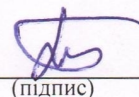


Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри


(підпис)

І. С. Білюк

« 15 » 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

освітня програма Електромеханіка та електроенергетика
(назва освітньої програми)

на тему: «Удосконалення шнекового конвеєра»

Виконав: студент IV курсу, групи 4317ст3

Пшонко Євген Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник доц. каф. автоматики, к.т.н.,

доц. Надточій А.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Нормоконтроль ст. викл. каф. автоматики

Савченко О.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

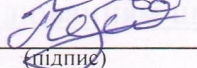
Рецензент доц. каф. СЕЕС, к.т.н.,

Ставинський Р.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

м. Миколаїв – 2026 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра автоматики
Освітній ступінь бакалавр
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)
Освітня програма «Електромеханіка та електроенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

Васильєв О.Г. Васильєв
« 15 » 06 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Пшонці Євгену Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення шнекового конвеєра»

керівник роботи Надточій Анатолій Вікторович, кандидат технічних наук,
доцент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «22» квітня 2026 року
№ 286-УЧ.

2. Строк подання студентом роботи 15 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: асинхронний двигун 4A132S4Y3 потужністю 7,5 кВт;
1460 об/хв; 220/380 В; вальцетокарний верстат 16K30Ф302.10; експоненційний
перехідний процес, час перехідного процесу не більше за 1.5 с.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити): 1 Загальні відомості про об'єкт автоматизації;

2 Параметричний синтез системи керування швидкістю асинхронного
електропривода;

3 Комплектний електропривод Lenze;

4 Охорона праці.

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

1 Зовнішній вигляд шнекового конвеєра;

2 Функціональна схема системи керування швидкістю;

3 Математична модель асинхронного електропривода з регулюванням швидкості;

4 Розрахункові результати.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 03 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про об'єкт автоматизації	25.02.26	
2	Параметричний синтез системи керування швидкістю асинхронного електропривода	31.03.26	
3	Комплектний електропривод Lenze	26.04.26	
4	Охорона праці	14.06.26	

Студент

(підпис)

Пшонко Є.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Надточій А.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 70с., 4 р., 18 рис., 6 табл., 1 дод., 9 джерел.

Ключові слова: асинхронний електропривод, шнековий конвеєр, система керування напругою на статорі, регулятори, параметричний синтез, перехідні характеристики, показники якості керування.

Об'єкт дослідження – фізичні явища, які протікають в електроприводі шнекового конвеєра.

Мета роботи – на основі сучасних теоретичних досліджень провести аналіз конструкцій та синтез тиристорного електропривода шнекового конвеєра.

Перший розділ присвячений аналізу конструкції та електроприводу шнекового конвеєра, визначені шляхи його поліпшення і згідно цього зроблена постановка задачі дослідження.

Другий розділ розглядає параметричний синтез системи керування електропривода шнекового конвеєра.

У третьому розділі здійснено вибір комплектного електропривода та наведено його опис..

У четвертому розділі розглянути питання з охорони праці.

Додатки містять слайди мультимедійної презентації (додаток Б).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ	7
1.1 Загальні відомості про конвеєри	7
1.2 Технічні характеристики шнекового конвеєру	12
РОЗДІЛ 2. ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА	14
2.1 Асинхронний електропривод з регулюванням напруги на статорі.....	14
2.2 Розробка системи керування швидкістю асинхронного електропривода.....	26
Висновки до розділу.....	29
РОЗДІЛ 3. КОМПЛЕКТНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД LENZE	30
3.1 Загальний опис... ..	30
3.2 Налаштування параметрів	40
Висновки до розділу.....	50
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	51
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів впливаючих на людину при роботі на елеваторі.....	51
4.2 Розрахунок захисного заземлення.....	55
4.3 Розробка заходів щодо зменшення небезпечних і шкідливих дій.....	59
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ...	66
ДОДАТОК А МУЛЬТИМЕДІЙНА ПРЕЗЕНТАЦІЯ..	67

ВСТУП

Основною задачею при проектуванні і модернізації сучасного підприємства по обробці і зберіганню зерна є ретельне дослідження можливостей та глибока автоматизація на сучасному рівні, що буде впливати на: потенційні економічні переваги, експлуатаційні витрати, ефективність роботи підприємства, розміщення підприємства і потрібна земельна площа, наявність робітників, субпідрядників, запасних частин, майбутні витрати на профілактичний ремонт, страхові внески. Автоматизація технологічних процесів на основі сучасної техніки повинна забезпечити інтенсифікацію виробництва, підвищення якості і зниження собівартості продукції. Необхідність цього витікає з аналізу виробничої діяльності елеватора. Не дивлячись на те, що упровадження сучасного устаткування, інструментів, засобів механізації і автоматизації окремих операцій, вдосконалення організації праці в цілому забезпечило виконання цих завдань, але залишаються значні резерви підвищення продуктивності праці і поліпшення його техніко-економічних показників. Ці резерви полягають, перш за все, в оптимізації і автоматизації оперативного управління процесами і у вдосконаленні організації робіт.

Вартість експлуатації зернового елеватора залежить від ефективності його роботи і щорічного обігу. Головною задачею обробки зерна є досягнення максимальної продуктивності, яка вимірюється кількістю тонн зерна, що пройшли через елеватор, з розрахунку на людину-годину.

Транспортування є основною функцією елеваторів; висока продуктивність устаткування забезпечує багатократне виконання операцій по прийому і відвантаженню і короткостроковому зберіганню зерна.

Таким чином, для вивантаження зерна та інших сипких продуктів необхідно устаткування високої продуктивності. Одним з важливих чинників, який впливає на продуктивність, є робота транспортуючих машин. Більшість елеваторів використовують в якості підйомно-транспортного

устаткування шнекові конвеєри - дуже ефективний засіб транспортування зерна і побічних продуктів його переробки.

Дипломна робота присвячена автоматизації елеваторних систем розміщення зерна. Особлива увага надається збільшенню продуктивності елеватора за рахунок модернізації підйомно-транспортного устаткування, зокрема автоматизації шнекового конвеєра.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Загальні відомості про конвеєри

Конвеєр - походить від англійського conveyer, convey - перевозити, транспортер. Конвеєр - машина безперервної дії для переміщення сипких, шматкових або штучних вантажів. Основна класифікаційна ознака конвеєра - тип тягового і перевантажувального органу. Розрізняють конвеєри із стрічковим, ланцюговим, канатним і ін. тяговими органами і конвеєри без тягового органу (гвинтові конвеєри, інерційні конвеєри, вібраційні конвеєри, роликові конвеєри). За типом перевантажувального органу конвеєри можуть бути стрічковими, пластинчастими, скребковими та ін. Найбільш поширені конвеєри:

- конвеєри з гумовою або сталевую стрічкою, рухомою із швидкістю 1-5 м/с;
- конвеєри, перевантажувальний орган яких - сталеве полотно, що складається з окремих шарнірно зчленованих пластин, - переміщається з швидкістю до 1 м/с;
- конвеєри, що мають ланцюг з шкрябаннями, рухомими в жолобі або коробі з швидкістю до 1 м/с;
- конвеєри підвісні вантажонесучі з каретками, наглухо приєднаними до ланцюга, і штовхаючі конвеєри, каретки яких можуть відділятися від ланцюга разом з вантажем, переводитися по стрілках на інші шляхи і зупинятися у робочого місця. Ці конвеєри можуть мати автоматичну адресацію кареток з вантажами, що виконується за певною програмою. Швидкість конвеєра до 45 м/хв, довжини конвеєра до декількох кілометрів;
- конвеєри візові для переміщення важких одиничних вантажів у візках, сполучених тяговим ланцюгом і що переміщаються по рейкових шляхах із швидкістю 1,2 - 7,5 м/с;

- конвеєри ковшові і конвеєри люлечні з ковшами або люльками, підвішеними на ланцюзі, що переміщається із швидкістю 0,16 - 0,4 м/с;
- конвеєри, в яких вантаж, що транспортується, переміщається уздовж гвинта (шнека), що обертається в трубі. Залежно від роду вантажу (насипного або рідкого) частота обертання конвеєра 50 - 150 об/хв;
- конвеєри інерційні, що коливаються, для переміщення сипких і куськоватих вантажів шляхом поворотно-поступальної ходи з прискореним зворотним ходом;
- конвеєри вібраційні, однострубні або двотрубні конвеєри, транспортний жолоб або труба яких здійснюють поворотно-поступальну ходу з великою частотою. Конвеєри вібраційні застосовуються для транспортування вантажів, що порошать, отруйних, гарячих;
- конвеєри роликові (рольганги) - гравітаційні конвеєри, що розташовуються з ухилом $2-5^{\circ}$, ролики обертаються під дією сили тяжіння вантажу, і приводні конвеєри (з груповим приводом).

Відомі деякі типи спеціалізованих конвеєрів - стакера, елеватори, ескалатори та ін.

Конвеєри знайшли застосування в різних галузях промисловості при виробництві навантажувально-розвантажувальних робіт, для забезпечення безперервності технологічного процесу, для виконання ряду послідовних операцій в потоковому виробництві. Конвеєри є одним з основних засобів здійснення комплексної механізації і автоматизації виробництва.

Розглянемо основні типи конвеєрів.

1. Горизонтальні конвеєри (як правило, цих конвеєрів не меншого двох) транспортують сировину на магістральні конвеєри. Конвеєри горизонтальні можуть бути завдовжки від 10 до 50 і більше метрів. Конвеєр горизонтальний зображений на рис. 1.1.



Рисунок 1.1– Конвеєр горизонтальний

2. Конвеєр стрічковий горизонтальний.

Конвеєр стрічковий горизонтальний (див. рис. 1.2) призначений для транспортування сипких вантажів, наприклад вугілля, щебеня, піску, глини та ін.

Стрічковий горизонтальний конвеєр - транспортуючий пристрій безперервної дії для переміщення сипких вантажів в горизонтальному і похилому напрямках. Даний стрічковий конвеєр також адаптований для роботи в тяжких умовах гірського виробництва. Конвеєр стрічковий може застосовуватися як самостійна одиниця, так і в комплекті конвеєрів.



Рисунок 1.2– Конвеєр стрічковий

3. Елеватори (рис. 1.3.).

Елеватори застосовуються як підйомний-транспортне устаткування для транспортування зерна і інших дрібних сухих матеріалів у вертикальному напрямі. Матеріал, що транспортується, поступає через завантажувальний носок в ковши або вибирається ковшами з дна башмака і переміщається органом, що транспортується, до верхньої головки, де відбувається розвантаження ковшів в розвантажувальний патрубок. Елеватори виготовляються як в одинарному, так і здвоєного виконання, вони забезпечені автоматично діючим гальмівним пристроєм, що оберігає стрічку від зворотного ходу і датчиками підпору і контролю швидкості.

Елеватори стрічкового типу (з ковшами без дна) призначена для вертикального транспортування зерна і продуктів його переробки. Застосовується на підприємствах по переробці зерна і його продуктів.

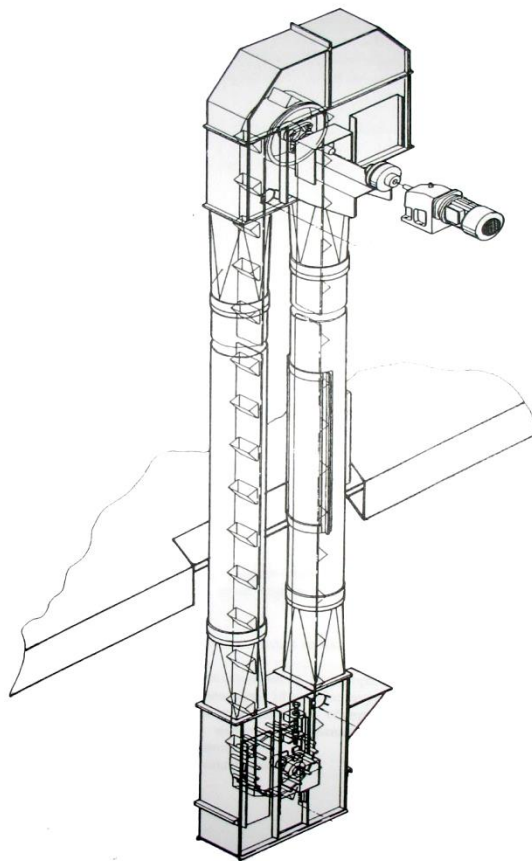


Рисунок 1.3— Загальний вигляд елеватора

4. Шнековий конвеєр (рис. 1.4) – транспортний пристрій для перевантаження сипких, дрібно шматкових, порошкоподібних матеріалів. Шнекові конвеєри використовують на підприємствах, що виготовляють будівельні матеріали, комбікорми, у мукомельному та хімічному виробництвах. Ці конвеєри переміщують у горизонтальному, вертикальному та нахильному напрямках вантажі на відстань до 40 м за горизонталлю та до 30 м за вертикаллю.



Рисунок 1.4– Шнековий конвеєр

До переваг шнекових конвеєрів відносять нескладність технічного обслуговування, простоту конструкції, малі масогабаритні показники, герметичність, зручність проміжного розвантаження. До недоліків – значне стирання та подрібнення вантажу, висока питома витрата енергії, підвищений знос жолоба та гвинта.

Шнекові конвеєри класифікують за:

- нахилом жолоба (горизонтальні, нахилений, вертикальний);
- напрямом спіралі;
- за зміною кроку та діаметру гвинта;

– за конструктивним виконанням гвинта (суцільні, лопатеві, фасонні);

Форма гвинта обирається в залежності від вантажу, що транспортується.

До складу конвеєра входять електродвигун, редуктор, привідний вал з закріпленням на ньому транспортуєчим гвинтом, жолоба з напівциліндричним дном, завантажувального та розвантажувального пристроїв. Через отвори у кришці жолоба подається насипний вантаж та ковзає вздовж жолоба при обертанні гвинта. Через отвори у дні жолоба виконується розвантаження конвеєра.

1.2 Технічні характеристики шнекового конвеєру

Згідно вимогам, що до технологічного процесу, електропривод конвеєру повинен забезпечувати постійну швидкість руху гвинта при будь-якому допустимому навантаженні.

Потужність ЕП шнекового конвеєра розраховується за формулою [5]:

$$P = \frac{k_{\text{зп}} Q (k_o l + H)}{1000 \eta_k} \text{ (кВт)}, \quad (1.1)$$

де $k_{\text{зп}}$ – коефіцієнт запасу потужності конвеєру (1,1...1,25);

Q – продуктивність конвеєру, Н/с;

k_o – коефіцієнт опору матеріалу (3,0...3,2);

l – довжина конвеєру, м;

H – висота підйому вантажу, м;

η_k – коефіцієнт корисної конвеєра (0,7...0,85).

В нашому випадку $k_{\text{зп}} = 1,1$; $Q = 195 \text{ Н/с}$; $k_o = 3,2$; $H = 5 \text{ м}$; $l = 20 \text{ м}$; $\eta_k = 0,8$.

Згідно вимогам до технологічного процесу конвеєра визначимо потужність електродвигуна:

$$P = \frac{1,1 \cdot 195 \cdot (3,2 \cdot 20 + 5)}{1000 \cdot 0,8} = 18,5 \text{ кВт}.$$

Таким чином, обираємо електропривод потужністю 2,2 кВт.

У базовому варіанті у якості електроприводу шнекового конвеєру використовувався електропривод постійного струму на базі тиристорного перетворювача потужністю $P_{\text{ном}} = 2,2$ кВт та частотою обертання $n = 1500$ об/хв.

Для модернізації приводу вирішено застосувати частотно - регулюємий асинхронний електропривод з керуванням за U/f характеристикою.

Дана модернізація дозволяє одержати наступні переваги в порівнянні з базовим варіантом:

- керувати роботою електропривода в програмному режимі;
- підвищити точність САК;
- зменшити масогабаритні показники САК;
- підвищити надійність електропривода;
- збільшити термін експлуатації електропривода.

РОЗДІЛ 2

ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

2.1 Асинхронний електропривод з регулюванням напруги на статорі

Характерною тенденцією автоматизованого електропривода являється все більш широке застосування асинхронних двигунів (АД). Ці двигуни технічно більш прості та надійні в експлуатації, можуть довготривало працювати при підвищених швидкостях і температурах, в агресивних і вибухонебезпечних середовищах, для їхнього виготовлення потрібно менше кольорових металів, вони мають менші масу, габарити та собівартість. Розширюються можливості і систем керування асинхронних електроприводів за рахунок створення керованих перетворювачів напруги і частоти, а також мікропроцесорних пристроїв з високою бистродією і великим об'ємом пам'яті.

Регулювання швидкості асинхронних електроприводів в широкому діапазоні можливо шляхом регулювання напруги статора, якщо механічні характеристики електропривода штучно пом'якшені. Схеми електроприводів виходять порівняно простими і використовуються в установках малої потужності.

Зміна напруги на статорі АД викликає зміну його електромагнітного моменту i , в результаті, кутової швидкості двигуна. В розімкнутій системі асинхронного електропривода ефективність такого регулювання швидкості обмежена вельми малим діапазоном стійких режимів роботи двигуна. Розширити функціональні можливості асинхронного електропривода можливо в замкнутих системах, використовуючи в залежності від технічних вимог різні види зворотних зв'язків, наприклад по швидкості, напрузі і струму статора АД.

Принципова схема системи керування швидкістю асинхронного електропривода з регулюванням напруги на статорі зображена на рис. 2.1.

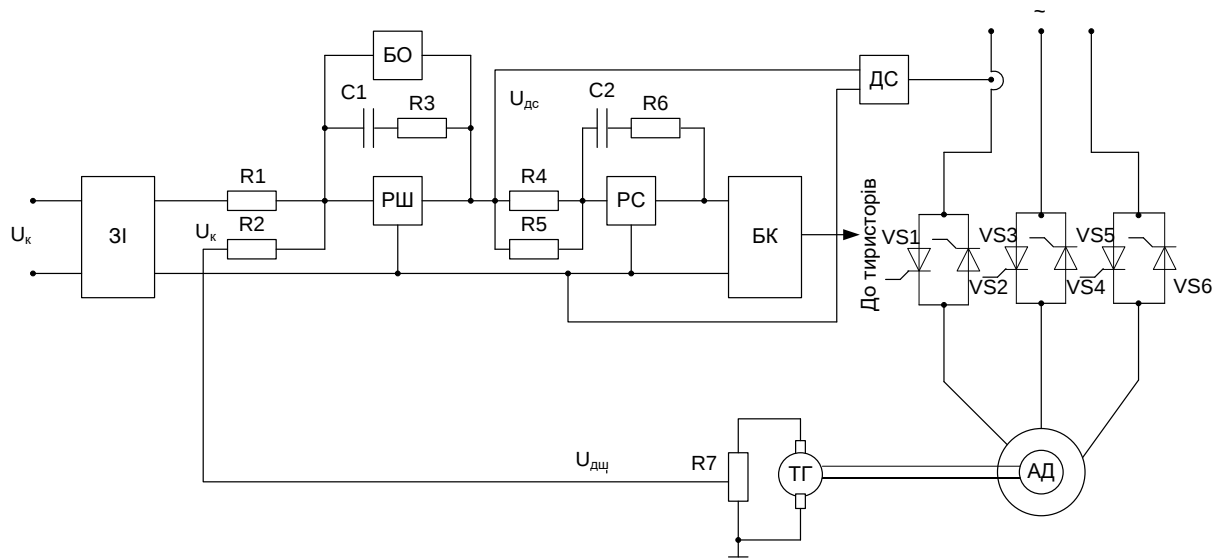


Рисунок 2.1 – Принципова схема асинхронного електропривода з регульованою напругою на статорі

Умовні позначки вузлів принципової схеми, зазначені на рис. 2.1:

- ЗІ – задатчик інтенсивності;
- РШ – регулятор швидкості;
- РС – регулятор струму;
- БО – блок обмеження;
- БК – блок керування;
- ТГ – тахогенератор;
- ДС – датчик струму;
- АД – асинхронний двигун;
- U_k – напруга керування;
- $U_{дс}$ – напруга датчика струму;
- $U_{дш}$ – напруга датчика швидкості.

На рис. 2.2 приведена функціональна схема системи регулювання швидкості АД. Тут зміна діючого значення першої гармоніки напруги U_1 на

статорі АД з частотою живлячої мережі f_M здійснюється зміною кута регулювання α тиристорного перетворювача напруги (ТПН) на базі тиристорів, включених по зустрічно-паралельній схемі в кожну фазу статора АД. Кут α формується в системі імпульсно-фазового керування (СІФК) ТПН і змінюється в залежності від напруги керування u_{pc} на виході регулятора струму (РС).

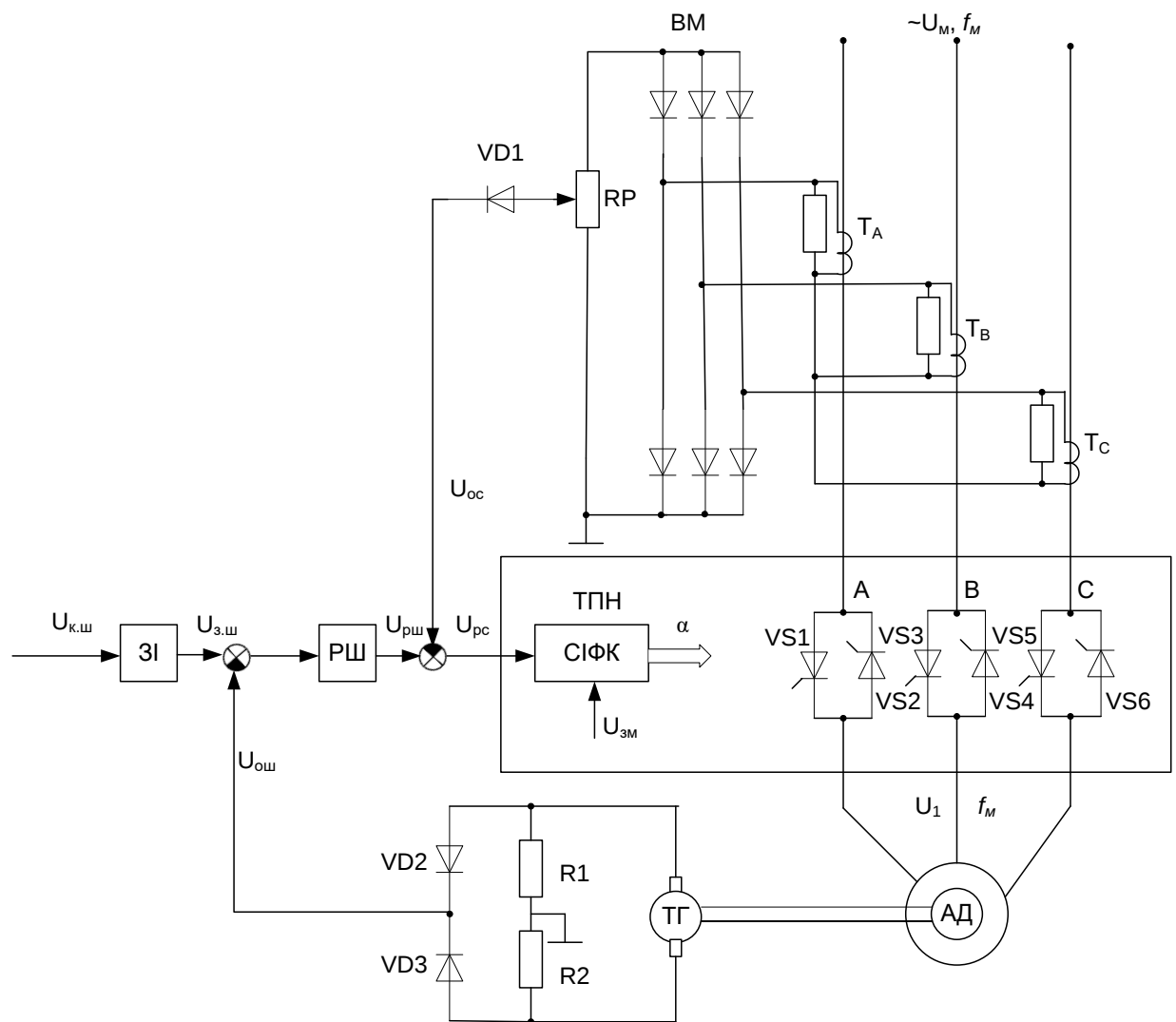


Рисунок 2.2 – Функціональна схема асинхронного електропривода з регульованою напругою на статорі

Напруга зміщення $u_{зм}$ в СІФК задає кут $\alpha = \alpha_{max}$, при якому забезпечуються мінімальна вихідна напруга ТПН і момент чіпання АД в

режимі його холостого ходу. На виході РС сумуються напруги $u_{рш}$ регулятора швидкості (РШ) і від'ємного зворотного зв'язку по струму $u_{о.с}$ з відсічкою, реалізованою на основі трансформаторів струму T_A , T_B , T_C , випрямляючого моста (ВМ), потенціометра RP і стабілітрона VD1. Значення струму відсічки $I_{відс}$ встановлюється потенціометром RP. На виході РШ сумуються напруга задання швидкості $u_{з.ш}$ і напруга від'ємного зворотного зв'язку по швидкості АД $u_{о.ш}$, яка подається із тахогенератора (ТГ) на валу АД. Виділення модуля вихідної напруги ТГ забезпечується діодами VD2, VD3 і резисторами R1, R2. Формування темпа зміни швидкості АД здійснюється за допомогою задатчика інтенсивності (ЗІ), на вхід якого поступає напруга керування швидкістю АД $u_{к.ш}$.

Зміна напрямку обертання валу двигуна може бути реалізована за рахунок реверсивного контактора у статорному ланцюзі двигуна. Гальмування і останів двигуна можливі в режимі динамічного гальмування, коли за рахунок спеціального блока логіки керування тиристорами ТПН забезпечується протікання випрямленого струму по обмоткам статора.

Для симетричного навантаження, коли результуючий опір обмоток статора і ротора всіх фаз АД однакові, тобто $Z_{HA} = Z_{HB} = Z_{HC} = Z_H$, режим роботи ТПН визначається у відповідності з однофазною схемою заміщення, показаною на рис. 2.3, а. Якщо в цій схемі умовно закоротити тиристири VS1 і VS2, то при активно-індуктивному навантаженні $Z_H = \sqrt{R_H^2 + (\omega \cdot L_H)^2}$ сталий струм в даному ланцюгу

$$i_{вст} = \frac{U_m}{Z_H} \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi), \quad (2.1)$$

де U_m – амплітудне значення напруги мережі;

φ – кут відставання струму від напруги мережі u_m , $\varphi = \arctg(\omega \cdot L_H / R_H)$ (рис 2.3, б).

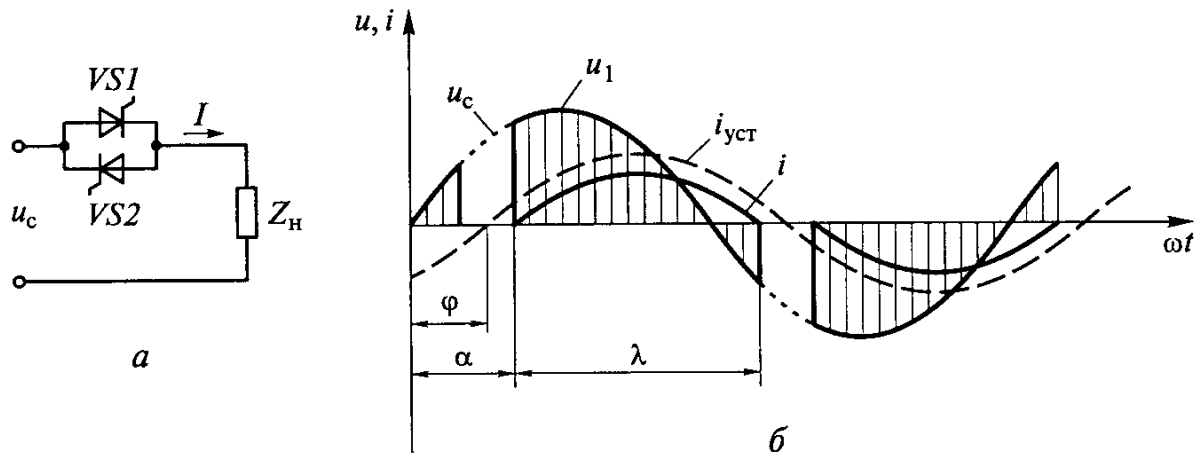


Рисунок 2.3 – Однофазна схема заміщення (а) і діаграми напруг і струмів для одної фази ТПН (б)

Такий струм буде протікати в навантаженні, якщо VS1 і VS2 відкривати в кожен полуперіод точно в моменти часу, відповідаючі куту $\alpha = \varphi$. Якщо $\alpha > \varphi$, то струм і напруга навантаження будуть визначатися наступним виразом:

$$i = \frac{U_m}{Z_H} \cdot \left[\sin(\omega \cdot t - \varphi) - \sin(\alpha - \varphi) \cdot e^{-(\omega \cdot t - \alpha)/\text{tg} \varphi} \right], \quad (2.2)$$

$$u = U_m \cdot \sin \omega \cdot t \text{ при } \alpha \leq \omega \cdot t \leq \alpha + \lambda, \quad (2.3)$$

$$i = 0 \text{ і } u = 0 \text{ при } \alpha + \lambda - \pi < \omega \cdot t < \alpha. \quad (2.4)$$

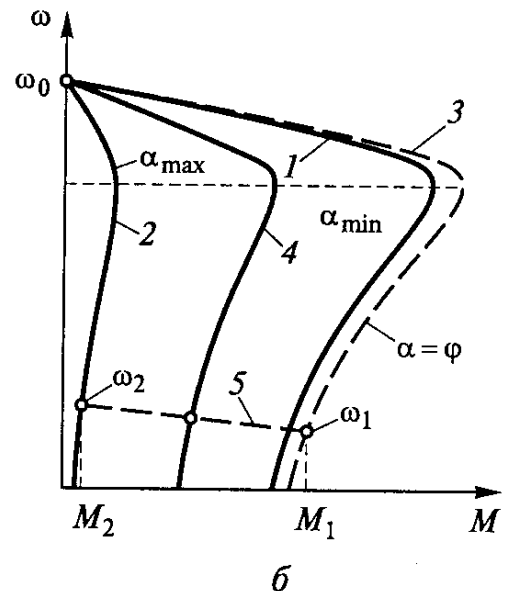
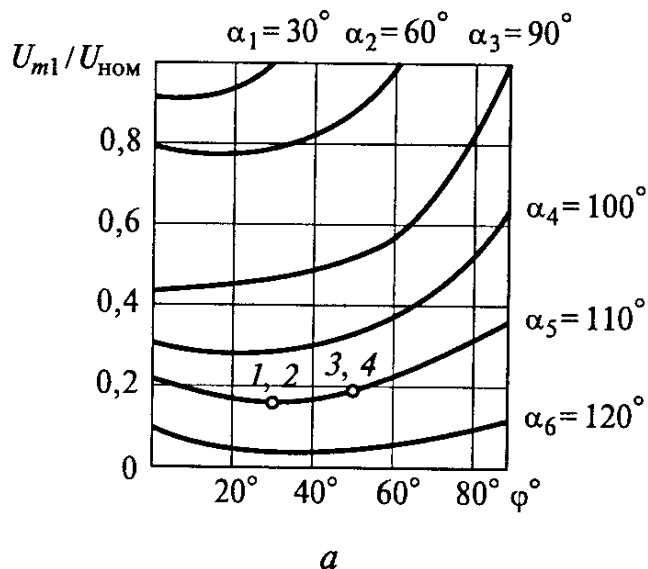
Кут провідності тиристорів λ залежить від α і φ і може бути визначений для $i = 0$ при $\omega \cdot t = \alpha$ і $\omega \cdot t = \alpha + \lambda$ із рівняння $\sin(\alpha + \lambda - \varphi) = \sin(\alpha - \varphi) \cdot e^{-\lambda/\text{tg} \varphi}$.

Звідси максимальне значення кута провідності дорівнює π при $\alpha = \varphi$, а мінімальне дорівнює 0 при $\alpha = \pi$. При збільшенні кута α від φ до π середнє за полуперіод значення напруги навантаження буде змінюватися від найбільшого значення $2U_m/\pi$ до нуля. В загальному випадку відношення амплітуди першої гармоніки напруги навантаження U_{m1} до номінальної напруги мережі $U_{\text{ном}}$ являється функцією змінних α і φ (рис 2.4, а).

Механічні характеристики АД в розімкнутій системі для різних значень кутів регулювання ТПН приведені на рис. 3.4, б. Граничні характеристики 1 і 2 відповідають мінімальному $\alpha_{\min} = \varphi_{\min}$ і максимальному $\alpha_{\max}$ значенням кута регулювання, природна механічна характеристика 3 – умові $\alpha = \varphi$, характеристика 4 – проміжному значенню $\alpha_{\min} < \alpha < \alpha_{\max}$.

При постійності ковзання АД його електромагнітний момент пропорційний $(U_{m1}/U_{\text{ном}})^2$. Оскільки індуктивна складова результуючого навантаження

Z_H ТПН залежить від ковзання двигуна s , то і кут φ являється функцією ковзання. Залежність $\varphi(s)$ (рис. 2.4, в) взаємопов'язана з механічною характеристикою АД, і при сталості кута α і навантаження на валу двигуна є однакові значення φ при різних значеннях ковзання (точки 1, 2 і 3, 4 на рис. 2.4, а, в).



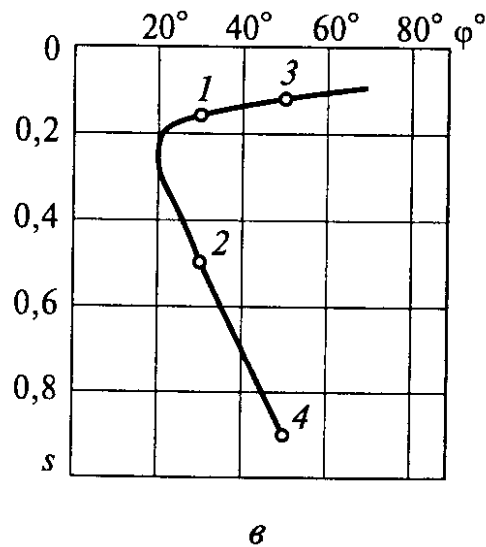


Рисунок 2.4 – Залежності вихідної напруги ТПН від її кутів керування і навантаження (а), механічні характеристики АД (б) і залежність кута навантаження від ковзання АД (в)

Синтез регуляторів швидкості та тока в замкнутій системі регулювання швидкості АД доцільно починати з умов статички.

При лінійних регулювальних характеристиках РС, РШ, СІФК і дії зворотніх зв'язків по швидкості і струму АД кут регулювання ТПН

$$\alpha = k_{\alpha} \cdot \left\{ u_{зм} - k_{рс} \cdot \left[k_{рш} \cdot (u_{з.ш} - k_{о.ш} \cdot \omega) - k_{о.с} \cdot (I_1 - I_{відс}) \right] \right\}, \quad (2.5)$$

де k_{α} – передаточний коефіцієнт СІФК;

$k_{рс}$, $k_{рш}$, $k_{о.ш}$, $k_{о.с}$ – коефіцієнти посилення РС, РШ і зворотних зв'язків по швидкості і струму.

Якщо в замкнутій системі регулювання швидкості задається механічна характеристика двигуна з бажаною жорсткістю $\beta_{бaj}$, то коефіцієнт посилення РШ без урахування впливу струмової відсічки може бути визначений виходячи з (2.5) як

$$k_{рш} = \frac{\alpha_{\max} - \varphi_1}{k_{\alpha} \cdot k_{рс} \cdot k_{о.ш} \cdot (\omega_2 - \omega_1)}, \quad (2.6)$$

де ω_1 – задана швидкість двигуна на його природній механічній характеристиці 1 (див. рис. 2.4, б) при $\alpha = \varphi_1$;

ω_2 – швидкість на характеристиці 2 при

$$\alpha = \alpha_{\max} (\omega_2 = \omega_1 + (M_1 - M_2) / \beta_{\text{баз}}).$$

Підстановка (2.6) в (2.5) дозволяє визначити напругу $u_{3.ш}$ для заданої швидкості

$$u_{3.ш} = k_{o.ш} \frac{\alpha_{\max} \cdot \omega_1 - \varphi_1 \cdot \omega_2 + k_{\alpha} \cdot u_{3м} \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{\alpha_{\max} - \varphi_1}. \quad (2.7)$$

При $I \geq I_{\text{відс}}$ починає діяти від'ємний зворотний зв'язок по струму статора, підтримуючи його на рівні $I_{\text{відс}}$ за рахунок зниження вихідної напруги ТПН.

При $\omega < \omega_{\text{обм}}$ і $I > I_{\text{відс}}$ кут відкриття тиристорів у відповідності зі схемою рис. 2.1

$$\alpha = \alpha_{\max} - k_{\alpha} \cdot k_{\text{рс}} \cdot (u_{\text{рш max}} - k_{o.ш} \cdot \Delta I) = \alpha_{\text{обм}} + k_{\alpha} \cdot k_{\text{рс}} \cdot k_{o.c} \cdot \Delta I. \quad (3.8)$$

Тут $\alpha_{\text{обм}} = \alpha_{\max} - k_{\alpha} \cdot k_{\text{рс}} \cdot u_{\text{рш max}}$; $\Delta I = \Delta \alpha / k_{\alpha} \cdot k_{\text{рс}} \cdot k_{o.c}$, де ΔI – відхилення струму статора від заданого значення струму $I_{\text{відс}}$. Відносна помилка стабілізації $I_{\text{відс}}$, яка визначається як $\Delta I / I_{\text{відс}} = \Delta \alpha / (k_{\alpha} \cdot k_{\text{рс}} \cdot u_{\text{відс}})$, при $k_{\alpha} \cdot k_{\text{рс}} \gg 1$ дуже мала, і при постійності заданого значення $I_{\text{відс}}$ момент АД в режимі струмообмеження

$$M_{\text{обм}} = M_{\text{п}} \cdot I_{\text{обм}}^2 / I_{\text{ном}}^2, \quad (2.8)$$

де M_{Π} – пусковий момент АД при номінальній напрузі живлення АД. Значення k_{pc} може бути визначено по заданому бажаному статизму струмової відсічки $\left(\Delta I / I_{\text{відс}}\right)_{\text{баж}}$

$$k_{pc} = \frac{\Delta \alpha}{k_{\alpha} \cdot u_{\text{відс}} \cdot \left(\Delta I / I_{\text{відс}}\right)_{\text{баж}}} . \quad (2.9)$$

Отримані по умовам статички $k_{pш}$ і k_{pc} потім повинні бути перевірені по умовам динаміки електропривода.

Як динамічний об'єкт ТПН може бути представлений інерційною ланкою з коефіцієнтом передачі $k_{\Pi.н} = dU_1 / du_{pш}$ і сталою часу $T_{\Pi.н}$, зв'язаною з дискретністю фазового керування тиристорами перетворювача.

У загальному випадку $k_{\Pi.н}$ являється функцією кутів α , φ і ковзання двигуна s . Кут φ помітно змінюється від ковзання тільки при $s < s_k$ (s_k – критичне ковзання), а в діапазоні $s_k < s < 1$, у якому в основному і здійснюється регулювання швидкості АД, зміни φ незначні. Тоді при лінійній залежності $\alpha = f(u_{pc})$ може бути сповна лінеаризована і залежність $U_1 = f(u_{pc})$ з коефіцієнтом передачі

$$k_{\Pi.н} = \Delta U_1 / \Delta u_{pc} = U_{1\text{ном}} / u_{pc.\text{ном}}, \quad (2.10)$$

де $U_{1\text{ном}}$ і $u_{pc.\text{ном}}$ – відповідно номінальні значення першої гармоніки вихідної напруги ТПН і напруги керованої перетворювачем.

Стала часу ланцюга фазового керування ТПН для приведенного на рис. 2.2 варіанта його силової частини визначається максимальним часом запізнювання $\tau_3 \approx T_{\Pi.н} = 0,033 \text{ с}$.

Асинхронний двигун навіть при спрощеному його математичному описі і зміні тільки напруги живлення статора залишається нелінійним динамічним

об'єктом, оскільки його електромагнітний момент залежить і від напруги живлення, і від швидкості двигуна, тобто $M = f(U_1, \omega)$.

Зі зменшенням жорсткості механічної характеристики АД по мірі зниження напруги живлення статора зменшується і коефіцієнт зміни момента двигуна k_ω . При роботі двигуна на стійкій ділянці його природної механічної характеристики коефіцієнт k_ω найбільший і визначається модулем жорсткості цієї характеристики

$$k_\omega = \beta = 2 \cdot M_K / \omega_{0\text{ном}} \cdot s_K. \quad (2.11)$$

При синхронній швидкості АД зміна напруги на його статорі не приводить до зміни електромагнітного моменту АД. Максимальне значення $k_{U\text{max}}$ має місце при номінальній напрузі на статорі $U_{1\text{ном}}$ і критичному ковзанні двигуна s_K . Оскільки електромагнітний момент АД пропорційний квадрату приложеної до статорної обмотки напруги, то з урахуванням перевантажувальної здатності АД по моменту $\lambda_M = M_K / M_{\text{ном}}$ для його природної механічної характеристики критичний момент двигуна може бути визначений як $M_K = \lambda_M \cdot (U_1 / U_{\text{ном}})^2 \cdot M_{\text{ном}}$. Тоді для критичного ковзання АД

$$k_U = 2 \cdot \lambda_M \cdot U_1 \cdot \left(\frac{M_{\text{ном}}}{U_{1\text{ном}}^2} \right), \quad (2.12)$$

і при номінальній напрузі $U_1 = U_{1\text{ном}}$

$$k_{U\text{max1}} = 2 \cdot \lambda_M \frac{M_{\text{ном}}}{U_{1\text{ном}}}. \quad (2.13)$$

Передаточна функція АД між приростом швидкості і керуючим впливом при $\Delta M_c = 0$

$$W_U(p) = \Delta \omega / \Delta U_1 = k_U / (J \cdot p + k_\omega) = k_d / (T_M \cdot p + 1), \quad (2.14)$$

де k_d – передаточний коефіцієнт АД, $k_d = k_U / k_\omega$;

T_M – електромагнітна стала часу двигуна, $T_M = J/k_\omega = J/\beta$.

Передаточна функція АД між приростом швидкості і зміною статичного навантаження при $\Delta U_1 = 0$

$$W_M(p) = \Delta\omega/\Delta M_c = 1/(J \cdot p + k_\omega) = 1/k_\omega \cdot (T_M \cdot p + 1). \quad (2.15)$$

Структурна схема електропривода з регулюванням напруги на статорі АД (рис. 3.2), лінеаризована у межах робочої ділянки механічної характеристики двигуна при струмі статора менше $I_{відс}$, представлена на рис. 2.5. Тут спільно з передаточними функціями ТПН АД приведені передаточні функції П-регулятора струму

$$W_{pc}(p) = \Delta u_{pc}/\Delta u_{рш} = k_{pc}, \quad (2.16)$$

ПІ-регулятора швидкості

$$W_{рш}(p) = \Delta u_{рш}/\Delta u_y = k_{рш} + 1/(T_{рш} \cdot p), \quad (2.17)$$

і ланцюга зворотного зв'язку по швидкості

$$W_{o.ш}(p) = \Delta u_{o.ш}/\Delta\omega = k_{o.ш}.$$

Якщо прийняти за малу сталу часу T_μ сталу $T_{п.н} \ll T_M$, то при налаштуванні електропривода на технічний оптимум стала інтегрування і передаточний коефіцієнт пропорційної частини регулятора РШ визначається так

$$T_{рш} = k_{o.ш} \cdot k_{pc} \cdot k_{п.н} \cdot k_d \cdot \alpha_\mu \cdot T_{п.н}, \quad (2.18)$$

$$k_{рш} = T_M/T_{рш}. \quad (2.19)$$

При бажанні звести до мінімуму вплив електромагнітних сталих часу ланцюгів статора і ротора АД, не врахованих у визначенні T_μ , корисно прийняти $\alpha_\mu = 3...5$.

У відповідності із структурною схемою на рис. 3.5 при ПІ-регуляторі швидкості регулювальна характеристика системи ТПН – АД визначається як $\omega = u_{з.ш}/k_{o.ш}$, а механічні характеристики електропривода для всього

діапазону зміни сигналу керування швидкістю при струмі статора $I < I_{\text{відс}}$ повинні мати абсолютну жорсткість. Однак реально за рахунок обмеження вихідної напруги ТПН на рівні номінального значення напруги АД, а також зниження коефіцієнта передачі k_U аж до нуля при малих навантаженнях і коефіцієнта k_ω в області навантажень, близьких до критичного моменту АД, жорсткість механічних характеристик поблизу граничних характеристик буде помітно менше.

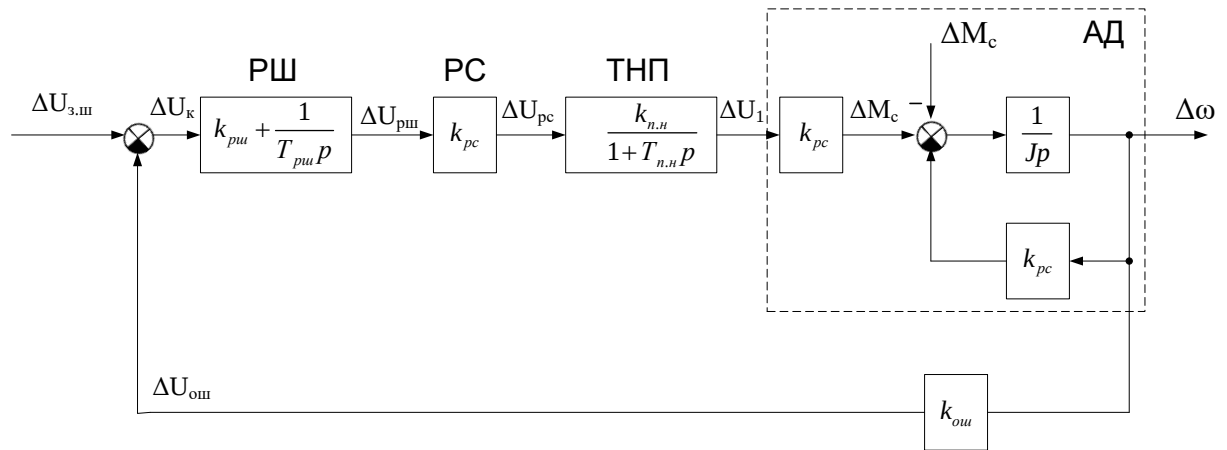


Рисунок 2.5 – Структурна схема асинхронного електропривода з регульованою напругою на статорі

Оскільки зменшення швидкості АД пов'язано зі зменшенням напруги на обмотках його статора, а допустимий по умовам нагріву двигуна момент $M_{\text{доп}}$ при цьому зменшується в обернено пропорційній залежності від ковзання, то сфера застосування замкнутих систем асинхронного електропривода з впливом тільки на напругу статора обмежена механізмами, у яких момент навантаження при зниженні швидкості помітно зменшується, наприклад, механізмами з вентиляторним навантаженням.

2.2 Розробка системи керування швидкістю асинхронного електропривода

Початкові дані:

Параметри двигуна АІР160М4:

$P_{\text{дв}} = 18,5 \text{ кВт}$ – потужність двигуна;

$U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$ – номінальна напруга живлення;

$I_{\text{ном}} = 35 \text{ А}$ – номінальний струм;

$n_{\text{дв}} = 1455 \text{ хв}^{-1}$ – частота обертання;

$\eta = 0,9$ – ККД;

$J_{\text{дв}} = 0,065 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент інерції;

$S_{\text{ном}} = 1,8\%$ – номінальне ковзання;

$S_{\text{к}} = 16\%$ – критичне ковзання;

$\psi = \frac{M_{\text{к}}}{M_{\text{ном}}} = 2,9$ – коефіцієнт перевантаження.

Розрахуємо номінальний момент двигуна

$$M_{\text{ном}} = 9,55 \frac{P_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}}, \quad (2.20)$$

$$M_{\text{ном}} = 9,55 \frac{18,5 \cdot 10^3}{1455} = 121,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тоді критичний момент двигуна

$$M_{\text{к}} = \psi \cdot M_{\text{ном}}, \quad (2.21)$$

$$M_{\text{к}} = 2,9 \cdot 121,4 = 352,06 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Знайдемо всі необхідні коефіцієнти для розрахунку структурної схеми (рис. 2.4):

- коефіцієнт чутливості момента АД до напруги живлення статора по формулі (2.12)

$$k_U = 2 \cdot 2,9 \cdot 380 \cdot \left(\frac{121,4}{380^2} \right) = 1,85;$$

- коефіцієнт зміни моменту двигуна при відхиленні його швидкості по формулі (2.11)

$$k_{\omega} = 2 \cdot 352,06 / 152,29 \cdot 0,16 = 28,9 \text{ В} \cdot \text{с},$$

$$\text{де } \omega_{0 \text{ ном}} = \pi \cdot n_{\text{дв}} / 30 = 3,14 \cdot 1455 / 30 = 152,29 \text{ с}^{-1};$$

- передаточний коефіцієнт АД

$$k_D = k_U / k_{\omega}, \quad (2.22)$$

$$k_D = 1,85 / 28,9 = 0,064 \frac{1}{\text{В} \cdot \text{с}};$$

- коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості

$$k_{0.ш} = k_{тг} = 1 \text{ В} \cdot \text{с};$$

- коефіцієнт передачі ТПН по формулі (3.10)

$$k_{п.н} = 380 / 5 = 76,$$

де $u_{рс.ном} = 5 \text{ В}$ – напруга керування перетворювачем;

- передаточний коефіцієнт СІФК

$$k_{\alpha} = k_{п.н} = 76;$$

- коефіцієнт посилення регулятора струму

$$k_{рс} = \frac{\Delta \alpha}{k_{\alpha} \cdot u_{\text{відс}} \cdot \left(\frac{\Delta I}{I_{\text{відс}}} \right)_{\text{баж}}},$$

$$\text{де } \Delta \alpha = 60;$$

$$u_{\text{відс}} = 390 \text{ В};$$

$$\Delta I = \frac{I_{\text{ном}}}{4} = \frac{35}{4} = 8,75 \text{ А};$$

$$I_{\text{відс}} = 45 \text{ А};$$

$$k_{рс} = \frac{60}{76 \cdot 390 \cdot (8,75/45)_{\text{баж}}} = 0,017;$$

- коефіцієнт посилення регулятора швидкості

$$k_{pш} = T_M / T_{pш},$$

$$\text{де } T_M = J/k_{\omega} = 0,065 / 28,9 = 0,002 \text{ с};$$

$$T_{pш} = k_{o.ш} \cdot k_{pc} \cdot k_{п.н} \cdot k_d \cdot \alpha_{\mu} \cdot T_{п.н} = 1 \cdot 0,017 \cdot 76 \cdot 0,064 \cdot 3 \cdot 0,033 = 0,008 \text{ с (}$$

$$\alpha_{\mu} = 3 \dots 5, T_{п.н} = 0,033 \text{ с});$$

$$k_{pш} = 0,002 / 0,008 = 0,25.$$

Підставимо всі отримані коефіцієнти в структурну схему рис. 2.5.

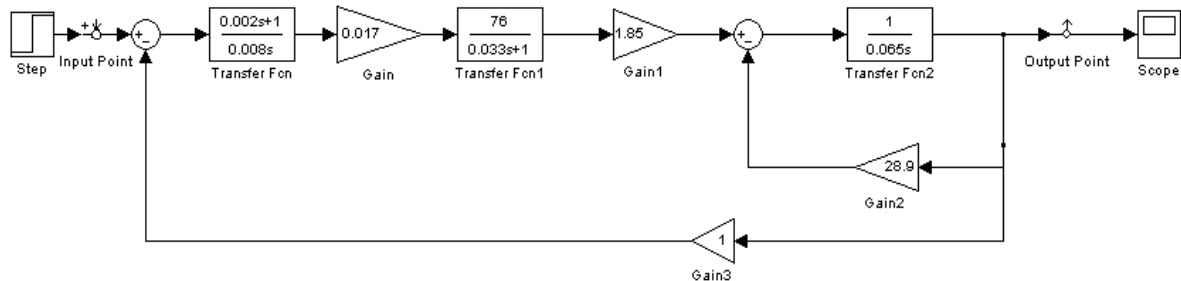


Рисунок 2.6 – Розрахункова структурна схема

Для оцінки показників якості управління за допомогою програми MATLAB проведемо моделювання і отримаємо перехідний процес, зображений на рис. 2.7.

По графіку перехідного процесу визначаємо, що

$h_{\max} = 1$ – максимальна величина керованої перемінної;

$h_{\text{ст}} = 1$ – стає значення керованої перемінної;

$$\sigma_{\max} = \frac{h_{\max} - h_{\text{ст}}}{h_{\text{ст}}} \cdot 100\% \quad \text{– максимальна величина перерегулювання;}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{1-1}{1} \cdot 100\% = 0\%.$$

Зона, коли перехідний процес закінчився, вважається відхилення максимальної вихідної величини $h_{\max}$ від сталого значення $h_{\text{ст}}$ на 3 – 5%.

$t_{\max} = 0,24$ с – максимальний час перехідного процесу (швидкодія).

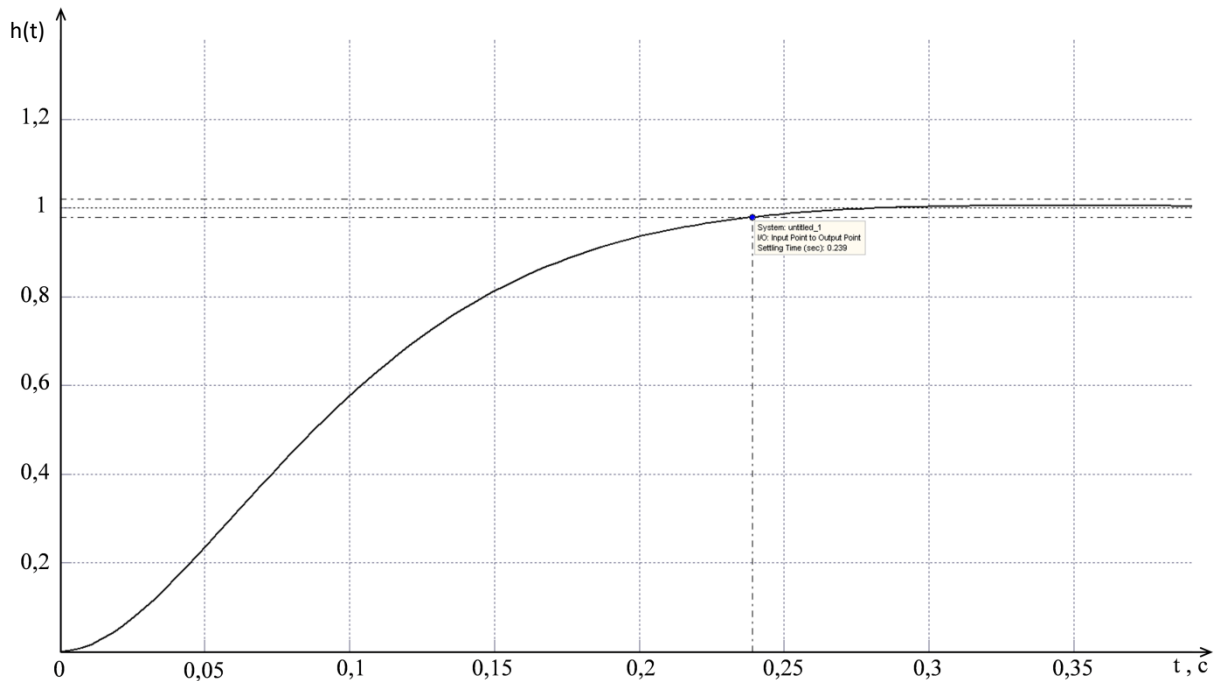


Рисунок 2.7 – Графік перехідного процесу системи

Висновки до розділу

В результаті проведення синтезу системи керування швидкістю асинхронного електропривода робимо висновок щодо одержаного перехідного процесу. Потрібно відмітити, що у результаті синтезу час перехідного процесу $t_{\max} = 0,24$ с, перехідний процес має експоненційну форму. Отже система управління забезпечує показники якості управління, які поставлені в задачі дослідження. Тому можна використовувати спроектовану систему керування.

РОЗДІЛ 3

КОМПЛЕКТНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД LENZE

3.1 Загальний опис

На цей час електропривод є однією з основних становлячих частин будь-якої виробничої лінії або технологічного агрегату. Сучасний підхід до автоматизації майже повністю викоренив прямий пуск і дискретне управління швидкістю обертання електродвигунів і дав дорогу масовому застосуванню частотного регулювання, організованого за допомогою перетворювачів частоти (далі ПЧ). Сучасні перетворювачі частоти, завдяки наявності великого вибору вбудовуваних в них інтелектуальних опційних модулів, можуть цілком замінювати контролери нижнього рівня, а також забезпечувати прийом сигналів за допомогою наявних входів/виходів і обмінюватися даними з зовнішніми системами по будь-якому стандартному мережному протоколу. Важливий також і економічний ефект що досягається від застосовування ПЧ для управління різними технологічними агрегатами де регулювання швидкості обертання двигуна допомагає уникати додаткових затрат енергії і напряду впливає на збільшення робочого ресурсу механізму.

Перетворювач частоти серії 8200 Vector виробляється у Німеччині в діапазоні потужностей від 0,25 кВт до 90 кВт. Частотний перетворювач цієї серії відрізняється підвищеною перевантажувальною здатністю 180% протягом 60 секунд (звичайно пропонується 150% за одну хвилину) і вихідною частотою 650 Гц (звичайно проводяться інвертування з вихідною частотою до 500 Гц). Частотний перетворювач Lenze 8200 комплектується гальмівним резистором в діапазоні потужностей до 11 кВт, від 15 кВт вбудованим гальмівним модулем.

Частотний перетворювач Lenze 8200 характеризуються функціональністю, простотою установки і обслуговування, високим рівнем безпеки експлуатації.

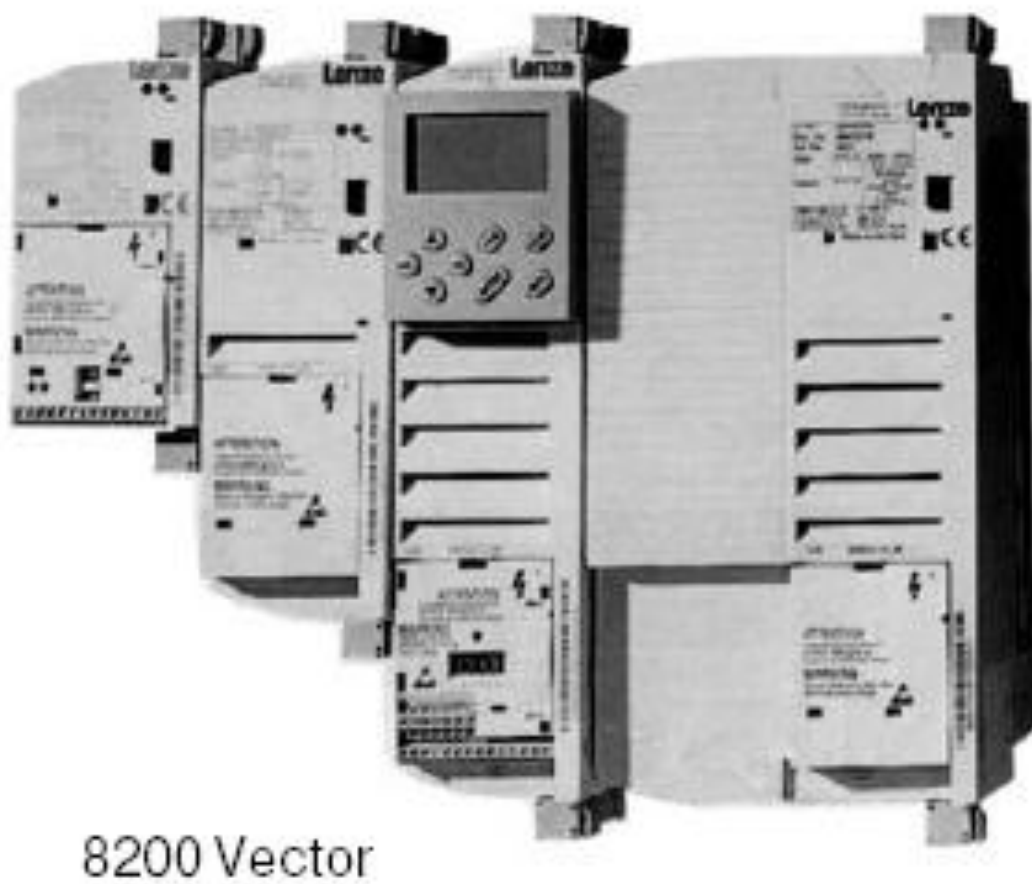


Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти серії 8200 Vector

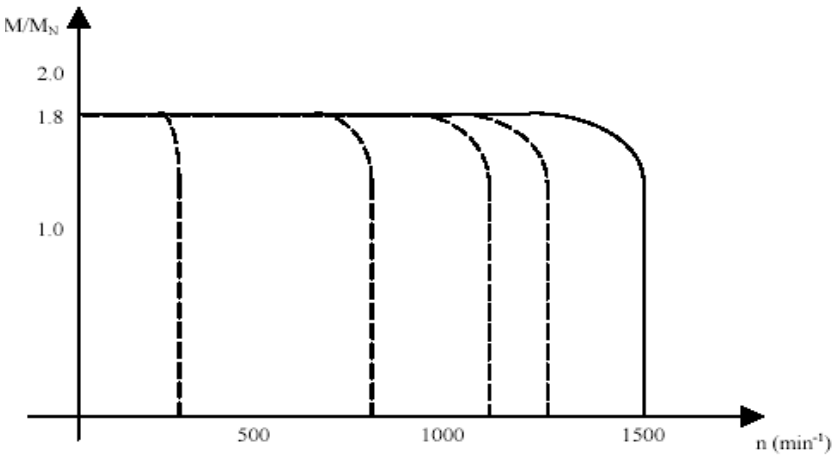
Таблиця 3.1 – Стандарти і умови застосування

Відповідність	CE Low-Voltage Directive (73/23/EEC)
Схвалене	UL 508 Industrial Control Equipment (готується) UL 508C Power Conversion Equipment (готується)
Допустима вібрація	Прискорення до 0.7 g (Germanischer Lloyd, загальні умови)
Кліматичні умови	Клас 3K3 в EN 50178 (без конденсації, середня відносна волога 85%)
Ступінь забруднення	VDE 0110 частина 2 ступінь забруднення 2
Упаковка (DIN 4180)	Пилезахисна
Температурний діапазон	Транспортування -25°C - +70°C
	Зберігання -25°C - +60°C
	Застосування -10°C +40°C без зниження потужності +40°C +55°C з зниженням потужності
Дозволена висота установки h	$h \leq 1000 \text{ m a.m.s.l.}$ без зниження потужності $1000 \text{ m a.m.s.l.} \leq h \leq 4000 \text{ m a.m.s.l.}$ з зниженням потужності
Зниження потужності	Зниження в залежності (номінальна характеристика) від частоти перетворювача:
	+40°C < T _v < +55°C : 2,5% / К (посилання на номінальний вихідний струм)
	1000 m a.m.s.l. < h < 4000 m a.m.s.l.: 5% / 1000 m
Місце установки	Вертикально підвішений
Вільне місце навколо установки	Вище 100 mm Нижче 100 mm
Групова робота з постійним струмом	Можлива, крім E82EV251_2C, E82EV371_2C

Таблиця 3.2 – Основні електричні характеристики

Генерація перешкод	Вимоги згідно EN 50081-1 Граничне значення класу А згідно EN 55011 Граничне значення класу В згідно EN 55022		
Стійкість до перешкод	Вимоги згідно EN 61800-3		
	<i>Вимоги</i>	<i>Стандарт</i>	<i>Ступінь</i>
	Електростатика	EN 61000-4-2	3, тобто 8 kV при розряді через повітря 6 kV при контактному розряді
	ВЧ-випромінювання	EN 61000-4-3	3, тобто 10 V/m; 27...1000 MHz
	Пачка імпульсів	EN 61000-4-4	3/4, тобто 2 kV/5 kHz
Електрична міцність ізоляції	Розряд (Пробій в живлячому кабелі)	EN 61000-4-5	3, тобто 1.2/50 ms, 1 kV фаза/фаза, 2 kV фаза/загальний
	Категорія III згідно VDE 0110		
	> 3.5mA		
Струм витоку на загальний (PE) (по EN 50178)			
Клас захисту	IP20		
Захист	Коротке замикання, замикання на масу, підвищення напруги, пробій мотора, перегрів мотора (вхід для РТС або біметалічного контакту, відстежування I ² t)		
Ізоляція контурів управління	Безпечне відключення живлення: Подвійна основна ізоляція згідно EN 50178		

Таблиця 3.3 – Управління з розімкненим або замкнутим зворотним зв'язком

Метод управління		По заданій (лінійної або квадратичної) характеристики V/f , векторне управління	
Частота модуляції		2 kHz, 4 kHz, 8 kHz, 16 kHz по вибору	
Момент, що максимально обертається		1,8 x Mr до 60 с, якщо номінальна потужність двигуна = номінальна потужність перетворювача	
Діапазон установок обертаючого моменту		1:10 (3...50 Hz, постійна швидкість)	
Характеристика швидкість/момент			
Управління без зворотного зв'язку		Мінімальна вихідна частота	1,0 Hz (0...Mr)
		Діапазон настрійок	1 : 50 (відносно 50 Hz)
		Точність	0,5%
		Плавне управління	0,1 Hz
Вихідна частота	Діапазон	- 650 Hz...+ 650 Hz	
	Дозвіл	Абсолютне	0,02 Hz
		Нормалізоване	Для параметрів: 0,01%, для даних PID: 0,006% (= 2 ¹⁴)

Вихідна частота	Цифрове завдання установки	Точність	$\pm 0,005 \text{ Hz}$ ($= \pm 100 \text{ ppm}$)
		Лінійність	$\pm 0,5\%$ Сигнал 5 V або 10V
		Температурна чутливість	+ 0,4 0...10°C
		Зсув	$\pm 0\%$
Аналогові входи/виходи	Зі стандартним I/O	1 вхід, може бути біполярним 1 вихід	
Дискретні входи/виходи	Зі стандартним I/O	4 входи, може бути 1 частотний вхід 0...10 kHz 1 вхід для розблокування перетворювача 1 вихід	
Час циклу	Дискретні входи	1 ms	
	Дискретні виходи	4 ms	
	Аналогові входи	2 ms	
	Аналогові виходи	4 ms (час фільтрації = 10 ms)	
Релейний вихід		Перекидний контакт, АС 240 V/3 A, DC24 V/2 A ... 200 V/0,18 A	
Генераторний режим мотора		Вбудований гальмівний ключ Зовнішній гальмівний резистор	

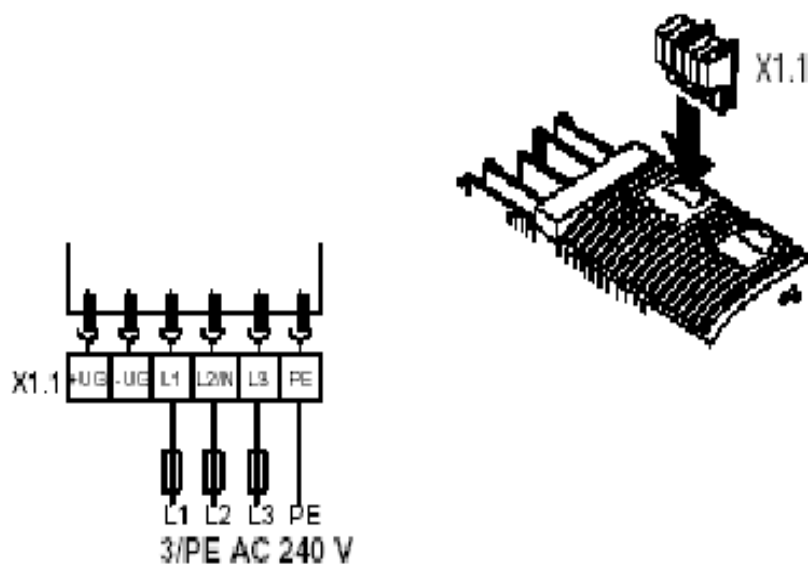


Рисунок 3.2 – Підключення мережі 400 VAC

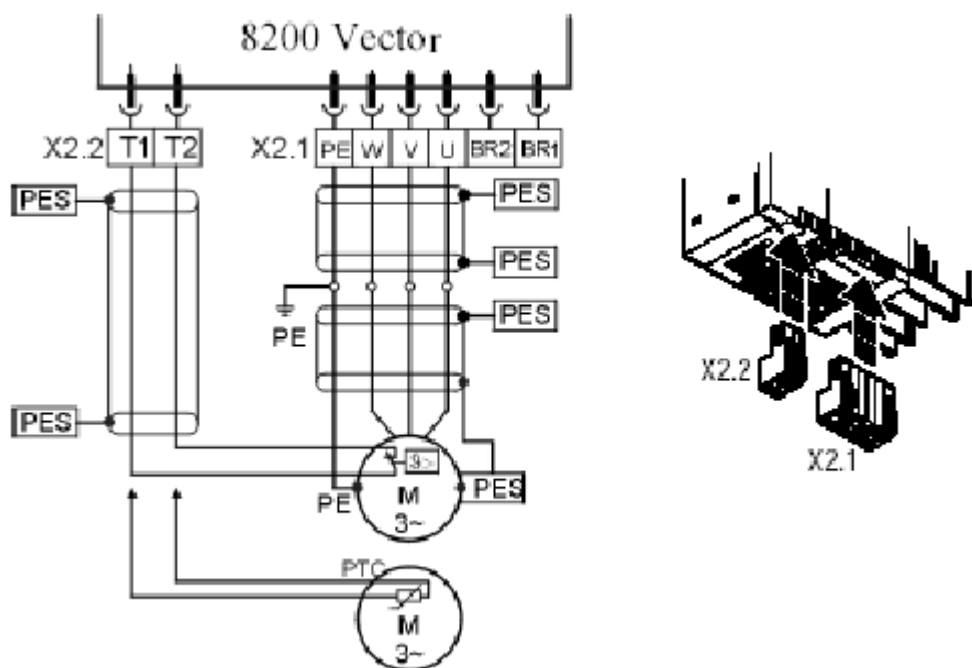
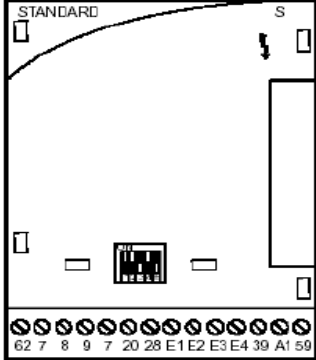
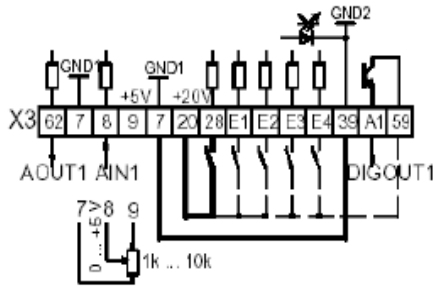
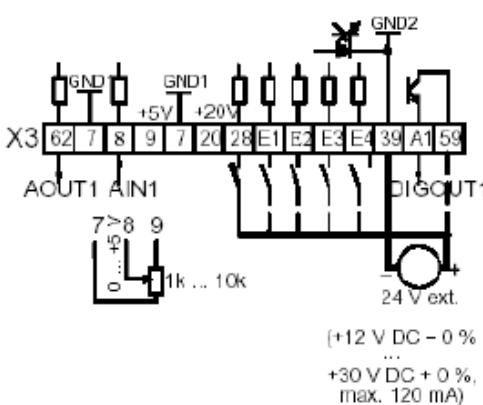


Рисунок 3.3 – Підключення мотора

BR1, BR2 – Зовнішній гальмівний резистор, T1, T2 – контроль температури мотора

Таблиця 3.4 – Призначення контактів стандартного введення/виведення

Стандартний модуль введення/виведення		Живлення через внутрішній джерело X3/20 (+20V DC, макс. 40mA)		Живлення через зовнішнє джерело + 24 V DC (+12V DC - 0% ... +30V DC + 0%,макс. 120mA)	
					
- мінімальні вимоги до з'єднання для роботи					
X3/	Сигнал	Призначення (Жирним = значення по умовчанням)	Рівень	Технічні характеристики	
8	Аналог.вхід	Поточне введення або уставка Змінюйте діапазон використовуючи перемикач DIP і C0034	0 ... +5 V 0 ... +10 V -10 V ... +10 V 0 ... +20 mA +4 ... +20 mA +4 ... +20 mA (з контролем обриву)	Дозвіл: 10 bits Нелінійність:%0.5% Температурний коефіцієнт: 0.3% (0 ... +60 °C) Вхідний опір Сигнал по напрузі: > 50 кОм Сигнал по струму: 250 Ом	
62	Аналог.вхід	Вихідна частота	0 ... +10 V	Дозвіл: 10 bits Нелінійність: %0.5% Температурний коефіцієнт: 0.3% (0 ... +60°C) Струм навантаження: макс. 2 mA	

X3/	Сигнал	Призначення (Жирним = значення по умовчанню)	Рівень			Технічні характеристики	
28	Дискрет. входи	Блокування перетворювача (CINH)	1 = START			Вибір частотного входу 0 ... 10kHz в X3/E1 через C0425 Вхідний опір: 3.3кОм 1 = HIGH (+12 +30 V) 0 = LOW (0 ... +3 V)	
E1		Активация частот JOG JOG1 = 20 Hz JOG2 = 30 Hz JOG3 = 40 Hz	E1	E2			
			1	0	JOG1		
			0	1	JOG2		
E2				1	1		JOG3
E3		Гальмування постійним струмом (DCB)	1 =DCB активно				
E4		Реверс Обертання по годинній стрілці/ проти годинникової стрілки	E4				
			0		CW		
			1		CCW		
A1	Дискрет. вихід	Готовий до роботи	0/+20 V при внутр. живленні 0/+24 V при зовн. живленні			Струм навантаження: 10 mA 50 mA	
9	-	Стабільне внутрішнє джерело живлення для задаючого потенціометра	+5.2 V (ref.: X3/7)			Струм навантаження макс. 10 mA	
20	-	Внутрішнє джерело живлення для управляючих входів/виходів	+20 V (ref.: X3/7)			Струм навантаження макс. 40 mA (в сумі для всіх виходів).	

X3/	Сигнал	Призначення (Жирним = значення по умовчанню)	Рівень	Технічні характеристики			
7	-	GND1, загальний для аналогових входів/виходів	-	Ізольовано в GND2			
59	-	Живлення для виходу A1	+20 V (внутрішнє, з'єднати з X3/20)				
			+24 V (зовнішнє)				
39	-	GND2, загальний для дискретних)	-	Ізольовано в GND1			
Сигнал в X3/8		Положення перемикачів					C0034
		1	2	3	4	5	
0...5 V		OFF	OFF	ON	OFF	OFF	0
0 ... 10 V (значення по умовчанню)		OFF	OFF	ON	OFF	ON	0
0...20 mA		OFF	OFF	ON	ON	OFF	0
4...20 mA		OFF	OFF	ON	ON	OFF	1
4 ... 20 mA контроль обриву		OFF	OFF	ON	ON	OFF	3
-10 V...+10 V		ON	ON	OFF	OFF	OFF	2

3.2 Налаштування параметрів

Частотний перетворювач може бути налаштований установкою параметрів. Можливі налаштування для функцій написані в кодах: коди пронумеровані і починаються з «С»; таблиця кодів має короткий огляд всіх кодів, які показані в зростаючому порядку; кожний код містить параметри, необхідні для налаштування і оптимізації двигуна; для полегшення налаштування перетворювача деякі коди мають додаткові елементи, що містять параметри.

Таблиця 3.5 – Таблиця кодів

Колонка	Абревіатура		Значення	
Код	Cxxx		Код Cxxxx	- Значення коду визначено в кожній установці - Параметри значення доступні негайно(online)
	1		Підкод 1 коду Cxxxx	
	2		Підкод 2 коду Cxxxx	
	Cxxxx*		Значення параметра коду одне у всіх параметрах установки	
	Cxxxx←		Зміна значення параметра можливо після натиснення Enter	
	[Cxxxx]		Зміна значення параметра можливо після натиснення , Enter якщо привід заблокований	
	(A)		Код, підкод або вибір доступний тільки при використуванні карти розширення входів/виходів Application	
	USER		Заводські настройки коду знаходяться в меню USER . Меню USER активований після кожного включення в мережу.	
Найменування			Назва коду	
За умовчанням			Заводські настройки (відсутність настройок / вибір значення при передачі параметрів за допомогою C0002)	
			Більш докладна інформація може бути отриманий з «Важливо»	
Вибір	1	(%) 99	Мін. значення (одиниця, крок) Макс. значення	
«Важливо»	xx		Короткі важливі пояснення, посилання на сторінки	

Таблиця 3.6 – Програма контролера

Код		Можливі настройки		Важливе
№	Назва	Заводські	Вибір	
C0001←	Вибір уставки (режим роботи)	0	0 уставка через AIN1 X3/8	При C001 = 0...3 управління завжди можливо через контакти управління або ПК / пульт C0001 = 3 уставки через модуль підключений до AIF, в іншому випадку уставка не сприймається
			1 уставка через пульт або модуль підключений до AIF	
			2 уставка через AIN1 X3/8	
			3 уставка через модуль підключений до AIF	
[C0002]*	Передача наборів параметрів	0	0 Функцію виконано	
			Набір параметрів приводу	
			1 Настройки Lenze PAR1	Переписати вибраний набір параметрів настройками по умовчання
			2 Настройки Lenze PAR2	
			3 Настройки Lenze PAR3	
			4 Настройки Lenze PAR4	
			10 пульт PAR1...PAR4	Переписати всі набори параметрів даними з пульта
			11 пульт PAR1	Переписати набір параметрів даними з пульта
			12 пульт PAR2	
			13 пульт PAR3	
			14 пульт PAR4	
			20 PAR1...PAR4 пульт	Копіювати всі набори параметрів на пульт
			Набір параметрів функціонального модуля FIF	Переписати вибраний набір параметрів функціонального модуля

			31 Настройки Lenze FPAR1	настройками за умовчанням
			32 Настройки Lenze FPAR2	
			33 Настройки Lenze FPAR3	
			34 Настройки Lenze FPAR4	
[C0002]*			40 Пульт FPAR1...FPAR4	Переписати всі набори параметрів функціонального модуля настройками з пульта
			41 пульт FPAR1	Переписати набір параметрів функціонального модуля настройками з пульта
			42 пульт FPAR2	
			43 пульт FPAR3	
			44 пульт FPAR4	
			50 FPAR1...FPAR4 пульт	Копіювати всі набори параметрів функціонального модуля на пульт
			Набір параметрів перетворювача і функціонального модуля FIF	
			61 Настройки Lenze →PAR1+ FPAR1	Переписати набір параметрів настройками за умовчанням
			62 Настройки Lenze →PAR2+ FPAR2	
			63 Настройки Lenze →PAR3+ FPAR3	
			64 Настройки Lenze →PAR4+ FPAR4	
			70 Пульт → PAR4...PAR4 + FPAR1...FPAR4	Переписати всі набори параметрів даними з

				пульта
			71 Пульт →PAR1+ FPAR1	Переписати один набір параметрів даними з пульта
			72 Пульт →PAR2+ FPAR2	
			73 Пульт →PAR3+ FPAR3	
			74 Пульт →PAR4+ FPAR4	
			80 PAR4...PAR4 + FPAR1...FPAR4 Пульт	Копіювати всі набори параметрів на пульт
C0003*←	Енерго- незалежне збереження параметрів	1	1 завжди зберігає параметри в EEPROM	Активується після кожного підключення живлення Циклічні зміни параметрів через модуль зв'язки не дозволені
C0004*←	Дисплей діаграм стовпців	56	Доступні всі коди 56 – навантаження перетворювача (C0056)	Дисплей діаграм стовпців показує вибране значення після підключення живлення Дисплей показує C0057/1
C0009*←	Адреса перетвор ювача	1	1 (1) 99	Тільки для модулів зв'язку AIF LECOM-A(RS232), LECOM A/B LI 2102 PROFIBUS-DP 2131, System bus (CAN) 2171/2172

C0010	Мінімальна вихідна частота	0.00	0.00 (Гц) 650.00 14.5	C0010 не ефективно з біполярним пристроєм вибору (-10В ... +10В) C0010 не ефективно на AIN2 Вибір діапазону швидкостей 1:6 для мотор-редукторів Lenze: Установка абсолютно потрібна для роботи з мотор-редукторів Lenze
C0012	Час розгону головна настройка	5.00	0.00 (с) 1300.00	Частота змінюється 0 Гц ... C0011
C0013	Час гальмування головна настройка	5.00	0.00 (с) 1300.00	Частота змінюється C0011 ... 0 Гц
C0014←	Режим управління	2	2 V/f - лінійна характеристика управління $V \sim f$ 3 V/f) квадратична характеристика управління $V \sim f^2$	Характеристика з постійною додатковою напругою $V_{\min}$
			4 Векторне управління	Ідентифікація параметрів двигуна в параметрі C0148 ! По-іншому експлуатація не можлива.
			5 Бездатчикове управління моментом з обмеженням швидкості - уставка моменту в C0412/6 - обмеження швидкості в уставкє 1 (NSET1-N1),	

			при C0412/1 заданому.		
C0015	Верхня межа V/f	50.00	7.50 (0,02 Гц) 960.00	Настройку застосовно до всіх дозволених мережним напругам	
C0016	Добавка напруги		0.00 (0,2%) 40.00	незалежне управління Настройка застосовна до всіх дозволеним мережним напругам	
C0017	Поріг $Q_{\min}$	0.00	0.00 (0,02Гц) 650.00	Поріг вихідної частоти	
C0018←	Несуча частота	2	0 2кГц		
			1 4 кГц		
			2 8 кГц		
			3 16 кГц		
C0019	Поріг для авто гальмуванн я постійним струмом	0.10	0,00 (0,02Гц) 480,00	DCB - гальмування постійним струмом 0,00Гц - відключено	
C0021	Компенсаці я ковзання	0.0	-50,00 (0,1%) 50,00		
C0022	Обмеження $I_{\max}$ (режим двигуна)	150	30,00 (1%) 150,00	C0023 = 30%: Функція не активна якщо C0014 = 2; 3	
C0023	Обмеження $I_{\max}$ (режим генератора)	150	30,00 (1%) 150,00	C0023 = 30%: Функція не активна якщо C0014 = 2; 3	
C0061*	Внутрішня температура		0 (°C) 255	Тільки показ якщо $>+80^{\circ}\text{C}$: - висновок попередження ОН - частота комутації зменшується якщо C0144=1 Якщо $>+85^{\circ}\text{C}$: Вхід в помилку TRIP ОН	

C0070	Коефіцієнт посилення регулятора процесу	1,00	0,00 (0,01%) 300,00	0,00 – пропорційна складова вимкнена
C0071	Час інтеграції регулятора процесу	100	10 (1) 9999	9999 - інтегральна складова вимкнена
C0072	Час диференціювання регулятора процесу	0,0	0,0 (0,1) 5,0	0,0 - диференціальна складова вимкнена
C0074	Вплив регулятора процесу	0,0	0,0 (0,1%) 100,0	
C0077*	Посилення регулятора $I_{\max}$	0,25	0,00 (0,01) 16,00	0,00 - пропорційна складова не включена
C0078*	Час інтеграції регулятора $I_{\max}$	65	12 (1мс) 9990	9990 - інтегральна складова вимкнена
C0079	Компенсація нестабільності мотора		0 (1) 80	Залежно від мотора
C0084	Опір статора двигуна	0.000	0.000 (0,001Ом) 64.000	
C0087	Номінальна швидкість двигуна	1390	300 (об/мин) 16000	
C0088	Номінальний струм двигуна		0,0 (0,1А) 480,0	залежно від перетворювача 0.0...2.0 номінальних струму перетворювача
C0089	Номінальна частота двигуна	50	10 (1Гц) 960	

C0090	Номінальне напруга двигуна		50 (1В) 500	залежно від перетворювача
C0092	Індуктивніс ть статора двигуна	0,0	0,0 (0,1мГн) 2000,0	
C0093*	Тип перетворюв ача		xxxу	Тільки показ: xxx - дані про потужність (551=550Вт) у - клас напруги (2=240В, 4=380В
C0094*	Пароль користувача		0000 (1) 9999	Захист від запису для всіх кодів окрім елементів меню користувача (C0517) 0000= немає пароля
C0099*	Версія програмног о забезпеченн я		х.у	Тільки показ: х – версія, у - індекс

У магістерської роботі згідно наведених розрахунків обираємо перетворювач частоти серії 8200 Vector типів, E82EV752K4C.

E82EV752K4C мають такі функції:

- пуск і регулювання швидкості двигуна;
- прискорення, уповільнення, зупинка;
- енергозбереження;
- ПД-регулятор (витрата, тиск);
- робота в покроковому режимі;
- перемикання темпів розгону/гальмування;
- підхоплення на ходу;
- обмеження роботи на нижній швидкості.

Гальмівний момент:

- 50% M_n - без гальмівного опору;
- 150% M_n - з гальмівним опором;

- Лінійна або квадратична характеристика U/f ;
- Векторне управління без датчика ОС;
- Управління по моменту;
- Двохполярне завдання $\pm 10\text{ V}$;
- Ступінь захисту IP65;
- Робоча температура: $-10\ldots 55^\circ\text{C}$;
- Вбудований фільтр ЕМС класу А;
- Перевантажувальна здатність 180% номінального моменту 60 секунд більше 15 кВт, додатково 210% номінального моменту 3 секунди.

Входи і виходи:

- 2 аналогові входи;
- 2 аналогові виходи (0-10 В, 0-20 мА, 4-20 мА; дозвіл 10 біт);
- 6 ізольованих цифрових виходів з логікою, що перемикається;
- 2 цифрові виходи і один частотний вихід;
- 2 виходи (сухий контакт) реле (для прямого підключення 240 В перем. струму) ;
- обчислювальна опція для інкрементальних енкодерів.

Зв'язок з периферійним устаткуванням:

- послідовні інтерфейси RS232/485, волоконнооптична версія можлива як опція;
- підключення шини для більшості поширених систем зв'язку (CAN, PROFIBUS, INTERBUS, INTERBUS LOOP, LON, DeviceNet (в розробці), CANopen (в розробці), AS-Interface).

Захисні функції:

- захист від короткого замикання, від замикання на землю під час роботи;
- підбиране обмеження струму, повідомлення про перевантаження по струму і індикація;
- аварійні ситуації;

- захист від перенапруження і зниженої напруги;
- перегрівши перетворювач частоти повідомлення і індикація аварійної ситуації;
- позістор (РТС), теплове реле і "розрахунковий термометр" по I_2t для відстежування перегріву і захисту двигуна;
- визначення обриву фази двигуна;
- вбудований гальмівний транзистор до 11 кВт;
- будований захист від радіоперешкод по EN55011 Клас А або В (залежно від застосування).

Стандартні функції:

- ПІД регулятор с можливістю перепрограмування на ПІ та П–регулятори;
- автопідхоплення швидкості обертання двигунів;
- компенсація ковзання і напруги живлення;
- моніторинг втрати навантаження/обриву ременя;
- плавний пуск/останов по S-образній кривій;
- гальмування постійним струмом;
- мотор – потенціометр.

Особливості: виготовляються тільки в Німеччині на заводах фірми Lenze, тільки з BrandName компонентів і матеріалів, що гарантує високу надійність і великий ресурс. Компактне виконання, можливість кріплення в двох площинах - задньої і бічними поверхнями до стіни, у тому числі на DINрейку, що дозволяє гнучко використовувати відведений об'єм, наприклад, шафи з малою глибиною. Конструкція перетворювача виконана у вигляді конструктора, що складається з базового блоку (власне ПЧ) і 12 змінних модулів, які забезпечують функції уведення - виведення (ручний, дистанційний, через послідовні інтерфейси RS-232/485 і мережні карти ModBus, ProfiBus і т.п.). Базовий блок забезпечує: базові функції перетворювача, PID-регулятор, містить термінали для підключення мережі

змінного і постійного струму, двигуна, термореле, вбудовуваного в двигун, гальмівний ключ, два місця для пристіковки змінних модулів. Найвживаніші модулі: стандартний інтерфейс ДУ (standartI/O) забезпечує управління ПЧ логічними і аналоговими (і від імпульсного датчика швидкості) сигналами (1 аналоговий і 4 логічні входи), висновок інформації на зовнішній пристрій (1 аналоговий і 1 логічний вихід). Ручний пульт управління з LCD (keypad) забезпечує ручне управління, програмування і індикацію. Має нагоду зберігання і перенесення налаштувань перетворювача на інші ПЧ. Перетворювач може працювати і без пульта - управління по інтерфейсу, мережі або ДУ.

Висновки до розділу

На підставі формули [3]

$$D = \frac{\delta}{100} \frac{T_{em}}{a_{ш} T_{мш}} \frac{\omega_n}{\Delta \omega_p},$$

можна зробити висновок про те, що діапазон, який здатна забезпечити двоконтурна система підпорядкованого регулювання з П-регулятором швидкості, залежить від співвідношення сталих часу T_{em} і $T_{мш}$. Оскільки максимальне значення T_{em} , як правило, не перевищує (0,3...0,4) с, а $T_{мш} \geq 0,015$ с, то при технічній оптимізації контуру $a_{ш}=2$ і точність регулювання $\delta = 10\%$ діапазон не перевищує значення $D \leq 10$. Дійсно, системи з П-регулятором швидкості за наявності постійно діючого від'ємного зворотного зв'язку за струмом нездатні забезпечити одночасно достатньо високий статизм і задовільні динамічні показники. Щоб одержати більший діапазон потрібно перейти до двократно інтегровальних систем, які забезпечують астатизм швидкості при дії навантаження. Однак при керуванні асинхронним двигуном напругою на статорі неможна досягти більш ніж 5% регулювання швидкості обертів валу стосовно номінальної швидкості. Тому розрахована система керування цілком придатна для забезпечення своїх функцій.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів впливаючих на людину при роботі на елеваторі

Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Між небезпечним і шкідливим факторами часто не можна провести чіткої границі. І той і інший фактор може привести до нещасливого випадку.

До основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі на елеваторі відносять:

- дія виробничих вібрацій на людину;
- небезпека поразки електричним струмом;
- виникнення пожежі;
- шум на виробництві;
- неправильне виробниче освітлення;
- і інші.

Вібрація. Вібрація викликає порушення фізіологічного і функціонального стану людини. Вплив вібрації не тільки погіршує самопочуття працюючого і знижує його продуктивність праці, але часто приводить до важкого професійного захворювання – віброхвороби. Основним критерієм умов праці вібронебезпечних професій є рівень впливу вібрації. Розрізняють наступні умови праці і вібровпливу на людину: комфортні – не викликають дратівного впливу; нормальні – не знижують працездатності; віробезпечні – не викликають несприятливого біологічного впливу; вібронебезпечні – можливі патологічні зміни в організмі і віброхвороби.

Електричний струм. Насиченість приміщення лабораторії електроустаткуванням приводить до підвищення небезпеки поразки людей електричним струмом.

Розглянемо дію електричного струму на людину. Проходячи через організм струм надає термічну (опіки окремих ділянок тіла, нагрів судин, нервів), електролітичну (розкладання крові і інших органічних рідин) і біологічну (роздратування і збудження живих тканин організму) дії. Це різноманітні дії електричного струму нерідко приводить до різних електротравм, які умовно можна звести до двох видів:

- місцеві електротравми: електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри і електрофтальмія;
- електричний удар – збудження живих тканин організму проходячим через нього електричним струмом.

Для забезпечення електробезпеки роботи в цеху необхідно передбачити захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих нетоковедучих частин, які можуть виявитися під напругою.

Виникнення пожеж. Несправність електроустановки й електропроводки, неправильна експлуатація електроустаткування може привести до виникнення пожежі. Для гасіння пожежі в електроустановках і приладах застосовуються вогнегасники ОУ-2 і ОУ-5, що мають на елеваторі.

Шум. Шум відноситься до шкідливих факторів виробництва як і звук, виникає при механічних коливаннях у твердих, рідких і газоподібних середовищах. Шумом являються різні звуки, що заважають нормальній діяльності людини і викликають неприємні відчуття. Звук являє собою коливальний рух пружного середовища, сприйманий людським органом слуху. Підвищення звукового тиску негативно впливає на орган слуху; для виміру голосності (у децибелах Дб) використовується двошкальний шумомір. Комплекс змін, що

виникають в організмі під впливом шуму, останнім часом розглядається медиками як "шумова хвороба".

Як захист від шуму і звуку варто застосовувати нормування; деякі технічні тонкості, звукоізоляцію, звукопоглинання, спеціальні глушители аеродинамічного шуму, засобу індивідуального захисту, навушники, беруши, противошумні каски, спеціальний противошумний одяг).

Пил. Пил – дрібні тверді частки, здатні якийсь час знаходитися в повітрі в зваженому стані. Утвориться при ритті комунікаційних ліній, монтажі будинків, опоряджувальних роботах, очищенні поверхонь і ін. Пил характеризується хімічним складом, розміром і Формою часток, їхньою щільністю, електричними, магнітними й іншими властивостями. Ступінь подрібненості пилу називається її дисперсністю. Дисперсний склад може бути представлений у виді таблиць, математичних чи виражень графіків. Одна з основних характеристичних величин пилу – швидкість витання часток, тобто швидкість їхнього осадження під дією сили ваги в незбуреному повітрі.

У залежності від складу пилу змінюється її шкідливість; приміром, найбільш шкідливим для людини вважається діоксид кремнію SiO_2 , що викликає таке захворювання, як силікоз. По хімічному ж складі пил підрозділяється на органічну (деревна, бавовняна...), неорганічну (цементна, карбідна...) і змішану. ПДК коливається від 1 до 10 мг/м³.

Способи захисту від пилу на виробництві. Це максимальна механізація, модернізація й автоматизація виробничих процесів застосування герметичного устаткування для транспортування матеріалів, що порошать; використання зволожуваних сипучих матеріалів; застосування ефективних аспіраційних установок, що дозволить видаляти відходи і пил; ретельна і систематична пилозбирання приміщень за допомогою сучасних засобів; застосування як засоби індивідуального захисту респіраторів, окулярів,

протипилного спецодягу. Очищення повітря пропонується здійснювати за допомогою всіляких пиловловлювачів, очисників повітря, фільтрів, пилоосадних камер, відцентрових пиловидокремлювачів-циклонов.

Вимоги до освітлення. Освітлення в приміщенні повинно бути змішаним (штучним та природним).

Природне освітлення в приміщенні повинно здійснюватися у вигляді бокового освітлення. Величина коефіцієнта природної освітленості повинна відповідати нормативним рівням по СНіП 2-4-79 "Природне і штучне освітлення. Норми проектування".

Рівні штучної освітленості на робочих місцях в приміщенні повинні відповідати нормативним величинам по СНіП 14-4-79.

Виробниче освітлення є виробничим чинником, характеризується такими показниками, як світловий потік (визначається потужністю променистої енергії), освітленість, яскравість, сила світла. Небезпечно тим, що при пере- чи недодозування визначеної кількості люкс, ват, кандел можливо зіпсувати, а те і втратити зір. Тому не варто відносити цей фактор до розряду малозначних, тим більше що в нашій країні практично ніколи не було грамотного і безпечного виробничого освітлення.

Основні вимоги, пропоновані до виробничого освітлення, ця відповідність освітленості характеру зорової роботи (тобто відповідне збільшення освітленості робочих поверхонь) досить рівномірний розподіл яскравості (для того, щоб очам не приходилося переадаптуватися), відсутність різких тіней на робочій поверхні (зменшує стомлення зору), відсутність блескості, що зліпить дії світла) сталість освітленості в часі, забезпечення електро-, вибухово- і пожежонебезпечності. Ці вимоги можуть бути дотримані при правильному виборі типу і системи виробничого освітлення, що підрозділяються на природне (денне світло) штучне (електричні джерела), змішане (природне доповнює штучне, що є найбільш

економічним і розумної), загальне (уся територія; рівномірно) комбіноване (локально, відособлені робочі поверхні), аварійне (при недопущенні перерв у роботі), евакуаційне (у місцях евакуації і підвищеного травматизму).

Вибір джерела світла залежить від освітлюваного чи предмета території. Розрізняють два види джерел світла: теплове (лампи накаливання і галогенних ламп накаливання) і люмінесцентне. Освітлювальні прилади можна розділити в цілому на світильники і прожектори; важлива їхня характеристика - блескність.

4.2 Розрахунок захисного заземлення

При розрахунку захисного заземлення визначають його параметри: кількість, розміри і розташування одиночних заземлювачів, які забезпечують безпечну величину напруги для людини при умові замикання фази електричної мережі на корпус заземлюючого пристрою. Розрахунком визначається величина опору, при якому забороняється потік електричного струму від захисного заземлення в межах відповідних норм.

Відповідно правилам експлуатації електроустановок опір захисного заземлення не повинен бути більше 4 Ом при загальній напрузі до 1000В.

Для розрахунку ми маємо такі вихідні данні:

1. Тип заземлювача: стержньовий; ґрунт – глина.
2. Розміри заземлювача:
 - довжина стержня $l = 5$ (м);
 - глибина занурення труби від поверхні $t_0 = 0,5$ (м);
 - зовнішній діаметр стержня $d = 16 \cdot 10^{-3}$ (м).
3. Сполучна смуга: протяжна смуга в землі
 - ширина смуги $b = 45 \cdot 10^{-3}$ (м).

Існує два методи розрахунку захисного заземлення:

- метод коефіцієнта використання електродів (враховує одношарову структуру ґрунту і застосовується для розрахунку простих заземлювачів);
- метод наведених потенціалів (враховує багатошарову структуру ґрунту і застосовується для розрахунку складних заземлювачів).

Метод коефіцієнта використання електродів

1. Допустимий опір заземляючого пристрою: $R_d = 4 \text{ (Ом)}$.
2. Визначимо питомий опір ґрунту: $\rho = 60 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}$; (для заданого ґрунту типу: глина).
3. Визначаємо матеріал і розмір заземлювача.
Вибираємо стержньовий заземлювач в землі.

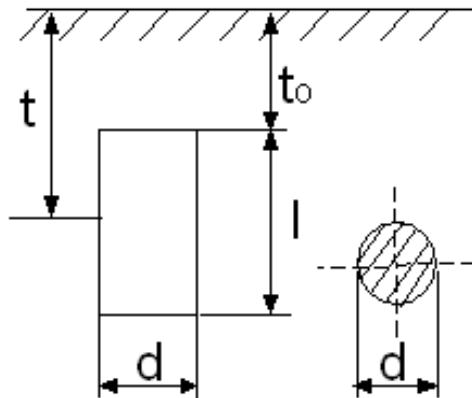


Рисунок 4.1 – Стержньовий електрод в землі

4. Для вибраного типу заземлювача визначаємо опір розтіканню одного заземлювача

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (4.1)$$

$$R_1 = \frac{60}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,016} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) = 13,14 \text{ Ом},$$

де $t = t_0 + \frac{l}{2}$ – довжина (глибина) занурення труби, рівна відстані від поверхні землі до середини труби.

Так як $R_1 > R_d$ то вживання одного штучного заземлювача неприпустимо, тому необхідно застосовувати декілька штучних заземлювачів, з'єднаних паралельно.

5. Визначаємо необхідне число паралельних з'єднань

$$n' = \frac{R_1}{\eta_b \cdot R_d},$$

(4.2)

де $\eta_b = 1$ – коефіцієнт використання заземлювачів, що враховує їх взаємне екранування.

$$n' = \frac{13,14}{1 \cdot 4} = 3,286 \text{ шт.}$$

Округляємо до цілого: $n = 3$ шт – кількість електродів.

Визначаємо фактичний коефіцієнт використання заземлювачів, що враховує їх взаємне екранування: $\eta_\phi = 1$

6. Визначаємо фактичний опір вертикально забитих заземлювачів:

$$R_{в\phi} = \frac{R_1}{\eta_\phi \cdot n},$$

(4.3)

$$R_{в\phi} = \frac{13,14}{0,8 \cdot 3} = 5,476 \text{ Ом.}$$

Для зв'язку вертикальних заземлювачів застосовуємо сполучну смугу. Опір розтіканню сполучної смуги визначаємо як опір розтіканню протяжного смугового заземлювача, розташованого в землі.

7. Визначимо довжину смуги, сполучаючої вертикальні заземлювачі.

Відстань між заземлювачами рівна довжині електроду: $a = 5 \text{ м.}$

$$l_\Pi = 1,05 \cdot a \cdot n,$$

(4.4)

$$l_\Pi = 1,05 \cdot 5 \cdot 3 = 15,75 \text{ м.}$$

Глибина занурення смуги t_Π (тобто від поверхні землі до середини смуги) рівна t_0 .

Опір розтіканню

$$R_{1\Pi} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\Pi}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\Pi}^2}{b \cdot t_{\Pi}}, \quad (4.5)$$

$$R_{1\Pi} = \frac{60}{2 \cdot 3,14 \cdot 15,75} \cdot \ln \frac{2 \cdot 15,75^2}{0,045 \cdot 0,5} = 6,064 \text{ Ом.}$$

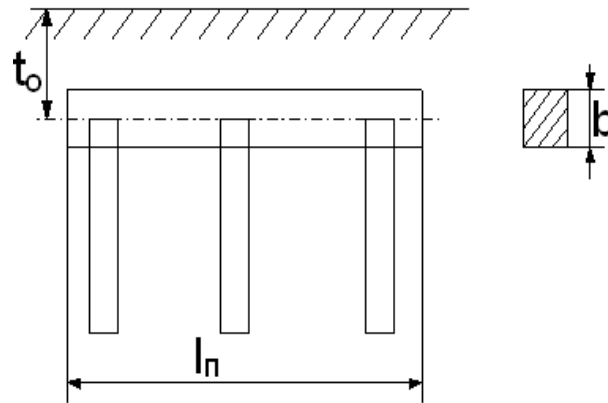


Рисунок 4.2 – Розташування заземляючого пристрою

8. З урахуванням коефіцієнта використання смуги $\eta_{\Pi} = 0,785$ її опір розтіканню струму

$$R_{\Pi} = \frac{R_{1\Pi}}{\eta_{\Pi}},$$

(4.6)

$$R_{\Pi} = \frac{6,064}{0,785} = 7,724 \text{ Ом.}$$

9. Визначимо фактичний опір заземлюючого пристрою, який складається з 3-х вертикальних заземлювачів і сполучної смуги

$$R_3 = \frac{R_{\text{вф}} \cdot R_{\Pi}}{R_{\text{вф}} + R_{\Pi}},$$

(4.7)

$$R_3 = \frac{5,476 \cdot 7,724}{5,476 + 7,724} = 3,204 \text{ Ом,}$$

$$R_3 < R_{\text{д}}.$$

4.3 Розробка заходів щодо зменшення небезпечних і шкідливих дій

Захист людини від шуму можна забезпечити, колективними засобами та методами, так і індивідуальними. Колективні засоби захисту діляться на засоби, що знижують шум в його джерелі, та засоби, що знижують шум на шляху його розповсюдження від джерела до об'єкту, який захищають.

Методи зниження шуму:

- зниження шуму в джерелі його виникнення;
- звукоізоляція;
- екранування;
- будівельно-акустичні заходи.

Зниження шуму в джерелі виникнення досягається за рахунок зміни конструкції або принципу дії установки, що знижує віброактивність вузлів, випромінювання шуму поверхнями установки та аеродинамічний шум.

При акустичній обробці приміщення шум знижується внаслідок зниження інтенсивності відбитих хвиль. Ефективність звукопоглинаючого облицювання залежить від акустичних параметрів вибраних матеріалів, способу їх розташування джерел шуму.

Виходячи з гігієнічних нормативів, витікає, що знижувати потрібно не будь-яку віброакустичну активність машин, а тільки ту, яка шкідливо впливає на людський організм, тобто за рівнем, вищим за гранично допустимий норматив.

Причиною низькочастотних вібрацій, як правило, є дисбаланс роторів, що виникає внаслідок нерівномірності густини матеріалу машин, неправильного вибору допусків і посадок, урізнення

коефіцієнтів об'ємного розширення або зносостійкості окремих елементів машин.

Якщо не вдається усунути вібрації в джерелі виникнення, тоді застосовують такі методи зниження вібрації:

- балансування роторів (валів);
- усунення надмірних люфтів та зазорів, що забезпечується періодичним оглядом машин та механізмів;
- вібродемпферування, в основу якого покладено збільшення активних втрат у коливних системах;
- віброгасіння;
- віброізоляцію (на віброізолюючих опорах), виконують шляхом введення в систему додаткової пружної маси, яка перешкоджає впливу від машини на другі елементи конструкції.

Зниження вібрації досягається шляхом вибору технологічних процесів та робочих режимів з урахуванням частот власних коливань машин та механізмів.

Відносно джерела збудження вібрації методи колективного захисту поділяються на методи, котрі знижують параметри вібрації впливом на джерело збудження, а також ті, котрі знижують параметри вібрації в напрямку її поширення.

Для віброізоляції стаціонарних машин використовують віброізолювальні отвори у вигляді прокладок або пружин. Однак можлива їх комбінація. Комбінований віброізолятор поєднує пружинний віброізолятор з пружинною прокладкою. Пружинний віброізолятор пропускає високочастотні коливання, а комбінований забезпечує великий діапазон коливань, що гасяться. Пружинні елементи можуть бути металевими, полімерними, волокнистими тощо.

Персонал, який працює із вібронебезпечними процесами повинен вдягати спеціальний одяг, спеціальне взуття.

Освітлення, що відповідає гігієнічним вимогам, сприяє підвищенню продуктивності праці, створює гарний психологічний тонус, відповідний настрій і самопочуття, запобігає загальній втомі організму, впливає на обмін речовин, серцево-судинну систему, знижує кількість нещасних випадків.

Слід зазначити, що світло має надзвичайно важливе значення для життєдіяльності людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій та на фізіологічні процеси в організмі людини. Відомо, що нормальне освітлення тонізуюче діє, викликає гарний настрій, покращує діяльність вищої нервової системи людини.

Раціонально влаштоване освітлення виробничих приміщень позитивно впливає на працівників, підвищує ефективність та безпеку праці, знижує втому, забезпечує високу працездатність.

Природне освітлення має здатність знезаражувати повітря, питну воду, продукти харчування.

Санітарні та гігієнічні норми щодо виробничого освітлення, базуються на психологічних особливостях сприйняття світла та його вплив на організм людини:

- спектральний склад світла, який забезпечується електричним джерелом, повинен бути близьким до сонячного;
- рівень освітлення повинен бути достатнім і відповідати гігієнічним нормам, які враховують зорові роботи;
- освітлення повинно забезпечувати рівномірність та стабільність світла у приміщенні, щоб запобігати частоті переадаптації та втоми зору.

Надійність та ефективність джерел природного і штучного освітлення залежить від своєчасності і ретельності їх обслуговування. Забруднення скла світлових отворів, ламп та світильників може знизити освітленість приміщень у кілька разів. Тому вікна треба мити не рідше двох разів у рік для приміщень з незначним виділенням пилу і не рідше чотирьох разів – при значному виділенні пилу.

Гігієнічними нормами вимагається максимально використовувати природне освітлення, оскільки денне світло краще сприймається органами зору.

Вибір того чи іншого способу захисту від дії електромагнітних випромінювань залежить від робочого діапазону частот, характеру виконуваних робіт, напруженості та щільності потоку енергії ЕМП, необхідного ступеня захисту.

До числа заходів зменшення впливу на працівників ЕМП належать: організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Рівні ЕМП необхідно контролювати не рідше 1 разу на рік. Якщо вводиться в дію новий об'єкт або здійснюється реконструкція старих об'єктів, то заміри рівня електромагнітних випромінювань проводяться перед введенням їх в експлуатацію.

Вибір того чи іншого способу захисту від дії електромагнітних випромінювань залежить від робочого діапазону частот, характеру виконуваних робіт, напруженості та щільності потоку енергії ЕМП, необхідного ступеня захисту.

До числа заходів зменшення впливу на працівників ЕМП належать: організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Рівні ЕМП необхідно контролювати не рідше 1 разу на рік. Якщо вводиться в дію новий об'єкт або здійснюється реконструкція старих об'єктів, то заміри рівня електромагнітних випромінювань проводяться перед введенням їх в експлуатацію.

Електробезпека на виробництві забезпечується відповідною конструкцією електроустановок, застосуванням технічних способів та засобів захисту; організаційними та технічними заходами.

Конструкція електроустановок повинна відповідати умовам експлуатації, забезпечувати захист персоналу від дотику із струмоведучими і рухомими частинами та від попадання всередину обладнання сторонніх предметів і води.

Забезпечення електробезпеки від випадкового дотику до струмоведучих частин досягається такими способами та засобами: захисні огорожі; ізоляція струмоведучих частин; застосування малих напруг; електричний розподіл мережі; захисне заземлення; захисне занулення; захисне відключення; захист від небезпеки при переході напруги з вищої сторони на нижчу; компенсація струмів замикання на землю; ізолюючі захисні та охоронні засоби; організація безпечної експлуатації електроустановок.

Технічними заходами щодо забезпечення електробезпеки робіт є:

- відключення ремонтованої електроустаткування і вживання заходів проти випадкового його включення;
- установка тимчасових огорож токоведучих частин і вивішування заборонних плакатів не "включати - працюють люди" або не "включати – роботи на лінії";
- приєднання переносного заземлення до заземлюючої шини стаціонарного заземлюючого пристрою і перевірка відсутності напруги на токоведучих частинах, які для безпеки виробництва робіт підлягають замиканню накоротко і заземленню;
- накладення переносних заземлень на відключені токоведучі частини електроприводу відразу після перевірки відсутності напруги або включення спеціальних заземлюючих роз'єднувачів;
- огорожа робочого місця і вивішування на огорожі дозволяючий напис "Працювати тут".

Ці технічні заходи виконує допущений до роботи з числа оперативного ремонтного персоналу з кваліфікаційною групою не нижче III по дозволу особи, що віддає розпорядження на виробництво робіт.

Для запобігання аварій роботи по терміновому усуненню несправностей виконуються оперативно - ремонтним персоналом без наряду.

Безпека роботи в електроустановках забезпечується вживанням електротехнічних засобів захисту.

При роботі з електричними ланцюгами напругою до 1000 В застосовуються наступні основні захисні засоби:

- діелектричні рукавички;
- вимірювальні оперативні штанги;
- кліщі електровимірювань;
- показчики напруги;
- слюсарно-монтажний інструмент.

До додаткових захисних засобів в електроустановках нижче 1000 В відносять галоші, гумові килимки, ізолюючі підставки.

Всі електротехнічні захисні засоби періодично проходять перевірку, і на них указується термін безпечного вживання.

ВИСНОВКИ

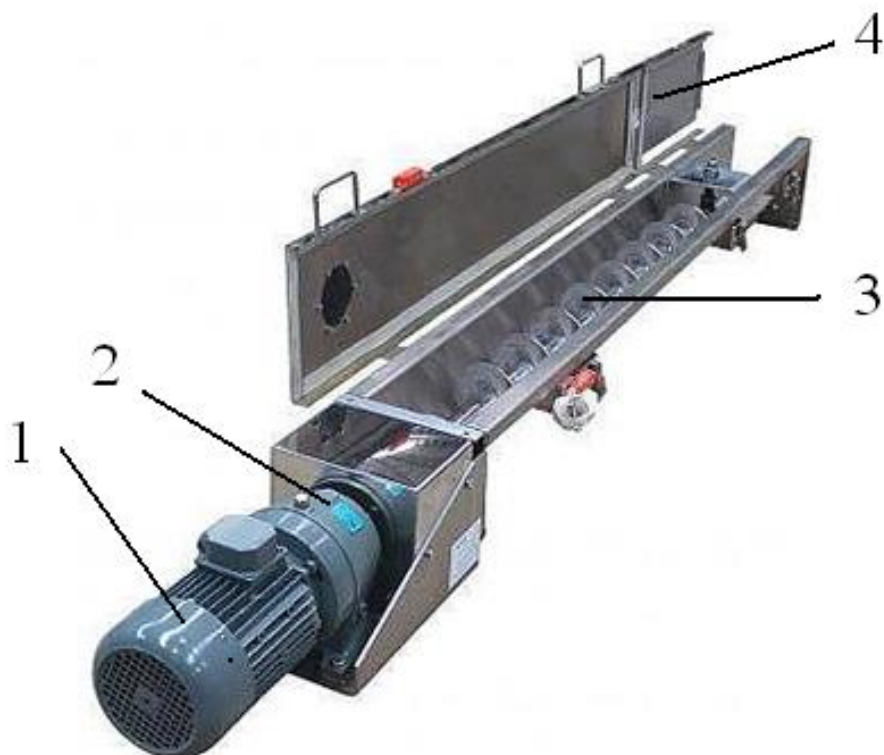
Основною задачею дипломної роботи була автоматизація шнекового конвеєру. Основні результати дипломної роботи можна визначити слідуючим чином:

- завдяки проведеному аналізу всіх конструкцій конвеєрів, які існують у вітчизняній та закордонній промисловості визначено, що самим ефективним способом підвищення продуктивності шнекового конвеєра є застосування системи автоматичного керування;
- визначено, що продуктивність конвеєра в основному залежить від швидкості транспортування, і властивостей сипкого продукту;
- на основі вивчення і аналізу кінематичної схеми шнекового конвеєра та режимів його роботи було визначено, що регулювання швидкості можна здійснити на основі асинхронного електропривода з асинхронним електродвигуном серії AIP160M4 потужністю 18,5 кВт;
- обрана система керування швидкістю асинхронного електропривода з регулюванням напруги на статорі, яка забезпечить регулювання швидкості в технологічному діапазоні;
- для оцінки показників якості керування проектованої системи було проведене моделювання, результатом якого є крива перехідного процесу. Отримані показники якості управління, які задовольняють показникам поставленим у задачі дослідження: $t_{\max} = 0,24 \text{ с}$, перехідний процес має експоненційну форму.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

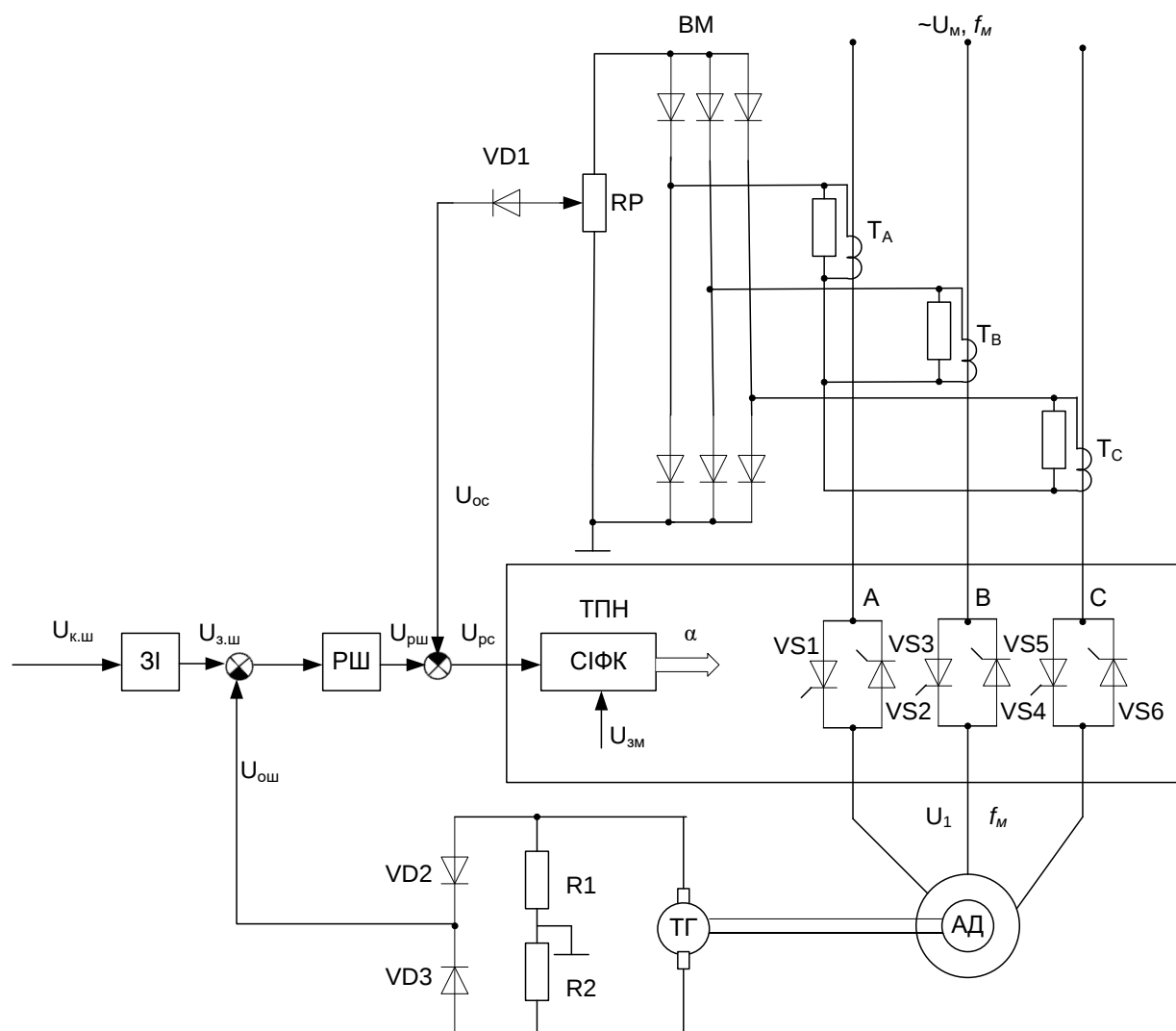
1. Довідник робітника елеваторної промисловості А.Е. Юкши, Е.С. Хувес. – Москва: “Колос”, 1983. – 305 с.
2. Проектування підйомно-транспортних установок: Навчальний посібник Степигін В.І. – Москва: “Машинобудування”, 2005. – 288 с.
3. Довідник по електричним машинам. Під загальною редакцією І.П. Копилова і Б.К. Клокова. Том 1: Москва: Енергоатомвидав., 1988. – 456 с.
4. Система керування електроприводів В.М. Терехов, О.І. Осипов. Підручник для вузів. – М.: Видавничий центр “Академія”, 2005. – 304 с.
5. Фоменко А.М., Шарейко Д.Ю. Комплектні електроприводи: У 3 ч. Ч. 1: Аналогові комплектні електроприводи: Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2010. – 144 с.
6. Фоменко А.М., Шарейко Д.Ю. Комплектні електроприводи: У 3 ч. Ч. 2: Цифрові комплектні електроприводи: Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2014. – 142 с.
7. Комплектні електроприводи. Ч. 3. Сервоелектроприводи [Електронний ресурс] : навч. посібник : електрон. вид. комбін. використання на DVD-ROM. У 3 ч. Ч. 3 Сервоелектроприводи / І. С. Білюк, Д. Ю. Шарейко, А. М. Фоменко, О. В. Савченко; – Електрон. дані. – Миколаїв : НУК, 2018. – Назва з етикетки диска.
8. Ловыгин А.А., Васильев А.В., Кривцов С.Ю. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система. – М.: «Эльф ИПР», 2006, 286 с.
9. Белов, М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М. П. Белов, В. А. Новиков, Н. Л. Рассудов; учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 3-е изд., испр. – М. : Издательский центр "Академия", 2007. – 576 с.

Додаток А
Мультимедійна презентація

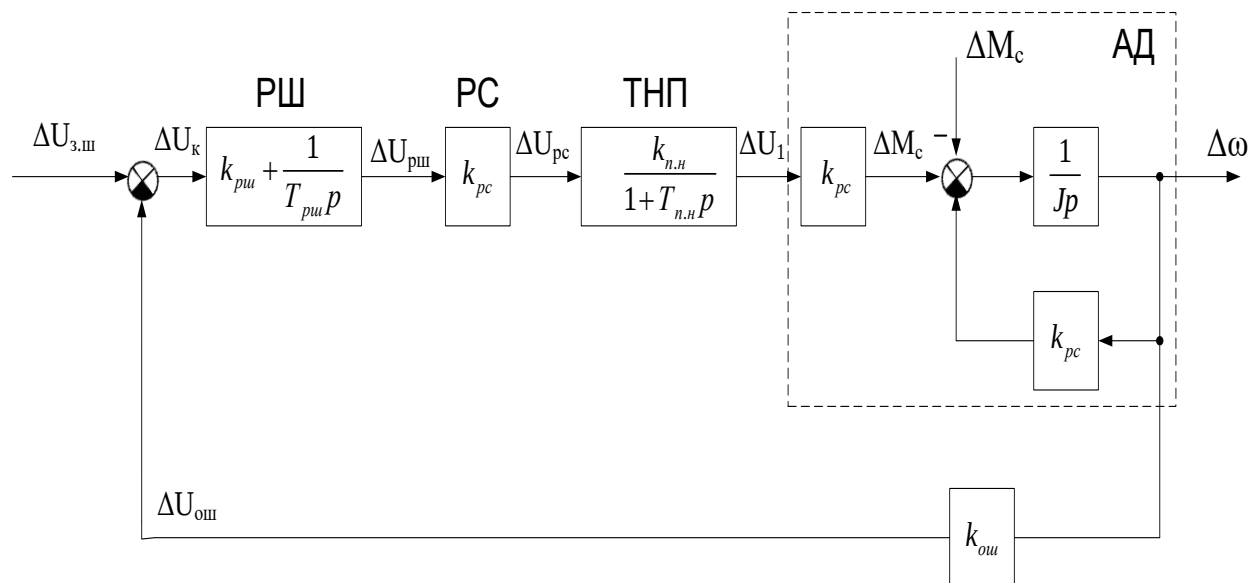


Загальний вигляд шнекового конвеєра

Рисунок А.1 – Слайд 1 мультимедійної презентації

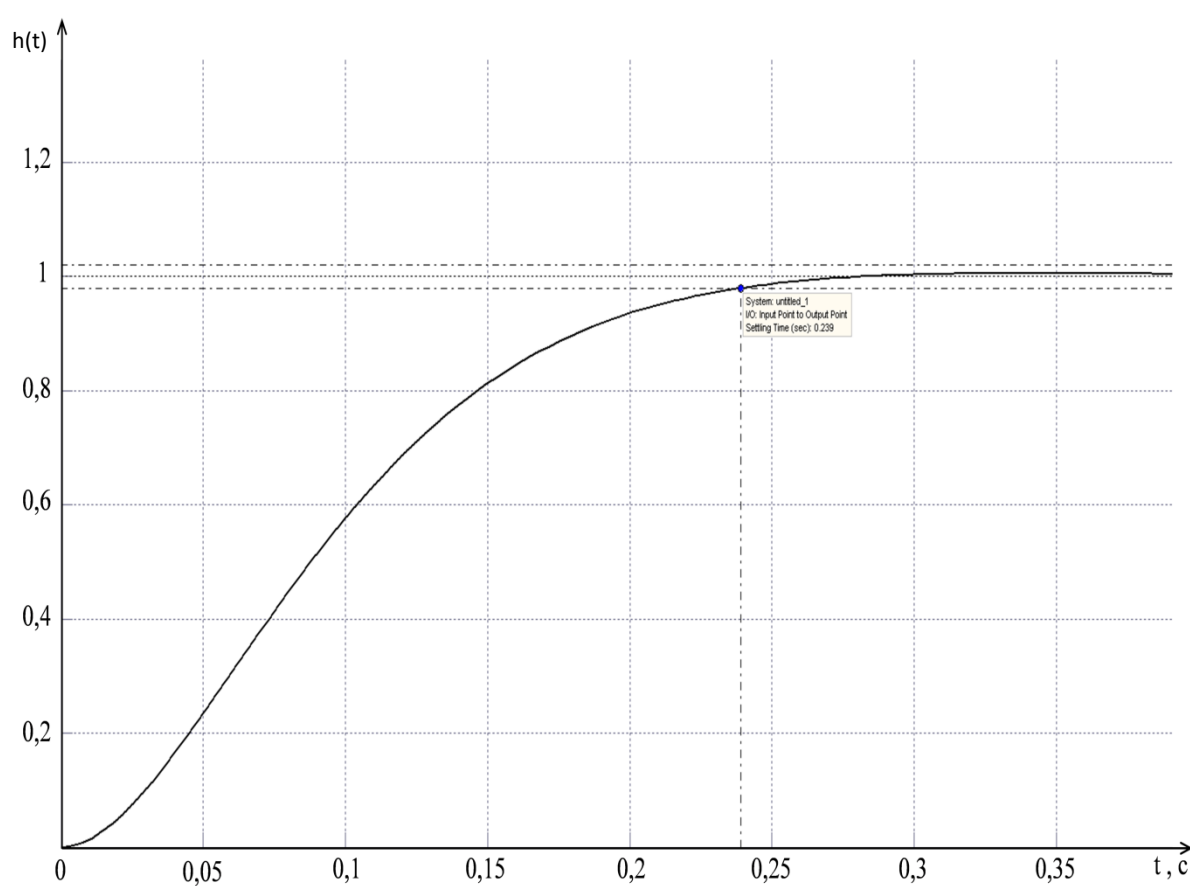
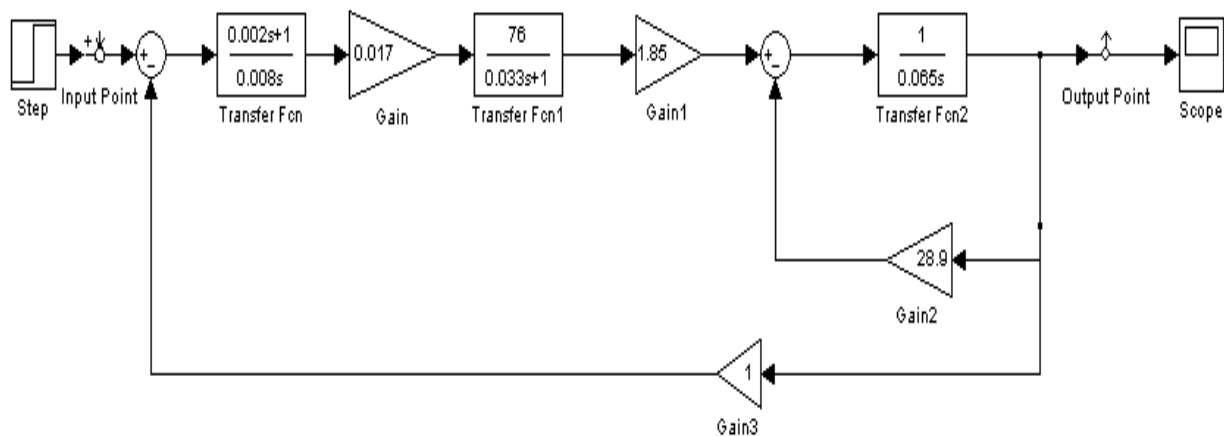


Функціональна схема системи керування швидкістю



Математична модель асинхронного електропривода з регулюванням швидкості

Рисунок А.3 – Слайд 3 мультимедійної презентації



Розрахункові результати

Рисунок А.4 – Слайд 4 мультимедійної презентації