

Міністерство освіти і науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Електротехнічний факультет

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 141

«ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

НА ТЕМУ:

«ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕСУВНОГО
СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ОФ-4 В УМОВАХ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ
ФАБРИКИ ПАТ «ЦГЗК»

Виконав: студент групи ЗЕЕМ-21 _____ Ілля ЗАЙЦЕВ

Керівник кваліфікаційної роботи _____ к.т.н., доц. Олександр ІЛЬЧЕНКО

Нормоконтролер _____ к.т.н., доц. Олександр ІЛЬЧЕНКО

Декан ЕТФ _____ к.т.н., доц. Владислав ФЕДОТОВ

Гарант освітньої програми _____ к.т.н. Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Кривий Ріг

2025 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Електротехнічний

Кафедра: Електромеханіки

Освітньо-професійна програма першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти: «бакалавр»

Спеціальність: 141 «Електроенергетика,
електромеханіка та електромеханіка»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

_____ к.т.н. Ігор Пересунько
«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Зайцев Ілля Володимирович
(прізвищі ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Електромеханічне обладнання пересувного стрічкового конвеєра ОФ-4 в умовах збагачувальної фабрики ПрАТ «ЦГЗК»

керівник проекту (роботи) Ільченко О.В.

затверджена наказом по КНУ від «12» травня 2025 р. № 252с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «04» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Пересувний стрічковий конвеєр ОФ-4. Тип горизонтальний. Довжина стрічкового конвеєра – $L = 60$ м; ширина стрічки – $B = 1200$ мм; швидкість стрічки – $v = 2,0$ м/с; потужність приводу – $P = 37$ кВт. Матеріал, що транспортується концентрат залізорудний. Діаметр приводного барабану 630 мм.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1.1 Опис об'єкту дослідження. 1.2 Обґрунтування вибору системи електропривода. 1.3 Характеристики конвеєру ОФ-4. 1.4 Розрахунок сили опору руху стрічки та потужності електропривода. 1.5 Вибір перетворювача частоти. 2.1 Схема заміщення двигуна та її параметри. 2.2 Побудова природніх характеристик двигуна. 2.3 Розрахунок характеристик розімкненої системи електропривода. 2.4 Побудова швидкісних характеристики. 2.5 Побудова механічної характеристики. 2.6 Побудова енергетичних характеристик. 3.1 Схема електропостачання приводу конвеєру. 3.2 Розрахунок струмів короткого замикання. 3.3 Вибір автоматичних вимикачів та контактних пускачів в мережі 0,4кВ. Висновки до роботи бакалавра

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Ільченко О.В., доцент		
2	Ільченко О.В., доцент		
3	Ільченко О.В., доцент		

7. Календарний план

№ з/п	Етапи роботи	Термін виконання	Примітка
1.1	Опис об'єкту дослідження.	12.05-14.05	Виконано
1.2	Обґрунтування вибору системи електропривода	15.05-16.05	Виконано
1.3	Характеристики конвеєру ОФ-4	16.05-17.05	Виконано
1.4	Розрахунок сили опору руху стрічки.	17.05-18.05	Виконано
1.5	Розрахунок потужності електропривода та вибір редуктора.	17.05-18.05	Виконано
1.6	Вибір перетворювача частоти	17.05-18.05	Виконано
2.1	Схема заміщення двигуна та розрахунок її параметри	18.05-19.05	Виконано
2.2	Побудова природніх характеристик двигуна	19.05-20.05	Виконано
2.3	Розрахунок характеристик розімкненої системи електроприводу	21.05-23.05	Виконано
2.4	Статичні характеристики електропривода за системою ПЧ-АД	24.05-25.05	Виконано
2.5	Динамічні властивості системи ПЧ-АД	25.05-26.5	Виконано
3.1	Електропостачання приводу конвеєру	27.05-28.05	Виконано
3.2	Розрахунок струмів короткого замикання у мережі нижче 1000В	29.05-30.05	Виконано
3.3	Вибір апаратів конвеєру	29.05-30.05	Виконано

Дата видачі завдання: «12» травня 2025 р.

Студент _____ Зайцев І.В.

(підпис)

(П.І.Б.)

Керівник роботи (проекту) _____ Ільченко О.В.

(підпис)

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «електромеханічне обладнання пересувного стрічкового конвеєра ОФ-4 в умовах збагачувальної фабрики ПрАТ «ЦГЗК»: 41 с., 15 рис., 17 літературних джерел.

Досліджуваний об'єкт – пересувний стрічковий конвеєр ОФ-4, що використовується для транспортування залізорудного концентрату після зневоднення вакуум-фільтрами. Аналізується його електромеханічна частина: двигун, частотний перетворювач та система керування.

У першому розділі наведено загальні відомості про конвеєр, описано його конструкцію, технічні характеристики та умови експлуатації. Проведено розрахунок необхідної потужності привода та обґрунтовано вибір електропривода з частотним регулюванням.

У другому розділі визначено параметри Т-подібної схеми заміщення двигуна, побудовано механічні, швидкісні та енергетичні характеристики, реалізовано скалярне керування.

У третьому розділі розглянуто систему електропостачання конвеєра, побудовано схему заміщення, розраховано струми короткого замикання у різних точках мережі, обрано захисну апаратуру та комутаційні пристрої відповідно до розрахованих навантажень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТРІЧКОВИЙ КОНВЕЄР, ЕЛЕКТРОПРИВОД, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, СКАЛЯРНЕ КЕРУВАННЯ.

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.Р			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реферат	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Зайцев І.В.					3	1
Перевір.		Ільченко О.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Ільченко О.В.						
Затверд.		Пересунько І.І.				ЕМ зр. ЗЕЕМ-21		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА КОНВЕЄРА ОФ-4 ТА ЙОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....	7
1.1 Опис об'єкту дослідження.....	8
1.2 Обґрунтування вибору системи електропривода.....	9
1.3 Характеристики конвеєру ОФ-4	11
1.4 Розрахунок сили опору руху стрічки та потужності електропривода	12
1.5 Вибір перетворювача частоти	14
Висновки до розділу 1.....	16
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА КОНВЕЄРА ОФ-4	17
2.1 Схема заміщення двигуна та її параметри	18
2.2 Побудова природніх характеристик двигуна.....	20
2.3 Розрахунок характеристик розімкненої системи електроприводу	22
2.4 Побудова швидкісних характеристики	24
2.5 Побудова механічної характеристики	25
2.6 Побудова енергетичних характеристик	26
Висновки до розділу 2.....	28
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	29
3.1 Схема електропостачання приводу конвеєру	30
3.2 Розрахунок струмів короткого замикання	31
3.3 Вибір автоматичних вимикачів та контактних пускачів в мережі 0,4кВ.....	35
Висновки до розділу 3.....	38
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.3						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Зайцев І.В.			Зміст			Літера	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Ільченко О.В.								4	1
Реценз.								ЕМ зр. ЗЕЕМ-21			
Н. Контр.		Ільченко О.В.									
Затверд.		Пересунько І.І.									

ВСТУП

ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» є одним з провідних підприємств гірничо-металургійного комплексу України. Його діяльність охоплює повний цикл переробки залізної руди: від видобутку до виробництва концентрату та окатків. Продукція комбінату постачається як на металургійні підприємства України, так і за кордон.

У технологічному процесі зневоднення концентрату постає завдання його транспортування для подальшої обробки й зберігання. Одним з рішень є використання конвеєрного транспорту, а саме стрічкових конвеєрів. Стрічкові конвеєри відносять до машин безперервного транспорту з пружним тяговим органом. Їх проста конструкція, надійність та висока продуктивність зумовила їх використання в різних галузях промисловості.

Основними елементами стрічкового конвеєру є: приводний барабан, натяжний барабан, стрічка, роликоопори, завантажувальні та розвантажувальні пристрої.

У роботі розглянуто конструкцію, принцип дії та електромеханічне обладнання стрічкового конвеєра ОФ-4. Особливу увагу приділено аналізу кінематичної схеми, характеристикам електроприводу, параметрам роботи двигуна, а також системі керування приводом. Описані режими роботи механізму, його взаємодія з іншими елементами технологічної лінії та умови експлуатації.

Метою роботи є аналіз роботи стрічкового конвеєра ОФ-4 з акцентом на його електромеханічну частину, визначення основних характеристик приводу, параметрів експлуатації та узагальнення технічних особливостей механізму.

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.ВС			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ			
Розроб.	Зайцев І.В.							
Перевір.	Ільченко О.В.							
Реценз.								
Н. Контр.	Ільченко О.В.							
Затверд.	Пересунько І.І.				ЕМ гр. ЗЕЕМ-21			
					Літера	Аркуш	Аркушів	
						5	2	

Основні завдання роботи: описати конструкцію та призначення конвеєра; розглянути принцип роботи електроприводу; проаналізувати кінематичну та електричну частини; визначити основні експлуатаційні параметри; оцінити умови роботи обладнання у виробничому середовищі.

Наукова та технічна новизна роботи полягає в систематизації даних про роботу електромеханічного обладнання стрічкового конвеєра в реальних умовах промислової експлуатації, що є основою для подальших досліджень або удосконалення систем керування.

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.ВС	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА КОНВЕЄРА ОФ-4 ТА ЙОГО
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.01.Р1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зайцев І.В.				Характеристика конвеєра ОФ-4 та його електрообладнання	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Ільченко О.В.						7	10
Реценз.						ЕМ гр. ЗЕЕМ-21		
Н. Контр.	Ільченко О.В.							
Затверд.	Пересунько І.І.							

1.1 Опис об'єкту дослідження

Об'єктом дослідження у рамках роботи є пересувний стрічковий конвеєр ОФ-4. Призначення якого транспортування концентрату зневодненого вакуум-фільтрами, на один з двох магістральних конвеєрів для подальшої обробки або зберігання.

За принципом будови пересувні конвеєри не відрізняються від стаціонарних, крім щільнішим розташування ролюкоопор та збільшеної ширини стрічки на 10%, для запобігання просипу сипучих вантажів. Також відмінністю є наявність рейкового шляху по якому він може пересуватись і в залежності від потреби технологічного процесу змінювати місце розвантаження. Приклад конвеєру зображено на рис1.1

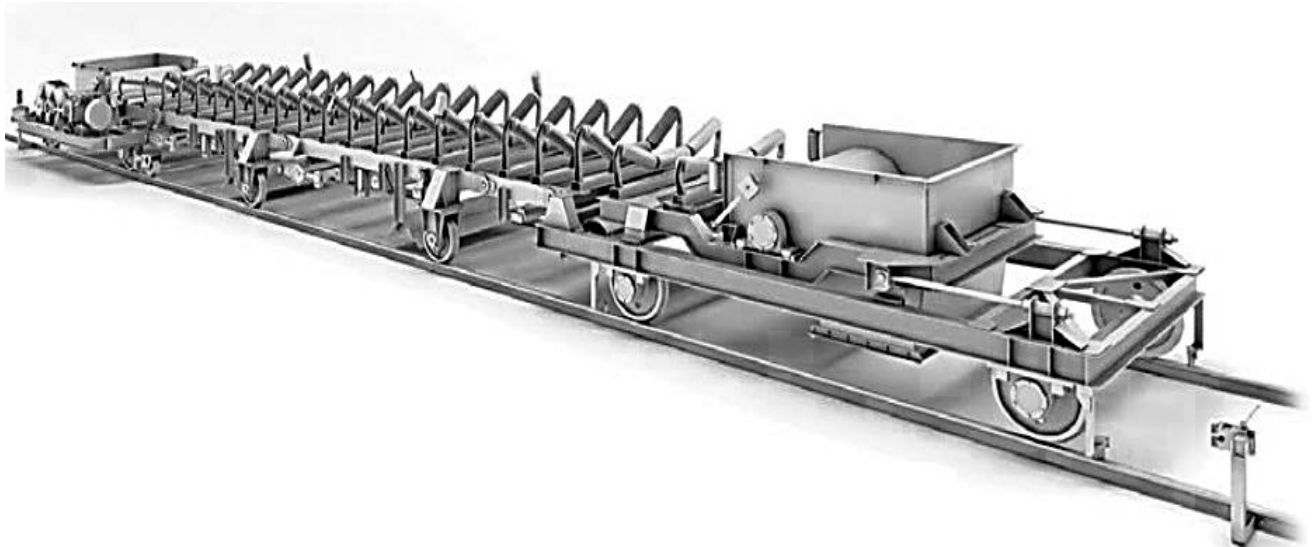


Рисунок 1.1 – Приклад зображення стрічкового пересувного конвеєру

Завантаження конвеєру відбувається по всій довжині конвеєра з певними проміжками. Розміщений під вакуум-фільтрами, тому концентрат зсипається одразу.

Вивантаження концентрату з конвеєра відбувається у двох місцях, за допомогою розвантажувального візка.

Візок приводять у рух два двигуни типу МТКН-112-6 потужністю 4,5 кВт кожен. Керуванням яких забезпечує перетворювач частоти FDU48-26-С, система електроприводу ПЧ-АД. Використовується $\frac{dU}{dt}$ – вихідний фільтр А/ф = 14,3 А, L =

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.01.Р1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

0,3 мГн. Для гальмування візка конвеєру використовують два гальма типу ТКГ-200М. Електропривод механізму пересування конвеєру у даній роботі не розглядається.

Двигун типу 4АМУ-225М6 приводить в дію приводний барабан конвеєра. Керуванням якого забезпечує перетворювач частоти FDU48-109-54Е, система електроприводу ПЧ-АД. Використовується вихідний фільтр $A/\phi = 65 \text{ A}$, $L = 0,1 \text{ мГн}$.

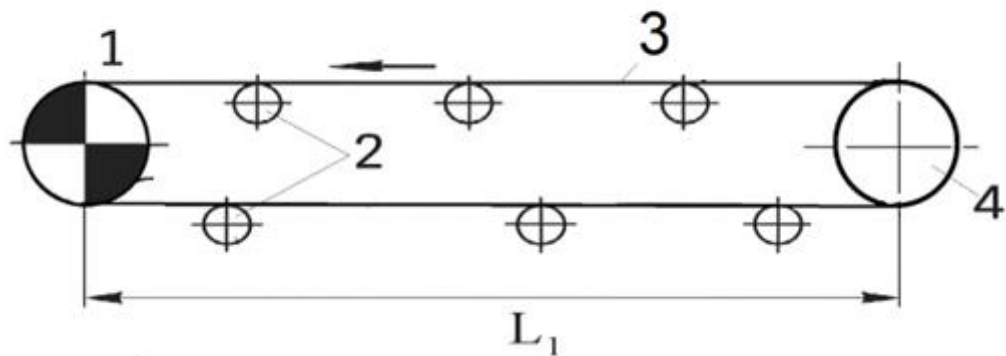


Рисунок 1.2 – Схема конвеєру: 1 – привідний барабан; 2 – ролюкоопори; 3 – стрічка; 4 – натяжний барабан

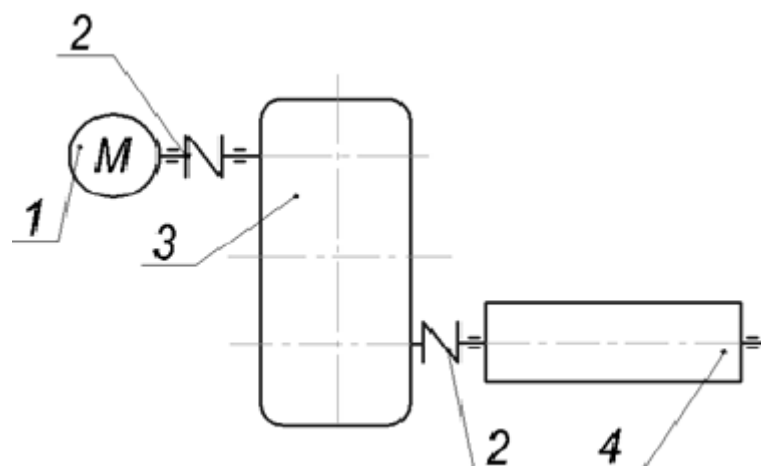


Рисунок 1.3 – Схема приводу: 1 – електродвигун; 2 – з'єднувальні муфти; 3 – редуктор; 4 – привідний барабан

1.2 Обґрунтування вибору системи електропривода

Основні вимоги до приводу:

- Привід повинен витримувати тривалі навантаження
- стійкість до пилу, вологи, вібрацій та перепадів температур.

- плавний пуск та зупинка:
- можливість регулювання швидкості
- точність підтримання швидкості
- забезпечувати достатній пусковий момент особливо при запуску завантаженого конвеєра.
- стійкість до перевантажень
- простота обслуговування та ремонтпридатність

Вимоги до технологічних процесів у різних галузях промисловості вимагають не лише високої продуктивності, але й максимальної енергоефективності, надійності та можливості точного керування обладнанням. Стрічкові конвеєри традиційно оснащуються двигунами постійного струму та асинхронними двигунами з прямим пуском або з пуском через м'які пускачі. Однак такі схеми мають низку недоліків, що обмежують їх ефективність, особливо в умовах змінних навантажень та необхідності оптимізації роботи.

Застосування системи частотного перетворювача (ПЧ) та асинхронного двигуна (АД) є ефективним рішенням, що дозволяє підвищити ефективність роботи конвеєра та зменшити витрати. ПЧ дає змогу регулювати швидкість і момент, реалізовує функції захисту, які забезпечують оптимальний режим роботи двигуна та всього механізму.

Прямий пуск двигуна характеризується значними пусковими струмами (до 5-7 $I_{ном}$) та різким зростанням моменту, що створює ударні навантаження на механічні елементи конвеєра (редуктор, стрічку, барабани, опори). Це призводить до передчасного зносу, частих поломок та збільшення витрат на ремонт. ПЧ дозволяє здійснити плавний розгін конвеєра за заданим законом (лінійним, S-подібним), обмежуючи пусковий струм і момент, що подовжує строк служби обладнання. Особливо актуально для довгих і навантажених конвеєрів, де різкий пуск може призвести до динамічних перевантажень і, як наслідок, до розриву стрічки. Плавний старт мінімізує ймовірність пробуксовування стрічки на приводних барабанах.

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.01.Р1	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливість змінювати швидкість стрічки дає змогу налаштувати продуктивність конвеєра під поточне навантаження. Регулювання швидкості дозволяє інтегрувати конвеєр у складні автоматизовані системи, де швидкість транспортування впливає на ефективність подальших етапів обробки. При зниженні швидкості в режимі неповного завантаження потужність споживана двигуном зменшується, що дозволяє економити електроенергію.

ПЧ забезпечує набір захистів від перевантаження по струму, перенапруги, зниженої напруги, перегріву двигуна, обриву фаз, короткого замикання. Це підвищує надійність системи та запобігає аварійним ситуаціям. Вони мають функції діагностики та моніторингу роботи двигуна. Оптимальні режими струму й напруги зменшують нагрів двигуна.

1.3 Характеристики конвеєру ОФ-4

Довжина конвеєра, м	60
Відстань між осями кінцевих барабанів конвеєра, м	59,37
Кут нахилу конвеєра, град	0
Ширина конвеєрної стрічки, мм	1200
Лінійна швидкість руху стрічки конвеєра, м/с	2,0
Матеріал, що транспортується	концентрат залізорудний
Продуктивність конвеєра, т/год	800
Усереднена насипна вага т/м ³	2,9
Розподілена вага стрічки і роликів, кг/м	121
Діаметр приводного барабану, мм	630
Кількість приводних барабанів, шт.	1
Частота обертання приводного двигуна, об/хв	980
Потужність приводного двигуна, кВт	37
Швидкість пересування конвеєра, м/с	0,3
Умови роботи	важкі
Коефіцієнт тертя	0,15
Кут обхвату барабану, град	180

1.4 Розрахунок сили опору руху стрічки та потужності електропривода

Для визначення необхідної потужності електропривода стрічкового конвеєра необхідно розрахувати силу опору руху стрічки. Відповідно до [1,2,3], опір руху стрічки розраховуємо за наближеною формулою (1.1), для горизонтального конвеєра зі сталою швидкістю руху стрічки:

$$W_0 = k_d \cdot L_1 \cdot g \cdot (q_v + q_k) \cdot w, \quad (1.1)$$

де $k_d = 2,1$ – коефіцієнт додаткових опорів;

$L_1 = 59,37$ м – відстань між осями кінцевих барабанів конвеєра, м;

$g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ – прискорення вільного падіння;

$q_v = \frac{Q}{3,6 \cdot V_k} = 111 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ – розподілена вага вантажу;

Q – продуктивність конвеєра;

V_k – швидкість руху стрічки конвеєра;

$q_k = 121 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ – розподілена вага стрічки і роликів;

$w = 0,04$ – коефіцієнт опору руху стрічки.

$$W_0 = 2,1 \cdot 59,37 \cdot 9,81 \cdot (111 + 121) \cdot 0,04 = 11356 \text{ Н}$$

Необхідну потужність електродвигуна обчислюємо за формулою(1.2):

$$P = \frac{k_3 \cdot V_k \cdot W_0}{\eta_p \cdot \eta_6} = \frac{1,15 \cdot 2 \cdot 11356}{0,94 \cdot 0,85} = 32689 = 32,7 \text{ кВт}. \quad (1.2)$$

де $\eta_p = 0,94$ – коефіцієнт корисної дії редуктора

$\eta_6 = 0,85$ – коефіцієнт корисної дії барабану;

$k_3 = 1,15$ – коефіцієнт запасу.

Встановлений електродвигун 4АМУ-225М6 має номінальну потужність 37 кВт, що перевищує розрахункову потужність привода 32,7 кВт, для переміщення вантажу конвеєром. Характеристики двигуна наведені у табл.1.1, зображення на рис.1.4

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.01.Р1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.1 – Характеристики двигуна 4АМУ-225М6 [4]

Потужність, кВт	37
Синхронна частота обертання n_c , об/хв	1000
Номінальне ковзання s_H , %	2
Номінальна напруга, В	380
Струм, А	72
Коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$)	0,86
ККД	91,1%
Номінальний крутний момент, Н·м	361
Кратність пускового моменту	2,5
Кратність пускового струму	6,5
Момент інерції ротора, кг·м ²	0,74
Ступінь захисту	IP54
Режим роботи	S1
Тип ротора	короткозамкнений
Охолодження	самовентиляція

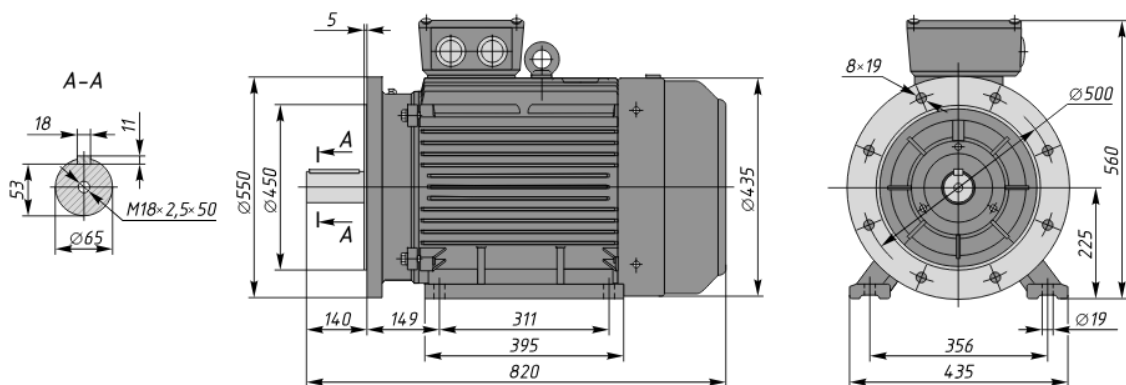


Рисунок 1.4 – Установчі та приєднувальні розміри двигуна 4АМУ-225М6
Необхідна частота обертання барабану:

$$n_6 = \frac{V_k \cdot 60}{\pi \cdot D_6} = \frac{2 \cdot 60}{\pi \cdot 0,63} = 60,62 \frac{\text{об}}{\text{хв}}. \quad (1.3)$$

де D_6 – діаметр приводного барабану

Необхідне передатне число редуктора

$$i_p = \frac{n_c \cdot (1 - s_n)}{n_6} = \frac{1000 \cdot (1 - 0,02)}{30,31} = 16,16. \quad (1.4)$$

Приймаємо редуктор з передатним числом $i_p = 16$

Статичний момент опору [9]:

$$M_{ст} = k_3 \cdot \frac{D_6 \cdot W_0}{2 \cdot \eta_p \cdot i_p} = \frac{1,15 \cdot 0,63 \cdot 11356}{2 \cdot 0,94 \cdot 16} = 273,52 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (1.5)$$

1.5 Вибір перетворювача частоти

Згідно вимог і потужності електропривода обрано ПЧ Emotron FDU48-109-54. Технічні характеристики наведено в табл. 1.2

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики Emotron FDU48-109-54 [5]

Параметр	Значення
1	2
Модель	FDU48-109-54
Максимальний вихідний струм	131 А
Номинальний струм	109 А
Потужність двигуна 400 В	55 кВт
Потужність двигуна 460 В	75 к.с. (horsepower)
Клас захисту	IP54
Тип монтажу	Настінний
Розміри (В×Ш×Г), мм	950 × 285 × 314
Маса	56 кг
Потік охолоджуючого повітря	510 м³/год
Режим керування	V/Hz
Діапазон напруги живлення	230–690 В (+10% / –15%)
Діапазон частоти живлення	45–65 Гц
Вихідна частота	0–400 Гц

Продовження таблиці 1.2

1	2
Частота ШІМ	3 кГц (регульована: 1.5–6 кГц)
ККД при номінальному навантаженні	98 %
Коефіцієнт потужності на вході:	0,95 (для виконання IP20/21 та IP54), 0,7–0,8 (для виконання IP2Y)
ЕМС-фільтр	Категорія С3 (стандарт), С2 (опція)
Охолодження	Примусове, вентилятори з регулюванням швидкості
Знімна панель керування	Стандартна, багатомовна (у т.ч. українська недоступна, але є російська)
Варіанти комунікацій	RS232/485, Modbus/TCP, Profinet IO, EtherCAT, EtherNet/IP
Додаткові опції	RTC, РТС/РТ100, резервне живлення, безпечна зупинка

Висновки до розділу 1

У даному розділі було розглянуто будову стрічкового конвеєра ОФ-4 на зневоднювальній ділянці збагачувальної фабрики. Наведено загальний вигляд механізму, його кінематичну схему, охарактеризовано режими роботи.

Розглянуто режими роботи, умови експлуатації обґрунтовано доцільність застосування електропривода. Було вибрано систему електропривода з асинхронним двигуном і частотним перетворювачем, що забезпечує енергоефективність, плавний пуск і зупинку, а також можливість зміни швидкості.

Розрахунок необхідну потужності приводу отримано. На основі розрахунків потужності приводу, обрано асинхронний двигун типу 4АМУ225М6 з потужністю 37 кВт, який відповідає умовам експлуатації. Визначено передатне число редуктора $i=16$.

Виконано розрахунок параметрів силової частини системи керування - частотного перетворювача відповідно до обраної потужності та характеристик двигуна. Обрано ПЧ типу FDU48-109-54 для приводу стрічки.

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.01.Р1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА КОНВЕЄРА ОФ-4

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.02.Р2			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз системи електропривода конвеєра ОФ-4	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Зайцев І.В.					17	12
Перевір.		Ільченко О.В.				ЕМ гр. ЗЕЕМ-21		
Реценз.								
Н. Контр.		Ільченко О.В.						
Затверд.		Пересунько І.І.						

2.1 Схема заміщення двигуна та її параметри

Для визначення статичних і динамічних характеристик асинхронного двигуна необхідно визначити його електромагнітні параметри, для цього використовується Т-подібна схема заміщення асинхронного двигуна рис.2.1:

R_1, R_2 – активні опори обмоток статора та ротора;

s – ковзання

X_μ – індуктивний опір кола намагнічування;

X_1, X_2' – індуктивні опори розсіяння статора та ротора.

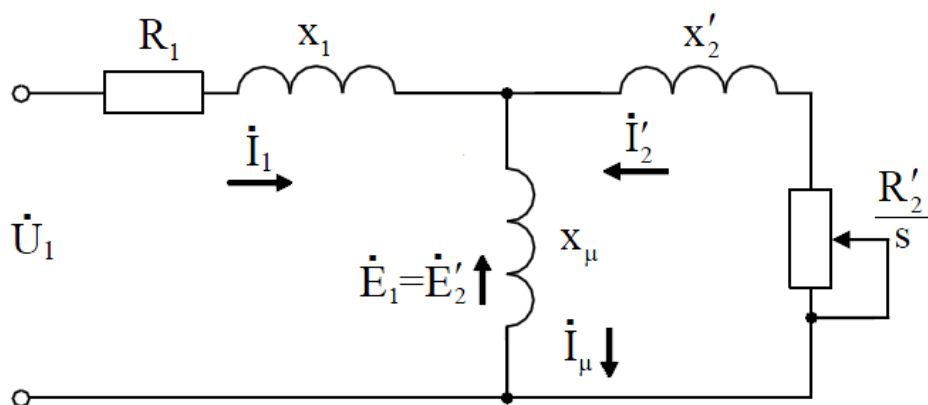


Рисунок 2.1 – Т-подібна схема заміщення АД

Визначати параметри буду за формулами описаними авторами в джерелі[8]

Критичне ковзання обчислюємо за формулою[8]:

$$s_k \approx s_H \cdot \frac{k_{MK} + \sqrt{k_{MK}^2 + 2 \cdot s_H \cdot (k_{MK} - 1) - 1}}{1 - 2 \cdot s_H \cdot (k_{MK} - 1)}, \quad (2.1)$$

$$s_k = 0,02 \cdot \frac{2,3 + \sqrt{2,3^2 + 2 \cdot 0,02 \cdot (2,3 - 1) - 1}}{1 - 2 \cdot 0,02 \cdot (2,3 - 1)} = 0,0925 \text{ в. о.}$$

Струм статора при ідеальному холостому ході [8]:

$$I_{xx} \approx I_H \cdot \left(\sin \varphi_H - \frac{s_n}{s_k} \cdot \cos \varphi_H \right), \quad (2.2)$$

$$I_{xx} = 71,75 \cdot \left(\sqrt{1 - 0,86^2} - \frac{0,02}{0,0925} \cdot 0,86 \right) = 23,27 \text{ А.}$$

Коефіцієнт насичення магнітного кола

$$c_1 \approx 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_H}, \quad (2.3)$$

$$c_1 = 1 + \frac{23,27}{2 \cdot 6,5 \cdot 71,75} = 1,025 \text{ в. о.}$$

Вираз для обчислення активного опору статора [8]:

$$R_s = R_1 \approx \frac{U_{H1}^2 \cdot (1 - s_H)}{2 \cdot c_1 \cdot \left(1 + \frac{c_1}{s_K}\right) \cdot k_{M\pi} \cdot (P_H + \Delta P_{\text{мех}})}, \quad (2.4)$$

де $\Delta P_{\text{мех}}$ – механічні втрати, приймаємо $\Delta P_{\text{мех}} = 1,01 \cdot P_H$.

$$R_1 = \frac{380^2 \cdot (1 - 0,02)}{2 \cdot 1,025 \cdot \left(1 + \frac{1,025}{0,0925}\right) \cdot 1,5 \cdot 1,01 \cdot 37000} = 0,1019 \text{ Ом.}$$

Приведене значення активного опору ротора [8]:

$$R_r = R'_2 \approx \frac{P_H + \Delta P_{\text{мех}}}{3 \cdot (1 - s_H) \cdot k_i^2 \cdot I_H^2}, \quad (2.5)$$

$$R'_2 = \frac{1,01 \cdot 37000}{3 \cdot (1 - 0,02) \cdot 6,5^2 \cdot 71,75^2} = 0,0584 \text{ Ом.}$$

Сумарний індуктивний опір розсіяння [8]:

$$X_K = X_1 + X'_2 = \sqrt{\left(\frac{R'_2}{s_K}\right)^2 - (R'_1)^2}, \quad (2.6)$$

$$X_K = \sqrt{\left(\frac{0,0584}{0,0925}\right)^2 - 0,1019^2} = 0,6236 \text{ Ом.}$$

Індуктивний опір розсіяння фази статора:

$$X_1 = 0,42 \cdot X_K = 0,42 \cdot 0,6236 = 0,2619 \text{ Ом.} \quad (2.7)$$

Приведений індуктивний опір розсіяння фази ротора:

$$X'_2 = 0,58 \cdot X_k = 0,58 \cdot 0,6236 = 0,3617 \text{ Ом.} \quad (2.8)$$

Індуктивний опір статорного кола при ідеальному холостому ході [8]:

$$X_s = X_\mu + X_1 = \sqrt{\left(\frac{U_{H1}}{\sqrt{3} \cdot I_{xx}}\right)^2 - (R_1)^2}, \quad (2.9)$$

$$X_s = \sqrt{\left(\frac{380}{\sqrt{3} \cdot 23,27}\right)^2 - 0,1019^2} = 9,4276 \text{ Ом.}$$

Індуктивний опір кола намагнічування згідно (2.9):

$$X_\mu = X_s - X_1 = 9,4276 - 0,2619 = 9,1654 \text{ Ом.}$$

Основні параметри машини розраховані.

2.2 Побудова природніх характеристик двигуна.

Аналізуючи схему (рис.2.1) можна записати систему рівнянь (2.10) для визначення загального опору в комплексній формі:

$$\begin{cases} Z_1 = R_1 + j \cdot X_1 \\ Z_2(s) = \frac{R'_2}{s} + j \cdot X'_2 \\ Z_\mu = j \cdot X_\mu \end{cases} \quad (2.10)$$

Звідки маємо повний опір повний опір Т-схеми:

$$Z(s) = Z_1 + \frac{Z_2(s) \cdot Z_\mu}{Z_2(s) + Z_\mu} \quad (2.11)$$

Струм статора визначається як:

$$I_1(s) = \frac{U_{\phi 1}}{Z(s)} \quad (2.12)$$

Струм ротора обчислюємо за (2.13)

$$I_2(s) = \frac{U_{\phi 1} - I_1(s) \cdot Z_1}{Z_2(s)} \quad (2.13)$$

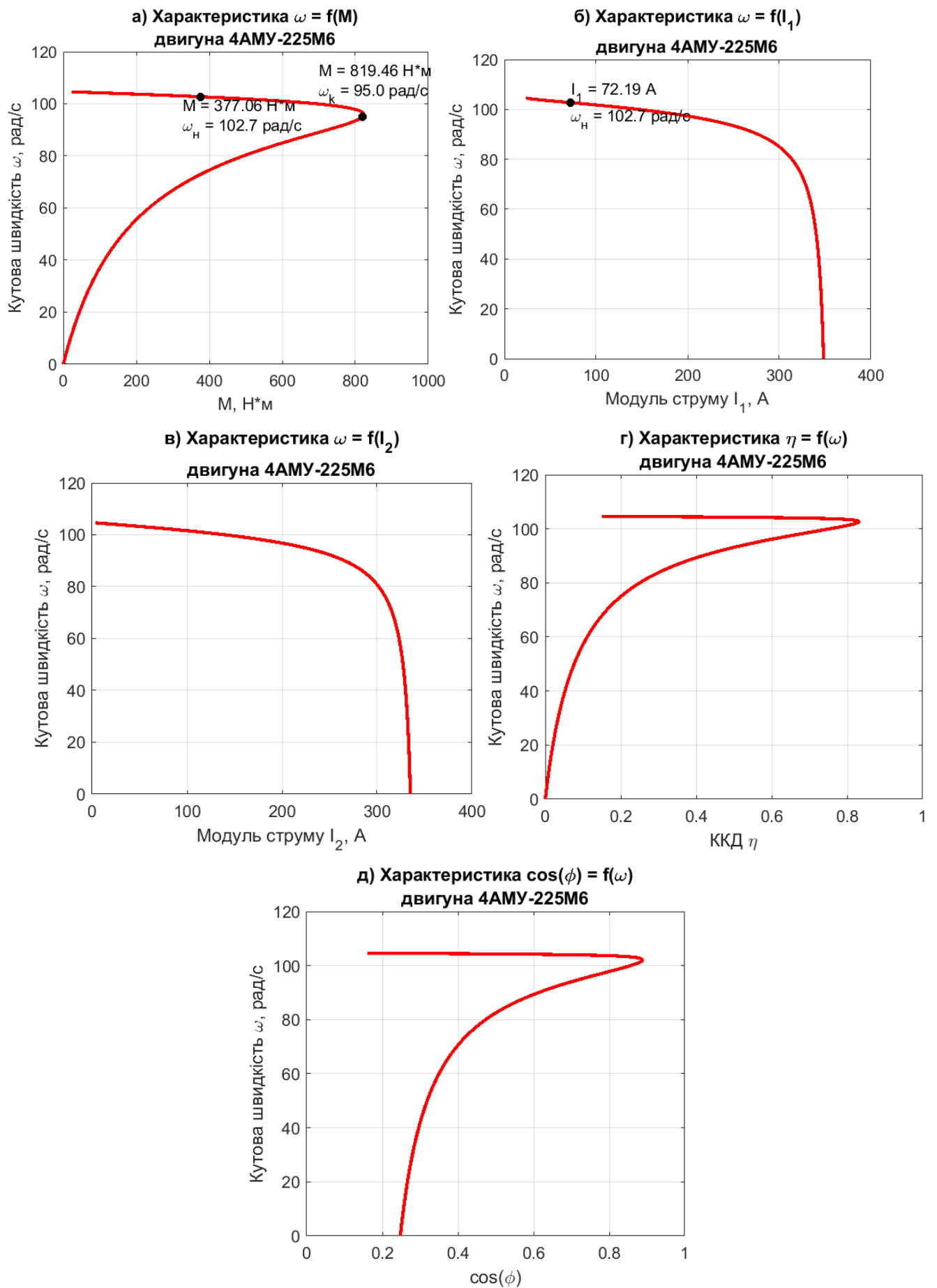


Рисунок 2.2 – Розраховані характеристики двигуна: механічна (а),
електромеханічні (б, в) енергетичні (г, д)

Момент на валу двигуна з урахуванням механічних та втрат:

$$M(s) = 3 \cdot |I_2(s)|^2 \cdot Z_2(s) \cdot \frac{1-s}{s} \quad (2.14)$$

Коефіцієнт корисної дії як відношення потужності на валу до повної потужності машини:

$$\eta(s) = \frac{|I_2(s)|^2 \cdot Z_2(s) \cdot (1-s)}{s \cdot \text{Real}(I_1(s)) \cdot U_{\phi 1}} \quad (2.15)$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi(s) = \frac{\text{Real}(Z(s))}{Z(s)} \quad (2.16)$$

Побудуємо характеристики двигуна на основі рівнянь (2.12-2.16) у програмному середовищі Matlab/Simulink результати розв'язку рис (2.2).

Проаналізувавши рис 2.2(а, б) Прямолінійна характеристика має високу збіжність з номінальними каталожними даними машини(табл. 1.1)

2.3 Розрахунок характеристик розімкненої системи електроприводу

Схема електроприводу зображена на (рис. 2.3). Керування електроприводом здійснюється поширеним методом керування – скалярним. Його основна ідея в підтриманні на сталому рівні співвідношення між напругою і частотою. Закон керування при частотному регулюванні швидкості:

$$\frac{U_1}{U_H} = \frac{f_1}{f_H} \cdot \sqrt{\frac{M_c(\omega)}{M_H}} \quad (2.17)$$

Для конвеєрів поширеним випадком є керування при сталому моменті

$$M_c(\omega) = \text{const},$$

тоді (2.16) набуває вигляду:

$$U/f = \text{const} \quad (2.18)$$

Відносна частота стуму живлення АД

$$f^* = \frac{f_1}{f_c} \quad (2.19)$$

де $f_c = 50$ Гц – частота мережі

Ковзання двигуна при швидкості ω :

$$s(\omega) = \frac{\omega_0 \cdot f^* - \omega}{\omega_0 \cdot f^*} \quad (2.20)$$

Частото залежний опір:

$$\begin{cases} Z_1(f^*) = R_1 + j \cdot X_1 \cdot f^* \\ Z_2(f^*, \omega) = \frac{R'_2 \cdot \omega_0 \cdot f^*}{\omega_0 \cdot f^* - \omega} + j \cdot X'_2 \cdot f^* \\ Z_\mu(f^*) = j \cdot X_\mu \cdot f^* \end{cases} \quad (2.21)$$

Визначення повний опору Т-схеми при частотному регулюванні:

$$Z(f^*, \omega) = Z_1(f^*) + \frac{Z_2(f^*, \omega) \cdot Z_\mu(f^*)}{Z_2(f^*, \omega) + Z_\mu(f^*)} \quad (2.22)$$

2.4 Побудова швидкісних характеристики

Струм статора визначається як:

$$I_1(f^*, \omega) = \frac{U_{\phi 1}}{Z(f^*, \omega)} \quad (2.23)$$

Струм ротора:

$$I_2(f^*, \omega) = \frac{U_{\phi 1} - I_1(f^*, \omega) \cdot Z_1(f^*)}{Z_2(f^*, \omega)} \quad (2.24)$$

Побудовані характеристики розміщені на рис.2.4 та рис.2.5

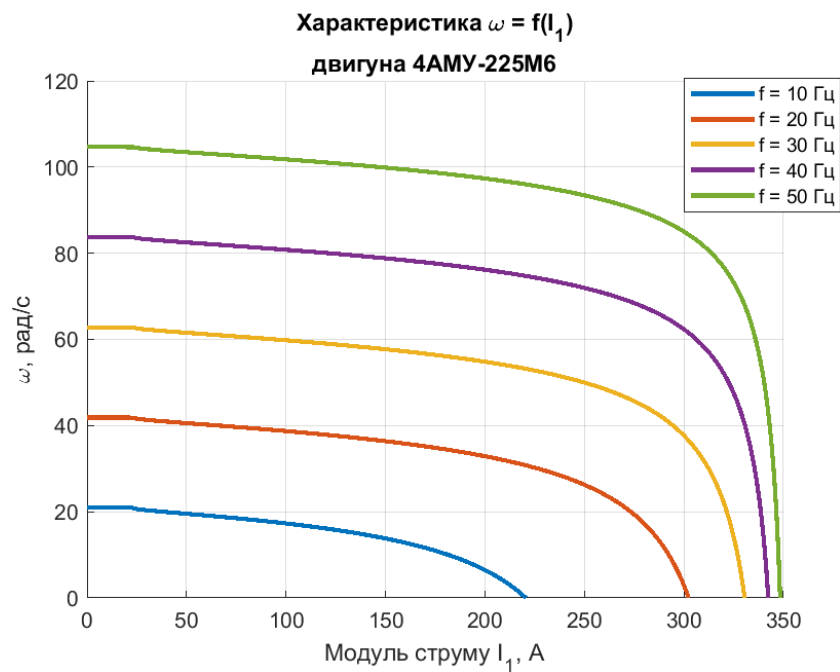


Рисунок 2.4 – Характеристика $I_1(f^*, \omega)$ двигуна при частотному регулюванні

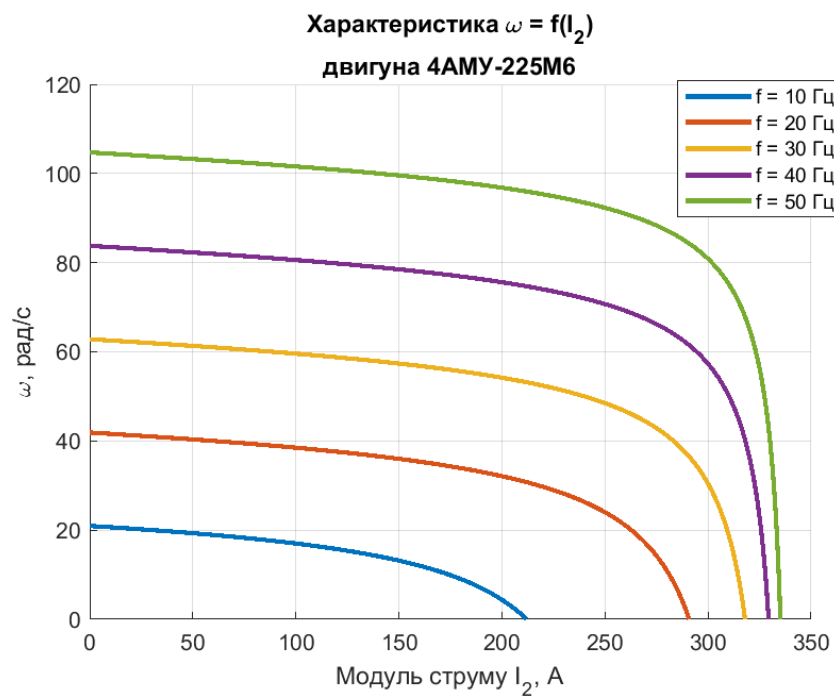


Рисунок 2.5 – Характеристика $I_2(f^*, \omega)$ двигуна при частотному регулюванні

2.5 Побудова механічної характеристики

Момент на валу двигуна з урахуванням механічних та втрат:

$$M(f^*, \omega) = 3 \cdot |I_2(f^*, \omega)|^2 \cdot Z_2(f^*, \omega) \cdot \frac{\omega}{\omega_0 \cdot f^* - \omega} \quad (2.25)$$

Побудована характеристика $M(f^*, \omega)$ розміщена на рис.2.6

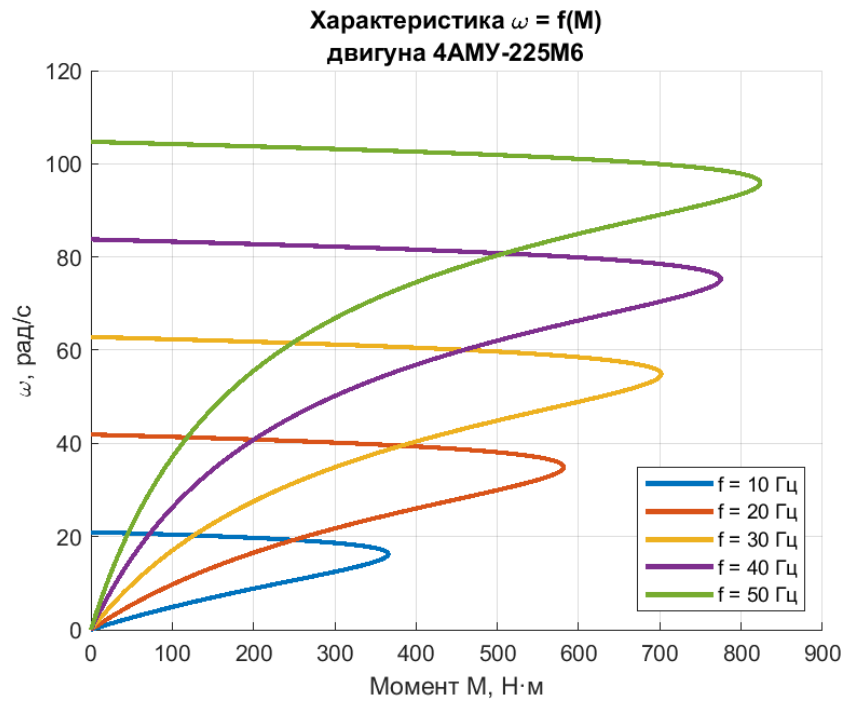


Рисунок 2.6 – Характеристика $M(f^*, \omega)$ двигуна при частотному регулюванні

2.6 Побудова енергетичних характеристик

Коефіцієнт корисної дії як відношення потужності на валу до повної потужності машини:

$$\eta(f^*, \omega) = \frac{|I_2(f^*, \omega)|^2 \cdot Z_2(f^*, \omega) \cdot \omega}{(\omega_0 \cdot f^* - \omega) \cdot \text{Real}(I_1(f^*, \omega)) \cdot U_{\phi 1}} \quad (2.26)$$

Побудована характеристика $\eta(f^*, \omega)$ розміщена на рис.2.7

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi(f^*, \omega) = \frac{\text{Real}(Z(f^*, \omega))}{Z(f^*, \omega)} \quad (2.27)$$

Побудована характеристика $\cos \varphi(f^*, \omega)$ розміщена на рис.2.8

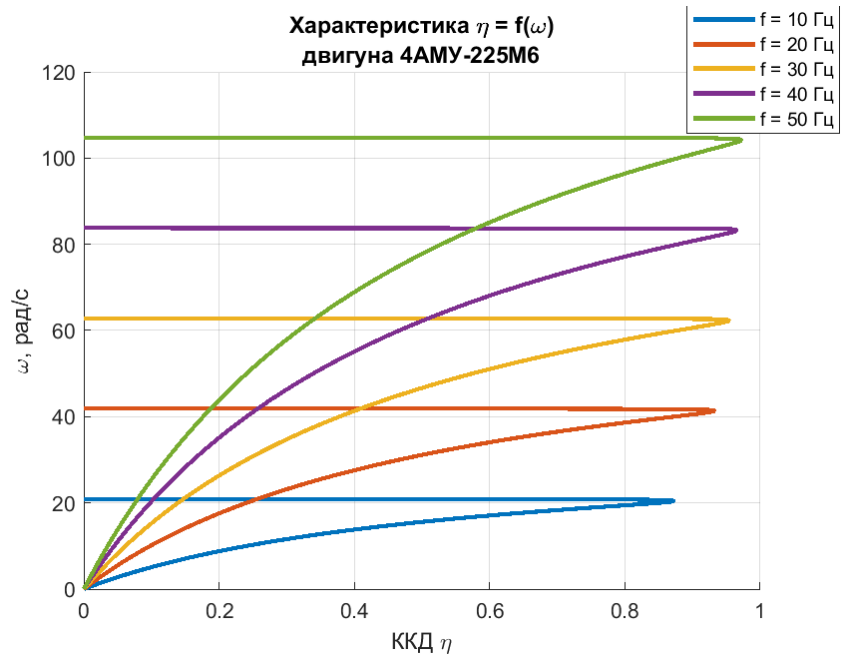


Рисунок 2.7 – Характеристика $\eta(f^*, \omega)$ двигуна при частотному регулюванні

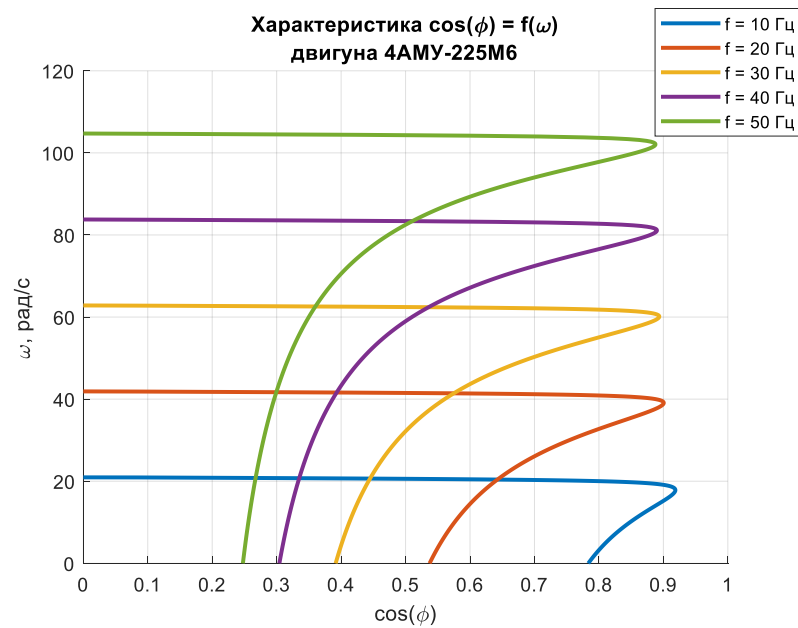


Рисунок 2.8 – Характеристика $\cos \varphi (f^*, \omega)$ двигуна при частотному регулюванні

Висновки до розділу 2

На основі обраного в попередньому розділі електромеханічного обладнання. Були розраховані основні параметри елементів електроприводу на основі Т-подібної схеми заміщення.

Розглянута схема та принцип керування скалярного керування двигуна для обраного закону керування: $U/f = \text{const}$ яке забезпечує постійну швидкість при статичному моменті.

Побудовані механічні, швидкісні, енергетичні характеристики двигуна та розімкненої системи електропривода для різних частот з допомогою Matlab/Simulink.

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.02.Р2	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

РОЗДІЛ 3
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.03.РЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання конвеєра ОФ-4			
Розроб.	Зайцев І.В.							
Перевір.	Ільченко О.В.							
Реценз.								
Н. Контр.	Ільченко О.В.							
Затверд.	Пересунько І.І.				ЕМ гр. ЗЕЕМ-21			
					Літера	Аркуш	Аркушів	
						29	10	

3.1 Схема електропостачання приводу конвеєру

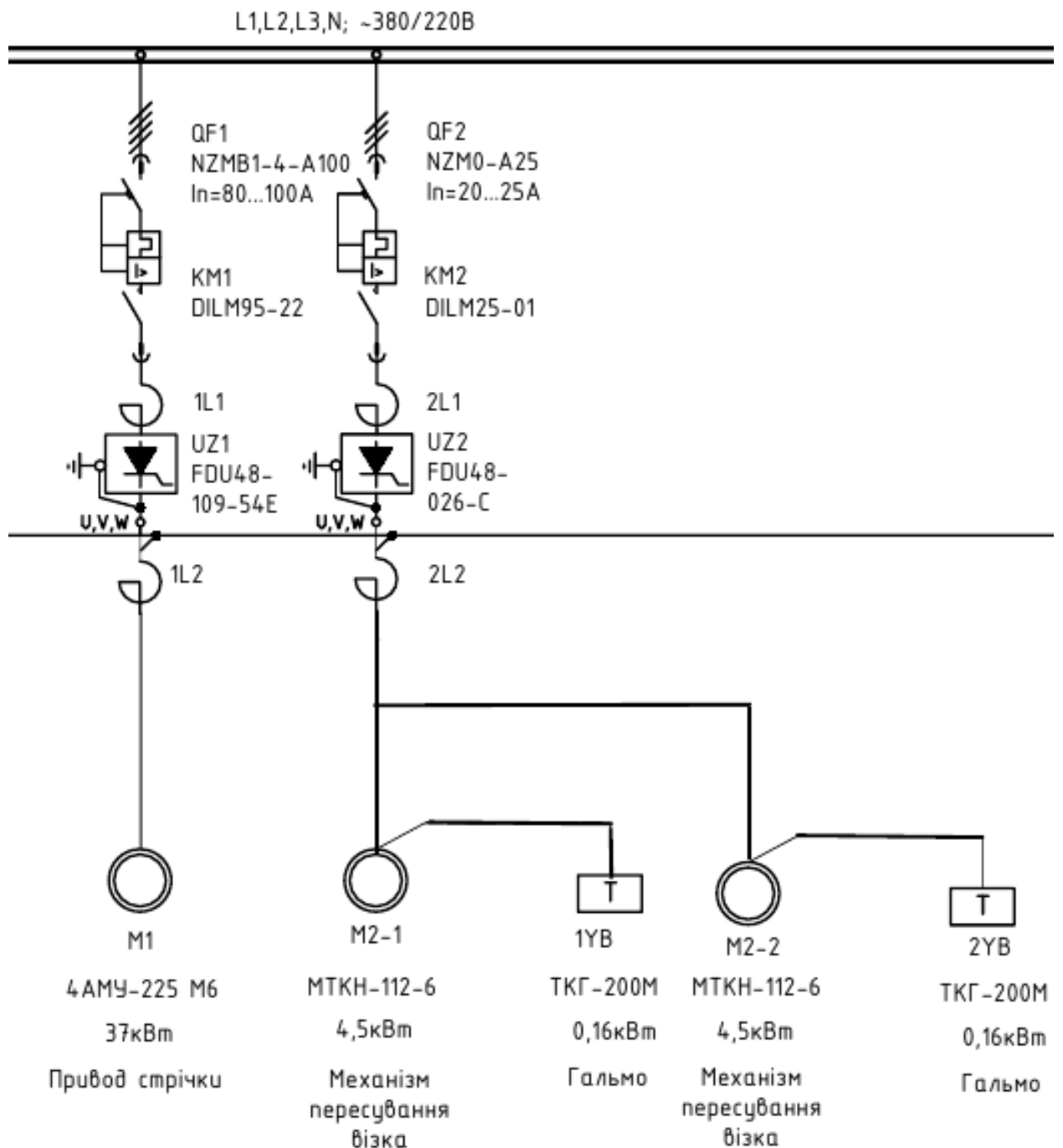


Рисунок 3.1 – Схема електропостачання конвеєру

Розподільча підстанція отримує живлення від трансформатора ТМ-1000 з параметрами: $U_{K3} = 6\%$, $I_{xx} = 1,8\%$, $\Delta P_{K3} = 10 \text{ кВт}$, $\Delta P_{xx} = 1,55 \text{ кВт}$, $S_{Tr} = 1000 \text{ кВА}$

На схемі (рис3.1) також присутні два двигуни типу МТКН-112-6 Потужність кожного 5 кВт. Частота обертання 900 об/хв. Номінальна напруга 380 В. Струм 12,8 А. $\cos\varphi = 0,75$. ККД = 76%. Номінальний крутний момент 52,5 Н·м. Кратність пускового моменту 2,3. Кратність пускового струму 4,3. Режим роботи S3.

3.2 Розрахунок струмів короткого замикання

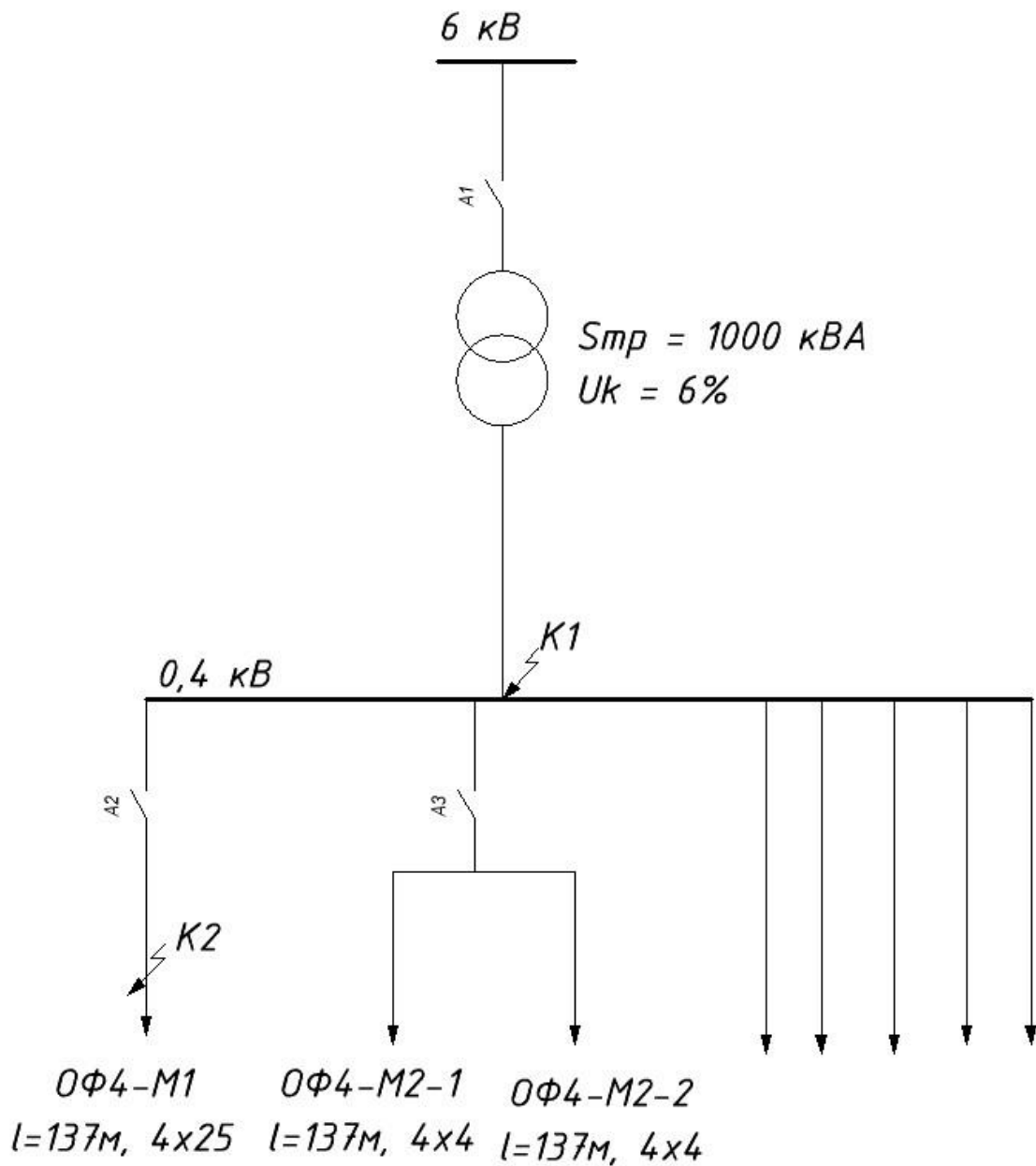


Рисунок 3.2 – Схема заміщення електропостачання конвеєру

Активний опір трансформатора:

$$R_{тр} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_{н2}^2}{S_{тр}^2} = \frac{10000 \cdot 220^2}{1000000^2} = 0,000484 \text{ Ом.} \quad (3.1)$$

Індуктивний опір трансформатора:

$$X_{\text{тр}} = \sqrt{Z_{\text{тр}}^2 - R_{\text{тр}}^2}, \quad (3.2)$$

де,

$$Z_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{КЗ}} \cdot U_{\text{Н2}}^2}{100 \cdot S_{\text{Н}}} = \frac{6 \cdot 220^2}{100 \cdot 1000000} = 0,0029 \text{ Ом}, \quad (3.3)$$

$$X_{\text{тр}} = \sqrt{0,0029^2 - 0,000484^2} = 0,0285 \text{ Ом}.$$

При обчисленні сумарного активного опору враховуємо перехідний опір контактів автоматичних вимикачів додатковий опір складає $r_{\text{доб}} = 15 \text{ мОм}$. [11]

3.2.1 Розрахунок струму короткого замикання в точці КІ

Сумарний активний опір кола:

$$r_{\Sigma} = r_{\text{тр}} + r_{\text{доб}} = 0,015484 \text{ Ом}. \quad (3.4)$$

Сумарний реактивний опір кола:

$$X_{\Sigma} = X_{\text{тр}} = 0,00285 \text{ Ом}.$$

Обчислюючи струми у точках короткого замикання у віддалених від трансформатора де активний опір значний ударний коефіцієнт визначаємо по кривій залежності $K_y = f(x/r)$ (рис. 3.3).

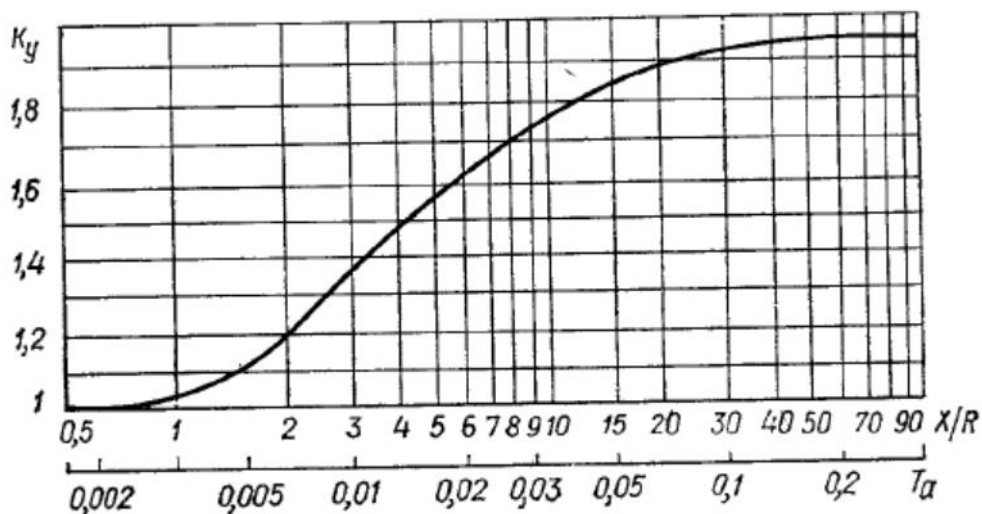


Рисунок 3.3. - Крива для визначення ударного коефіцієнту.

$$\frac{X_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} = \frac{0,0285}{0,015} = 1,84; \quad K_y = 1,17.$$

Струм к.з. у точці K1:

$$I_{K1} = \frac{U_{H1}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,0285^2 + 0,0154^2}} = 6764,1 \text{ А.} \quad (3.5)$$

Ударний струм:

$$I_{yK1} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1} = 1,84 \cdot \sqrt{2} \cdot 6764,1 = 17601 \text{ А.} \quad (3.6)$$

3.2.2 Розрахунок струму короткого замикання в точці K2

Кабель має перетин $S=25\text{мм}^2$, його опір дорівнює

$$R_{K2} = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,0294 \cdot \frac{137}{25} = 0,161 \text{ Ом,} \quad (3.7)$$

де, l – довжина кабелю $l=137\text{м}$ (рис3.2);

ρ – питомий опір міді при $t=20^\circ$ ($\rho=0,0294 \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$).

Внутрішній індуктивний опір жил кабелів та зовнішній індуктивний опір(коли як нульовий провід захисного провідника використовується четверта жила) має незначні величини, і при розрахунках не враховується.

Сумарний активний опір кола:

$$r_{\Sigma} = r_{\text{тр}} + 2r_{\text{доб}} + r_{K2} = 0,015484 + 2 \cdot 0,015 + 0,161 = 0,2065 \text{ Ом.} \quad (3.8)$$

Сумарний реактивний опір кола:

$$X_{\Sigma} = X_{\text{тр}} = 0,00285 \text{ Ом.}$$

Обчислюючи струми у точках короткого замикання у віддалених від трансформатора де активний опір значний ударний коефіцієнт визначаємо по кривій залежності $K_y=f(x/r)$ (рис. 3.3)

$$\frac{X_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} = \frac{0,0285}{0,2065} = 0,13; \quad K_y = 1.$$

Струм к.з. у крапці K2:

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.03.РЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$I_{K2} = \frac{U_{H1}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,0285^2 + 0,2065^2}} = 1052,5 \text{ A.} \quad (3.9)$$

Ударний струм:

$$I_{yK2} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 6764,1 = 1488 \text{ A.} \quad (3.10)$$

3.2.3 Розрахунок струму короткого замикання в точці К3

Кабель має перетин $S=4\text{мм}^2$, його опір дорівнює:

$$R_{K3} = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,0294 \cdot \frac{137}{4} = 1,007 \text{ Ом,} \quad (3.11)$$

де, l – довжина кабелю $l=137\text{м}$ (рис3.2);

ρ – питомий опір міді при $t=20^\circ$ ($\rho=0,0294 \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$)

Сумарний активний опір кола:

$$r_{\Sigma} = r_{\text{тр}} + 2r_{\text{доб}} + r_{K2} = 0,015484 + 2 \cdot 0,015 + 1,007 = 1,052 \text{ Ом.} \quad (3.12)$$

Сумарний реактивний опір кола:

$$X_{\Sigma} = X_{\text{тр}} = 0,00285 \text{ Ом.}$$

Обчислюючи струми у точках короткого замикання у віддалених від трансформатора де активний опір значний ударний коефіцієнт визначаємо по кривій залежності $K_y=f(x/r)$ (рис. 3.3).

$$\frac{X_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} = \frac{0,0285}{1,052} = 0,027; \quad K_y = 1.$$

Струм к.з. у крапці К3:

$$I_{K3} = \frac{U_{H1}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,0285^2 + 1,007^2}} = 217,78 \text{ A.} \quad (3.13)$$

Ударний струм:

$$I_{yK3} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 6764,1 = 37,99 \text{ A.} \quad (3.14)$$

Таблиця 3.1. Значення розрахованих струмів трифазного КЗ

Показник	Точка К1 (шини 0,4кВ)	Точка К2 (двигун М1)	Точка К3 (двигун М2)
Довжина кабелю, м	—	137	137
Перетин кабелю, мм ²	—	4×25	4×4
Відношення X/R	1,84	0,13	0,027
Ударний коефіцієнт Ку	1,17	1	1
Струм КЗ(3ф.), А	6764	1052	218
Ударний струм КЗ(3ф.), А	17 601	1488	300

3.2.4 Перевірка кабелів привода візка та стрічки на падіння напруги

Визначимо втрат напруги задля перевірки відхилення напруги згідно з державними стандартами:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot (R_{\text{каб}} \cdot \cos\varphi + X_{\text{каб}} \cdot \sin\varphi)}{U_{\text{л}}} \cdot 100 \%, \quad (3.15)$$

- для кабелю двигуна конвеєру

$$\Delta U_{\text{к2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 71,75 \cdot (0,161 \cdot 0,86)}{380} \cdot 100 \% = 4,5\%,$$

- для двигуна переміщення конвеєру

$$\Delta U_{\text{к3}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 12,8 \cdot (1,007 \cdot 0,75)}{380} \cdot 100 \% = 4,4\%.$$

Отже 4,5% та 4,4% відхилення напруги не перевищує допустиме значення 5%.

3.3 Вибір автоматичних вимикачів та контактних пускачів в мережі 0,4кВ

Для захисту споживачів від струмів короткого замикання і перевантаження застосовуємо автоматичні вимикачі фірми Eaton. Вони мають два типи

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.03.РЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

розчеплювачів: електромагнітний – реагує миттєво на струми короткого замикання, забезпечуючи швидке відключення, напівпровідниковий який забезпечує захист від перевантаження. Обираємо з категорії АС-3 призначення якої комутувати коло двигуна із короткозамкненим ротором. Вони здатні витримати прямий пуск і призначені для вмикання\вимикання двигунів.

при перевантаженнях уставка струму расцеплювача:

$$I_{\text{нрас}} > 1,25 \cdot I_{\text{н}} \quad (3.16)$$

при к.з. струм уставки на електромагнітному расцеплювачі $I_{\text{ср}}=10$

$$I_{\text{ср}} = 10 \cdot I_{\text{н}} \quad (3.17)$$

Розраховуємо автомати й обрані автомати зводимо в таблицю 3.2.

- для стрічки $100 > 1,25 \cdot 80 = 100\text{А}$; $I_{\text{ср}} = 10 \cdot 80 = 800\text{ А}$
- для візка $25 > 1,25 \cdot 13 = 16,25$; $I_{\text{ср}} = 10 \cdot 20 = 200\text{ А}$

Для вибраних автоматів дані умови виконуються

Таблиця 3.2 – Технічні дані автоматичних вимикачів[7]

Параметр	NZMB1-4-A100	PKZM0-25
Номінальний струм (I_n), А	80...100	20...25
Номінальна напруга, В	400 (3-фазна)	230 / 400
Максимальний струм короткого замикання (I_{cu}), кА	25 кА	25 кА
Тип розчеплювача	Електромагнітний + тепловий	Електромагнітний + тепловий
Категорія комутації	АС-3	АС-3
Налаштування струму теплового розчеплювача, А	80...100	20...25
Частота, Гц	50 / 60	50 / 60

Вибір контактних пускачів

Контактори обираємо за номінальним струмом, потужністю, категорією АС-3. Підібрані апарати та їх технічні дані наведено у табл. 3.3. Потужність і номінальний струм DILM95 більша за потужність двигуна стрічки і параметри DILM25 також задовольняють вимогам.

Таблиця 3.3 – Технічні дані пускачів[7]

Параметр	DILM25	DILM95
Номінальний струм, I_e , А	25	95
Номінальна потужність АС-3, Р при 230 В, кВт	7,5	30
Номінальна потужність АС-3, Р при 400 В, кВт	11	45
Термічний струм, I_{th} , А	40	110

Висновки до розділу 3

Розглянуто схему живлення приводів конвеєру: привод стрічки та привод механізму пересування. Побудована схема заміщення електропостачання. Розраховані струми трифазного короткого замикання на шинах низької напруги трансформатора та точках к.з. на клеммах двигуна.

На основі розрахованих даних було обрано комутуючі апарати на стороні низької напруги, а саме автоматичні вимикачі NZMB1-4-A100 та PKZM0-25, які відповідають необхідним параметрам. Підібрані контакторі пускачі для приводів конвеєру: DILM25, DILM95 вони відповідають вимогам по напрузі, струму, потужності комутації та типом двигунів.

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.03.РЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ВИСНОВКИ

У ході роботи було виконано аналіз та розрахунок системи електропривода стрічкового конвеєра ОФ-4. На основі технічних вимог і умов експлуатації обрано електромеханічне обладнання: асинхронний двигун типу 4АМУ225М6 потужністю 37 кВт та частотний перетворювач FDU48-109-54. Визначено передатне число редуктора ($i = 16$), що забезпечує необхідну швидкість переміщення стрічки.

З використанням Т-подібної схеми заміщення було розраховано основні параметри двигуна та побудовано його механічні, швидкісні й енергетичні характеристики. Реалізовано скалярне керування за законом $U/f = \text{const}$, яке дозволяє підтримувати постійну швидкість обертання при статичному моменті навантаження. Характеристики електропривода досліджено для різних значень частоти живлення.

Також розглянуто схему живлення приводів та виконано розрахунок струмів короткого замикання на низьковольтній стороні. На основі результатів підібрано комутаційні та захисні апарати, зокрема автоматичні вимикачі NZMB1-4-A100 і PKZM0-25, а також контактори DILM25 та DILM95, які відповідають вимогам до струмів, напруги та типу двигунів.

Впровадження частотного регулювання в системі електропривода дозволяє значно підвищити енергоефективність конвеєра за рахунок оптимізації режимів роботи двигуна, зниження втрат електроенергії та адаптації до змін навантаження в реальних умовах експлуатації.

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.В			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки			
Розроб.	Зайцев І.В.							
Перевір.	Ільченко О.В.							
Реценз.								
Н. Контр.	Ільченко О.В.							
Затверд.	Пересунько І.І.				ЕМ зр. ЗЕЕМ-21			
					Літера	Аркуш	Аркушів	
						39	1	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 4308:2004. Конвеєри стрічкові. Системи електропривода. Загальні технічні вимоги. Чинний від 28.05.2004. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 50 с.
2. ДСТУ 4156-2003. Конвеєри стрічкові. Системи електропривода. Методика розрахунку та вибору. Чинний від 24.02.2003. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 28 с.
3. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарєв та ін. Київ : Вища школа, 2009. 734 с.
4. Електродвигуни завод Нова Каховка НКЕМЗ Електродвигуни Нова Каховка. URL: <https://nkmehz.com.ua/uk/catalog/> (дата звернення: 18.05.2025).
5. Emotron FDU. URL: <https://www.emotron.com/products/variable-frequency-drives-vfd/emotron-fdu/> (дата звернення: 18.05.2025).
6. Циліндро-конічні редуктори MAXXDRIVE | NORD. URL: <https://www.nord.com/ua/produkcija/industrialni-reduktory/zylindro-konitschni-reduktory/zylindro-konitschni-reduktory-maxxdrive.jsp> (дата звернення: 19.05.2025).
7. Захист електричних кіл. Eaton. URL: <https://www.eaton.com/ua/uk-ua/products/electrical-circuit-protection.html> (дата звернення: 20.05.2025).
8. Математичні моделі та особливості чисельних розрахунків динаміки електроприводів з асинхронними двигунами/ О.П. Чорний та ін. Кременчук: ПП Щербатих О. В, 2016. 302 с.
9. Воскобойник В. Є., Бородай В. А., Боровик Р. О., Нестерова О. Ю. Основи електропривода виробничих машин та комплексів : навч. посіб. – Дніпро : Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 2021. – 254 с.
10. Моделювання електромеханічних систем : підручник / О. П. Чорний [та ін.]. – Кременчук, 2001. – 376 с.

					КНУ.РБ.14.1.25.252с.01.Л			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зайцев І.В.				Список використаних джерел			
Перевір.	Ільченко О.В.							
Реценз.								
Н. Контр.	Ільченко О.В.							
Затверд.	Пересунько І.І.							
						Літера	Аркуш	Аркушів
							40	2
						ЕМ гр. ЗЕЕМ-21		

11. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи : навч. посіб./ М. Г.Попович та ін. Київ: Либідь, 2005. 680с.

12. Колб Ант. А, Колб А. А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. –Д., Національний гірничий університет, 2011. – 540 с.

13. Частотне керування асинхроним приводом: Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни „Основи електропривода” для студентів напряму підготовки 6.100101 – „Енергетика та електротехнічні системи в АПК” / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. – Ніжин.: 2011.

14. Осташевський М.О., Юр’єва О.Ю. Електричні машини і трансформатори: навчальний посібник, за ред. В. І. Мілих. Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 452 с.

15. МЕТІНВЕСТ :: The Official web-site. URL: <https://cgok.metinvestholding.com/ua/> (дата звернення: 05.05.2025).

16. Правила улаштування електроустановок : ПУЕ / затверджено наказом Міненерговугілля України № 476 від 21.07.2017. – Київ : Форт, 2017. – 768 с.

17. Шестеренко В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств : підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Вінниця : Нова Книга, 2004. – 656 с.

					КНУ.РБ.141.25.252с.01.Л	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41