доходити до торцевих стін.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4.4 Пожежна безпека

У цеху передбачені протипожежні заходи: до будівель і до споруд цеху забезпечений під'їзд пожежних автомобілів, з усіх боків становленні обладнання автоматичного пожежогасіння, пожежна сигналізація в особливо пожежонебезпечних приміщеннях. Для гасіння пожеж застосовуються кілька типів стаціонарних систем пожежогасіння.

Категорії приміщень і будівель, визначені відповідно до актуальних норм, слід застосовувати для встановлення нормативних вимог щодо забезпечення вибухопожежної та пожежної безпеки вказаних приміщень і будівель щодо планування і забудови, поверховості, площ, розміщення приміщень, конструктивних рішень, інженерного обладнання. Заходи щодо забезпечення безпеки людей повинні призначатися в залежності від пожежонебезпечних властивостей і кількостей речовин і матеріалів відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 і ГОСТ 12.1.044-89.

Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) у приміщенні:

А (вибухопожежонебезпечна) - Горючі гази, легкозаймісті рідини з температурою спалаху не більше 28 ° С в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

Речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним в такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.

Б (вибухопожежонебезпечна) - Горючі пил або волокна, легкозаймісті рідини з температурою спалаху більше 28 ° С, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

В1 - В4 (пожежонебезпечні) - Горючі і важкогорючі рідини, тверді горючі і важкогорючі речовини і матеріали (в тому числі пил та волокна), речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним тільки горіти за умови, що приміщення, в яких вони є в наявності або обертаються, не належать до категорій А або Б.

Г - негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор і полум'я; горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо

Д - Негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

З вище перерахованих факторів, цех відноситься до категорії "Г" (Згідно НПБ 105-03).

Система пожежного захисту передбачає наступні заходи:

1. Максимально можливе застосування негорючих і важкогорючих речовин і матеріалів у виробничих процесах.
2. Обмеження кількості горючих речовин і їх належне розміщення;
3. Ізоляцію займистою середовища;
4. Застосування засобів пожежогасіння;
5. Застосування конструкцій виробничих об'єктів з регламентованою межею їх вогнестійкості і горючості;
6. Наявність плану евакуації людей на випадок пожежі;
7. Обов'язковий інструктаж по техніці пожежної безпеки та не допуск робітників до роботи в цеху у випадку відсутності інструктажу.
8. Застосування засобів пожежної сигналізації та засобів сповіщення про пожежі;
9. Організацію пожежної охорони об'єкта;
10. Застосування засобів колективного та індивідуального захисту від вогню

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Литература:

1. Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці“ в дипломних проектах (роботах) бакалаврів інституту електроенергетики / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 8 с.

2. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки [Текст] : навч. посібник / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін; за ред. В.І. Голінька. Д.: Національний гірничий університет, 2011. - 235 с.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

5 Техніко-економічне обґрунтування

5.1 Вступ

Основним завданням техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) є доведення економічної доцільності використання тиристорного перетворювача (ТП) для управління електричним двигуном.

В сучасних механізованих прокатних станах з потоковим технологічним процесом обробки металу рольганги є одним з найбільш поширених допоміжних механізмів, від яких у великій мірі залежить продуктивність і безперебійна робота прокатного стану в цілому. Продуктивність прокатного стану може виявитися невисокою, якщо хоча б один з його механізмів не в змозі виконати відповідну кількість операцій в заданий час.

Проектним рішенням запропоновано модернізувати систему електропривода на більш сучасну, використовуючи тиристорний перетворювач. Це технічне рішення сприятиме зниженню витрат на обслуговування електродвигуна, підвищить надійність роботи системи у цілому, відповідно зменшиться споживання електроенергії приводом переміщення злитків.

Застосування електродвигуна керованого за допомогою тиристорного перетворювача не тільки покращить швидкодію та точність роботи двигуна, а й поліпшить техніко-економічні показники.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні вкладення - це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні вкладення реалізації проекту включають в себе:

- затрати на приобретение оборудования;
- затрати на монтаж и наладку оборудования;

Подсчёт затрат осуществляется на основе цен, приведённых в прайслистах производителей оборудования и других справочных материалов.

Для визначення проектних капіталовкладень використовується формула:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}} \quad (5.1)$$

де - $K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right)$ - вартість придбання електрообладнання або сумарна вартість комплектуючих елементів, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k — кількість необхідних комплектуючих;

$Z_{\text{тзс}}$ — транспортно-заготовчі і складські витрати;

$Z_{\text{м}}$ — витрати на монтажні роботи;

$Z_{\text{н}}$ — витрати на налаштування;

$Z_{\text{пр}}$ — інші одноразові вкладення грошових коштів.

Витрати на придбання обладнання

Ціни на комплектуючі елементи взяті з офіційних сайтів виробників або сертифікованих виробником дилерів.

Таблиця 5.1 Зведення капітальних витрат, грн

№	Найменування технічних засобів (комплектуючі х виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн.	Постачальник
Проектний варіант					
1	Електро-двигун Д808	1	168779	168779	Інтернет магазин "Техелектро" м.Київ
2	Тиристорний перетворювач Mentor MP105A4(R)	1	100985	100985	Компанія "СЕА", м. Київ
	Всього				269765 грн.

Витрати на монтаж та налагодження

Витрати на монтаж знаходяться за формулою:

$$Z_m = \sum(C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_{\text{доплат}} \cdot K_{\text{соц.вл.}} \cdot K_{\text{пр}} \quad (5.2)$$

Таблиця 5.2 Витрати на монтаж (Z_M)

Найменування витрат	Позначення	Значення
Кількість працівників IV разряду, чол.	$Ч_i$	2
Часова ставка монтажника IV разряду, грн.	a_i	39,3
Час виконання робіт, г	t_i	8
Коефіцієнт що враховує розмір доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коефіцієнт що враховує інші витрати	$K_{\text{пр}}$	1,07

$$Z_M = \sum(2 \cdot 39,3 \cdot 8) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 1387 \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Таблиця 5.3 Витрати на налагодження (Z_H)

Найменування витрат	Позначення	Значення
Численность работников VI разряда, чел.	$Ч_i$	1
Часова ставка работника VI разряда, грн.	a_i	41,8
Час виконання робіт, г	t_i	3
Коефіцієнт що враховує розмір доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коефіцієнт що враховує інші витрати	$K_{\text{пр}}$	1,07

$$Z_H = \sum(1 \cdot 41,8 \cdot 3) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 277 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Таблиця 5.4 Витрати на демонтаж (Z_d)

Найменування витрат	Позначення	Значення
Кількість працівників IV разряду, чол.	Ψ_i	2
Часова ставка работника IV разряду, грн.	a_i	39,3
Час виконання робіт, г	t_i	4
Коефіцієнт що враховує розмір доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коефіцієнт що враховує інші витрати	$K_{\text{пр}}$	1,07

$$Z_d = \sum(2 \cdot 29.2 \cdot 4) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 693 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно цін кур'єрської фірми «DeGruz». Доставка зі складу в Києві до Дніпра складає:

Тиристорний перетворювач – 840 грн.

Електродвигун Д808 – 980 грн.

Демонтоване обладнання було частково реалізовано за ціною:

$$\Psi_d = 15720 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{пр}} = 269765 + 1387 + 277 + 693 - 15720 = 256402 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

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

До основних експлуатаційних витрат відносяться:

— амортизаційні відрахування (C_a);

— заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3);

— відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);

— Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання

(C_T);

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

— вартість витрат на електроенергію ($C_э$);

— інші експлуатаційні витрати ($C_{пр}$).

Таким чином, річні експлуатаційні виплати складають:

$$C = C_a + C_з + C_c + C_m + C_э + C_{пр}$$
$$C = 51190 + 5348 + 124698 = 181236 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат струму з рекуперацією.

Амортизаційна вартість основних фондів:

$$O_a = O_n - L = 255953 - 0 = 255953 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

де O_n - початкова (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

L - 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.

Електрообладнання відноситься до IV групи основних засобів з мінімальним строком корисного використання $T_k = 5$ років.

Норма амортизації H_a при прямолінійному методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і визначається за формулою:

$$H_a = \frac{O_n - L}{O_n \cdot T_k} \cdot 100\% = \frac{255953 - 0}{255953 \cdot 5} \cdot 100\% = 20\% \quad (5.9)$$

Таблиця 5.5 Розрахунок амортизаційних відчислень

Найменування	Капітальні витрати, грн	Норма амортизації, %	Сумма амортизації, грн.
Проектний варіант	255953	20	51190

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.

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

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

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

t - трудомісткість одного ремонту (для малого приймаємо 1,2 год / од.);

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, год;

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

Номинальний річний фонд робочого часу електрообладнання становить:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{р}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot t_{\text{зм}} = 245 \cdot 1 \cdot 8 = 1960 \text{ год.} \quad (5.11)$$

де $K_{\text{зм}}$ - кількість робочих змін;

(245 робочих днів, зміна 8:00, робота в 1 зміну)

Час на проведення ремонтних попереджувальних робіт :

$$T_{\text{п.рем.}} = 6 \cdot 8 = 48 \text{ год.} \quad (5.12)$$

Технічна зупинка на обслуговування становить приблизно 1 год. в зміну тобто 245 годин.

Загальний час обслуговування

$$T_{\text{обсл}} = 48 + 245 = 293 \text{ год.} \quad (5.13)$$

Загальний час роботи обладнання становить:

$$T_{\text{р}} = 1960 - 293 = 1667 \text{ год.} \quad (5.14)$$

Загальні витрати на експлуатацію і ремонт складають:

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$Z_{т.р.} = 24,59 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 10 + \frac{250 \cdot 6}{600} \cdot 1667 = 5348 \text{ грн.} \quad (5.15)$$

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 за формулою:

$$C_e = W_p \cdot C_e \quad (5.16)$$

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

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

Ціна електроенергії для I класу споживачів станом на 1.05.2018 складає 1,86 грн / кВт · год.

Річний фонд робочого часу об'єкта проектування 1667 год.

Кількість спожитої електроенергії за рік об'єкта проектування:

$$W_p = P_n \cdot T_p = 40,217 \cdot 1667 = 67042 \text{ кВт} \cdot \text{час.} \quad (5.17)$$

де: P_n – номінальна споживана потужність.

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року складає:

$$C_e = 67042 \cdot 1,86 = 124698 \text{ грн.}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Висновки

У даному розділі були визначені проектні капітальні витрати на впровадження розробленого технологічного рішення які складають 256402 грн. Річні експлуатаційні витрати складають 181236 грн.

Встановлення нового обладнання дозволяє використовувати електроенергію більш раціонально. Досягнуто це за рахунок сучасних технологій управління електродвигуном за допомогою тиристорного перетворювача, тому впроваджувана система є економічно вигідною.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Завданням даного дипломного проекту є розробка і модернізація електропривода робочого рольгангу.

В систему автоматичного керування електропривода робочого рольгангу входять: електродвигун та тиристорний перетворювач, що разом представляють складку електромеханічну структуру. Крім того на характер роботи цієї структури суттєвий вплив має специфіка прокатного виробництва, що додатково пред'являє цілий ряд вимог до електроприводу робочого рольгангу. Електромеханічні характеристики системи повністю відповідають встановленим вимогам та енергетичним показникам.

Динамічні показники якості роботи системи у всьому діапазоні регулювання швидкості повністю задовольняють вимогам технічного завдання.

Електропривод робочого рольганга забезпечений системою захистів і сигналізації, що забезпечують безаварійну і безпечну роботу.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

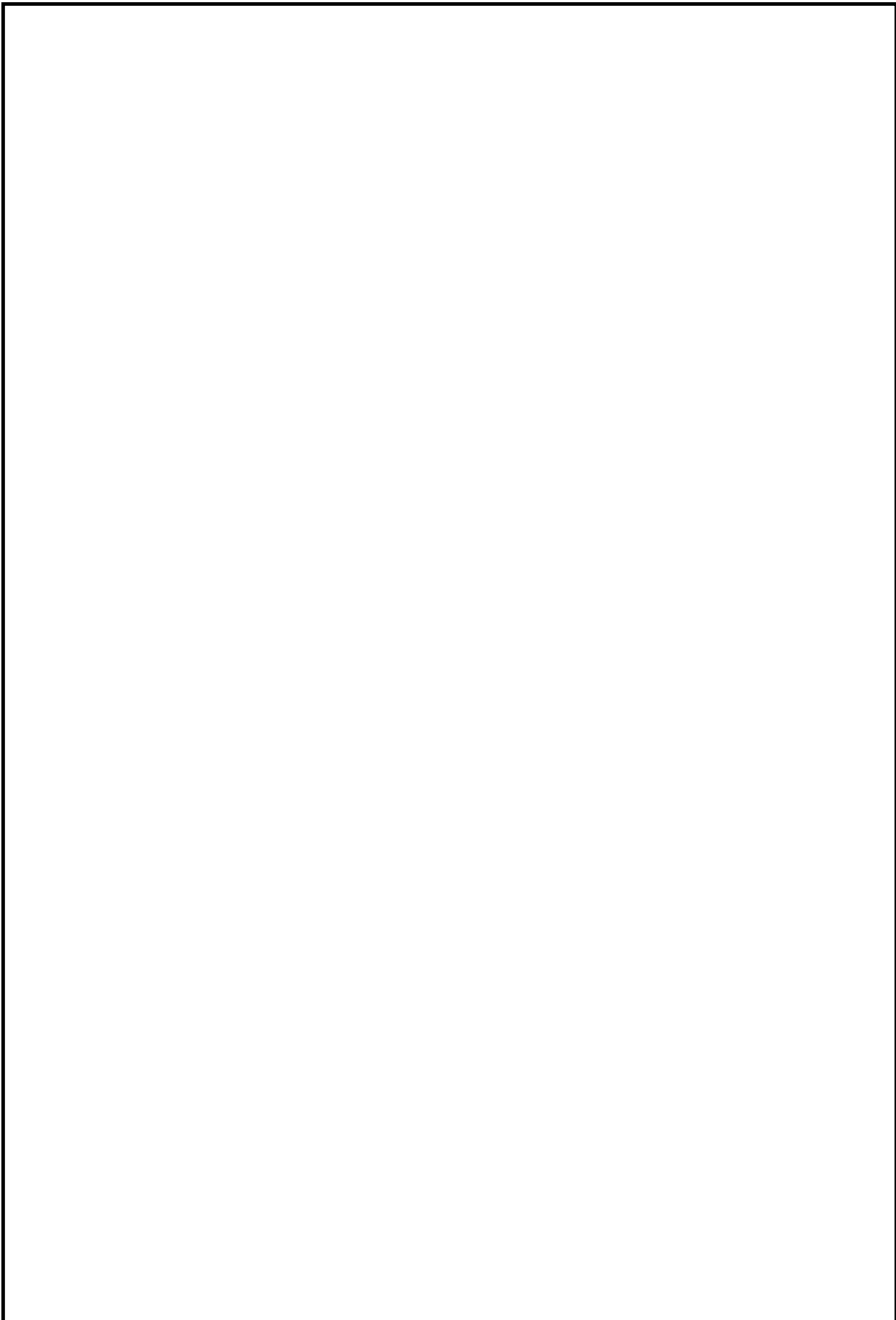
1. Зеленов А.Б. Выбор мощности электропривода механизмов прокатных станов: Учебное пособие. – К.: – УМК ВО, - 1990. – 200 с.
2. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под ред. В. А. Елисеева и А. В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с. ил. В пер. 4 р.
3. Бешта О.С., Балахонцев О.В., Бородай В.А. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2011. – 182 с.
4. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. Изд. 6-е, исправленное. М., "Энергия", 1977. - 432 с.
5. Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці“ в дипломних проектах (роботах) бакалаврів інституту електроенергетики / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 8 с.
6. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки: навч. посібник / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін; за ред. В.І. Голінька. Д.: Національний гірничий університет, 2011. - 235 с.
7. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з нормативної дисципліни «Теорія електропривода» для студентів напрямку 0922 “Електромеханіка” / Упорядник А. А. Колб - Днепропетровск: НГУ, 2010. – 35 с.
8. Методические указания к выполнению экономической части дипломной работы для студентов направления подготовки 6.050702 «Электромеханика» / Составители: Л.В. Тимошенко, И.В. Шереметьева – Днепропетровск: НГУ, 2015. – 15 с.
9. Стандарт вищого навчального закладу. Кваліфікаційні роботи випускників. Загальні вимоги до дипломних проектів і дипломних робіт/ Упорядн.: В.О.Салов, О.М.Кузьменко, В.І.Прокопенко. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 52 с.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

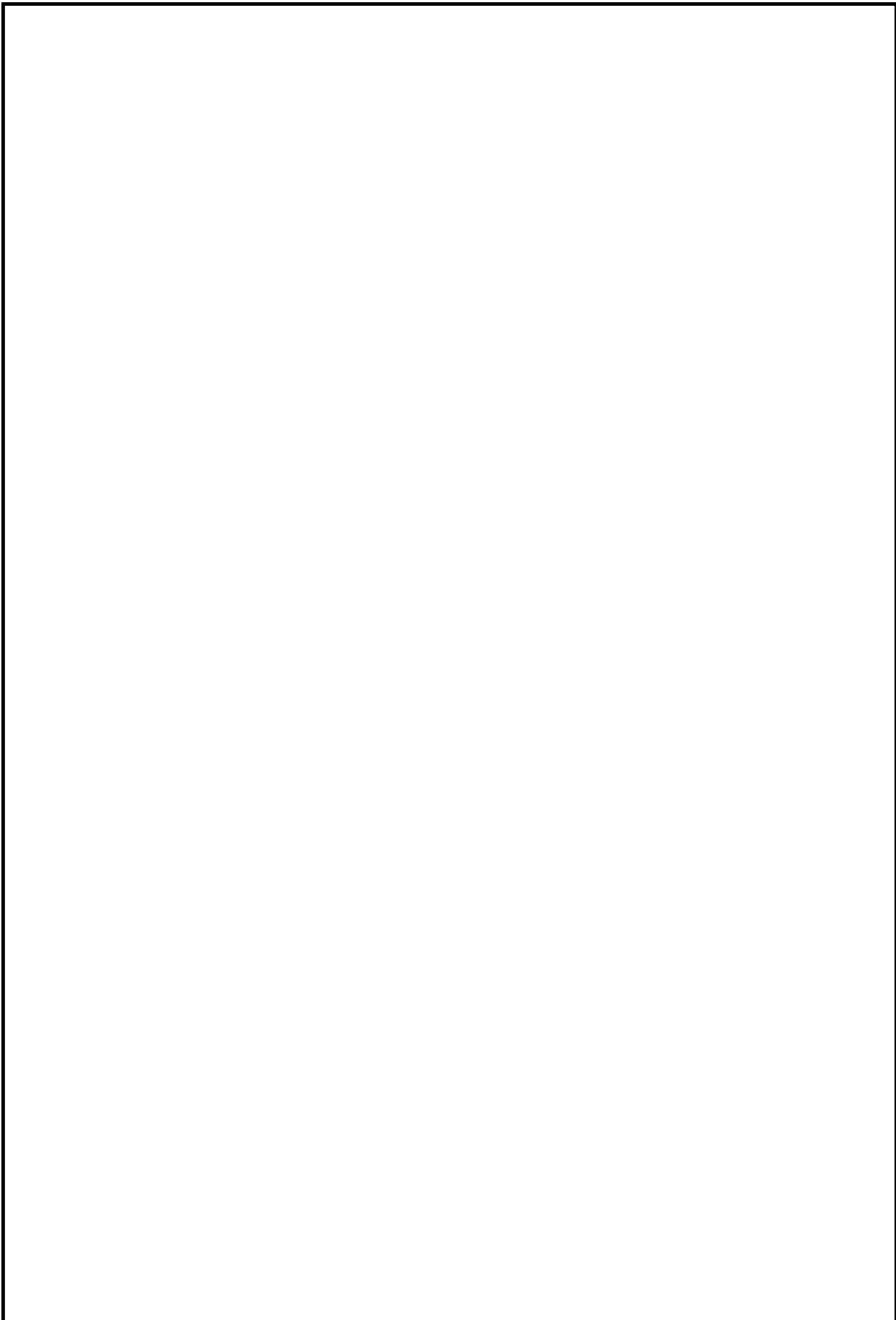
Интернет посилання

1. <http://masters.donntu.org/2006/mech/tihonovich/ind/index.htm#p2>
2. <http://www.studfiles.ru/preview/1744265/page:2/>
3. http://allenergo.ru/store/elektrodvigateli/elektrodvigateli_d12_d21_d22_d31_d32_d41_d806_d808
4. <http://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/techdoc/keppt/Mentor%20MP%20руководство%20RU.pdf>

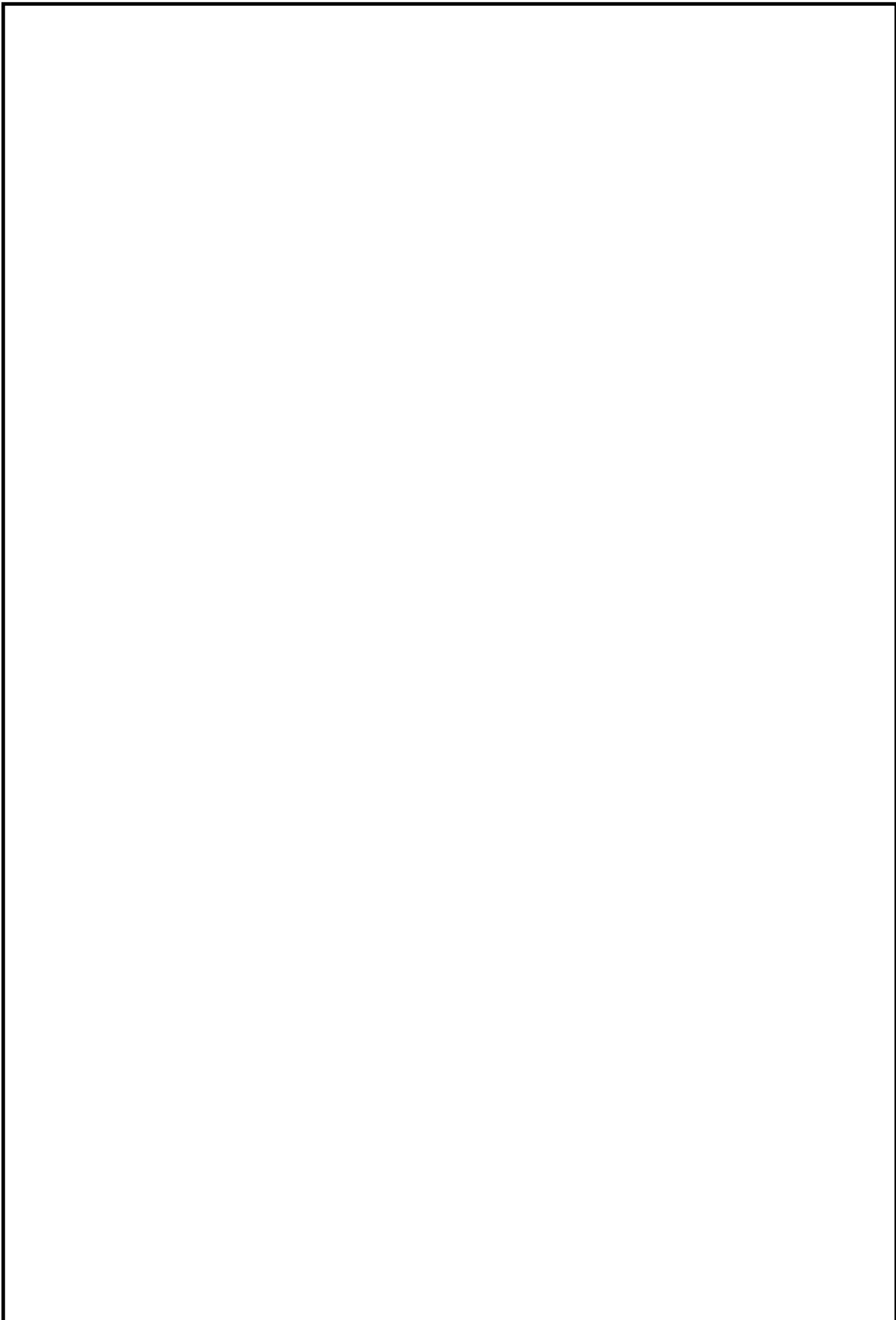
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63



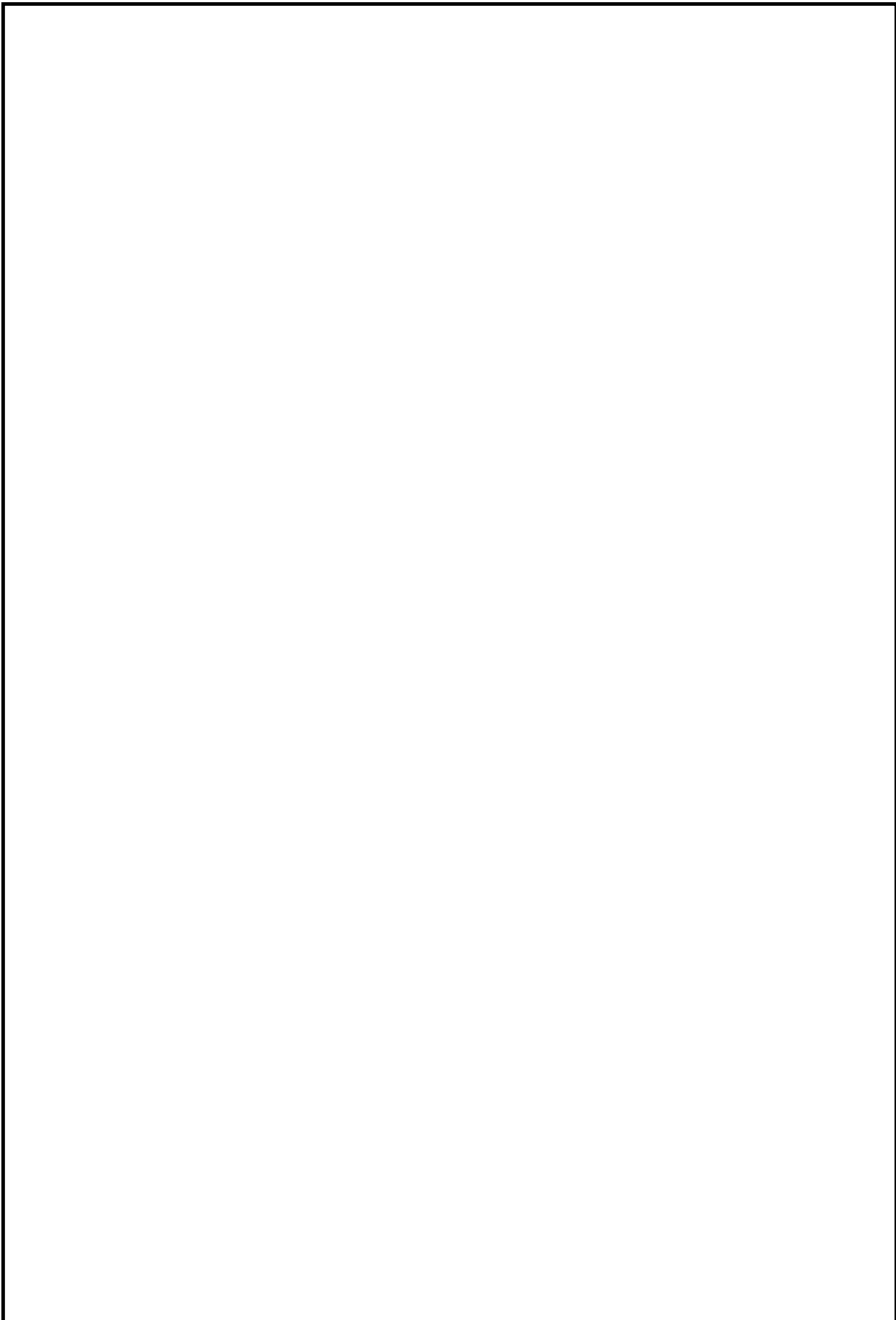
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64



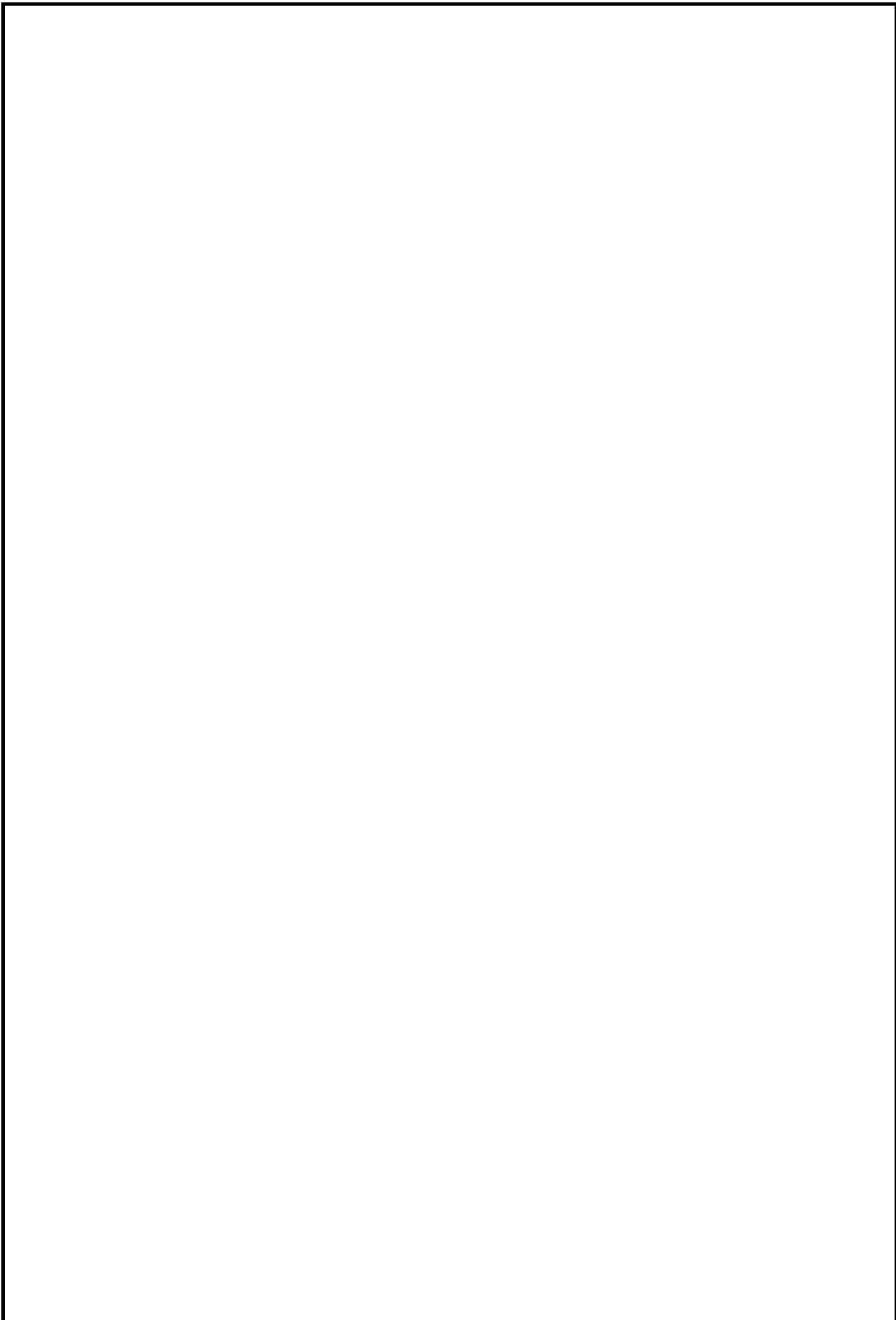
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65



					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66



					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67



					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68