

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматичної, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему Розроблення та проєктування електропривода з програмованим логічним контролером для установок нафтопереробної промисловості

Виконав: студент 6 курсу, групи 601МЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Шкурін М.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник Трет'як А.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Галай В.М.
(прізвище та ініціали)



Полтава - 2023 рік

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматичної,
електроніки та телекомунікацій


О.В. Шефер

“ 04 ” вересня 2023р.

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шкуріну Максиму Ігоровичу

1. Тема проекту (роботи) «Розроблення та проектування електропривода з програмованим логічним контролером для установок нафтопереробної промисловості»
керівник проекту (роботи): Трет'як Андрій Валерійович, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від “04” 09 2023 року № 986-фа
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 13.12.2023 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технологічна документація на відцентровий насос. Система програмно-логічного контролера двигуна. Алгоритм роботи розробленого двигуна.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Огляд та аналіз електроприводів та їх систем керування у нафтопереробній промисловості. Аналіз можливості та доцільності застосування програмнокерованого електроприводу у галузі. Проектування електроприводу. Експериментальні роботи електропривода що розроблено. Рекомендації та перспективи подальших досліджень. Висновки по роботі.

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

- 1) Електромеханічні характеристики двигуна;
- 2) Механічні характеристики двигуна;
- 3) Алгоритм функціонування двигуна;
- 4) Алгоритм функціонування системи управління;
- 5) Алгоритм функціонування віртуального пульта управління;
- 6) Алгоритм роботи автоматизованої системи управління технологічним процесом;
- 7) Плакати дослідної частини

6. Дата видачі завдання 02.10.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

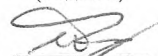
Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
1	Вступ	11.10.23		15%	
2	Огляд та аналіз електроприводів та їх систем керування у нафтопереробній промисловості.	18.10.23	I	30%	
3	Аналіз можливості та доцільності застосування програмнокерованого електроприводу у галузі.	25.10.23		40%	
4	Проектування електроприводу.	14.11.23	II	60%	
5	Експериментальні роботи електропривода що розроблено.	28.11.23		80 %	
6	Рекомендації та перспективи подальших досліджень. Оформлення висновків по роботі.	06.12.23		90%	
7	Оформлення магістерської роботи	13.12.23	III	100%	

Магістрант


(підпис)

Шкурін М.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Трет'як А.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ТА ЇХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ У НАФТОПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	5
1.1 Огляд технологій, що використовуються у нафтопереробній промисловості.....	5
1.2 Аналіз існуючих електроприводів та програмованих логічних контролерів у нафтопереробній промисловості.	11
1.3 Огляд сучасних тенденцій використання програмованих логічних контролерів у нафтопереробній промисловості	15
Висновки до розділу 1	21
РОЗДІЛ 2.АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОКЕРОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ У ГАЛУЗІ	22
2.1. Опис програмованих логічних контролерів та їх застосування	22
2.2. Огляд основних компонентів електроприводу.....	27
2.3. Принцип роботи програмованого електроприводу	33
Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3.ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	39
3.1 Вибір обладнання та компонентів для електроприводу	39
3.2 Проектування апаратної частини електроприводу	45
3.3 Проектування програмного забезпечення для програмованого логічного контролера.....	49
3.4 Інтеграція програмованого логічного контролера з електроприводом.....	52

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЩО РОЗРОБЛЕНО	55
4.1. Проведення випробувань розробленого електроприводу	55
4.2. Аналіз результатів та їх інтерпретація.....	60
РОЗДІЛ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	64
5.1. Рекомендації щодо використання розробленого електроприводу в нафтопереробній промисловості	64
ВИСНОВКИ.	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	72
ДОДАТКИ.	74
ДОДАТОК 1. ПЕРЕКЛАД РОЗДІЛУ 1 АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ ...	74
CHAPTER 1. OVERVIEW AND ANALYSIS OF ELECTRIC DRIVES AND THEIR CONTROL SYSTEMS IN THE PETROLEUM REFINING INDUSTRY	74
1.1 Review of Technologies Used in the Petroleum Refining Industry	74
1.2 Analysis of Existing Electric Drives and Programmable Logic Controllers in the Oil Refining Industry.....	79
1.3. Overview of Modern Trends in the Use of Programmable Logic Controllers in the Oil Refining Industry	83
Conclusions for Section 1	88
ДОДАТОК 2. ТЕЗИ НАУКОВИХ ДОПОВІДЕЙ	89

ВСТУП

Сучасний індустріальний сектор стоїть перед низкою важливих викликів і завдань, серед яких особливе місце займає підвищення продуктивності та автоматизація процесів. У цьому контексті ефективні електроприводи, обладнані програмованими логічними контролерами (ПЛК)

Актуальність теми

Обумовлена швидкими змінами у виробничих технологіях та зростаючою конкуренцією на ринку. Досягнення високої продуктивності, зменшення витрат та підвищення якості продукції стають вирішальними факторами для підприємств нафтопереробної промисловості.

У наступних розділах дипломної роботи буде проведено аналіз існуючих електроприводів та програмованих логічних контролерів, розроблено концепцію та проект електроприводу з ПЛК, а також проведено експериментальні дослідження та аналіз результатів. Ця робота спрямована на вирішення актуальних завдань нафтопереробної промисловості та розвиток автоматизованих систем управління.

Аналіз досліджень та публікацій

Аналіз сучасних досліджень і публікацій в галузі нафтопереробки та електроприводів підкреслює актуальність нашої дипломної роботи. Дослідницькі роботи та наукові статті вже вказують на важливість підвищення ефективності та автоматизації процесів у нафтопереробній галузі. Цю проблему досліджували вчені такі як: Джон Сміт, Анна Коваленко, Марк Харріс та Наталя Шевченко.

Мета та об'єкт дослідження

Метою даної дипломної роботи є розробка ефективного електроприводу з програмованим логічним контролером для установок нафтопереробної промисловості. Об'єктом дослідження є сучасні технології в галузі електроприводів та їх застосування в нафтопереробних процесах.

Результати цього дослідження:

Результати можуть бути корисними для підприємств, що працюють у нафтопереробній промисловості, а також для науковців і інженерів, які цікавляться розвитком сучасних систем автоматизації та керування виробництвом.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ТА ЇХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ У НАФТОПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1 Огляд технологій, що використовуються у нафтопереробній промисловості

В Україні початкові нафтопереробні заводи виникли на Прикарпатті, території, яка тоді входила до складу Австро–Угорщини.

Свого найвищого пункту розвитку ця галузь досягла в Українській РСР у 1970–х роках, коли було зафіксовано найвищий обсяг видобутку нафти та газу.

Отриману продукцію промисловості активно використовують підприємства нафтохімічної галузі. Порівнюючи розвиток нафтопереробної промисловості в 1990 році та у 2000 році, виробничі обороти зменшилися на цілих 71%.

Неруйнівний контроль (НК) представляє собою важливий комплекс методів і технік, які широко використовуються у промисловості для оцінки властивостей матеріалів, компонентів, конструкцій і систем без необхідності пошкодження або знищення оригінальної частини.

Усецільний підхід НК охоплює використання фізичних, математичних, хімічних і біологічних наук, створюючи комплексний процес контролю та аналізу. Цей процес дозволяє проводити перевірку і тестування матеріалів та компонентів для виявлення характерних відмінностей, дефектів, а також розривів, які можуть бути як на поверхні, так і під поверхнею, при цьому зберігаючи цілісність і працездатність досліджуваного об'єкта.

У ролі важливого інструмента для забезпечення якості, неруйнівний контроль має вирішальне значення в різних галузях, таких як аерокосмічна промисловість, будівництво магістралей і мостів, нафтопереробна промисловість і енергетика. Він допомагає уникнути аварій і виробничих збоїв, які можуть завдати шкоди безпеці, надійності та довкіллю. Неруйнівний контроль є невід'ємною частиною всіх процесів і є фундаментальним етапом у забезпеченні якості і безпеки.

Для успішного використання цього методу важливо мати глибоке розуміння різних доступних методів, їх переваг і обмежень, а також бути знайомими з різними специфікаціями і стандартами, які регулюють процедури неруйнівного контролю.

Нафтопереробна промисловість використовує різноманітні технології для переробки нафти і газу на різні продукти. Ось кілька ключових технологій, які використовуються у цій галузі:

Дистиляція – це процес розділення суміші вуглеводнів на компоненти з різними кипіннями шляхом нагрівання і подальшого конденсації, який базується на фізичних властивостях речовин. В контексті нафтопереробки, дистиляція використовується для відокремлення різних фракцій сирової нафти, що мають різні температурні діапазони кипіння, з метою отримання продуктів заздалегідь визначеної чистоти та складу (Рис. 1.1).

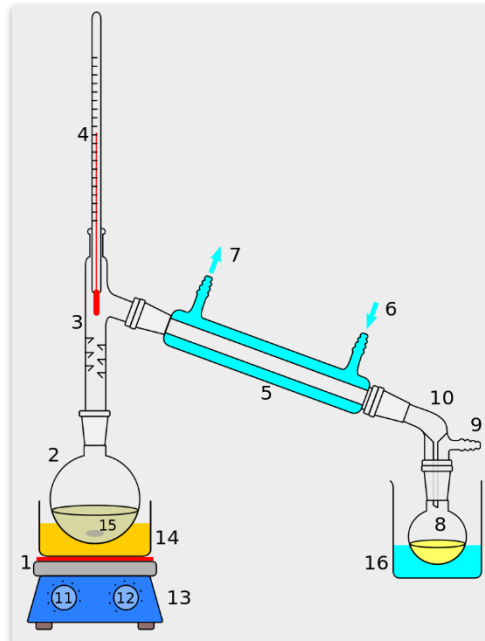


Рис. 1.1 – Процес дистиляції

1: Нагрівальний елемент 2: Перегонний резервуар 3: Перегонна трубка (цільнопаяний дефлегматор з насадкою Вюрца) 4: Термометр 5: Конденсатор (прямий (холодильник Лібіха)) 6: Подача холодної води 7: Відвід холодної води 8: Резервуар для дистиляту (приймник) 9: Газовідвідна трубка 10: Алонж 11: Регулятор температури 12: Регулятор швидкості перемішування 13: Нагрівальна установка 14: Нагрівальна баня 15: Магнітний або механічний перемішувач 16: Охолоджувальна баня

Крекінг – це хімічний процес розкладання важких вуглеводнів на більш легкі і корисні компоненти за участю каталізаторів та підвищених температур. У сфері нафтопереробки, крекінг використовується для підвищення виробництва бензину та інших високооктанових паливних продуктів шляхом розкладання важких органічних сполук.

Гідроочищення – це процес видалення небажаних домішок та забруднень з паливних матеріалів, таких як нафта, за допомогою каталізаторів та водню під підвищеним тиском та температурою. Гідроочищення сприяє зменшенню вмісту сірки, азоту та інших забруднювачів у продуктах нафтопереробки та покращенню якості кінцевого продукту.

Каталітичний реформінг – це процес, в якому молекули вуглеводнів перетворюються на більш високооктанові або більш корисні вуглеводні, такі як бензин, під впливом каталізаторів та водню. Каталітичний реформінг є важливим процесом для поліпшення якості пального, зокрема бензину, шляхом підвищення його октанового числа (Рис. 1.2).

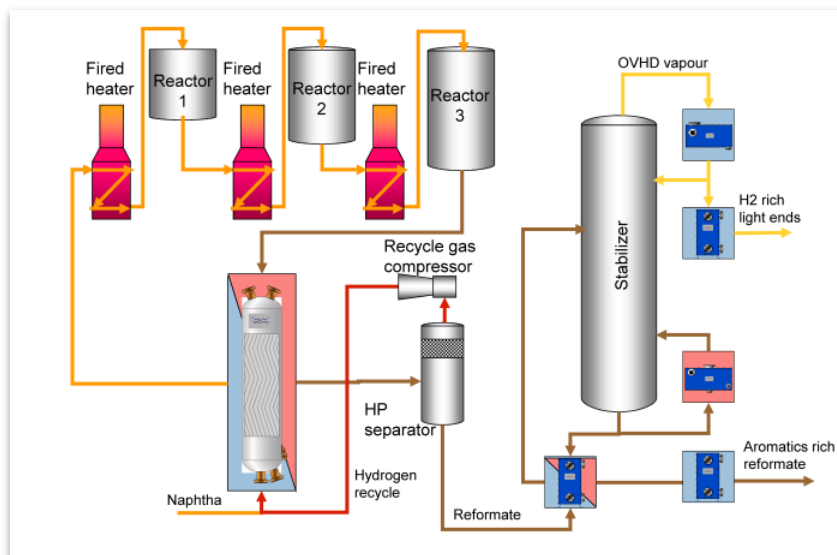


Рис.1.2 – Процес каталітичного реформінгу

Газифікація – це технологія перетворення вугільного або вуглеводневого сировини на синтетичний газ (син-газ), який складається з метану та інших газоподібних компонентів. Цей процес використовується для отримання водню, синтетичного палива та інших хімічних сировин для різних промислових застосувань.

Гідродесульфурація – це процес видалення сірки з нафти або інших вуглеводнів за допомогою каталізаторів та водню. Гідродесульфурація має на меті зниження вмісту сірки у паливних матеріалах, що допомагає зменшити емісії сірководню та сірчаних сполук в атмосферу, поліпшити якість палива та збільшити екологічну придатність продуктів нафтопереробки.

Нафтопереробна промисловість зазнає сталого розвитку і модернізації завдяки впровадженню нових технологій. Огляд технологій у

нафтопереробній промисловості є важливим аспектом розуміння сучасного стану галузі та можливостей для вдосконалення.

У цьому розділі буде проведено аналіз основних технологій, які використовуються в нафтопереробній промисловості. Серед них можуть бути:

Автоматизація виробництва: Роботизовані лінії виробництва, автоматизовані системи подачі сировини та виведення готової продукції, системи візуального контролю якості.

Інтернет речей (ІоТ): Використання датчиків та зв'язку між обладнанням для збору та аналізу даних про стан виробництва.

Штучний інтелект (АІ) та машинне навчання: Застосування АІ для прогнозування виробничих проблем, оптимізації процесів та прийняття рішень.

3D–друкування: Виробництво запчастин і компонентів за допомогою 3D–друкування, що дозволяє швидше реагувати на зміни виробничих потреб.

Енергоефективність: Впровадження технологій для зменшення споживання енергії виробництвом та підвищення його стійкості до змін в енергопостачанні.

Нафтопереробна промисловість є галуззю, яка постійно розвивається та активно впроваджує нові технології для підвищення продуктивності, якості продукції та зменшення впливу на навколишнє середовище. Огляд технологій, що використовуються у нафтопереробній промисловості, допоможе зрозуміти сучасний стан галузі та спрогнозувати її майбутній розвиток.

Однією з ключових технологій у нафтопереробній промисловості є автоматизація та роботизація виробничих процесів. Роботи, обладнані сенсорами та програмованими контролерами, можуть виконувати рутинні операції, такі як упаковка, сортування та навіть якісний контроль. Це дозволяє знизити витрати на працю, підвищити продуктивність та знизити ризик виробничих помилок.

Впровадження технології Інтернету речей (IoT) дозволяє збирати дані з різних пристроїв та обладнання в режимі реального часу. Датчики та зв'язок між об'єктами дозволяють моніторити стан устаткування, вимірювати параметри виробництва та автоматизувати процеси обслуговування та ремонту.

Використання штучного інтелекту та машинного навчання в нафтопереробній промисловості дозволяє вдосконалювати процеси контролю, прогнозування та оптимізації. AI може автоматично аналізувати дані, виявляти аномалії та приймати рішення в реальному часі, що полегшує виробничий процес та забезпечує високу якість продукції.

Концепція "Індустрія 4.0" передбачає повну цифрову трансформацію виробничих підприємств. Вона включає в себе впровадження цифрових технологій, таких як облікові системи, хмарні рішення, великі дані (Big Data) та інші, для оптимізації виробничих процесів та прийняття рішень на основі даних.

Один із важливих напрямків розвитку нафтопереробної промисловості – це підвищення енергоефективності виробництва. Використання ефективних систем управління енергоспоживанням, впровадження зелених технологій та використання відновлювальних джерел енергії стають актуальними завданнями для більш сталого виробництва.

Загальний огляд технологій у нафтопереробній промисловості свідчить про те, що галузь стежить за сучасними тенденціями в індустрії та активно впроваджує нові рішення для підвищення ефективності та конкурентоспроможності. Враховуючи ці технологічні інновації, можливо розробити більш ефективні системи електроприводів з програмованими логічними контролерами для оптимізації виробничих процесів у нафтопереробній промисловості.

1.2 Аналіз існуючих електроприводів та програмованих логічних контролерів у нафтопереробній промисловості.

Аналіз існуючих електроприводів та програмованих логічних контролерів у нафтопереробній промисловості є важливим етапом для покращення ефективності та надійності виробничих процесів. Нафтопереробна промисловість використовує різноманітні обладнання, яке вимагає точного керування та моніторингу, і електроприводи разом з програмованими логічними контролерами відіграють ключову роль у цьому процесі. Нижче подано основні етапи аналізу цих систем у нафтопереробній промисловості.

Перший етап – це збір і огляд існуючих електроприводів у нафтопереробних установках. Це включає в себе типи електродвигунів, редукторів, систем керування і моніторингу, а також програмованих логічних контролерів, які використовуються для керування обладнанням.

Наступним кроком є технічний аналіз існуючих електроприводів та програмованих логічних контролерів. Це включає в себе оцінку технічних характеристик, продуктивності, ефективності і надійності систем. Також важливо визначити, які сучасні технології та інновації можуть бути використані для покращення існуючих систем. Важливим аспектом є аналіз продуктивності та надійності існуючих систем. Це включає в себе вивчення

частоти відмов, часу простою обладнання, ресурсів обладнання та потенційних зон ризику. Цей аналіз допоможе визначити, де можуть бути поліпшення та оптимізація.

Вивчення сучасних трендів і інновацій у галузі електроприводів і програмованих логічних контролерів є ключовим для покращення систем. До цих трендів можуть входити використання інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), облікових систем, які підвищують ефективність і надійність систем. Після аналізу існуючих систем слід визначити конкретні вимоги і специфікації для розробки та впровадження покращених електроприводів та програмованих логічних контролерів, які відповідали б потребам нафтопереробної галузі. Проведення порівняльного аналізу існуючих систем з сучасними технологіями та стандартами, щоб визначити переваги та недоліки існуючих систем і можливості для покращення ефективності та надійності.

Вивчення практичних випадків впровадження програмованих логічних контролерів та сучасних електроприводів у нафтопереробній промисловості допоможе зрозуміти, які практичні вигоди можуть бути отримані від таких систем.

Цей аналіз допоможе нафтопереробній промисловості зрозуміти, як покращити ефективність та надійність своїх систем електроприводів і програмованих логічних контролерів, щоб вони відповідали потребам галузі.

Після визначення можливих покращень у системах електроприводів та програмованих логічних контролерах важливо провести оцінку економічної доцільності цих заходів. Це включає в себе розрахунок витрат на модернізацію та очікувані прибутки від покращень у продуктивності та надійності. На цьому етапі потрібно розробити детальний інженерний проект, який включає в себе специфікації обладнання, схеми підключення, плани

монтажу, а також розробку програмного забезпечення для програмованих логічних контролерів. Після розробки проекту настав час для впровадження нових систем. Це включає в себе монтаж обладнання, налаштування програмного забезпечення і проведення тестів для перевірки працездатності та відповідності вимогам. Останнім етапом є постійний моніторинг роботи систем, аналіз їхньої продуктивності та надійності і вдосконалення систем на основі отриманих даних.

Визначення ключових параметрів: Для аналізу існуючих електроприводів і програмованих логічних контролерів слід визначити ключові параметри, такі як потужність, швидкість, точність, надійність та інші, які впливають на продуктивність системи.

Для аналізу існуючих електроприводів і програмованих логічних контролерів у нафтопереробній промисловості важливо визначити ряд ключових параметрів, які впливають на ефективність, надійність та продуктивність системи. Ось деякі з них:

Потужність (Power): Потужність електроприводу визначає його здатність виконувати роботу, зокрема, піднімати великі навантаження або приводити в рух обладнання з високою інерцією. Вимірюється в кількості енергії, що витрачається за одиницю часу (наприклад, ватах або кіловатах).

Швидкість (Speed): Швидкість руху приводу важлива для регулювання та контролю процесів. Різні додатки можуть вимагати різну швидкість обертання або переміщення.

Точність (Precision): Точність визначає, наскільки точно привід може виконувати задачі і управляти обладнанням. Це особливо важливо в додатках, де потрібна велика точність, наприклад, у лабораторних установках або управлінні хімічними процесами.

Надійність (Reliability): Надійність вказує на ступінь, з якою електропривід може працювати без відмови чи збою. Вона враховує міжнародні часи міжвідмовності та імовірність відмови.

Ефективність (Efficiency): Ефективність визначає, наскільки добре привід перетворює вхідну енергію на корисну роботу і якість управління системою. Це може включати в себе втрати енергії, які можуть бути неприйнятними в деяких додатках.

Життєвий цикл (Lifecycle): Деякі системи вимагають електроприводів, які мають тривалий життєвий цикл і не вимагають частої заміни або обслуговування.

Інтерфейси (Interfaces): Система електроприводів повинна відповідати іншому обладнанню і мати сумісність з іншими компонентами системи керування.

Споживана потужність (Power Consumption): Важливо враховувати, наскільки багато електроенергії використовується приводом, оскільки це може вплинути на ефективність та економічність виробництва.

Вартість (Cost): Вартість електроприводу та програмованого логічного контролера також є важливою. Вона включає в себе вартість обладнання та витрати на встановлення та обслуговування.

Відповідність стандартам (Compliance): Система повинна відповідати вимогам і стандартам промислової безпеки та якості.

Оцінка стану обладнання є важливим етапом в нафтопереробній промисловості, оскільки дозволяє вчасно виявляти можливі проблеми, уникати аварій і забезпечувати безперебійну роботу обладнання. Для оцінки стану обладнання використовують різні методи і інструменти. Перший крок – це візуальний огляд обладнання. Оператори та технічний персонал

спостерігають за станом обладнання, виявляють видимі ознаки зносу, пошкоджень або витоків. Вимірювання різних параметрів, таких як температура, тиск, вібрація, рівень шуму тощо, може надати інформацію про робочий стан обладнання. Величини, такі як продуктивність, споживана потужність, температура робочих середовищ, можуть бути оцінені для виявлення аномалій. Вимірювання вібрації може допомогти виявити проблеми з підшипниками та іншими рухомими частинами обладнання. Термографічний аналіз використовує інфрачервону термографію для виявлення аномалій у тепловому режимі обладнання. Впровадження програмованих логічних контролерів (ПЛК) і системи Інтернету речей (IoT) дозволяє автоматизувати процес моніторингу та отримувати дані в реальному часі для аналізу. Зібрані дані аналізуються з використанням спеціалізованого програмного забезпечення для виявлення аномалій та прогнозування можливих відмов.

Оцінка стану обладнання є невід'ємною частиною програм обслуговування та управління нафтопереробними установками, сприяючи підвищенню ефективності та надійності виробництва.

До нього також ще входять і оцінка витрат на паливо та енергію, вплив на довкілля та аналіз суміжних технологій.

1.3 Огляд сучасних тенденцій використання програмованих логічних контролерів у нафтопереробній промисловості

Сучасні програмовані логічні контролери стають все більш потужними та функціональними. Огляд сучасних тенденцій у використанні ПЛК у нафтопереробній промисловості допоможе з'ясувати, які нові можливості вони вносять у галузь.

Серед сучасних тенденцій можуть бути:

Інтеграція з хмарними системами: Можливість зберігання та аналізу даних з ПЛК у хмарних обчисленнях, що дозволяє віддалено моніторити та керувати виробництвом.

Збільшена безпека та кіберзахист: Розвиток заходів з кіберзахисту для захисту ПЛК від потенційних атак та вразливостей.

Застосування штучного інтелекту: Використання AI для автоматичного визначення аномалій у роботі обладнання, передбачення збоїв та оптимізації процесів.

Інтерактивність та інтерфейси користувача: Розвиток інтерактивних інтерфейсів для програмування та моніторингу ПЛК, що полегшує роботу операторів та інженерів.

Цей огляд технологій та тенденцій допоможе встановити основи для подальшого дослідження та розробки електроприводу з програмованим логічним контролером для нафтопереробної промисловості.

Стан справ у галузі автоматизації технологічних процесів постійно еволюціонує, та на сучасний момент виокремлюються декілька ключових напрямків, які базуються на мікропроцесорних рішеннях промислової автоматики [1, 2]. Серед них особливе місце відводиться розподіленим системам управління (Distributed Control System – DCS), програмованим логічним контролерам (Programmable Logic Controller – PLC) та PC-сумісним промисловим контролерам, які відомі як PC based control. Крім апаратних рішень, програмне забезпечення відіграє важливу роль у сфері автоматизації [3 – 21].

Напрямок DCS з'явився як наступник автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП), які були впроваджені на початку 80-х років на базі потужних (для свого часу) промислових ЕОМ. DCS спрямовані на створення єдиного розподіленого програмно-технічного середовища для АСУТП. Це призвело до вибору та розробки відповідного технічного, програмного та організаційного забезпечення для таких систем. Лідерами в цій області є компанії Honeywell, Fisher-Rosemount, Westinghouse. В Україні також є приклади успішної розробки таких систем, наприклад, програмно-технічні комплекси Уніконт. DCS є ефективними для автоматизації складних технологічних процесів з великою кількістю параметрів (декілька тисяч і більше).

У останні роки на ринку промислової автоматизації зросла популярність продукції таких компаній, як Octagon Systems, Advantech, Analog Devices та інших, відомих як PC based control або PC-сумісні контролери. Основною ідеєю цього напрямку є можливість використання стандартного обладнання ПК для створення прикладних програм для управління різними процесами. Це може бути або промислові комп'ютери з вбудованими модулями програмного забезпечення в різних конфігураціях, або окремі модулі програмного забезпечення, які можуть бути вбудовані в звичайні PC.

Один з основних напрямків використання мікропроцесорної техніки в системах управління нафтопереробними виробництвами – це використання промислових мікропроцесорних логічних контролерів (ПЛК). Поява ПЛК відзначається переважною спрямованістю на автоматизацію дискретних процесів та необхідністю заміни традиційних систем управління, які базувалися на релейно-контактних або безконтактних логічних системах. На відміну від них, ПЛК надають можливість зміни алгоритмів управління шляхом перепрограмування. Перший ПЛК, відомий як MoDiCon (Modular Digital Controller), був вперше використаний в автомобільній промисловості

США в 1968 році з метою заміни релейних систем управління. В подальшому, розробники вдосконалювали ПЛК, додавши різноманітні модулі входів–виходів, функціональні можливості та алгоритми аналогової обробки та регулювання.

Сучасні ПЛК підтримують різноманітні мережі та поля для обміну даними, а також використовують сучасні технології, такі як архітектура клієнт–сервер, стандарти від Microsoft (OPC, COM, DCOM, Active–X, Web–client) і багато інших. Вони перетворили системи, побудовані на базі ПЛК, у потужні розподілені системи управління, які конкурують з системами DCS в галузі автоматизації неперервних технологічних процесів. Однак, ПЛК зуміли зберегти головну перевагу – можливість оперативної зміни алгоритмів управління програмним шляхом. До цього додається доступність "технологічних" мов програмування, які спрощують створення, вдосконалення та модифікацію прикладних програм, що максимально відповідають потребам користувача.

Сьогодні мікропроцесорні технології в автоматизації технологічних процесів знаходяться на постійному розвитку, що відкриває безмежні можливості для покращення ефективності та якості виробництва в різних галузях промисловості.

Сучасні програмно–технічні комплекси для автоматизації систем управління технологічними процесами (АСУТП) дотримуються певних стандартів та структур, які спрощують їх розгортання та управління. Однією з основних структур є піраміда інтегрованої АСУ масштабу підприємства відповідно стандарту ISA–95. Ця піраміда визначає рівні ієрархії системи, починаючи від нижнього, де розташовані контролери та пристрої для збору даних, і закінчуючи верхнім, де розташовані супервізори та системи управління виробництвом на рівні підприємства.

На нижньому рівні реалізується неперервне та програмно–логічне регулювання, а також здійснюється збір та обробка даних з обладнання. Задачі цього рівня включають в себе забезпечення надійності та безпеки технологічних процесів.

На верхньому рівні розташовані супервізори, які відповідають за високорівневе управління та моніторинг технологічними процесами. Вони отримують дані з нижнього рівня і приймають стратегічні рішення щодо виробництва.

Окрім дворівневої структури, існують також три рівневі програмно–технічні комплекси, які використовують розподілену клієнт–серверну архітектуру для забезпечення більшої надійності та масштабованості.

Сучасні тенденції в розвитку програмно–технічних комплексів для АСУТП включають перехід від ієрархічної піраміди (за стандартом ISA–95) до розподіленої структури, використання кібер–фізичних систем, програмно крос–платформних SCADA–систем, апаратно крос–платформних промислових ПЛК та спільних DCS–платформ для SCADA–систем і промислових ПЛК. Ці зміни відкривають нові можливості для ефективного управління технологічними процесами та підвищення продуктивності.

Програмовані логічні контролери (ПЛК) мають значущу роль як складова частина систем управління технологічними процесами. Необхідно провести докладне розгляд їх функцій та характеристик.

Контролери, чи то програмовані логічні контролери (ПЛК), представляють собою апаратну платформу на нижньому рівні АСУТП. Вони замінюють традиційні регулятори та релейні схеми, надаючи можливість програмного керування процесами. Це спрощує налаштування та модифікацію алгоритмів управління.

Існують спеціалізовані (конфігурувані) та універсальні (вільно програмовані) ПЛК. Універсальні ПЛК дозволяють розробникам створювати власні програми для вирішення конкретних завдань управління.

Архітектура та структура ПЛК можуть варіюватися, але вони зазвичай мають модульну структуру, яка спрощує розширення та підтримку різних типів обладнання.

Для програмування ПЛК використовуються технологічні мови програмування, такі як ІЕС (МЕК) 61131–3. Ці мови дозволяють створювати логіку управління, включаючи мови LD (лінійна діаграма), FBD/CFC (функціональний блок/контактно–функціональна схема) та ST (структурований текст).

Панельні ПЛК надають можливість операторам взаємодіяти з системою та моніторити стан обладнання.

Сьогодні на ринку існують ПЛК від світових брендів та виробники в Україні. Тенденції розвитку сучасних ПЛК включають в себе використання операційної системи Linux, алармування даних, архівування даних, використання алгоритмів машинного навчання та багато інших інновацій, що спрямовані на підвищення ефективності та автоматизації промислових процесів.

Четверта промислова революція вносить об'єктивні зміни в термінологію та підходи до практичної промислової автоматизації, такі як використання терміну OM (Operations Management) для позначення менеджменту технологічних операцій та терміну OT (Operations Technologies) для позначення технологій автоматизації технологічних операцій. Також використовують термін OMI (Operations Management Interface) замість HMI/SCADA для позначення інтерфейсу взаємодії оператора з системою.

Висновки до розділу 1

На основі проведеного огляду та аналізу електроприводів та їх систем керування у нафтопереробній промисловості можна зробити кілька висновків.

По–перше, електроприводи є необхідною складовою частиною виробничого процесу нафтопереробних підприємств. Вони забезпечують приведення рухомого обладнання у дію, а також забезпечують його оптимальну роботу та контрольований процес.

По–друге, системи керування електроприводами в нафтопереробній промисловості дозволяють ефективно керувати роботою приводів. Вони забезпечують точність регулювання, стабільність потужності та швидкості, а також забезпечують безпеку роботи обладнання.

По–третє, велику увагу слід приділяти питанням енергоефективності електроприводів і систем їх керування. Впровадження сучасних технологій та економічних рішень може дозволити зменшити споживання електроенергії та витрати на її виробництво.

Зважаючи на це, важливо регулярно оновлювати старе обладнання та впроваджувати сучасні технології у галузі електроприводів. Крім того, слід постійно вдосконалювати системи керування, враховуючи нові вимоги технологій та нормативно–правову базу.

У цілому, огляд та аналіз електроприводів та їх систем керування в нафтопереробній промисловості свідчать про важливість цих компонентів виробничого процесу. Вдосконалення технологій та впровадження сучасних рішень можуть сприяти підвищенню ефективності роботи нафтопереробних підприємств та зменшенню витрат.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОКЕРОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ У ГАЛУЗІ

2.1. Опис програмованих логічних контролерів та їх застосування

Програмований контролер логіки (ПКЛ) є комп'ютером, спеціально розробленим для надійної роботи в агресивних промислових умовах, де виникають екстремальні температурні умови, вологість, сухість та пилові фактори. ПКЛ використовується для автоматизації різноманітних промислових процесів, таких як збірка виробничих ліній, обробка руди на гірничопромислових підприємствах чи очищення стічних вод на спеціалізованих спорудах.

У ПКЛ спостерігаються численні спільні риси з персональним комп'ютером (Рис. 2.1), який використовується в побуті. Вони обидва мають джерело живлення, центральний процесор (ЦП), входи та виходи (I/O), пам'ять і операційне програмне забезпечення, хоча це програмне забезпечення відрізняється від того, яке використовується на персональних комп'ютерах.

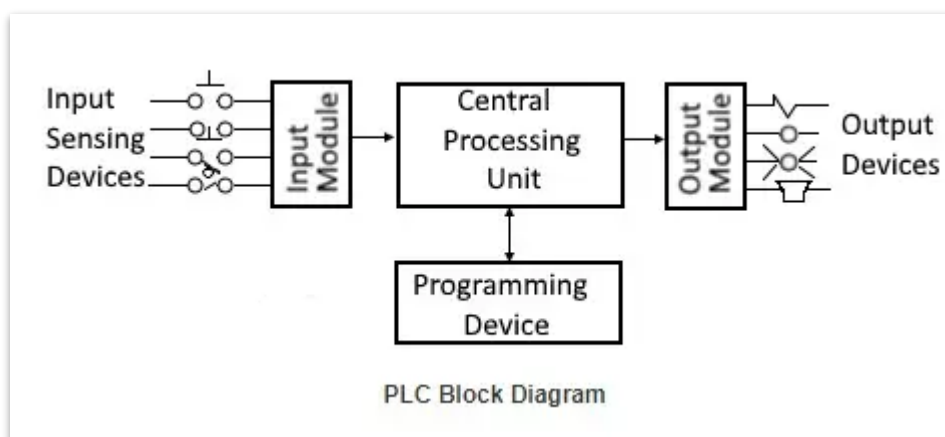


Рис. 2.1 – Структура ПКЛ

Головні відмінності полягають в тому, що ПКЛ здатен виконувати дискретні та безперервні функції, які недоступні для персональних

комп'ютерів, та в тому, що він набагато краще пристосований до важких умов промислового середовища. ПКЛ можна розглядати як "захищений" цифровий комп'ютер, який управляє електромеханічними процесами в промисловому оточенні.

ПКЛ відіграють вирішальну роль в сфері автоматизації і входять у складі системи SCADA. ПКЛ може бути програмований відповідно до вимог операційного процесу. У виробничому секторі часто виникає потреба в перепрограмуванні через зміну характеру виробництва. Для подолання цієї складності були розроблені системи управління на основі ПКЛ. Спочатку ми розглянемо основи функціонування ПКЛ, а потім розглянемо різноманітні застосування цих контролерів.

Робота програмованого контролера логіки (ПКЛ) може бути науково розглянута як циклічний метод сканування, відомий як скан–цикл. Процес сканування ПКЛ включає наступні етапи:

1. Операційна система запускає циклічний процес і починає моніторити час.
2. Центральний процесор (ЦП) розпочинає читання даних з модуля вводу та перевірку статусу всіх введених даних.
3. ЦП починає виконувати користувацьку або програму додатку, написану мовою схеми реле–драбинки або іншою мовою програмування ПКЛ.
4. Далі ЦП виконує всі внутрішні діагностичні та комунікаційні завдання.
5. Відповідно до результатів програми, він записує дані в модуль виведення, оновлюючи всі виводи.

Цей процес триває доти, доки ПКЛ перебуває в режимі роботи. Фізична структура ПКЛ

Архітектура ПКЛ майже ідентична архітектурі комп'ютера. Програмовані контролери логіки безперервно моніторять вхідні значення від різних пристроїв введення (наприклад, акселерометр, вагові пристрої, сигнали, отримані по проводам і т. д.) та генерують відповідні виводи в залежності від характеру виробництва та галузі. Типова блок–схема ПКЛ складається з п'яти частин:

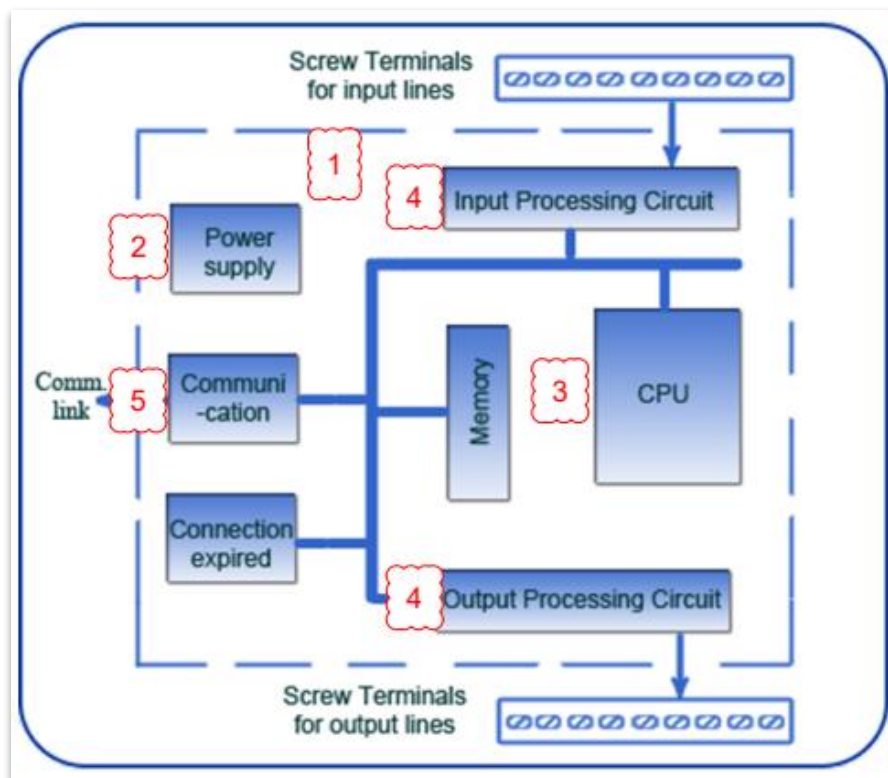


Рис. 2.2 – Типова блок–схема ПКЛ. 1. Стійка або шасі. 2. Модуль живлення. 3. Центральний процесор (ЦП). 4. Модуль вводу та виведення. 5. Модуль інтерфейсу комунікації.

Програмування ПКЛ

При використанні програмованого контролера логіки (ПКЛ) важливо розробляти та впроваджувати концепції, залежно від вашого конкретного випадку використання. Для досягнення цього ми спершу повинні докладніше дізнатися про специфіку програмування ПКЛ.

Програма ПКЛ складається з набору інструкцій у текстовому або графічному вигляді, які відображають логіку, що керує процесом, який

контролюється ПКЛ. Існують дві основні класифікації мов програмування ПКЛ, які поділяються на багато підкласів.

Текстова Мова

1. Мова інструкцій
2. Структурований текст

Графічний Вигляд

1. Схеми східців (LD) (тобто логіка східців)
2. Діаграма функціональних блоків (FBD)
3. Послідовна функціональна схема (SFC)

Хоча всі ці мови програмування ПКЛ можуть бути використані для програмування ПКЛ, графічні мови (наприклад, логіка східців) зазвичай вважаються більш бажаними за текстові мови (наприклад, структурований текст програмування).

Логіка східців

Логіка східців є найпростішою формою програмування ПЛК і також відома як "реле–логіка". Реле, що використовуються в системах з управлінням на основі реле, представлені за допомогою логіки східців. Нижче наведено приклад простої діаграми східців (Рис. 2.3).

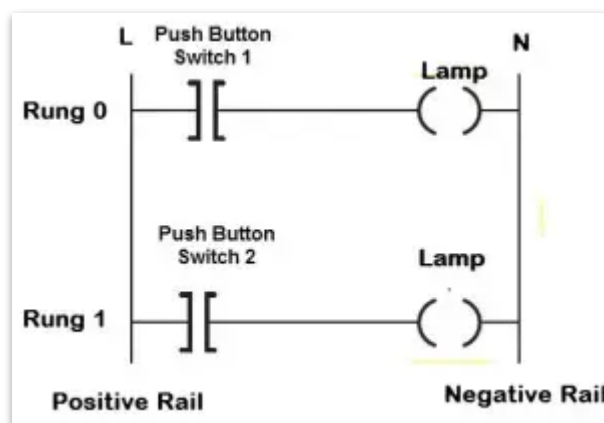


Рис. 2.3 – Логіка східців

У вищезгаданому прикладі для керування однією лампою використовуються два кнопкові перемикачі. При закритті хоча б одного з перемикачів лампа засвічується.

Дві горизонтальні лінії називаються сходишками, а дві вертикальні – рейками. Кожна сходишка утворює електричне з'єднання між позитивним рейлом (P) та негативним рейлом (N), що дозволяє струму пройти між вхідними та вихідними пристроями.

Діаграми функціональних блоків

Діаграма функціональних блоків (FBD) – це простий та графічний метод програмування різних функцій в ПКЛ. PLCOpen описав використання FBD в стандарті IEC 61131-3. Функціональний блок – це одиниця програмної інструкції, яка, виконуючись, дає одне або кілька вихідних значень.

Він представлений у вигляді блоку, як показано нижче (Рис. 2.4). Він представлений у вигляді прямокутного блоку з входами зліва та виходами, які залишаються справа. Він встановлює взаємозв'язок між станом входу та виходу.

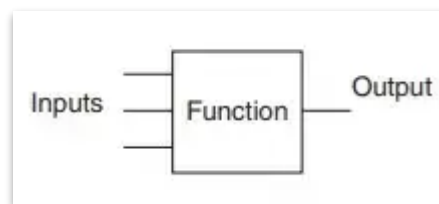


Рис. 2.4 – Функціональний блок

Перевагою використання FBD є можливість використовувати будь-яку кількість входів та виходів на функціональному блоку. При використанні кількох входів і виходів ви можете підключити вихід одного функціонального блоку до входу іншого, будуючи таким чином діаграму функціональних блоків.

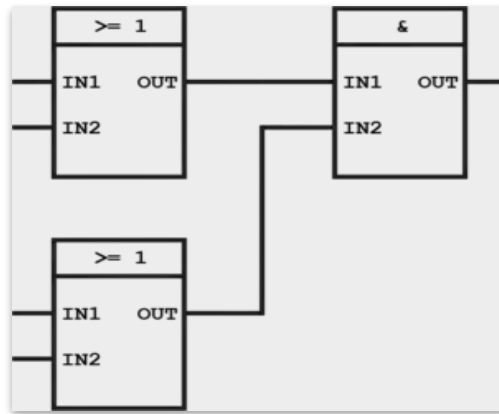


Рис. 2.5 – Приклад Діаграми Функціональних Блоків

На малюнку нижче (Рис.2.6) показані різні функціональні блоки, які використовуються в програмуванні FBD.

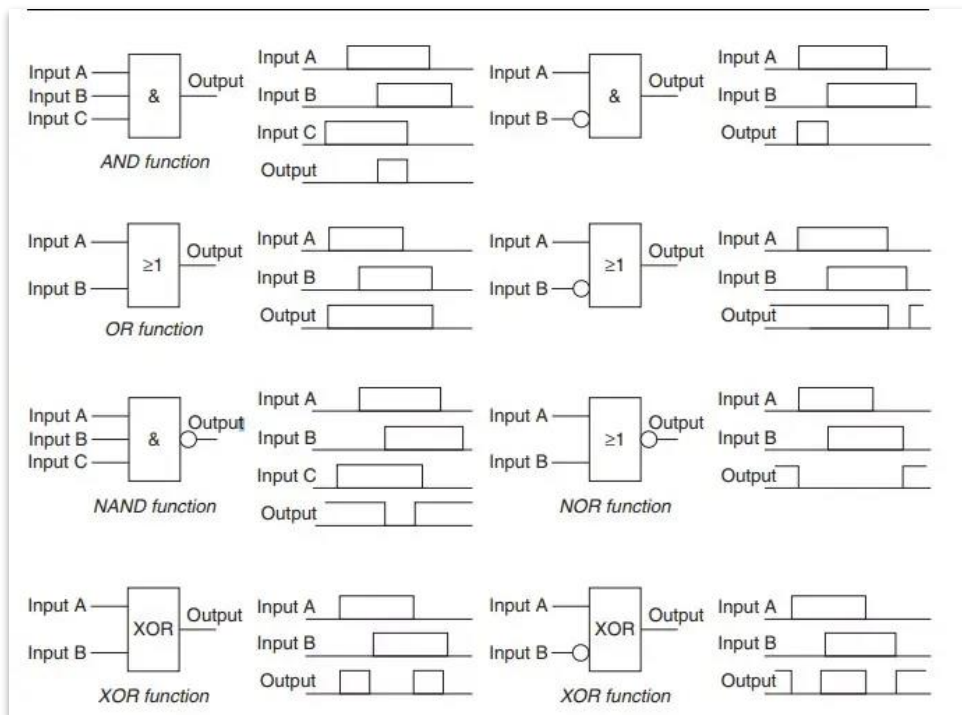


Рис. 2.6 – Програмування функціонального блока

2.2. Огляд основних компонентів електроприводу

У відповідності до термінології сучасних стандартів, електропривід можна визначити як електромеханічну систему, складену із компонентів, що включають електродвигун, пристрої для перетворення енергії, передачу та керування. Його призначення полягає в тому, щоб забезпечити рух виконавчих органів робочої машини і керувати цим рухом. Для досягнення

цих цілей, електропривід перетворює електричну енергію, яку отримує від джерела (будь то мережа електропостачання або автономний джерело), у механічну енергію.

Вироблена механічна енергія електроприводом передається виконавчим органам робочих машин і, за необхідності, регулюється відповідно до потреб технологічного процесу. Ця енергія дозволяє виконавчому органу виконувати необхідний механічний рух, такий як переміщення вантажів за допомогою піднімальних механізмів, обробка деталей на верстатах, подача повітря вентиляторами та інші операції виробничого та технологічного характеру.

Важливо зазначити, що в процесі роботи можливий обидвосторонній перетворення енергії, коли електропривід може перетворювати механічну енергію в електричну за допомогою пристроїв для перетворення. Таким чином, можна визначити призначення електроприводу як здійснення керованого процесу взаємного перетворення енергії (електричної на механічну та навпаки) з метою забезпечення руху виконавчого органу робочої машини або забезпечення руху приводу за допомогою робочої машини.

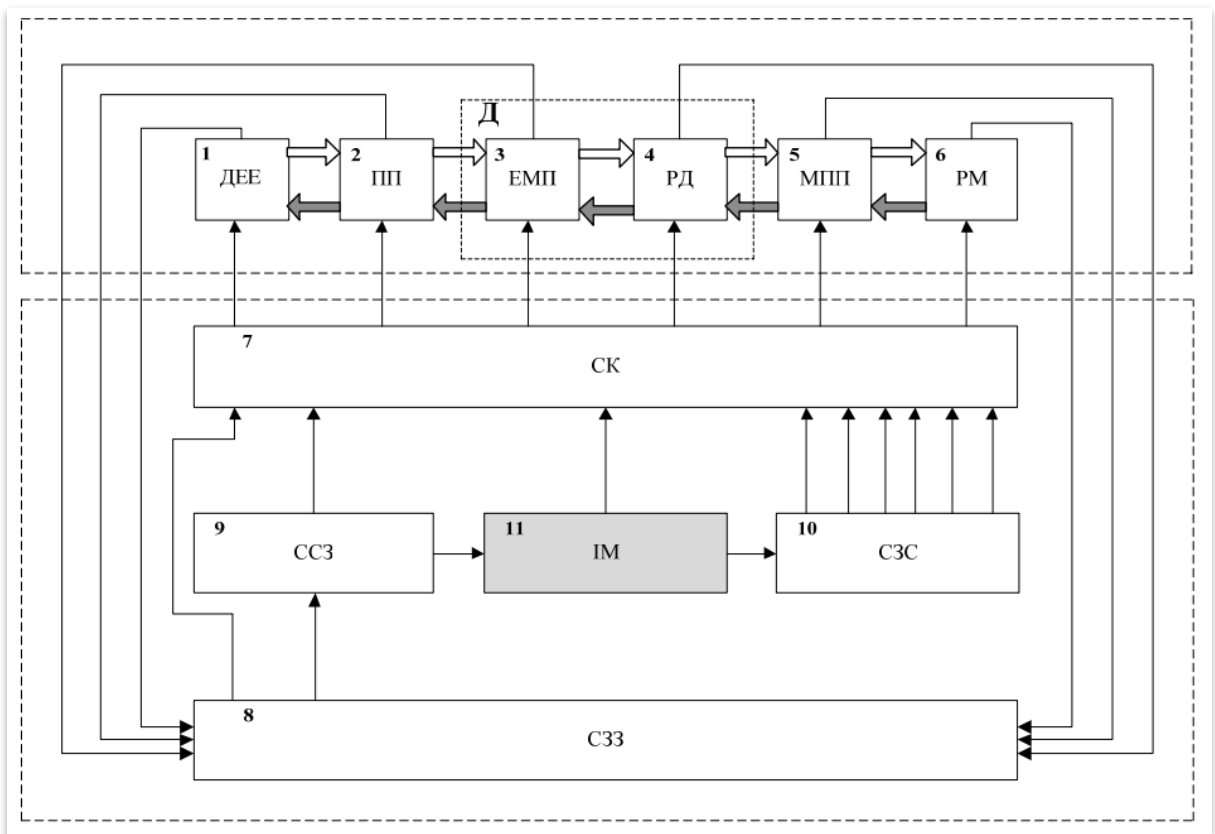


Рис. 2.7 – Структурна схема сучасного ЕП

На схемі (Рис. 2.7) використані наступні позначення:

1. ДЕЕ – джерело електричної енергії (мережа, автономне джерело, акумулятор);

2. ПП – перетворювальний пристрій, що застосовується для перетворення і регулювання параметрів електричної енергії, що надходить від ДЕЕ до двигуна (трансформатор, випрямляч, інвертор);

3. ЕМП – електромеханічний перетворювач електричної енергії в механічну або навпаки (статор двигуна);

4. РД – ротор двигуна – це сукупність двох елементів: безпосередньо електромеханічного перетворювача, що перетворює електричну енергію в механічну, і механічного елемента (рухомої частини двигуна), поданого масою ротора з моментом , що впливає на нього , і обертається з визначеною швидкістю;

5. МПП – механічний передавальний пристрій, що служить для узгодження руху електричного двигуна і виконавчого органу робочої машини і забезпечує зміну параметрів механічної енергії. У якості МПП можуть використовуватися різноманітні види передач (редукторні, ремінні і кривошипно–шатунні). У ряді випадків МПП відсутній, і електричний двигун безпосередньо з'єднується виконавчим органом ВО;

6. РМ – робоча машина (виконавчий орган робочої машини).

7. СК – система керування, за допомогою якої здійснюється управління процесом перетворення енергії. Вона виробляє керуючий сигнал у функції різноманітних сигналів;

8. СЗЗ – система зворотних зв'язків дозволяє отримати інформацію, від спеціальних сенсорів, про процеси перетворення енергії та реальні параметри механічного руху;

9. ССЗ – система сигналізацій та захистів дозволяє донести інформацію про роботу електроприводу та забезпечити необхідний захист і блокування при роботі ЕП;

10.СЗС – система задаючих сигналів виконує функцію взірцевого задавача необхідних параметрів;

11.ІМ – інтелектуальний модуль або оператор (людина).

У сфері електроприводу можна виділити два основних канали: *силовий та інтелектуально–інформаційний*.

Силовий канал, який позначено на схемі жирними стрілками, відповідає за передачу електроенергії після її перетворення.

Інтелектуально-інформаційний канал, показаний тонкими стрілками, відповідає за керування процесом перетворення енергії та збір інформації про стан системи, діагностику несправностей та інші функції.

Силовий канал можна поділити на дві складові: електричну та механічну. Електричний двигун є обов'язковим елементом силового каналу та виступає важливим компонентом обох частин каналу. Отже, відповідно до структури електроприводу, останній може бути визначений як електромеханічна система, що складається з електричних і механічних компонентів та призначена для реалізації керованого процесу взаємного перетворення електричної енергії в механічну та передачі її виконавчому органу робочої машини з метою надання останньому руху.

Класифікація систем електроприводу базується на різних параметрах, таких як вид струму, конструкція системи, вид руху, використаний для живлення двигуна, засоби розподілу механічної енергії та інші. Залежно від роду струму, що живить привідний двигун, існують електропривод постійного струму та електропривод змінного струму.

За методом розподілу механічної енергії можна виділити *груповий електропривід, індивідуальний електропривід та взаємозв'язаний електропривід (Рис. 2.8).*

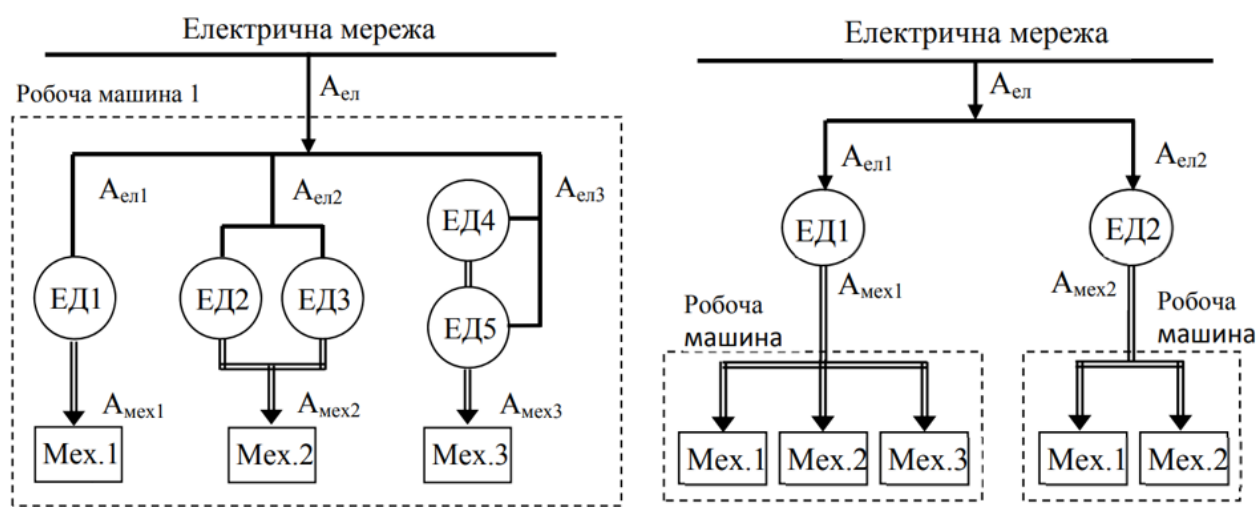


Рис. 2.8 – Індивідуальний, взаємозв'язаний та груповий електропривод

Груповий електропривід забезпечує рух виконавчих органів кількох робочих машин або декількох виконавчих органів однієї машини та використовує передачу механічної енергії за допомогою трансмісії.

Індивідуальний електропривід, натомість, передбачає окремий електродвигун для кожного виконавчого органу машини, що значно спрощує механічні передачі та дозволяє забезпечити оптимальний режим роботи машини.

Взаємозв'язаний електропривід включає в себе два або більше електрично або механічно пов'язаних між собою електродвигуни та відтворює задані параметри, такі як швидкості, навантаження та положення виконавчих органів машини.

Залежно від виду руху, електроприводи можуть забезпечувати обертальний нереверсивний рух, обертальний реверсивний рух та поступальний реверсивний рух. Рух може бути передаваний за допомогою механічних трансмісій або спеціалізованих електродвигунів для поступального руху.

За ступеню керованості електропривод може бути:

- **некерованим** – який забезпечує рух виконавчого органа робочої машини з одною робочою швидкістю; параметри приводу при цьому змінюються тільки в результаті збурюючих впливів;
- **регульованим** – який забезпечує різні швидкості виконавчого органа машини; параметри приводу можуть змінюватися під впливом керуючого пристрою;
- **програмно-керованим** – що керується відповідно до заданої програми;

- *стежачим* – який відпрацьовує автоматично рух виконавчого органа робочої машини з визначеною точністю відповідно до довільно змінного задаючого сигналу;
- *адаптивним* – який обирає автоматично структуру або параметри системи керування при зміні умов роботи машини з метою виробітки оптимального режиму

За родом механічного передаточного пристрою розрізняють електропривод:

- *редукторний* – у якому електродвигун передає обертальний рух за допомогою редуктора;
- *безредукторний* – у якому здійснюється передача руху від електродвигуна або безпосередньо робочому органу, або через передатний пристрій, що не містить редуктор.

За рівнем автоматизації розрізняють:

- *неавтоматизований ЕП* – у якому керування ручне; у даний час такий привід зустрічається рідко, переважно в установках малої потужності побутової і медичної техніки і т.п.;
- *автоматизований ЕП* – керований шляхом автоматичного регулювання параметрів;
- *автоматичний ЕП* – у який керуючий вплив виробляється автоматичним пристроєм без участі оператора.

2.3. Принцип роботи програмованого електроприводу

У сучасній індустрії автоматизації систем керування, програмовані контролери логічних схем (ПЛК) займають центральне місце при управлінні та контролі різноманітних процесів, зокрема в системах керування

електродвигунами. Завдяки їхній гнучкості та надійності, ПЛК дозволяють автоматизувати і моніторити роботу обладнання в реальному часі.

Однією з поширених задач у сфері автоматизації є керування електродвигунами. У конкретному контексті розглянуто умови, коли ПЛК запускає електродвигун та забезпечує його безперервну роботу. Розглянуті також інтерлоки, які забезпечують надійний та безпечний запуск та зупинку електродвигуна.

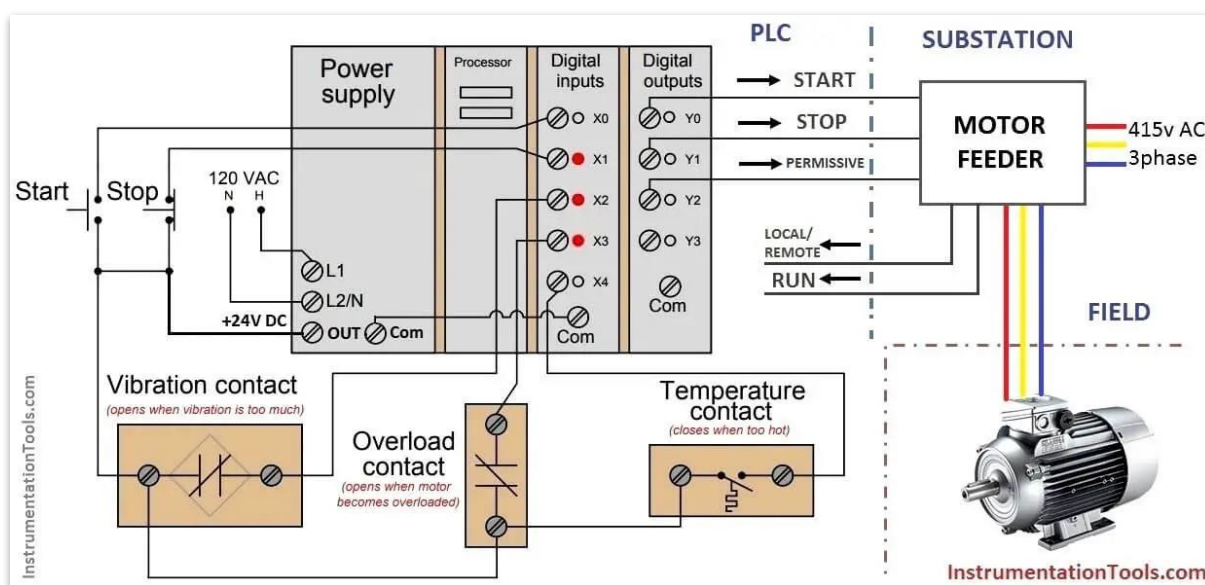


Рис. 2.9 – Приклад схеми електродвигуна з ПЛК

Керування двигунами ПЛК за допомогою логіки східця

У цьому викладі ми досліджуємо процес керування двигунами з використанням програмованих логічних контролерів (ПЛК). Перш ніж перейти до подробиць, розглянемо певні передумови.

Припустимо, що ПЛК повинен запустити двигун при натисканні кнопки "Старт". При цьому мають діяти три інтерлоки: висока вібрація двигуна, перевантаження та підвищена температура двигуна. Якщо будь-який із цих інтерлоків активується, ПЛК повинен негайно зупинити двигун.

Також передбачено, що ПЛК повинен зупинити двигун, якщо натиснута кнопка "Стоп". Логіка відключення або інтерлок ПЛК повинен активуватися лише в режимі "Віддалено".

Ми розглядаємо двигун, який живиться від трьохфазного 415 В змінного струму. Високовольтне обладнання за замовчуванням живиться від підстанцій або центрів управління двигуном (ЦУД), обслуговуваних електриками.

У нашому випадку двигун підключений до простої живильної мережі в підстанції. Зазвичай живильна мережа має входні дані від поля (місцевого пульта управління) та ПЛК. Ці входні дані показані на наступному рисунку (Рис. 2.10).

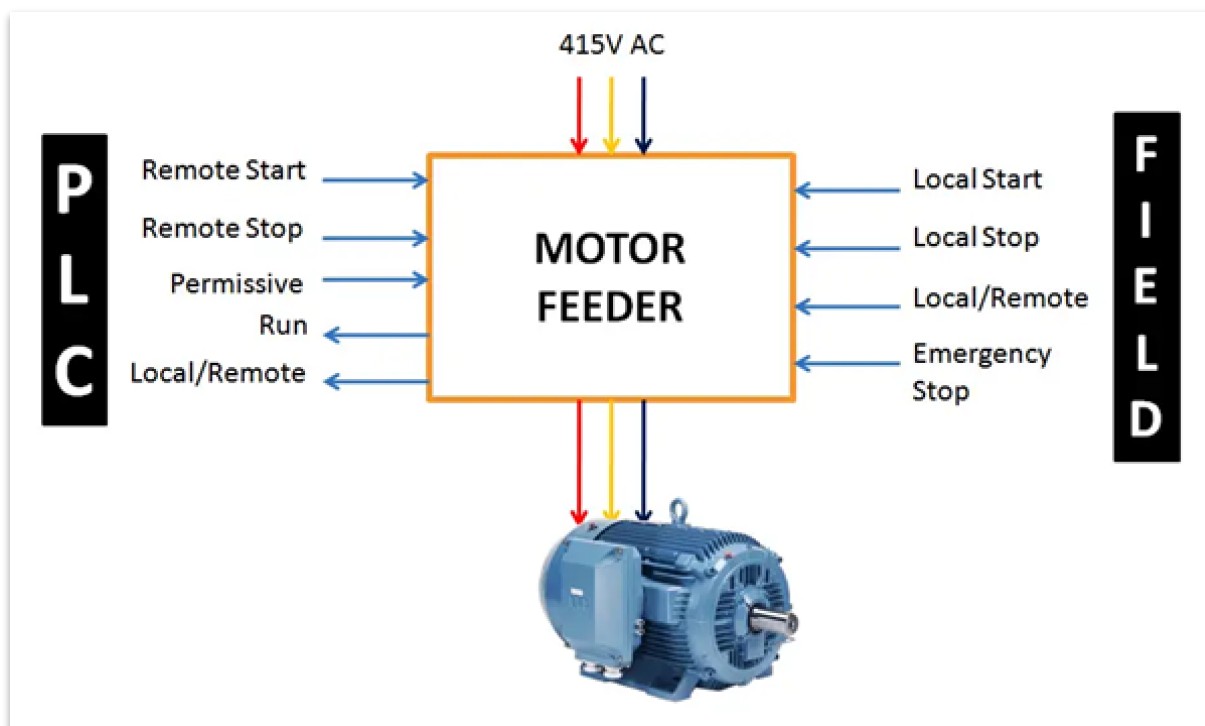


Рис. 2.10 – Двигун з місцевим пультом управління

Зауважимо, що на пульту місцевого управління не показані сигнали. Місцевий пульт підключений безпосередньо до живильника двигуна.

У призначеному випадку, якщо живильник двигуна отримує сигнали "Старт" і "Стоп" від ПЛК, їх називають сигналами "Віддалено Старт" і

"Віддалено Стоп". Аналогічно, якщо живильник отримує сигнали "Старт" і "Стоп" від місцевого пульта (МПУ), розташованого на майданчику біля двигуна, їх називають сигналами "Локально Старт" і "Локально Стоп".

Зазвичай цей місцевий пульт також обладнаний кнопкою аварійного зупину та перемикачем "Локально/Віддалено".

Також живильник двигуна надсилає статус "Локально/Віддалено" до ПЛК. Якщо перемикач "Локально/Віддалено" встановлено в положенні "Локально", то живильник двигуна враховуватиме лише сигнали від місцевого пульта і ігноруватиме команди від ПЛК.

Аналогічно, якщо перемикач "Локально/Віддалено" встановлено в режим "Віддалено", то живильник двигуна буде враховувати команди від ПЛК і ігнорувати сигнали від місцевого пульта.

Наприклад, якщо перемикач "Локально/Віддалено" встановлено в положенні "Віддалено", і оператор на майданчику натискає кнопку "Старт" на місцевому пульті, то двигун не запуститься, оскільки вибрано режим віддаленого управління.

Залежно від стану перемикача "Локально/Віддалено", живильник двигуна визначатиме, які сигнали враховувати, тобто сигнали ПЛК або сигнали МПУ.

Перемикач "Локально/Віддалено" не впливає на аварійне зупинення або сигнали "Стоп" незалежно від того, чи надходять вони від ПЛК або МПУ. У будь-якому режимі сигнали "Стоп" будуть прийняті живильником двигуна, і двигун негайно зупиниться. Це питання безпеки.

Тепер розглянемо, як ПЛК керує двигуном.

Наразі перемикач "Локально/Віддалено" встановлено в режим "Віддалено".

Тут ми відправляємо дозвільний сигнал (сигнал "Віддалений Старт") до живильника двигуна. Для запуску двигуна дозвільний сигнал повинен бути в справному стані, інакше живильник двигуна буде деактивований або не запустить двигун.

У ПЛК сигнал "Дозвільний Старт" використовується як додатковий засіб безпеки та для перевірки стану інтерлоків. Якщо всі інтерлоки в справному стані, то сигнал "Дозвільний Старт" буде відправлений до живильника двигуна.

Зазвичай це називається "Дозвільний Старт", і, як ім'я вказує, він потрібен лише для запуску двигуна. Після запуску двигуна статус цього сигналу більше не враховується живильником двигуна (потрібний лише для запуску двигуна).

Це необов'язковий сигнал. Для великопотужних двигунів використовуватимуться сигнали "Дозвільний Старт". Для звичайних або слабкопотужних двигунів вони мало використовуються, все залежить від наших застосувань, галузі, вимог і т. д.

Скажімо, всі інтерлоки знаходяться в справному стані, і ПЛК відправляє сигнал "Дозвільний Старт" до живильника двигуна.

Тепер натиснута кнопка "Старт". ПЛК спочатку перевіряє стан "Локально/Віддалено", і, якщо він перебуває в режимі "Віддалено", продовжує далі.

Далі ПЛК перевіряє наявність активних відключень або інтерлоків. Якщо немає жодних відключень або всі працюють нормально, то ПЛК

відправляє команду "Старт" до підстанції, де встановлений живильник двигуна.

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було ретельно проаналізовано та досліджено використання програмованих логічних контролерів (ПЛК) для управління електричними двигунами, що є ключовим аспектом автоматизованих систем керування. На основі отриманих результатів можна зробити наступні висновки.

Досягнуто ефективне управління електродвигунами завдяки застосуванню ПЛК, які дозволяють інтегрувати різноманітні логічні операції та встановлювати необхідні умови для активації та деактивації двигунів.

Виявлено, що ПЛК дозволяють реалізувати різні сценарії управління, враховуючи інтерлоки та критичні умови, такі як перевищення вібрації, перегрів чи перевантаження.

Високий ступінь надійності та автоматизації в роботі електродвигунів досягається завдяки використанню ПЛК, що є надзвичайно важливим у промислових процесах та автоматизованих системах.

Отже, використання ПЛК для керування електродвигунами відкриває передові можливості у галузі автоматизації та промислового управління, сприяючи підвищенню продуктивності та забезпечуючи надійність процесів. Це дослідження відкриває нові горизонти для подальших досліджень у цій області та сприяє подальшому розвитку автоматизованих систем.

РОЗДІЛ 3.ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

3.1 Вибір обладнання та компонентів для електроприводу

Важливим аспектом вибору електричного обладнання для нафтовидобування є розуміння різноманітних привідних характеристик робочих машин. Оскільки в галузі нафтовидобування використовується різнобіжне обладнання, таке як насоси, компресори, бурові установки і конвейери, необхідно забезпечити сумісність між привідними характеристиками електродвигунів та вимогами робочих машин.

Крім того, серед оточуючого середовища у нафтовидобуванні можуть бути підвищена вологість, запиленість та наявність хімічно активних речовин. Тому вибір компонентів для електричного приводу повинен враховувати ці особливості та передбачати захист від коротких замикань, струмів перевантаження, роботи на двох фазах та захист мінімальної напруги.

Асинхронні електродвигуни залишаються основними компонентами електричного приводу в нафтовидобуванні. Вони доступні в різних модифікаціях, які дозволяють вибирати електродвигуни залежно від умов роботи та захищеності від впливу навколишнього середовища.

Відцентрові Насоси

В нафтовидобуванні відцентрові насоси є ключовими елементами для переміщення нафти та інших рідин. Важливою особливістю таких насосів є те, що їх продуктивність пропорційна першому степеню кутової швидкості, а споживана потужність – третьому степеню кутової швидкості. Ця особливість впливає на вибір потужності електродвигуна для приводу насоса, і вимагає уважного аналізу номінальних та фактичних кутових швидкостей.

Необхідно відзначити, що при організації видобутку нафти, технологічні режими експлуатації нафтовидобувних свердловин включають в себе специфіку пускових режимів заглибних насосів. Так для насосів ЕЦВ кількість прямих пусків обмежена заводом виробником до трьох пусків–зупинок на годину, що часто недостатньо. Пуск заглибних насосів є одним найбільш важких режимів для їх електродвигунів, нафтопідйомних труб і нафтозахватної частини свердловини і, умовно, є двохетапним :

- протягом першого етапу ($t_1 = 0,9-0,5$ сек.) виникають високі значення швидкостей припливу рідини в свердловину з боку багатого нафтою пласта в верхній частині фільтра. Також відбувається різка зміна тиску, що порушує стійкість прифільтрової зони (відбувається винос піску);
- другий етап ($t_2 = 1-5$ сек.) При певних умовах супроводжується гідравлічним ударом в напірному трубопроводі.

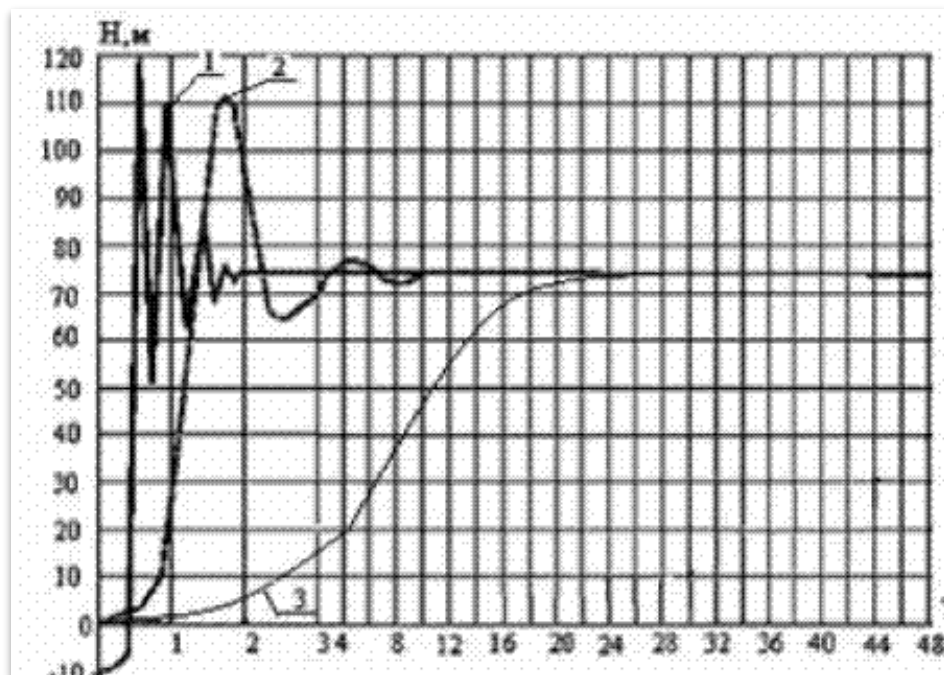


Рис. 3.1 – Графіки зміни тиску під час пуску насоса

Тут лінія 1 показує зміну тиску без застосування перехідних пускових режимів для випадку присутності повітря в трубопроводі, лінія 2 – для випадку без повітря, лінія 3 – із застосуванням частотного регулювання

продуктивності свердловинного насоса. Режими пуску, тривалість яких перевищує 8–10 секунд, ще більш несприятливі.

При прямому пуску двигуна насоса його обмотки піддаються інтенсивному нагріванню стрибками струму. Енергія мережі живлення при цьому витрачається на підвищення температури, часто не встигає розсіюватися і прискорює знос самих обмоток і розташованих поруч деталей. Крім того, енергія витрачається даремно, підвищуючи загальне енергоспоживання установки. Для забезпечення плавного пуску для електропривода використовуються наступні методи:

- Перемикання обмоток між схемами "трикутникзірка";
- Включення між мережею і двигуном пускового трансформатора;
- Використання пристрою плавного пуску (УПП);
- Подача напруги на двигун через перетворювач частоти.

Вибір того чи іншого способу плавного пуску двигуна залежить від багатьох факторів. Перерахуємо найважливіші з них:

- Специфіка конкретного об'єкта нафтовидобування;
- Перелік технічних вимог;
- Норми і правила експлуатації електромережі;
- Вартість використовуваного або придбаного устаткування.

Метод прямого включення: DOL

При пуску методом DOL контактор або аналогічні пристрої підключаються до мережі безпосередньо. За інших постійних параметрах DOL є тим способом пуску, при якому в електродвигуні виникає мінімальна кількість тепла і тим самим у електродвигунів потужністю до 45 кВт забезпечується максимальний термін служби. Однак у електродвигунів

більшої потужності механічне навантаження настільки велика, що рекомендується знижувати струми.

Основні недоліки:

- В момент підключення двигуна до мережі при нульовій швидкості обертання і, відповідно, ковзанні $S = 1$ в обмотці статора виникає струм короткого замикання $I_{кз}$, в 5–7 разів перевищує номінальний струм двигуна.;
- Наявність гідроударів в напірної магістралі.

Метод включення «зірка–трикутник»: SD

Це найбільш часто вживаний спосіб зниження пускових струмів. Під час пуску електродвигун включений на «зірку», а після закінчення пуску перемикається на «трикутник». Таке перемикання проводиться автоматично через заданий часовий інтервал. При пуску в положенні «зірка» ток на третину нижче, ніж при пуску шляхом прямого включення і лежить в межах 1,8–2,5 від номінального. Такий метод відносно дешевий, простий і надійний.

Для насосів з невеликим моментом інерції, наприклад, заглибних, пуск за методом «зірка–трикутник» не дуже ефективний або навіть неекономічний. Справа в тому, що діаметр заглибних насосів і їх приводних електродвигунів невеликий, маса робочого колеса мала, внаслідок чого малий і момент інерції. В результаті занурювальним насосів для розгону від 0 до 2900 об/хв потрібно всього 0,1 секунди. Це означає також, що насос при перемиканні струму відразу ж зупиняється.

Пристрій для плавного пуску електродвигуна являє собою електронний прилад, що знижує напругу і відповідно пусковий струм шляхом фазового управління. Електронний прилад містить регулювальний блок, де налаштовуються різноманітні поточні та захисні параметри і силовий блок з

симетричним тріодний тиристором. Пусковий струм обмежений, як правило, величиною, в два–три рази перевищує робочий струм. При збереженні інших параметрів вимикання електродвигуна за цим методом також забезпечує зменшення початкового пускового моменту. Наявність інерції в процесі пуску може привести до значного теплоутворення в електродвигуні і тим самим до зниження його терміну служби. Однак ця проблема при короткому часі прискорення / уповільнення, наприклад, протягом трьох секунд, не має практичного значення. Це твердження стосується також до пуску електродвигунів за методами SD (включення через «зірку–трикутник») і AF (включення через пусковий трансформатор). У тому випадку, якщо потрібно особливо високий пусковий момент, пусковий напруга можна підвищити на 55%. Однак при нормальних умовах експлуатації цього не потрібно. При плавному пуску електродвигуна його вимикач забезпечує подачу струму несинусоїдної форми і в певній мірі створює вищі гармоніки. У зв'язку з дуже коротким часом прискорення / уповільнення з практичної точки зору (і в нормах, що стосуються вищих гармонік) це не знаходить великого застосування.

В цілому, вимикач плавного пуску рекомендується встановлювати разом з обхідним контактором, щоб електродвигун в процесі експлуатації працював в режимі DOL. Тим самим забезпечується мінімальний знос і втрата потужності в пристрої для плавного пуску. У тому випадку, якщо плавний пуск електродвигунів виробляється через обхідний контактор, вони можуть працювати з системою теплового захисту

Останнім часом все більшого поширення набуває метод управління пуском двигунів за допомогою частотного перетворювача – надалі ми будемо назвати його "частотне регулювання свердловинних насосів" – ЧРСН. Пуск електродвигуна за допомогою перетворювача частоти є ідеальним варіантом з точки зору зменшення пускового струму, а також імпульсу тиску. Перевага

цього методу в тому, що пусковий струм весь час утримують на рівні номінального струму електродвигуна. Це означає, що число необхідних протягом години включень і відключень може бути будь-яким.

Зі здешевленням і вдосконаленням перетворювачів частоти ЧРСН стає практично ідеальним схемотехнічним рішенням з точки зору управління роботою насоса як в період пуска-останова, так і в штатних режимах. На рисунку 3.2 показана залежність кутової швидкості обертання вала двигуна (лінія 2) від величини фазного струму в обмотці статора (лінія 1).

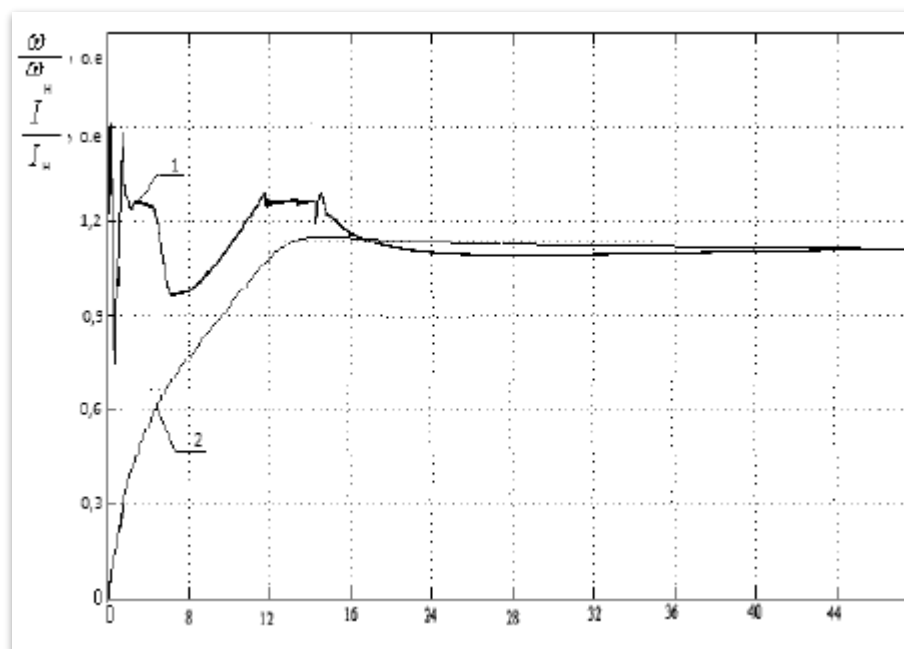


Рис. 3.2 – Залежність кутової швидкості обертання вала двигуна від величини фазного струму в обмотці статора.

Перш за все такий метод пуску має ту перевагу, що струм в обмотках утримується в межах номінального струму електродвигуна. Тим самим зникає обмеження на кількість пусків і зупинок насоса в одиницю часу – не потрібно чекати розсіювання теплової енергії.

Але це далеко не повний перелік вирішуваних за допомогою перетворювача проблем. Його використання дозволяє виконувати цілий ряд сервісних функцій по захисту, контролю та управління приводом. Ось тільки деякі з них:

- автоматична зупинка насоса при відсутності витрати води ("сплячий" режим);
- автоматичне виявлення витоків в магістральному трубопроводі;
- автоматичний перехід в економрежим при зниженні споживання води.

Крім того, за рахунок більш ефективного енергоспоживання стає можливим встановити насос меншої номінальної потужності. Різко знижуються витрати на електроенергію, споживання води, трудовитрати на обслуговування і ремонт системи. Різко знижується ймовірність аварій від електричних, механічних і гідравлічних перевантажень в системі. Принципово розширюються можливості по комплексній автоматизації і нарощуванню всього комплексу обладнання нафтовидобувної ділянки і системи споживання води. Термін окупності витрат на придбання, монтаж і налагодження обладнання для ЧРСН коливається від одного до трьох років залежно від специфіки конкретного об'єкта.

Виходячи з наведених даних, очевидно, що вибір системи пуску, в кінцевому підсумку, обумовлений конкретними умовами, такими як: потужність насоса, необхідність регулювати продуктивність насоса протягом його роботи. При цьому, в загальному випадку, для досить потужних пристроїв оптимальним способом за витратами і результативності є плавний пуск або використання перетворювача частоти. Використання ж таких систем дозволяє звести до мінімуму можливість пошкодження трубопроводів і обладнання гідроударів, захищає електричну мережу від пікових навантажень і дає можливість оптимізувати експлуатаційні витрати.

3.2 Проектування апаратної частини електроприводу

Розрахунок характеристик виробляємо для частот $f_1 = 50; 40; 30; 15$ Гц.

При законі регулювання: $Z_p \frac{U_{1h}}{f} = \frac{220}{50} = 4,4$.

Знайдемо відносні значення частот напруги живлення:

$$\begin{aligned} f_{1h1} &= 50 & f_{1*1} &= \frac{f_{1h}}{f_{2h}} = \frac{50}{50} = 1 \\ f_{1h2} &= 40 & f_{1*2} &= \frac{f_{2h}}{f_{1h}} = \frac{40}{50} = 0,8 \\ f_{1h3} &= 30 & f_{1*3} &= \frac{f_{3h}}{f_{1h}} = \frac{30}{50} = 0,6 \\ f_{1h4} &= 15 & f_{1*4} &= \frac{f_{4h}}{f_{1h}} = \frac{15}{50} = 0,3 \end{aligned}$$

Знайдемо фазну напругу обмотки статора асинхронного двигуна:

- $U_{1н1} = z_p \cdot f_{1Н1} = 4,4 \cdot 50 = 220 \text{ В};$
- $U_{1н2} = z_p \cdot f_{1Н2} = 4,4 \cdot 40 = 176 \text{ В};$
- $U_{1н3} = z_p \cdot f_{1Н3} = 4,4 \cdot 30 = 132 \text{ В};$
- $U_{1н4} = z_p \cdot f_{1Н4} = 4,4 \cdot 15 = 66 \text{ В}.$

Згідно з поданими частотами напруги живлення зробимо розрахунок значень швидкості ідеального холостого ходу:

- $\omega_{01} = 2\pi \cdot f_{1н1} / p = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 / 2 = 314,159 \text{ рад/с};$
- $\omega_{02} = 2\pi \cdot f_{1н2} / p = 2 \cdot 3,14 \cdot 40 / 2 = 251,327 \text{ рад/с};$
- $\omega_{03} = 2\pi \cdot f_{1н3} / p = 2 \cdot 3,14 \cdot 30 / 2 = 188,496 \text{ рад/с};$
- $\omega_{04} = 2\pi \cdot f_{1н4} / p = 2 \cdot 3,14 \cdot 15 / 2 = 94,248 \text{ рад/с}$

Визначимо струми холостого ходу при даних частотах регулювання:

- $I_{01} = U_{1н1} / X_{\mu H} = 220 / 56,992 = 3,86 \text{ А};$
- $I_{02} = U_{1н2} / X_{\mu H} \cdot f_{1*2} = 176 / 56,992 \cdot 0,8 = 3,86 \text{ А};$
- $I_{03} = U_{1н3} / X_{\mu H} \cdot f_{1*3} = 132 / 56,992 \cdot 0,6 = 3,86 \text{ А};$
- $I_{04} = U_{1н4} / X_{\mu H} \cdot f_{1*4} = 66 / 56,992 \cdot 0,3 = 3,86 \text{ А}.$

Прийmemo коефіцієнти компенсації: ККМ = 0,25; 0,5; 0,75.

Знайдемо еквівалентні опір ротора з урахуванням ІR – компенсації:

- $R_{1ekB1} = R_1(1 - K_{km1}) = 1,235 * (1 - 0,25) = 0,926 \text{ Ом}$
- $R_{1ekB2} = R_1(1 - K_{km2}) = 1,235 * (1 - 0,5) = 0,617 \text{ Ом}$
- $R_{1ekB3} = R_1(1 - K_{km3}) = 1,235 * (1 - 0,75) = 0,309 \text{ Ом}$

Будуємо електромеханічні характеристики Г2 (ω) для обраних частот і коефіцієнтів Ккм, малюнок 3.3, за виразами:

$$I'_2(s, f, K_{km}) = \frac{U_1(f)}{\sqrt{(R_{1EKB}(K_{km}) + R'_2/s)^2 + x_{KH}^2 * f_{1*}^2(f) + (\frac{R_{1EKB}(K_{km}) * R'_2}{s * x_{uH} * f_{1*}(f)})^2}}$$

Де: $R_{1EKB}(K_{km}) = R_1 * (1 - K_{km})$ · – еквівалентний активний опір обмотки ланцюга.

$$\omega(s, f) = \omega(f) \cdot (1 - s) \text{ 0,}$$

$$f_{1*}(f) = \frac{f}{f_{1h}} \text{ – відносна частота напруги живлення;}$$

$\omega_0(f) = \omega_{OH} * f_{1*}(f)$ – швидкість ідеального холостого ходу при даній частоті напруги живлення; в діапазоні швидкості $\omega=0 \div \omega_0$.

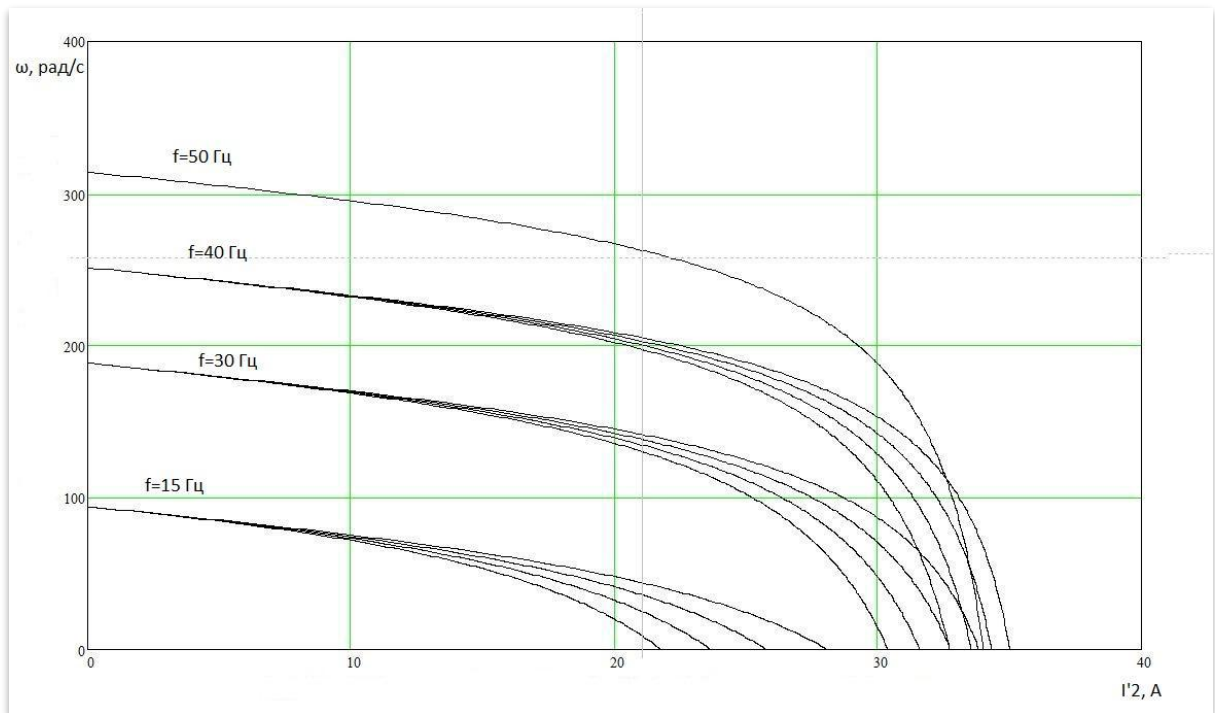


Рис. 3.3 – Електромеханічні характеристики $I_2'(\omega)$ для обраних частот і коефіцієнтів K_{km}

Механічні характеристики асинхронного двигуна $M(\omega)$ розраховуємо для обраних частот і коефіцієнтів K_{KM} , рисунок 3.3, за виразами:

$$I_2'(s, f, K_{km}) = (I_0(f))^2 + (I_2'(s, f, K_{km}))^2 + 2 * I_0(f) * I_2'(s, f, K_{km}) * \sin\varphi_2(s, f, K_{km});$$

$$\omega(s, f) = \omega_0(f)(1 - s);$$

$$\text{Де } \sin\varphi_2(s, f, K_{km}) = \frac{X_{KH} * f_{1*}(f)}{\sqrt{(R_{1EKВ}(K_{km}) + \frac{R_2'}{s})^2 + X_{KH}^2 * f_{1*}^2(f)}};$$

$I_0(f) = \frac{U_1(f)}{X_{uH} * f_{1*}(f)}$ – струм холостого ходу асинхронного двигуна в залежності від частоти.

Механічні характеристики асинхронного двигуна $M(\omega)$ розраховуємо для обраних частот і коефіцієнтів K_{KM} , за виразами:

$$M(s, f) = \frac{3 * (U_1(f))^2 * R_2'}{\omega_0(f) * s * [x_{kh}^2 * (f_{1*}(f))^2 + (R_{1EKВ}(K_{km}) + \frac{R_2'}{s})^2 + (\frac{R_{1EKВ}(K_{km}) * R_2'}{s * x_{uh} * f_{1*}(f)})^2]}$$

$$\omega(s, f) = \omega_0(f)(1 - s).$$

Визначимо втрати в роторі при роботі з насосним навантаженням.

Задамо функцію навантаження.

Функція вентиляторного навантаження для насоса описується:

$$M_c = M_0 + (M_{c.nom} - M_0) * \left(\frac{\omega}{\omega_{nom}}\right)^{x1}$$

Де: M_c – момент навантаження, при швидкості обертання ω ;

$M_{c.nom}$ – момент навантаження при швидкості ω НОМ;

M_0 – момент тертя;

X – показник ступеня, для насоса $X = 3$

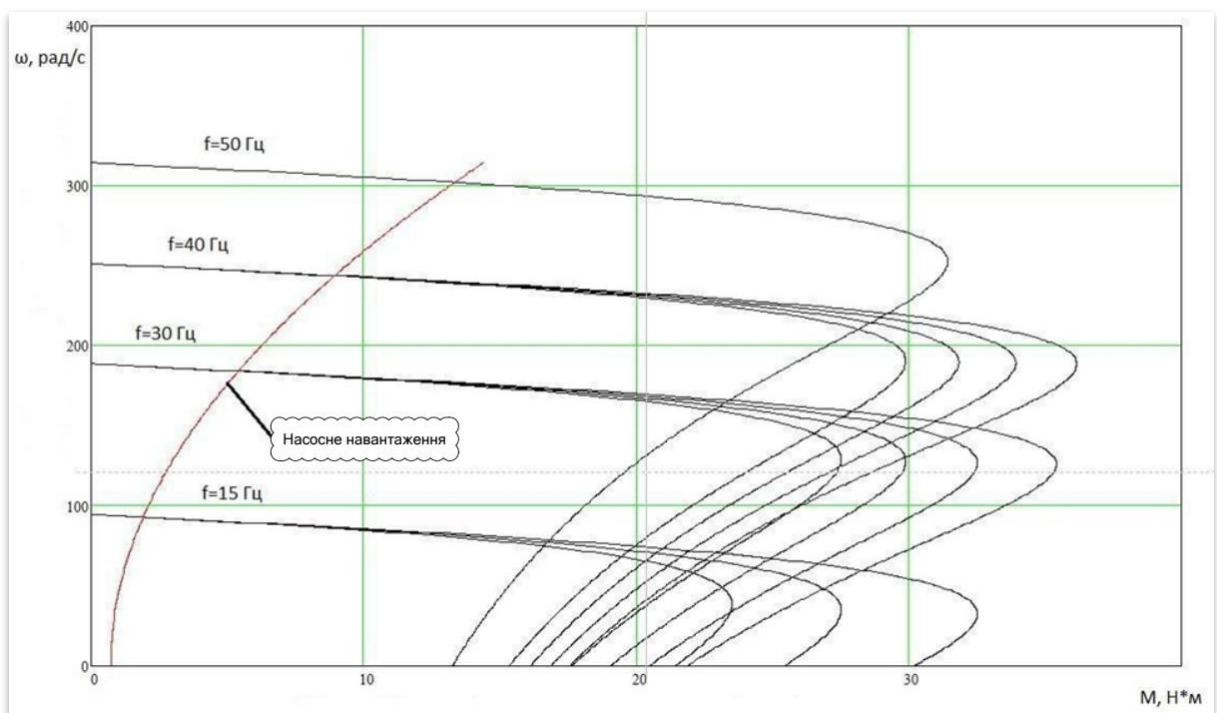


Рис. 3.4 – Механічні характеристики $M(\omega)$ для обраних частот і коефіцієнтів K_{cm} , насосна навантаження

3.3 Проектування програмного забезпечення для програмованого логічного контролера

MexBIOS Development Studio – візуальне середовище розробки і моделювання програмно-апаратних засобів систем управління

електродвигунами, технологічними комплексами, програмованими логічними контролерами.

Середа MexBIOS Development Studio надає користувачеві можливості:

- створювати власні програми управління електродвигунами, технологічними комплексами, ПЛК;
- виконувати моделювання роботи програми і електромеханічних об'єктів і систем;
- виробляти налагодження програми, завантаженої в мікроконтролер;
- встановлювати бібліотеки компонентів для нових мікроконтролерів.

Процес створення скалярною системи управління (СУ) асинхронним двигуном буде проводитися в MexBIOS Development Studio. Процес створення включає себе створення спрощеної моделі асинхронного двигуна (на базі двухфазної моделі) і силовий частини ПЧ в бібліотеці Models. Модель необхідна для отримання отмасштабовані сигналів зворотних зв'язків (ОС) у форматі даних, який буде застосовуватися в СУ. Отримані сигнали ОС передаються блоками TP_OUT в СУ, і зворотний зв'язок в моделюванні замикається через модель.

При знятті експериментів відбувається перемикання сигналів з зворотних зв'язків з моделі двигуна, на сигнали, отримані з драйверів датчиків перетворювача частоти MBS-FC01. Представлена черговість дій дозволяє створити СУ для інших ПЧ.

Для можливості переходу з режиму моделювання в режим роботи з реальним об'єктом управління і силової установки застосовується можливість блоків TP_IN передавати один з двох підключених сигналів з блоків TP_OUT, в залежності від режиму роботи (моделювання або налагодження на

контролері). Таким чином, без будь-яких змін у схемі, в режимі моделювання зворотні зв'язки можна замкнути за сигналами з моделі, в режимі налагодження на контролері зворотні зв'язки замикаються по драйверам (ADC, QEP). У бібліотеці Models, яка призначена тільки для моделювання, необхідно зібрати моделі двох асинхронних двигунів. Найпростіший алгоритм основного (IM MODEL) і резервного (IM MODEL1) двигунів представлені на рисунку 3.5.

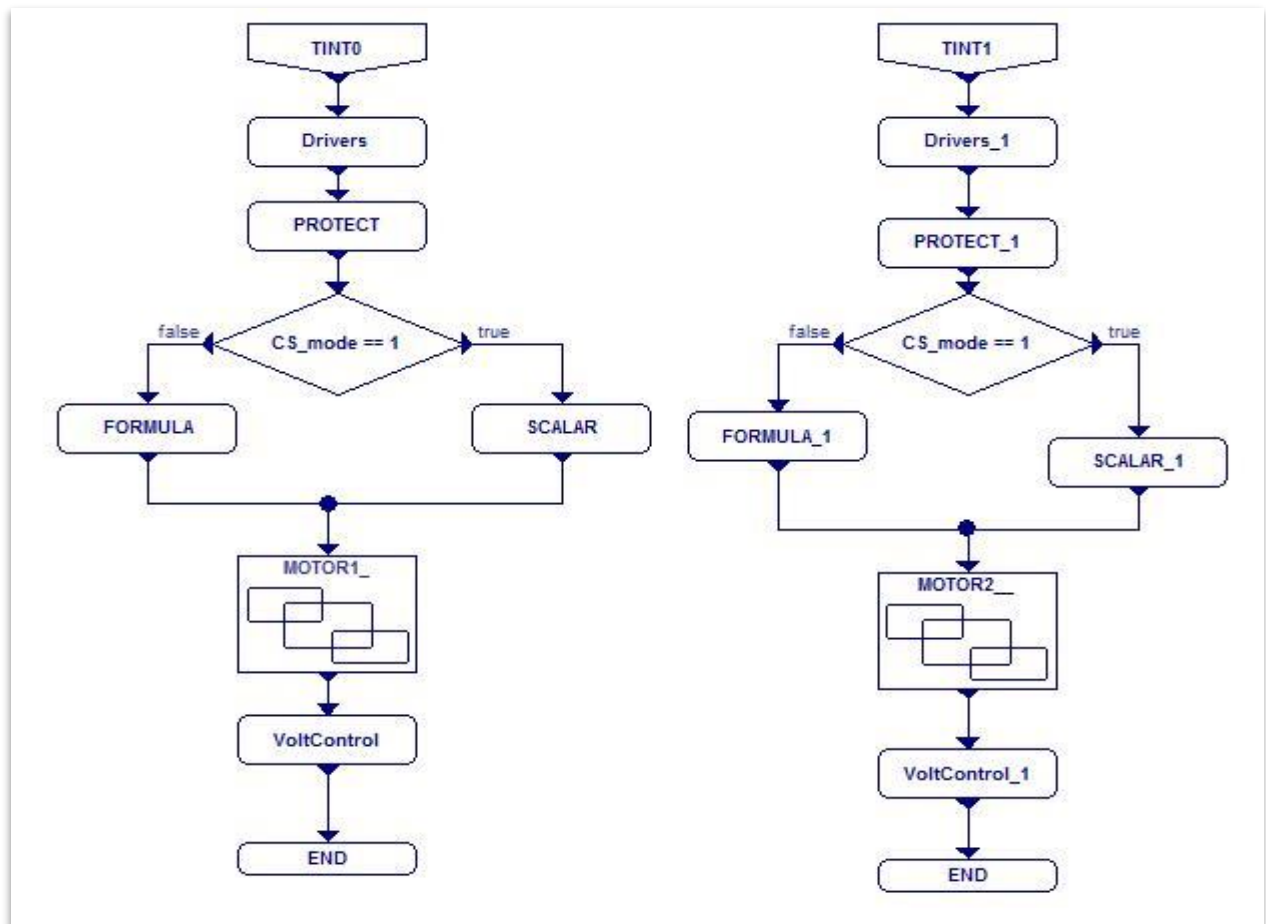


Рис. 3.5 – Алгоритм функціонування основного або резервного двигуна

Іншу частину системи управління необхідно зібрати в режимі обміну даними з контролером (бібліотека TMS320F2833x). На рисунку 3.6 представлені алгоритми функціонування системи управління в бібліотеці TMS320F2833x для першого і другого двигуна. [10]

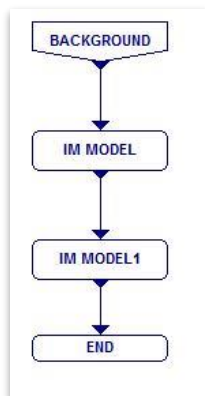


Рис. 3.6 – Алгоритм функціонування системи управління в бібліотеці TMS320F2833x

3.4 Інтеграція програмованого логічного контролера з електроприводом

Розглянемо кожен блок цього алгоритму. Стартовий блок TINT означає безперервний режим моделювання з апаратним перериванням. Це означає, що подія буде виконуватися по перериванню з суворю періодичністю. Переривання буде організовано засобами процесора. TINT0 – це назва вектора.

Для отримання і обробки сигналів з драйверів ПЧ необхідний блок Drivers. До цієї формули додаються драйвера, які передають в систему управління сигнали з зворотних зв'язків. Отримані сигнали з блоків драйверів будуть приведені до необхідного масштабу. Також, у формулі Drivers наведені схеми логіки для формування дозволяє або забороняє сигналу на рух (роботу).

Нижче йде блок захисту – Protect. В процесі розробки СУ можливо допустити помилки, які приведуть до формування струму, небезпечного для силового модуля і двигуна, тому, перш ніж перевіряти створені СУ на ПЧ, у формулі реалізований мінімальний набір захистів:

- Перевищення тривалого струму
- Перевищення максимального струму в фазі А
- Перевищення максимального струму в фазі В
- Перенапруження в DC bus (більше 800 В)

Блок умови CS_Mode визначає режим роботи СУ. Для необхідності можна задати різні режими роботи СУ, причому з можливістю додавання / видалення якогось обмеженого числа інших режимів роботи. У нашому випадку режимів роботи може бути тільки два: система працює (блок SCALAR, в якому йде формування сигналу на двигун) і система не працює (блок FORMULA, в якому реалізований нульовий сигнал на зупинку двигуна).

Далі йде машина станів MOTOR1. У цьому блоці реалізовані сигнали на запуск і останов двигуна в залежності від сигналів датчиків води.

Останній блок VoltControl необхідний для розміщення драйвера управління ШІМ і спеціальних блоків формування вектора напруги за допомогою ШІМ.

Для завдання параметрів і перемикання між режимами роботи СУ, необхідний віртуальний пульт управління, рисунок 3.7.

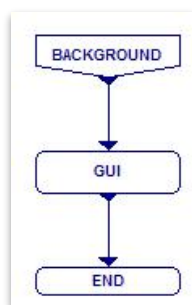


Рис. 3.7 – Алгоритм функціонування віртуального пульта управління GUI, в бібліотеці TMS320F2833x

Пульт дозволяє вибирати режим СУ, задавати частоту напруги живлення і відображати основні координати двигуна – діюче значення струму статора в А і швидкість двигуна, об / хв.

Алгоритм автоматизованої системи управління технологічним процесом представлений на рисунку 3.8.

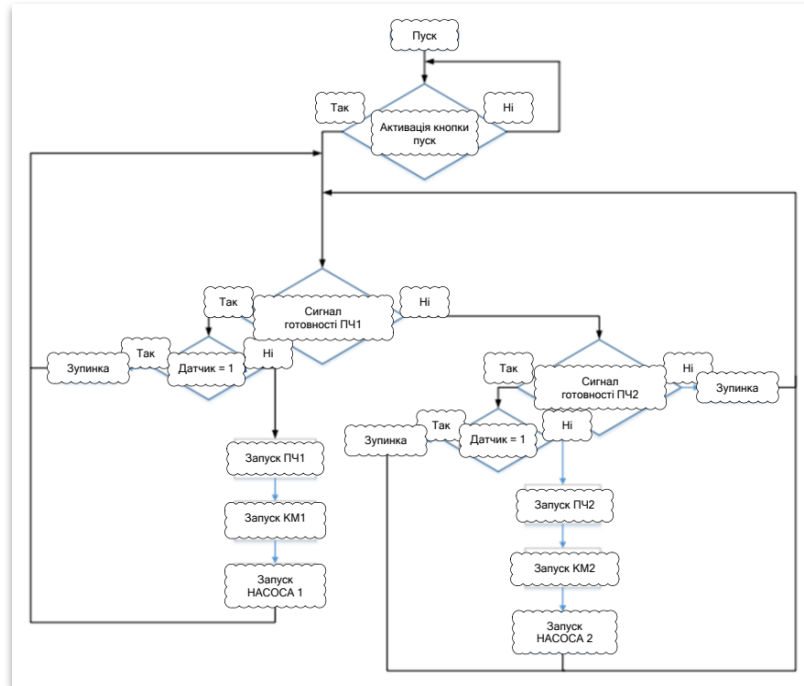


Рис. 3.8 – Алгоритм роботи автоматизованої системи управління технологічним процесом

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РОБОТИ

ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЩО РОЗРОБЛЕНО

4.1. Проведення випробувань розробленого електроприводу

Моделювання роботи асинхронного двигуна здійснимо за допомогою програми MATLAB Simulink. Для створення імітаційної моделі знайдемо такі параметри двигуна.

Індуктивність фази обмотки статора:

$$L1\sigma = X1_H / (2 \cdot \pi \cdot f_{1H}) = 2,517 / (2 \cdot \pi \cdot 50) = 0,008012 \text{ Гн.}$$

Індуктивність фази обмотки ротора:

$$L2\sigma' = X2_H' / (2 \cdot \pi \cdot f_{1H}) = 3,377 / (2 \cdot \pi \cdot 50) = 0,011 \text{ Гн.}$$

Індуктивність ланцюга намагнічування:

$$L\mu = X\mu_H / (2 \cdot \pi \cdot f_{1H}) = 56,992 / (2 \cdot \pi \cdot 50) = 0,181 \text{ Гн.}$$

Імітаційна модель зображена на рисунку 4.1.

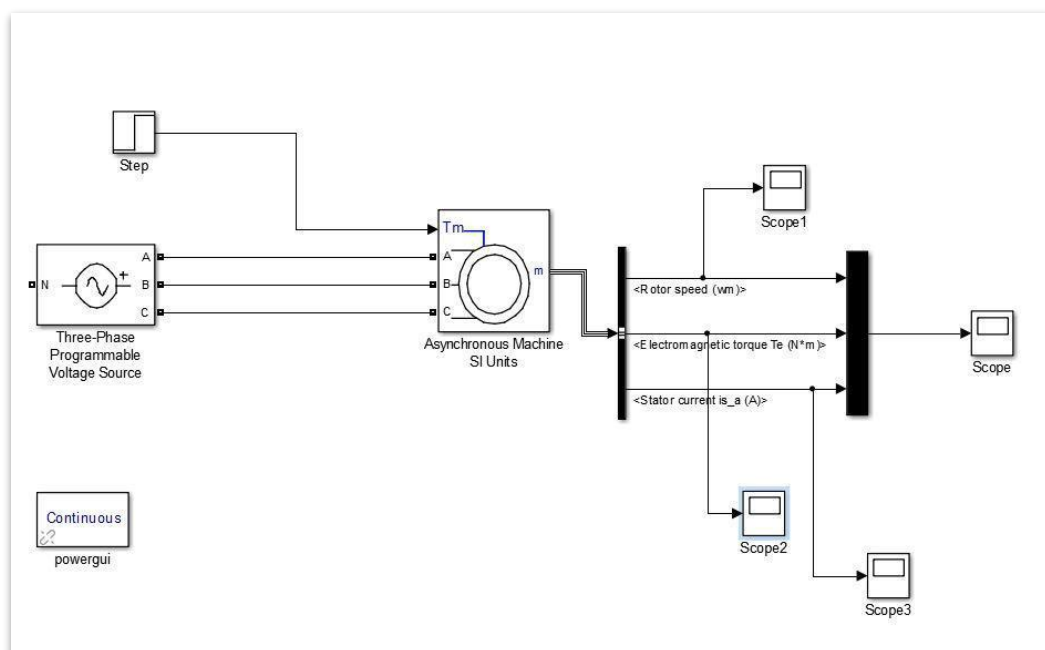


Рис. 4.1 – Імітаційна модель прямого пуску асинхронного двигуна

Нижче, на рисунках 4.2, 4.3 представлені перехідні характеристики швидкості і моменту при прямому пуску АД без навантаження і при набірні навантаження. При пуску час перехідного процесу складає $t_{п1} = 0,2$ с, перерегулювання $H1 = 5,1\%$. При набірні навантаження час перехідного процесу становить $t_{п2} = 0,06$ с, перерегулювання $H2 = 3,65\%$.

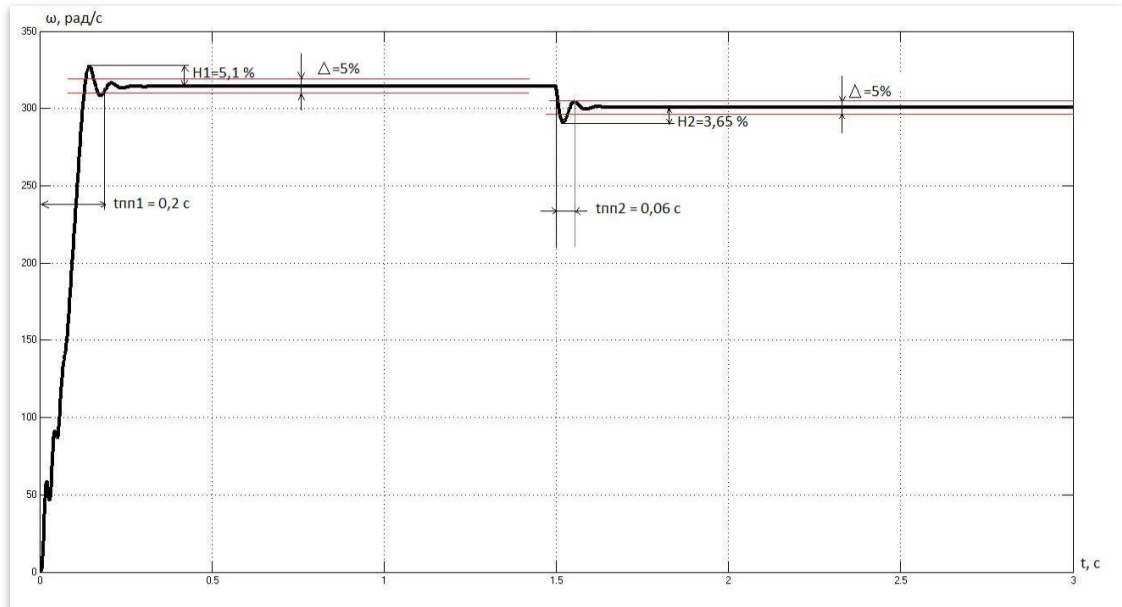


Рис. 4.2 – Перехідна характеристика швидкості двигуна при прямому пуску і набірні навантаження, $t_{п1} = 0,2$ с, $H1 = 5,1\%$, $t_{п2} = 0,06$ с, $H2 = 3,65\%$

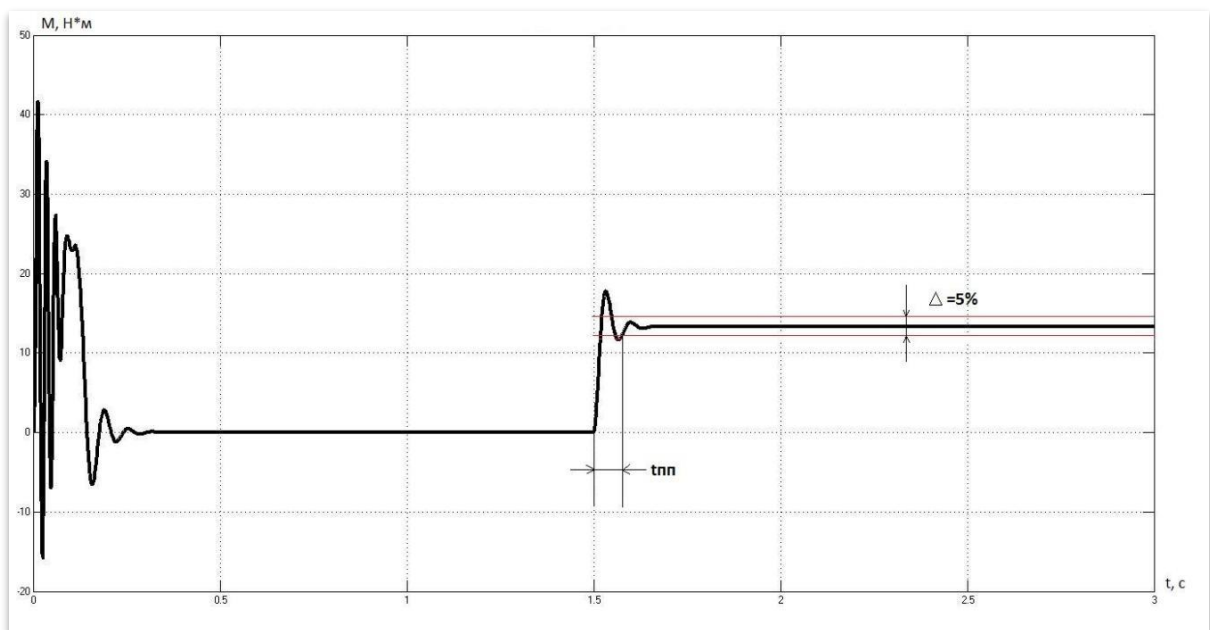


Рис. 4.3 – Перехідна характеристика моменту двигуна при прямому пуску і набірні навантаження

На рисунку 4.4 зображена принципова силова схема регульованого електроприводу по схемі ПЧ–АД

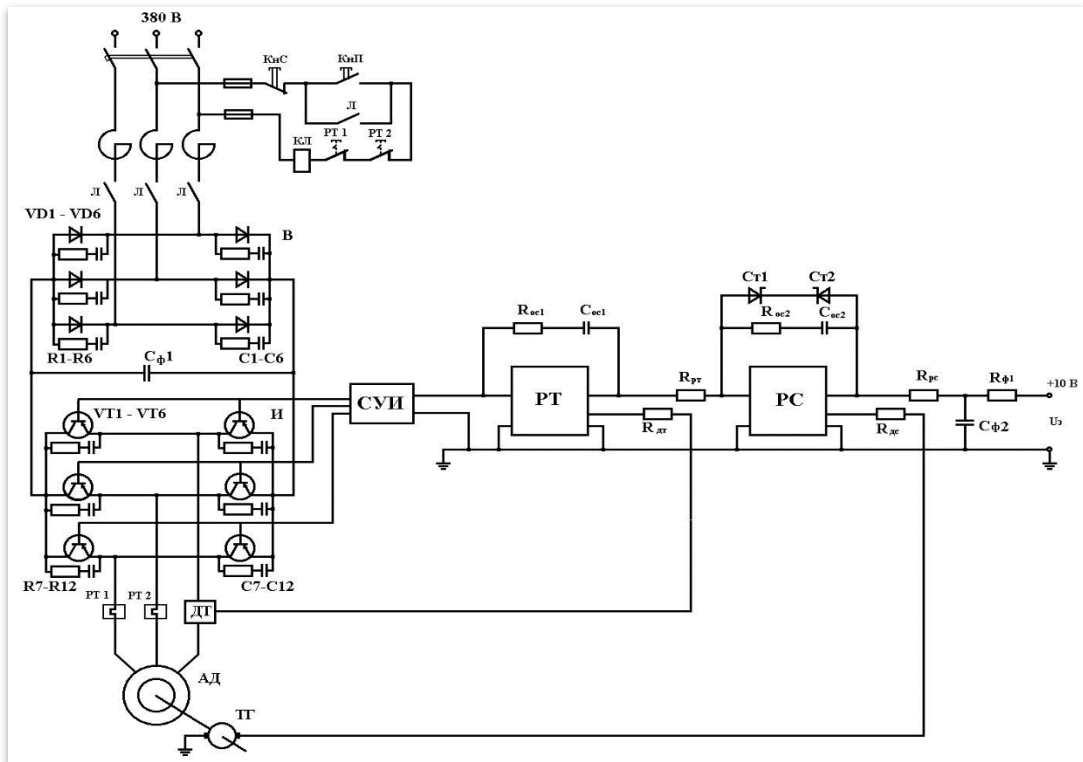


Рис. 4.4 – Принципова силова схема регульованого електропривода по схемі ПЧ–АД та захисне обладнання

На рисунку 4.5 зображена електрична схема системи регульованого електроприводу за схемою ПЧ–АД.

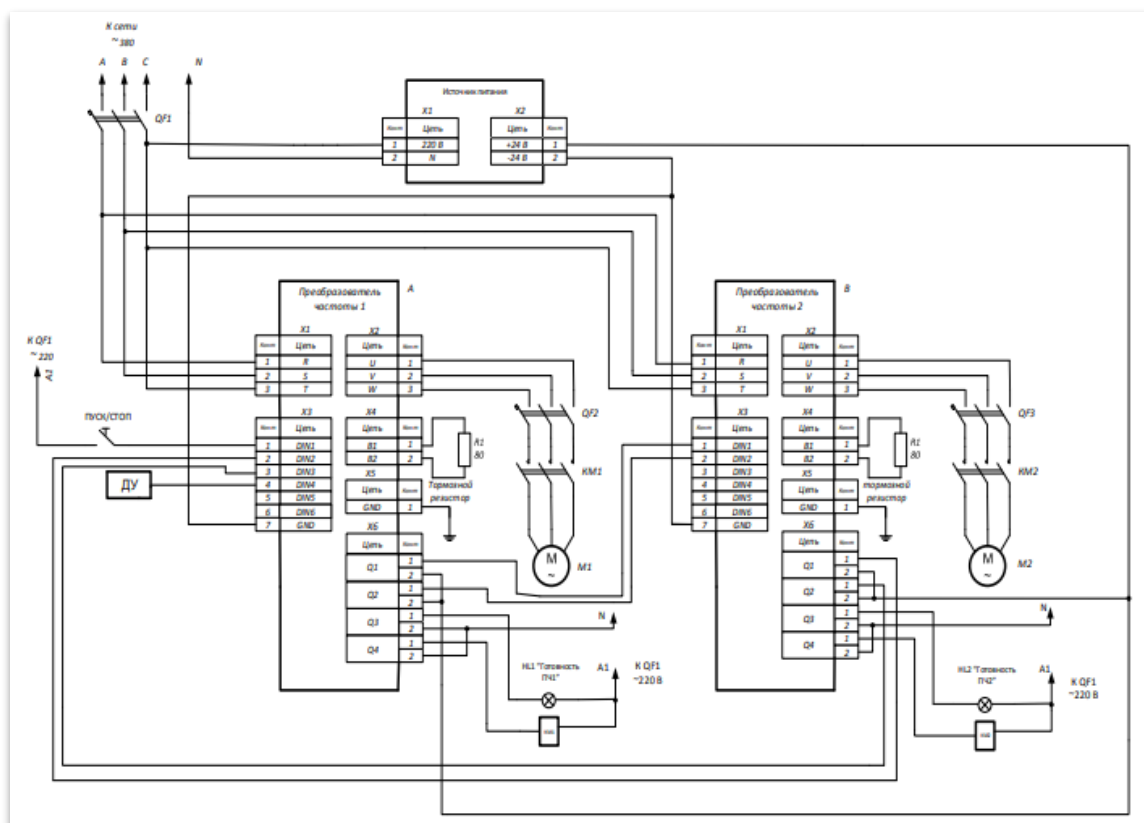


Рис. 4.5 – Електрична схема системи регульованого електроприводу за схемою ПЧ–АД

У електричній схемі присутні два двигуна, основний M1 і резервний M2, кожен приєднаний до перетворювача частоти ПЧ1 і ПЧ2 відповідно. Перетворювач частоти MBS–FC01 включає в себе силову плату і плату управління, а також джерело живлення.

Перетворювачі частоти мають 6 ланцюгів:

X1 – вхідні клеми для приєднання до мережі живлення,

X2 – вихідні клеми для приєднання до двигуна,

X3 – дискретні входи, 24 В,

X4 – клеми для підключення гальмівного резистора,

X5 – заземлення,

X6 – дискретний вихід, 24 В,

Обидва ПЧ живляться від трифазної ланцюга, захищеної автоматичним вимикачем QF1. Двигуни запускаються за допомогою контакторів КМ1 і КМ2 і захищені автоматичними вимикачами QF2 і QF3 відповідно.

Для ПЧ1:

DIN1 – Кнопка запуску Пуск / Стоп

DIN2 – Вхідний сигнал про готовність ПЧ2

DIN3 – Вхідний сигнал про роботу насоса 2

DIN4 – Датчик рівня рідини

Q1 – Вихідний сигнал про роботу ПЧ1

Q2 – Вихідний сигнал про роботу насоса 1

Q3 – Включення лампи HL1 "Готовність ПЧ1"

Q4 – Включення магнітного контактора КМ1

Для ПЧ2:

DIN1 – Вхідний сигнал про готовність ПЧ1

DIN2 – Вхідний сигнал про роботу насоса 1

Q1 – Вихідний сигнал про роботу ПЧ2

Q2 – Вихідний сигнал про роботу насоса 2

Q3 – Включення лампи HL2 "Готовність ПЧ2"

Q4 – Включення магнітного контактора КМ2

Джерело живлення, вбудований в ПЧ MBS-FC01, підключається до змінної мережі 220 В і видає постійну напругу 24 В. У нормальному режимі,

при значенні датчика рівня рідини рівному 0, в роботі знаходиться Насос 1. У цьому випадку запуснений контактор КМ1 і горить лампа НЛ1. При значенні датчика рівня рідини дорівнює 1, приходить команда на ПЧ1 про зупинку насоса, до тих пір, поки значення датчика рівня знову не стане 0. У випадку, якщо пропаде сигнал про роботу ПЧ1 або сигнал про роботу насоса 1, то автоматично в роботу вступає резервний Насос 2.

4.2. Аналіз результатів та їх інтерпретація

Для аналізу та інтерпретації отриманих результатів розглянемо імітаційну модель двигуна на прикладі регулювання рівня води в резервуарі.

Імітаційна модель системи ПЧ–АД з ІР–компенсацією з автоматичною системою регулювання рівня води в резервуарі зображена на рисунку 4.6.

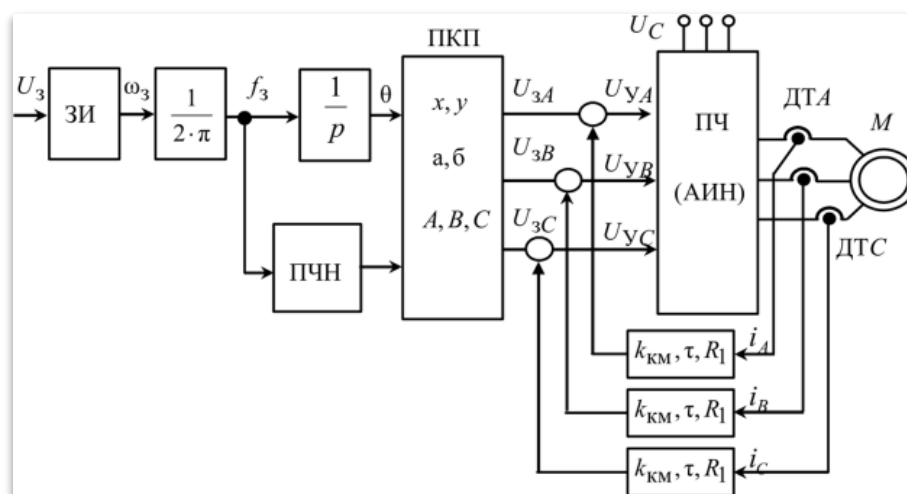


Рис. 4.6 – Імітаційна модель системи ПЧ–АД з ІР–компенсацією з автоматичною системою регулювання рівня води в резервуарі

Структурна схема системи скалярного частотного управління з ІР–компенсацією представлена на рисунку 4.7.

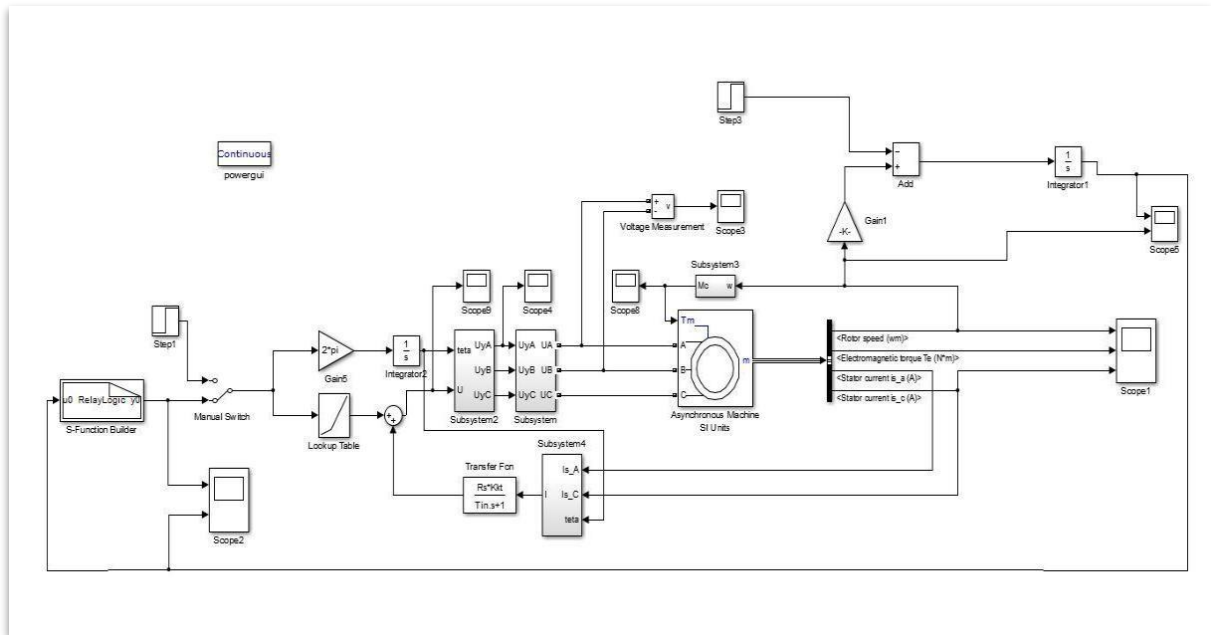


Рис. 4.7 – Структурна схема системи скалярного частотного управління з IR-компенсацією

Названа модель емулює автоматизований процес утримання рівня рідини у резервуарі. Блок S-Function Builder представляє собою складовий елемент релеєвої логіки. На вході блоку подається сигнал, що визначає рівень рідини у резервуарі. У внутрішньому блоку реалізована програма, яка визначає значення на вході. У випадку, якщо значення перевищує 3 метри, на виході блоку формується сигнал з частотою 0 Герц, що свідчить про те, що двигун не активований. У випадку, коли значення стає менше 1,5 метра, на виході блоку виникає сигнал з частотою 50 Герц, що означає запуск двигуна, який функціонує до моменту, коли рівень рідини досягає 3 метрів. Після цього процес повторюється, рівень рідини знижується до 1,5 метра, і насос включається, функціонуючи до моменту, коли рівень рідини досягає 3 метрів. Кількість рідини, яку насос переміщує, емулюється блоком Gain1, де задається коефіцієнт K. Цей коефіцієнт перетворює обертову швидкість двигуна у кількість рідини, яку насос переміщує, вимірювану у кубічних метрах на годину. Спожита кількість рідини віднімається за допомогою суматора Add, і значення задається в блоку Step3. У цьому випадку споживання рідини розпочинається о 15 годині, коли насос вже наповнив резервуар до

встановленого рівня (рисунок 4.8). З графіка видно, що час споживання рідини від верхньої до нижньої межі складає 15,05 годин, а час наповнення резервуара рідиною від нижньої до верхньої межі при споживанні становить 9,5 годин.

Програмний код, записаний в блоці S-function Builder, що забезпечує регулювання включенням / виключенням насоса при заданих умовах:

```
static float k = 1;  
  
xD[1] = 50;  
  
if (u0[0] >= 3) {xD[1] = 0; k = 0;};  
  
if ((u0[0] < 3) && (k == 0)) {xD[1] = 0;};  
  
if ((u0[0] <= 1.5) && (k == 0)) {xD[1] = 50; k = 1;};
```

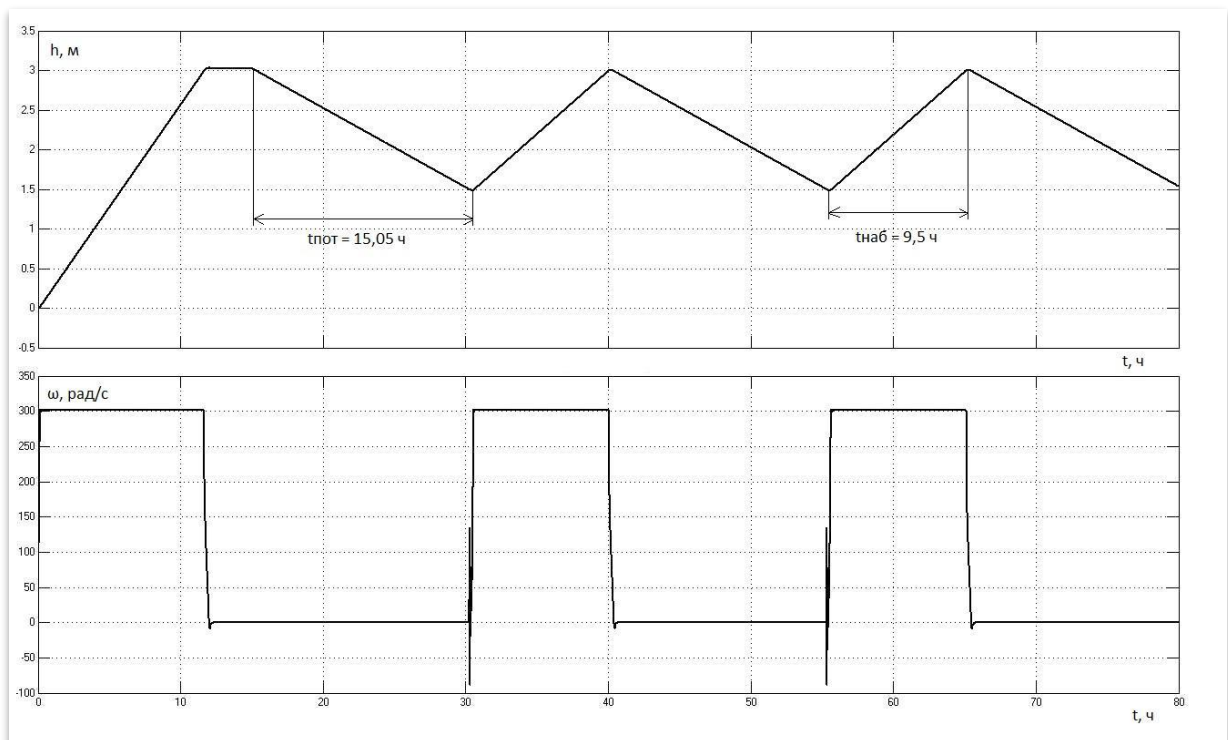


Рис. 4.8 – Залежності рівня рідини і швидкості обертання двигуна від часу, споживана = 15,05 год, набираєма = 9,5 ч

Залежності швидкості обертання двигуна, моменту на валу двигуна і струму статора від часу представлені на рисунку 4.9.

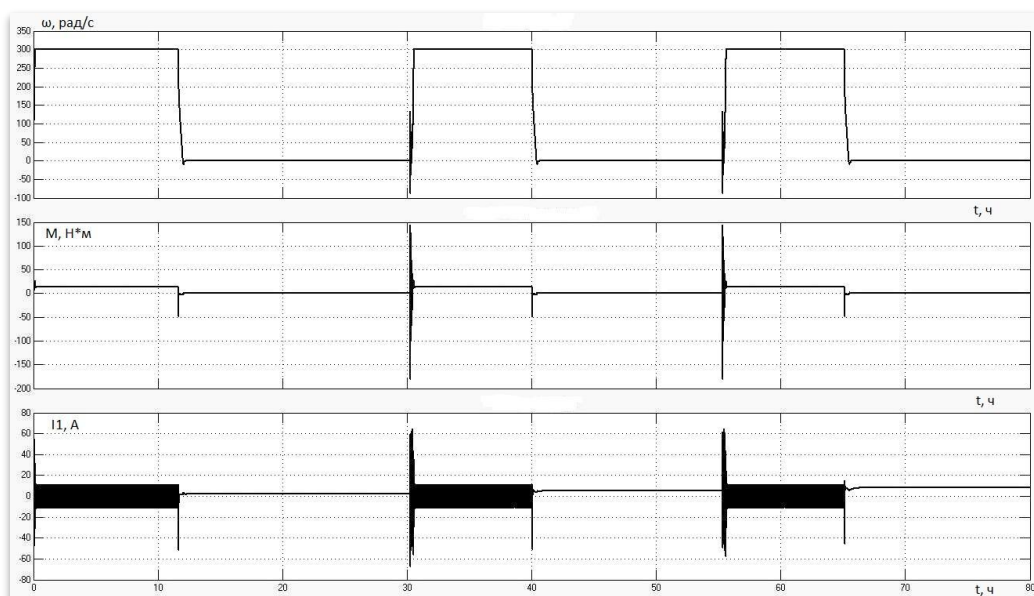


Рис. 4.9 – Залежності швидкості обертання двигуна, моменту на валу двигуна і струму статора від часу

Отже, при використанні імітаційної моделі для автоматизованої підтримки рівня рідини у резервуарі варто враховувати, що під час процесу наповнення без одночасного витрату рідини насос передає об'єм води у резервуар обсягом 100 м³ за 15,38 годин. З нижньої межі (1,5 м) до верхньої межі (3 м) насос передає воду за 5 годин. У випадку, коли воду споживають із резервуара одночасно, час наповнення від нижньої до верхньої межі становить 9,5 годин.

РОЗДІЛ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1. Рекомендації щодо використання розробленого електроприводу в нафтопереробній промисловості

Розвиток систем автоматичного керування та оновлення обладнання на вітчизняних підприємствах, впровадження автоматизованих технологій в електроприводі турбомеханізмів стають актуальними завданнями української промисловості. Проєкт розглядає використання асинхронного двигуна АІР 100S2 з короткозамкненим ротором потужністю 4 кВт для обертання відцентрового насоса, який, через великий момент інерції, ускладнює процес пуску.

Проблема високого пускового струму при прямому пуску вирішується використанням перетворювача частоти (ПЧ) MBS–FC01. Цей перетворювач забезпечує плавний пуск електродвигуна, значно знижуючи пускові струми. Крім того, ПЧ має вбудований програмований логічний контролер (ПЛК), що сприяє повній автоматизації технологічного процесу. Використання ПЧ з відкритою програмною платформою дозволяє зменшити витрати на обладнання, оскільки ПЛК вже вбудований в ПЧ.

Аналіз ринку вказує, що більше 60% українських підприємств використовують застаріле обладнання для регулювання швидкості електроприводу турбомеханізмів. Використання сучасних систем регулювання може підвищити ефективність та економічність роботи підприємств.

Аналіз економічності регулювання швидкості вказує на важливість ефективності та окупності витрат, пов'язаних із впровадженням регульованого електроприводу. При цьому важливим фактором є надійність електроприводу, що визначається якістю його роботи та тривалістю експлуатації.

Стратегічний потенціал стартапу

- 1) Підвищення енергоефективності управління турбомеханізмами.
- 2) Можливість заощадити кошти.
- 3) Відсутність прямих конкурентів.
- 4) Низькі ризики вхідних бар'єрів.

Смета витрат на старт

Дана смета включає в себе матеріальні витрати, амортизацію, витрати на заробітну плату, на соціальні потреби, інші і накладні витрати.

$K_{mat} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о} + K_{пр} + K_{накл}$, де

- K_{mat} – матеріальні витрати;
- $K_{ам}$ – амортизація комп'ютерної техніки; $K_{з/пл}$ – витрати на заробітну плату;
- $K_{с.о}$ – витрати на соціальні потреби;
- $K_{пр}$ – інші витрати;
- $K_{накл}$ – накладні витрати.

Матеріальні витрати приймаємо в розмірі 1000 грн. на канцелярські товари.

$K_{mat} = 1000$ грн.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних засобів на вартість виробленої та проданої кінцевої продукції в міру їх зносу, як матеріального, так і морального.

$$\text{Амор} = \frac{T_k}{T_{кл}} * Ц_{кт} * \frac{1}{T_{сл}}$$

$$\text{Амор} = \frac{60}{365} * 2000 * \frac{1}{50} = 657 \text{ грн}$$

- T_k – час використання комп'ютерної техніки
- $T_{кл}$ – календарний час (365днів)
- $ЦКТ$ – ціна комп'ютерної техніки (20000 грн)
- $T_{сл}$ – термін служби комп'ютерної техніки (7 років)

Витрати на заробітну плату виконавців проекту, розраховуємо за формулою:

$$Kз / пл = ЗПінж + ЗПнр, де$$

$$ЗПміс = ЗПО * k1 * k2, де$$

- $K1$ – коефіцієнт, що враховує відпустку (1,1 = 10%)
- $K2$ – районний коефіцієнт (1,3 = 30%)

ЗПО – місячний оклад (для доцента 26300 грн., Для інженера 17000 грн.).

Для наукового керівника:

$$ЗПміс = 26300 * 1,1 * 1,3 = 37609 \text{ грн}$$

Для інженера:

$$ЗПміс = 17000 * 1,1 * 1,3 = 24310 \text{ грн.}$$

Визначаємо заробітну плату за фактично відпрацьований час:

$$ЗПФ = ЗПміс / 21, де$$

- 21 – число робочих днів в місяць
- n – фактичне число днів в проекті.

Для наукового керівника:

$$ЗПФ = 37609 * 11/21 = 19700 \text{ грн}$$

Для інженера:

$$\text{ЗПФ} = 24310 * 127/21 = 147017 \text{ грн}$$

$$\text{Кз / пл} = 19700 + 147017 = 166717 \text{ грн.}$$

Витрати на соціальні потреби:

Соціальні витрати – витрати організації по обов'язковим і добровільним внескам до органів державного страхування, пенсійного фонду, фонду соціального страхування від витрат на оплату праці працівників, зайнятих у виробництві продукції, робіт, послуг в невиробничій сфері відповідно до порядку, встановленого законодавством. Витрати на соціальні потреби (відрахування) беремо 30%.

$$\text{Кс.о} = \text{Кз/пл} * 30\% / 100 = 61919 * 30 / 100 = 18575 \text{ грн}$$

Інші витрати приймаються у розмірі 10% від попередніх витрат і складають 8215 грн. Накладні витрати приймаються у розмірі 200% від попередніх витрат і складають – 123838 грн.

Смета витрат на проект складає:

$$\text{Кпр} = 1000 + 657 + 166717 + 18575 + 8215 + 123838 = 319002 \text{ грн}$$

Таблиця 5.1 – Результати отриманих даних.

Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна за одиницю	Витрати на матеріали, грн
Насос	Шт.	2	7000	14000
ПЧ	Шт.	2	66000	132000
Теплове реле	Шт.	2	500	1000
Автоматичний вимикач	Шт.	3	200	600
Магнітний контактор	Шт.	2	500	1000
Датчик рівня	Шт.	2	650	1300
Кабелі	–	–	–	2000
Разом				151900

Таблиця 5.1

Розрахунок матеріальних витрат на реалізацію проекту. Матеріальні витрати, необхідні для даної розробки занесені до таблиці 5.2:

Елементи витрат	Вартість, грн.
Матеріальні витрати	1000
Амортизація комп'ютерної техніки	657
Витрати на зарплатню плату	166717
Витрати на соціальні потреби	18575
Інші витрати	8215
Накладні витрати	123838
Разом:	319002

Таблиця 5.2

Оцінка ефективності впровадження стартап-проекту

Спираючись на досліджений аналіз кон'юктури ринку, оцінки встановленого обладнання на українських підприємствах та розрахування витрат потенційного проекту, стартап має економічну вигоду. Модернізація обладнання сприяє надійній та безперебійній роботі автоматичного керування турбомеханізмів що майже виключає витрати на ремонт, є енергоефективною порівнянно з вітчизняним обладнанням.

Для порівняння ринкової вартості ПЧ і ТРН візьмемо двох великих виробників електроприводів АВВ і Siemens (Рисунок 5.1). До 10 кВт вартість ПЧ і ТРН лежить приблизно в одному і тому ж ціновому діапазоні, але з подальшим збільшенням потужності електроприводу різниця в ціні починає збільшуватися як для Siemens, так і для АВВ.

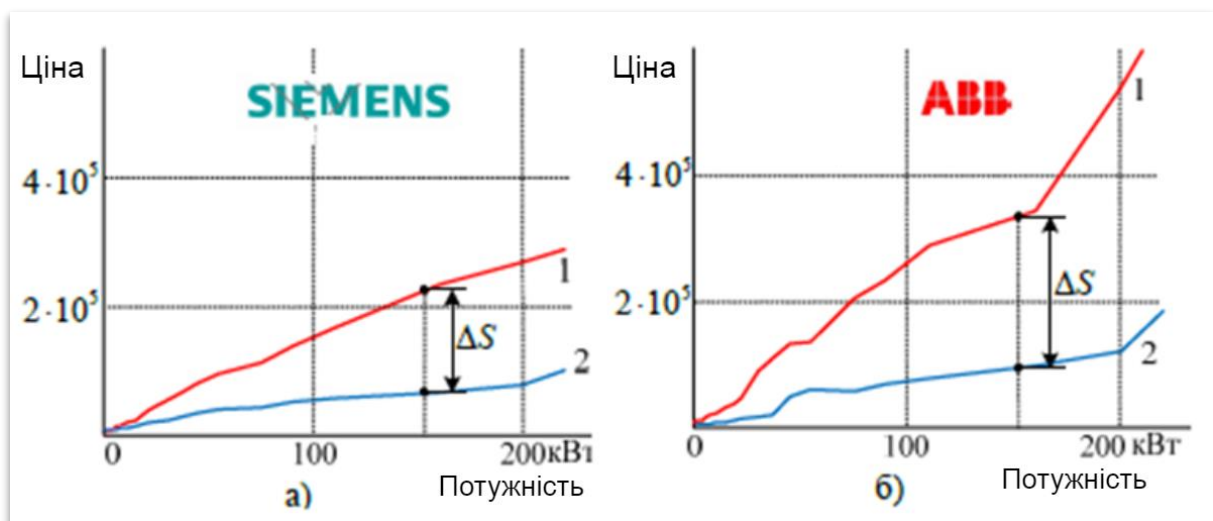


Рис. 5.1 – Криві вартості перетворювача частоти і тиристорного регулятора напруги від потужності: а) Siemens, б) АВВ; 1 – ПЧ, 2 – ТРН

Отже, при впровадженні регульованого асинхронного електроприводу дешевше використовувати ТРН для потужних електродвигунів, але при невеликих потужностях раціональніше використовувати ПЧ.

ВИСНОВКИ.

В рамках представленої магістерської дисертації було реалізовано систему регульованого електроприводу для насосу з використанням системи перетворювача частоти (ПЧ–АД) та автоматичною системою підтримки рівня рідини в резервуарі. Вибір двигуна та перетворювача частоти був обґрунтований з метою досягнення оптимальних характеристик функціонування системи. Отримані графіки механічних та електромеханічних характеристик, а також графіки відображення впливу різних частот закону регулювання U_{1h}/f були проаналізовані та інтерпретовані.

Здійснено розробку імітаційної моделі в середовищі MatLab, яка відображає процеси регулювання рівня рідини в резервуарі за допомогою релейного регулятора. Аналіз перехідних процесів при прямому пуску двигуна та під час виникнення навантаження відповідно до технологічного процесу був виконаний, де час перехідного процесу та перерегулювання були обчислені для ефективності системи. Графік, який відображає залежність рівня рідини в резервуарі від часу, був побудований та детально проаналізований. Час споживання та набору рідини були ретельно вивчені, надаючи інсайти у функціональні аспекти системи.

Реалізація програмного забезпечення для перетворювача частоти MBS–FC01, що керує системою управління, відбулася в середовищі MexBIOS Development Studio. Симуляція роботи системи в штатних і аварійних умовах була проведена для перевірки коректності функціонування програмного забезпечення.

У світлі вищезазначеного, вивчення ефективності системи з релейним регулятором для підтримки рівня рідини дозволяє зробити висновок, що такий регулятор позитивно впливає на характеристики системи в порівнянні з аналогічною системою без його використання.

Деякі аспекти системи, включаючи електричну схему, специфікацію та принцип з'єднання необхідних елементів, були визначені та враховані в процесі розробки. Економічна обґрунтованість вибору асинхронного двигуна та результати розрахунків витрат на проект та устаткування були детально проаналізовані, надаючи обґрунтовані висновки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ключев В. И., Терехов В. М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с., ил.
2. Насоси і насосні установки. Розрахунки, застосування та випробування: навч. посіб. / С. М. Срібнюк. – Київ: Центр учбової літератури, 2012. – 318 с.
3. Теорія електроприводу. БЕЗРУЧЕНКО В.М. удк62–83(75.8) / ПІДРУЧНИК.
4. Колб Ант.А. Теорія електроприводу: [навчальний посібник] / Ант.А. Колб, А.А. Колб. – Д. Національний гірничий університет, 2006. – 511 с.
5. Фациленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий: [Учебное пособие] – М.: Издательство «Горная книга», 2011. – 260. с.
6. Удут Л. С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование электроприводов. Часть 1. – Введение в технику регулирования линейных систем. Часть 2. – Оптимизация контура регулирования: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 144 с.
7. Булгаков А. А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. – М.: Наука, 1966. – 300 с.
8. Байбаков С. А., Субботіна Е. А. Частотно–регульований привод. Регулювання відцентрових насосів, і методи регулювання пустку тепла в теплових мережах. 2012. – 23 с.
9. ТОВ «НВФ Мехатроніка–Про». Перетворювач частоти з відкритою програмною платформою MBS–FC01, технічний опис. – 44 с.
10. Стартап–проект. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап–проекту» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей: 101 «Екологія», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплотехніка», спеціалізацій: «Інженерна екологія та ресурсозбереження», «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Системи електропостачання», «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» «Енергетичний менеджмент та інжиніринг» / П.В. Круш, Н. А. Шевчук, О. І. Андрусь ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні тестові дані (1 файл: 127 КБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 50 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27914>

11. А.А. Усольцев. Частотное управление асинхронными двигателями. <http://systemcontrol.ru/site/data/files/p7ru.pdf>
12. Centrifugal pump technology in oil & gas refinement [Електронний ресурс] // – 2015. – Режим доступу до ресурсу: [Centrifugal pump technology in oil & gas refinement – ScienceDirect](#)
13. IPC–eng | PROTEO – Centrifugal Pumps Control System [Електронний ресурс] // – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [IPC–eng | PROTEO – Centrifugal Pumps Control System](#)
14. Efficiency improvement in centrifugal pumps – Turbomachinery [Електронний ресурс] // – 2016. – Режим доступу до ресурсу: [Efficiency improvement in centrifugal pumps \(turbomachinerymag.com\)](#)
15. <https://elenergi.ru/asinxronno–tiristornyj–kaskad.html>
16. Куцик А.С. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах: Навч. посіб. - Нац. ун-т «Львівська політехніка»/ А.С. Куцик, В.О. Місюренко.– Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2011.– 199 с.
17. Колб Ант. А, Колб А. А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. –Д., Національний гірничий університет, 2011. – 540 с.
18. Донець О. В. Теорія електропривода/ В. І. Колотіло, О. В. Донець; Харків: нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 148 с.
19. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посібник для вищ. навч. закл., за ред. Поповича М.Г., Лозинського О.Ю. – К.:Либідь, 2005. – 678 с.
20. Зеленов А.Б. Теорія електропривода: Методика проектування електроприводів: Підручник. – Луганськ: Вид-во "Ноулідж", 2010. – 670 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1. ПЕРЕКЛАД РОЗДІЛУ 1 АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ

CHAPTER 1. OVERVIEW AND ANALYSIS OF ELECTRIC DRIVES AND THEIR CONTROL SYSTEMS IN THE PETROLEUM REFINING INDUSTRY

1.1 Review of Technologies Used in the Petroleum Refining Industry

In Ukraine, the inception of initial petroleum refineries occurred in the Carpathian region, which was then part of the Austro–Hungarian Empire.

The petroleum refining industry in the Ukrainian SSR reached its zenith in the 1970s, marked by the highest recorded volumes of oil and gas extraction.

The produced industrial output is actively utilized by enterprises in the petrochemical sector. Comparing the development of the petroleum refining industry in 1990 and 2000, the production turnover decreased by a substantial 71%.

Non–destructive testing (NDT) constitutes a significant array of methods and techniques widely employed in industries to assess the properties of materials, components, structures, and systems without the need for damaging or destroying the original part.

A comprehensive NDT approach involves the application of physical, mathematical, chemical, and biological sciences, creating a complex process of control and analysis. This process allows for the examination and testing of materials and components to detect characteristic differences, defects, as well as surface and subsurface ruptures while preserving the integrity and operability of the investigated object.

As a crucial tool for ensuring quality, non–destructive testing holds paramount importance in various industries such as aerospace, highway and bridge construction, petroleum refining, and energy. It helps prevent accidents and operational failures that could pose risks to safety, reliability, and the environment. Non–destructive testing is an integral part of all processes and is a fundamental step in ensuring quality and safety.

For the successful application of this method, it is essential to have a deep understanding of the various available methods, their advantages and limitations, and familiarity with various specifications and standards that regulate non–destructive testing procedures.

The petroleum refining industry employs various technologies for processing oil and gas into different products. Here are several key technologies used in this industry:

Distillation – a process of separating a mixture of hydrocarbons into components with different boiling points by heating and subsequently condensing, based on the physical properties of substances. In the context of petroleum refining, distillation is used to separate different fractions of crude oil with varying boiling temperature ranges to obtain products of predetermined purity and composition (Figure 1.1).

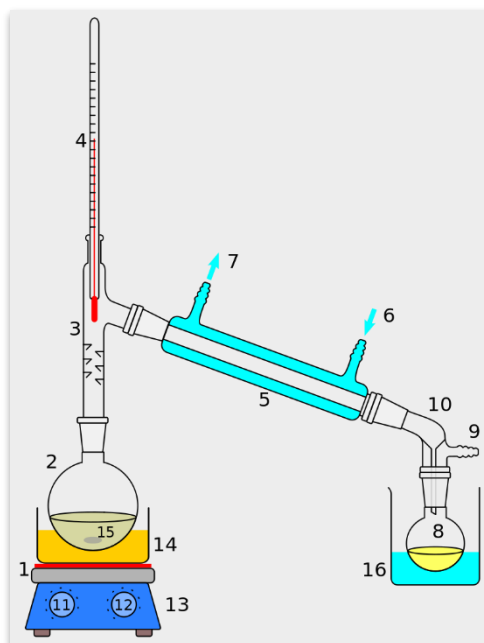


Fig. 1.1 Distillation Process

1: Heating element 2: Distillation tank 3: Distillation tube (fully soldered deflegmator with Wurz attachment) 4: Thermometer 5: Condenser (straight (Liebig condenser)) 6: Cold water inlet 7: Cold water outlet 8: Distillate tank (receiver) 9: Gas outlet tube 10: Alembic 11: Temperature regulator 12: Stirring speed regulator 13: Heating unit 14: Heating bath 15: Magnetic or mechanical stirrer 16: Cooling bath

Cracking is a chemical process of breaking down heavy hydrocarbons into lighter and more valuable components through the use of catalysts and elevated temperatures. In the field of petroleum refining, cracking is employed to increase the production of gasoline and other high-octane fuel products by breaking down heavy organic compounds.

Hydroprocessing is a process of removing unwanted impurities and contaminants from fuel materials, such as oil, using catalysts and hydrogen under high pressure and temperature. Hydroprocessing contributes to reducing the sulfur, nitrogen, and other pollutants in petroleum refining products and improving the quality of the end product.

Catalytic reforming is a process where hydrocarbon molecules are transformed into higher-octane or more valuable hydrocarbons, such as gasoline,

under the influence of catalysts and hydrogen. Catalytic reforming is a crucial process for enhancing the quality of fuel, particularly gasoline, by increasing its octane number (Fig. 1.2).

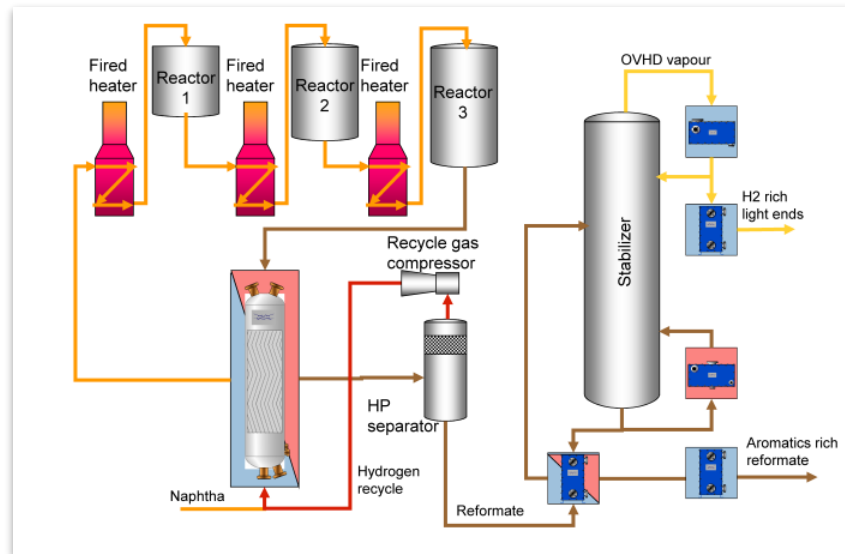


Fig. 1.2 Catalytic Reforming Process

Gasification is a technology that converts coal or hydrocarbon feedstock into synthetic gas (syngas), consisting of methane and other gaseous components. This process is used to obtain hydrogen, synthetic fuel, and other chemical raw materials for various industrial applications.

Hydrotreating is a process of removing sulfur from oil or other hydrocarbons using catalysts and hydrogen. Hydrotreating aims to reduce the sulfur content in fuel materials, helping to decrease hydrogen sulfide and sulfur compound emissions into the atmosphere, improve fuel quality, and increase the environmental suitability of petroleum refining products.

The petroleum refining industry undergoes continuous development and modernization through the implementation of new technologies. An overview of technologies in the petroleum refining industry is a crucial aspect of understanding the current state of the industry and opportunities for improvement.

In this chapter, we will analyze the main technologies used in the petroleum refining industry, including:

Production Automation: Robotized production lines, automated raw material supply and finished product output systems, quality control visual systems.

Internet of Things (IoT): Use of sensors and equipment communication for data collection and analysis of production status.

Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning: Application of AI for predicting production issues, optimizing processes, and decision-making.

3D Printing: Manufacturing spare parts and components using 3D printing allows for a quicker response to changes in production needs.

Energy Efficiency: Implementing technologies to reduce energy consumption in manufacturing and enhance its resilience to changes in energy supply.

The oil refining industry is a sector that is constantly evolving and actively adopting new technologies to increase productivity, product quality, and reduce environmental impact. An overview of technologies used in the oil refining industry will help understand the current state of the industry and forecast its future development.

One of the key technologies in the oil refining industry is the automation and robotics of production processes. Robots equipped with sensors and programmable controllers can perform routine operations such as packaging, sorting, and even quality control. This reduces labor costs, increases productivity, and mitigates the risk of production errors.

The implementation of Internet of Things (IoT) technology allows for real-time data collection from various devices and equipment. Sensors and object communication enable monitoring equipment status, measuring production parameters, and automating maintenance and repair processes.

The use of artificial intelligence (AI) and machine learning in the oil refining industry improves control, forecasting, and optimization processes. AI can

automatically analyze data, detect anomalies, and make real-time decisions, facilitating the production process and ensuring high product quality.

The concept of "Industry 4.0" envisions complete digital transformation of manufacturing enterprises. It includes the adoption of digital technologies such as accounting systems, cloud solutions, big data, and others to optimize production processes and make data-driven decisions.

One important direction for the development of the oil refining industry is the improvement of energy efficiency in production. Using efficient energy management systems, implementing green technologies, and utilizing renewable energy sources are becoming crucial tasks for more sustainable production.

A general overview of technologies in the oil refining industry indicates that the sector is keeping up with modern trends in the industry and actively implementing new solutions to enhance efficiency and competitiveness. Considering these technological innovations, it is possible to develop more efficient drive systems with programmable logic controllers to optimize production processes in the oil refining industry.

1.2 Analysis of Existing Electric Drives and Programmable Logic Controllers in the Oil Refining Industry.

Analyzing existing electric drives and programmable logic controllers in the oil refining industry is a crucial step in improving the efficiency and reliability of production processes. The oil refining industry utilizes diverse equipment that requires precise control and monitoring, with electric drives and programmable logic controllers playing a key role in this process. Below are the main stages of analyzing these systems in the oil refining industry.

The first stage involves collecting and reviewing existing electric drives in oil refining facilities. This includes types of electric motors, reducers, control and monitoring systems, as well as programmable logic controllers used for equipment control.

The next step is the technical analysis of existing electric drives and programmable logic controllers. This includes evaluating technical specifications, performance, efficiency, and reliability of the systems. It is also important to identify modern technologies and innovations that can enhance the existing systems. Analyzing the performance and reliability of existing systems is crucial. This involves studying failure rates, equipment downtime, equipment lifespan, and potential risk areas. This analysis helps identify areas for improvement and optimization.

Studying current trends and innovations in electric drives and programmable logic controllers is key to enhancing the systems. These trends may include the use of the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and accounting systems that enhance efficiency and reliability. After analyzing existing systems, specific requirements and specifications should be determined for the development and implementation of improved electric drives and programmable logic controllers that meet the needs of the oil refining industry. Conducting a comparative analysis of existing systems with modern technologies and standards helps identify the advantages and disadvantages of existing systems and opportunities for improving efficiency and reliability.

Studying practical cases of implementing programmable logic controllers and modern electric drives in the oil refining industry helps us understand the practical benefits that can be obtained from such systems.

This analysis helps the oil refining industry understand how to improve the efficiency and reliability of its electric drive and programmable logic controller systems to meet the industry's needs.

After identifying potential improvements in electric drive and programmable logic controller systems, it is important to assess the economic feasibility of these measures. This includes calculating the costs of modernization and the expected benefits from improvements in productivity and reliability. At this stage, a detailed engineering project needs to be developed, including equipment specifications,

connection diagrams, installation plans, and software development for programmable logic controllers. After project development, it is time to implement the new systems, including equipment installation, software configuration, and conducting tests to check functionality and compliance with requirements. The final stage involves continuous monitoring of system operation, performance analysis, and system improvement based on acquired data.

Defining Key Parameters: To analyze existing electric drives and programmable logic controllers, it is essential to determine key parameters such as power, speed, precision, reliability, efficiency, lifecycle, interfaces, power consumption, cost, and compliance with standards.

Power: The power of the electric drive determines its ability to perform work, such as lifting heavy loads or moving equipment with high inertia. It is measured in units of energy expended per unit of time (e.g., watts or kilowatts).

Speed: The speed of the drive's movement is crucial for regulating and controlling processes. Different applications may require different rotation speeds or displacements.

Precision: Precision determines how accurately the drive can perform tasks and control equipment. This is particularly important in applications where high precision is required, such as in laboratory setups or control of chemical processes.

Reliability: Reliability indicates the degree to which the electric drive can operate without failure or breakdown. It considers the international mean time between failures (MTBF) and the probability of failure.

Efficiency: Efficiency determines how well the drive converts input energy into useful work and the quality of system control. This may include energy losses that could be unacceptable in certain applications.

Lifecycle: Some systems require electric drives with a long lifecycle that does not require frequent replacement or maintenance.

Interfaces: The electric drive system must align with other equipment and be compatible with other control system components.

Power Consumption: It is important to consider how much electrical energy the drive consumes, as this can impact the efficiency and economics of production.

Cost: The cost of the electric drive and programmable logic controller is crucial, including equipment costs and expenses for installation and maintenance.

Compliance with Standards: The system must comply with requirements and standards of industrial safety and quality.

These key parameters help form the basis for analyzing existing electric drives and programmable logic controllers in the oil refining industry.

Equipment Condition Assessment in the Oil Refining Industry

Equipment condition assessment is a crucial stage in the oil refining industry as it enables the timely detection of potential issues, helps prevent accidents, and ensures the seamless operation of equipment. Various methods and tools are employed for equipment condition assessment. The initial step involves a visual inspection of the equipment, where operators and technical personnel observe the condition, identifying visible signs of wear, damage, or leaks. Measurements of parameters such as temperature, pressure, vibration, noise levels, etc., provide information about the operational status of the equipment. Values like productivity, power consumption, and operating temperatures can be assessed to identify anomalies. Vibration measurements aid in detecting issues with bearings and other moving parts, while thermographic analysis uses infrared thermography to identify anomalies in the equipment's thermal regime. The implementation of Programmable Logic Controllers (PLCs) and Internet of Things (IoT) systems automates the monitoring process, providing real-time data for analysis. The collected data is analyzed using specialized software to detect anomalies and forecast potential failures.

Equipment condition assessment is an integral part of maintenance and management programs in oil refining plants, contributing to increased efficiency and reliability of production. It also includes evaluating fuel and energy consumption, environmental impact, and analyzing related technologies.

1.3. Overview of Modern Trends in the Use of Programmable Logic Controllers in the Oil Refining Industry

Modern Programmable Logic Controllers (PLCs) are becoming increasingly powerful and functional. An overview of current trends in PLC usage in the oil refining industry helps understand the new capabilities they bring to the sector.

Some contemporary trends include:

- **Integration with Cloud Systems:** The ability to store and analyze PLC data in cloud computing facilitates remote monitoring and control of production processes.
- **Enhanced Security and Cyber Protection:** Developments in cybersecurity measures protect PLCs from potential attacks and vulnerabilities.
- **Application of Artificial Intelligence:** Using AI for automatic anomaly detection in equipment operation, failure prediction, and process optimization.
- **Interactivity and User Interfaces:** Advancements in interactive interfaces for PLC programming and monitoring, easing the work of operators and engineers.

This overview of technologies and trends establishes the foundation for further research and development of PLC-based electric drives for the oil refining industry.

Current State of Automation Trends in Technological Processes

The field of industrial process automation is continually evolving, with several key directions based on microprocessor solutions for industrial automation [1, 2]. Among them, significant attention is given to Distributed Control Systems (DCS), Programmable Logic Controllers (PLCs), and PC-based control systems, known as PC-based control. In addition to hardware solutions, software plays a crucial role in the automation domain [3–21].

The DCS direction emerged as a successor to Automated Process Control Systems (APCS), which were implemented in the early 1980s based on powerful industrial computers of that time. DCS aims to create a unified distributed software and technical environment for APCS, leading to the selection and development of corresponding technical, software, and organizational support for such systems. Leading companies in this area include Honeywell, Fisher–Rosemount, and Westinghouse. Ukraine also has successful examples of DCS development, such as the UniCont software and technical complexes. DCS systems are effective for automating complex technological processes with a large number of parameters (several thousand or more).

In recent years, there has been a growing popularity of products from companies like Octagon Systems, Advantech, Analog Devices, and others, known as PC-based control or PC-compatible controllers. The main idea of this approach is the use of standard PC equipment to develop application programs for controlling various processes. This can either be industrial computers with embedded software modules in various configurations or separate software modules that can be embedded in regular PCs.

These trends in automation technology contribute to the continuous evolution of process automation, emphasizing the importance of both hardware and software solutions [1–21].

Use of Microprocessor Technology in Control Systems for Oil Refining Facilities

One of the primary directions in employing microprocessor technology in control systems for oil refining production is the utilization of Industrial Microprocessor Logic Controllers (PLCs). The emergence of PLCs is characterized by a predominant focus on automating discrete processes and the need to replace traditional control systems based on relay–contact or contactless logic systems. Unlike their predecessors, PLCs provide the capability to alter control algorithms through reprogramming. The first PLC, known as MoDiCon (Modular Digital Controller), was initially used in the U.S. automotive industry in 1968 to replace relay control systems. Over time, developers enhanced PLCs by adding various input–output modules, functional capabilities, and analog processing and control algorithms.

Modern PLCs support various networks and fields for data exchange and incorporate contemporary technologies such as client–server architecture, Microsoft standards (OPC, COM, DCOM, Active–X, Web–client), and many others. They have transformed systems built on PLCs into powerful distributed control systems, competing with DCS systems in the field of continuous process automation. However, PLCs have managed to retain a significant advantage—the ability to promptly change control algorithms programmatically. This is coupled with the availability of "technological" programming languages that simplify the creation, enhancement, and modification of application programs to best suit user needs.

Today, microprocessor technologies in the automation of technological processes are in constant development, offering limitless possibilities for improving efficiency and production quality across various industrial sectors.

Current Trends in Automation System Standardization for Technological Processes

Modern software and hardware complexes for automating Process Control Systems (PCS) adhere to specific standards and structures that simplify their

deployment and management. One of the fundamental structures is the Integrated Enterprise Control System pyramid, following the ISA–95 standard. This pyramid defines the hierarchical levels of the system, starting from the bottom, where controllers and data collection devices are located, and ending at the top, where supervisors and enterprise–level production management systems are situated.

At the lower level, continuous and programmatic regulation is implemented, along with the collection and processing of equipment data. Tasks at this level include ensuring the reliability and safety of technological processes.

At the upper level, supervisors are positioned, as responsible for high–level control and monitoring of technological processes. They receive data from the lower level and make strategic decisions regarding production.

This standardized pyramid structure streamlines the organization and management of automated systems, contributing to the overall efficiency of technological processes.

In addition to the two–tiered structure, there are also three–tiered program–technical complexes that utilize a distributed client–server architecture to ensure greater reliability and scalability. Modern trends in the development of program–technical complexes for Process Control Systems (PCS) include a shift from the hierarchical pyramid (following the ISA–95 standard) to a distributed structure. This involves the use of cyber–physical systems, cross–platform SCADA systems, cross–platform industrial PLCs, and shared DCS platforms for SCADA systems and industrial PLCs. These changes open up new possibilities for effective management of technological processes and increased productivity.

Role and Characteristics of Programmable Logic Controllers (PLCs)

Programmable Logic Controllers (PLCs) play a significant role as a component of process control systems. A detailed examination of their functions and characteristics is necessary.

Controllers, whether PLCs or programmable logic controllers, serve as the hardware platform at the lower level of PCS. They replace traditional regulators and relay circuits, providing the ability for programmable process control. This simplifies the configuration and modification of control algorithms.

PLCs come in specialized (configurable) and universal (freely programmable) types. Universal PLCs enable developers to create their own programs to address specific control tasks.

The architecture and structure of PLCs may vary, but they usually have a modular structure, facilitating the expansion and support of various types of equipment.

Technological programming languages such as IEC (IEC) 61131–3 are used for PLC programming. These languages allow the creation of control logic, including LD (ladder diagram), FBD/CFC (functional block/contact–functional diagram), and ST (structured text).

Panel PLCs provide operators with the ability to interact with the system and monitor the equipment's status.

Today, PLCs from global brands and manufacturers in Ukraine are available in the market. Trends in the development of modern PLCs include the use of the Linux operating system, data alarming, data archiving, the use of machine learning algorithms, and many other innovations aimed at enhancing efficiency and automating industrial processes.

Fourth Industrial Revolution and Changing Terminology in Industrial Automation

The fourth industrial revolution brings objective changes to the terminology and approaches to practical industrial automation, such as the use of the term Operations Management (OM) to denote the management of technological operations and Operations Technologies (OT) for the automation technologies of technological

operations. The term Operations Management Interface (OMI) is also used instead of HMI/SCADA to denote the operator's interface with the system.

Conclusions for Section 1

Based on the review and analysis of electric drives and their control systems in the oil refining industry, several conclusions can be drawn.

Firstly, electric drives are a necessary component of the production process in oil refining enterprises. They enable the operation of moving equipment and ensure its optimal functioning and controlled processes.

Secondly, control systems for electric drives in the oil refining industry allow for efficient control of drive operations. They provide precision regulation, stability of power and speed, and ensure equipment safety.

Thirdly, considerable attention should be given to energy efficiency issues of electric drives and their control systems. The implementation of modern technologies and economic solutions can help reduce electricity consumption and the costs associated with its production.

Given these considerations, it is crucial to regularly update old equipment and introduce modern technologies in the field of electric drives. Additionally, control systems should be continually improved, considering new technological requirements and regulatory frameworks.

Overall, the review and analysis of electric drives and their control systems in the oil refining industry underscore the importance of these components in the production process. The enhancement of technologies and the implementation of modern solutions can contribute to increased efficiency in oil refining enterprises and cost reduction.

ДОДАТОК 2. ТЕЗИ НАУКОВИХ ДОПОВІДЕЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції

«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:

ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»

10 листопада 2023 року



Полтава 2023

С.Г. Кислиця, В.В. Зливко АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ.....	55
Р.В. Захарченко, П.Б. Митрофанов, В.Ю. Кушнір РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.....	58
О. Шефер, К. Кривенко ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ВІДПАЛУ СКЛОВИРОБІВ ПРИЗМАТИЧНО-ЦИЛІНДРИЧНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ.....	60
С.А. Закусило, Є.О. Зайцев ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ LoRaWAN.....	62
О.Г. Дрючко, О.В. Шефер, Б.Р. Боряк, Р.В. Захарченко, О.А. Іванов, В.О. Тітов ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ЗАРЯДУ І РОЗРЯДУ ЛІТІЄВИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ.....	64
В. В. Яреценко, В.В. Косенко КОДУВАННЯ З НИЗЬКИМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ.....	67
С.Г. Кислиця, Я.О. Зоць РОЗРОБЛЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПАКУВАННЯ ЧАЮ.....	68
М.І. Шкурін, А.В. Трет'як ВАЖЛИВІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНАМИ НА ПРИКЛАДІ ІРС PROTEO.....	70
О.В. Михайліченко МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ ЗАГРОЗ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОТОКУ ДАНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	72
Г.М. Кожушко, С.Г. Кислиця, Д.В. Кислиця ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ СВІТЛА LED ЛАМП.....	74
О.І. Лактіонов, І.В. Марченко МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ РАДІАЛЬНО- СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 2М57-2 ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИК.....	77

УДК 681.532

М.І. Шкурін, студент

А.В. Трет'як, к.т.н

Національний університет «Полтавська політехніка Імені Юрія
Кондратюка»

ВАЖЛИВІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНАМИ НА ПРИКЛАДІ ІРС PROTEO

Сучасні тенденції у впровадженні технологій керування насосами визначають ключовий напрямок розвитку у забезпеченні ефективності та безперебійності їхньої роботи. Важливість використання відцентрових насосів у нафтопереробній галузі визначається комплексом технічних та економічних аспектів.

Сучасні системи автоматизації, як, наприклад, ІРС Proteo (Рис.1), спроектовані на базі ідеї повної автоматизації насосів при мінімальній кількості встановлених польових датчиків. Це досягається завдяки впровадженню моделей на основі продуктивності (РВМ), що стало можливим завдяки зростанню обчислювальної потужності комерційних систем програмованої логіки (ПЛК).

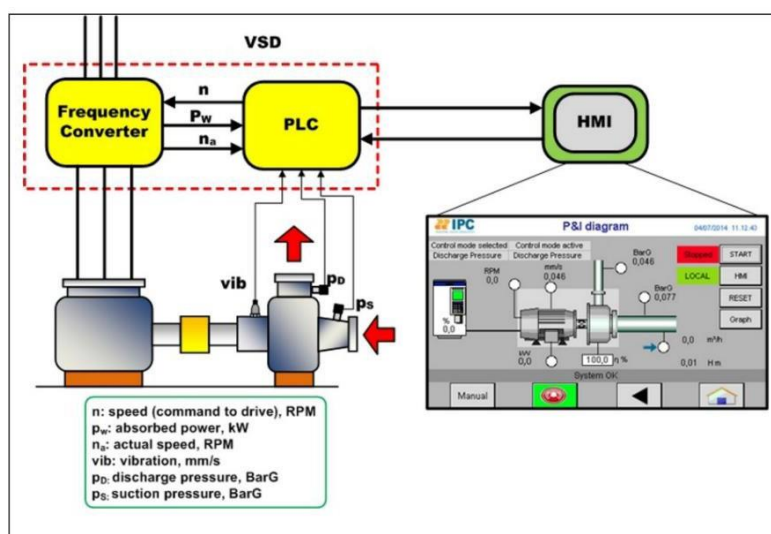


Рис. 1 – Архітектура Proteo

Дані системи не лише виконують завдання керування, але й використовуються для захисту та автоматичної діагностики.

Основні переваги таких систем включають в себе багатозмінну можливість контролю, привід змінної частоти (VFD), що дозволяє значно знизити споживання енергії, та використання моделей на основі продуктивності для передбачення та діагностики аномалій.

Однією з перспектив розвитку є інтеграція обчислювальних технологій, таких як обчислювальна гідродинаміка (CFD) та комп'ютерно-автоматизоване проектування/виготовлення (CAD/CAM), що має потенціал оптимізації дизайну насосів для кожного конкретного випадку. Такий підхід сприятиме підвищенню ефективності та максимізації вигоди від усіх обговорюваних інновацій у сфері технологій нафтопереробки.

Узагальнюючи викладене, можна визначити, що використання відцентрових насосів у нафтопереробній галузі стає стратегічно важливим аспектом для підвищення ефективності та надійності виробничих процесів. Застосування сучасних систем керування, зокрема IPC Proteo, дозволяє досягти автоматизації насосів за допомогою мінімальної кількості датчиків, що є важливим етапом у розвитку технологій автоматизації.

Ключові переваги використання відцентрових насосів та сучасних систем керування включають максимальну ефективність та надійність у роботі, багатозмінні можливості контролю, використання приводу змінної частоти для зниження споживання енергії, а також впровадження моделей на основі продуктивності для передбачення та діагностики аномалій.

При розгляді перспектив розвитку важливим є поєднання обчислювальних технологій, таких як CFD та CAD/CAM, для оптимізації дизайну насосів. Це дозволить досягти максимальної ефективності на кожному конкретному етапі виробничого процесу.

Загалом, інтеграція відцентрових насосів та сучасних систем керування є важливим елементом успішної експлуатації центрифугальних насосів нового покоління в сучасних умовах нафтопереробної галузі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Centrifugal pump technology in oil & gas refinement* [Електронний ресурс]
// - 2015. – Режим доступу до ресурсу: [Centrifugal pump technology in oil & gas refinement - ScienceDirect](#)
2. *IPC-eng | PROTEO - Centrifugal Pumps Control System* [Електронний ресурс] // - 2021. – Режим доступу до ресурсу: [IPC-eng | PROTEO - Centrifugal Pumps Control System](#)
3. *Efficiency improvement in centrifugal pumps – Turbomachinery* [Електронний ресурс] // - 2016. – Режим доступу до ресурсу: [Efficiency improvement in centrifugal pumps \(turbomachinerymag.com\)](#)

THE IMPORTANCE OF THE IMPLEMENTATION OF THE NEWEST ELECTRIC MOTOR CONTROL SYSTEMS AS AN EXAMPLE OF IPC PROTEO

M. Shkurin, student,

A. Tretiak, Ph.D.

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

Міністерство освіти та науки України
Національний університет "Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка

Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій

**Розроблення електропривода з програмованим логічним контролером
для нафтопереробної промисловості**

Кваліфікаційна робота магістра

Виконав:

Студент групи 601дМЕ

Шкурін М.І.

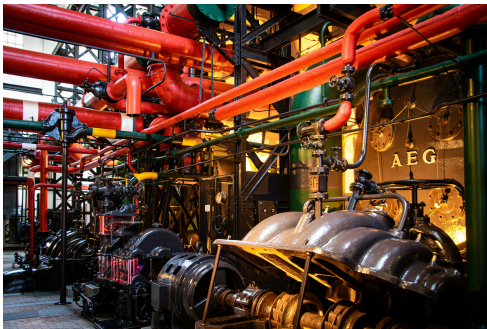
Керівник:

доцент, канд. техн. наук

Трет'як А.В.

Полтава 2024

Вступ



Сучасні вимоги до **нафтопереробних** процесів надають особливого значення використанню **ефективних** та інтелектуальних систем управління.

Ми розглянемо ключові аспекти розробки **електропривода**, обладнаного програмованим логічним контролером (ПЛК), який визначено відповідати **високим** стандартам автоматизації та оптимізації технологічних процесів в **нафтопереробній** промисловості.



Значення електроприводів

Електроприводи в нафтопереробній промисловості визначально впливають на **ефективність** виробничих процесів.

Забезпечуючи точне та **контрольоване** керування **обладнанням**, вони відіграють ключову роль у приведенні в рух насосів, компресорів та іншого механізму.

Використання **електроприводів** сприяє **автоматизації** та впровадженню сучасних систем керування, покращуючи загальну **продуктивність** та якість виробництва.

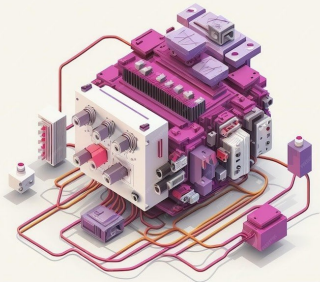
Їх **роль** у забезпеченні функціональності та ефективності процесів робить їх **ключовим** елементом в конкурентному та стабільному виробництві.



Інноваційні технології

Прогрес у сфері **інноваційних** технологій в **електроприводах** представляє собою перспективний напрям для підвищення **продуктивності** та **раціоналізації** витрат у сегменті **нафтопереробної** промисловості.

Інтеграція сучасних наукових рішень визначає визначальний крок у досягненні успіху в цьому контексті.



Ефективне керування

Системи управління **електроприводами** визначаються як ключовий аспект, спрямований на досягнення оптимальної продуктивності та раціонального використання енергії в контексті **нафтопереробної** промисловості.

Особливий акцент варто зробити на ролі **програмованих** логічних контролерів (PLC), які забезпечують **гнучкі** та програмовані рішення для ефективного **контролю** та **керування** промисловими **процесами**, що сприяє високій ефективності та надійності систем управління в **нафтопереробній** галузі.



Інтелектуальні рішення

Впровадження **інтелектуальних** систем керування на основі передових технологій, таких як система **Proteo**, є ключовим фактором для підвищення **ефективності** та **надійності** електроприводів в нафтопереробній промисловості.

Ці **інтелектуальні рішення** відкривають нові перспективи для оптимізації виробничих процесів та ефективного зменшення витрат у даному секторі.



Впровадження нових технологій

Впровадження новітніх технологій у нафтопереробній промисловості відіграє **визначальну** роль у забезпеченні конкурентоспроможності та **ефективності** виробництва.

Це дозволяє **оптимізувати** процеси, зменшувати **витрати** енергії, підвищувати надійність та відкриває нові **можливості** для розвитку галузі.

Новітні **технології** дозволяють ефективно вирішувати сучасні **виклики** та **підвищувати** якість та продуктивність виробництва.

Проектування електроприводу

Відцентрові насоси в нафтовидобуванні визначаються як ключові для переміщення рідин. Вони володіють унікальною властивістю, де їх **продуктивність** залежить від кутової швидкості.

Це впливає на вибір електродвигуна, потрібного для приводу насоса. У контексті **нафтовидобування** важливим є аспект пускових режимів заглибних насосів.

Для насосів **ЕЦВ** обмеження **кількості** прямих пусків визначається заводом-виробником. Пуск **заглибних** насосів є **важким** режимом для електродвигунів та труб, що вимагає уважного аналізу кутових швидкостей.

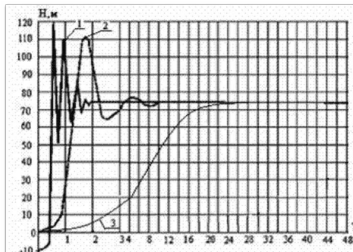


Рис. 3.1. Графіки зміни тиску під час пуску насосу

Проектування апаратної частини електроприводу

Розрахунок характеристик виробляємо для частот $f_1 = 50; 40; 30; 15$ Гц.

Будуємо електромеханічні характеристики $I_2'(\omega)$ для обраних частот і коефіцієнтів $K_{км}$, за виразами:

$$I_2'(s, f, K_{км}) = \frac{U_1(f)}{\sqrt{(R_{1ЕКВ}(K_{км}) + R_2'/s)^2 + x_{кН}^2 * f_1^2(f) + (\frac{R_{1ЕКВ}(K_{км}) * R_2'}{s * x_{кН} * f_1(f)})^2}}$$

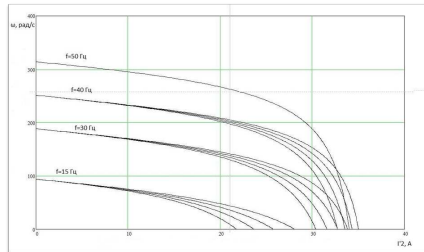


Рис. 2 – Електромеханічні характеристики $I_2'(\omega)$ для обраних частот і коефіцієнтів $K_{км}$

Проектування програмного забезпечення для ПЛК та інтеграція за електроприводом

MexBIOS Development Studio – візуальне середовище розробки і моделювання програмно-апаратних засобів систем управління електродвигунами, технологічними комплексами, програмованими логічними контролерами.

Середа **MexBIOS Development Studio** надає користувачеві можливості:

- створювати власні програми управління електродвигунами, технологічними комплексами, ПЛК;
- виконувати моделювання роботи програми і електромеханічних об'єктів і систем;
- встановлювати бібліотеки компонентів для нових мікроконтролерів.

Іншу частину системи управління необхідно зібрати в режимі обміну даними з контролером (бібліотека **TMS320F2833x**).

На **рисунку 4** представлені алгоритми функціонування системи управління в бібліотеці TMS320F2833x для першого і другого двигуна.

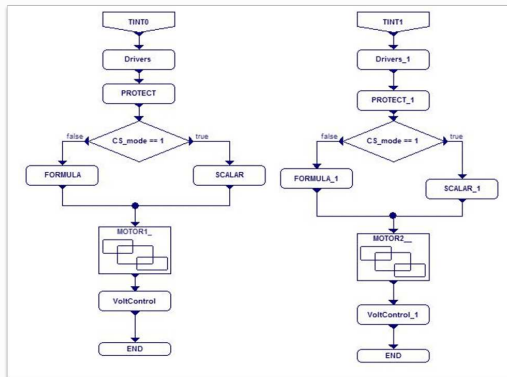


Рис. 3 – Алгоритм функціонування основного або резервного двигуна

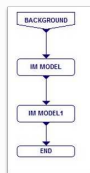


Рис. 4 – Алгоритм функціонування системи управління в бібліотеці TMS320F2833x

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЩО РОЗРОБЛЕНО

Моделювання роботи асинхронного двигуна здійсимо за допомогою програми **MATLAB Simulink**.

Для створення імітаційної моделі знайдемо такі параметри двигуна.

- Індуктивність фази обмотки **статора**: $L1\sigma = X1n / (2 \cdot \pi \cdot f1n) = 2,517 / (2 \cdot \pi \cdot 50) = 0,008012$ Гн.
- Індуктивність фази обмотки **ротора**: $L2\sigma' = X2n' / (2 \cdot \pi \cdot f1n) = 3,377 / (2 \cdot \pi \cdot 50) = 0,011$ Гн.
- Індуктивність ланцюга **намагнічування**: $L\mu = X\mu n / (2 \cdot \pi \cdot f1n) = 56,992 / (2 \cdot \pi \cdot 50) = 0,181$ Гн.

Імітаційна модель зображена на рисунку 5

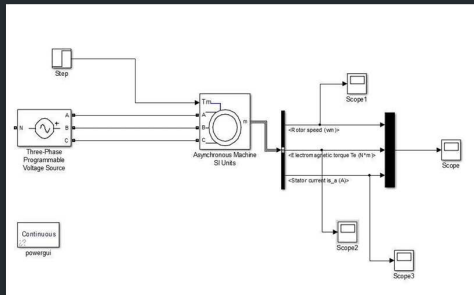


Рис. 5 – Імітаційна модель прямого пуску асинхронного двигуна

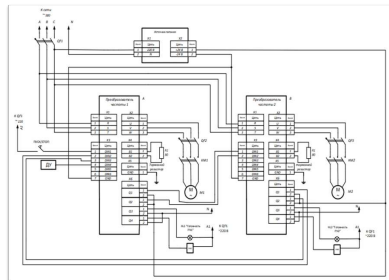


Рис. 6. Електрична схема системи регульованого електроприводу за схемою ПЧ-АД

У **електричній** схемі присутні **два двигуна**, основний М1 і резервний М2, кожен приєднаний до перетворювача частоти ПЧ1 і ПЧ2 відповідно.

Перетворювач частоти МBS-FC01 включає в себе силову плату і плату управління, а також джерело живлення.

Джерело живлення, вбудований в ПЧ МBS-FC01, підключається до змінної мережі 220 В і видає постійну напругу 24 В. У **нормальному режимі**, при значенні датчика рівня рідини рівному 0, в роботі знаходиться Насос 1. У цьому випадку запуснений **контактор** КМ1 і горить лампа НЛ1.

При значенні датчика рівня рідини дорівнює 1, приходить команда на ПЧ1 про зупинку насоса, до тих пір, поки **значення** датчика **рівня** знову не стане 0. У випадку, якщо пропаде сигнал про роботу ПЧ1 або сигнал про роботу насоса 1, то автоматично в роботу вступає резервний Насос 2.

Аналіз результатів та їх інтерпретація

Для аналізу та інтерпретації отриманих результатів розглянемо імітаційну модель двигуна на **прикладі** регулювання рівня води в резервуарі.

Імітаційна модель системи ПЧ-АД з ІР-компенсацією з автоматичною системою регулювання рівня води в резервуарі зображена на рисунку 7

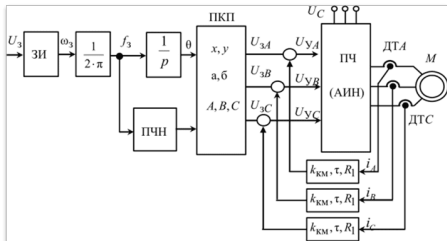


Рис. 7 – Імітаційна модель системи ПЧ-АД з ІР-компенсацією з автоматичною системою регулювання рівня води в резервуарі

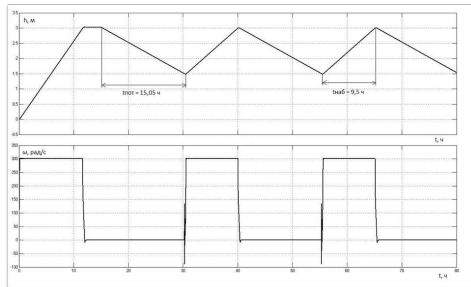


Рис. 8 – Залежності рівня рідини і швидкості обертання двигуна від часу, споживана = 15,05 год, набираєма = 9,5 ч

Отже, при використанні імітаційної моделі для автоматизованої підтримки рівня рідини у **резервуарі** варто враховувати, що під час процесу наповнення без одночасного витрату рідини насос передає об'єм води у резервуар обсягом **100 м³** за **15,38** годин.

З **нижньої** межі (1,5 м) до **верхньої** межі (3 м) насос передає воду за **5 годин**. У випадку, коли воду споживають із резервуара **одночасно**, час наповнення від нижньої до верхньої межі становить **9,5 годин**.



РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проект розглядає використання асинхронного двигуна **AIP 100S2 (4 кВт)** для відцентрового **насоса** в умовах великого моменту інерції, **ускладнюючи** процес пуску.

Високий пусковий струм **вирішується** перетворювачем частоти **MBS-FC01**, який забезпечує плавний пуск та вбудований програмований логічний контролер (ПЛК) для автоматизації.

Аналіз **ринку** вказує, що більше 60% українських підприємств використовують **застаріле** обладнання для регулювання швидкості турбомеханізмів.

Використання **сучасних** систем підвищить ефективність та економічність. Економічний **аналіз** регулювання швидкості підкреслює важливість ефективності та окупності витрат при впровадженні регульованого електроприводу, з врахуванням **надійності** електроприводу як ключового фактора.



Смета витрат на стартap

Дана смета включає в себе матеріальні витрати, амортизацію, витрати на заробітну плату, на соціальні потреби, інші і накладні витрати. **$K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о.}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}$** , де
 $K_{\text{мат}}$ – матеріальні витрати;
 $K_{\text{ам}}$ – амортизація комп'ютерної техніки;
 $K_{\text{з/пл}}$ – витрати на заробітну плату;
 $K_{\text{с.о.}}$ – витрати на соціальні потреби;
 $K_{\text{пр}}$ – інші витрати;
 $K_{\text{накл}}$ – накладні витрати.

Елементи витрат	Вартість, грн.
Матеріальні витрати	1000
Амортизація комп'ютерної техніки	657
Витрати на заробітну плату	166717
Витрати на соціальні потреби	18575
Інші витрати	8215
Накладні витрати	123838
Разом:	319002

Таблиця 1

Оцінка ефективності впровадження стартап-проекту

Спираючись на досліджений **аналіз** кон'юнктури ринку, оцінки встановленого обладнання на українських підприємствах та розрахування витрат потенційного проекту, стартап має економічну вигоду.

Модернізація обладнання сприяє надійній та **безперебійній** роботі автоматичного керування турбомеханізмів що майже виключає витрати на ремонт, є **енергоефективною** порівнянно з вітчизняним обладнанням.

Для порівняння ринкової вартості ПЧ і ТРН візьмемо двох великих виробників електроприводів ABB і Siemens (Рисунок 9). До **10 кВт** вартість ПЧ і ТРН лежить приблизно в одному і тому ж ціновому діапазоні, але з подальшим **збільшенням потужності** електроприводу різниця в ціні починає **збільшуватися** як для Siemens, так і для ABB.

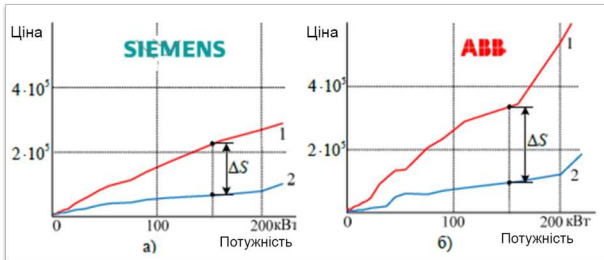


Рис. 5.1 – Криві вартості перетворювача частоти і тиристорного регулятора напруги від потужності: а) Siemens, б) ABB; 1 – ПЧ, 2 – ТРН

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз стартап проекту, досліджено сучасне становище на українських підприємствах, встановлена можливість ринкової комерціалізації проекту. В умовах енергетичної кризи даний проект є раціональним економічно-вигідним рішенням для багатьох вітчизняних підприємств з перспективою розвитку враховуючи сучасну кон'юнктуру ринку.

Проект є конкурентоспроможним, враховуючи особливості використання, доцільність використання визначається згідно пріоритетів підприємства.





Висновок

У магістерській роботі розроблено регульований електропривід для насосу, використовуючи перетворювач частоти (ПЧ–АД) та автоматичну систему підтримки рівня рідини в резервуарі.

- Вибір двигуна та ПЧ був обґрунтований для досягнення оптимальних характеристик системи. Аналіз графіків механічних та електромеханічних характеристик та впливу різних частот закону регулювання проведено.
- Розроблено імітаційну модель в MatLab для відображення процесів регулювання рівня рідини з релейним регулятором.
- Проведено аналіз перехідних процесів та пуску двигуна, обчислено час переходу та перерегулювання. Побудований графік залежності рівня рідини в резервуарі від часу детально проаналізовано.
- Реалізація програмного забезпечення для ПЧ MBS–FC01 та симуляція системи в умовах штатної та аварійної роботи в MexBIOS Development Studio підтвердили коректність функціонування.
- Дослідження ефективності системи з релейним регулятором підтверджує його позитивний вплив на характеристики порівняно з аналогічною системою без нього. Враховано аспекти системи, включаючи електричну схему, специфікацію та принцип з'єднання.
- Економічна обґрунтованість вибору асинхронного двигуна та витрат на проект та устаткування детально проаналізовані, що дало обґрунтовані висновки.

**Дякую за
увагу!**

З повагою Шкурін М.І.

*Національний
університет "Полтавська
політехніка імені Юрія
Кондратюка"*
