

Міністерство освіти і науки України
Національний Технічний Університет
«Дніпровська політехніка»

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

дипломного проекту

бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 0507 електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки 6.05070204 «Електромеханічні системи автоматизації та

(код і назва напрямку підготовки)

електропривод»

спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва спеціальності)

освітній рівень бакалавр

(назва освітнього рівня)

кваліфікація фахівець у галузі електромеханіки

(код і назва кваліфікації)

на тему: Електропривод стрічкового конвеєру гірничо-збагачувального комбінату.

Виконавець: студент 3 курсу, групи ЕМс-15-1

(підпис)

Каменєв С.А.
(п.і.б.)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Худолій С.С.		
розділів:			
Спеціальна частина	Худолій С.С.		
Охорона праці	Голінько В.І.		
Економіка	Дементьєва Н.В.		
Рецензент			
Нормоконтроль	Казачковський М.М.		

Дніпро
2018

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

Міністерство освіти і науки України
Національний Технічний Університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:
Завідувач кафедри
електроприводу
Казачковський М.М.
(прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

« ____ » _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект
бакалавр
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту ЕМс-15-1 Каменєв С.А.
(група) (п.і.б.)

Тема дипломного проекту: Електропривод стрічкового конвеєру гірничо-збагачувального комбінату.

затверджена наказом ректора НТУ "ДП" від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Спеціальний		2.05 23.05.18
Охорона праці		23.05 30.05.18
Економічний		30.05 05.06.18

Завдання видав _____ Худолій С.С.
(підпис) (п.і.б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Каменєв С.А.
(підпис) (п.і.б.)

Дата видачі завдання: 25.01.2018

Термін подання дипломного проекту до ДЕК 22.06.2018

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 71 стор., 11 таблиць, 12 рисунків, 9 джерел.

Мета проекту: розрахунок і вибір електропривода стрічкового конвеєра.

В першій частині проекту наведено класифікацію конвеєрів, описана конструкція конвеєра, надані необхідні розрахунки елементів конвеєра. Сформульовано завдання на проектування системи електропривода.

В розділі 2 “Автоматизований електропривод” виконано розрахунок потужності електродвигуна, розрахунок системі регулювання швидкості асинхронного двигуна з перетворювачем частоти. Вибрано перетворювач частоти та додаткове обладнання.

В розділі 3 методом математичного моделювання досліджено динаміку запропонованої системи електропривода.

В розділі “Охорона праці” проведено аналіз шкідливих факторів і розроблено інженерно-технічні заходи для захисту обслуговуючого персоналу.

В розділі “Техніко-економічне обґрунтування” розраховані капітальні та експлуатаційні витрати на впровадження запропонованої системи електропривода.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Explanatory note: 71 pages, 11 tables, 12 drawings, 9 sources.

Purpose of the project: calculation and selection of the electric drive of the belt conveyor.

In the first part of the project the classification of conveyors is presented, the conveyor construction is described, the necessary calculations of conveyor elements are provided. The task for designing the electric drive system is formulated.

In section 2 "Automated electric drive" the calculation of power of the electric motor, calculation of the system for adjusting the speed of the asynchronous motor with a frequency converter was performed. Frequency converter and optional equipment are selected.

In section 3 the method of mathematical modeling is used to study the dynamics of the proposed electric drive system.

In the section "Labor protection" the analysis of harmful factors was carried out and engineering and technical measures were developed for the protection of the personnel.

In the section "Feasibility study" capital and operating costs for the implementation of the proposed electric drive system are calculated.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. Загальні відомості	8
1.2. Вимоги до системи	10
2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД	14
2.1. Загальна характеристика обраного конвеєра	15
2.2. Вибір потужності двигуна	26
2.3. Вибір обладнання	31
2.3.1. Перетворювач частоти	31
2.3.2. Вибір понижувального трансформатора	37
2.3.3. Обчислення індуктивності LC фільтра	40
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	41
3.1. Розробка математичної моделі	42
3.2. Моделювання роботи електропривода	49
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	53
4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проектованої системи.	54
4.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці	54
4.2.1 Обчислення занулення	56
4.3. Пожежна профілактика	59
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	62
5.1. Розрахунок капітальних витрат	63
5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат	66
5.2.1 Амортизаційні відрахування	67
5.2.2 Розрахунок вартості спожитої електроенергії	67
5.2.3 Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт	69
ЛІТЕРАТУРА	71

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Вступ

Конвеєр (від англ. Convey - просувати) - така організація виконання операцій над об'єктами, при якій весь процес впливу розділяється на потім послідовність стадій з метою підвищення продуктивності шляхом одночасного незалежного виконання операцій над декількома об'єктами, що проходять різні стадії. Конвеєром також називають засіб просування об'єктів між стадіями при подібній організації. Важливою характеристикою роботи конвеєра є її безперервність. Це вірно і коли конвеєром називають засіб для транспортування вантажів на невеликі відстані, і коли конвеєр - система поточного виробництва на базі рухається об'єкта для збірки. Ця система перетворила процес складання складних виробів, які раніше потребували високої кваліфікації від збирача, в рутинну, монотонну, низько кваліфіковану працю, значно підвищила її продуктивність. У міру інтенсифікації виробництва підвищилися технічні вимоги, що пред'являються до конвеєрів, оскільки збільшилися обсяги вантажоперевезень і їх швидкості, які можуть змінюватися як протягом зміни так і протягом певного часу. Дана обставина потребує створення більш гнучких систем електроприводів, які б змогли бути адаптовані до умов, що змінилися сучасним вимогам.

Головними факторами, що впливають на процес автоматизації конвеєрних ліній, є: різноманітність технологічних схем конвеєрних ліній по конфігурації, довжині, числу конвеєрів і відгалужень; різнотипність конвеєрів по їх технологічного призначенням, продуктивності, конструктивним виконанням, довжині і динамічних характеристик; різнотипність приводів конвеєрів по числу і типу двигунів і т.д.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

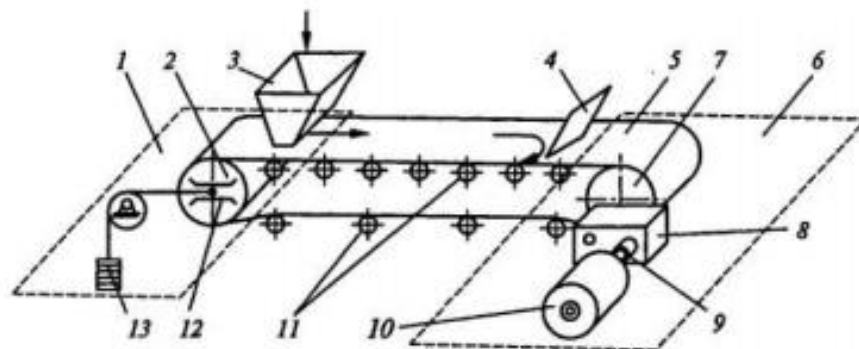
1.1 Загальні відомості

Конвеєр – машина безперервної дії, призначена для транспортування насипних і штучних вантажів — корисних копалин, породи, закладальних матеріалів та інш. Широко застосовується в кар'єрах, на шахтах, збагачувальних фабриках.

Основні типи конвеєрів:

- гвинтові (шнекові),
- роликові: неприводні (гравітаційні) та приводні,
- стрічкові,
- стрічково-канатні,
- стрічково-ланцюгові,
- скребкові,
- вібраційні,
- пластинчасті та ін.

Стрічкові конвеєри застосовують для переміщення сипучих вантажів на агломераційних виробництвах, в доменних цехах металургійних заводів, на теплових станціях (малюнку 1.1). Між барабанами 2 і 7 натяжна 1 і приводний 6 станцій розташована гнучка стрічка 5. Барабан 2, вісь якого може переміщатися в направляючих 12, під дією вантажу 13 створює попереднє 14 натяг стрічки. Це натяг дає передачу без прослизання тягового зусилля від барабана приводної станції.



					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Рис. 1.1 - Стрічковий конвеєр

Щоб виключити провисання верхнього робочого і нижньої холостої віток стрічки, вздовж траси встановлюють підтримувальні ролики 11. Барабан приводної станції через редуктор 8 з'єднаний з двигуном 10. Для згладжування можливих ударів в процесі пуску і гальмування вали двигуна і редуктора з'єднують пружною муфтою 9. Вантаж, подається на стрічку через завантажувальну воронку 3 і вивантажується плужком 4. Довжина стрічкового конвеєра може досягати 2 ... 3 км при швидкості руху стрічки 1,5 ... 3 м / с і ширині стрічки 2 м. Подібний конвеєр може забезпечити продуктивність 700 т / ч. Стрічкові конвеєри застосовуються не тільки для транспортування вантажу в горизонтальній площині. При переміщенні з кутом нахилу більше 20 °, коли можливо осипання вантажу, встановлюють стрічковий скребковий конвеєр. Для перевезення людей різновид конвеєра - ескалатор. Несе орган в ескалаторах - замкнута ланцюг, що охоплює зірочки приводний і натяжна станцій і забезпечена ступенями. Поточні лінії машинобудівних і автомобільних заводів обладнані підвісними конвеєрами. Вантажозахоплювальні пристосування шарнірно приєднані до катків, що рухаються по монорельсу. Тягове зусилля ковзенок повідомляється від двигуна ланцюгом через зірочку приводної станції. Різновид підвісного конвеєра - канатну дорогу - використовують як транспортний засіб для пасажирських і вантажних перевезень. Роль монорельса в подібній дорозі виконує канат, підвішений на спеціальних опорах. Тягове зусилля від двигуна до вантажонесучого пристосування передається за допомогою додаткового канату приводної і натяжної станцій канатної дороги.

1.2 Вимоги до системи

У різних галузях промисловості широко впроваджено централізовану автоматизоване управління процесами пуску - зупинки конвеєрних ліній із забезпеченням автоматичної захистів від аварій. В основу централізації

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

управління покладено принцип автоматичного пуску конвеєра в лінії в потім, зворотної руху вантажопотоку, з контролем моменту пуску кожного конвеєра по швидкості попереднього і зупинки конвеєрної лінії одночасним відключенням аварійного конвеєра і всіх потім, що доставляють вантаж на аварійний. Подальше якісне вдосконалення автоматизації конвеєрних ліній повинно розвиватися в напрямку підвищення централізації управління на базі використання спеціалізованих ЕОМ і мікроконтролерів, що дозволить підвищити оперативність управління за рахунок обробки великого обсягу інформації про роботу конвеєрів, причини аварійних ситуацій, вести роботу конвеєрів в оптимальних режимах, пов'язаних з роботою очисних вибоїв або інших джерел вантажопотоку. Автоматизація конвеєрного транспорту передбачає оснащення засобами автоматичного контролю і захисту кожного конвеєра і управління, як окремими конвеєрами, так і всією лінією. Під автоматизованою конвеєрною лінією розуміється така лінія, конвеєри якої об'єднані спільною системою управління, що забезпечує дотримання необхідних блокувань і захистів, а також автоматичну реалізацію законів пуску, зупинки і до запуску конвеєрної лінії. Головними факторами, що впливають на процес автоматизації конвеєрних ліній, є: різноманітність технологічних схем конвеєрних ліній по конфігурації, довжині, числу конвеєрів і відгалужень; різнотипність конвеєрів по їх технологічним призначенням, продуктивності, конструктивним виконанням, довжині і динамічними характеристиками; різнотипність приводів конвеєрів за кількістю і типом двигунів і т.д. Системи автоматизації конвеєрних ліній з урахуванням сучасного рівня вдосконалення конвеєрів повинні володіти функціональними можливостями, що забезпечують:

- управління конвеєрною лінією з пульта управління;
- автоматичний пуск конвеєрів в лінії в напрямку проти вантажопотоку за допомогою пускового пристрою;
- можливість, як вибору, так і роздільного пуску будь-якого маршруту розгалуженої конвеєрної лінії;

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- автоматичну подачу звукового попереджувального сигналу перед пуском конвеєрної лінії;
- при запуску окремих маршрутів розгалуженої конвеєрної лінії подачу звукового сигналу тільки по цьому маршруту;
- можливість до запуску частини конвеєрної лінії при інших працюючих конвеєрах;
- автоматичний контроль швидкості руху стрічки або скребковий ланцюга конвеєра;
- включення на пуск кожного потім конвеєра тільки після досягнення попереднім конвеєром заданої швидкості;
- включення додаткових маршрутів без зупинки працюють: включення системи зрошення тільки на працюючому конвеєрі і при наявності на ньому вантажу;
- оперативне відключення всієї конвеєрної лінії з пункту управління;
- 32 - автоматичний вік схеми в початкове положення потім оперативного відключення з пункту управління;
- екстрене припинення пуску і екстрену зупинку будь-якого конвеєра з будь-якої точки по його довжині;
- автоматичне блокування роботи конвеєра при наступних порушеннях:
 - відсутності сигналу про досягнення заданої швидкості при пуску, зниженні швидкості під час роботи несе полотна або тягового ланцюга до 75% номінальної при несправності приводу конвеєра, неприпустимому перегріві приводних барабанів;
 - сході стрічки в бік;
 - завалі місць перевантаження і несправності ланцюгів управління і контролю;
- можливість накладення гальм при оперативному та аварійному відключенні стрічкових конвеєрів тільки при швидкості стрічки менше 0,5 м / с;

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для конвеєрів з автоматичною натяжна станцією при зниженні швидкості стрічки до 75% номінальної включення натяжної станції на збільшення натягу стрічки;

- екстрене відключення конвеєра з накладенням гальм в момент відключення конвеєра або при обриві стрічки або ланцюга, при екстремому припинення пуску або екстремій зупинці конвеєра з будь-якої точки по його довжині, при завалі перевантажувального пристрою і перевищенні номінальної швидкості стрічки на 8% для конвеєрів, що встановлюються на похилих виробках;

- одночасне автоматичне відключення всіх конвеєрів, що транспортують вантаж на зупинений конвеєр;

- відключення системи зрошення при зупинці конвеєра;

- блокування, яка не допускає повторне включення зупинився через аварію конвеєра, без ручного повернення системи захисту в початковий стан;

- блокування, що забороняє запуск конвеєрної лінії при відсутності можливості прийому вантажу в місці розвантаження;

- можливість перекладу на місцеве управління будь-якого конвеєра лінії без порушення процесу автоматизованого управління іншими конвеєрами;

- сигналізацію на пульті управління про кількість конвеєрів, які працюють в лінії, маршруті;

- сигналізацію на блоках управління про несправному стані і причини несправності конвеєра;

- двосторонній телефонний зв'язок з можливістю звукового кодового виклику;

- інформацію про стан конвеєрної лінії в систему оперативного диспетчерського контролю та управління шахти.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2.1. Загальна характеристика обраного конвеєра

Підприємство надало технічне завдання на модернізацію стрічкового конвеєра, розташованого на гірничо збагачувальному комбінаті з видобутку магнезиту, де конвеєрна лінія служить для навантаження кам'яної руди, після чого проведені обчислення стрічкового конвеєра. Продуктивність конвеєра:

$$Q = \frac{Q_{mp}}{\gamma} \quad (2.1)$$

де: Q_{mp} - необхідна продуктивність, $Q_{mp} = 1000$ (т / год) - за даними підприємства;

γ - щільність магнезиту, $\gamma = 2,15$ (т / м³) - за даними підприємства.

$$Q = \frac{1000}{2,15} = 465,1, (\text{м}^3/\text{год}) \quad (2.2)$$

Ширина стрічки:

$$B = 1000 \text{ (мм)} = 1,0 \text{ (м)}$$

$C = 1$ - поправочний коефіцієнт, що враховує кут нахилу конвеєра, при куті нахилу $\beta = 0^\circ$.

$\vartheta = 2$ (м / с) - швидкість транспортування - за даними підприємства.

Вагові характеристики.

Лінійна сила тяжіння вантажу:

$$q = \frac{g \times Q_{mp}}{36 \times \vartheta} \quad (2.3)$$

де: g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ (м / с²);

Q_{mp} - необхідна продуктивність, $Q_{mp} = 1000$ (т / год);

ϑ - швидкість транспортування, $\vartheta = 2$ (м / с).

$$q = \frac{9,81 \times 1000}{3,6 \times 2} = 1362,5, (\text{Н/м}) \quad (2.4)$$

Лінійна сила тяжіння стрічки типу РТЛ-1500 масою 29 (кг / м²) при ширині 1,0 (м) визначається:

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$q'_л = g * m * B \quad (2.5)$$

де: m- маса 1 (м²) стрічки, m=29 (кг/м²) [10]

9,81*29*1,0 284,49 , qл = = (Н/м) Лінійна сила тяжіння обертових частин роликів вантажний гілки:

$$q'_p = \frac{G'_p}{l'} \quad (2.6)$$

де: G_p' - маса ролика в важкому виконанні для 3х роликової опори,

G_p' = 50 (кг); [10]

l'- відстань між роликоопорами на вантажний гілки, l' = 1100 (мм) = 1,1(м) [10]

$$q'_p = \frac{50*9,81}{1,1} = 445,9 \text{ (Н/м)} \quad (2.7)$$

Лінійна сила тяжіння обертових частин роликів гілки без навантаження:

$$q''_p = \frac{G''_p * g}{l''} \quad (2.8)$$

де: G''_p - маса ролика для однороликової опори, G''_p = 21,5 (кг); [10]

l'' - відстань між роликоопорами гілки без навантаження, пов'язуючи з довжиною секції конвеєра і величиною l', приймаємо l'' = 3 (м).

$$q''_p = \frac{21,5*9,81}{3} = 70,31 \text{ (Н/м)} \quad (2.9)$$

Опір руху стрічки складається з суми розподілених (лінійних) і зосереджених (місцевих) опорів, що виникають по довжині конвеєра. Опір визначається потім по ходу руху стрічки, починаючи з точки збігу стрічки з приводного барабана.

Сила опору руху завантаженої гілки:

$$W_{гр} = (q + q' + qq''_л) * L * \omega' \quad (2.10)$$

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: ω' - питома коефіцієнт опору руху по роликкоопор, який залежить від частоти їх установки, стану підшипникових вузлів роликів, деформаційних властивостей конвеєрної стрічки, фізико-механічних властивостей вантажу, швидкості руху, температури навколишнього середовища та багатьох інших факторів, $\omega' = 0,032$.

$$W_{гр} = (1362,5 + 284,49 + 445,9) * 400 * 0,032 = 26788,99 , (H)$$

Сила опору руху гілки без навантаження:

$$W_{пор} = (q'_{л} + q'_{р}) * L * \omega \quad (2.11)$$

$$W_{пор} = (284,49 + 70,31) * 400 * 0,032 = 4541,44 , (H)$$

Опір на вантажному пункті обумовлено сполученням вступнику на стрічку потоку вантажу кінетичної енергії і тертям його об стрічку і напрямні борти:

$$W'_{n} = \frac{q * (\vartheta - \vartheta_0) * \vartheta}{g} * k \quad (2.12)$$

де: ϑ_0 - початкова швидкість вантажу, $\vartheta_0 = 1,5$ (м / с);

ϑ - швидкість стрічки, $\vartheta = 2$ (м / с);

k - коефіцієнт що враховує опір внаслідок тертя вантажу об стінки воронки, $k = 1,4$

$$W'_{n} = \frac{1362,5 * (2 - 1,5) * 2}{9,81} * 1,4 = 0,194 , (кН)$$

де: ϑ_0 - початкова швидкість вантажу, $\vartheta_0 = 1,5$ (м / с);

ϑ - швидкість стрічки, $\vartheta = 2$ (м / с);

k - коефіцієнт що враховує опір внаслідок тертя вантажу об стінки воронки, $k = 1,4$

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$W'_n = \frac{1362,5 \cdot (2-1,5) \cdot 2}{9,81} \cdot 1,4 = 0,194, (\text{кН})$$

Натяг стрічки визначаємо способом обходу контуру конвеєра по точкам. Для цього викреслюється обчислена схема конвеєра, вибирається місце приводу і всі точки перегину стрічки нумеруються по ходу її руху, починаючи з точки збігання з приводного барабана. Величина натягу збігає гілки з приводного барабана визначається виходячи з умови передачі окружного зусилля силою тертя. Натяг збігаючої гілки позначають S_1 і при побудові діаграми натягу стрічки приймають її за умовний нуль.

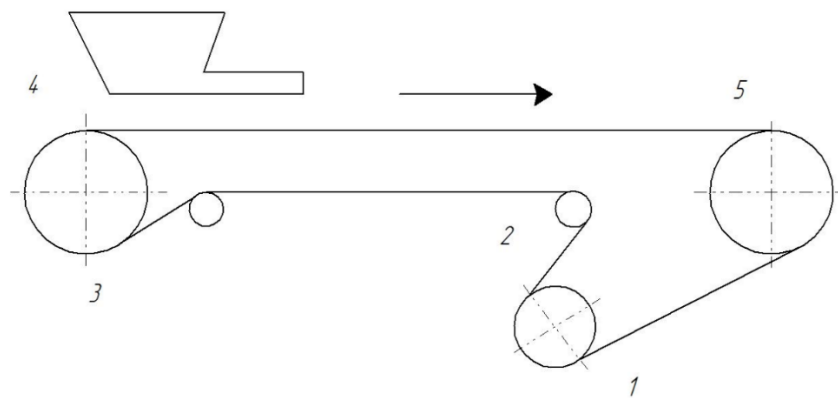


Рис. 2.1 - Обчислена схема конвеєра

Тягове зусилля, необхідне для приведення в рух конвеєра, передається за допомогою сил тертя:

$$W_0 = S_{\text{нб}} - S_{\text{сб}}$$

$$S_{\text{сб}} = S_{\text{нб}} \cdot e^{-\frac{\mu\alpha}{K_m}}$$

де: $S_{\text{нб}}$, $S_{\text{сб}}$ - натяг в набігає на барабан і збігає з барабана гілок стрічки, (Н);

μ - коефіцієнт зчеплення між барабаном і стрічкою.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Приймаємо одnobарабанний привід із загальним кутом обхвату барабана стрічкою $\alpha = 180^\circ$ і коефіцієнтом зчеплення для барабана з гладкою гумовою футеровкою $\mu = 0,35$. Тяговий фактор для цих умов $e\mu\alpha = 3$;

K_T - коефіцієнт запасу сил тертя, $K_T = 1,15-1,2$; приймаємо $K_m = 1,2$.

Сила натягу стрічки в точках 1-5.

Точки лінії	Натяг в точках конвеєра	Величина, кН
$S_1 = S_{cб}$	S_1	22,351
$S_2 = K' * S_1$	$S_2 = 1,04 * S_1$	23,245
$S_3 = S_2 + W_{пор}$	$S_3 = 1,04 * S_1 + 4,541$	27,786
$S_4 = K' * S_3$	$S_4 = 1,04 * (1,04 * S_1 + 4,541) = 1,0816 * S_1 + 4,72$	28,895
$S_5 = S_4 + W_{нб} + W_{зр} = S_{нб}$	$S_5 = 1,0816 * S_1 + 31,703$	55,878

де: K – коефіцієнт зростання стрічки, $K' = 1,04$.

$$S_{нб} = 1,0816 * S_{cб} + 31,703$$

$$S_{нб} = 3 * \frac{S_{нб}}{1,2} = 2,5 * S_{cб}$$

$$2,5 * S_{cб} = 1,0816 * S_{cб} + 31,703$$

$$1,4184 * S_{cб} = 31,703$$

$$S_{cб} = 22,351 \text{ (кН)}$$

$$S_{нб} = 2,5 * 22,351 = 55,878 \text{ (кН)}$$

Тягова сила:

$$W_0 = S_{нб} - S_{cб}$$

$$W_0 = 55,878 - 22,351 = 33,527 \text{ (кН)}$$

Потужність на валу двигуна:

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$N = \frac{33,527 * 2}{0,9} = 74,5 \text{ (кВт)}$$

Перевірка за рівнянням натягу стрічки в точці найменшого натягу на вантажний гілці (точка 4 на малюнку конвеєра $S_4 = 28,895$ (кН)).

$$S_{гр} = 5(q + q_{л}) * l'$$

де: q - лінійна сила тяжіння вантажу, кН;

$q_{л}$ - лінійна сила тяжіння стрічки, кН;

l' - відстань між роликоопорами вантажної гілки, м.

$$S_{гр(\min)} = 5 * (1362,5 + 284,49) * 1,1 = 9,058, \quad (\text{кН})$$

$$S_4 > S_{гр(\min)}$$

$$28,895 > 9,058$$

Умова виконується.

Пуск конвеєра.

При пуску конвеєра крім статичних опорів руху стрічки діють сили інерції, які збільшують нтяг гілки стрічки яка набігає на приводний барабан, Чому співвідношення між $S_{нб}$ і $S_{сб}$ може виявитися більше тягового фактору і почнеться пробуксовка, що неприпустимо.

Пуск конвеєра.

При включенні приводу стрічкового конвеєра рух стрічки починається неодноразомно по всьому контуру, так як стрічка є еластичною, то спочатку почнуть рухатися ділянки, розташовані у приводного барабана, а потім більш віддалені. Крім того, через провисання стрічки між роликоопорами процес залучення окремих ділянок стрічки та лежачого на ній вантажу в русі розтягнеться в часі і стане тривалішою.

Конвеєрну стрічку можна умовно уявити у вигляді пружного довгого стрижня, замкнутого в кільце, а процес залучення мас – як процес поширення пружної хвилі в стержні.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість поширення пружної хвилі в стержні визначаємо по формулою:

$$C = \sqrt{E/\rho}$$

де: E - модуль пружності всього перерізу гумовотросової стрічки

$$E = Z_m * \frac{\pi * d_n^2 * Z_n}{4} * E_0$$

де: d_n - діаметр дроту троса, $d_n = 1,55$ (мм);

Z_n - число дротів в тросі, $Z_n = 4$ (шт);

Z_m - число тросів, $Z_m = 46$ (шт) - виходячи з ширини стрічки і діаметра і кроку тросів;

E_0 - модуль пружності, віднесений до одиниці площі перетину дротів, $E_0 = 5,8 * 10^3$ (Н / мм²).

ρ - лінійна щільність стрижня, кг / м.

Припустимо, що при пуску вантаж рухається разом зі стрічкою і визначимо щільність з виразів:

для вантажної гілки:

$$\rho_1 = \frac{(q + q'_л + q'_п)}{g} = \frac{(1362,5 + 284,49 + 445,9)}{9,81} = 213,34 \text{ (кг/м)}$$

для гілки без навантаження:

$$\rho_2 = \frac{(q'_л + q''_п)}{g} = \frac{(284,49 + 70,31)}{9,81} = 36,17 \text{ (кг/м)}$$

Швидкість поширення пружної хвилі на вантажній гілці:

$$C_1 = \sqrt{\frac{2012699}{213,34}} = 97,13 \text{ (м/с)}$$

Швидкість поширення пружної хвилі на гілці без вантажу:

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$C_2 = \sqrt{\frac{2012699}{36,17}} = 235,89, (\text{м/с})$$

Час досягнення максимального значення динамічного натягу:

$$t'' = \frac{L_k}{C_1} + \frac{L_k}{C_2}$$

де: t - час приходу відбитої хвилі, с;

L_k - довжина конвеєра, $L_k = 400$ (м).

$$t'' = \left(\frac{400}{97,13} + \frac{400}{235,89} \right) = 5,814, (\text{с})$$

Визначаємо час гальмування стрічкового конвеєра:

$$t_m = \frac{(m_k * v_H)}{W}$$

де: m_k - рухомі маси конвеєра який розганяється;

v_H - швидкість усталеного руху стрічки конвеєра, $v_H = 2$ (м / с).

$$m_k = m_{\text{пр}} + (q_{\text{гр}} + 2q_{\text{л}} + q'_{\text{п}} + q''_{\text{п}}) * L_k$$

де: $m_{\text{пр}}$ - зосереджена маса приводу, кг:

$$m_{\text{пр}} = \frac{k * (GD)^2 * i_p^2}{g * D_6^2}$$

де: i_p^2 - передавальне відношення редуктора:

$$i = \omega_{\text{дв}} / \omega_{\text{м}}$$

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi * n}{30} = \frac{3,14 * 1500}{30} = 157, (\text{с}^{-1})$$

$\omega_{\text{м}}$ – кутова швидкість механізму:

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$\omega_m = \frac{v}{R_b}$$

де: v - швидкість руху барабану, $v = 2$ (м/с);

R_b - радіус барабана, $R_b = 500$ (мм).

діаметр приводного барабана конвеєра $D_b = 1000$ (мм);

діаметр кінцевого барабана конвеєра $D_k = 800$ (мм).

$$\omega_m = \frac{2}{0,5} = 4 \text{ (с}^{-1}\text{)}$$

$$i = \frac{157}{4} = 39,25$$

Приймаємо двоступеневий редуктор зі стандартним значенням передавального числа редуктора 40.

k - коефіцієнт враховує інерцію редуктора, сполучних муфт і барабана, $k = 1,4$.

$(GD)^2_p$ - маховий момент ротора, $(GD)^2_p = 1,0$ (кг*м²).

$$m_k = (1,4 * 1,0 * 40^2) / (9,81 * 1^2) = 228,33, \text{ (кг)}$$

$$m_k = 228,33 + (1362,5 + 2 * 284,49 + 445,9 + 70,31) * (400/9,81) = 100032,2, \text{ (кг)}$$

W - сума статичних опорів руху стрічки:

$$W = W_{нор} + W_{гр} + W_n = 4,541 + 26,789 + 0,194 = 31,524, \text{ (кН)}$$

$$t_m = (100032,2 * 2) / 31524 = 6,3, \text{ (с)}$$

При гальмуванні приводного барабана конвеєрна стрічка не відразу зупиняється по всьому контуру. Більш віддалені від приводу ділянки стрічки будуть продовжувати рух і набігати на передні ділянки, утворюючи поздовжні пружні хвилі, провисання між роликками, складки і т. д. Крім того, внаслідок порушення співвідношення $S_{нб}$ і $S_{сб}$ може виникнути пробуксовка стрічки по барабану. Щоб уникнути цих небажаних явищ, необхідно забезпечити відповідний режим гальмування.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Звичайне гальмування горизонтальних конвеєрів виробляють потім вільного вибігу, в кінці якого накладають гальма. при екстреному гальмуванні Подібний режим неприпустимий, тому що при тривалому вибігу навантаженого живильника перевантажувальний пристрій на наступний конвеєр може бути засипано вантажем.

Визначаємо час екстреного гальмування:

$$t_T'' = \frac{(m_n * v_n)}{(F_{max} + W)}$$

де: F_{max} - максимальне допустиме тягове зусилля стрічки:

$$F_{max} = (M_{max} * i * \eta) / R_{\delta}$$

де: M_{max} - максимальній допустимий момент на валу двигуна,

$$M_{max} = 1112,05 \text{ (Н*м)}$$

$$F_{max} = (1112,05 * 40 * 0,9) / 0,5 = 80067,6 \text{ (Н)}$$

$$t_T'' = (100032,2 * 2) / (82833,12 + 31524) = 1,749 \text{ (с)}$$

Визначаємо час розгону системи:

$$t_p'' = \frac{(GD)_{num}^2 * \eta}{375 * (M_{н.с} - M_{см}) * K_y}$$

де: η - номінальна швидкість обертання ротора двигуна, $\eta = 1500$

(Об / хв);

K_y - коефіцієнт обліку пружного подовження стрічки

який зумовлює неодноразовість приведення в рух мас конвеєра, для гумо-тросових стрічок $K_y = 0,9-1$. приймаємо

$$K_y = 1.$$

$M_{н.с}$ - середній пусковий момент електродвигуна, Н * м.

$$M_{н.с} = (1,2-1,6) M_{см}$$

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

M_{cm} - момент статичних сил опору при усталеному русі конвеєра:

$$M_{cm} = \frac{(W * R_6)}{(i * \eta)}$$

де: W - статичний опір руху стрічки, кН;

R_6 - радіус барабана, м;

i - передавальне число редуктора;

η - ККД редуктора, $\eta = 0,9$.

$$M_{cm} = (31524 * 0,5)/(40 * 0,9) = 437,83, (H * м)$$

$(GD)_{кон}^2$ - приведений до валу двигуна махового моменту рухомих частин конвеєра, кг*м²;

$$(GD)_{кон}^2 = (GD)_p^2 + \frac{4 * R_6^2}{i^2} * (q + 2 * q_{л} + q'_{л} + q''_{л}) * L_k$$

де: $(GD)_p^2$ - маховий момент ротора, кг*м²;

L_k - довжина конвеєра, м.

$$(GD)_{кон}^2 = 1 + \frac{4 * 0,5^2}{40^2} * (1362,5 + 2 * 284,49 + 445,9 + 70,31) * 400 = 612,92$$

$$M_{nc} = 1,6 * M_{cm} = 1,6 * 437,83 = 700,528, (H/м)$$

$$t_p = \frac{612,92 * 1500}{3759 * (700,528 - 437,83) * 1} = 9,333, (с)$$

Визначаємо час пуску:

$$t_n = t_{mp} + t_p$$

де: t_{mp} - перша фаза пуску або фаза зрушення конвеєра з місця,

$$t_{mp} = t'' = 5,814 (с)$$

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$t_n = 5,814 + 9,333 = 15,147, (с)$$

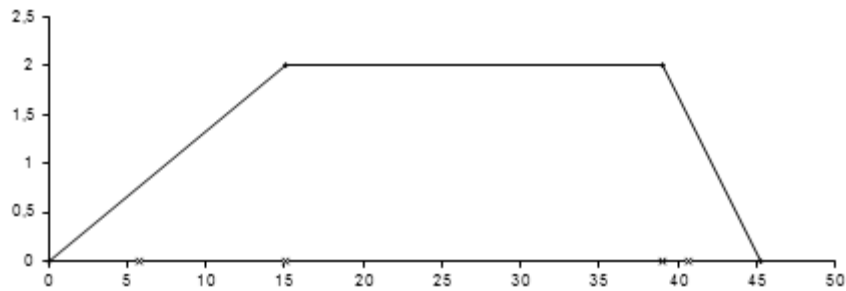


Рис. 2.2 - Тахограми пуску і гальмування стрічкового конвеєра

2.2 Вибір потужності двигуна

Вимогам, що пред'являються до електроприводу модернізованого стрічкового конвеєра, задовольняє асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, керований по системі ПЧ-АД.

Приймаємо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором 4A250S4Y3

Таблиця 2.2 – номінальні дані двигуна

Асинхронна частота,	N=1500 (об/хв)
Номінальна потужність,	P _n =75 (кВт)
Номінальна напруга живлення,	U=380 (В)
Номінальний ККД,	η=93(%)
Номінальний коефіцієнт потужності,	cos φ=0,9
Струм статора,	I=78(А)
Максимальна перевантажувальна здатність,	M _{тах} /M _{ном} =2,3
Номінальне ковзання	S _n =0,012
Критичне ковзання,	S _к =0,095
Маховий момент ротора.	(GD) ² =1,0

Номінальна швидкість обертання двигуна:

$$\omega_n = \frac{(\pi * n_n)}{30}$$

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

де: n_n - номінальна частота обертання, об/хв.

$$n_n = n_o(1 - S_n) = 1500 * (1 - 0,012) = 1482, (\text{об/хв})$$

$$\omega_n = \frac{3,14 * 1482}{30} = 155,1$$

Номінальний момент на валу двигуна:

$$M_{\text{НОМ}} = (P_{\text{НОМ}} * 10^3) / \omega_n$$

$$M_{\text{НОМ}} = (75 * 10^3) / 155,1 = 483,5, (\text{Н/м})$$

Максимальний допустимий момент на валу двигуна:

$$M_{\text{max}} = \lambda * M_n$$

$$M_{\text{max}} = 2,3 * 483,5 = 1112,05, (\text{Н/м})$$

Сумарний момент інерції:

$$J_{\Sigma} = \frac{(GD)_{\text{ДВ}}^2}{4} + \frac{(GD)_{\text{КОН}}^2}{4 * I^2} = \frac{1,0}{4} + \frac{612,92}{4 * 39,25^2} = 0,35, (\text{кг} * \text{м}^2)$$

Пусковий момент двигуна:

$$M_n = K_n * M_n = 1,2 * 483,5 = 580,2, (\text{Н}_\text{м}).$$

Пусковий струм двигуна:

$$I_n = K_I * I_n = 7 * 78 = 546, (\text{А})$$

Для двигуна потужністю понад 15 кВт опір r_1 досить малий і при частоті 50Гц значно менше X_K . Тому величиною r_1 в таких висловлюваннях можна знехтувати [16].

$$M_K = \frac{3U_1^2}{2\omega_0 X_K} \Rightarrow X_K = \frac{3 * 380^2}{2 * 157 * 1112,05} = 1,24, (\text{Ом})$$

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

З огляду на те, що в асинхронних двигунах загальнопромислового виконання $r_1 = (0.1-12) X_K$, а $c_1 = 1.02 - 1.06$, ними можна знехтувати і отримати вирази для наближеного обчислення значення критичного ковзання.

$$S_{KP} = \frac{c_1 r'_2}{X_K} \Rightarrow r'_2 = \frac{S_{KP} X_K}{c_1} = \frac{0,095 * 1,24}{1,06} = 0,111, (\text{Ом})$$

$$r_1 = 0,1 * X_K = 0,1 * 1,24 = 0,124, (\text{Ом})$$

$$r_K = r_1 + c_1 r'_2 = 0,124 + 1,06 * 0,111 = 0,241, (\text{Ом})$$

$$a = \frac{r_1}{r'_2} = \frac{0,124}{0,111} = 1,11 \neq 0$$

Побудова механічної характеристики двигуна при різній частоті живильної мережі виконується таким чином:

Вираз для механічних характеристик при змінних значеннях величини частоти і напруги живлення :

$$M = \frac{3U_{1j}^2 r'_2}{\omega_{0j} S_j \left[X_{KH}^2 f_{1*}^2 + \left(r_1 + \frac{r'_2}{S_j} \right) + \frac{r_1 r'_2}{S_j X_{\mu H} f_{1*}} \right]}$$

Реактивний опір двигуна залежать від частоти живлячої напруги і змінюються зі зміною частоти.

$$X_{\mu j} = X_{\mu H} * f_{1*}$$

$$X_K = X_{KK} * f_{1*}$$

Для того щоб регулювати швидкість двигуна, зберігаючи максимальний момент двигуна постійним, потрібно величину напруги зменшувати в меншій мірі, ніж зменшується частота, приблизно в співвідношенні:

$$U_1 = U_{1H} f_{1*} + I_{1H} r_1 * (1 - f_{1*}).$$

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

При частотному регулюванні величина відносного ковзання S_j залежить як від різниці швидкостей обертового електромагнітного поля і ротора, так і від відносного значення частоти напруги живлення

$$f_{1*} = \frac{f_{1j}}{f_{1H}}$$

$$S_j = 1 - \frac{\omega}{\omega_{0H} * f_{1*}}$$

де f_{1j}, S_j - регульовані значення частоти напруги статора і ковзання.

ω_{0H}, f_{1H} - номінальні значення частоти статора і швидкості поля.

Нижче на малюнку 2.3 зображені механічні характеристики двигуна при різних значеннях частоти напруги живлення.

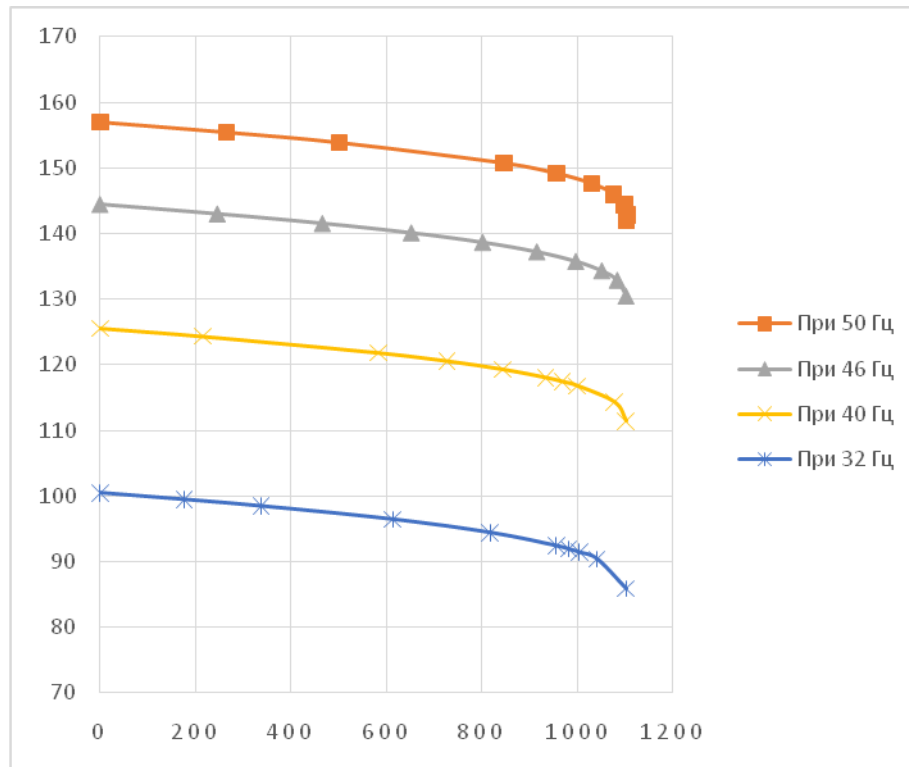


Рис. 2.3 - Механічні характеристики двигуна при різних значеннях частот напруги живлення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.3 - Механічні характеристики двигуна при різних значеннях частот напруги живлення

При 50 Гц										
S _{кр}	0,095									
S	0	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,095
ω	157	155,43	153,86	150,72	149,15	147,58	146,01	144,44	142,87	142,0855
M	0	265,482	500,708	846,713	956,693	1030,92	1076,049	1098,594	1104,252	1102,245
При 46 Гц										
S _{кр}	0,0968									
S	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,0968
ω	144,44	142,995	141,5512	140,1068	138,6624	137,218	135,7736	134,3292	132,8848	130,4617
M	0	245,699	465,832	552,1837	801,6633	915,3357	996,9286	1051,422	1084,015	1102,42
При 40 Гц										
S _{кр}	0,113									
S	0	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,065	0,07	0,09	0,113
Ω	125,6	124,344	121,832	120,576	119,32	118,064	117,436	116,808	114,296	111,4075
M	0	215,866	583,5895	727,2571	843,1779	933,1137	969,206	999,9238	1077,54	1101,939
При 32 Гц										
S _{кр}	0,145									
S	0	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,085	0,09	0,1	0,145
Ω	100,48	99,4752	98,4704	96,4608	94,4512	92,4416	91,9392	91,4368	90,432	85,90741
M	0	175,648	337,9875	513,1633	817,2436	956,121	981,8903	1004,515	1041,171	1101,981

2.3 Вибір обладнання

2.3.1. Перетворювач частоти

За потужністю двигуна вибираємо перетворювач частоти Тріол АТ04-100.

Електропривід Тріол АТ04 - універсальний електропривід, призначений для автоматичного управління частотою обертання і моментом виробничих машин і механізмів з приводними трифазними асинхронними електродвигунами потужністю від 5,5 кВт до 315 кВт класу напруги 0,4 кВ.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики

Шкала потужності	132...320 кВт
Мережа живлення	3x380 В, +10%, -15%, 50 (60) Гц +2%
Вихідна напруга	3x (0...380 В) +2%, максимальне значення програмується
Вихідна частота	0...400 Гц +0,05%, значення максимальної і мінімальної частоти програмуються
Струм перенавантаження	120% номінального значення протягом 60 с
Коефіцієнт корисної дії	не менше 0,95 (без двигуна)
Коефіцієнт потужності (мережі)	не менше 0,95
Опір ізоляції гальванічно не пов'язаних ланцюгів що до корпусу	не менше 10 МОм
Електрична міцність ізоляції	2500 В, 50 Гц, протягом 1 хв.

Цей електропривід застосовується для управління широким спектром машин, механізмів і технічних комплексів з різними режимами роботи і високими вимогами до статичних і динамічних характеристик. Електроприводи АТ04 мають розвинений зовнішній інтерфейс, що дозволяє адаптувати їх до існуючих систем автоматики, а також створювати на базі електроприводів АТ04 автоматизовані системи управління різними механізмами. Це можливо завдяки:

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- широким функціональним можливостям (до 500 програмованих параметрів);
- програмованої частоті ШІМ 0,4_16 кГц;
- вбудованому та дистанційного пультів управління з РКІ дисплеєм;
- шести програмованим дискретних входів (10 мА, $R_{нагр.} _ 2$ кОм);
- шести програмованим дискретним (релейним) виходам (250 В, 3 А);
- чотирьом гальванічне не пов'язаних, програмованим аналоговим входам (0-5 мА, 0 (4) -20мА, 0-10 В);
- чотирьом гальванічно пов'язаним програмованим аналоговим входам (0-5 мА, 0 (4) -20 мА, 0-10 В);
- двом програмованим аналоговим виходів (0-5 мА, 0 (4) -20 мА, 0-10 В);
- двох каналах послідовного зв'язку RS485;
- послідовному каналу зв'язку RS232 (поставляється зовнішній перетворювач RS485 / 232). Електропривод АТ04 забезпечений захистом від аварійних і позаштатних режимів
- від струмів неприпустимою перевантаження і короткого замикання, в т.ч. від замикання на "землю";
- від неприпустимої перенапруги на силових елементах;
- від неприпустимих відхилень і зникнення напруги мережі живлення;
- від неповно фазного режиму роботи мережі і електродвигуна;
- від неприпустимих відхилень технологічного параметра;
- від несправностей в вузлах і блоках електроприводу;
- від несанкціонованого доступу до програмованих параметрів (пароль)

Управління

Система управління ПЧ ТРІОЛ АТ04 виконана у вигляді єдиного базового блоку. Встановлені на ньому три слота дають можливість

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

підключення додаткових субмодулів, що дозволяє модифікувати перетворювач під Вашу задачу.

ТРІОЛ АТ04 оснащений вбудованим пультом управління, який робить роботу з перетворювачем легкою і зручною, виводячи на дисплей всі параметри і повідомлення про помилки.

Можливо управління ПЧ ТРІОЛ АТ04 з дистанційного пульта.

ПЧ ТРІОЛ АТ04 містить:

- Для прийому керуючих і задаючих сигналів - 6 дискретних входів, до 6 аналогових входів, 2 каналу інтерфейсу RS 485 стандарту Modbus;
- для управління зовнішніми пристроями - до 6 релейних виходів, до 2 аналогових виходів.

Універсальний помічник по роботі з перетворювачами частоти ТРІОЛ-програмне забезпечення ControlDrive. Програма працює в середовищі Windows. Підключення до комп'ютера виконується в інтерфейсі RS485.

Завдяки цій програмі Ви зможете одночасно працювати з декількома ПЧ (до 5), що функціонують в одній мережі: видавати команди «Пуск» і «Стоп» приводу, стежити за станом приводів в реальному часі; зчитувати, записувати і відслідковувати зміну значення параметрів; керувати станом релейних виходів, логічних комутаторів, дискретних і аналогових входів і кодових регістрів.

Різноманіття можливостей: реалізовані функції енергозбереження, управління групою електродвигунів від одного ПЧ, «підхоплення» електродвигуна, регулювання за допомогою вбудованого ПД-регулятора і т.д.

Перетворювач частоти ТРІОЛ АТ04 випускаються зі ступенями захисту IP21 (основне виконання) і IP54 (для експлуатації в «жорстких» умовах). Модельний ряд ПЧ ТРІОЛ АТ04 виконаний у вигляді навісних шаф одностороннього обслуговування з передніми панелями які легко знімаються. Охолодження - повітряне примусове. Шафа ПЧ ТРІОЛ АТ04 у

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

виконанні IP54 містить суцільнозварного каркаса з дверима і вентиляційної камери. Високий клас захисту шафи ТРІОЛ АТ04 дається розподілом його на відсіки (1-й - відсік силової частини і системи управління; 2-й - повітропровід), спеціальною конструкцією дверей, наявністю гермовводів, ступенем захисту вентиляторів IP54 і т.д.

Надійність

Термін служби перетворювачів ТРІОЛ АТ04 становить 15 років. Така довговічність дається за рахунок:

- Сучасній елементної бази;
- широкого спектру захисних функцій;
- 100% тестування виробів на всіх рівнях.

Електропривод АТ04 виконаний на основі дволанкового перетворювача частоти з транзисторним (IGBT) автономним інвертором напруги (АІН) з широтно-імпульсним (ШІМ) управлінням і багатфункціональної мікропроцесорної системою управління з розвиненим інтерфейсом. Принцип дії і пристрій електроприводу АТ04 пояснює функціональна схема, представлена на Рис. 2.4.

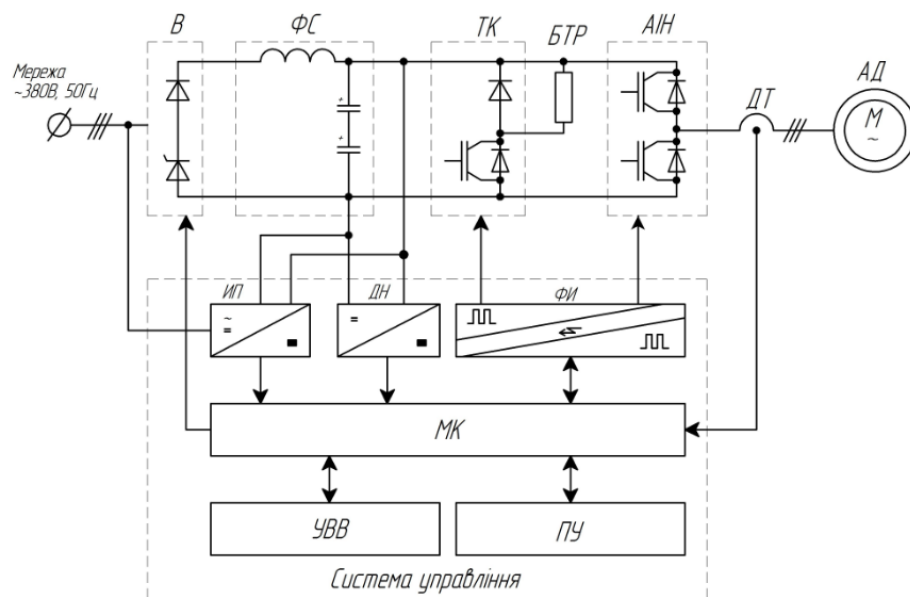


Рис. 2.4 - функціональна схема

На схемі позначені:

АД - приводний асинхронний електродвигун;

ДЖ - джерело живлення (конвертор);

ДН - датчик напруги;

ФМ - формувач керуючих сигналів транзисторів (драйвер);

МК - мікропроцесорний контролер;

ПВВ - пристрій вводу / виводу (зовнішній інтерфейс);

ПУ - пульт управління.

В - силовий напів-керований (діод-тиристорний) випрямляч;

ФС - силовий LC - фільтр ланки постійної напруги;

ТК - транзисторний (IGBT) ключ реостатного гальмування (гальмівний ключ), встановлюється в АТ04;

БГР - зовнішній блок гальмівного резистора;

АН - транзисторний (IGBT) автономний інвертор напруги;

ДС - датчик струму.

Схема підключення ПЧ до двигуна показана на малюнку 2.5.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

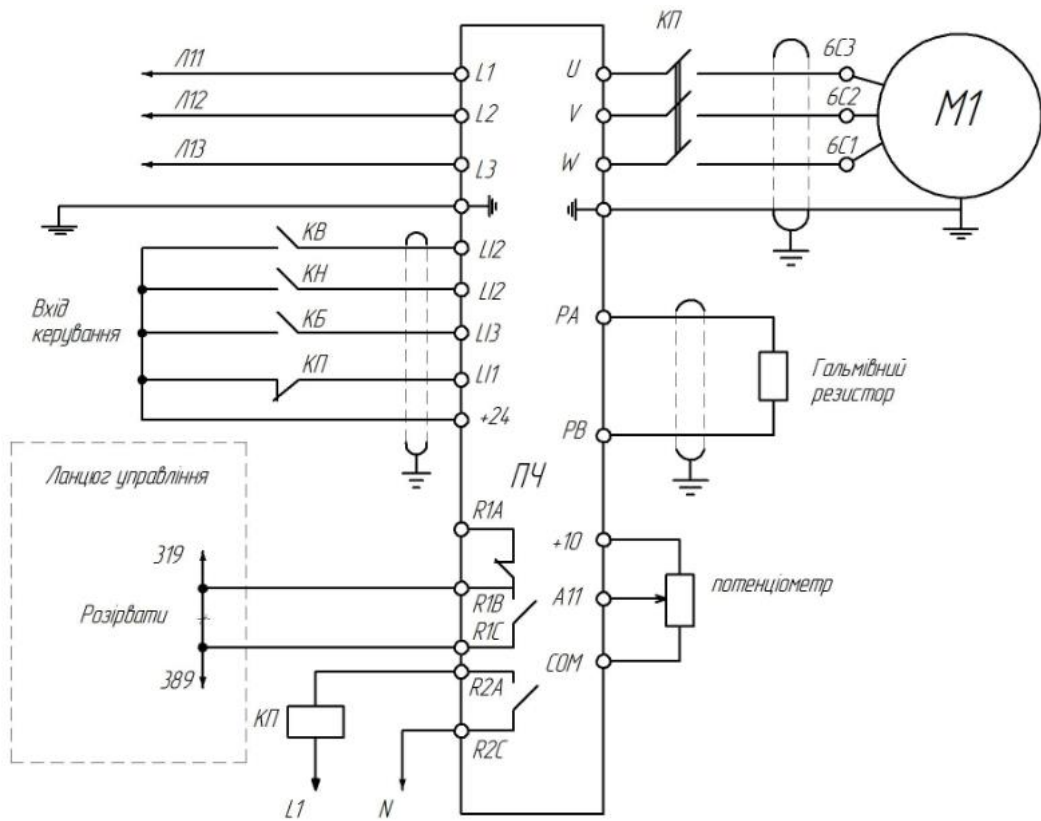


Рис. 2.5 – Схема підключення ПЧ до мережі та до двигуна

Застосування перетворювача частоти (ПЧ), що підключається до високошвидкісної обмотки двигуна, дає переміщення конвеєрної стрічки з підвищеною (робочою) і зниженою (дотягування) швидкостями, а також зі швидкістю ревізії. Рух виконується з плавними пусками і гальмуваннями при обмежених ривках і прискореннях. Цикл роботи головного приводу конвеєра в нормальному режимі наступний. У початковому стані стрічка конвеєра нерухома. При необхідності пересування вантажу з пристрою управління на ПЧ надходить сигнал завдання швидкості руху, а замиканням контактів пускача обмотка двигуна підключається до перетворювача. З контактів вбудованого в ПЧ реле на пристрій управління приходить сигнал про готовність ПЧ до роботи. На двигун подається напруга, необхідне для створення моменту і швидкості переміщення вантажу. Потім наростання струму в обмотках двигуна до величини, що забезпечує момент і швидкість, на пристрій управління через замкнуті контакти іншого вбудованого в ПЧ

реле надходить відповідний сигнал. Потім , по командам з пристрою управління, знімається механічний гальмо, а на ПЧ надходить сигнал завдання рівня робочої (підвищеної) швидкості. Потім отримання цього сигналу ПЧ формує на обмотці двигуна напруга таким чином, що при цьому дається плавний пуск конвеєрної стрічки з необхідними прискореннями і ривками до робочої швидкості. Потім наїзду на датчик уповільнення з пристрою управління на ПЧ надходить сигнал завдання потрібної швидкості. Потім зупинки двигуна з ПЧ на пристрій управління подається сигнал про закінчення руху, по надходженню якого накладається механічний гальмо, двигун відключається від ПЧ, а всі командні сигнали з ПЧ знімаються. Цикл роботи головного приводу при цьому закінчено.

Схема будь-якого перетворювача частоти складається з силової і керуючої частин. Силу частину перетворювачів зазвичай виконують на тиристорах або IGBT транзисторах, які працюють в режимі електронних ключів. Керуюча частина виконана на цифрових мікропроцесорах і дає управління силовими електронними ключами, а також вирішує велику кількість допоміжних завдань таких як контроль, діагностика і захист.

Перетворювачі частоти на тиристорах в даний час займають домінуюче становище в високовольтному приводі в діапазоні потужності від сотень кВт і до десятків МВт з вихідною напругою від 3 кВ до 10 кВ і вище.

Електропривод ТРІОЛАР АТ містить базові шафи перетворювача частоти (ПЧ) з системою управління (СУ) і набору додаткових блоків зовнішнього підключення.

2.3.2. Обчислення і вибір понижувального трансформатора

Понижувачий трансформатор потрібен для узгодження харчування перетворювача частоти АТ04-100 з мережею живлення $U_C = 6000\text{В}$.
Необхідно врахувати наступні умови.

1. Напряження обмотки вищої напруги трансформатора повинно

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

збігатися з напругою мережі живлення:

$$U_c = U_{BH} = 6000(B)$$

2. Вторинне номінальна фазна напруга трансформатора:

$$U_{HH} = U_{ПЧ} = 400(B)$$

3. Номінальний вторинний фазний струм трансформатора:

$$I_{HH} = I_{ПЧ} = 150(A) \text{ рекомендовано з каталогу продукції і застосувань}$$

2016р Корпорація Тріол .

Фазна напруга вторинної обмотки трансформатора:

$$U_{\Phi.HH} = \frac{U_{HH}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230, (B)$$

Необхідна випрямлена напруга:

$$U_d = U_{2\Phi.HH} * K_U = 230 * 2,34 = 538,2, (B).$$

де $K_U = 2.34$ - коефіцієнт трифазної мостової схеми.

Лінійний струм трансформатора обмотки високої напруги:

$$I_{BH} = \frac{I_{HH} * U_{HH}}{U_c} = \frac{150 * 400}{6000} = 10, (A)$$

Розрахункова потужність трансформатора:

$$S = 3 * U_{\Phi.BH} * I_{\Phi.BH} = 3 * 6000 * \frac{10}{\sqrt{3}} = 103, (кВА)$$

Так як трансформатор потужністю $S = 103кВА$ знайти не вдалося, скористаємося даними кратними трансформатора ТМ-100 [10].

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 2.5 – дані трансформатора

ТМ-100	
Номинальна потужність:	$S_H=100\text{кВА}$
Напруга ВН	$U_{ВН}=6000\text{В}$
Напруга НН	$U_{НН}=400\text{В}$
Схема і група з'єднань обмоток	Δ/Y_H-11
Напруга КЗ %	$U_{КЗ}\%= 4,5$
Втрати ХХ	$P_{ХХ}=305\text{Вт}$
Втрати КЗ	$P_{КЗ}=1970\text{Вт}$

Визначимо кратність величин:

$$k = \frac{S_p}{S_H} = \frac{103}{100} = 1,03$$

$$P_{ХХ} = 305 * 1,03 = 314,15, (\text{Вт})$$

$$P_{КЗ} = 1970 * 1,03 = 20291,1, (\text{Вт})$$

Визначимо активний опір фази трансформатора:

$$R_{\Phi,TP} = \frac{\Delta P_{КЗ}}{K * I_{\Phi,ВН}^2 * K_{TP}^2} = \frac{20291,1}{3 * 5,77^2 * 15^2} = 0,09, (\text{оМ})$$

$$I_{\Phi,ВН} = \frac{I_{ВН}}{\sqrt{3}} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5,77, (\text{А})$$

$$K_{TP} = \frac{U_c}{U_{НН}} = \frac{6000}{400} = 15$$

Сумарний активний опір трансформатора, наведений до витків вторинної обмотки:

$$X_{\Phi,TP} = \frac{U_{КЗ\%} * U_{\Phi,НН}}{100 * I_{\Phi,НН}} = \frac{4,5 * 230}{100 * 150} = 0,69, (\text{оМ})$$

Індуктивність фази трансформатора:

$$L_{\Phi,TP} = \frac{\alpha * X_{\Phi,TP}}{2 * \pi * f_c} = \frac{2 * 0,69}{2 * 3,14 * 50} = 4,39 * 10^{-3}, (\text{Гн})$$

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

2.3.3. Обчислення індуктивності LC фільтра

У перетворювачі частоти в ланцюзі між випрямлячем і автономним інвертором напруги ставиться силовий LC - фільтр ланки постійного напруги.

$$S_{LC} = \frac{q_{ВХ}}{q_{ВЫХ}} = \frac{0,057}{0,01} = 5,71$$
$$q_{ВХ} = \frac{2}{m^2 - 1} = \frac{2}{6^2 - 1} = 0,057$$
$$q_{ВЫХ} = 0,01 - 1,0$$
$$L_{\Phi} = \frac{S_{LC}}{m^2 * C * \omega^2} = \frac{5,71}{6^2 * 0,1 * 314^2} = 1,6 * 10^{-5} \text{ (Гн)}$$

Прийmemo C=100мкФ на 1кВтпотужності двигуна.

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Дослідження режимів роботи електропривода стрічкового конвеєра при частотному керуванні здійсимо на математичній моделі. Для проведення досліджень використаємо середовище *Simulink* математичного пакету MathLab. Для цього нам необхідно створити математичні моделі як двигуна, так і всіх необхідних додаткових елементів: навантаження, перетворювача, за датчиків тощо.

3.1 Розробка математичної моделі

Для дослідження роботи асинхронного короткозамкненого двигуна (АД) при частотному керуванні підходить модель, яка може бути отримана представленням рівнянь АД в системі координат x - y , пов'язаній дійсною віссю x з вектором напруги статора, яка обертається з синхронною швидкістю. Система координат x - y є комплексною прямокутною системою координат, в якій вісь x дійсна, а вісь y – уявна та випереджає вісь x на 90° .

Вихідними рівняннями для побудови моделі будуть:

$$\bar{U}_s = \bar{I}_s R_s + \frac{d\bar{\Psi}_s}{dt} + j\omega_c \bar{\Psi}_s,$$

$$\bar{U}_r = \bar{I}_r R_r + \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} + j(\omega_c - \omega Z)\bar{\Psi}_r.$$

$$\bar{\Psi}_s = \bar{I}_s L_s + \bar{I}_r L_m,$$

$$\bar{\Psi}_r = \bar{I}_s L_m + \bar{I}_r L_r,$$

де $\bar{U}_s, \bar{I}_s, \bar{\Psi}_s$ – узагальнені вектори напруги, струму і потокозчеплення статора; $\bar{U}_r, \bar{I}_r, \bar{\Psi}_r$ – узагальнені вектори напруги, струму і

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

потокосцеплення статора ротора; R_s, R_r – активні опори статора і ротора; ω_c – швидкість обертання системи координат; ω – механічна швидкість обертання ротора; L_s, L_r, L_m – індуктивність статора, ротора і взаємна індуктивність статора і ротора відповідно; $j = \sqrt{-1}$, Z – число пар полюсів.

Визначимо з рівнянь потокосцеплення струми статора і ротора.

$$\bar{I}_s = \frac{\bar{\Psi}_s - \bar{I}_r L_m}{L_s},$$

$$\bar{I}_r = \frac{\bar{\Psi}_r - \bar{I}_s L_m}{L_r},$$

Виконаємо взаємну підстановку

$$\bar{I}_s = \frac{1}{L_s} \left(\bar{\Psi}_s - L_m \left[\frac{\bar{\Psi}_r - \bar{I}_s L_m}{L_r} \right] \right)$$

Помножимо обидві частини рівняння на $L_s L_r$ і отримаємо наступний вираз:

$$\bar{I}_s = \frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\bar{\Psi}_s L_r - \bar{\Psi}_r L_m)$$

Аналогічно знайдемо струм ротора:

$$\bar{I}_r = \frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\bar{\Psi}_r L_s - \bar{\Psi}_s L_m)$$

Підставимо отримані рівняння для струму в перші два рівняння системи:

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\bar{U}_s = R_s \left[\frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\bar{\Psi}_s L_r - \bar{\Psi}_r L_m) \right] + \frac{d\bar{\Psi}_s}{dt} + j\omega_c \bar{\Psi}_s,$$

$$\bar{U}_r = R_r \left[\frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\bar{\Psi}_r L_s - \bar{\Psi}_s L_m) \right] + \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} + j(\omega_c - \omega Z) \bar{\Psi}_r.$$

Виконаємо заміну $\frac{d_s}{dt} \rightarrow p$, та попередньо представивши рівняння в формі Каші, отримаємо:

$$\bar{\Psi}_s = \frac{1}{p} \left[\bar{U}_s - R_s \left(\frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\bar{\Psi}_s L_r - \bar{\Psi}_r L_m) \right) - j\omega_c \bar{\Psi}_s \right],$$

$$\bar{\Psi}_r = \frac{1}{p} \left[\bar{U}_r - R_r \left(\frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\bar{\Psi}_r L_s - \bar{\Psi}_s L_m) \right) - j(\omega_c - \omega Z) \bar{\Psi}_r \right].$$

Розкладемо векторні рівняння за проекціями на осі x - y :

$$\Psi_{sx} = \frac{1}{p} \left[U_{sx} - R_s \left(\frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\Psi_{sx} L_r - \Psi_{rx} L_m) \right) + \omega_c \Psi_{sy} \right]$$

$$\Psi_{sy} = \frac{1}{p} \left[U_{sy} - R_s \left(\frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\Psi_{sy} L_r - \bar{\Psi}_{ry} L_m) \right) - \omega_c \Psi_{sx} \right]$$

$$\Psi_{rx} = \frac{1}{p} \left[U_{rx} - R_r \left(\frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\Psi_{rx} L_s - \Psi_{sx} L_m) \right) + j(\omega_c - \omega Z) \Psi_{ry} \right]$$

$$\Psi_{ry} = \frac{1}{p} \left[U_{ry} - R_r \left(\frac{1}{L_s L_r - L_m^2} (\Psi_{ry} L_s - \Psi_{sy} L_m) \right) - j(\omega_c - \omega Z) \Psi_{rx} \right]$$

Отримані вирази описують електромагнітні процеси в статорі і роторі. Для повноти опису додамо рівняння для моменту і рівняння механічного руху:

$$M = \frac{3}{2} Z \frac{L_m}{L_s L_r - L_m^2} (\Psi_{sy} \Psi_{rx} - \Psi_{ry} \Psi_{sx})$$

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt}$$

Структурна схема моделі асинхронного двигуна для частотного керування при живленні від джерела напруги, побудована за наведеними рівняннями, представлена на рис.3.1

Для проведення розрахунків необхідно визначити параметри схеми заміщення двигуна у абсолютних одиницях. У табл.3.1 наведені додаткові до табл. 2.2 дані асинхронного короткозамкненого двигуна, який використовується у приводі конвеєра, що розглядається.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані асинхронного двигуна

Тип двигуна	4A250S4Y3
Номінальна потужність P_H , кВт	75
Номінальна фазна напруга $U_{\phi H}$, В	220
Номінальний ККД η_H	0,93
Номінальний $\cos \varphi_H$	0,9
Момент інерції J , кг*м ²	1
Число пар полюсів Z_p	2
Активний опір статора R_s^* , в.о.	0,025
Зведений активний опір ротора R_r^* , в.о.	0,014
Індуктивний опір статора X_s^* , в.о.	0,089
Зведений індуктивний опір ротора X_r^* , в.о.	0,11
Індуктивний опір повітряного зазору X_μ^* , в.о.	4,4

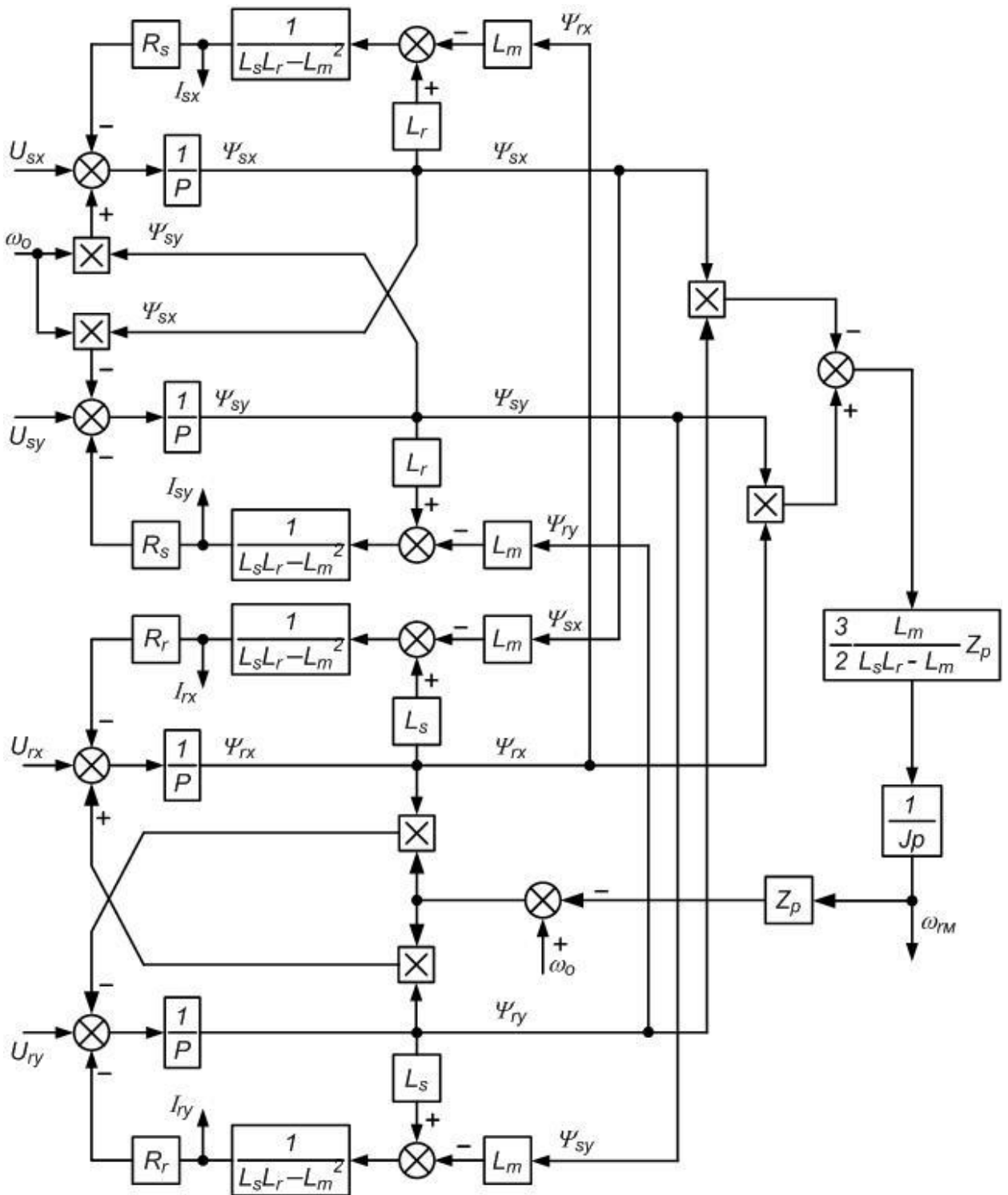


Рисунок 3.1 - Структурна схема асинхронного двигуна в системі координат x-y, орієнтованій за вектором напруги статора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для переводу опорів з відносних одиниць в абсолютні скористаємося виразом:

$$Z = Z^* \cdot Z_B = Z^* \cdot \frac{U_{\phi H}}{I_{\phi H}}$$

де $Z_B = \frac{U_{\phi H}}{I_{\phi H}}$ – базовий опір; Ом; Z^* – опір у відносних одиницях; Z – шуканий опір, Ом.

Визначимо базовий опір:

$$Z_b = \frac{U_{\phi H}}{I_{\phi H}} = \frac{220}{78} = 2,82 \text{ Ом}$$

Активний опір статора:

$$R_s = 0,025 \times 2,82 = 0,07 \text{ Ом}$$

Активний опір ротора:

$$R_r = 0,014 \times 2,82 = 0,04 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір статора:

$$X_l = 0,089 \times 2,82 = 0,25 \text{ Ом},$$

Індуктивний опір ротора:

$$X_2 = 0,11 \times 2,82 = 0,31 \text{ Ом},$$

Індуктивний опір кола намагнічування:

$$X_\mu = 4,4 \times 2,82 = 12,4 \text{ Ом},$$

Індуктивний опір короткого замикання:

$$X_K = X_l + X_2 = 0,31 + 0,25 = 0,56 \text{ Ом}.$$

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Частота живлячої мережі:

$$\omega_0 = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314,159 \text{ c}^{-1}$$

Індуктивність розсіювання обмотки статора:

$$L_{s\sigma} = X_1 / \omega_0 = 0,25 / 314,159 = 0,0008,$$

де $\omega_0 = 2\pi f$ – кутова частота живлячої мережі, рад/с; $f = 50 \text{ Гц}$ – номінальна частота живлячої мережі.

Індуктивність розсіювання обмотки ротора:

$$L_{r\sigma} = X'_2 / \omega_0 = 0,31 / 314,159 = 0,001 \text{ Гн.}$$

Максимальна взаємна індуктивність між обмотками статора и ротора:

$$L_m = X_\mu / \omega_0 = 12,4 / 314,159 = 0,039 \text{ Гн.}$$

Повна індуктивність обмотки статора:

$$L_{1s} = L_{s\sigma} + L_m = 0,0008 + 0,039 = 0,0398 \text{ Гн.}$$

Повна індуктивність обмотки ротора:

$$L_r = L_{r\sigma} + L_m = 0,001 + 0,039 = 0,04 \text{ Гн.}$$

Розраховані параметри двигуна зведені до табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Дані двигуна 4A250S4У3

Активний опір статора R_s , Ом	0,07
Зведений активний опір ротора R_r , Ом	0,04
Індуктивність обмотки статора L_s , Гн	0,0398
Індуктивність обмотки ротора L_r , Гн	0,04
Індуктивність намагнічування L_m , Гн	0,039
Мала некомпенсована постійна часу контуру струму (силового претворювача) T_μ , с	0,0005

3.2 Моделювання роботи електропривода

Модель двигуна в *Simulink*, побудована за вище наведеною схемою представлена на (рис. 3.2).

Модель системи регулювання представлена на рис. 3.3.

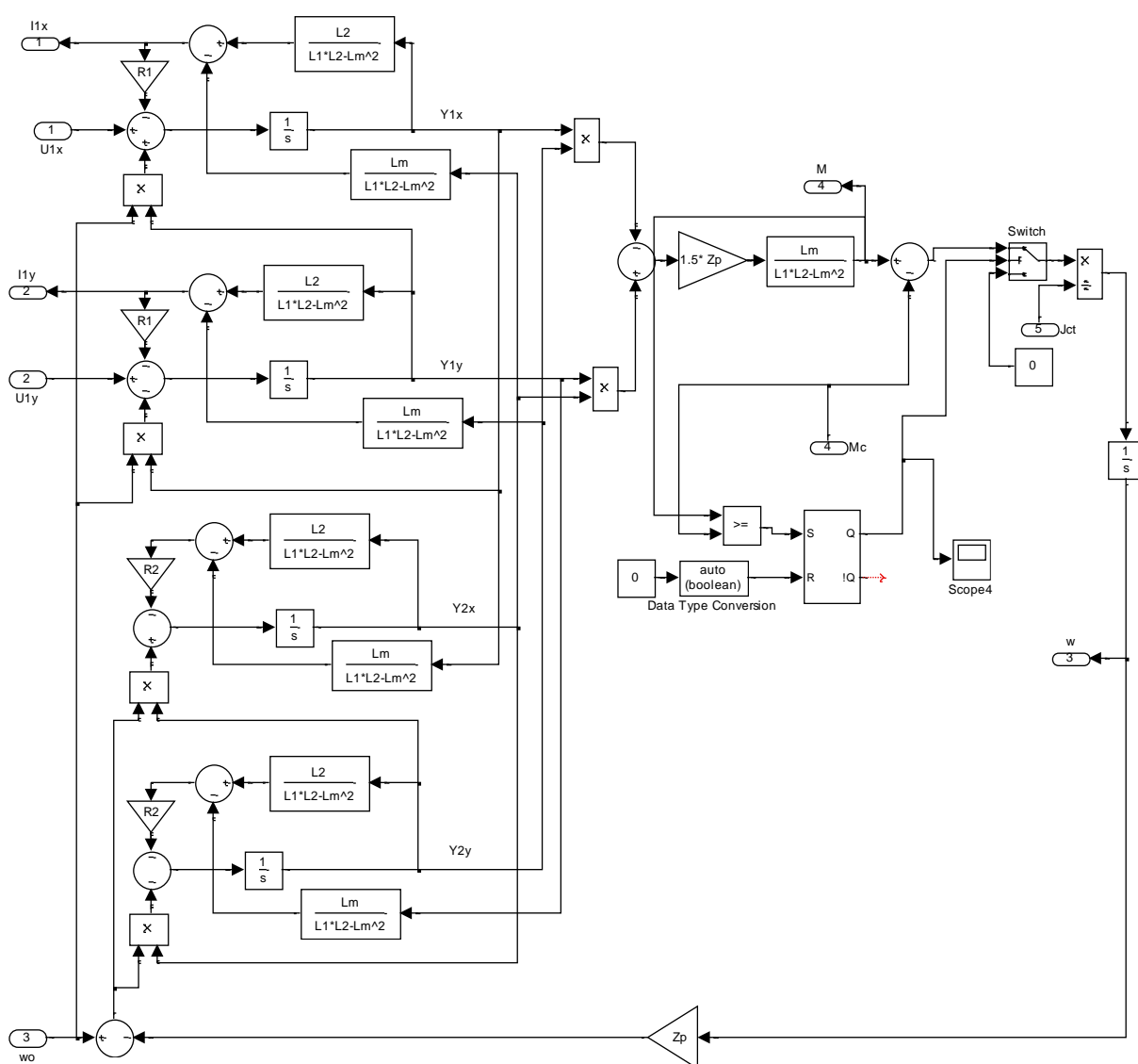


Рисунок 3.2 – Модель двигуна

обмеження сигналу завдання як за струмом, так і за моментом. Це необхідно для обмеження струму та моменту при пуску.

Наведена модель враховує появу моменту статичного навантаження тільки при початку пуску і його зникнення при зупинці.

На рис.3.4 представлені графіки швидкості та моменту двигуна при пуску компресора с номінальним навантаженням (пуск на протитиск). На рис.3.5 представлені струми статора: складові I_{sx} , I_{sy} та дійсний струм статора I_s .

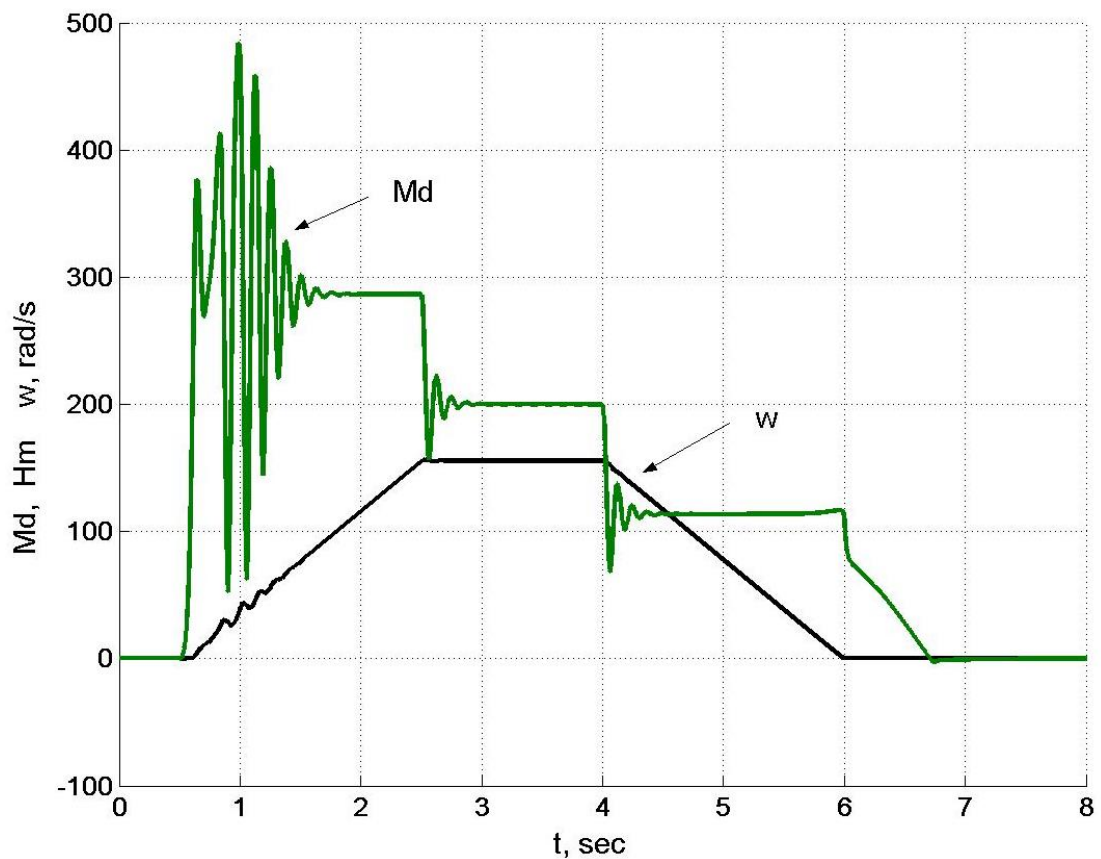


Рисунок 3.4 – Швидкість та момент двигуна при пуску.

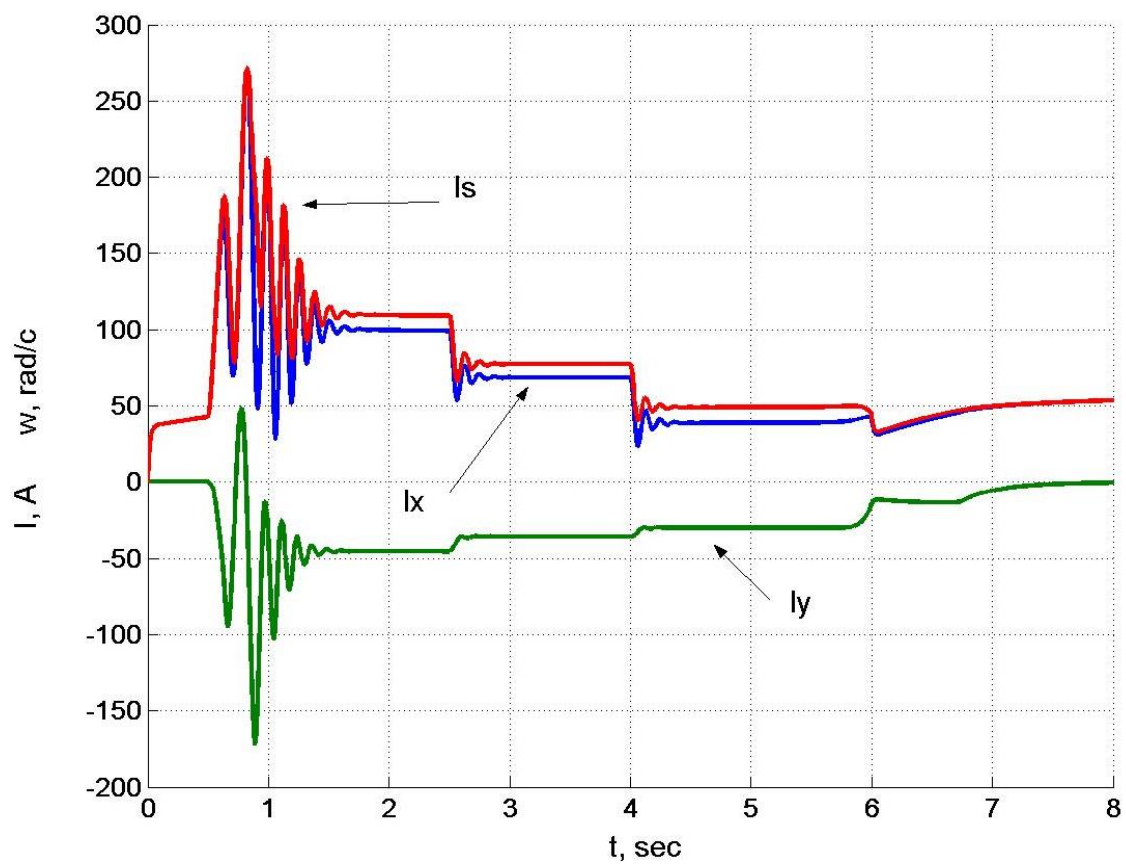


Рисунок 3.5 – Струми двигуна при пуску

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ

Арк.

51

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Вступ

Згідно з темою дипломного проекту об'єктом дослідження з питання охорони праці є автоматизований стрічковий конвеєр, який створений за системою ПЧ-АД. Живлення електричного обладнання забезпечується мережею з напругою 380В. Стрічковий конвеєр розташований в гірничо-транспортному цеху та забезпечує транспортування сипучих, штучних, кускових вантажів.

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проекрованої системи.

До небезпечних і шкідливих виробничих чинників (згідно з ГОСТ 12.0.003-74.) можна віднести:

- Підвищений рівень шуму;
- Підвищений рівень вібрацій;
- Недостатню освітленість робочої зони;
- Можливість травматизму електричним струмом;
- Можливість травматизму від машин і механізмів, що рухаються і обертаються; установок;

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

При розробці заходів з охорони праці, для забезпечення безпеки ведення технологічних процесів, безпечної експлуатації проектованих апаратів, систем, прийнято наступні заходи:

- Безпека праці при технічному обслуговуванні та ремонті електроустановок досягається відключенням їх від джерел живлення, установкою захисних пристроїв, вивішуванням попереджувальних знаків і відповідних плакатів.

					ЕПДПЕМСОП4.ПЗ	Арж.
Змін.	Арж.	№ дозвум.	Підпис	Дата		53

- Безпека праці при роботі з електроустановками стрічкового конвеєра забезпечується за рахунок використання таких технічних способів: захисного заземлення, ізоляції струмоведучих частин, захисних пристроїв, попереджувальної сигналізації, блокування, установки попереджувальних плакатів і написів, використання запобіжних засобів і засобів захисту.

- Для боротьби з вібрацією передбачається встановити на джерело вібрації віброізолятори (пружні елементи, в якості яких можуть виступати амортизатори або резинові прокладки).

- Для освітлення даної виробничої ділянки використовуються світлодіодні лампи, перевагами яких є висока надійність та світловіддача.

- Для попередження травматизму при роботі необхідно, щоб планування ділянки забезпечувала вільний, зручний і безпечний доступ обслуговуючого персоналу до насоса, основного й допоміжного технологічного устаткування, до органів управління і аварійного відключення всіх видів обладнання, що входять до його складу. Для забезпечення безпеки осіб, які обслуговують систему вона оснащується запобіжними, блокуючими і іншими захисними пристроями.

- Основним заходом захисту від ураження електричним струмом в мережах напругою до 1000 В є занулення. В електроустановках до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю з метою забезпечення автоматичного відключення аварійної ділянки провідність фазних і нульових захисних провідників повинна бути обрана подібній, щоб при замиканні на корпус або на нульовий захисний провідник виникав струм короткого замикання, що перевищує не менше ніж у три рази номінальний струм плавкого елемента найближчого запобіжника, а для автоматичного вимикача з номінальним струмом понад 100А - не менше 1,25.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

4.2.1 Обчислення занулення

Обчислення занулення проводиться для електрообладнання механічного цеху.

Початкові дані:

напруга мережі $U_c = 0,38$ кВ;

потужність трансформатора $P_{тр} = 100$ кВА;

потужність електроприймача (двигун) $P = 75$ кВт;

довжина кабелю від ТП до ШРА-1, $L_1 = 55$ м;

довжина проводу від ШРА-1 до верстата, $L_2 = 8$ м.

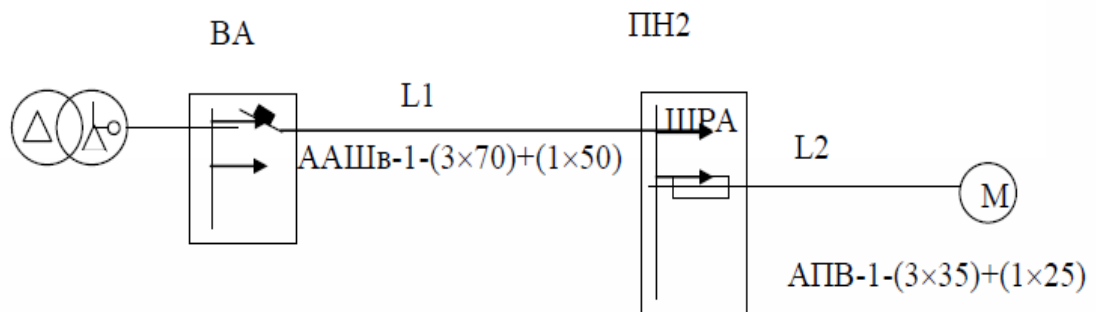


Рис. 4.1 – Схема заміщення

Визначимо струми навантаження і вибір апаратів захисту:

$$I_{дв} = \frac{75}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,8} = 142,6 \text{ А}$$

$$I_{рпв} = \frac{7142,6 \times 5}{2} = 356,5 \text{ А}$$

$$I_{нпв} = 400 \text{ А}$$

$$I_{на} = 400 \text{ А}$$

Визначимо повні опори елементів ланцюга:

а) опір трансформатора для групи з'єднання $\Delta / U_0 - 11$

$$Z_T = 0,027 \text{ Ом};$$

б) опір кабелю, при перетині фазної жили 70 мм^2 і нульовий 50 мм^2

$$Z_{пфо} = 1,8 \text{ Ом / км}$$

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$Z_{\Pi} = Z_{\text{пфо}} \times L_1, \text{ Ом} \quad (4.9)$$

$$Z_{\Pi} = 1,8 \times 0,055 = 0,099 \text{ Ом}$$

в) опір проводу при перетині фазної жили 35 мм² і нульовий 25 мм²
 $Z_{\text{пфо}} = 2,54 \text{ Ом / км}$

$$Z_{\Pi} = Z_{\text{пфо}} \times L_2 \quad (4.10)$$

$$Z_{\Pi} = 2,54 \times 0,008 = 0,02 \text{ Ом}$$

Визначимо значення струму КЗ:

$$I_{\text{к1}} = \frac{220}{0,027/3 + 0,099} = 2,03 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к2}} = \frac{220}{0,027/3 + 0,099 + 0,02} = 1,71 \text{ кА}$$

Визначимо кратність струму

$$\frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{на}}} = \frac{2030}{400} = 5,07$$

$$\frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{нпв}}} = \frac{1710}{400} = 4,27$$

умова $I_{\text{кз}} \geq I_{\text{н}} \times K$, де $K_{\text{а}} = 1,25$, $K_{\text{пв}} = 3$ - виконується.

Визначення часу спрацьовування плавкої вставки апарату захисту визначається по захисній характеристиці плавкою вставки, а для автомата приймається з довідника. Час відключення автоматичного вимикача - 0,2 секунди.

Потенціал корпусу пошкодженого обладнання

$$U_{\text{к1}} = I_{\text{кз}} \times Z_{\text{н1}}, \text{ В} \quad (4.11)$$

$$U_{\text{к1}} = 2030 \times 0,044 = 89,3 \text{ В,}$$

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

де $Z_{н1}$ - опір нульової жили кабелю, $Z_{н1} = R_{н1}$, так як величина внутрішнього індуктивного опору $X_{н1}$ алюмінієвого провідника порівняно мала (близько 0,0156 Ом / км)

$$R_{н1} = \frac{\rho \times L}{S}, \text{ Ом} \quad (4.12)$$

$$R_{н1} = \frac{0,028 \times 55}{50} = 0,044 \text{ Ом},$$

де ρ - питомий опір алюмінієвої жили приймається

рівній 0,028 Ом \times мм² / м;

S - перетин жили, мм²;

L - довжина провідника, м.

Потенціал корпусу пошкодженого обладнання:

$$U_{к2} = I_{к3} \times Z_{н2}, \text{ В} \quad (4.13)$$

$$U_{к2} = 1710 \times 0,008 = 13,6 \text{ В},$$

де $Z_{н2}$ - опір нульового проводу, $Z_{н2} = R_{н2}$

$$R_{н1} = \frac{\rho \times L}{S}, \text{ Ом} \quad (4.14)$$

$$R_{н1} = \frac{0,028 \times 8}{25} = 0,008 \text{ Ом},$$

Струм, що проходить через тіло людини, дорівнює:

$$I_{н1} = \frac{89,3}{1000} = 89,3 \text{ мА}$$

$$I_{н2} = \frac{13,6}{1000} = 13,6 \text{ мА}$$

Згідно *ДЕСТ* 12.1.038-82 ССБП такі величини є допустимими при часу впливу 0,2 секунди, тобто час спрацювання автоматичного вимикача і запобіжника не перевищує допустимих величин. Для захисту від струмів

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

короткого замикання вибираємо запобіжники типу ПН 2-400УЗ і автоматичні вимикачі Автомат ВА 88-37 ЗР 400А 35кА ІЕК.

4.3 Пожежна профілактика

- Конвеєрні стрічки повинні виготовлятися із негорючих, важкогорючих та важкозаймистих матеріалів.
- Кількість і значення показників, необхідних і достатніх для характеристик пожежонебезпеки конвеєрних стрічок, визначається згідно з ГСТУ 12.11.402-97.
- Конвеєрні стрічки не повинні займатись при пробуксовці привідного барабану.
- Кисневий індекс матеріалу конвеєрних стрічок повинен бути не менше 27%.
- Конвеєрні стрічки підлягають випробуванням у полум'ї спиртового пальника.
- Конвеєрні стрічки підлягають випробуванням на поширення полум'я по поверхні стрічки.
- Пожежонебезпечні властивості конвеєрних стрічок повинні забезпечуватись на термін їх експлуатації в шахті.
- Пожежна небезпека електроустановок обумовлена наявністю у вживаному електрообладнанні горючих ізоляційних матеріалів. Горючої є ізоляція обмоток електричних машин, трансформаторів, різних електромагнітів (контактори, реле), проводів і кабелів. Небезпечною щодо пожежі є ізоляція проводів та кабелів. У разі значних перевантажень провідників та особливо при проходженні струмів КЗ температура ізоляції зростає настільки, що матеріал розкладається з виділенням горючих парів та газів,

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

що й буває зазвичай причиною загоряння. При проектуванні й будівництві виробничих будівель й споруд, зокрема електромашинних приміщень необхідно враховувати категорію пожежної небезпеки виробництва. Згідно (СНиП II-90-81) об'єкт, який розглядається у дипломній роботі можна віднести до категорії Д.

- У залежності від категорії виробництва за нормативними документами вибирається ступінь вогнестійкості будинку. В даному випадку будинок в якому розташований об'єкт відповідає 5-тому ступеню вогнестійкості
- Пожежна профілактика включає комплекс заходів, спрямованих на попередження пожежі або зменшення її наслідків:
- Проектування і монтаж електрообладнання напругою до 1000 В пожежонебезпечних установок слід вести відповідно до ПУЕ, розд. VII «Електрообладнання спеціальних установок" та Інструкцією ВСН 294-72.
- Запроваджено нагляд за справністю виробничих установок і негайно вживати заходи щодо усунення виявлених несправностей, що можуть призвести до пожежі;
- Забезпечено постійну готовність до дії наявних засобів пожежогасіння, зв'язку та сигналізації.
- Рубильники, перемикачі та плавкі запобіжники слід застосовувати закритого виконання.
- При виборі системи автоматичної пожежної сигналізації, що складається із оповіщувачів-датчиків, приймальні станції, джерел електроживлення і електричної мережі, що зв'язує оповіщувачі з приймальною станцією, було віддано перевагу комбінованим тепловим і димовим сповіщувачам типу КИ-1. Вони мають чутливий елемент у вигляді іонізаційної камери (для реагування на дим) і терморезисторів (для реагування на теплоту). При попаданні диму в іонізаційну камеру зменшується значення іонізаційного струму, що призводить до розбалансування електричної схеми та подачі

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

відповідного електричного сигналу. Температура спрацьовування цих сповіщувачів 50-80 ° С.

- Для гасіння пожежі електрообладнання може використовуватися вода, повітряно-механічна піна, інертний газ, порошки та інші вогнегасні засоби. В даному випадку буде доцільно оснастити приміщення вуглекислотним вогнегасником типу ОУ-8 ємністю 8 л, який призначений для гасіння невеликих загорянь всіх видів. Якщо при виникненні пожежі відсутня можливість швидкого відключення системи від живильної мережі, то допускається гасіння пожежі електрообладнання, що знаходиться під напругою, але з дотриманням особливих заходів електробезпеки.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

					ЕП.ДП.18.07.0 ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Вступ

Головною метою даного розділу є визначення капітальних та експлуатаційних витрат на впровадження проектного варіанту системи електропривода конвеєра.

Об'єктом проектування є система електропривода на основі перетворювача частоти TRIOL.

До впровадження проектного варіанту в якості приводного двигуна використовувався асинхронний двигун з короткозамкненим, та релейно-контакторною схемою керування [2]. Розрахунки в спеціальній частині проекту показали доцільність використання сучасної системи електропривода перетворювач частоти - асинхронний двигун з короткозамкненим ротором (ПЧ-АД).

Використання такої системи електропривода дозволить впливати на параметри технологічного процесу та умови роботи обладнання: змінювати швидкість без втручання у механічну частину електропривода, змінювати значення прискорення у широких межах відповідно до вимог технологічного процесу, зменшити динамічні навантаження в елементах електропривода за рахунок підвищення якості регулювання режимами роботи двигуна. Також це дозволить підвищити надійність експлуатації устаткування, зменшити кількість ремонтів та час на додаткове обслуговування, зменшити споживання електричної енергії.

5.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні витрати – це грошові ресурси, призначені для створення та придбання основних фондів та нематеріальних активів, які підлягають амортизації.

Капітальні витрати на впровадження проектного варіанта визначаються наступним чином:

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

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

де - $K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i)$ - вартість придбаного обладнання, грн;

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

Z_m – витрати на монтажні роботи;

Z_n – витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Транспортно-заготівельні витрати включені у вартість електрообладнання, так як фірма – продавець здійснює його доставку відповідно до договору.

Таблиця 5.1 – Зведення капітальних витрат

№ п/п	Найменування розділів	Проектний варіант, грн.
1.	Електрообладнання: Електропривод ТРИОЛ АТ04 Дросель мережевий Вимикач автоматичний Контактор Запобіжник швидкодіючий (3 шт.) Тримач запобіжника Разом	 215316,00 54190,00 9918,5 8250,0 5067,80 2560,70 290236,00
2.	Витрати на монтаж та наладку	2263,93
3.	Демонтажні роботи	1131,96
4.	Ліквідаційна вартість базового обладнання	0
	РАЗОМ	292864,11

Витрати на монтажні Z_M і на налагоджувальні роботи Z_H можна визначити наступним чином:

$$Z_{M(H)} = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_d \times K_{cm} \times K_{np} \quad (5.2)$$

де $i = 4$ – розряд робочих, що здійснюють монтажно – налагоджувальні роботи;

$C_i = 2$ чол. – чисельність робочих 4-го розряду задіяних у монтажі;

$a_i = 1,5$ Пм/Нч – годинна тарифна ставка робочих (електромонтер 4-го розряду);

де Пм - прожитковий мінімум для працездатних осіб (далі - прожитковий мінімум); Нч - середньомісячна норма тривалості робочого часу при 40-годинному робочому тижні.

Законом України «Про Державний бюджет України на 2018 рік» від 07.12.2017 р. № 2246-VIII установлено такі розміри основних мінімальних соціальних стандартів у 2018 році:

- працездатних осіб: з 1 грудня — 1921 грн;

$t_i = 16$ год. – час на виконання наладки;

$K_d = 1,15$ – коефіцієнт доплат;

$K_{cm} = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{np} = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує непередбачені витрати.

Вартість монтажних робіт:

$$Z_M = (2 \times 8 \times (1921/40)) \times 1,15 \times 1,22 \times 1,05 = 1131,96 \text{ грн.}$$

Вартість налагоджувальних робіт ($t_d = 8$ год. – час на здійснення демонтажу):

$$Z_H = (2 \times 16 \times (1921/40)) \times 1,15 \times 1,22 \times 1,05 = 2263,93 \text{ грн.}$$

Разом:

$$Z_{M(H)} = Z_H + Z_M = 1131,96 + 2263,93 = 3395,92 \text{ грн.}$$

Проектні капіталовкладення в обладнання та монтажно-налагоджувальні роботи прийняті на основі цін прејскуранта на

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

електрообладнання фірми-постачальника (монтажні роботи виконує підприємство) ООО НПО «Вертикаль» <http://npo-vertical.com.ua/contacts> від 01.04.18.

Таким чином, капітальні витрати на впровадження проектного варіанту складають:

$$K_{np} = 290236,00 + 1437,81 + 1190,31 = 293631,29 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкту проектування за певний період, виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат за електротехнічним обладнанням відносяться :

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z);
- відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);
- витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (C_m);
- вартість електроенергії, спожитої об'єктом проектування ($C_э$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_m + C_э + C_{np}, \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Так як в процесі впровадження проектного варіанту не планується змінювати чисельність обслуговуючого персоналу, ФЗП не змінюється, отже розрахунки річного фонду заробітної плати та відрахувань на соціальні заходи не проводяться. Таким чином, формула для розрахунку експлуатаційних витрат має вираз:

$$C = C_a + C_m + C_э, \text{ грн.}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат ведеться за проектним варіантом.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

5.2.1 Амортизаційні відрахування

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами основних фондів та нематеріальних активів за розділами зведення капітальних витрат.

Обладнання, що встановлюється, відноситься до 4 групи основних фондів – машини та устаткування з мінімальним строком експлуатації 5 років.

Відсоток амортизаційних відрахувань визначаємо прямолінійним методом – пропорційним розподілом суми витрат на весь строк служби:

$$H_a = \frac{\Phi_n - ЛВ}{\Phi_n * T_n} * 100\% \quad (5.4)$$

$$\text{якщо } ЛВ=0 \quad H_a = \frac{\Phi_n - 0}{\Phi_n * T_{min}} = \frac{\Phi_n}{\Phi_n * T_{min}} = H_a = \frac{1}{T_n} \times 100\% = \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

Таблиця 5.2 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн
Проектний варіант	293631,29	20%	58726,25

5.2.2 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Для початку необхідно визначити номінальні втрати ΔP_H в системах управління електроприводом з урахуванням коефіцієнта корисної дії.

$$\Delta P_H = P_H * \frac{1-\eta}{\eta}, \quad (5.5)$$

де P_H - номінальна потужність двигуна;

η - коефіцієнт корисної дії двигуна.

Далі слід визначити втрати холостого ходу $\Delta P_{ХХ}$ і номінальні навантажувальні втрати $\Delta P_{ХХ}$:

$$\Delta P_{ХХ} = 0,55 * \Delta P_H \quad (5.6)$$

					ЕП.ДП.18.07.0 .ЛЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$\Delta P_{XX} = 0,67 * \Delta P_H \quad (5.7)$$

Максимальні втрати активної потужності визначаються наступним чином:

$$\Delta P_M = \Delta P_{XX} * \Delta P_{HH} * K_3^2, \quad (5.8)$$

де K_3 - коефіцієнт завантаження двигуна, $K_3 = 0,8$.

Середні втрати активної потужності ΔP_C , розглянутого приводу можуть бути визначені за наступною формулою:

$$\Delta P_C = \Delta P_M * \tau, \quad (5.9)$$

де τ - відносний час використання максимуму втрат

$$\tau = 0,7 * \frac{T_M}{T_G}, \quad (5.10)$$

ΔP_M - максимальні втрати активної потужності.

Річні втрати електроенергії можемо визначити з виразу:

$$\Delta W = \Delta P_C * T_E, \quad (5.11)$$

де T_E - тариф на електроенергію, $T_E = 1,67_{\text{грн}} / \text{кВт*Г}$ (тариф узятий для даного регіону).

Отримані результати обчислення зведені в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 - Результати обчислення витрат на втрати електроенергії

Найменування параметру	Система ТП-Д	Система Г-Д
КПД, %	0,93	0,66
P_H , кВт	4,7	14,4
ΔP_{PH} , кВт	0,7	7,42
ΔP_{HH} , кВт	0,47	4,97
ΔP_{XX} , кВт	0,39	4,08
ΔP_M , кВт	0,69	7,26

ΔP_C , кВт	0,414	4,36
T_G , г	7000	7000
ΔW , кВт*г	2898	30520
C_E , грн	4839,66	50968,4
Різниця, грн.	46128,74	

Різниця в 46128,74 грн витрат на втрати електроенергії в рік між системами, говорить про те що система ТП-Д економніше системи Г-Д.

Таким чином, навіть за двома показниками можна вибрати найбільш економічно вигідний варіант системи управління, яким є система тиристорний перетворювач - двигун (ТП-Д). Опускаючи обчислення інших економічних показників, опираємося на те, що вони відносно мало відрізняються для порівнюваних варіантів і вже розглянутий показник явно видно економічний варіант системи управління.

5.2.3 Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт електротехнічного обладнання складають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робочим и т.д. Розраховуються за формулою:

$$C_T = \sum_{i=1}^n \left(h_i \cdot t_{li} \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\Phi} \right), \text{ грн}, \quad (5.10)$$

де n – число приладів, що підлягають ремонту;

- $h = 50,5$ грн/год., – годинна тарифна ставка робочих (електромонтер четвертого розряду), виконуючих ремонт;

- t_1 – трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю в залежності от виду ремонту, год/од;
- m – кількість ремонтів за рік;
- $R_{\Sigma} = 2$ – сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання;
- S – вартість однотипних замінюваних елементів, грн;
- Π – кількість однотипних замінюваних елементів;
- T – середній термін служби деталей даного типу, год;
- $T_{\phi} = 4000$ ч, – кількість годин роботи електрообладнання за рік.

В якості запасних частин і матеріалів виберемо контактор в кількості 1 шт. та швидкодіючі запобіжники кількістю 3 шт./набір.

Таблиця 5.2 – Витрати на технічне обслуговування и ремонт

	h	t_1	m	R_{Σ}	S_1	Π_1	T_1	S_2	Π_2	T_2	T_{ϕ}	C_{m1}	C_{m2}	C_m
Проектний	50,5	2	1. 5	2. 5	416,3	1	100 0	267,8	1	100 0	400 0	2043,95	1449,9 5	3493,9

Таким чином, річні експлуатаційні витрати для проектного варіанта складуть:

$$C_{np} = 9704,34 + 58512,82 + 3493,9 = 71711,06 \text{ грн};$$

За результатами проведених розрахунків визначена сума капітальних та експлуатаційних витрат. Сума капітальних затрат склала 292864,11 грн. Сума експлуатаційних витрат склала 71711,06 грн. Основну частину в експлуатаційних витратах складають витрати, пов'язані з оплатою електроенергії. Загальна сума на поточний рік становить 364575,17 грн

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					69

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник механика открытых горных работ. Экскавационно-транспортные машины непрерывного действия / М.И. Щадов, В.М. Владимиров -М.: Недра, 1989-487 с.
2. Казачковський М.М. Комплектні електроприводи: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: НГА України, 2003. – 225 с.
3. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.
4. Справочник по электрическим машинам. В 2-х т./Под. ред. И.П. Копылова и В.К. Клокова - М: Энергоатомиздат, 1988. т.1. -655 с.; т.2. -496 с.
5. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. -616 с.
6. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
7. Андреев В.П., Сабинин Ю.А. Основы электропривода. – М.-Л., Госэнергоиздат, 1963. – 772 с.
8. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
9. Колб Ант. А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник – Д., Національний гірничий університет, 2006. – 511 с.

					ЕП.ДП.18.07.0 .ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70