

Бакалаврська дипломна робота на тему:

**«МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА ПЕРЕКАЧУВАННЯ ОЛІЇ В
УМОВАХ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ
ОЛІЙНОЖИРОВИЙ КОМБІНАТ»**

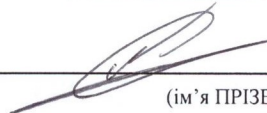
Виконав: студент 2мс курсу, гр. ЕМ-22мс
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка



Олег ЛЕЩУК

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. КЕМСК



Сергій БАБІЙ

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« 28 » 05 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ



Олександр БАБЕНКО

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« 10 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри КЕМСК

« 28 » 05 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет _____ Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра _____ комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський)
Галузь знань _____ 14 – Електрична інженерія
Спеціальність _____ 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма _____ «Електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ к.т.н., доц.

_____ Микола МОШНОРІЗ

« 11 » _____ 03 _____ 20 24 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лещуку Олегу Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація електропривода насоса перекачування олії в умовах приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»

Керівник роботи Бабій Сергій Миколайович, к.т.н., доц. каф. КЕМСК

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 11 » _____ 03 _____ 20 24 року № 80

2. Термін подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: характеристики насосу: тип СХ 32-200/4; максимальна температура перекачуваної рідини 90°C; продуктивність 3...30 м³/год; напір 51...40 м; номінальна швидкість обертання 2850 об/хв.

4. Зміст текстової частини: 1 Характеристика об'єкта проектування. 2 Розрахунок електропривода насосу для перекачування олії. 3 Розробка системи керування насосом для перекачування олії. 4 Охорона праці. Висновки.

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

1 Мета та задачі дослідження. 2 Характеристики технологічного процесу виробництва рослинної олії. 3 Характеристики об'єкта проектування. 4 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода насосу для перекачування олії. 5 Вибір елементної бази електропривода насосу. 6 Схема функціональна системи керування насосом. 7 Вибір елементної бази системи керування. 8 Схема структурна електропривода насоса. 9 Моделювання електропривода насосу для перекачування олії. 10 Схема електрична принципова системи керування насосом.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	Бабій С. М., к.т.н., доц. каф. ЕМСАПТ	 11.03.24	 28.05.24
Охорона праці	Кобилянський О.В., д. пед. н., професор, зав. каф. БЖДПБ	 11.03.24	 28.05.24

7. Дата видачі завдання 11.03.24 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Прим
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.2024	11.03.2024	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.2024	27.05.2024	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024	28.05.2024	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.2024	28.05.2024	
5	Попередній захист БДР	28.05.2024	28.05.2024	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.2024	28.05.2024	
7	Рецензування БДР	10.06.2024	10.06.2024	
8	Захист БДР	11.06.2024	11.06.2024	

Студент

(підпис)

Лещук О. Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабій С. М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 104 сторінок формату А4, на яких є 38 рисунків, 23 таблиць, список використаних джерел містить 44 найменування.

Метою роботи є покращення технологічного процесу транспортування олії шляхом модернізації існуючої системи автоматизованого електропривода насосу для перекачування олії.

У загальній частині роботи дано загальну технологічного процесу виробництва рослинної олії. Здійснено характеристику насосів для перекачування олії.

У розрахунково-конструкторській частині виконано розрахунки електропривода насосу перекачування олії в умовах приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат». Вибрано основні елементи привода та системи керування. Коректність прийнятих проектних рішень перевірено шляхом комп'ютерного моделювання.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: рослинна олія, насос, електропривод, система керування.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 104 A4 pages, which have 38 figures, 23 tables, the list of sources used contains 44 items.

The purpose of the work is to improve the technological process of oil transportation by modernizing the existing system of the automated electric drive of the oil pumping pump.

In the general part of the work, the general technological process of vegetable oil production is given. The characteristics of pumps for pumping oil have been carried out.

In the calculation and design part, the calculations of the electric drive of the oil pumping pump were performed under the conditions of the private joint-stock company "Vinnytsia Oil and Fat Plant". The main elements of the drive and control system are selected. The correctness of the adopted design decisions was verified by computer simulation.

In the section on labor protection, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors are discussed, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are also considered.

Keywords: vegetable oil, pump, electric drive, control system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	6
1.1 Загальна характеристика ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат».....	6
1.2 Технологія виробництва олії.....	8
1.3 Особливості перекачування олії.....	12
1.4 Постановка задачі проектування.....	19
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСУ ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ ОЛІЇ.....	20
2.1 Перевірочний розрахунок потужності приводного двигуна насосу.....	20
2.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору систем електропривода насосу	22
2.3 Вибір приводного двигуна	28
2.4 Розрахунок механічних характеристик електропривода насосу.....	33
2.5 Розрахунок QH-характеристик системи насос-мережа.....	35
2.6 Розрахунок механічних характеристик привода при частотному регулювання швидкості насоса.....	38
2.7 Вибір перетворювального агрегату.....	40
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НАСОСУ ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ ОЛІЇ.....	44
3.1 Розробка функціональної схеми	44
3.2 Вибір елементної бази	45
3.2.1 Вибір керуючого пристрою та модулів його розширення.....	45
3.2.2 Вибір сенсорів тиску.....	50
3.3 Структурна схема САЕП насосу для перекачування олії.....	52
3.4 Моделювання перехідних процесів САЕП насоса для перекачування олії	59

3.5 Розробка принципової електричної схеми системи керування насосом для перекачування олії.....	62
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	67
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	68
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	68
4.1.2 Електробезпека	71
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	72
4.2.1 Мікроклімат	72
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	73
4.2.3 Виробниче освітлення.....	74
4.2.4 Виробничий шум.....	75
4.2.5 Виробнича вібрація	76
4.3. Пожежна безпека.....	77
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81
ДОДАТКИ.....	85
ДОДАТОК А (обов'язковий). Технічне завдання.....	86
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина.....	90
ДОДАТОК В. Протокол перевірки дипломної роботи на наявність текстових запозичень	104

ВСТУП

Однією з базових галузей господарства України є сільське господарство. В нас вирощують багато різних культур рослин і переважну більшість із них експортують саме у вигляді «зерна». Однією з культур, яку переробляють та експортують у вигляді готової продукції є соняшник. Його переробляють на олію та похідні продукти.

Одним з найбільших підприємств в Україні з переробки олійних культур і виробництва рослинних олій та жирів є ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», який працює з 1955 року. На підприємстві завжди займались модернізацією виробництва.

Метою роботи є покращення технологічного процесу транспортування олії шляхом модернізації існуючої системи автоматизованого електропривода насосу для перекачування олії.

Об'єкт дослідження – процес транспортування олії в умовах ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

Предмет дослідження – система автоматизованого електропривода насосу для перекачування олії.

В процесі реалізації мети роботи необхідно вирішити такі завдання:

1. Здійснити загальну характеристику об'єкта проектування.
2. Розрахувати електропривод насосу для перекачування олії.
3. Розробити систему автоматизованого керування насосом для перекачування олії.
4. Перевірити коректність виконаних розрахунків шляхом комп'ютерного моделювання.
5. Описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Загальна характеристика ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат»

ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат» – є одним з найбільших підприємств з переробки олійних культур і виробництва рослинних олій та жирів в Україні. Першу свою продукцію підприємство виготовило в 1955 році. Підприємство входить в промислову групу «Vioil» [1].

Виробничі потужності знаходиться у м. Вінниця та розміщені на одній промисловій ділянці площею 20,8 га [2]. Адреса підприємства: вул. Немирівське шосе, 26, м. Вінниця (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат»

Асортимент продукції складає понад 60 найменувань. Фасована продукція виробляється під торговою маркою «Віолія» [1].

До складу ПрАТ «Вінницький ОЖК» входять:

- олійноекстракційний завод по переробці насіння олійних культур добовою потужністю переробки 1000 т насіння соняшнику або 600 т насіння ріпаку, або 355 т соєвих бобів [2];

- олійноекстракційний завод № 2 по переробці насіння олійних культур добовою потужністю переробки до 1300 т насіння соняшнику або 1000 т насіння ріпаку, або 700 т соєвих бобів [2];

- гідрогенізаційний завод добовою потужністю виробництва 140 т нерафінованих саломасів та 90 т рафінованої дезодорованої олії [2];

- цех фасування продукції потужністю по виробництву олії, фасованої в полімерні пляшки – 30 т/добу, фасованих жирів та маргаринів – 60 т/добу [2];

- дільниця гранулювання лушпиння потужністю до 210 т/добу [2];

- елеватор насіння місткістю 24000 т насіння соняшнику [2];

- елеватор шроту місткістю 3200 т [2];

- резервуари для зберігання олії об'ємом 12505 м³ на дільниці олійної сировини потужністю заливу 3000 т/добу залізничних цистерн та 1300 т/добу флекси-контейнерами [2];

- котельня загальною потужністю 30 т пари на годину [2].

Протягом всього періоду експлуатації проводилась реконструкція та технічна модернізація обладнання комбінату з поступовим збільшенням потужності [2].

1.2 Технологія виробництва олії

Рослинну олію отримують із олійник культур, які залежно від вмісту жиру в ядрі поділяють на такі групи:

- 1) малоолійні – зі вмістом жиру 15-35 % (соя) [3];
- 2) середньоолійні – 33-55 % (бавовник) [3];
- 3) багатоолійні – 55 % і вище (соняшник, арахіс, льон) [3].

Перш ніж приступити до вилучення олії з насіння, його потрібно попередньо очистити від домішок. Це роблять за допомогою спеціалізованих сепараторів не які відділяють насіння від сторонній домішок (в тому числі і феромагнітних), але й відділяють дрібне та недозріле насіння [3].

В подальшому необхідно відділити оболонки від ядер насіння (шеретування насіння). Для відділення оболонки насіння із якомога меншим ушкодженням ядра необхідно, щоб вологість оболонки була меншою вологості ядра. З цією метою застосовують теплове сушіння або активне вентилювання насіння. Слід зауважити, що висушене насіння повинно бути охолодженим до температури, значення якої не повинно перевищувати значення температури навколишнього середовища більше як на 5°C [3, 4].

Олія в структурі насіння міститься в його клітинах, а тому потрібно максимально зруйнувати структуру його клітин. Від якості подрібнення насіння наряду залежить вихід олії. Подрібнене насіння називають м'яткою. Добре подрібнена м'ятка не повинна містити цілих рослинних клітин [3, 4].

Існує два способи вилучення олії з м'ятки:

- 1) пресовий – передбачає механічне видавлювання олії з м'ятки на шнекових пресах [3, 4];
- 2) екстракції (розчинення олії в легколетючих органічних розчинниках) [3, 4].

Узагальнена структура вилучення рослинної олії пресуванням зображена на рисунку 1.2.

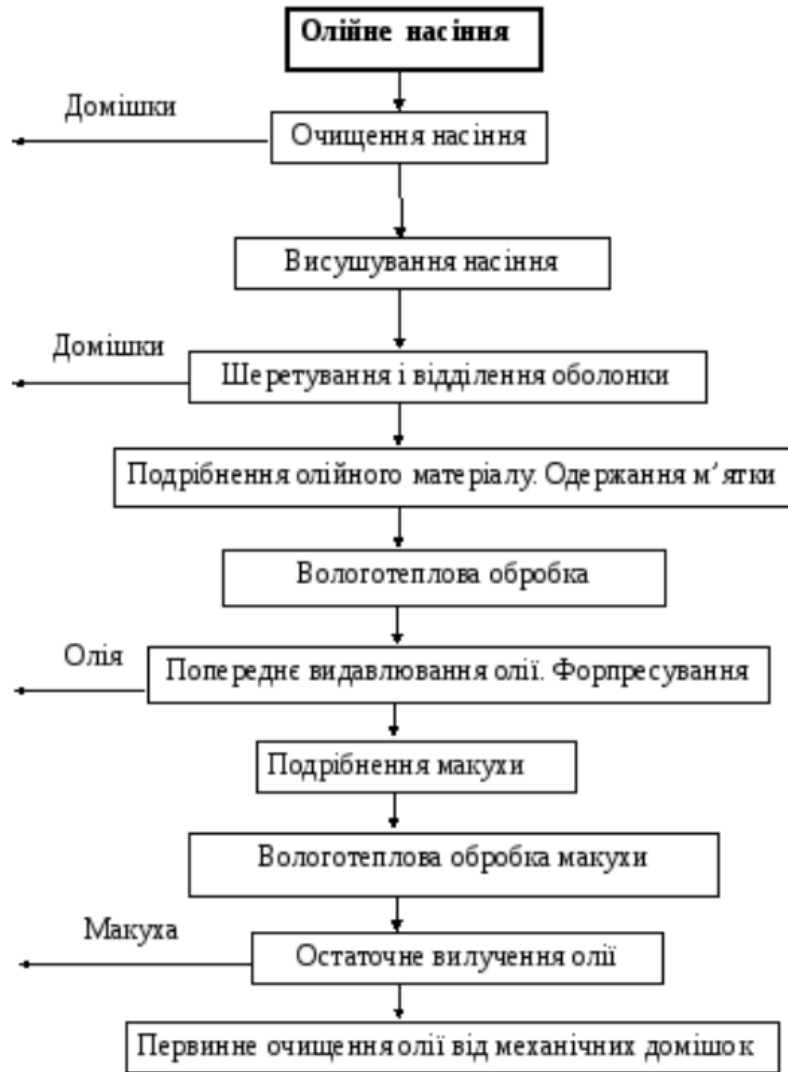


Рисунок 1.2 – Вилучення рослинної олії пресуванням

Вилучення олії пресуванням зазвичай проводять шляхом дворазового пресування:

- 1) преси попереднього видалення олії – форпреси [3];
- 2) преси для глибокого знімання олії – експелери [3].

Перед кожним етапом пресування проводиться вологотеплова обробка м'ятки при чітко визначених умовах (вологість, температура). Оброблену таким чином м'ятку називають мезгою [3].

В подальшому олію, отриману шляхом пресування, очищають від механічних домішок.

Найбільш економічним є екстракційний спосіб вилучення олії, оскільки забезпечує максимальне знежирення олійної сировини, дозволяє одержати високу якість олії і знежиреного залишку – шроту.

Для малоолійних культур (наприклад, сої) використовують спосіб прямої екстракції (рисунку 1.3).



Рисунок 1.3 – Вилучення рослинної олії способом прямої екстракції

Для більшості багатоолійних культур (наприклад, соняшник) використовують спосіб вилучення рослинної олії екстракцією з попереднім видавлюванням на шнекових пресах (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Вилучення рослинної олії екстракцією з попереднім видавлюванням на шнекових пресах

В промисловості для виділення олії екстракційним способом як розчинник використовують бензини різноманітних марок (їх температура кипіння становить від 63 до 95°C) [3, 4].

Безпосередньо перед екстракцією, для збільшення площі контакту розчинника з сировиною, останню пропускають через спеціальну машину для отримання пластин сировини (пелюсток) товщиною 0,2...0,4 мм [3, 4].

При контакті розчинника з пелюстками сировини олія переходить у розчинник. Цей розчин називають місцелою [4].

В подальшому місцела (складається з олії, твердих домішок, розчинника) піддається фільтрації, дистиляції у спеціальних дистиляційних установках та очищенню [3, 4].

За ступенем очищення та цільовим призначенням рослинна олія буває:

- 1) нерафінована (очищена від механічних домішок) [3, 4];
- 2) гідратована (очищена від фосфатидів) [3, 4];
- 3) рафінована (очищена від фосфатидів, вільних жирних кислот, барвників) [3, 4];
- 4) рафіновано-дезодорована (рафінована олія, очищена від ароматичних та смакових речовин, пестицидів і канцерогенів) [3, 4].

1.3 Особливості перекачування олії

Олію перекачують за допомогою насосів різних типів та конструкцій. Під поняттям насос розуміють це механізм для накачування або викачування рідин чи газів [5].

За принципом роботи усі насоси поділяють на такі типи:

1) динамічні – насоси, в яких рідина під впливом гідродинамічних сил переміщується в камері, що постійно сполучена з вхідним і вихідним патрубками насоса [5]. В свою чергу динамічна насоси поділяються на: лопатеві насоси (відцентрові та осьові); насоси тертя (вихрові, дискові, черв'ячні та гідроструменеві); інерційні насоси (вібраційні) [5];

2) об'ємні – насоси, в яких рідина переміщається за рахунок періодичної зміни об'єму робочої камери, що поперемінно сполучається з вхідним і вихідним патрубками насоса (поршневі, пластинчасті, мембранні, гвинтові, шестерені, перистальтичні).

Найбільшого поширення набули відцентрові насоси, які відносяться до лопатевих. Транспортування рідини в них відбувається за рахунок перетворення кінетичної енергії обертання робочого колеса в гідродинамічну енергію потоку рідини. Обмеження використання відцентрових насосів

пов'язано із кінематичною в'язкістю рідини (на скільки легко рідина може текти). Так, згідно даних [6] граничне значення кінематичної в'язкості рідини з якою не справиться відцентровий насос становить 200 cS (сантістокс) і вище:

$$200 \text{ (cS)} = 200 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2 \text{ / с)} . \quad (1.1)$$

Кінематична в'язкість середовища залежить від його температури. В таблиці 1.1 наведено дані щодо кінематичної в'язкості для води.

Таблиця 1.1 – Кінематична в'язкість води [7]

Температура t, °C	0	5	10	20	30	40
Кінематична в'язкість $\nu \cdot 10^{-6}$, м ² /с	1,787	1,519	1,307	1,004	0,801	0,658
Температура t, °C	50	60	70	80	90	100
Кінематична в'язкість $\nu \cdot 10^{-6}$, м ² /с	0,551	0,475	0,413	0,365	0,326	0,294

Для перекачування масел і жирів можуть застосовуватися:

1) мембранні пневматичні насоси (рисунок 1.5) – мають дві робочі камери, з яких олія або жир витісняється за рахунок мембран. Вони приводяться в дію завдяки пневматичному двигуну, що працює від стисненого повітря [8];



Рисунок 1.5 – Мембранний пневматичний насос

2) перистальтичні шлангові насоси (рисунок 1.6) – оснащені обертовими роликками, які продавлюють робоче середовище через спеціальний гнучкий шланг [8];



Рисунок 1.6 – Перистальтичний шланговий насос

3) відцентрові імпелерні насоси (рисунок 1.7) – перекачують олію і жири завдяки відцентровій силі, що утворюється завдяки обертанню робочого колеса з лопатями (імпелера) [8];



Рисунок 1.7 – Відцентровий імпелерний насос

4) кулачкові насоси (рисунок 1.8) – переміщують робоче середовище за рахунок синхронного обертання кулачкових роторів [8];



Рисунок 1.8 – Кулачковий насос

5) шестерні насоси (рисунок 1.9) – мають дві шестерні: спочатку масло надходить у западини між зубами, а потім переміщується в напірну порожнину [8];

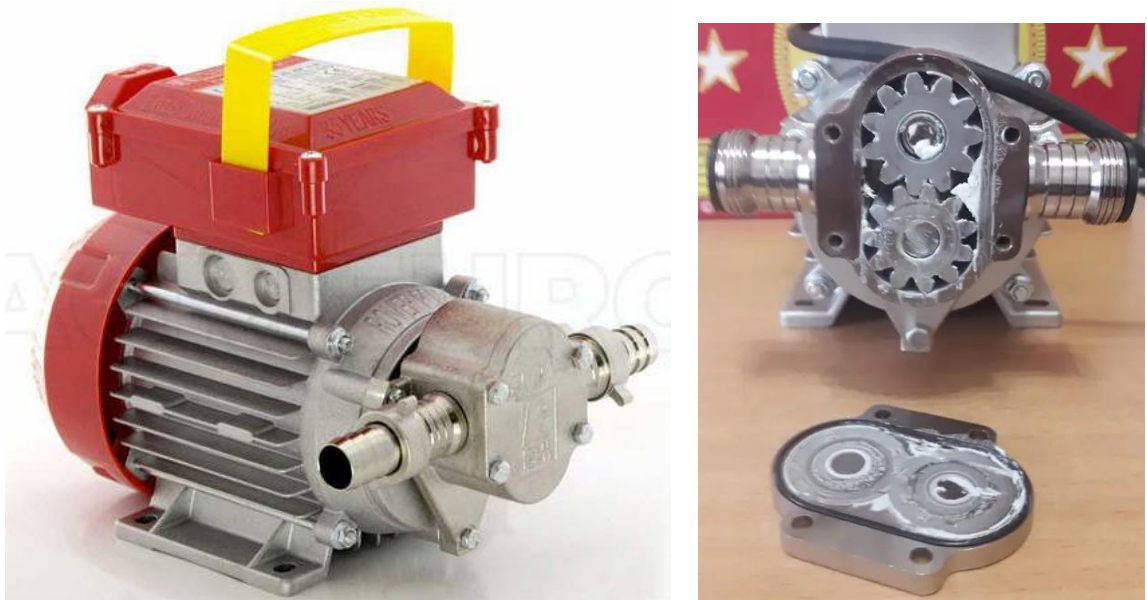


Рисунок 1.9 – Шестерений насос

6) гвинтові насоси (рисунок 1.10) – масло і жири просуваються по спіралі за рахунок обертання ротора [8].



Рисунок 1.10 – Гвинтовий насос

В таблиці 1.2 наведено дані щодо кінематичної в'язкості класичної соняшникової олії.

Таблиця 1.2 – Кінематична в'язкість соняшникової олії [9]

Температура t , °C	0	5	10	15	20	25
Кінематична в'язкість $\nu \cdot 10^{-6}$, м ² /с	199,4	147,9	112,9	88,4	70,7	57,7
Температура t , °C	30	35	40	50	60	70
Кінематична в'язкість $\nu \cdot 10^{-6}$, м ² /с	47,8	40,2	34,3	25,8	20,1	16,2

Отже, оскільки кінематична в'язкість соняшникової олії не виходить за межі граничної межі в $200 \cdot 10^{-6}$ (м²/с) і за умовами технологічного процесу виробництва олії температура олії при перекачуванні становить близько 40°C,

тому із задачею перекачування соняшникової олії цілком може впоратись і відцентровий насос.

Згідно [10] в'язкість ньютонівських рідин (до них відноситься як вода, так і соняшникова олія) не змінюється при зміні швидкості зсуву, а тому швидкість обертання насосів, які використовуються для перекачування даних рідин, можна регулювати в широких межах.

Так в умовах ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат» для перекачування олії використовується насос SPERONI типу CX 32-200/4 (рисунок 1.11).

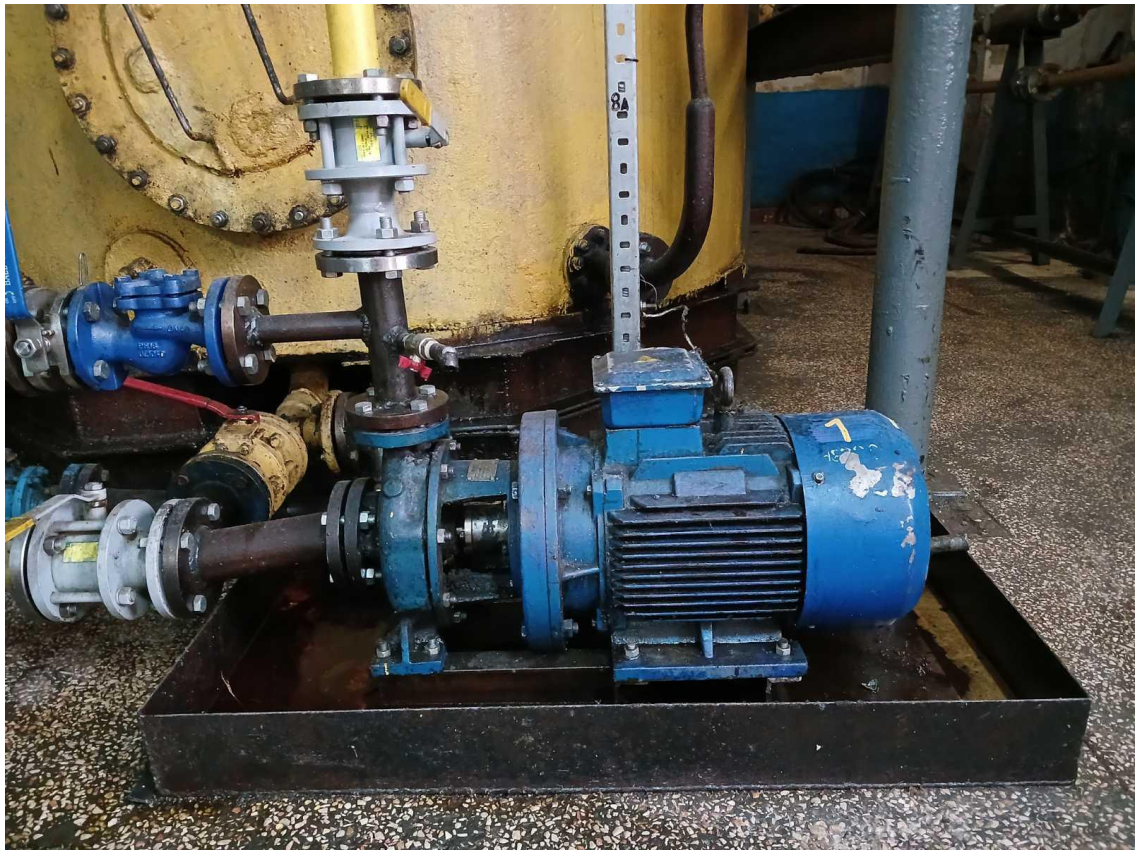


Рисунок 1.11 – Зовнішній вигляд насосу для перекачування олії в умовах «гідрозаводу» ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат»

Даний насос забезпечує (рисунок 1.12):

1) перекачування очищеної олії з ємності відділу пресування до відділу фасування або транспортного відділу для відвантаження на автомобільний чи залізничний транспорт – перекачування зазвичай відбувається з номінальною продуктивністю насоса;

2) перекачування випареної олії з ємності відділу екстракції до відділу очищення олії для її подальшого рафінування та дезодорування – перекачування відбувається зі зниженою продуктивністю за рахунок дроселювання.

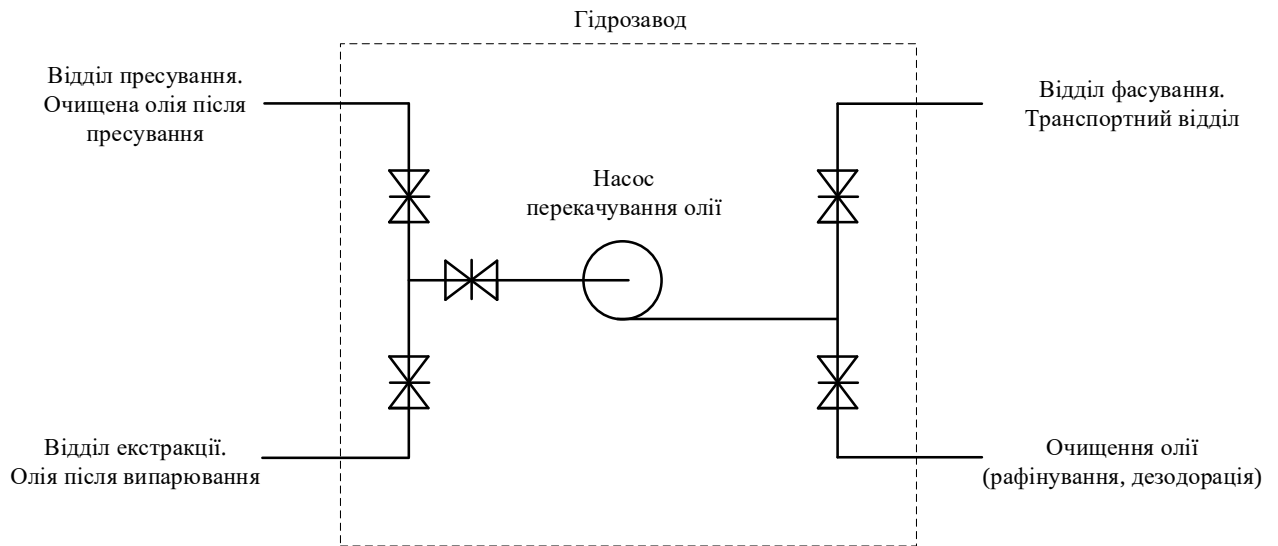


Рисунок 1.12 – Напрямки перекачування олії

1.4 Постановка задачі проектування

Оскільки перекачування олії у відділ відвантаження відбувається з номінальною продуктивністю насоса, а при перекачуванні олії у відділ очищення необхідним є зниження продуктивності насоса (за умовами технологічного процесу), то для регулювання продуктивності насоса доцільно використати регульований електропривод, а не дроселювання. Це дозволить оптимізувати режим роботи насоса та знизити споживання електроенергії.

Для реалізації даного рішення необхідно вирішити такі задачі:

1. Провести перевірочний розрахунок потужності приводного двигуна насоса для перекачування олії.
2. На основі техніко-економічних показників обґрунтувати вибір систем електричного привода насоса для перекачування олії.
3. Вибрати елементи силового привода насоса для перекачування олії.
4. Розробити систему автоматизованого керування насосом для перекачування олії.
5. Перевірити правильність прийнятих рішень шляхом комп'ютерного моделювання.
6. Описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.
7. Зробити загальні висновки.

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСУ ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ ОЛІЇ

2.1 Перевірочний розрахунок потужності приводного двигуна насосу

Згідно матеріалів розділу 1 в умовах ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат» для перекачування олії використовується насос SPERONI типу CX 32-200/4 [11, 12]. Технічні характеристики даного насосу наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики насосу

Параметри	Значення
Бренд	SPERONI
Тип	CX 32-200/4
Принцип роботи	динамічний (відцентровий)
Робоче колесо	роторне
Максимальна температура перекачуваної рідини	90°C
Продуктивність	3...30 м³/год
Напір	51...40 м
Номінальна швидкість обертання	2850 об/хв
Діаметр вхідного патрубку	50 мм
Діаметр вихідного патрубку	32 мм

Характеристики насосу CX 32-200/4 зображені на рисунку 2.1.

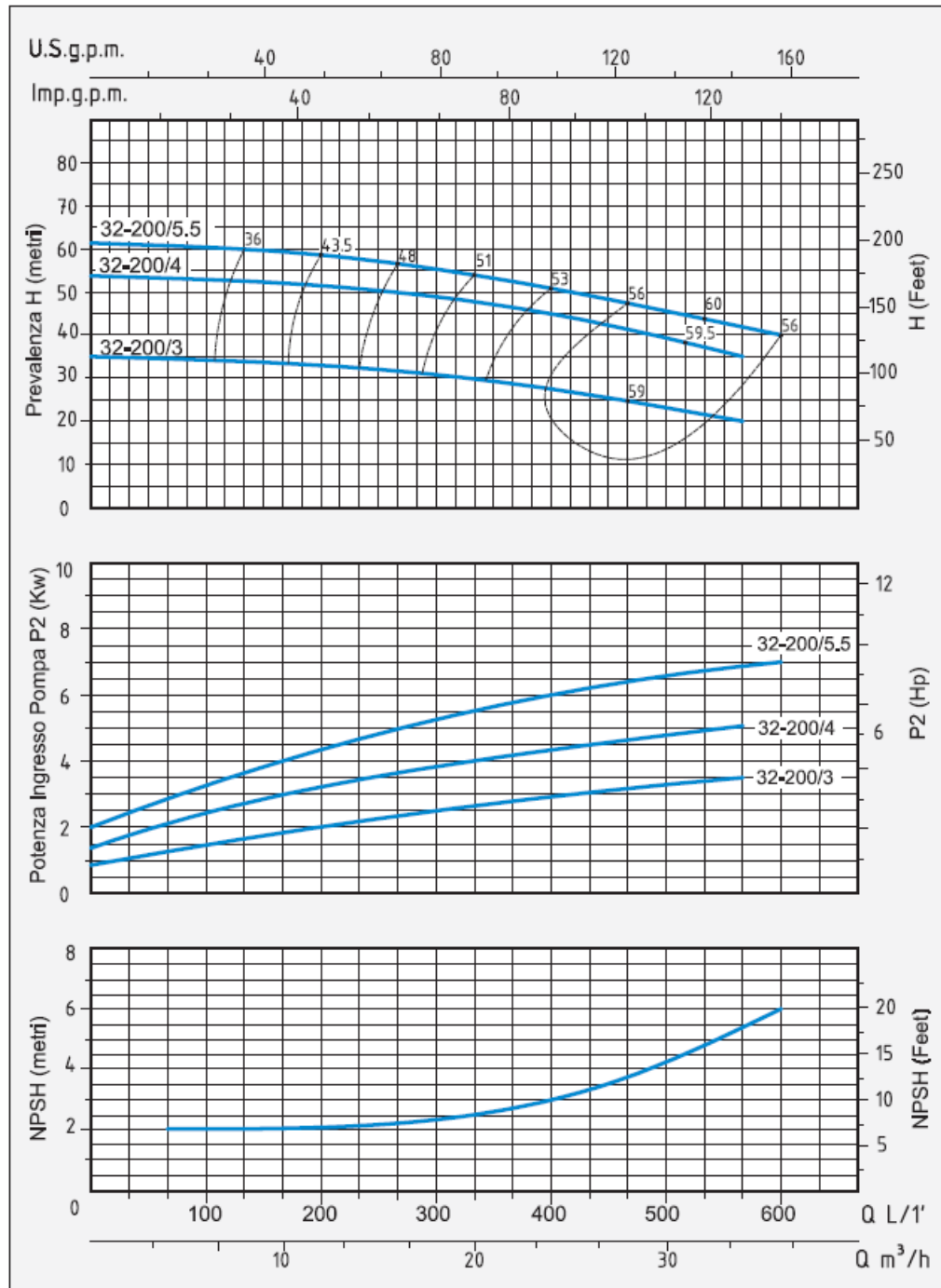


Рисунок 2.1 – Характеристики насосу [11]

Статична потужність на валі приводного двигуна насосного агрегату [13]:

$$P_c = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{3600 \cdot \eta_n}, \quad (2.1)$$

де ρ – питома густина соняшникової олії ($\rho = 920 \dots 927 \text{ кг/м}^3$ [14]);

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

H – сумарний напір ($H = 40 \text{ м}$);

Q – подача ($Q = 30 \text{ м}^3/\text{год}$);

η_n – ККД насоса ($\eta_n = 0,56$);

$$P_c = \frac{927 \cdot 9,81 \cdot 40 \cdot 30}{3600 \cdot 0,56} = 5413,02 \text{ (Вт)} \approx 5,4 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова потужність приводного двигуна [13]:

$$P_{\text{роз}} = k_z \cdot P_c, \quad (2.2)$$

де k_z – коефіцієнт запасу,

$$P_{\text{роз}} = (1,1 \dots 1,3) \cdot 5,4 = 6,0 \dots 7,0 \text{ (кВт)}.$$

Порівнюючи розрахункове значення потужності із даними технічних каталогів виробників електродвигунів прийнято рішення для привода насоса використати двигун з номінальною потужністю 7,5 кВт та синхронною швидкістю 3000 об/хв.

2.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору систем електропривода насосу

Для привода насосів в переважній більшості випадків використовують системи електричного привода на базі АД з КЗ ротором. Для та потужних насосів можуть використовувати також і синхронні двигуни.

Для привода насосів нерегульований привод залишається основним в тих випадках, коли режим роботи їх за технологічними умовами постійний або

потужність невелика і регулювання продуктивності без великих втрат енергії може бути здійснено механічним способом. В усіх інших випадках рекомендовано насоси комплектувати регульованим електроприводом.

Основні вимоги до електропривода насосу перекачування олії:

- 1) висока надійність;
- 2) плавність пуску та зупинки насоса;
- 3) відносно невеликий діапазон регулювання швидкості $D = (2:1)$;
- 4) відсутнє реверсування та генераторний режим роботи;
- 5) режим роботи: тривалий (S1).

Зазначені вимоги забезпечують такі системи електричного привода: ТРН-АД; ПЧ-АД.

При порівнянні можливих варіантів вирішення будь-якого завдання кращим, за інших рівних умов, вважається варіант, який передбачає мінімум приведених витрат [15]:

$$Z = E_n \cdot K + C, \quad (2.3)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних

вкладень (приймається 0,17 для всіх галузей промисловості), 1/рік;

K – капітальні вкладення, грн;

C – загальні щорічні відрахування, які враховуються у собівартості продукції, грн/рік.

Проведемо розрахунки для системи ПЧ-АД.

Капітальні вкладення [15]:

$$K = D + SK, \quad (2.4)$$

де D – вартість приводного двигуна ($D = 18798$ грн [16]);

SK – вартість системи керування ($SK = 31278$ грн [17]),

$$K = 18798 + 31278 = 50076 \text{ (грн)}.$$

Річні капітальні витрати [15]:

$$K_{\text{річні}} = E_n \cdot K, \quad (2.5)$$

$$K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 50076 = 8512,92 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування [15]:

$$C = C_A + C_P + C_D + C_O, \quad (2.6)$$

де C_A – амортизаційні відрахування, грн/рік;

C_P – відрахування на ремонт, грн/рік;

C_D – додаткові відрахування, грн/рік;

C_O – відрахування на обслуговування, грн/рік.

Величина амортизаційних відрахувань в середньому приймається 10% від капітальних вкладень [15]:

$$C_A = 0,1 \cdot K, \quad (2.7)$$

$$C_A = 0,1 \cdot 50076 = 5007,6 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на ремонт електрообладнання приймають в розрахунку 2% від капітальних вкладень [15]:

$$C_P = 0,02 \cdot K, \quad (2.8)$$

$$C_P = 0,02 \cdot 50076 = 1001,52 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії системі електричного привода у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік [15]:

$$C_D = C_{D1} + C_{D2}, \quad (2.9)$$

де C_{D1} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік, грн/рік;

C_{D2} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік, грн/рік.

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік [15]:

$$C_{д1} = \Delta W_{\Sigma дв} \cdot c, \quad (2.10)$$

де $\Delta W_{дв}$ – сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік, (кВт·год)/рік;

c – вартість електроенергії ($c = 6,5 \text{ грн}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$).

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік [15]:

$$\Delta W_{\Sigma дв} = (\Delta P_{ном} + \Delta P_{перех.}) \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (2.11)$$

де $\Delta P_{ном}$ – втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи, кВт;

$\Delta P_{перех.}$ – додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи, кВт;

k_3 – коефіцієнт завантаження по потужності (приймають рівним 0,8);

Φ – дійсний фонд часу роботи системи електричного привода за рік, год/рік.

Втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи [15]:

$$\Delta P_{ном} = P_{ном} \cdot \frac{1 - \eta_{ном}}{\eta_{ном}}, \quad (2.12)$$

де $P_{ном}$ – номінальна потужність електричного двигуна ($P_{ном} = 7,5 \text{ кВт}$);

$\eta_{ном}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{ном} = 0,881$),

$$\Delta P_{ном} = 7,5 \cdot \frac{1 - 0,881}{0,881} = 1,01 \text{ (кВт)}.$$

Додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи приймають рівними 10% від номінальних [15]:

$$\Delta P_{перех.} = 0,1 \cdot \Delta P_{ном}, \quad (2.13)$$

$$\Delta P_{перех.} = 0,1 \cdot 1,01 = 0,101 \text{ (кВт)}.$$

Дійсний фонд часу роботи електричного привода за рік [15]:

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{р.д.} \cdot Z_{р.з.} \cdot t_{р.з.}, \quad (2.14)$$

де ε – відносна тривалість ввімкнення (прийmemo $\varepsilon = 0,5$);

$Z_{p.d.}$ – кількість робочих днів за рік ($Z_{p.d.} = 360$ 1/рік);

$Z_{p.z.}$ – кількість робочих змін ($Z_{p.z.} = 2$);

$t_{p.z.}$ – тривалість робочої зміни ($t_{p.z.} = 12$ год),

$$\Phi = 1 \cdot 360 \cdot 2 \cdot 12 = 4320 \text{ (год/рік)}.$$

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи згідно формули (2.11):

$$\Delta W_{\Sigma_{дв}} = (1,01 + 0,101) \cdot 0,8 \cdot 4320 = 3851,2 \text{ ((кВт} \cdot \text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.10):

$$C_{д1} = 3851,2 \cdot 6,5 = 25032,95 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік [15]:

$$C_{д2} = \Delta W_{\Sigma_{ск}} \cdot c, \quad (2.15)$$

де $\Delta W_{ск}$ – кількість втраченої електроенергії в системі керування за рік, (кВт·год)/рік.

Втрати енергії в системі керування за рік [15]:

$$\Delta W_{\Sigma_{ск}} = \Delta P_{ск} \cdot k_z \cdot \Phi, \quad (2.16)$$

де $\Delta P_{ск}$ – втрати потужності в системі керування, кВт.

Втрати потужності в системі керування [15]:

$$\Delta P_{ск} = P_{сп} \cdot \frac{1 - \eta_{пп}}{\eta_{пп}}, \quad (2.17)$$

де $P_{пп}$ – номінальна потужність перетворюючого пристрою ($P_{пп} = 7,5$ кВт);

$\eta_{пп}$ – номінальний ККД перетворюючого пристрою ($\eta_{пп} = 0,98$),

$$\Delta P_{ск} = 7,5 \cdot \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,153 \text{ (кВт)}.$$

Втрати потужності в системі керування згідно формули (2.16):

$$\Delta W_{\Sigma \text{СК}} = 0,153 \cdot 0,8 \cdot 4320 = 529 \text{ ((кВт} \cdot \text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.15):

$$C_{\text{Д}2} = 529 \cdot 6,5 = 3438,37 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.9):

$$C_{\text{Д}} = 25032,95 + 3438,37 = 28471,32 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на обслуговування електрообладнання приймають рівним 5% від суми відрахувань на амортизацію, ремонт та додаткових витрат [15]:

$$C_{\text{О}} = 0,05 \cdot (C_{\text{А}} + C_{\text{Р}} + C_{\text{Д}}), \quad (2.18)$$

$$C_{\text{О}} = 0,05 \cdot (5007,6 + 1001,52 + 28471,32) = 1724,02 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування згідно формули (2.6):

$$C = 5007,6 + 1001,52 + 28471,32 + 1724,02 = 36204,46 \text{ (грн/рік)}.$$

Приведені витрати згідно формули (2.3):

$$З = 0,17 \cdot 50076 + 36204,46 = 44717,38 \text{ (грн/рік)}.$$

Для інших систем електричного привода проведемо аналогічні розрахунки, результати розрахунків зведемо в порівняльну таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльна таблиця

Показники	Системи електричного привода	
	ТРН-АД	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	18798	18798
Вартість системи керування СК, грн	28150,2	31278
Капітальні вкладення К, грн	46948,2	50076
Річні капітальні витрати $K_{\text{річн}}$, грн/рік	7981,19	8512,92

Продовження таблиці 2.2

Показники	Системи електричного привода	
	ТРН-АД	ПЧ-АД
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	4694,82	5007,60
Відрахування на ремонт C_P , грн/рік	938,96	1001,52
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	33900,32	28471,32
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	1976,71	1724,02
Загальні відрахування C , грн/рік	41510,81	36204,46
Приведені витрати Z , грн/рік	49492,01	44717,38

Згідно результатів проведених розрахунків впливає, що найбільш економічно вигідним є використання системи ПЧ-АД з КЗ ротором, оскільки приведені витрати для неї є найменшими і становлять 44717,38 грн/рік.

2.3 Вибір приводного двигуна

Умова вибору приводного двигуна [15, 18]:

$$\begin{cases} P_{\text{дв.н}} \geq P_{\text{роз}}, \\ n_{\text{дв.н}} \geq n_{\text{роз}}, \end{cases} \quad (2.19)$$

де $P_{\text{дв.н}}$ – номінальна потужність приводного двигуна, кВт;

$P_{\text{роз}}$ – розрахункова потужність приводного двигуна, кВт;

$\omega_{\text{дв.н}}$ – номінальна кутова швидкість приводного двигуна, с^{-1} ;

$\omega_{\text{роз}}$ – розрахункова кутова швидкість, с^{-1} .

Базуючись на результатах проведених розрахунків для привода насоса перекачування олії виберемо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором типу MS2 132S2-2. Технічні характеристики вибраного двигуна наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики приводного двигуна [19]

Параметри двигуна	Значення
Тип	MS2 132S2-2
Номінальна потужність $P_{\text{дв.н}}$	7,5 кВт
Частота f_1	50 Гц
Номінальна напруга мережі живлення $U_{\text{дв.н}}$	380 В
Номінальний струм статора $I_{\text{дв.н}}$	13,8 А
Номінальна швидкість обертання $n_{\text{дв.н}}$	2910 об/хв
Число пар полюсів p	1
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв.н}}$, %	88,1%
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_n$	0,89
Кратність пускового струму $\lambda_{\text{лп}}$	8,4
Кратність пускового моменту $\lambda_{\text{п}}$	2,6
Кратність критичного моменту $\lambda_{\text{к}}$	3,2
Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$	0,01 кг·м ²
Режим роботи	S1
Маса	42,3 кг

Синхронна кутова швидкість приводного двигуна [15]:

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}, \quad (2.20)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot 50}{1} = 314,16 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальна кутова швидкість обертання [15]:

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{дв.н}}}{60}, \quad (2.21)$$

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot 2910}{60} = 304,73 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальний момент приводного двигуна [15]:

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{дв.н}}}{\omega_{\text{дв.н}}}, \quad (2.22)$$

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{7500}{304,73} = 24,6 \text{ (Н·м)}.$$

Китичний момент приводного двигуна [15]:

$$M_{\text{дв.к}} = M_{\text{дв.н}} \cdot \lambda_{\text{к}}, \quad (2.23)$$

$$M_{\text{дв.к}} = 24,6 \cdot 3,2 = 78,76 \text{ (Н·м)}.$$

Пусковий момент приводного двигуна [15]:

$$M_{\text{дв.п}} = M_{\text{дв.н}} \cdot \lambda_{\text{п}}, \quad (2.24)$$

$$M_{\text{дв.п}} = 24,6 \cdot 2,6 = 63,99 \text{ (Н·м)}.$$

Пусковий струм приводного двигуна [15]:

$$I_{\text{дв.п}} = I_{\text{дв.н}} \cdot \lambda_{\text{п}}, \quad (2.25)$$

$$I_{\text{дв.п}} = 13,8 \cdot 8,4 = 115,92 \text{ (А)}.$$

Номінальне ковзання [15]:

$$s_{\text{н}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{дв.н}}}{\omega_0}, \quad (2.26)$$

$$s_{\text{н}} = \frac{314,16 - 304,73}{314,16} = 0,03.$$

Критичне ковзання [15]:

$$s_{\text{к}} = s_{\text{н}} \cdot (\lambda_{\text{к}} + \sqrt{\lambda_{\text{к}}^2 - 1}), \quad (2.27)$$

$$s_{\text{к}} = 0,03 \cdot (3,2 + \sqrt{3,2^2 - 1}) = 0,19.$$

Оскільки опори обмоток статора та ротора приводного двигуна не дано в його паспортних даних, то розрахуємо їх значення наближено.

Механічні втрати приймають рівними 1...5% від номінальної потужності [15]:

$$P_{\text{дв.мех}} = 0,05 \cdot P_{\text{дв.н}}, \quad (2.28)$$

$$P_{\text{дв.мех}} = 0,05 \cdot 7500 = 375 \text{ (Вт)}.$$

Розрахунковий активний опір ротора приведений до статора [15]:

$$R'_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_{\text{дв.н}} + P_{\text{дв.мех}}}{I_{\text{дв.н}}^2 \cdot \frac{1-s_n}{s_n}}, \quad (2.29)$$

$$R'_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{7500 + 375}{13,8^2 \cdot \frac{1-0,03}{0,03}} = 0,426 \text{ (Ом)}.$$

Розрахунковий активний опір статора [15]:

$$R_1 = \frac{U_{\text{ф.ном}} \cdot \cos\varphi_{\text{ном}} \cdot (1 - \eta_{\text{дв.н}})}{I_{\text{дв.н}}} - C^2 \cdot R'_2 - \frac{P_{\text{дв.мех}}}{3 \cdot I_{\text{дв.н}}^2}, \quad (2.30)$$

де C – розрахунковий коефіцієнт ($C = 1,021$).

$$R_1 = \frac{220 \cdot 0,89 \cdot (1 - 0,881)}{13,8} - 1,013^2 \cdot 0,426 - \frac{375}{3 \cdot 13,8^2} = 0,595 \text{ (Ом)}.$$

Побудуємо природну механічну характеристику приводного двигуна використовуючи вираз, який описує залежність швидкості обертання двигуна від ковзання:

$$\omega(s) = \omega_0 \cdot (1 - s), \quad (2.31)$$

та формули Клоса та Чекунова.

Механічна характеристика згідно формули Клосса [15, 18]:

$$M(s) = \frac{2 \cdot M_{\text{дв.к}} \cdot (1 + a \cdot s_k)}{\frac{s}{s_k} + 2 \cdot a \cdot s_k + \frac{s_k}{s}}, \quad (2.32)$$

де a – розрахунковий коефіцієнт [15, 18],

$$a = \frac{R_1}{R'_2}, \quad (2.33)$$

$$a = \frac{0,595}{0,426} = 1,39.$$

Згідно рівняння (2.32):

$$M(s) = \frac{2 \cdot 78,76 \cdot (1 + 1,39 \cdot 0,19)}{\frac{s}{0,19} + 2 \cdot 1,39 \cdot 0,19 + \frac{0,19}{s}}.$$

Формула Чекунова [15, 18]:

$$M(s) = M_K \cdot \frac{2 + (s^2 - s_K^2) \cdot K_s}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}}, \quad (2.34)$$

де K_s – розрахунковий коефіцієнт [15, 18],

$$K_s = \frac{\frac{\lambda_{\text{пуск}}}{\lambda_K} \cdot \left(\frac{1}{s_K} + s_K \right) - 2}{1 - s_K^2}, \quad (2.35)$$

$$K_s = \frac{\frac{2,6}{3,2} \cdot \left(\frac{1}{0,19} + 0,19 \right) - 2}{1 - 0,19^2} = 2,58.$$

Згідно рівняння (2.34):

$$M(s) = 78,76 \cdot \frac{2 + (s^2 - 0,19^2) \cdot 2,58}{\frac{s}{0,19} + \frac{0,19}{s}}.$$

Графіки природніх механічних характеристик приводного двигуна, побудовані в ППП Mathcad згідно формул Клоса та Чекунова, зображені на рисунку 2.2.

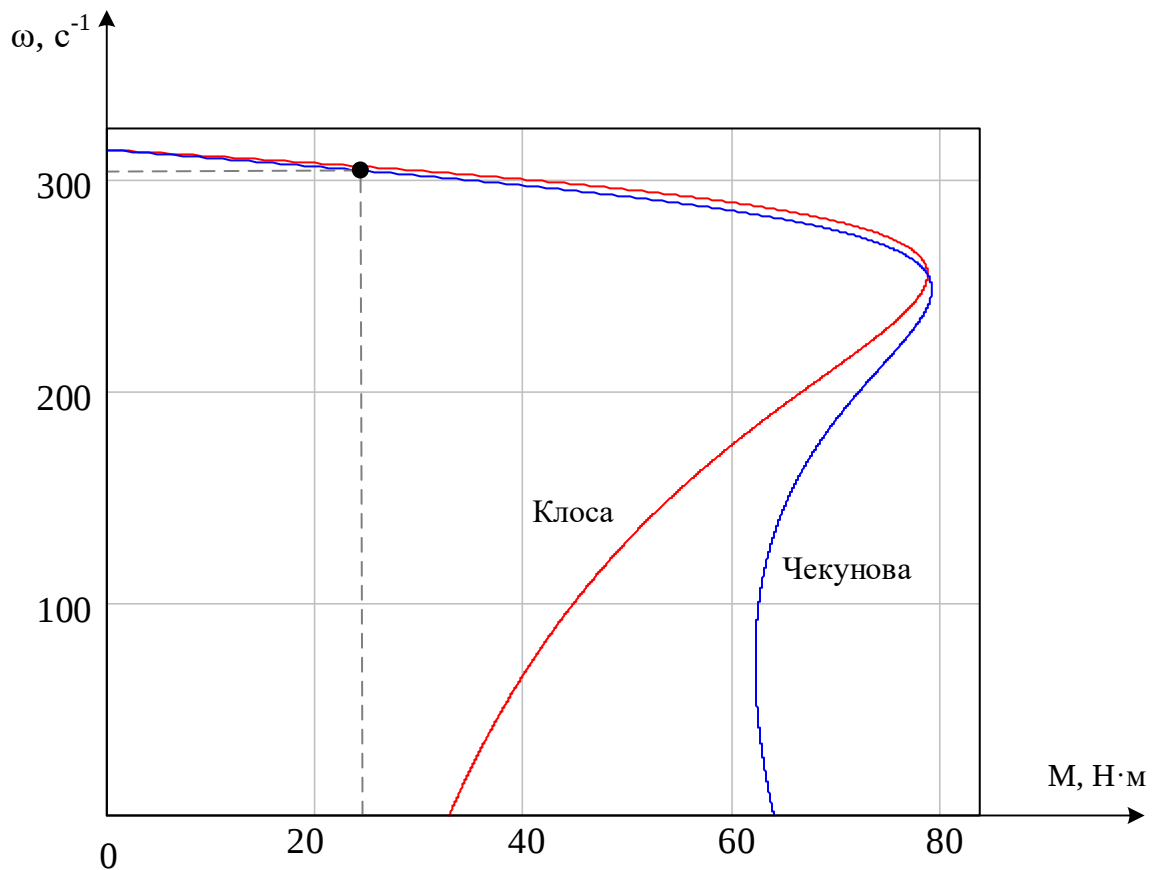


Рисунок 2.2 – Природні механічні характеристики двигуна MS2 132S2-2

Як впливає з отриманих графічних залежностей, механічна характеристика, побудована за формулою Чекунова, більш точно відображає характеристики приводного двигуна.

2.4 Розрахунок механічних характеристик електропривода насосу

Момент статичного опору відцентрового насоса описується емпіричною формулою [13]:

$$M_c(\omega) = M_0 + (M_{c_{\text{ном}}} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{\text{ном}}} \right)^2, \quad (2.36)$$

де M_c – момент опору при швидкості ω ;

M_0 – момент опору тертя в рухомих частинах;

$M_{c_{\text{ном}}}$ – момент опору при номінальній швидкості $\omega_{\text{ном}}$.

Номінальна кутова швидкість обертання робочого колеса відцентрового насоса:

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{ном}}}{60}, \quad (2.37)$$

де $n_{\text{ном}}$ – номінальна швидкість обертання робочого колеса відцентрового насоса ($n_{\text{ном}} = 2850$ об/хв),

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{2\pi \cdot 2850}{60} = 298,45 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Момент статичного опору вентилятора при номінальній швидкості обертання робочого колеса [13]:

$$M_{c_{\text{ном}}} = \frac{P_c}{\omega_{\text{ном}}}, \quad (2.38)$$

$$M_{c_{\text{ном}}} = \frac{5413,02}{298,45} = 18,14 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Момент статичного опору M_0 :

$$M_{c_0} = (0,05 \dots 0,2) \cdot M_{c_{\text{ном}}}, \quad (2.39)$$

$$M_{c_0} = 0,2 \cdot 18,14 = 3,6 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Суміщені механічна характеристики приводного двигуна (згідно формули Чекунова) та насоса (згідно формули (2.36)) зображені на рисунку 2.3.

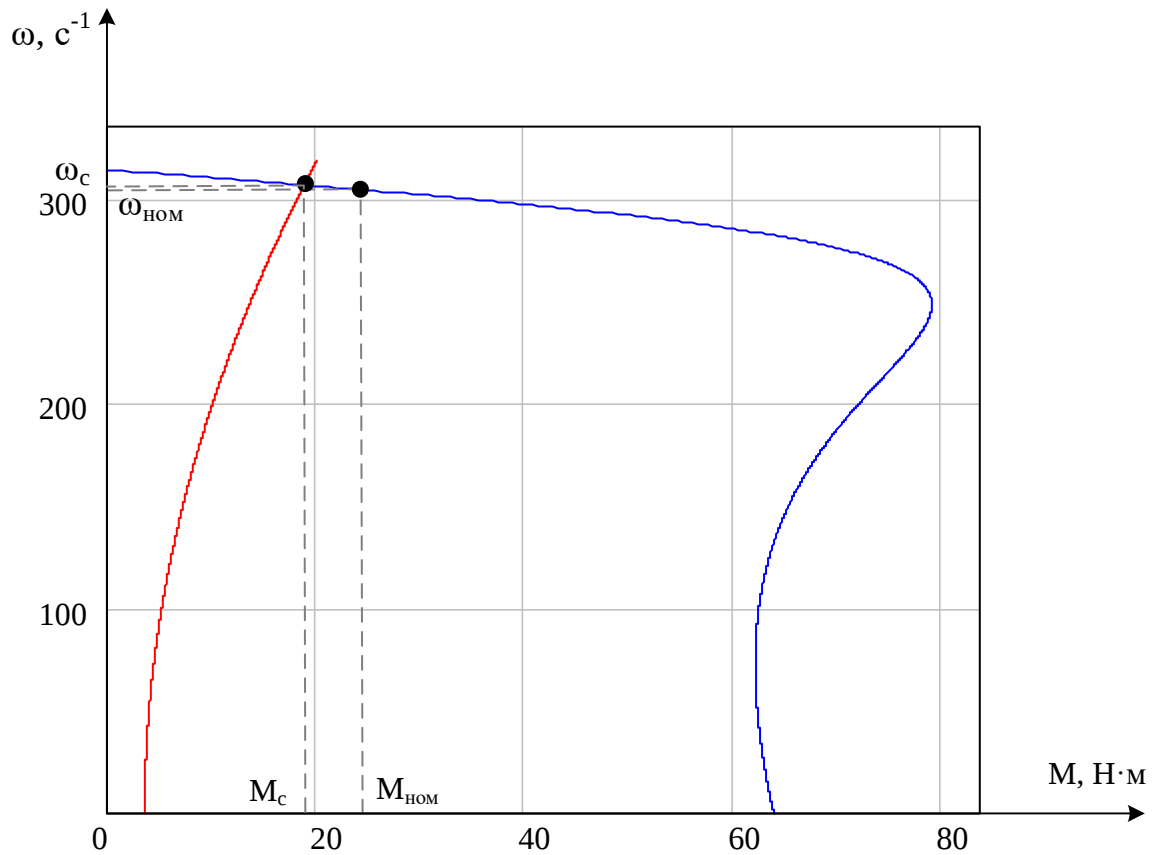


Рисунок 2.3 – Суміщені механічні характеристики приводного двигуна та насоса

2.5 Розрахунок QH-характеристик системи насос-мережа

Розрахуємо характеристики системи насос-мережа при електричному способі регулюванні продуктивності.

Робоча точка, яка визначає фактичні значення напору та продуктивності при роботі насосу на даний трубопровід визначається, як точка перетину Q-H характеристики насосу та характеристики трубопроводу.

Рівняння трубопроводу [13, 20]:

$$H(Q) = H_c + k_{\text{маг}} \cdot Q^2, \quad (2.40)$$

де H_c – геодезичний напір;

$k_{\text{маг}}$ – коефіцієнт опору магістралі;

Q – подача.

Насос розташований нижче рівня резервуарів з яких відбувається забір олії (рисунок 2.4), тому статичний напір становить:

– при нижньому рівні олії у забірній ємності:

$$H_{c_n} = h_1 \approx 10 \text{ (м)}; \quad (2.41)$$

– при верхньому рівні олії у забірній ємності:

$$H_{c_b} = h_2 - h_1, \quad (2.42)$$

$$H_{c_b} = 10 - 3 \approx 7 \text{ (м)}.$$

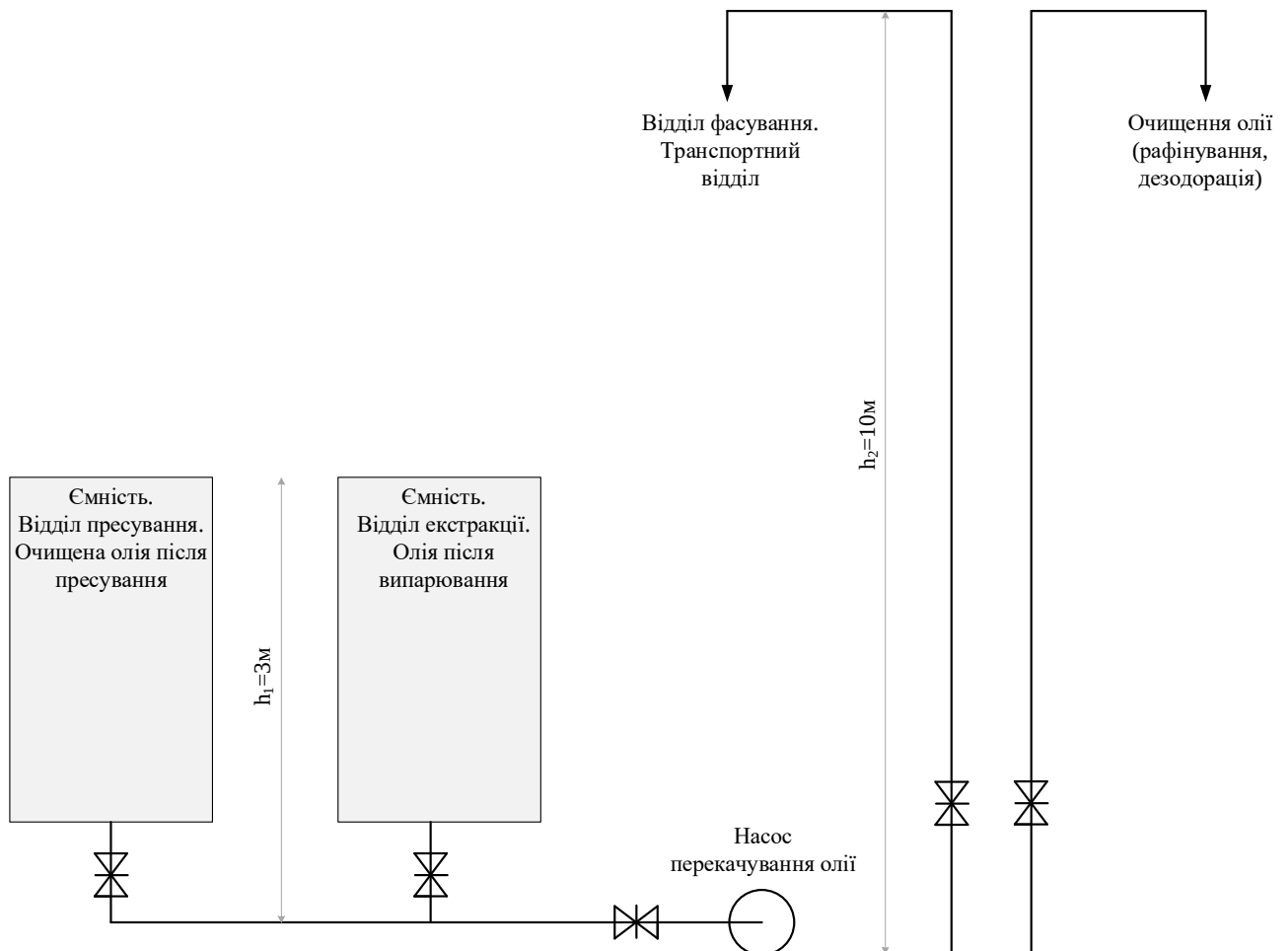


Рисунок 2.4 – Визначення геодезичного напору

Штучні Q-H характеристики насоса розрахуємо виходячи із законів пропорційності:

– продуктивність змінюється пропорційно першому ступеню кутової швидкості [13, 20]:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \quad (2.43)$$

– напір змінюється пропорційно другому ступеню кутової швидкості [13, 20]:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2. \quad (2.44)$$

Для побудови характеристик насоса та трубопроводу скористаємось ППП Mathcad (додаток Б). Суміщені Q-H характеристика насоса та мережі зображені на рисунку 2.5.

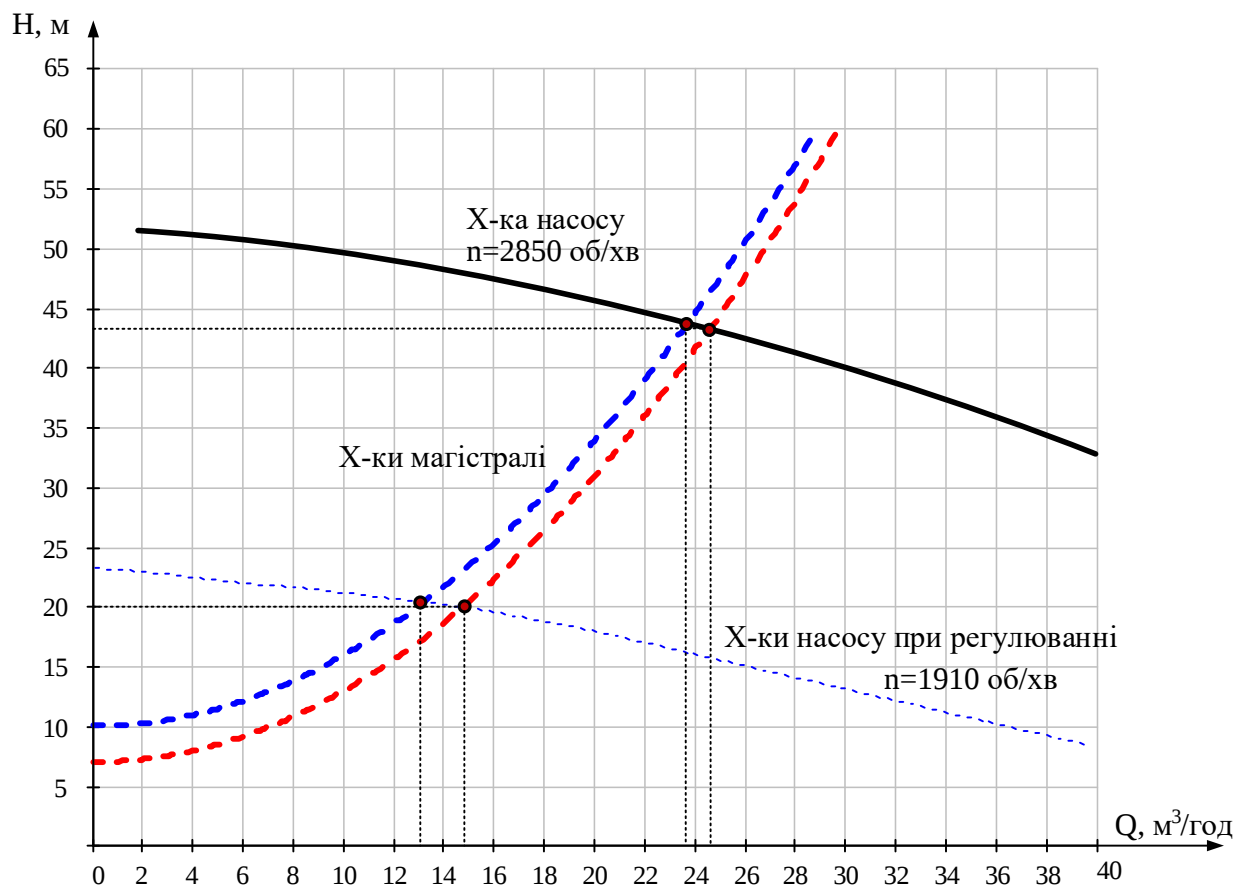


Рисунок 2.7 – Суміщені Q-H характеристика відцентрового насоса та мережі

Сумарний напір у верхній точці повинен бути не менше 20 м, в цій тоці швидкість обертання робочого колеса повинна бути не менше 1910 об/хв.

2.6 Розрахунок механічних характеристик привода при частотному регулювання швидкості насоса

При частотному регулюванні швидкості обертання робочого колеса відцентрового насосного агрегату доцільно використовувати закон керування [13]:

$$\frac{U}{f^2} = \text{const}, \quad (2.45)$$

Розрахуємо частоту напруги живлення, яку потрібно прикласти до приводного двигуна щоб забезпечити значення кутових швидкостей в межах від 2850 об/хв до 1910 об/хв (таблиця 2.4):

Таблиця 2.4 – Кутові швидкості робочого колеса насоса

Приведені кутові швидкості виконавчого органа робочої машини, с ⁻¹						
$\omega_{\text{дв1}}$	$\omega_{\text{дв2}}$	$\omega_{\text{дв3}}$	$\omega_{\text{дв4}}$	$\omega_{\text{дв5}}$	$\omega_{\text{дв6}}$	$\omega_{\text{дв7}}$
298	269	254	239	224	209	200

Необхідне значення частоти напруги живлення

$$f_{\text{var}} = \frac{(\omega_{\text{дв}} + \omega_0 \cdot s_H) \cdot p}{2\pi}, \quad (2.46)$$

$$f_{\text{var1}} = \frac{(298 + 314,16 \cdot 0,03) \cdot 1}{2\pi} = 49 \text{ (Гц)}.$$

Синхронна кутова швидкість при відповідних значеннях частоти напруги живлення f_{var} приводного двигуна:

$$\omega_{0\text{дв}} = \frac{2\pi \cdot f_{\text{var}}}{p}, \quad (2.47)$$

$$\omega_{0\text{дв}1} = \frac{2\pi \cdot 49}{1} = 307,9 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Для інших кутовий швидкостей проведемо аналогічні розрахунки, результати розрахунків зведено в порівняльну таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунків

Приведені кутові швидкості виконавчого органа робочої машини, с ⁻¹						
$\omega_{\text{дв}1}$	$\omega_{\text{дв}2}$	$\omega_{\text{дв}3}$	$\omega_{\text{дв}4}$	$\omega_{\text{дв}5}$	$\omega_{\text{дв}6}$	$\omega_{\text{дв}7}$
298	269	254	239	224	209	200
Частота напруги живлення, яка необхідна для забезпечення $\omega_{\text{дв}}$, Гц						
$f_{\text{var}1}$	$f_{\text{var}2}$	$f_{\text{var}3}$	$f_{\text{var}4}$	$f_{\text{var}5}$	$f_{\text{var}6}$	$f_{\text{var}7}$
49	44,2	41,9	39,5	37,1	34,7	33,3
Синхронна кутова швидкість при відповідних значеннях частоти f_{var} , с ⁻¹						
$\omega_{0\text{дв}1}$	$\omega_{0\text{дв}2}$	$\omega_{0\text{дв}3}$	$\omega_{0\text{дв}4}$	$\omega_{0\text{дв}5}$	$\omega_{0\text{дв}6}$	$\omega_{0\text{дв}7}$
307,9	278	263,1	248,2	233,3	218,3	209,4

Для побудови штучних механічних характеристик скористаємось ППП Mathcad (рисунок 2.8).

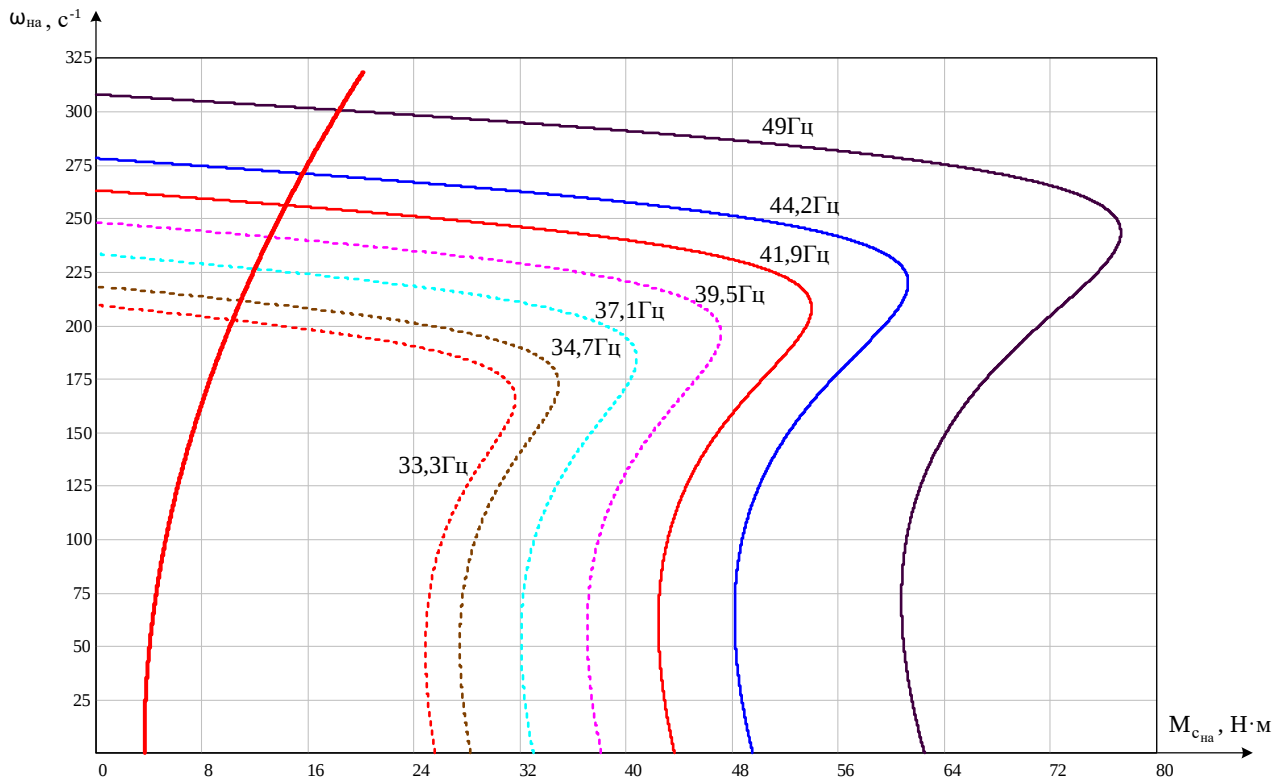


Рисунок 2.8 – Сімейство штучних механічних характеристик
при частотному регулюванні швидкості

2.7 Вибір перетворювального агрегату

Перетворювач частоти для живлення приводного двигуна насосного агрегату вибирають за споживаною потужністю та за струмом згідно умов [18]:

$$\begin{cases} P_{ПЧ} \geq P_{дв.сп}, \\ I_{ПЧ} \geq I_{дв.ном}, \end{cases} \quad (2.48)$$

де $P_{дв.сп}$ – споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі, кВт;

$I_{дв.ном}$ – номінальний струм приводного двигуна, А.

Споживана приводним двигуном потужність при номінальному режимі роботи [18]:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{k \cdot P_{\text{дв.н}}}{\eta_{\text{дв.н}}}, \quad (2.49)$$

де k – коефіцієнт спотворення струму на виході перетворювача частоти ($k = 0,95 \dots 1,05$);

$P_{\text{дв.н}}$ – номінальна потужність приводного двигуна;

$\eta_{\text{дв.н}}$ – номінальний ККД приводного двигуна,

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{1 \cdot 7,5}{0,881} = 8,51 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки фактична споживана потужність приводного двигуна не перевищує 6 кВт (згідно результатів розрахунків), то для живлення приводного двигуна насоса достатньо вибрати частотний перетворювач потужністю 7,5 кВт з номінальним струмом не менше 13,8 А.

Таким чином, вибираємо перетворювач частоти Siemens SINAMICS V20 [17]. Технічні характеристики вибраного перетворювача частоти наведені в таблиці 2.6.



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти Siemens серії SINAMICS V20

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики перетворювача частоти [17]

Параметри	Значення
Серія	SINAMICS V20
SKU	6SL3210-5BE27-5UV0
Потужність перетворювача	7,5 кВт
Напруга, В	3AC 380...480 В (+10%/–15%)
Діапазон керування по частоті	0...550 Гц
Номінальний вхідний струм	20,7 А
Номінальний вихідний струм	16,5 А
Перевантажувальна здатність відносно розрахункового вихідного струму	150% протягом 60 с (через кожні 300 с)
Закони керування	U/f, U/f ² , FCC, параметрований U/f
Цифрові входи	4
Аналогові входи	2 (0/4...20 мА; 0...10 В; -10...+10 В)
Аналогові виходи	1 (0/4...20 мА)
Цифрові виходи	2
Релейні виходи	1
Інтерфейс	USS/Modbus RTU
Робоча температура (без погіршення характеристик)	-10...40°C
Ступінь захисту	IP20

Схема під'єднань перетворювача частоти зображена на рисунку 2.10.

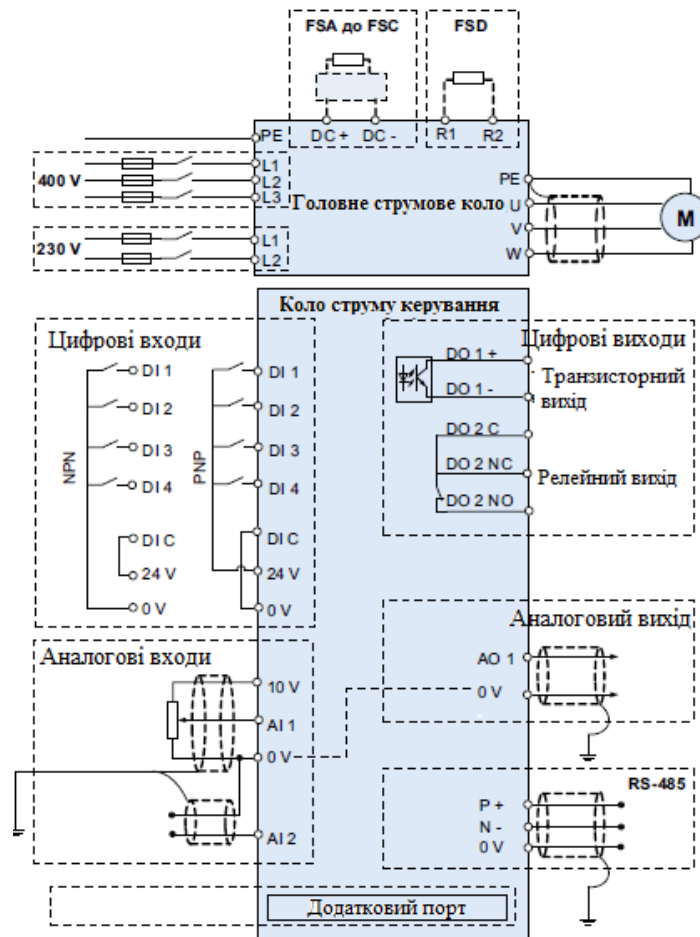


Рисунок 2.10 – Схема під'єднань перетворювача частоти Sinamics V20

Висновок: Виконано перевірочний розрахунок приводного двигуна насоса для перекачування олії. Згідно результатів розрахунків впливає, що для привода насоса доцільно вибрати двигун з номінальною потужністю 7,5 кВт та синхронною швидкістю 3000 об/хв.

На основі техніко економічного обґрунтування встановлено, що в для регулювання продуктивності насоса доцільно використати систему регульованого електропривода з частотним регулюванням швидкості.

Вибрано приводний асинхронний двигун з КЗ ротором типу MS2 132S2-2 та розраховано його природні та штучні характеристики при частотному регулювання швидкості та законі частотного керування $U/f^2 = \text{const}$.

Вибрано перетворювач частоти Siemens SINAMICS V20 номінальна потужність якого становить 7,5 кВт.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НАСОСУ ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ ОЛІЇ

3.1 Розробка функціональної схеми

Система керування електроприводу насосу для перекачування олії повинна забезпечувати підтримання заданого тиску в напірному трубопроводі, контроль температури олії, що перекачується, захист від сухого ходу тощо.

Відповідна функціональна схема зображена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Схема функціональна системи керування насосу для перекачування олії

3.2 Вибір елементної бази

3.2.1 Вибір керуючого пристрою та модулів його розширення

В якості керуючого пристрою виберемо один із найбільш простих програмованих логічних контролерів – програмоване реле типу LOGO!12/24RCE фірми Siemens (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд ПЛК LOGO!12/24RCE

Модуль 12/24RCE оснащений [21]:

- 8 дискретними входами;
- вбудованим інтерфейсом Ethernet, 10/100 Мбіт / с, 1xRJ45;
- вбудованим web сервером;
- слотом для установки стандартної Micro SD карти з розміткою FAT32;
- вбудованим інтерфейсом підключення модулів розширення;
- вбудованим календарем і годинами з запасом ходу після відключення живлення до 20 днів;
- 64 дискретними і 64 аналоговими прапорами;

- 4 зсувними 8-розрядними регістрами;
- бібліотеками логічних (GF) і спеціальних (SF) функцій для розробки програм загальним обсягом до 400 програмних блоків. При необхідності в програмах можуть використовуватися макроси, створювані на основі стандартних функціональних блоків.

Технічні характеристики вибраного ПЛК наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики LOGO!12/24RCE [21]

Параметр	Значення
Sku	6ED1052-1MD08-0BA1
Напруга живлення	12/24 В DC
Цифрові входи	8 DI [4AI (4DI)] «0» < 5 В DC «1» > 8 В DC
Релейні виходи: – при індуктивному навантаженні, max – при активному навантаженні, max	4 3 А 10А
Аналогові входи	4 AI 0 – 10 В DC
Мережа	ETHERNET
Ступінь захисту згідно EN 60529	IP20
Температура навколишнього середовища при експлуатації: – min – max	0 °C 55 °C

Програмування LOGO!12/24RCE здійснюється в середовищі LOGO! Soft Comfort V8.0, яке дозволяє розробляти програми для логічних модулів LOGO! всіх поколінь (від LOGO! 0BA0 до LOGO! 0BA8), виконувати дистанційне програмування та діагностику логічних модулів тощо [22].

LOGO! Soft Comfort надає в розпорядження такі варіанти розробки комутаційних програм:

1) LAD (Ladder Diagram) – релейно-контактна схема, яка буде зручна користувачам, що звикли працювати з принциповими схемами [23];

2) FBD (Function Block Diagram) – функціональна блок-схема, яка буде зручна користувачам, що знайомі з логічними блоками [23];

3) UDF (User-Defined Function) – визначена користувачем функція, яка є логічною схемою, що складається з групи функціональних блоків, і може бути використана в якості функціонального блока в FBD. Створення UDF-діаграм характерне лише для LOGO! 0BA8 [23].

Для розширення функціональних можливостей програмованого реле виберемо необхідні модулі розширення. Так, для керування перетворювачем частоти виберемо аналоговий модуль розширення LOGO! AM2 AQ [24] (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд модуля LOGO! AM2 AQ

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики аналогового модуля розширення LOGO! AM2 AQ [24]

Параметр	Значення
Sku	6ED1055-1MM00-0BA2
Напруга живлення	12/24 В DC
Кількість аналогових виходів	2
Діапазони вихідних сигналів	0...10 В 0(4)...20mA
Ступінь захисту	IP20
Температура навколишнього середовища при експлуатації:	
– min	-20°C
– max	+55°C

В якості сенсора температури виберемо сенсор типу Pt100 з трипровідною схемою підключення (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд сенсора Pt100

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики сенсора Pt100 [25]

Найменування	Значення
Діапазон вимірювання температур	-50°C до +400°C
Довжина датчика	100 мм
Діаметр датчика	5 мм
Кріплення датчика	різьба M8

Для підключення даного сенсора температури виберемо спеціалізований модуль розширення LOGO! AM2 RTD (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Модуль розширення LOGO! AM2 RTD

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики модуля розширення LOGO! AM2 RTD [26]

Параметр	Значення
Sku	6ED1055-1MD00-0BA2
Напруга живлення	12/24 В DC
Тип датчика	Pt100
Діапазон вимірювальних температур	-50...+200°C
Ступінь захисту	IP20
Температура навколишнього середовища при експлуатації:	
– min	-20°C
– max	+55°C

Для візуального контролю параметрів технологічного процесу виберемо виносну текстову панель LOGO! TD (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд текстової панелі LOGO! TD

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики текстової панелі LOGO! TD [27]

Параметр	Значення
Sku	6ED1055-4MH08-0BA1
Напруга живлення	12/24 В DC
Число рядків	2
Число символів в рядку	20
Кількість кольорів підсвітки дисплея	3
Порти ETHERNET	2
Ступінь захисту	IP65
Температура навколишнього середовища при експлуатації:	
– min	-20 °C
– max	+55 °C

3.2.2 Вибір сенсорів тиску

Для вимірювання тиску у всмоктуючому та напірному трубопроводах виберемо сенсори тиску, які спеціально розроблені для в'язких рідин: Wika модель S-11 з фронтальною мембраною (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд сенсора тиску Wika модель S-11 з фронтальною мембраною

Технічні характеристики сенсора для вимірювання тиску у всмоктуючому трубопроводі наведені в таблиці 3.6, а в нагнітаючому трубопроводі – в таблиці 3.7.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики сенсора для вимірювання тиску у всмоктуючому трубопроводі [28]

Параметри	Значення
Модель	S-11 із фронтальною мембраною
Живлення	DC 10 (14)...30 В
Вихідний сигнал	4...20 мА, 2-провідний
Діапазон вимірювання	0...0,6 bar
Похибка	0,5% від діапазону
Температура вимірюваного середовища	-30... +100 °С
Електричне приєднання	4-пін L-роз'єм DIN EN 175301-803, IP65

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики сенсора для вимірювання тиску в нагнітаючому трубопроводі [28]

Параметри	Значення
Модель	S-11 із фронтальною мембраною
Живлення	DC 10 (14)...30 В
Вихідний сигнал	4...20 мА, 2-провідний
Діапазон вимірювання	0...10 bar
Похибка	0,5% від діапазону
Температура вимірюваного середовища	-30... +100 °С
Електричне приєднання	4-пін L-роз'єм DIN EN 175301-803, IP65

3.3 Структурна схема САЕП насосу для перекачування олії

Структурна схема САЕП насосу для перекачування олії зображена на рисунку 3.8.

Схема містить два контури регулювання: за струмом та напором.

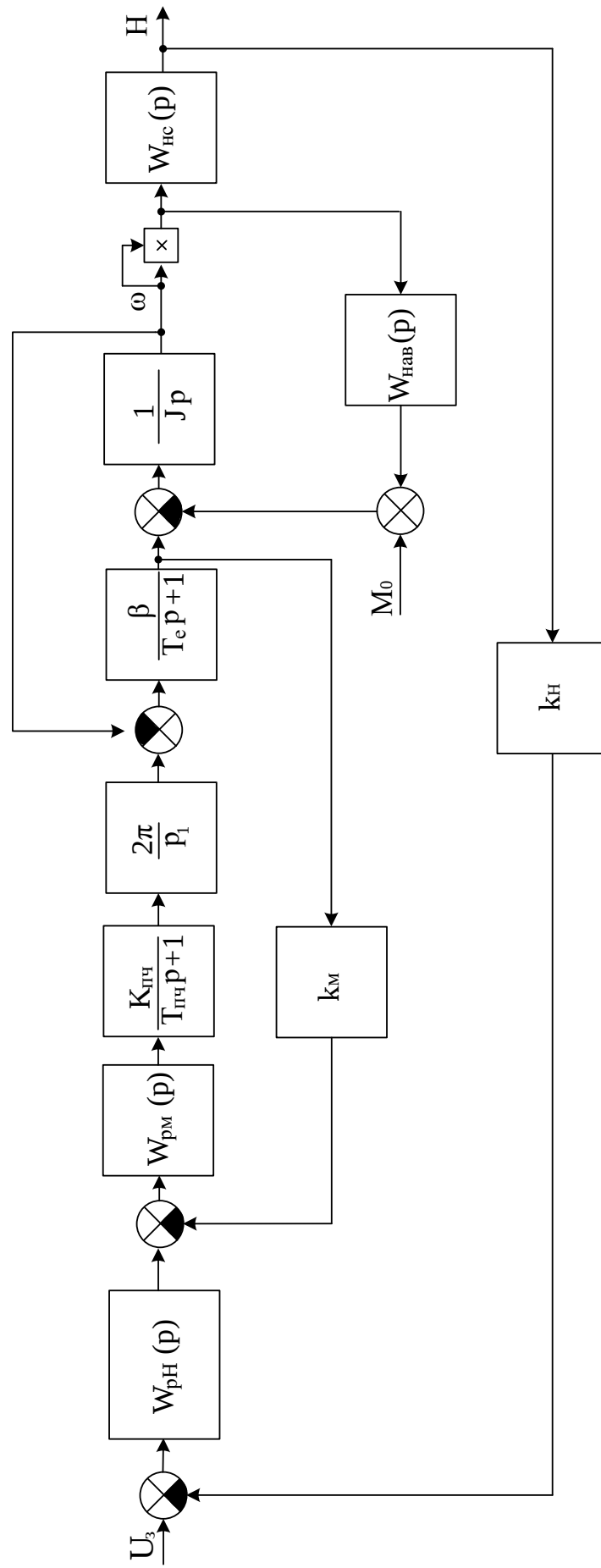


Рисунок 3.8 – Структурна схема САЕСП насосу для перекачування олії

Розрахуємо параметри даної моделі.

Модуль жорсткості механічної характеристики АД:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_{\kappa}}{\omega_0 \cdot s_{\kappa}}, \quad (3.1)$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 78,76}{314,16 \cdot 0,19} = 2,68.$$

Електромагнітна стала часу АД:

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot s_{\kappa}}, \quad (3.2)$$

$$T_e = \frac{1}{314,16 \cdot 0,19} = 0,017 \text{ (с)}.$$

Передаточна функція лінеаризованої моделі АД:

$$W_{\text{АД}}(p) = \frac{\beta}{T_e \cdot p + 1}, \quad (3.3)$$

$$W_{\text{АД}}(p) = \frac{2,68}{0,017 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція механічної частини АД:

$$W_{\text{АД мех}}(p) = \frac{1}{J_{\text{пр}} \cdot p}, \quad (3.4)$$

де $J_{\text{пр}}$ – приведення значення моменту інерції привода, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$,

$$W_{\text{АД мех}}(p) = \frac{1}{0,02 \cdot p}.$$

Коефіцієнт підсилення перетворювача частоти:

$$K_{\text{пч}} = \frac{f_{\text{max}}}{U_{\text{max}}}, \quad (3.5)$$

де f_{max} – максимальна частота ($f_{\text{max}} = 50 \text{ Гц}$);

U_{max} – максимальна напруга за датчика інтенсивності ($U_{\text{max}} = 10 \text{ В}$),

$$K_{\text{пч}} = \frac{50}{10} = 5.$$

Передаточна функція перетворювача частоти:

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{K_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}} \cdot p + 1}, \quad (3.6)$$

де $T_{\text{пч}}$ – стала часу перетворювача частоти ($T_{\text{пч}} = 0,005$ с),

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{5}{0,005 \cdot p + 1}.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за напором:

$$k_H = \frac{U_{\text{max}}}{H_{\text{max}}}, \quad (3.7)$$

де H_{max} – верхній діапазон вимірювання сенсора тиску в напірному трубопроводі ($H_{\text{max}} = 10 \text{ bar} \approx 100 \text{ м}$),

$$k_H = \frac{10}{100} = 0,1.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за моментом:

$$k_M = \frac{U_{\text{max}}}{M_{\text{max}}}, \quad (3.8)$$

де M_{max} – максимальний момент двигуна (в системі з ПЧ, який забезпечує обмеження на рівні 150%, $M_{\text{max}} = 1,5 M_{\text{дв.н}}$),

$$k_M = \frac{10}{3.81} = 2,62.$$

Виділимо внутрішній контур регулювання моменту (рисунок 3.9).

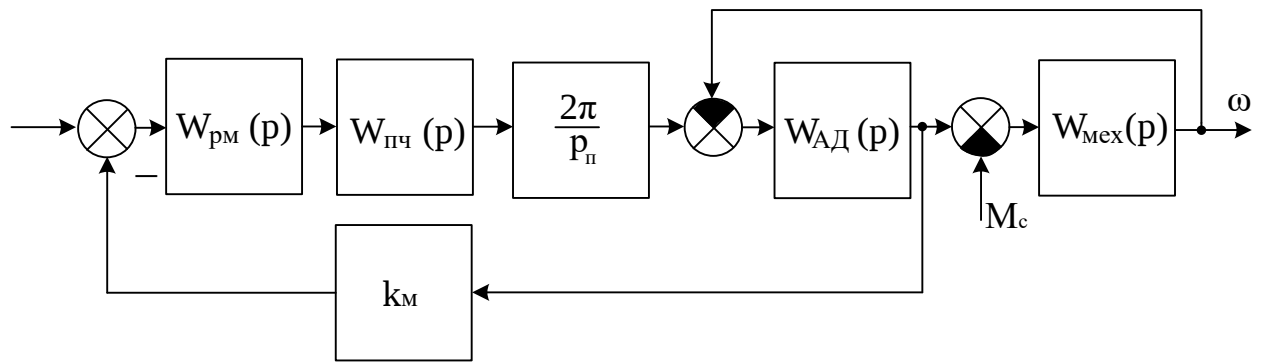


Рисунок 3.9 – Структурна схема внутрішнього контуру регулювання моменту

Виконаємо структурні перетворення (рисунок 3.10).

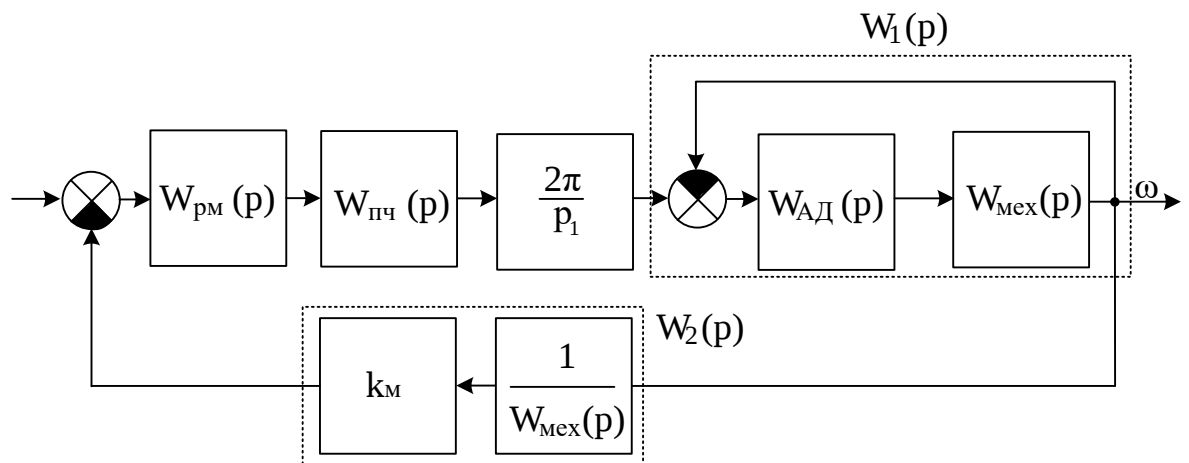


Рисунок 3.10 – Структурна схема після виконання перетворень

Передаточна функція $W_1(p)$:

$$W_1(p) = \frac{W_{AD}(p) \cdot W_{мех}(p)}{1 + W_{AD}(p) \cdot W_{мех}(p)}, \quad (3.9)$$

$$W_1(p) = \frac{7876}{p^2 + 58,54 \cdot p + 7876}.$$

Передаточна функція $W_2(p)$:

$$W_2(p) = k_m \cdot \frac{1}{W_{\text{мех}}(p)}, \quad (3.10)$$

$$W_2(p) = 0,00542 \cdot p.$$

Контур регулювання моменту, зведений до одиничного зворотного зв'язку (рисунок 3.11).

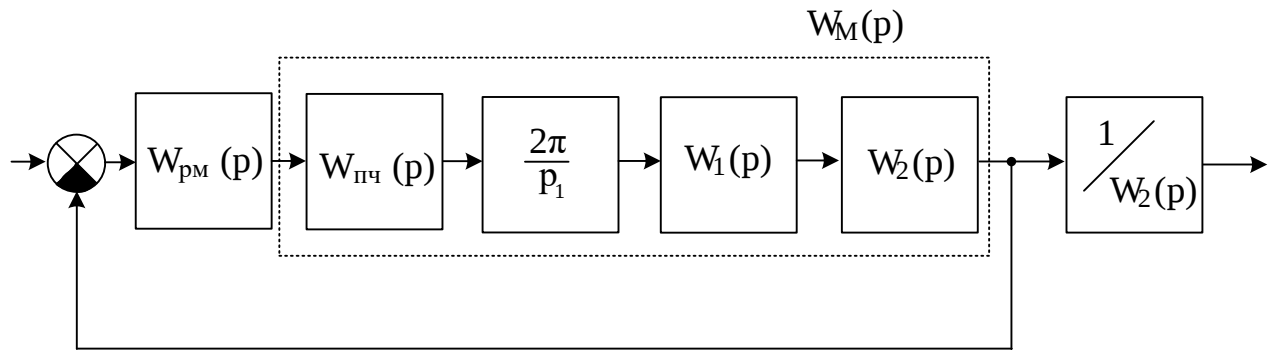


Рисунок 3.11 – Структурна схема внутрішнього контуру моменту зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Передаточна функція об'єкта регулювання внутрішнього контуру регулювання моменту:

$$W_m(p) = W_{\text{пч}}(p) \cdot \frac{2\pi}{p_{\Pi}} \cdot W_1(p) \cdot W_2(p), \quad (3.11)$$

$$W_m(p) = \frac{22,79}{(0,017 \cdot p + 1) \cdot \left[\frac{133,9}{p \cdot (0,017 \cdot p + 1)} + 1 \right] \cdot (0,005 \cdot p + 1)}$$

Загальна передаточна функція контуру регулювання моменту:

$$G_m(p) = R_{\text{рм}}(p) \cdot W_m(p), \quad (3.12)$$

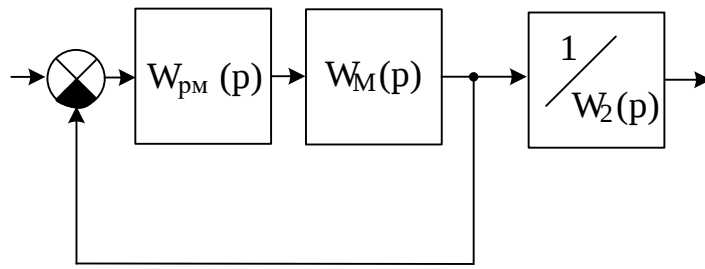


Рисунок 3.12 – Структурна схема внутрішнього контура моменту зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Згідно модульного критерію оптимізації:

$$G_M(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{0M} \cdot p \cdot (T_{0M} \cdot p + 1)}, \quad (3.13)$$

де T_{0M} – мала некомпенсована стала часу контуру моменту (приймаємо рівною сталій часу перетворювача частоти $T_{0M} = T_{пч} = 0,005$ с, оскільки вона є найменшою),

$$G_M(p) = \frac{1}{0,01 \cdot p \cdot (0,005 \cdot p + 1)}.$$

Передаточна функцію регулятора моменту:

$$W_{pm}(p) = \frac{G_M(p)}{W_M(p)}, \quad (3.14)$$

$$W_{pm}(p) = \frac{4,387}{p} + 0,07456 + \frac{587,3}{p^2}.$$

Для налаштування параметрів регулятора тиску використаємо стандартні набори параметрів для систем регулювання тиску, які рекомендує виробник програмованого реле LOGO! (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 – Стандартні наборами параметрів для систем регулювання тиску

Параметри	Значення	
Коефіцієнт підсилення	3	1,2
Стала інтегрування, с	5	12

Передаточна функція насосного агрегату:

$$W_{\text{нс}} = \frac{H_{\text{на ном}}}{\omega_{\text{на ном}}^2}, \quad (3.15)$$

$$W_{\text{нс}} = \frac{40}{198,45^2} = 0,00045.$$

Передаточна функція, яка характеризує залежність моменту навантаженні від швидкості:

$$W_{\text{нав}} = \frac{(M_{\text{сна ном}} - 0,2 \cdot M_{\text{сна ном}})}{\omega_{\text{на ном}}^2}, \quad (3.16)$$

$$W_{\text{нав}} = \frac{(18,14 - 0,2 \cdot 18,14)}{298,45^2} = 0,00016.$$

3.4 Моделювання перехідних процесів САЕП насоса для перекачування олії

Моделювання САЕП насоса для перекачування олії здійснимо в Matlab Simulink.

Модель в Simulink, яка побудована відповідно до структурної схеми, яка зображена на рисунку 3.8, та згідно результатів розрахунків зображена на рисунку 3.13.

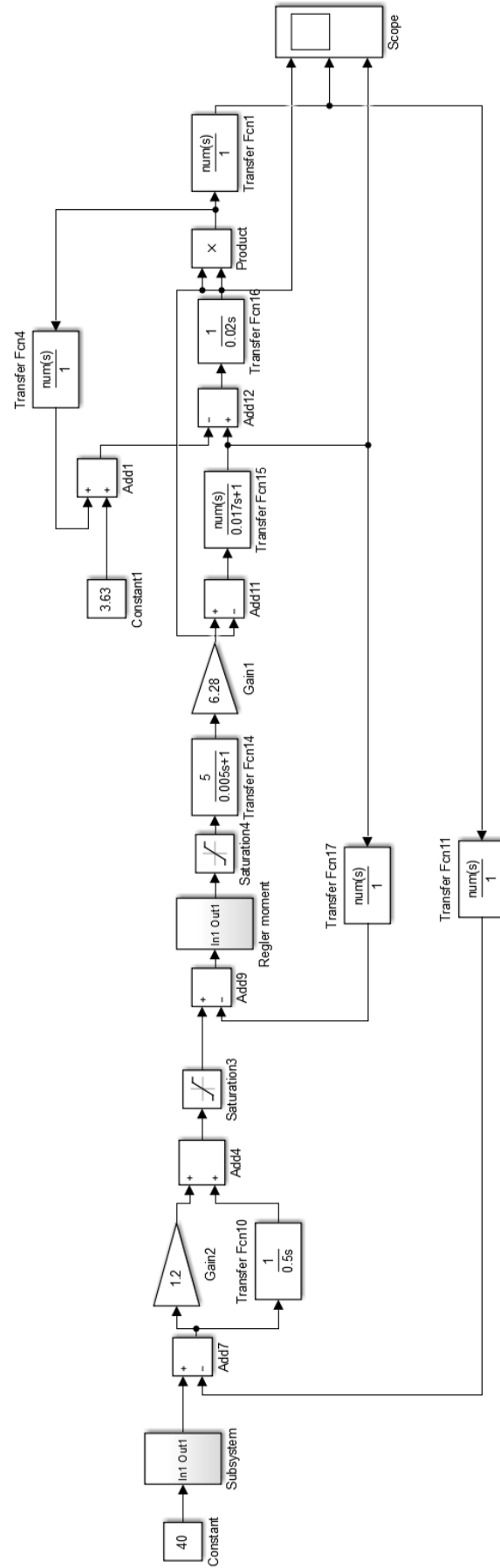


Рисунок 3.13 – Модель САЕП насоса для перекачування олії

Результати моделювання представлені на рисунку 3.14.

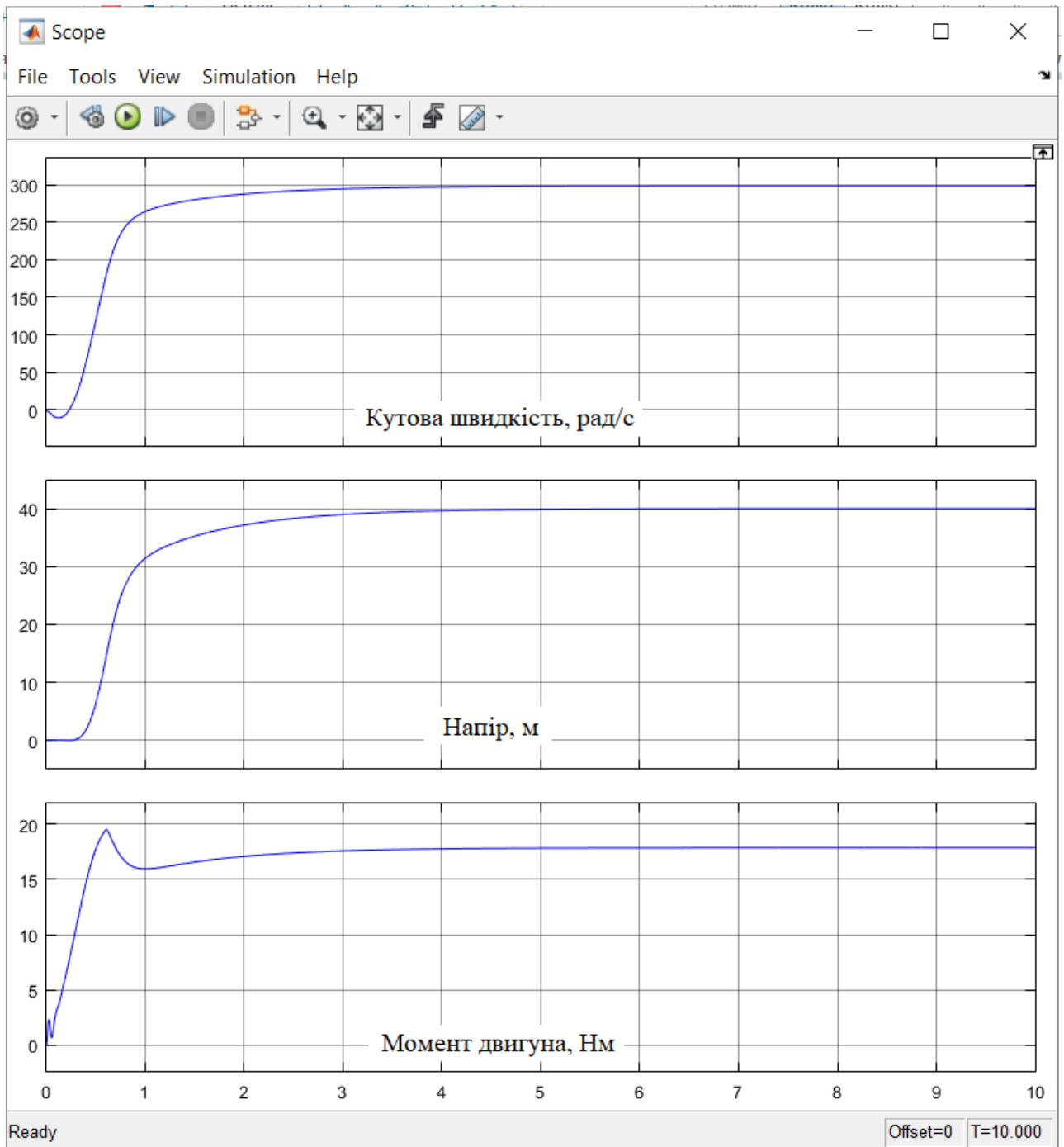


Рисунок 3.14 – Графіки перехідних процесів (номінальний напір)

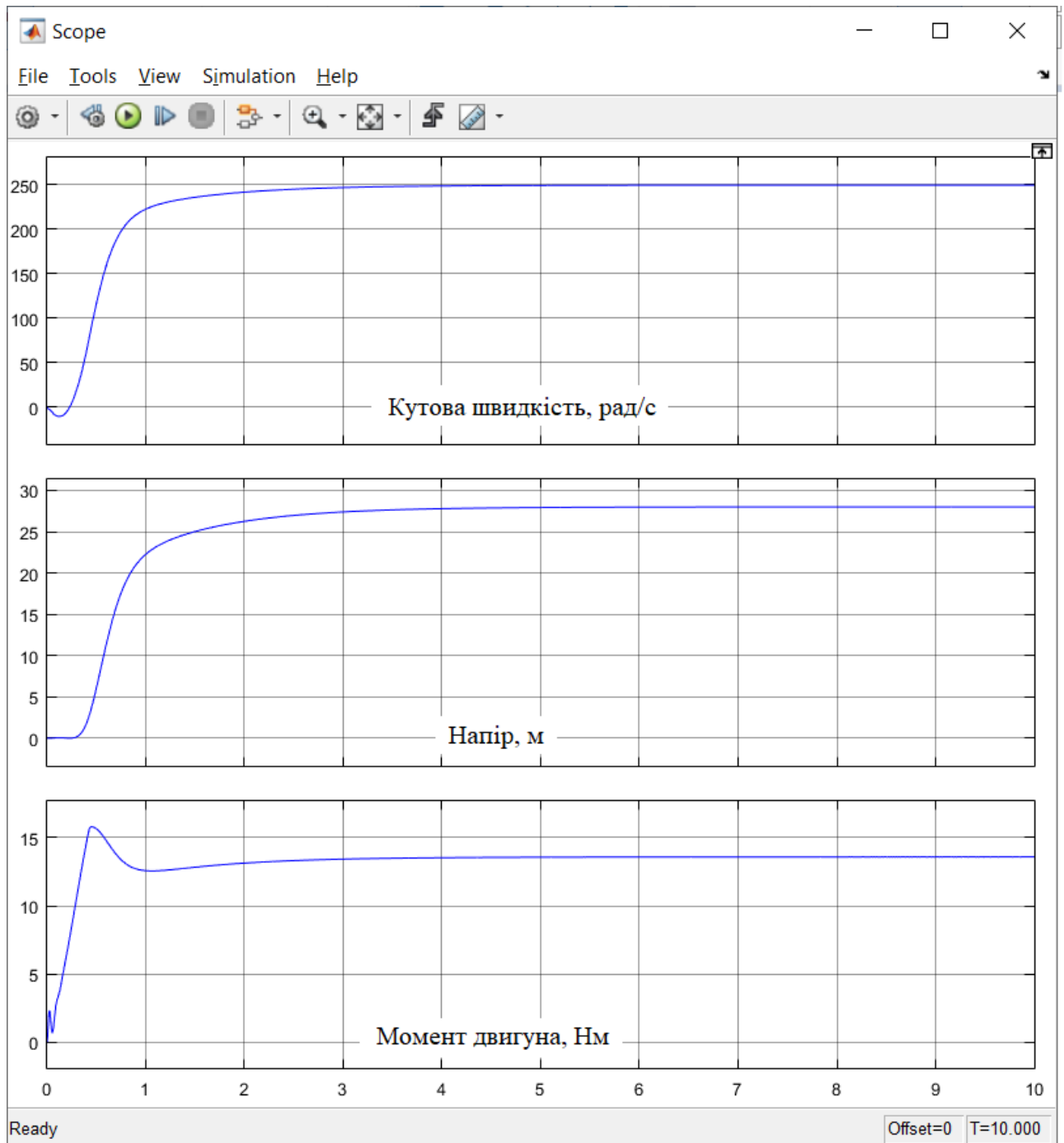


Рисунок 3.15 – Графіки перехідних процесів (регулювання напору)

3.5 Розробка принципової електричної схеми системи керування насосом для перекачування олії

Принципова електрична схема системи керування насосом для перекачування олії (згідно рисунка 3.1) зображена на рисунках 3.16 – 3.18.

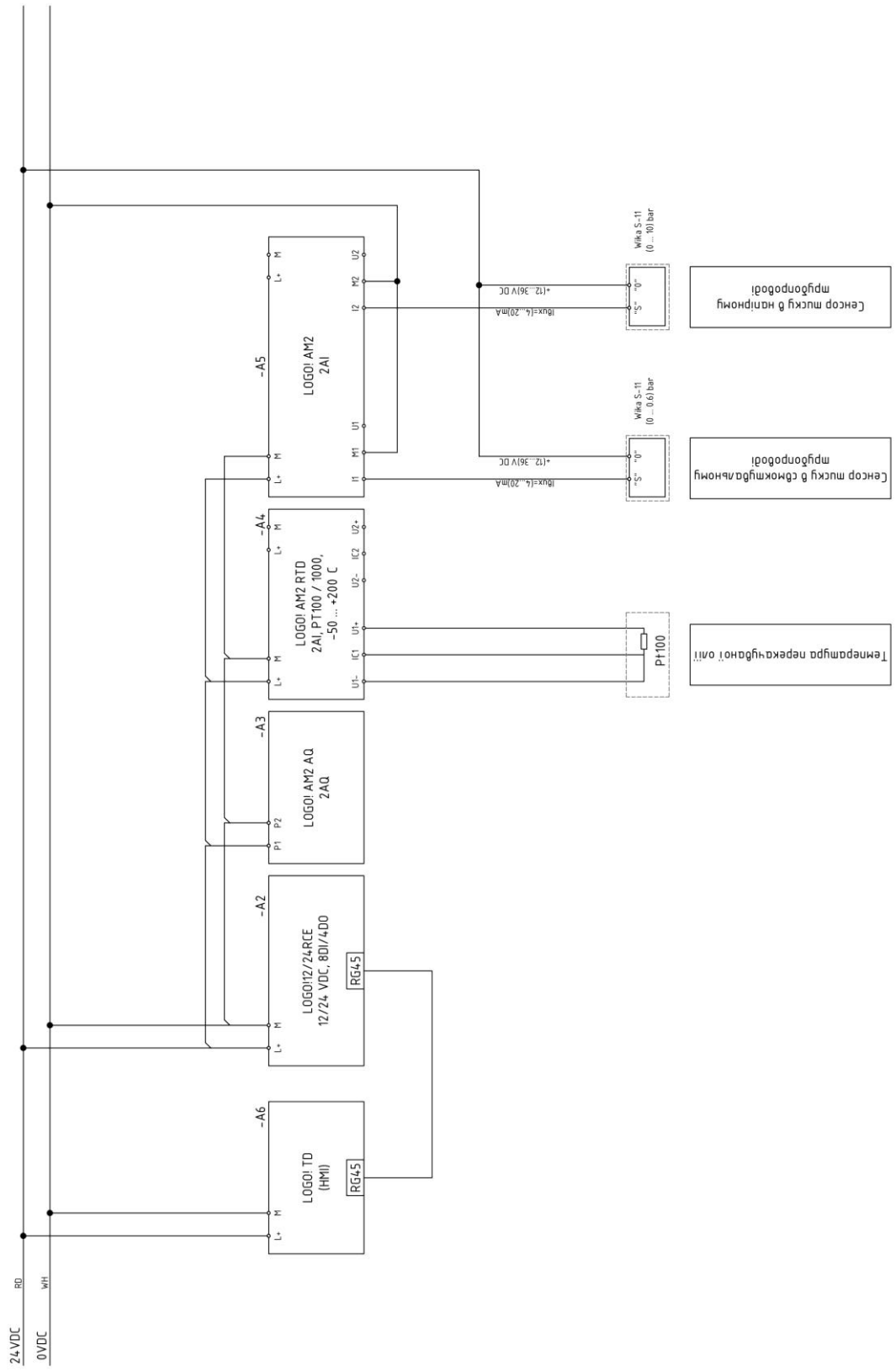


Рисунок 3.17 – Схема електрична принципова системи насосом. Кола керування

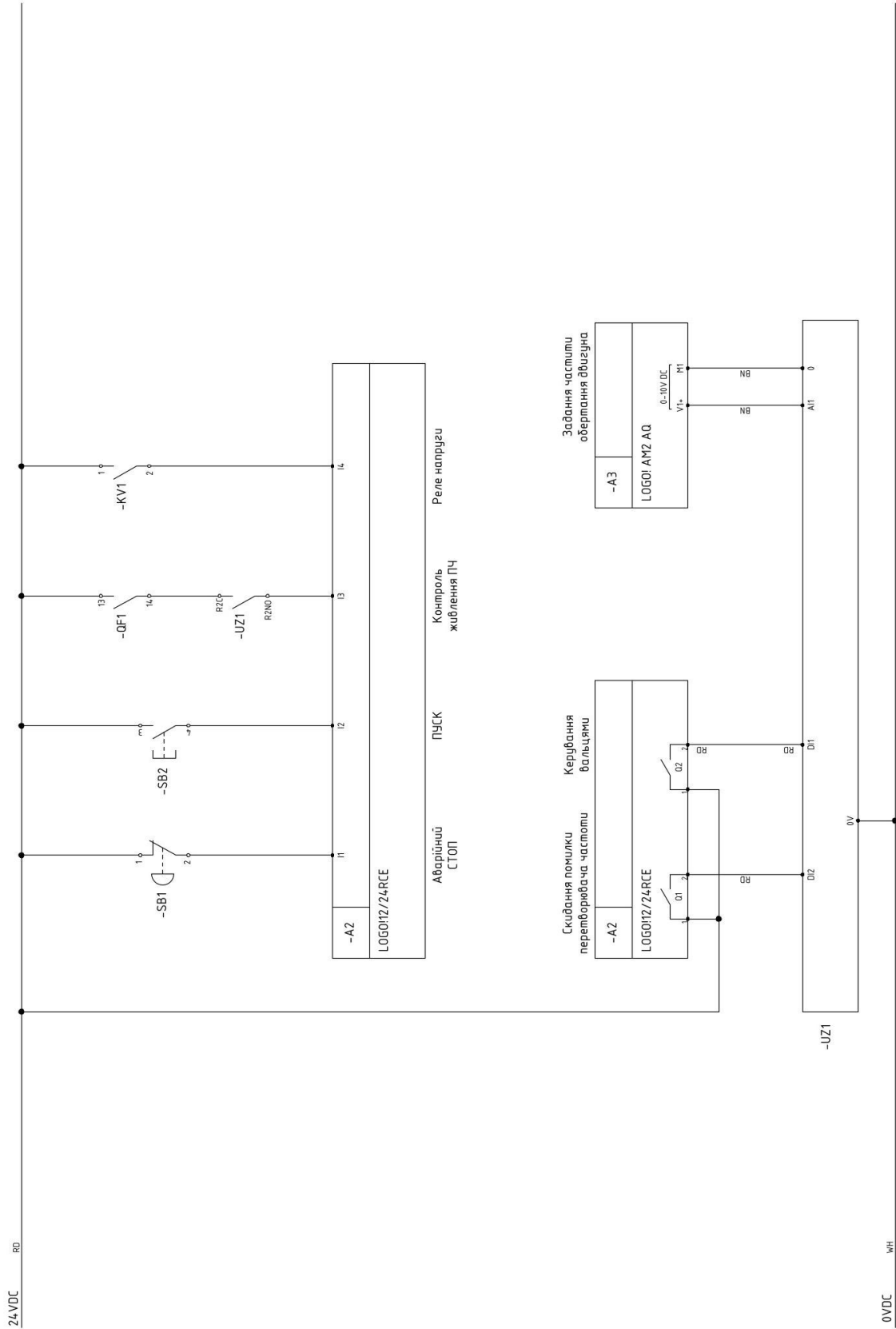


Рисунок 3.18 – Схема електрична принципова системи насосом. Кола керування

Висновок: Розроблено функціональну схему системи керування насосом для перекачування олії, а також здійснено вибір керуючого пристрою (LOGO!12/24RCE), його основних модулів розширення а також сенсорів вимірювання параметрів.

Розроблено структурну схему автоматизованого електропривода насоса для перекачування олії та розраховано її параметри.

Правильність отриманих проектних рішень перевірено шляхом комп'ютерного моделювання в Matlab.

Розроблено принципову електричну схему автоматизованого електропривода насоса для перекачування олії.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі розглянуто питання охорони праці, що стосуються експлуатації електропривода насоса перекачування олії в умовах ПАТ «Вінницький олієжировий комбінат». Аварії в електричних мережах, а також недотримання правил з їх безпечної експлуатації призводять до серйозної загрози життю та здоров'ю людей через небезпеку падінь з висоти, поранень, опіку, уражень електричним струмом тощо. Крім того, на електротехнічний оперативний персонал, що здійснює монтаж і експлуатацію системи контролю технічного стану насосного агрегату, впливають такі шкідливі виробничі фактори [29, 30]:

1) фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

2) хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

3) фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час ремонту та монтажу обладнання системи контролю технічного стану насосного агрегату необхідно вживати заходів із запобігання впливу на працівників визначених вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів. За наявності цих факторів, безпека праці під час монтажу та ремонту обладнання електропотяга повинна відповідати вимогам та заходам безпеки, що зазначені в нормативно-правовій документації з охорони праці, зокрема під час виконання робіт: в діючих електроустановках; на висоті; з застосуванням електроінструменту; зварюванні тощо.

Особливу увагу потрібно приділяти убезпеченню працівників під час виконання робіт в діючих електроустановках. Найбільш ефективним засобом захисту працівників є встановлення заземлень. Встановлювати заземлення на струмопровідні частини необхідно безпосередньо після перевірки відсутності напруги. Переносні заземлення спочатку треба приєднати до заземлювального пристрою, а потім, після перевірки відсутності напруги, встановити на струмопровідні частини. Знімати переносне заземлення необхідно в зворотній послідовності: спочатку зняти його зі струмопровідних частин, а потім від заземлювального пристрою.

Встановлення та зняття переносних заземлень слід виконувати в діелектричних рукавичках із застосуванням в електроустановках понад 1000 В ізолювальної штанги. Закріплювати затискачі переносних заземлень слід цією ж штангою або безпосередньо руками в діелектричних рукавичках. Забороняється користуватися для заземлення провідниками, не призначеними для цього, а також приєднувати заземлення за допомогою скручування.

В електроустановках понад 1000 В (підстанції 10/0,4 кВ) заземлювати слід струмопровідні частини всіх фаз (полюсів) відключеної для робіт ділянки

з усіх боків, з яких може бути подана напруга, за винятком відключених для робіт збірних шин, на які достатньо встановити одне заземлення. Під час робіт на відключеному лінійному роз'єднувачі на проводи спусків з боку ПЛ, незалежно від наявності заземлювальних ножів, має бути встановлене таке додаткове заземлення, яке не порушується під час виконання операцій з роз'єднувачем.

Заземлені струмопровідні частини мають бути відокремлені від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, видимим розривом (вимкненими вимикачами, роз'єднувачами, відокремлювачами або вимикачами навантаження, знятими запобіжниками, демонтованими шинами або проводами). Безпосередньо на робочому місці заземлення додатково встановлюється в тих випадках, коли ці частини можуть опинитися під наведеною напругою (потенціалом), яка може викликати ураження струмом, або коли на них може бути подана напруга понад 42 В змінного і 110 В постійного струму від стороннього джерела.

В електроустановках, конструкція яких така, що встановлення заземлень небезпечне (наприклад, в деяких розподільчих шафах, КРУ окремих типів, збірках з вертикальним розташуванням фаз), під час підготовки робочого місця слід вжити додаткових заходів безпеки, що перешкоджають помилковому поданню напруги до місця роботи: приводи і вимкнені апарати замикаються на замок; на ножі або верхні контакти роз'єднувачів рубильників, автоматів тощо встановлюються гумові ковпаки або спеціальні накладки з ізоляційних матеріалів; запобіжники, ввімкнені послідовно з комутаційними апаратами, знімаються. Ці технічні заходи мають бути вказані в місцевій інструкції з експлуатації. В разі неможливості вжиття зазначених додаткових заходів мають бути від'єднані кінці лінії живлення – в РУ, на щиті, збірці або безпосередньо на місці роботи. Список таких електроустановок визначається і затверджується особою, відповідальною за електрогосподарство.

Встановлення заземлення не потрібне під час роботи на електроустаткуванні, якщо від нього з усіх боків від'єднані шини, проводи та кабелі, якими може бути подана напруга; якщо на нього не може бути подана напруга зворотною трансформацією або від стороннього джерела і за умови, що на цьому устаткуванні не наводиться напруга. Кінці від'єднаних кабелів в цьому разі мають бути замкнені накоротко і заземлені.

Під час робіт в РУ встановлювати заземлення на протилежних кінцях ліній, що живлять це РУ, не потрібно, крім випадків, коли під час проведення робіт необхідно знімати заземлення з виводів ліній.

В електроустановках до 1000 В під час робіт на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин має бути знята і шини (за винятком шин, що виконані ізолюваним проводом) мають бути заземленими. Необхідність і можливість встановлення заземлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок і підключеного до них устаткування визначає особа, яка видає наряд (розпорядження). В електроустановках напругою до 1000 В всі операції зі встановлення і зняття заземлень дозволяється виконувати одній особі з групою III з числа оперативних чи оперативно-ремонтних працівників. Встановлення переносних заземлень у цьому випадку проводиться з землі за умови застосування спеціальної ізолювальної штанги, якою можна не тільки встановлювати, але і закріплювати ці заземлення.

Допускається тимчасове зняття заземлень, встановлених під час підготовки робочого місця, якщо це вимагається характером робіт, що виконуються. Тимчасове зняття і повторне встановлення заземлень виконується оперативним працівником чи (під його наглядом) членом бригади з групою III. Дозвіл на тимчасове зняття заземлень, а також на виконання цих операцій керівником робіт, слід обумовлювати в рядку наряду «Окремі вказівки» з записом про те, де і з якою метою мають бути зняті заземлення.

4.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання, яке використовується для виконання робіт з монтажу та експлуатації системи контролю технічного стану насосного агрегату, та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [32, 33]:

1. Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2. При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3. Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; показчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [34] нормують допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення. Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [35]:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м.

3. Для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [34]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [35]. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи: очищувати металевий пилякнайчастіше, щодня протирати гарячі поверхні, при високих концентраціях пилю обробляти запилені поверхні по частинам. Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу під час прибирання.

4.2.3 Виробниче освітлення

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків: 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 4.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилю (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

4.2.4 Виробничий шум

Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.2.5 Виробнича вібрація

На нашому об'єкті присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в таблиці 4.5.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

4.3. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

Приміщення, де здійснюється експлуатація електропривода насоса перекачування олії, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії В (пожежонебезпечна) – горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, як здатні вибухати та горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини та матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м^2 кожна перевищує $180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

Будівля, де розташоване це приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхові (у т.ч. горищні та над підвалами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.8 (знаменник).

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	3	REI 45	2	1

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

На території підприємства встановлено 49 вогнегасників ВП-5(8).

ВИСНОВКИ

В базовому варіанті реалізації для перекачування олії використовувався нерегульований електропривод з регулюванням продуктивності дроселюванням. Такий спосіб регулювання є не ефективним, тому прийнято рішення про модернізацію існуючої системи шляхом переходу до регульованого електропривода, який би забезпечив можливість регулювання продуктивності зміною швидкості обертання робочого колеса насосного агрегату. Це дозволить оптимізувати режим роботи насоса та знизити споживання електроенергії.

Виконано перевірочний розрахунок приводного двигуна насосу для перекачування олії. Згідно результатів розрахунків впливає, що для привода насосу доцільно вибрати двигун з номінальною потужністю 7,5 кВт та синхронною швидкістю 3000 об/хв.

На основі техніко-економічного обґрунтування встановлено, що найбільш економічно вигідним є використання системи ПЧ-АД з КЗ ротором, оскільки приведені витрати для неї є найменшими і становлять 44717,38 грн/рік.

Вибрано приводний асинхронний двигун з КЗ ротором типу MS2 132S2-2 та розраховано його природні та штучні характеристики при частотному регулювання швидкості та законі частотного керування $U/f^2 = \text{const}$.

Вибрано перетворювач частоти Siemens SINAMICS V20 номінальна потужність якого становить 7,5 кВт.

Розроблено функціональну схему системи керування насосу для перекачування олії, а також здійснено вибір керуючого пристрою (LOGO!12/24RCE), його основних модулів розширення а також сенсорів вимірювання параметрів.

Розроблено структурну та принципову схеми автоматизованого електропривода насоса. Коректність отриманих проектних рішень перевірено шляхом комп'ютерного моделювання в Matlab.

Розроблено ряд заходів з охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ КОМБІНАТ. [Електронний ресурс]. URL: <https://vmzhk.business-guide.com.ua/>
2. Приватне акціонерне товариство «Вінницький олійножировий комбінат». [Електронний ресурс]. URL: <http://vmzhk.vioil.com/>
3. Технологія виробництва рослинної олії. [Електронний ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/5349180/page:50/>
4. Технологія виробництва олії. [Електронний ресурс]. URL: <https://buklib.net/books/24975/>
5. Насос. Класифікація насосів. [Електронний ресурс]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81>
6. В'язкість рідин. [Електронний ресурс]. URL: <https://steiner-pumps.com/vyazkost-zhidkostej/>
7. Kinematic viscosity of water (Кінематична в'язкість води). [Електронний ресурс]. URL: <http://www.k123.com.ua/jap1.html>
8. Насос харчовий для олії: види обладнання. [Електронний ресурс]. URL: <https://dosingtech.com.ua/uk/shop/nasosi-promislovi/nasosi-za-sferamizastosuvannya/nasosi-dlya-olijno-zhirovoyi-galuzi/>
9. Дослідження залежності в'язкості соняшникової олії від температури / Папченко В. Ю., Гуртовий А. Н., Чуднова Т. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 50(956). – С. 95 – 99.
10. В'язкість. Методи вимірювання та особливості. [Електронний ресурс]. URL: <https://tecsa.com.ua/uk/vyazkist-metody-vymiryuvannya-ta-osoblyvosti/>
11. ELETTROPOMPE CX 32. [Електронний ресурс]. URL: <https://new.speroni.it/file/pdf/CX%2032.pdf>
12. Харчовий насос з нержавіючої сталі CX 32-200/4. [Електронний ресурс]. URL: <https://stream-energy.com.ua/ua/p1318377831-nasos-nerzhavejki-2004.html>

13. Електропривод виробничих машин і механізмів: Навчальний посібник / О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш; За ред. О.Ю. Синявського. – К.: ФОП Ямчинський О.В. , 2020. – 444 с.

14. Соняшникова олія. [Електронний ресурс]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%88%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%8F

15. Видмиш А. А., Бабій С. М., Петрусь В. В. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця: ВНТУ, 2012. 101 с.

16. Електродвигун трифазний MS 132S2-2 7.5 кВт. [Електронний ресурс]. URL: <https://redmotors.shop/ua/p1231820568-elektrodivigatel-tryohfaznyj-132s2.html>

17. Перетворювач частоти SINAMICS V20 7,5 кВт 3-ф/380. [Електронний ресурс]. URL: <https://chastotnik.ua/Siemens-r-6SL3210-5BE27-5UV0>

18. Грабко В. В., Бабій С. М., Мошноріз М. М. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця: ВНТУ, 2016. 119 с.

19. MS 132S2-2 Електродвигун В3 (7.5 кВт 2920 об/хв). [Електронний ресурс]. URL: <https://elektrozahid.com/uk/eldviguni-ms-3000-obkhv-009-15kvt/472-ms-132s2-2-elektrodivigun-b3-75-kvt-2920-obkhv.html>

20. Закони пропорційності. [Електронний ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/9943165/page:25/>

21. Manual LOGO!12/24RCE. [Електронний ресурс]. URL: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82564/v1/Logo_e.pdf

22. LOGO Siemens SOFT COMFORT V8 [Електронний ресурс]. – URL: <https://samsnab.com.ua/avtomatika/simatic-siemens/siemens-logo/aksessuary-logo/444-6ed1058-0ba08-0ya1>

23. LOGO!Soft Comfort Online Help [Електронний ресурс]. – URL: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/807/100782807/att_924632/v1/Help_en-US_en-US.pdf

24. LOGO! AM2 AQ. [Електронний ресурс]. URL: <https://meanwell.kiev.ua/ua/p201195580-6ed1055-1mm00-0ba2.html>

25. Pt100. [Електронний ресурс]. URL: <https://rezist.com.ua/relejnoe-oborudovanie/termo-rele--termoreguljator/pt100-datchik-temperaturi-0-400-%C2%B0c>

26. LOGO! AM2 RTD. [Електронний ресурс]. URL: <https://meanwell.kiev.ua/ua/p201190378-6ed1055-1md00-0ba2.html>

27. Siemens LOGO! TD. [Електронний ресурс]. URL: <https://meanwell.kiev.ua/ua/p1497966481-6ed1055-4mh08-0ba1.html>

28. Перетворювач тиску wika модель S-11 з фронтальною мембраною. [Електронний ресурс]. URL: <https://celmet.com.ua/kataloh-produktsii/datchyky-tysku/s-11>

29. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

30. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->

31. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644

32. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

33. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>
34. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
35. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
36. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
37. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
38. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>
39. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
40. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>
41. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>
42. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759
43. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf
44. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>

ДОДАТКИ

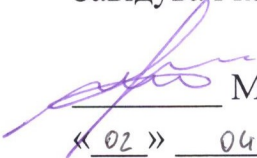
Додаток А
(обов'язковий)

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

 Микола МОШНОРИЗ

« 02 » 04 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

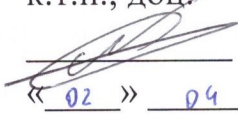
на бакалаврську дипломну роботу

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА
ПЕРЕКАЧУВАННЯ ОЛІЇ В УМОВАХ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ
КОМБІНАТ»**

08-24.БДР.024.00.000 ТЗ

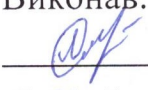
Керівник роботи

к.т.н., доц.

 Сергій БАБІЙ

« 02 » 04 2024 р.

Виконав: ст. гр. ЕМ-22мс

 Олег ЛЕЩУК

« 02 » 04 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Модернізація електропривода насоса перекачування олії в умовах приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат».

Скорочене найменування розробки – «Електропривод насоса перекачування олії».

Замовник – Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем бакалаврських дипломних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Насос – це механізм для накачування або викачування рідин чи газів.

4 Вимоги до розробки

Система керування насоса перекачування олії повинна забезпечувати можливість регулювання продуктивності насоса для перекачування олії а також захист насоса від сухого ходу.

5 Комплектація розробки

До складу виробу входять: силова, релейно-контакторна, перетворювальна, мікропроцесорна та контрольно-вимірювальна апаратура.

6 Джерела розробки

1. Технологія виробництва рослинної олії. [Електронний ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/5349180/page:50/>

2. Харчовий насос з нержавіючої сталі CX 32-200/4. [Електронний ресурс]. URL: <https://stream-energy.com.ua/ua/p1318377831-nasos-nerzhavejki-2004.html>

7 Технічні характеристики

Параметри	Значення
Бренд	SPERONI
Тип	CX 32-200/4
Принцип роботи	динамічний (відцентровий)
Робоче колесо	роторне
Максимальна температура перекачуваної рідини	90°C
Продуктивність	3...30 м³/год
Напір	51...40 м
Номінальна швидкість обертання	2850 об/хв
Діаметр вхідного патрубка	50 мм
Діаметр вихідного патрубка	32 мм

8 Умови експлуатації

Експлуатація здійснюється в умовах впливу підвищених температур. Номінальна температура олії при перекачуванні становить близько 40°C.

9 Елементна база

Двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т. ін. виробництва України чи країн близького зарубіжжя.

10 Конструктивне виконання

Система керування сушарки виготовляється у вигляді щита керування з високим ступенем захисту від впливу факторів навколишнього середовища.

11 Показники технологічності

Система керування насоса для перекачування олії повинна бути реалізована на сучасній елементній базі, а її монтаж, заземлення, струмопровід повинен відповідати правилам улаштування електроустановок.

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками та слюсарями КВП і А відповідної кваліфікації. Технічний огляд механізму здійснюється мінімум один раз на 3 місяці. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками та техніками-електромеханіками, фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Живлення електропривода

Живлення системи керування насосу повинно бути виконано напругою 380 В від силової мережі підприємства.

14 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської дипломної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА ПЕРЕКАЧУВАННЯ
ОЛІЇ В УМОВАХ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА
«ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ КОМБІНАТ»

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є покращення технологічного процесу транспортування олії шляхом модернізації існуючої системи автоматизованого електропривода насосу для перекачування олії.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

1. Здійснити загальну характеристику об'єкта проектування.
2. Розрахувати електропривод насосу для перекачування олії.
3. Розробити систему автоматизованого керування насосом для перекачування олії.
4. Перевірити коректність виконаних розрахунків шляхом комп'ютерного моделювання.
5. Описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

Об'єктом дослідження є процес транспортування олії в умовах ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

Предметом дослідження є система автоматизованого електропривода насосу для перекачування олії.

Характеристики технологічного процесу виробництва рослинної олії

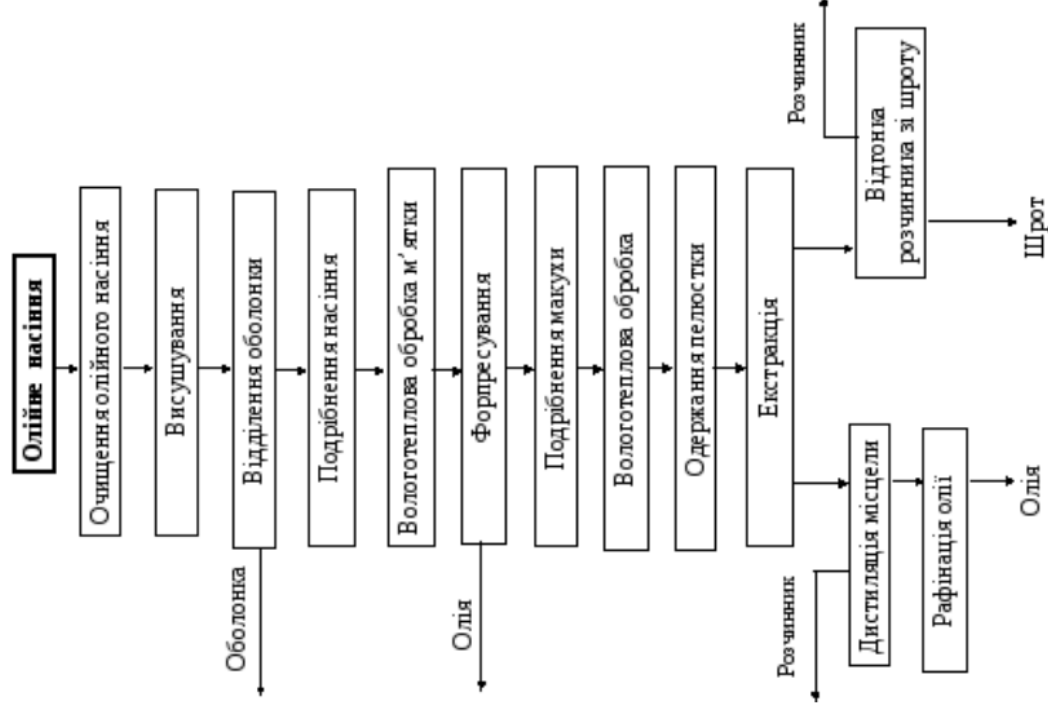


Рослинну олію отримують із олійник культур, які залежно від вмісту жиру в ядрі поділяють на такі групи:

- 1) малоолійні – зі вмістом жиру 15-35 % (соя);
- 2) середньоолійні – 33-55 % (бавовник);
- 3) багатоолійні – 55 % і вище (соняшник, арахіс, льон).

Існує два способи вилучення олії з м'ятки:

- 1) пресовий – передбачає механічне видавлювання олії з м'ятки на шнекових пресах;
- 2) екстракції – розчинення олії в легколетючих органічних розчинниках.



Вилучення рослинної олії екстракцією з попереднім видавлюванням на шнекових пресах

Характеристики об'єкта проектування



Зовнішній вигляд насоса для перекачування олії в умовах «Гідроаводу» ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат»

Розрахункова потужність приводного двигуна насосу для перекачування олії:

$P_{роз} = 6,0...7,0 \text{ (кВт)}$

Технічні характеристики насосу

Параметри	Значення
Бренд	SPERONI
Тип	CX 32-200/4
Принцип роботи	динамічний (відцентровий)
Робоче колесо	рогове
Максимальна температура перекачуваної рідини	90°С
Продуктивність	3...30 м³/год
Напір	51...40 м
Номинальна швидкість обертання	2850 об/хв
Діаметр вхідного патрубку	50 мм
Діаметр вихідного патрубку	32 мм

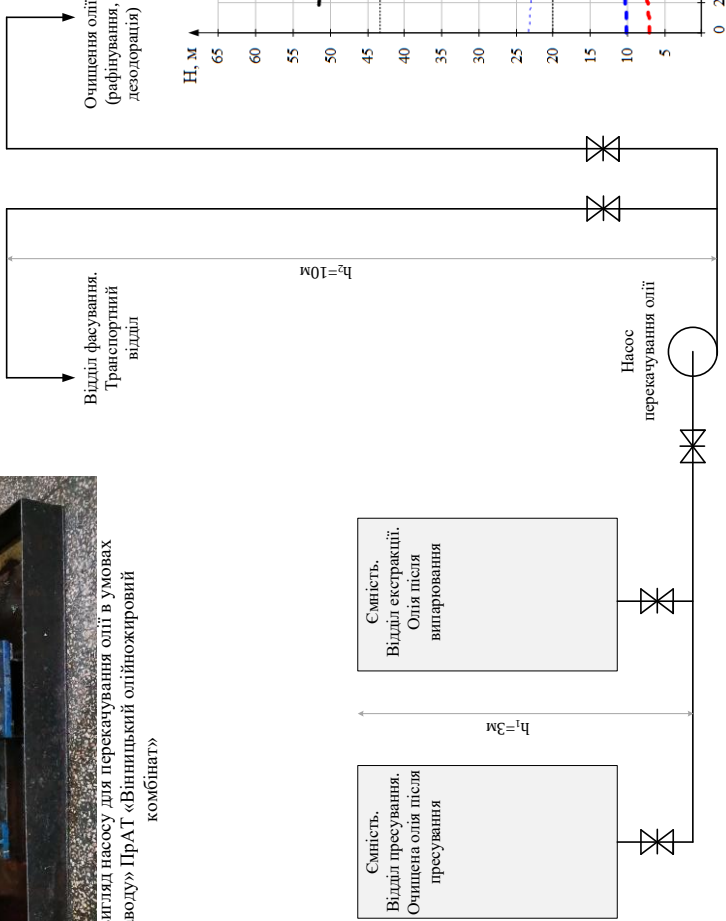


Схема транспортування олії

Суміщені Q-H характеристики відцентрового насоса та мережі

Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода насосу для перекачування олії

Показники	Системи електричного привода	
	ТРН-АД	ПЧ-АД
Вартість двигуна D , грн	18798	18798
Вартість системи керування СК, грн	28150,2	31278
Капітальні вкладення K , грн	46948,2	50076
Річні капітальні витрати $K_{\text{річн}}$, грн/рік	7981,19	8512,92
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	4694,82	5007,60
Відрахування на ремонт C_P , грн/рік	938,96	1001,52
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	33900,32	28471,32
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	1976,71	1724,02
Загальні відрахування C , грн/рік	41510,81	36204,46
Приведені витрати Z , грн/рік	49492,01	44717,38

Вибір елементної бази електропривода насосу

Технічні характеристики приводного двигуна

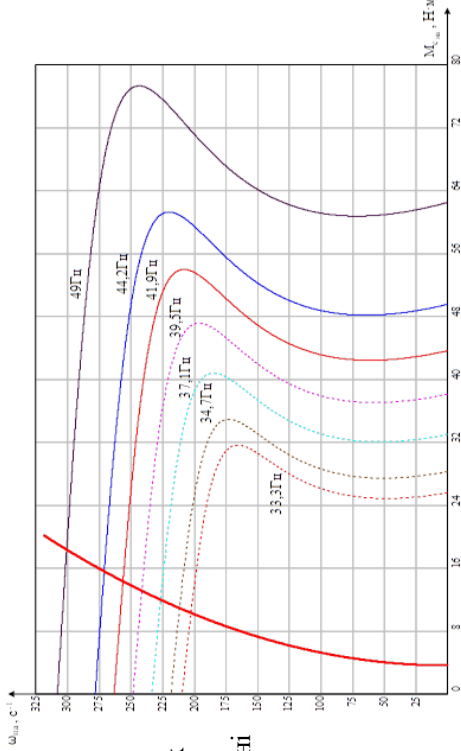
Параметри	Значення
Тип	MS2 132S2-2
Номінальна потужність $P_{дв.н}$	7,5 кВт
Частота f_1	50 Гц
Номінальна напруга мережі живлення $U_{дв.н}$	380 В
Номінальний струм статора $I_{дв.н}$	13,8 А
Номінальна швидкість обертання $n_{дв.н}$	2910 об/хв
Число пар полюсів p	1
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв.н}, \%$	88,1%
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_n$	0,89
Кратність пускового струму $\lambda_{д.п}$	8,4
Кратність пускового моменту λ_n	2,6
Кратність кригічного моменту λ_k	3,2
Момент інерції ротора J_{rot}	0,01 кг·м ²
Режим роботи	S1
Маса	42,3 кг

Технічні характеристики перетворювача частоти

Параметри	Значення
Серія	SINAMICS V20
Потужність перетворювача	7,5 кВт
Напруга, В	3АС 380...480 В (+10%/-15%)
Діапазон керування по частоті	0...550 Гц
Номінальний вхідний струм	20,7 А
Номінальний вихідний струм	16,5 А
Перевантажувальна здатність відносно розрахункового вихідного струму	150% протягом 60 с (через кожні 300 с)
Закони керування	U/f, U/F, FCC, параметрований U
Цифрові входи	4
Аналогові входи	2
Аналогові виходи	(0/4...20 мА; 0...10 В; -10...+10 В)
Цифрові виходи	1 (0/4...20 мА)
Релейні виходи	1



Зовнішній вигляд перетворювача частоти
Siemens серії SINAMICS V20



Сімейство механічних характеристик при частотному регулюванні швидкості

Вибір елементної бази системи керування



ПЛК LOGO!12/24RCE



Текстова панель LOGO! TD



Модуль розширення
LOGO! AM2 RTD



Аналоговий модуль розширення
LOGO! AM2



Аналоговий модуль розширення
LOGO! AM2 AQ

Технічні характеристики LOGO!12/24RCE

Sku	Параметр	Значення
Напруга живлення Цифрові входи		6ED1052-1MD08-0BA1
		12/24 В DC
Релейні виходи: – при індуктивному навантаженні, max – при активному навантаженні, max		8 DI [4AI (4DI)] «0» < 5 В DC «1» > 8 В DC
		4 3 А 10А
Аналогові входи		4 AI 0 – 10 В DC
Мережа		ETHERNET
Ступінь захисту згідно EN 60529		IP20
Температура навколишнього середовища при експлуатації: – min – max		0 °C 55 °C

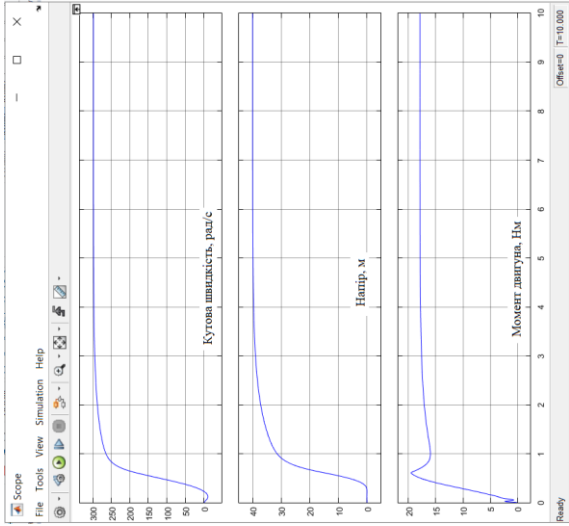
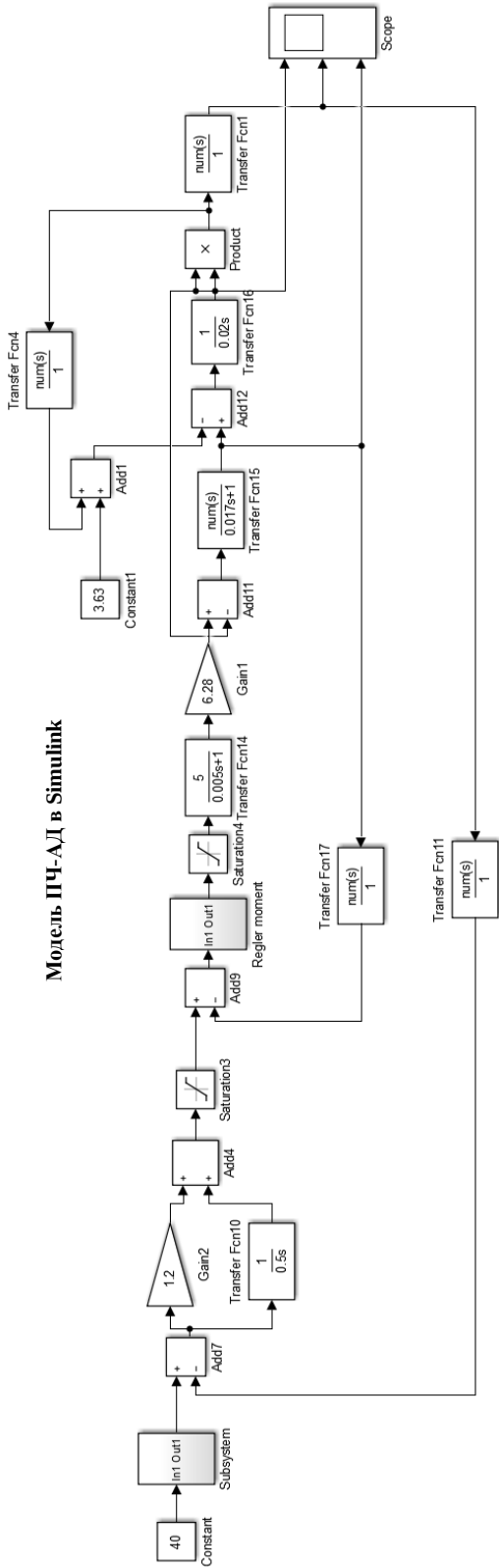


Сенсор тиску
Wika модель S-11

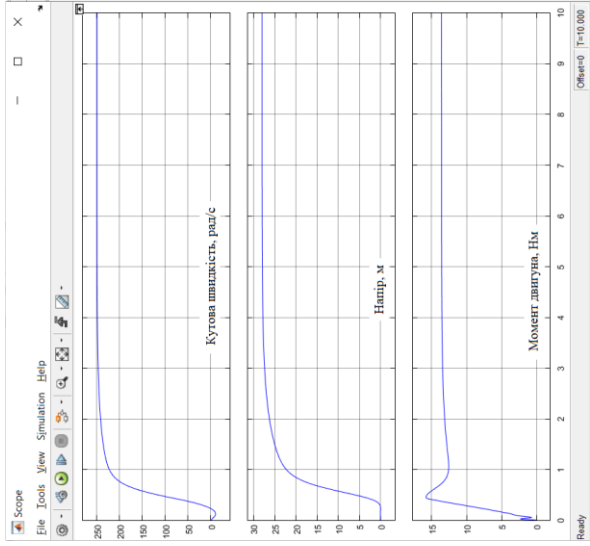
Технічні характеристики сенсорів тиску

Параметри	Значення
Модель	S-11 із фронтальною мембраною
Живлення	DC 10 (14)...30 В
Вихідний сигнал	4...20 mA, 2-проводний
Діапазон вимірювання: - всмоктуючий трубопровід: - нагнітаючий трубопровід:	0...0,6 bar 0...10 bar
Похибка	0,5% від діапазону
Температура вимірюваного середовища	-30...+100 °C
Електричне приєднання	4-пін L-роз'єм DIN EN 175301-803, IP65

Моделювання електропривода насоса для перекачування олії



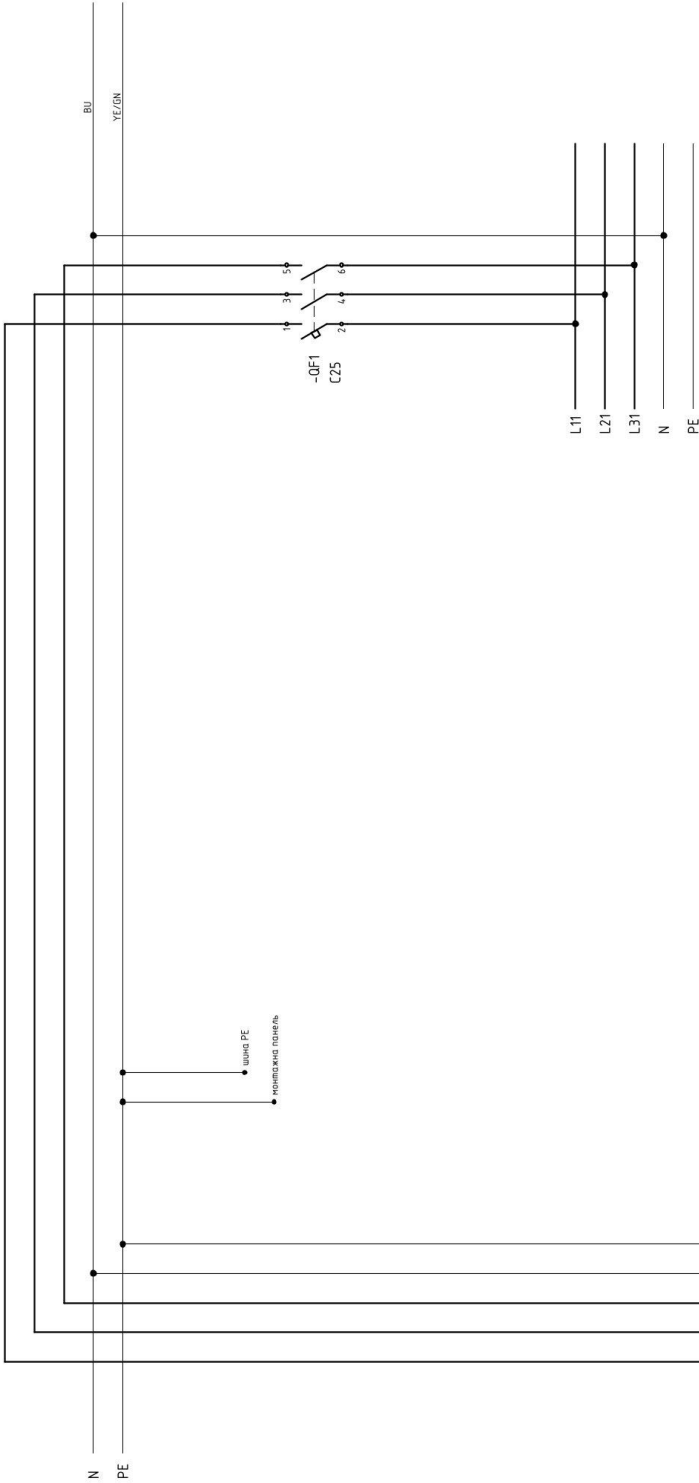
Результати моделювання (напір H=40 м)



Результати моделювання (напір H=28 м)

Інв. № опус.	Підпис і дата	Зам. Інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	-------------	--------------	---------------

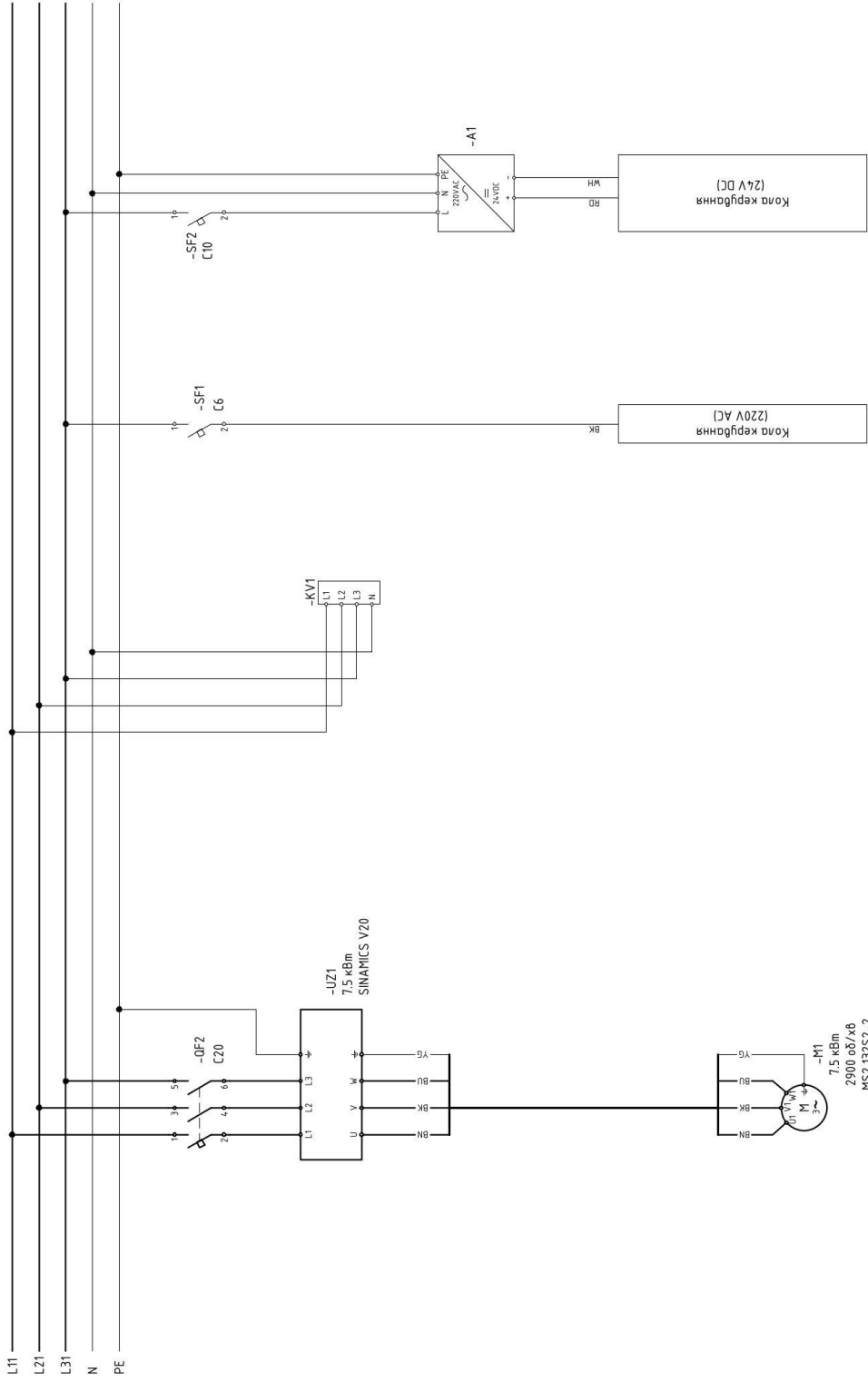
08-24.БДР.024.00.000 ЕЗ



08-24.БДР.024.00.000 ЕЗ									
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб		
Розробив	Лещук О.Р.								
Перевірив	Бабю С.М.								
Т. контр.									
Н. контр.	Паянок О.А.								
Заствердив	Мошноріз М.М.								
Модернізація електропривода насоса перекачування олиї в умовах приватного акціонерного товариства Вінницький оліногазирний коніанат . Схема електрична принципова системи керування насосом								Аркшів 1	Аркшів 4
зр. ЕМ-22мс									

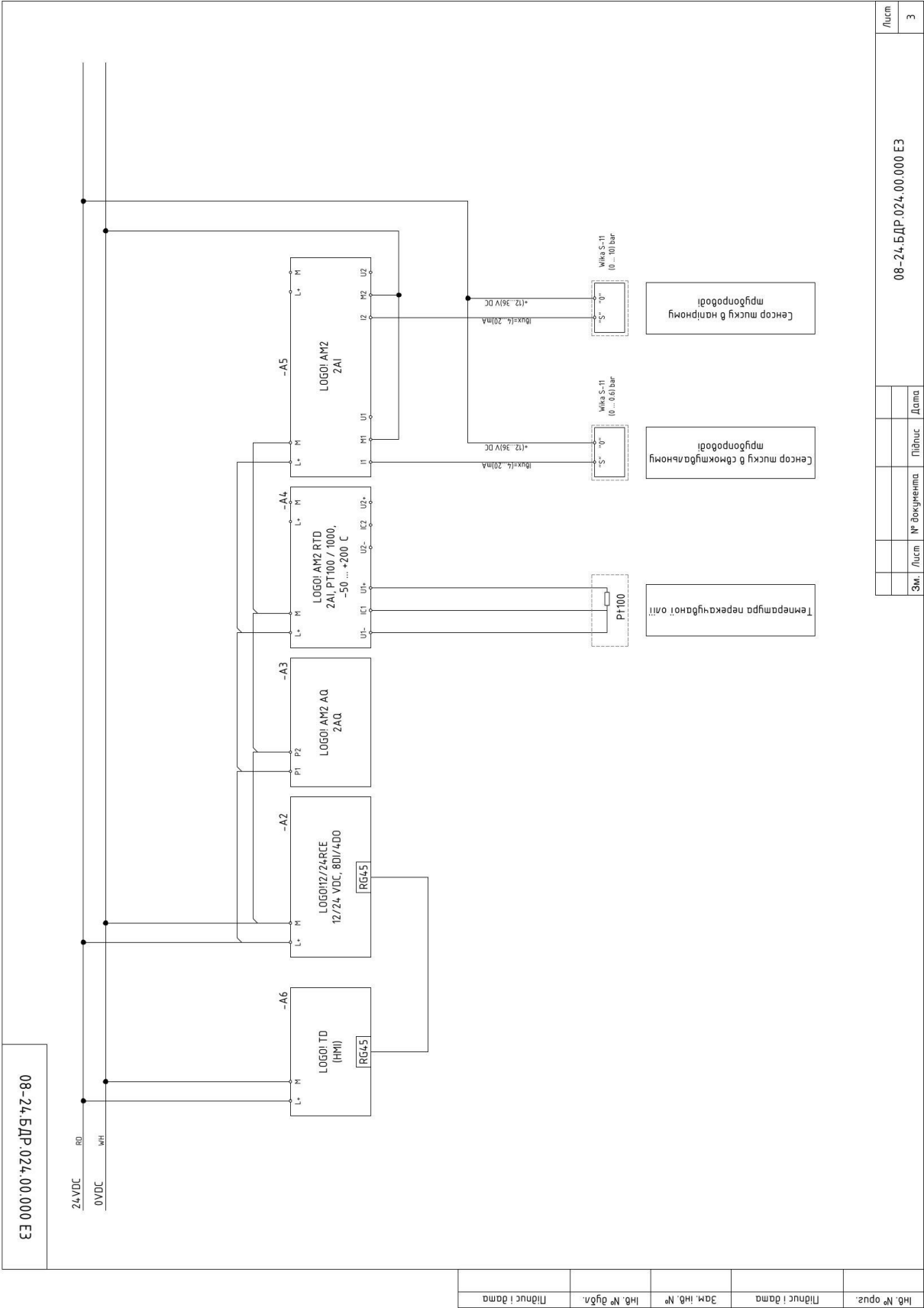
Інв. № опуз.	Підпис і дата	Зам. Інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	-------------	--------------	---------------

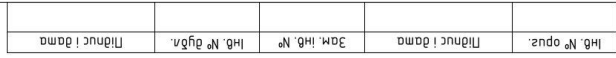
08-24.БДР.024.00.000 ЕЗ



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

08-24.БДР.024.00.000 ЕЗ





ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація електропривода насоса перекачування олії в умовах приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕМ-22мс

Науковий керівник: к.т.н., доц. Бабій С.М.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібностіUnichesk

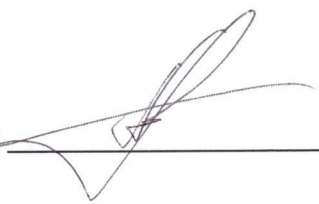
Оригінальність	93,2%
Схожість	6,8%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

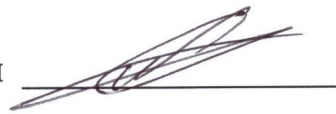
Особа, відповідальна за перевірку 

Паянок О.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи 

Лещук О.Р.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи 

Бабій С.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

					08-24.БДР.024.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Модернізація електропривода насоса перекачування олії в умовах приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат». Мета та задачі дослідження	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Лещук О.Р.		28.05				
Перевірив		Бабій С.М.		28.05				
Т. контр.								
Рецензент		Бабенко О.В.		10.06		гр. ЕМ-22мс		
Норм.кон.		Паянок О.А.		28.05				
Затверд.		Мошноріз М.М.		28.05				