

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна
академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Кафедра _____ АМтаЕТ _____

До захисту допущено
Завідувач кафедри

(підпис)

_____ д.т.н., професор Канюк Г.І.

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

« _____ » _____ 20 ____ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

рівень вищої освіти _____ магістр _____

спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
 робототехніка

освітньо-професійна програма _____

тема «Удосконалення системи керування та диспетчерського контролю
 обладнанням нафтовидобувної галузі»

Виконав (ла)

студент (ка) групи ДЕА-23мг _____
 (шифр групи)

_____ **БІЛЧКО Андрій Валентинович**
 (ім'я, прізвище)

Керівник роботи

_____ к.т.н., Мезеря А.Ю.
 (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

Рецензент роботи

_____ к.т.н., Буданов П.Ф.
 (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

Консультант _____

(назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

(підпис)

Засвідчую, що у цій роботі
 немає цитат та вилучень з
 праць інших авторів без відповідних
 посилань
 студент(ка) _____

Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Кафедра АМтаЕТ
Спеціальність 174
Освітньо-професійна програма магістр

Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., професор Канюк Г.І. _____
(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

« » 20 p.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
рівня вищої освіти

студенту (ці) БІЛЧКО Андрій Валентинович
(ім'я, прізвище)

1. Тема _____ Удосконалення системи керування та диспетчерського контролю обладнанням нафтовидобувної галузі

затверджена наказом по академії № 4801-5/3704 від «21» 11 2024р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 28 » 11 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи ____ Існуючі схеми автоматичного керування обладнанням нафтовидобувної галузі та їх конструкції, методи керування обладнанням нафтовидобувної галузі, математичні моделі

4. Зміст роботи (перелік питань, які належить розробити):

— Аналіз сучасного обладнання нафтовидобувної галузі, аналіз недоліків та переваг існуючих систем керування обладнанням нафтовидобувної галузі. Дослідження режимів роботи обладнання нафтовидобувної галузі, дослідження перспективних напрямків розвитку, висновки

- 5.Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):

Актуальність теми, існуюче обладнання нафтовидобувної галузі, типи механізмів, недоліки та переваги існуючих систем керування обладнанням нафтовидобувної галузі, порівняльний аналіз систем керування, висновки.

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання « 14 » 09 2024 р.

Керівник



 (підпис) _____ (ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання



 (підпис) _____ (ім'я, прізвище)

БІЛЧКО А.В.

(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання кваліфікаційної роботи

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Аналіз існуючих систем керування	14.10-28.10	виконано
2	Аналіз характеристик систем керування в різних режимах роботи	28.10-05.11	виконано
3	Порівняльний аналіз	05.11-14.11	виконано
4	Експериментальні дослідження	14.11-28.11	виконано
5	Висновки	28.11	виконано

Студент (ка)



 (підпис)

БІЛЧКО А.В.

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль



 (підпис)

Ключка Є.П.

(ім'я, прізвище)

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Огляд джерел літератури з тематики дослідження	9
1.1. Визначення цифрового двійника	9
1.2. Визначення математичної моделі	11
1.3. Основні етапи математичного моделювання	12
1.4. Класифікація моделей	12
1.5. Реалізовані проекти за допомогою цифрових двійників	13
Розділ 2. Технічне завдання	21
2.1. Повна назва	21
2.2. Коротка характеристика галузі застосування	21
2.3. Основні завдання та цілі створення АСУ ТП	21
2.4. Призначення кушового майданчика	21
2.5. Вимоги до технічного забезпечення	22
2.5.1 Вимоги до метрологічного забезпечення	23
2.5.2 Вимоги до математичного забезпечення	23
2.5.3. Вимоги до програмної документації	24
2.6. Розробка системи телесигналізації та управління кушового майданчика	24
2.6.1 Значення кушових майданчиків	24
2.6.2. Спорудження кушового майданчика	24
Розділ 3. Моделювання системи у програмному забезпеченні MATLAB	26
3.1 Моделювання асинхронного занурювального електродвигуна	26
3.2. Висновки щодо моделювання системи у програмному забезпеченні MATLAB	38

3.3. Моделювання процесу перекачування	38
3.4. Налаштування OPC у MATLAB	42
3.5. Висновки з моделювання системи у MATLAB.....	44
3.6. Налаштування OPC сервера «MasterOPC»	45
Розділ 4. Програмування серед TIA Portal	49
4.1. Запуск системи.....	52
Розділ 5. Апаратні та програмні засоби	57
5.1. Промисловий логічний контролер.....	57
5.1.1. Склад S7-1500	58
5.1.2. Особливості S7-1500	59
5.1.3. Захист інформації	60
5.2. Технологія OPC.....	60
5.3. Програмний пакет MATLAB.....	62
5.4. Середовище розробки SIEMENS TIA PORTAL.....	63
5.5. Висновки з 5 розділу	64
Розділ 6. Ресурсоефективність та ресурсозбереження	66
6.1. Передпроектний аналіз	66
6.1.1. Потенційні споживачі результатів дослідження	66
6.1.2 Аналіз конкурентних рішень.....	67
6.1.3. SWOT-аналіз	69
6.1.4. Оцінка готовності проекту до комерціалізації	71
6.1.5. Методи комерціалізації результатів науково-технічного дослідження	72
6.1.6 Ініціація проекту.....	73
6.1.7 Цілі та результати проекту	73

6.1.8. Обмеження та припущення проекту.....	74
6.2. Планування управління науково-технічним проектом	74
6.2.2. Ієрархічна структура робіт проекту.....	74
6.2.3 План проекту.....	75
6.2.4. Бюджет наукового дослідження	77
6.2.5. Основна заробітна плата.....	79
6.2.6. Додаткова заробітна плата науково-виробничого персоналу	81
6.2.7 Відрахування на соціальні потреби	82
6.2.8. Накладні витрати	83
6.2.9. Формування бюджету витрат науково-дослідного проекту.	83
6.3. Організаційна структура проекту	84
6.3.1. План управління комунікаціями проекту	85
6.3.2. Реєстр ризиків проекту.....	85
6.4. Визначення ресурсної, фінансової, бюджетної, соціальної та економічної ефективності дослідження	86
6.4.1 Оцінка абсолютної ефективності дослідження	86
6.4.2. Чиста поточна вартість (NPV).....	86
6.4.3 Оцінка порівняльної ефективності дослідження	89
6.4.4/ Дисконтований термін окупності	91
6.4.5. Внутрішня ставка доходності (IRR)	92
6.4.6 Індекс прибутковості (рентабельності) інвестицій.....	94
Висновки.....	96
Список використаної літератури.....	Error! Bookmark not defined.

Вступ

Робота присвячена створенню повноцінного набору інструментів для здійснення моделювання. У ході дослідження було розроблено покрокову інструкцію щодо здійснення зв'язку між контролером Siemens S7-1500 та програмним пакетом MATLAB.

У процесі роботи була побудована математична модель занурювального насоса на основі якої здійснюється моделювання. Для зручнішого управління системою було написано графічний інтерфейс управління у програмному пакеті WinCC Professional.

Найбільш енерговитратним процесом є реалізація готового продукту, побудованого за допомогою комп'ютерного моделювання. Це з аспектом неточності моделі, яка може врахувати всіх показників підсумкової системи.

Оскільки математичне моделювання лише набирає обертів, реалізацією таких проектів могли займатися лише великі компанії, які могли закуповувати обладнання для випробувань, що не є рентабельною справою.

Актуальність даної роботи визначається попитом над ринком систем, що дозволяє близько описувати поведінку моделюємої системи, що дозволяє попередньо її налаштувати і виявити потенційні помилки проектування. Особливо великим попитом даний продукт має компанії, які займаються видобутком сировини.

Метою роботи є розробка системи диспетчерського контролю та управління обладнанням видобутку нафти концепції комплексної оптимізації видобутку на складних нафтових родовищах, що дозволить уникнути витрат на дороге обладнання та налаштувати систему на належну працездатність.

Досягнення цієї мети під час дослідження вирішуються такими **задачами**:

1. літературний огляд джерел з тематики програмування математичних моделей;
2. аналіз існуючих рішень щодо здійснення зв'язку між контролером та програмним пакетом MATLAB;
3. реалізація логіки управління у програмному пакеті TiaPortal;

4. побудова математичної моделі у програмному пакеті Matlab;

5. створення графічного інтерфейсу користувача.

Також у роботі наведено розділи із ресурсоефективності, характерні для моделі, що розглядається.

Об'єктом роботи є створення комплексу реалізації математичного моделювання.

Предметом роботи є способи здійснення математичного моделювання з використанням засобів автоматизації Siemens, а також програмного пакета MATLAB.

Практична значимість цієї роботи полягає у можливості подальшого впровадження отриманих засобів математичного моделювання в існуючі проекти – газо та – нафтовидобування.

Розділ 1. Огляд джерел літератури з тематики дослідження

1.1. Визначення цифрового двійника

Цифровий Двійник (Digital Twin) – це віртуальний, програмний аналог фізичного виробу, групи виробів або процесу, що моделює внутрішні процеси, технічні характеристики та поведінку реального об'єкта в умовах впливу перешкод та навколишнього середовища, а також його робота полягає у збиранні та повторному використанні цифрової інформації. При цьому двійник не обмежується збором даних, отриманих на стадії проектування та складання готового виробу. Він продовжує обробляти дані протягом усього робочого процесу моделі [1].

Так як цифровий двійник ґрунтується на реальній моделі, значить усі показання двійник повинен брати з реальних датчиків. Отже, бравши показання з датчиків, можна задати вхідні обурення на двійник. З огляду на це можна проводити порівняння показань реальних датчиків з датчиками цифрового двійника і ґрунтуючись на даних показаннях можна робити висновки про розбіжності та про причини їх виникнення.

Цифровий двійник містить [1]:

- цифрову модель;
- характеристики матеріалу;
- керівництва та дані щодо проведення технічного обслуговування продукту;
- інформацію про вплив зовнішніх факторів

Найбільш ефективним застосування цифрових двійників є для продукції з такими критеріями:

- супровід продукції кваліфікованим спеціалізованим сервісом (контроль стану, моніторинг, технічний супровід);
- тривалий життєвий цикл виробу (від 5 до 70 років);
- велика кількість екземплярів встановленого устаткування;
- широкий діапазон та різноманітність умов експлуатації;
- важкодоступність виробу щодо обслуговування.

Це дуже широкий перелік критеріїв, під які підпадає продукція з різних галузей промисловості, таких як Енергетика (атомна, нафтогазова промисловість, машинобудування); Авіаційні двигуни та системи; Складне промислове обладнання (насоси, приводи, ін.); Залізничні та автомобільні транспортні системи; Медичне обладнання[1].

Інша інтерпретація цифрового двійника це - віртуальна модель, яка на мікро- і макрорівні або описує реально існуючий об'єкт (виступаючи як дубль готового конкретного виробу), або є прототипом майбутнього об'єкта. При цьому будь-яка інформація, яка може бути отримана під час тестування фізичного об'єкта, має бути отримана на базі тестування його цифрового двійника.

Зараз поширена класифікація, що включає три типи двійників: цифрові двійники-прототипи (Digital Twin Prototype, DTP), цифрові двійники-примірники (Digital Twin Instance, DTI) та агреговані двійники (Digital Twin Aggregate, DTA).

DTP-двійник характеризує фізичний об'єкт, прототипом якого він є, та містить інформацію, необхідну для опису та створення фізичної версії об'єкта. Ця інформація включає вимоги до виробництва, анотовану тривимірну модель, специфікацію на матеріали, процеси, послуги та утилізацію [1].

DTI-двійники описують конкретний фізичний об'єкт, з яким двійник залишається пов'язаним протягом усього терміну служби. Двійники цього типу зазвичай містять анотовану 3D-модель із загальними розмірами та допусками, специфікацію на матеріали, в якій перераховані поточні та минулі компоненти, специфікацію на процеси з перерахуванням операцій, які були виконані при створенні цього фізичного об'єкта, а також результати будь-яких тестів на об'єкті, записи про сервісне обслуговування, включаючи заміну компонентів, операційні показники, результати тестів та вимірювань, отримані від датчиків, поточні та прогнозовані значення параметрів моніторингу.

DTA-двійники визначаються як обчислювальна система, яка має доступ до всіх цифрових двійників-екземплярів та може надсилати їм запити в режимі випадкових чи проактивних опитувань.

Симбіоз із технологіями інтернету речей є драйвером для розвитку обох технологій. Цифрові двійники отримують реальні дані датчиків, що здійснюють моніторинг реальних об'єктів, у той час як інтернет речей забезпечує збирання та аналіз даних з різного роду сенсорів і дозволяє зробити цей процес економічним та ефективним [1].

Коротко простежуючи історію розвитку концепції цифрових двійників, можна сказати, що з того моменту, як людина почала створювати матеріальні вироби, вона використовувала віртуальні моделі-двійники.

Спочатку він створював їх у своїй уяві, потім на папері, потім у комп'ютері, а тепер і у хмарі, використовуючи розумні датчики, інтернет речей, штучний інтелект. На кожному новому етапі до концепції додавалися нові цифрові технології та методи моделювання, прогнозування, аналізу, навчання. Цілком імовірно, цей процес продовжиться і в майбутньому.

Цифрові двійники, безперечно, стали дуже корисним інструментом. Вони дозволяють удосконалювати операції технічного обслуговування та спрощують технічну підтримку виробу, економлять гроші, зменшуючи кількість збоїв та продовжують термін служби обладнання. Можна припустити, що з розвитком Промислового Інтернету Речів (IIoT) цифрові двійники стануть більш деталізованими, і будуть працювати на отримання максимальної віддачі від інвестицій в обладнання та його технічне обслуговування, паралельно з цим, стимулюючи покращення дизайну продукту.

1.2. Визначення математичної моделі

Експеримент, в якому використовуються реальні об'єкти моделі не завжди є ефективним у плані економіки, у цій ситуації приходить на допомогу математичне моделювання, яке дозволяє провести експеримент, використовуючи цифровий двійник. Іншими словами, реальний експеримент не

дозволяє швидко і без зайвих витрат провести заміну обладнання для перевірки теорії. Особливо це впливає на медичну область, неможливо поставити насправді експеримент із впливу будь-якої хвороби або впливу поширення ядерного вибуху [2].

1.3. Основні етапи математичного моделювання

1) Побудова моделі.

На даному етапі створюється якась практична модель, що описує поведінку системи, до неї включені всі характеристики процесу, явища і т.д.

Далі при виявленні деяких залежностей будується математична модель. Цей етап є найскладнішим.

2) Розв'язання математичного завдання, до якого наводить модель.

На даному етапі розробляється логіка і створюється алгоритм вирішення проблеми, використовуючи ЕОМ. ЕОМ дозволяє знайти рішення з необхідною точністю і за заданого часу.

3) Інтерпретація отриманих наслідків з математичної моделі.

Далі рішення, що з математичної моделі, інтерпретується мовою, прийнятому у цій галузі.

4) Перевірка адекватності моделі.

Наступна дія - це порівняння отриманих результатів з результатами реального експерименту або з результатами теоретичного експерименту [2].

5) Модифікація моделі.

При модифікації моделі відбувається спрощення або вдосконалення моделі, що веде до наближення задуманих результатів.

1.4. Класифікація моделей

Загалом математичні моделі можуть бути поділені на два види [2]:

- функціональні;
- структурні.

У першому випадку всі величини, що характеризують явище чи об'єкт, виражаються кількісно. При цьому одні з них розглядаються як незалежні змінні, інші — як функції від цих величин. Математична модель зазвичай є системою рівнянь різного типу (диференціальних, алгебраїчних тощо. буд.), встановлюють кількісні залежності між аналізованими величинами. У другому випадку модель характеризує структуру складного об'єкта, що складається з окремих частин, між якими існують певні зв'язки. Як правило, ці зв'язки не піддаються кількісному виміру. Для побудови таких моделей зручно використати теорію графів. Граф — це математичний об'єкт, що є деякою кількістю точок (вершин) на площині або в просторі, деякі з яких з'єднані лініями (ребрами).

За характером вихідних даних та результатів передбачення моделі можуть бути поділені на детерміністичні та ймовірісно-статистичні. Моделі першого типу дають певні, однозначні прогнози. Моделі другого типу ґрунтуються на статистичній інформації, а передбачення, отримані за їх допомогою, мають ймовірнісний характер.

1.5. Реалізовані проекти за допомогою цифрових двійників

Штучний інтелект, нейромережі, цифрові двійники, віртуальна реальність — одні назви технологій індустрії 4,0 малюють картини фантастичного майбутнього. , можна досягти дійсно фантастичних результатів. нафтовидобутку, який, втім, має свою специфіку [3].

Розглядаючи технологію, що використовується ПАТ «Газпром», upstream можна уявити як величезний інвестиційний конвеєр, що починається пошуку запасів нафти та завершальний роботу разом із закінченням життєвого циклу родовища. За конвеєрним принципом розподіляється цінність та вартість рішень: нечисленні, але найважливіші та найдорожчі рішення з точки зору успішності всього проекту приймаються на перших етапах його реалізації, набагато дешевші, відносно легко виправні, але численні — наприкінці, на етапі промислової експлуатації активу. При цьому з інформацією все навпаки: даних для правильної та точної оцінки перспективності родовища, вибору методів дослідження та розробки дуже мало, їх доводиться збирати буквально по

крихтах. У період експлуатації, навпаки, інформації стільки, що велику проблему викликає її систематизація і аналіз. І в тому, і в іншому випадку приймати правильні рішення допомагають цифрові технології [3].

Великі ризики задля великого призу — це характеристика раннього етапу проекту освоєння родовища, коли треба ухвалити головне рішення: чи взагалі варто братися за розробку, які шанси знайти промислові запаси нафти і, відповідно, окупити вкладення. Все ускладнюється тим, що, як правило, даних про об'єкт, що досліджується, дуже мало і вони найчастіше вкрай розрізнені з абсолютно неочевидною кореляцією, необхідно зібрати цілу інтегровану картинку.

З вибудовуванням таких складних взаємозв'язків штучний інтелект уже справляється набагато краще за людське. До того ж машина може набагато швидше проаналізувати більше варіантів і дати чітку математичну оцінку ймовірності успіху в тому чи іншому випадку. На цьому й започатковано проект «Когнітивний геолог», який «Газпром нафта» реалізує спільно з найкращими міжнародними ІТ-експертами [3].

Для того, щоб оцінити масштаб проблеми, яку має вирішити проект, достатньо сказати, що сьогодні оцінка геологічних об'єктів займає від року до двох років, 70% з яких витрачається саме на рутинні операції попередньої обробки даних. Самонавчальна модель геологічного об'єкта, яку планується створити, математично оброблятиме всі існуючі характеристики об'єкта і видаватиме кінцевий результат, при цьому модель оцінюватиме вірогідність правильності відповідей. З огляду на все це час, необхідний на обробку геологічних даних, можна скоротити приблизно в шість разів, тобто до двох місяців. При цьому має помітно зрости і впевненість у правильності прогнозу. У тому числі за рахунок того, що «Когнітивний геолог» видаватиме рекомендації щодо необхідності проведення додаткових точкових досліджень — саме тих, яких ще бракує для більш точної відповіді на питання щодо перспектив активу. Це дозволить майже на третину скоротити кількість даних, необхідних для ухвалення інвестиційного рішення.

Навіть після того, як перспективність родовища доведена, а рішення про початок розробки активу прийнято, можливостей для фатальних помилок вартістю мільярди доларів залишається маса. Для цього достатньо сформувати навіть неправильну, а просто неоптимальну схему розробки. Вся інформація на етапі освоєння настільки велика, що опрацювати всілякі варіанти та зміни проектування, зв'язку між елементами системи не під силу людині. У результаті концептуальне проектування великого родовища сьогодні йде близько двох років, а результат обмежується кількома варіантами дій. У той же час гарантії, що це дійсно найоптимальніші варіанти та кращі опції не були відкинуті в ході аналізу та оцінки, мабуть, не дасть ніхто [3].

Машинний інтелект перебирає величезну кількість різних поєднань моделей свердловин, схем куштування, систем нафтозбору та нафтопідготовки, оцінює їхню працездатність, макроекономіку. За рахунок цього вже нині вибір збільшився з кількох до тисячі варіантів із чітко оцифрованими плюсами та мінусами, а термін проходження етапу з двох років зменшився до шести місяців.

В перспективі планується за рахунок включення в процес оцінки різних обмежень, таких, як доступ до ресурсів, терміни, фінансові можливості, отримувати схему розробки, наближену до ідеальної з погляду реалізації.

Ще 10 років тому в Україні будівництво високотехнологічних свердловин — горизонтальних, багатоствольних — було скоріше винятком, ніж правилом, практично для всіх нафтових компаній. Сьогодні частка таких об'єктів у загальній програмі буріння перевищує 60%. Без цього просто неможлива рентабельна розробка таких складних геологічних об'єктів. При цьому контроль будівництва практично всіх високотехнологічних свердловин компанії сьогодні дистанційно ведеться із Центру управління бурінням.

Грунтуючись на геологічній моделі, команди фахівців проводять бур на глибині (2 – 3) км за пластом завтовшки всього (2 – 3) м. Зміни конфігурації продуктивного горизонту відстежуються за допомогою датчиків, встановлених на буровому інструменті. Однак розташовані вони в парі десятків метрів від долота, тому сигнал про критичні зміни (наприклад, про те, що свердловина

вийшла з продуктивного горизонту) доходить до ЦУБ із затримкою (20 – 30) хвилин.

Для вирішення проблеми в «УКРНАФТА» почали реалізацію проекту «Цифрове буріння», що передбачає побудову математичної моделі, яка буде навчена, і яка за параметрами, такі як навантаження бура, що приходить на інструмент, температура, вібрація, опір, швидкість проходки, робить передбачати всі зміни умов у найдальшій точці свердловини як реального часу.

Прототип такої моделі вже створено та успішно використовується в ЦУБ. За інформацією начальника управління ІТ, автоматизації та телекомунікацій блоку розвідки та видобутку «Укрнафта», точність прогнозу літології на вибої, що надходить від штучної нейромережі, вже перевищує 80%, і це ще не остаточний результат: «Модель постійно доучується за рахунок порівняння результатів прогнозу з реальною ситуацією, що транслюється із датчиків. І помилки, і точні влучення - все стає цінною інформацією для навчання моделі» [3]. Фахівці вважають, що ліквідувати сліпу зону в свердловині лише початкове завдання для штучного інтелекту. Надалі математична модель буріння дозволить технологам превентивно прогнозувати можливі позаштатні ситуації, визначати оптимальні режими роботи устаткування. За рахунок навчання та ускладнення дана модель може передбачати та/або рекомендувати траєкторію будівництва свердловини, так само видавати економічну ефективність проведених робіт [3].

Цифровая добыча

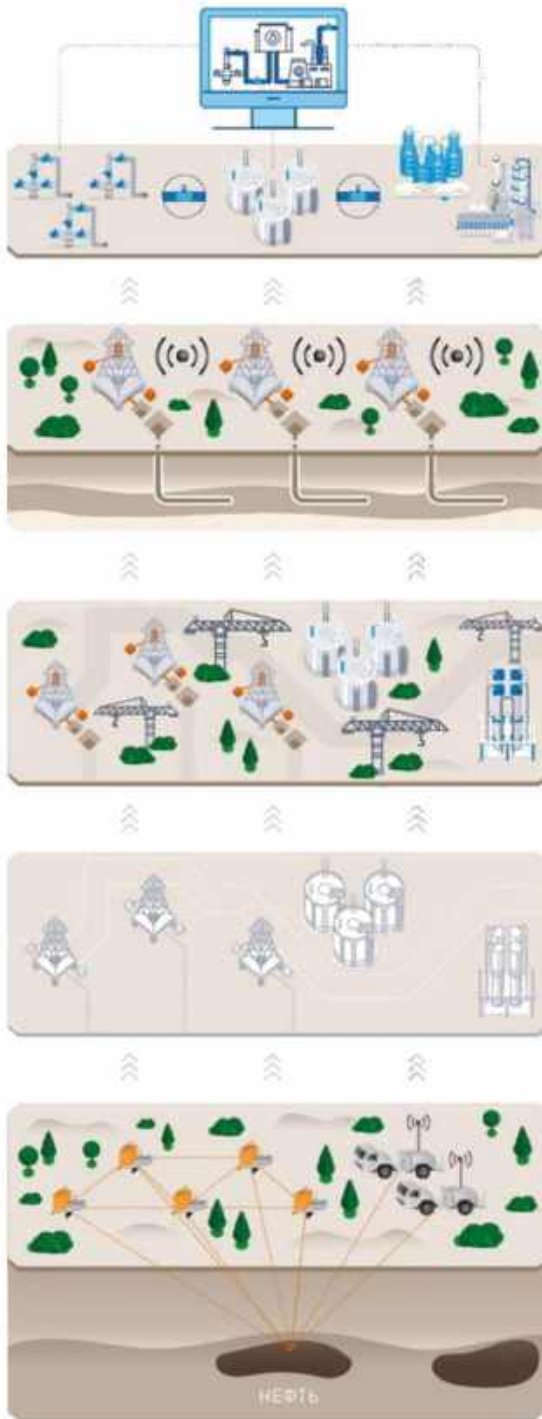


Рисунок 1-Опис цифрового бурения

Цифрову трансформацію найчастіше уявляють, як впровадження у виробничу діяльність набору сучасних технологій, при цьому часто забуваючи, що успішність бізнесу в першу чергу залежить від того, наскільки чітко

побудована система управління. Адже в освоєнні будь-якого великого активу задіяно сотні підрядних організацій, документообіг обчислюється сотнями тисяч документів. Такий масштаб викликає серйозні затримки у передачі важливої інформації, що часто призводить до критичних відхилень від плану, збільшення термінів та вартості проекту.

Для того, щоб уникнути цього, в «Укрнафта» створюється Центр управління проектами, який насправді є не одним об'єктом, а цілою мережею багатофункціональних експертних центрів, які збирають інформацію про реалізацію проектів практично в режимі реального часу, аналізують її і виходячи з результатів аналізу будують прогноз розвитку ситуації. Ця система має свою ієрархію, на вершині якої розташовується центр, керуючий портфелем великих проектів, внизу — регіональні та проектні центри, які контролюють операційну діяльність.

При цьому активно змінюються самі методи та принципи управління. Якщо раніше термін роботи команд, сформованих із представників бізнесу, які ставлять завдання, та IT-фахівців, здатних це завдання вирішити, обмежувався створенням та впровадженням готового продукту в промислову експлуатацію, то в сучасному світі з початком експлуатації розвиток продукту лише починається. Ми змінюємо ідеологію проектних команд на продуктові, які формуються в момент зародження ідеї нового рішення, створюють, впроваджують його і продовжують жити з ним, доки сам інструмент, саме рішення не втратить актуальності. Відмінна риса такого підходу - відповідальність за довгостроковий результат, адже тільки він визначатиме успішність продукту» [3].

Центр управління проектами передбачає як використання цифрових інструментів, і повне переосмислення методів управління великими проектами. Безумовно, технології відіграють важливу роль, у тому числі для отримання прозорості та достовірної картини на всіх рівнях реалізації проектів. Це і трасування постачання матеріалів, і оцінка темпів будівництва за допомогою лазерного сканування, і математичне моделювання оптимальних рішень усіх

технологій не перерахувати. Але в центрі всіх змін, насамперед, більш тісна інтеграція різних функцій та підрозділів усередині компанії. Проте наші амбіції ширші — ми хочемо підключити й сотні наших підрядників та партнерів до цієї системи. За рахунок використання програмного забезпечення з відкритим кодом та включення процесів партнерів у єдиний цикл аналізу та управління ми отримаємо можливість оптимізувати рішення з урахуванням взаємовпливових факторів та потенційної синергії, що, у свою чергу, допоможе кожному з учасників бути більш ефективним та заробити більше.

Центр управління проектами — це, звісно, не лише організаційні зміни. Самих технологій проект містить також більш ніж достатньо. Це і 3D-сканування об'єктів, що будуються за допомогою лазерів і безпілотників, і застосування мультиагентних технологій, які вже довели свою ефективність, дозволивши оптимізувати процес доставки матеріалів і обладнання на родовище.

Загалом за рахунок такої організаційно-цифрової оптимізації планується довести рівень відповідності фактичного виконання робіт плану з 60% до 90%, скоротивши термін реалізації великих проектів з п'яти до трьох років [3].

Мабуть, лише на стадії промислової експлуатації родовище можна порівнювати з будь-яким іншим промисловим об'єктом і, відповідно, підвищувати ефективність за допомогою цифрових технологій за тими ж принципами — тобто оптимізувати операційну діяльність. На цьому етапі інформації вже достатньо, об'єктів для докладання сил теж — правда, і ефект від оптимізації їх роботи на порядки нижчий, ніж на початкових стадіях освоєння активу. Але це тільки якщо розглядати ці об'єкти у відриві один від одного. Якщо ж оптимізація буде комплексною, то відповідно зростатиме і ефект. «Коли даних багато, величезна кількість і маленьких точкових завдань, кожне з яких при цьому не може вплинути на ефективність роботи родовища. Великий приз можна отримати за рахунок розробки комплексного інтегрованого рішення, в якому оцінено всі взаємозв'язки».

У рамках пілотного проекту було створено цифровий близнюк системи механізованого підйому рідини, що є математичною моделлю, в яку внесені всі

процеси робочого комплексу - від свердловини до здачі нафти: занурювальні та дожимні насоси, елементи збирання та підготовки нафти, резервуарний парк. Незбіг характеристик робочого режиму реального обладнання з ідеальним режимом, який відтворює модель, дозволяє автоматично діагностувати поломки, аварії, і отже підбирати оптимальні режими роботи, для запобігання всього вищезгаданого.

Сьогодні до вже існуючого додаються цифрові двійники систем підтримки пластового тиску та забезпечення електроенергією, що дозволить зосередити в ЦУД управління всіма енергетичними потоками.

«У рамках цього проекту ми не просто формуємо набір інструментарію, ми впроваджуємо нові підходи до управління активами. Почавши з формування програми покращень найпроблемніших для кожного з підприємств процесів, сьогодні ми починаємо збирати системи в єдине ціле, займатися автоматизацією за єдиними правилами і, зрештою, формувати повну модель управління активами».

Розділ 2. Технічне завдання

2.1. Повна назва

Система диспетчерського контролю та управління обладнанням видобутку нафти у концепції комплексної оптимізації видобутку на складних нафтових родовищах.

2.2. Коротка характеристика галузі застосування

Система диспетчерського контролю призначена підвищення ефективності управління рахунком підвищення ефективності управління шляхом впровадження автоматизованих і автоматичних методів управління безпосередньо з кожної свердловини і кушці свердловин загалом.

2.3. Основні завдання та цілі створення АСУ ТП

- передача інформації про стан свердловин;
- передача аналогових параметрів, що характеризують роботу свердловин;
- передача інформації про аварійний стан свердловини; дистанційне керування виконавчими механізмами.

2.4. Призначення кущового майданчика

«Куст нафтових свердловин – це спеціально виділена територія, обмежена майданчиком природного чи штучного походження, розташованими на ній гирлами свердловин, нафтогазовидобувного обладнання, побутових та службових приміщень, а також інших необхідних для експлуатації споруд» [4].

У більшості випадків технологічні об'єкти нафтогазового видобутку розташовані у важкодоступних для збору інформації та обслуговування місцях. Часто доступність об'єктів залежить від погодних умов, пори року та особливості місцевості. Ця система призначена для ефективного контролю та управління технологічними процесами, отримання інформації про об'єкт у реальному часі дистанційно.

Створена модель служить виявлення всіх ресурсів, знаходження та усунення проблемних місць технологічного процесу, аналізу та обробки інформації, яка може бути використана на реальному об'єкті.

Система автоматизації забезпечує:

Дистанційний вимір:

- поточної витрати зі свердловини; тиску на виході свердловини; струм споживання двигуна насоса;
- напруга, що подається на двигун насоса; швидкість обертання ротора двигуна; температуру нафти.

Дистанційну сигналізацію:

- поточний стан регулювальних пристроїв;

Дистанційне керування:

- переключення засувки у стані відкрити\закрити;
- подання вхідних параметрів витрати нафтопродукту; управління насосами нафти та води.

2.5. Вимоги до технічного забезпечення

АСУ ТП зобов'язана забезпечувати передачу та обробку інформації від засобів автоматизації, що постачаються разом із технологічним обладнанням.

Комплекс технічних засобів (КТС) разом із програмним забезпеченням (ПЗ) повинен забезпечувати реалізацію всіх функцій, обумовлених у цьому технічному завданні.

До складу КТС повинні входити:

- датчики;
- контролери;
- виконавчі механізми;
- засоби дистанційного керування, програмно-технічні засоби обробки, зберігання та передачі інформації;
- засоби відображення та реєстрації інформації (вторинні прилади, монітори).

Обладнання, що використовується в даній системі, повинно мати стійкість до впливу температур у діапазоні від -50 до +50 °C та впливу вологості до 80% за температури 35 °C.

Система вимірювань має будуватися з урахуванням електронних датчиків тиску, температури, витрати, рівня. Засоби вимірювання повинні мати стандартні сигнали діапазону 4-20мА.

Усі первинні та вторинні перетворювачі повинні мати вибухобезпечне виконання та ступінь Exd – виконання відповідно до вимог, прописаних у ГОСТі 30852 [5] та ГОСТі 30852.13 [6]. Підключення датчиків слід здійснювати через іскробезпечні бар'єри. Сенсори датчиків, що беруть участь у безпосередньому контакті з вимірюваним агресивним середовищем повинні мати корозійне покриття.

2.5.1 Вимоги до метрологічного забезпечення

Усі засоби вимірювання, що використовуються в розробленій системі, повинні проходити первинну та планову перевірки згідно з вимогами нормативних документів: ДСТУ 16920-93 [7] для термометрів та перетворювачів температури, ДСТУ 22520-85 [8] для датчиків тиску, ДСТУ 28723-90 [9] для витратомірів.

Результати вимірів виражаються в узаконених (встановлених законодавством України) одиницях;

Значення показників точності результатів вимірювань відомі з необхідною достовірністю.

2.5.2 Вимоги до математичного забезпечення

Математичне забезпечення має являти собою сукупність математичних методів, моделей та алгоритмів обробки інформації, що використовуються при створенні та експлуатації АС та дозволяти реалізовувати різні компоненти АС засобами єдиного математичного апарату.

Реалізація функцій первинної обробки сигналів має здійснюватися з використанням стандартних алгоритмів масштабування, згладжування,

фільтрації та лінеаризації. Реалізація функцій автоматичного регулювання повинна здійснюватись за допомогою стандартного алгоритму ПД-регулювання.

2.5.3. Вимоги до програмної документації

У комплект програмної документації програмно-інструментального засобу має входити:

- технічне завдання; пояснювальна записка; програми.

Документація має бути представлена у друкованому та електронному вигляді у форматі Microsoft Word.

2.6. Розробка системи телесигналізації та управління кушового майданчика

2.6.1 Значення кушових майданчиків

При кушовому розміщенні свердловин вартість облаштування комунікацій значно знижується за рахунок зменшення витрат на нафтосбори, лінії електропостачання тощо. Цей вид розміщення призводить до суттєвої економії капітальних витрат, а також підвищує екологічну безпеку всього промислу.

2.6.2. Спорудження кушового майданчика

Залежно від способу експлуатації нафтовидобувних свердловин на куші свердловин передбачаються такі технологічні споруди:

- Приустєєві майданчики нафтових та нагнітальних свердловин;
- Групові вимірювальні установки;
- Блоки для подачі реагентів-деемульгаторів;
- Технологічні трубопроводи;
- Газорозподільні блоки;
- Трансформаторні підстанції;
- Сепаратори і т.д.

Групові замірні установки (ГЗП) призначені для автоматичного сумарного обліку кількості рідини та газу, що видобуваються з нафтових свердловини, з подальшим визначенням свердловини дебіту. На майданчиках даної установки розміщуються блоки для подачі реагентів-деемульгаторів та інгібіторів.

Газорозподільні блоки (ГБ) призначені для розподілу води, що закачується в свердловини нагнітальні в момент закачування системи підтримки пластового тиску (ППД), з одночасним вимірюванням витрати і тиску.

Розділ 3. Моделювання системи у програмному забезпеченні MATLAB

У цій роботі використовується модель 3-фазного асинхронного електродвигуна з векторним керуванням. Для моделювання використовується пакет SimPowerSystems, включений у програмне забезпечення MATLAB. Для імітації перекачування нафти побудуємо модель, до якої внесемо насос, клапани, труби та дві ємності. Одна з них – посудина, куди нафту стікатиметься, друга – імітація покладу нафти. Регулятор налаштовано на модульний оптимум.

3.1 Моделювання асинхронного занурювального електродвигуна

За основу прийнято математичну модель з ресурсу [10].

Всі елементи, що використовуються в моделюванні, описані нижче, також наведено опис блоків і розрахунки електродвигуна.

Загальна схема електродвигуна показано рис 2.

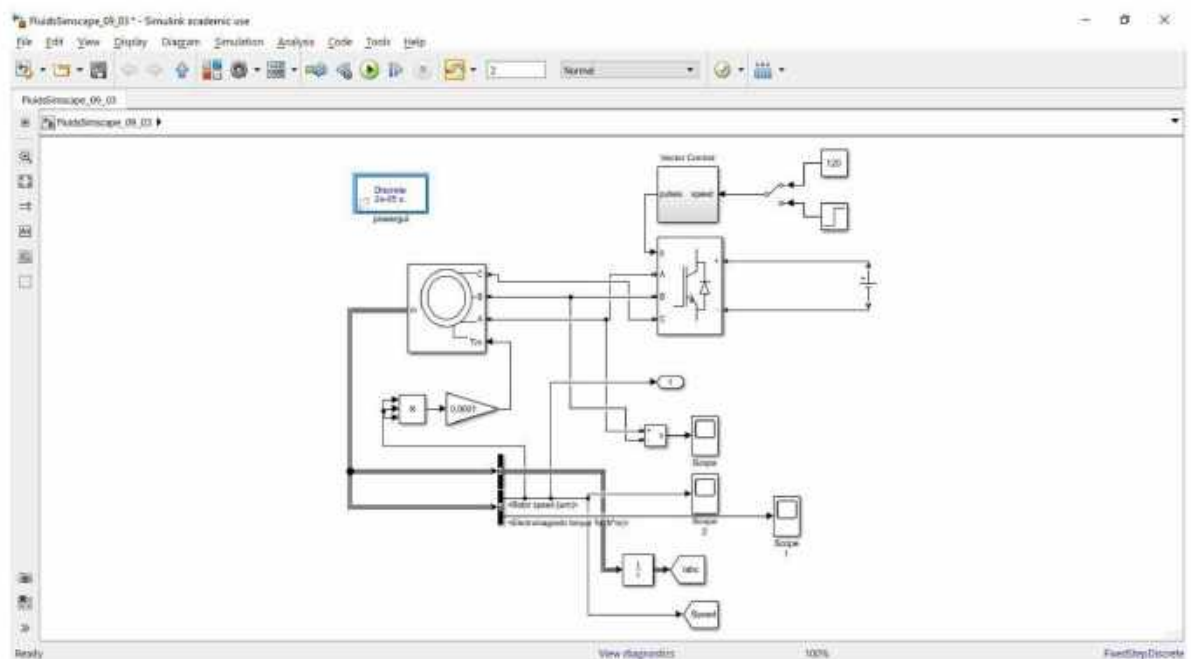


Рисунок 2 – Трифазний асинхронний електродвигун із векторним керуванням

В роботі використовується асинхронний двигун 3-фазового живлення (Induction Motor). У MATLAB даний двигун представлений блоком

Asynchronous Machine SI Units, що у бібліотеці SimPowerSystems (рисунок 3) [11], [13], [14], [14].

Для подачі напруги на двигун використовуватимемо інвертор напруги (IGBT Invertor), який береться з бібліотеки Power Electronics під назвою Universal Bridge.

Для завдання постійного живлення на інвертор напруги використовуватимемо блок DC Voltage Source, взятий із розділу Electrical Sources. Задамо постійну напругу величиною 530 Ст.

Параметри асинхронного двигуна наведено на рис. 4.

Параметри інвертора напруги дано на рис. 5.

Спочатку швидкість на двигун задавалася за допомогою блоку Constant (рисунок 6). Надалі швидкість буде задаватися за допомогою OPC сервер, але так як нам потрібно змінювати швидкість використовуючи PID-регулятор, то у фінальній моделі швидкість на двигун задаватиметься розрахунком різниці, заданою уставкою витрати та реального значення витрати перед ємністю, а навантаження на вал двигуна зададимо за допомогою блоку GAIN використовуючи коефіцієнт 0,0001.

У моделі також використовується дискретна затримка, представлена блоком Unit Delay, взятого з розділу Discrete.

Для моделювання системи необхідний блок Powergui, який можна знайти у розділі Fundamental Blocks бібліотеки SimPowerSystems (Simscape). Параметри цих блоків та їх місцезнаходження представлені на рис. 7.

Для передачі сигналу блоки From використовуємо блоки Goto і Goto1 (рисунок 8). Для цього занесемо в дані блоки найменування сигналів швидкості та значення струмів (Speed та Iabc).

Для керування двигуном ми вирішили застосувати векторне керування. У даному блоці ми внесли регулятор струму та швидкості, розрахунки струмів і потоку, також включили блоки перетворення координат і блок розрахунку кута положення (рис. 9). Усі зборки проводили в блоках Subsystem із розділу Ports & Subsystems бібліотеки Simulink.

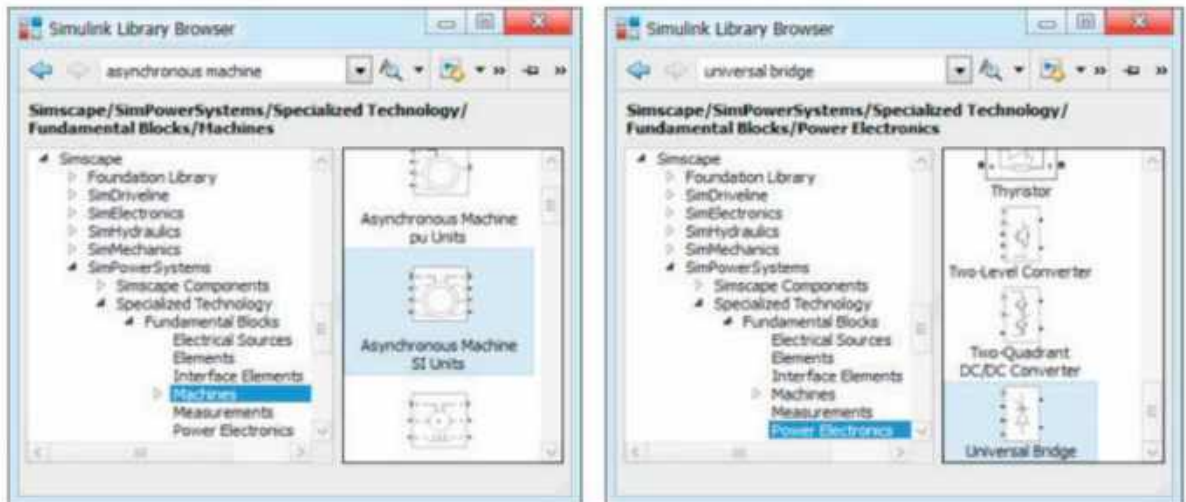


Рисунок 3 – Бібліотека з блоками двигуна та інвертора

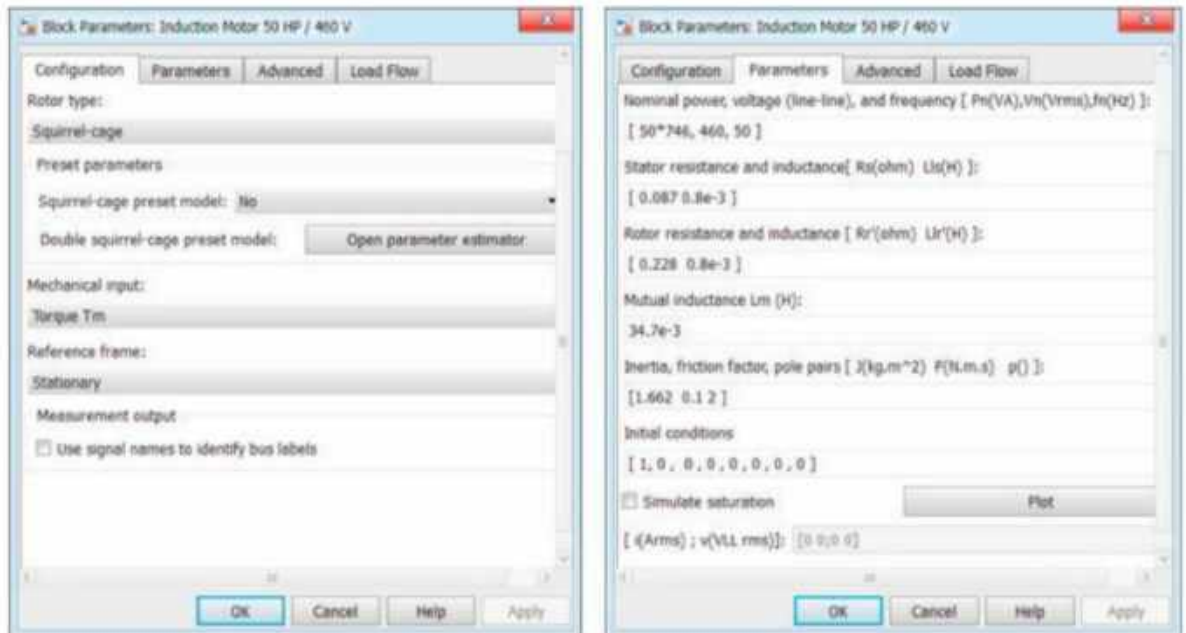


Рисунок 4 – Параметри 3-фазного асинхронного електродвигуна

Регулятор швидкості (Speed Controller) представлений на рис 10. Межі обмежувача величини сигналу (блок Saturation) показані на схемі (рисунок 10). Встановлені межі від мінус 300 до 300. Блоки розрахунку струмів i_{qs}^* та i_d^* показані на рисунках 11 та 12. У блоці F_{cn} необхідно задати вираз (1):

$$Te^* * 0.341 / (Phir + 1e - 3), \quad (1)$$

де Te^* – коефіцієнт регулювання швидкості; $Phir$ – коефіцієнт потокозчеплення.

Блок розрахунку кута положення θ представлений на рис. 13. У блоці *Fcn1* необхідно задати вираз:

$$34.7e - 3 * iq / Phir * 0.1557 + 1e - 3, \quad (2)$$

де iq – значення струму в двофазній системі координат, що обертається. Параметри дискретного інтегратора 1 (Discrete-Time Integrator1) та дискретного інтегратора 2 (Discrete-Time Integrator2) дано на рис. 14.

У систему векторного управління включений блок розрахунку потоку, інакше Flux Calculation, який показаний на рис 15.

Параметри блоку Discrete Transfer Fcn дано на рис. 16.

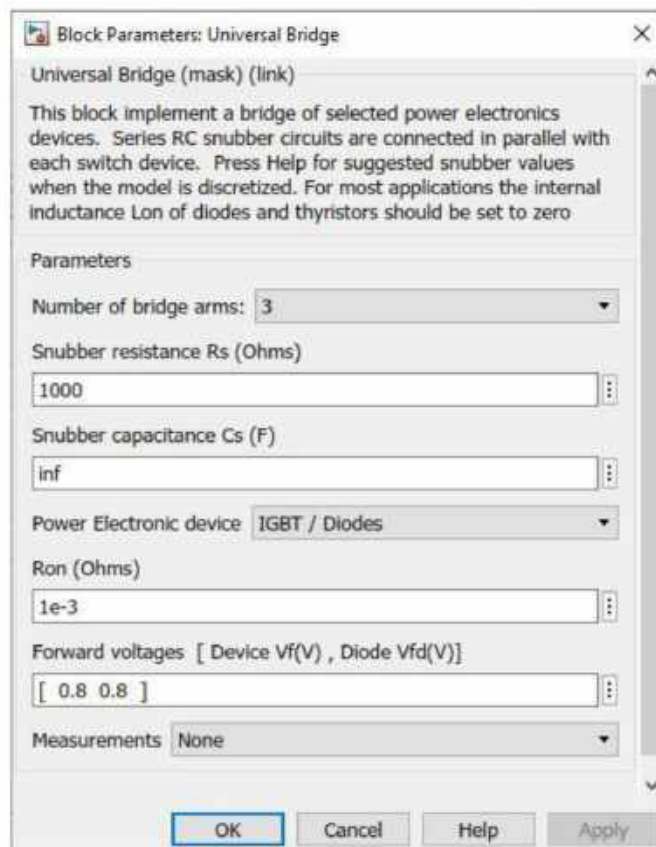


Рисунок 5 – Параметри інвертора

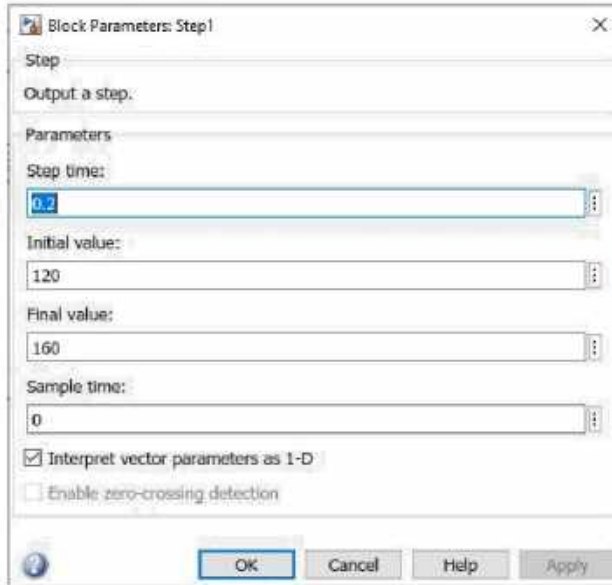


Рисунок 6 – Параметри задатчика швидкості

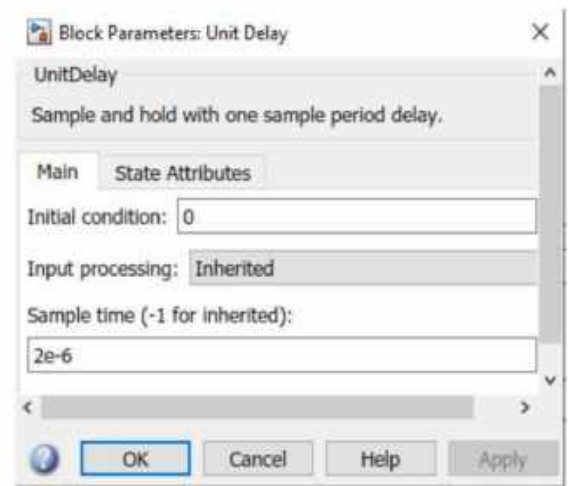
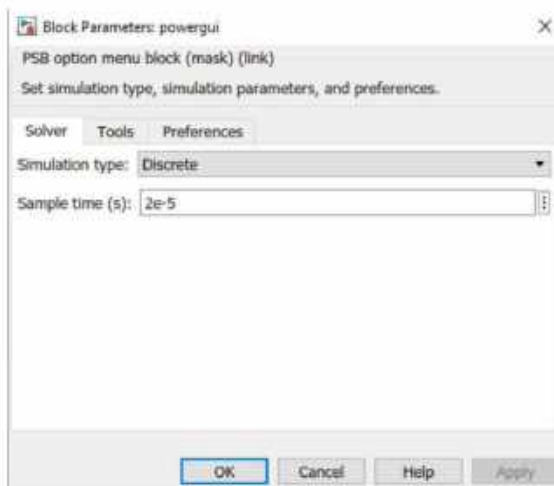


Рисунок 7 – Параметри блоків Powergui та Unit Delay

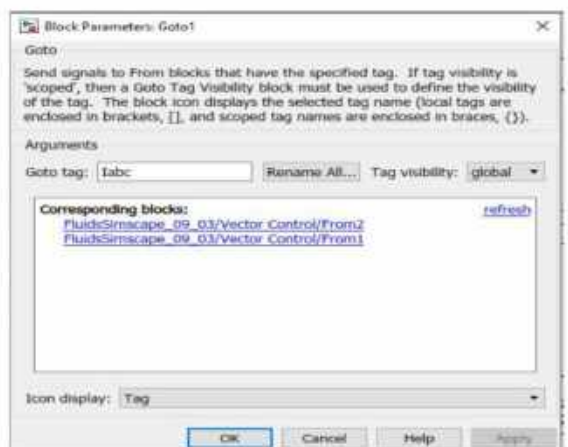
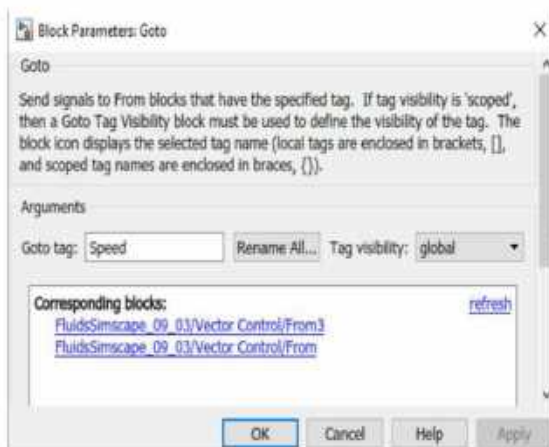


Рисунок 8 – Параметри блоків Goto та Goto1

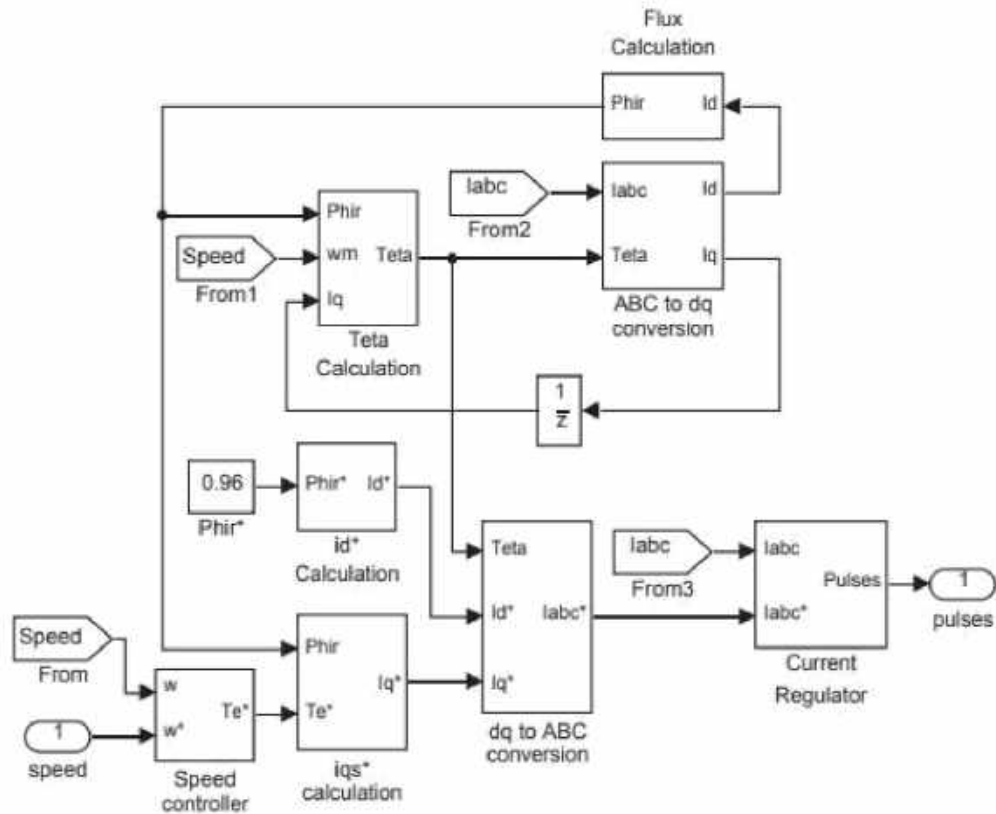


Рисунок 9 – Vector control (Блок векторного управління)

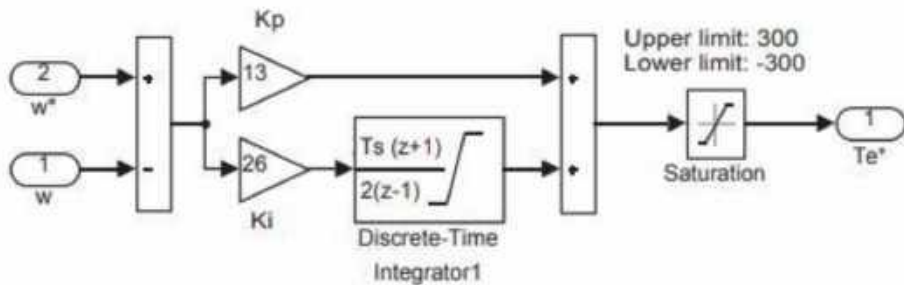
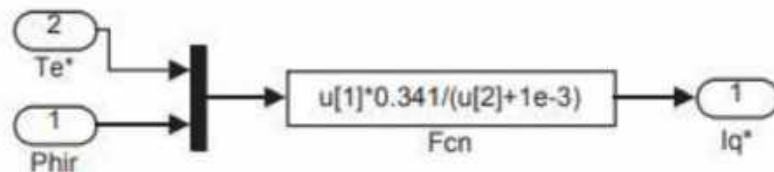


Рисунок 10 – Блок регулювання швидкості (Speed controller)

Рисунок 11 – i_{qs}^* calculation (Розрахунок струму i_{qs}^*)

$$l_q = (2/3) * (2/p) * (L_r/L_m) * (T_e/\Phi_{ir}) \quad (3)$$

$$l_q = 0.341 * (T_e/\Phi_{ir}) \quad (4)$$

где $L_m = 34.7 \text{ mH}$;

$L_r = L_l' r + L_m = 0.8 + 34.7 = 35.5 \text{ mH}$;

$p = \text{nb of poles} = 4$.

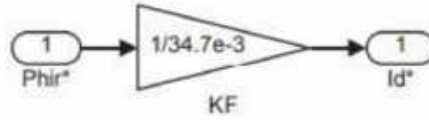


Рисунок 12 – i_d^* calculation (Розрахунок струму i_d^*)

$$i_d^* = \text{Phir}^* / L_m \quad (5)$$

де $L_m = 34.7 \text{ mH}$.

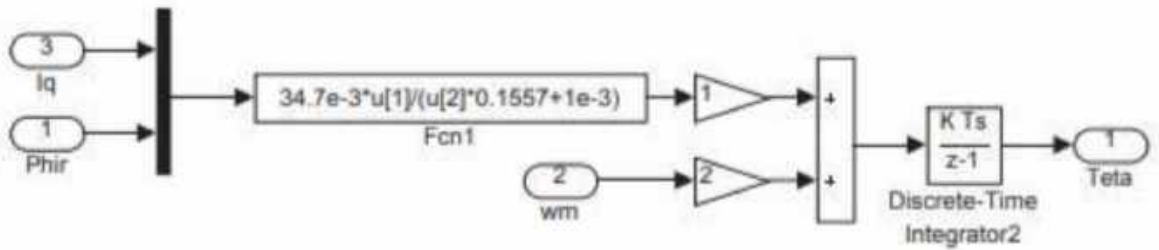


Рисунок 13 – Блок $Teta$ calculation (Розрахунок кута положення V)

$$Teta = \text{Electrical angle} = \text{integ} (wr + wm) \quad (6)$$

$$wr = \text{Rotor frequency (rad/s)} = L_m * I_q / (Tr * Phir) \quad (7)$$

где $w_m = \text{Rotor mechanical speed (rad/s)}$;

$L_m = 34.7 \text{ mH}$;

$L_r = L_l' r + L_m = 0.8 + 34.7 = 35.5 \text{ mH}$;

$R_r = 0.228 \text{ ohms}$;

$Tr = L_r / R_r = 0.1557 \text{ s}$.

Перетворювачі координат «ABC → dq» та «dq → ABC» (conversion) наведені на рисунках 17 та 18. Функції синусів, косінусів та струмів задаються у блоках Fcn.

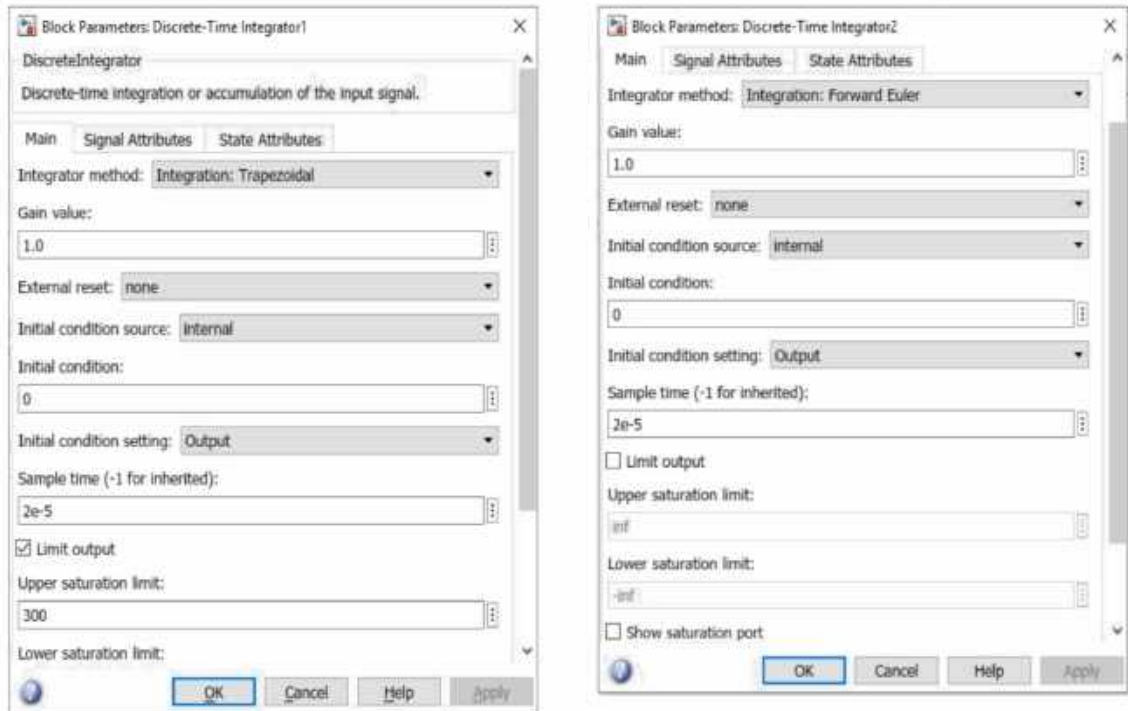


Рисунок 14 – Параметри дискретних інтеграторів 1 та 2

У параметрах блоку id необхідно записати вираз:

$$\begin{aligned} \cos Q * ia + (1.7320508 * \sin Q - \cos Q) * ib * 0.5 \\ + (-\cos Q - 1.7320508 * \sin Q) * ic * 0.5 \end{aligned} \quad (8)$$

У блоці iq :

$$\begin{aligned} -\sin Q * ia + (\sin Q + 1.7320508 * \cos Q) * ib * 0.5 \\ + (\sin Q - 1.7320508 * \cos Q) * ic * 0.5 \end{aligned} \quad (9)$$

У блоці ia :

$$-iq * \sin Q + id * \cos Q \quad (10)$$

У блоці ib :

$$\begin{aligned} (-\cos Q + 1.7320508 * \sin Q) * id * 0.5 \\ + (\sin Q + 1.7320508 * \cos Q) * iq * 0.5 \end{aligned} \quad (11)$$

Налаштування регулятора струму показано на рис 19.

Налаштування блоків Relay, і навіть типів даних представлені на рис. 20.

Оператор NOT задається у блоці Logical Operator.

Для наочності виведемо на осцилографи Scope графіки швидкості (рис 21) та електромагнітного моменту (рис 22), використовуючи для цього блок Bus Selector.

Лінійну напругу виведемо за допомогою блоку Voltage Measurement (Vab).

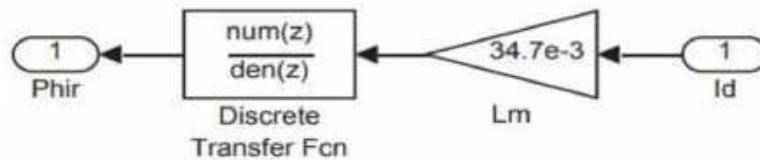


Рисунок 15 – Блок Flux Calculation (Розрахунок потоку)

$$Phir = Lm * Id / (1 + Tr.s) \quad (12)$$

где $Lm = 34.7 \text{ mH}$;

$Tr = Lr/Rr = 0.1557 \text{ s}$;

$Lr = Ll'r + Lm = 0.8 + 34.7 = 35.5 \text{ mH}$;

$Rr = 0.228 \text{ ohms}$.

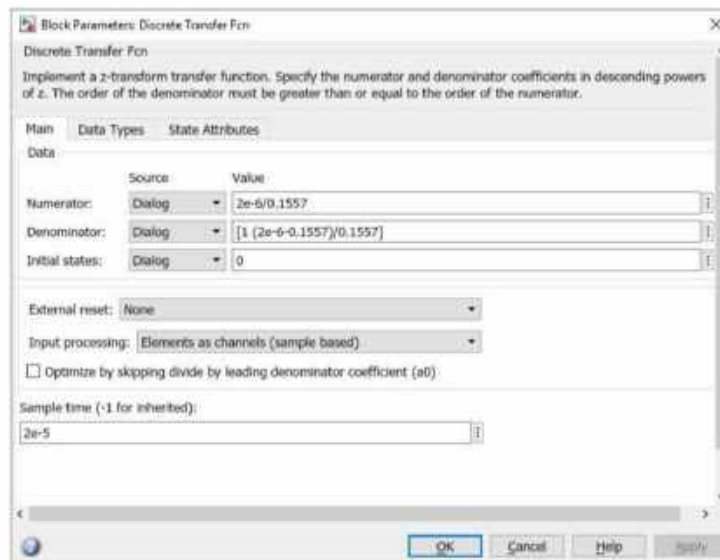


Рисунок 16 – Параметри блоку Discrete Transfer Fcn

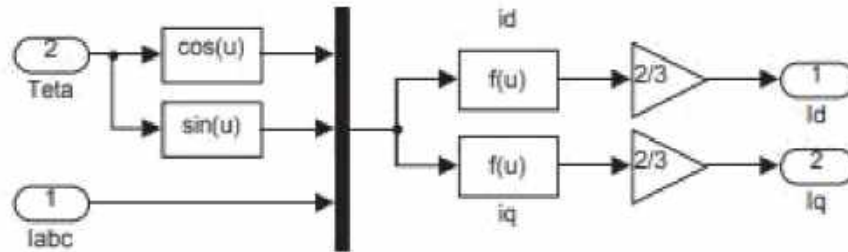


Рисунок 17 – Перетворювач координат ABC – dq

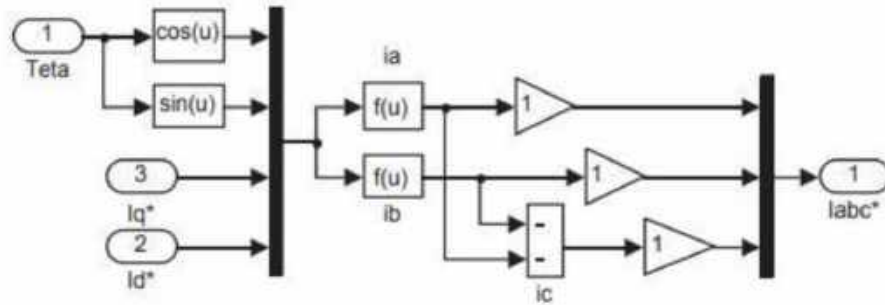


Рисунок 18 – Перетворювач координат dq – ABC

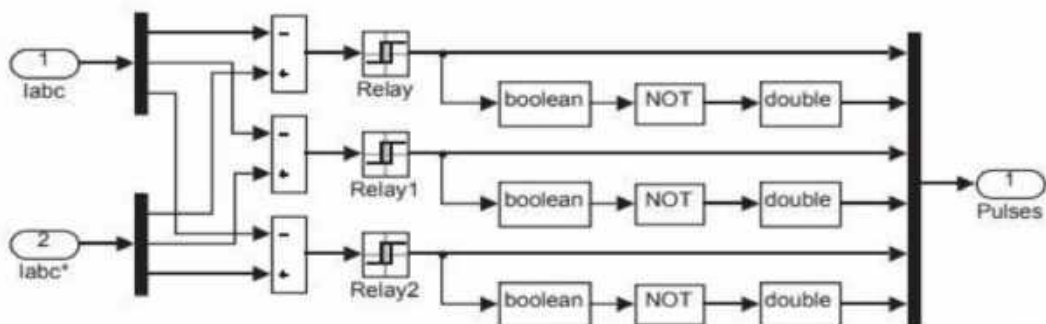


Рисунок 19 – Current Regulator (Регулятор струму)

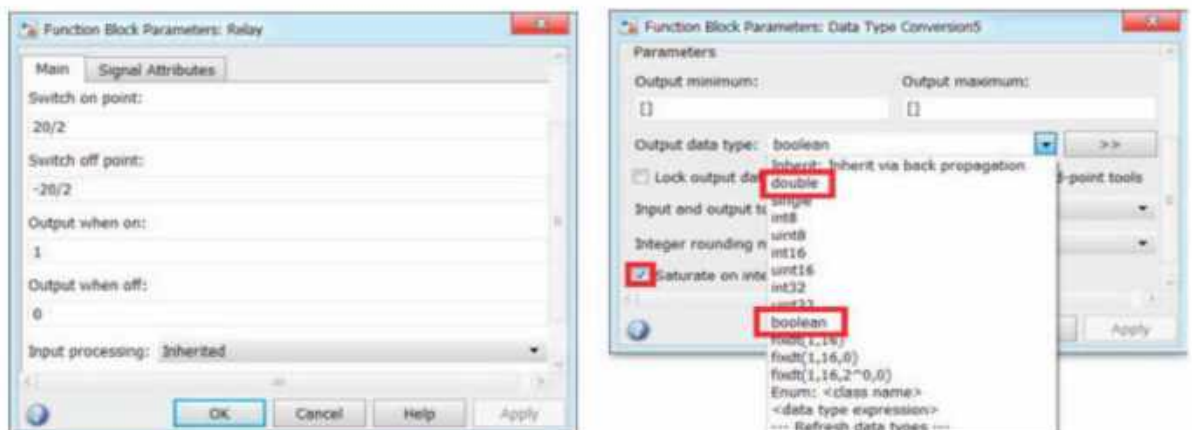


Рисунок 20 – Параметри блоків Relay

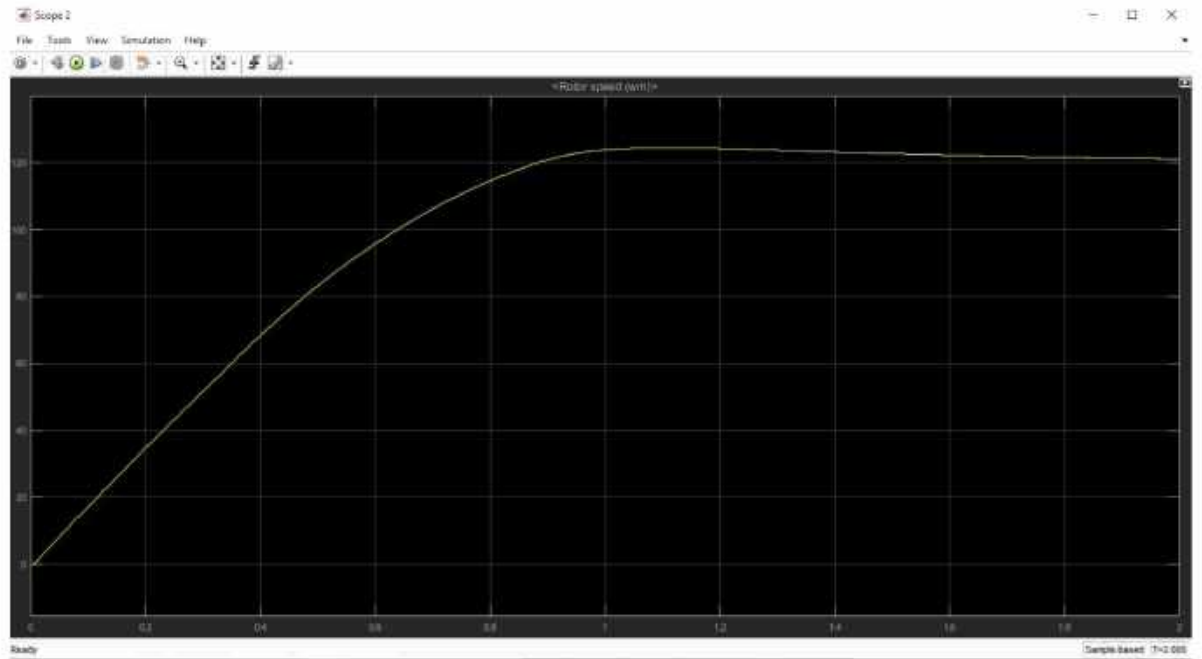


Рисунок 21 – Графік отриманої швидкості

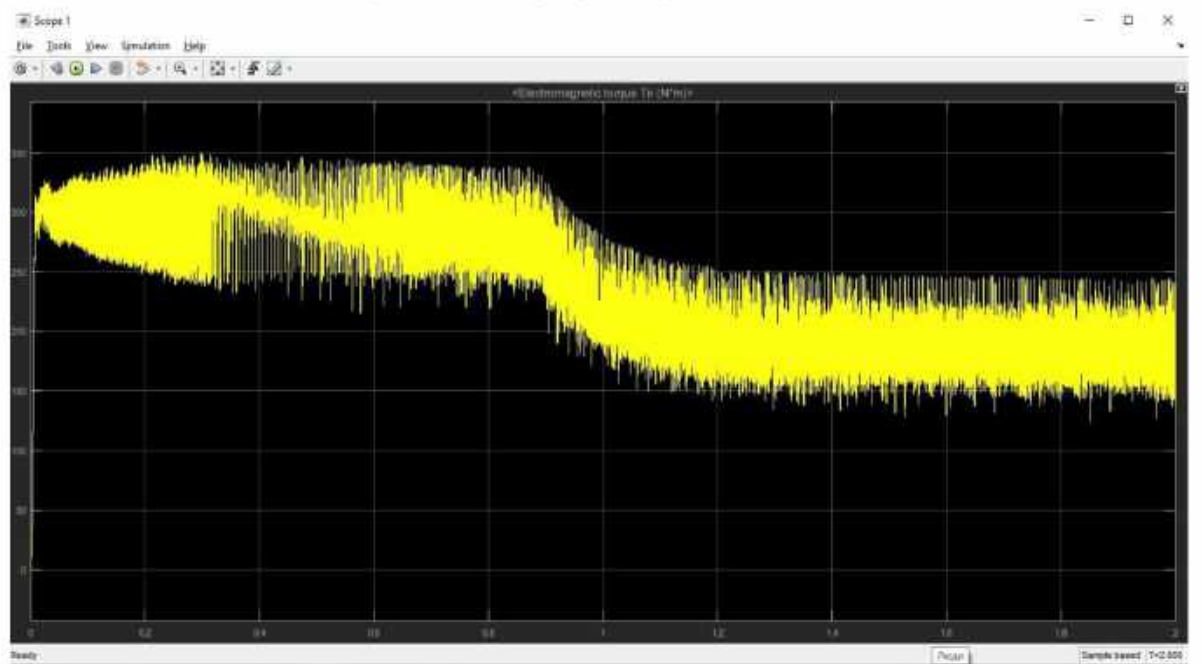


Рисунок 22 – Графік отриманого електромагнітного моменту

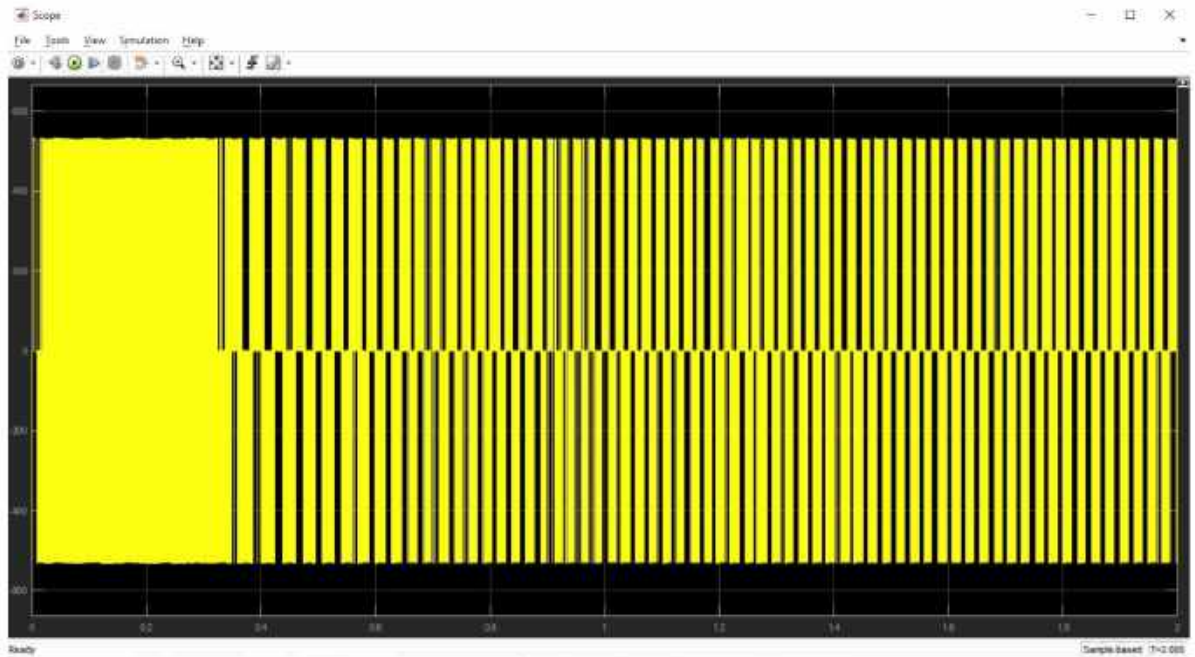


Рисунок 23 – Графік лінійної напруги

Дані графіки показують значення швидкості, електромагнітного моменту та лінійної напруги для моделі, в якій швидкість задається за допомогою блоку Constant, де ми вказали значення 120, підлягає доопрацюванню.

Разом фінальна модель показана на рис. 24. У цю модель додано управління інвертором напруги з допомогою OPC сервера. Measurement (PLL) вивели струм і напругу двигуна, надалі передали дані значення OPC сервер.

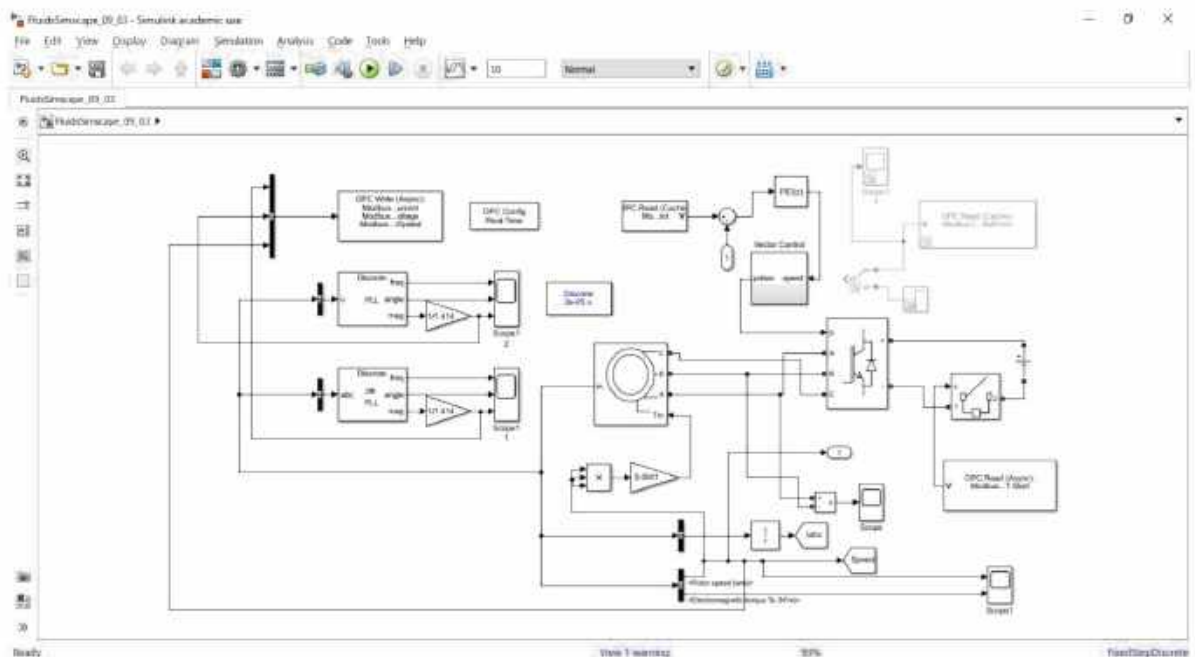


Рисунок 24 – Фінальна модель електродвигуна

3.2. Висновки щодо моделювання системи у програмному забезпеченні MATLAB

Математична модель 3-фазного електричного асинхронного двигуна на основі векторного управління показала себе справно. Швидкість задана двома варіантами (уставкою або сигналом) регулюється моделлю без нарікань. Отримані графіки швидкості та електромагнітного моменту відповідають очікуванням. Щоб перевірити перспективність цієї роботи

Загалом, потрібно спочатку перевірити ідеальну модель. Ця модель є ідеалізованим електродвигуном, що дозволяє відкинути вплив довкілля на процес.

3.3. Моделювання процесу перекачування

Наступна модель є «ідеальним» контуром процесу перекачування продукту. У цю систему включені 2 ємності, одна з яких є запасом продукту в надрах, інша є ємністю, куди відбувається процес наливу. Також присутній насос, швидкість якого задається з попередньої моделі, кульові клапани, керування на які приходять з OPC сервера, витратоміри та труби.

Основна модель представлена на рис 25.

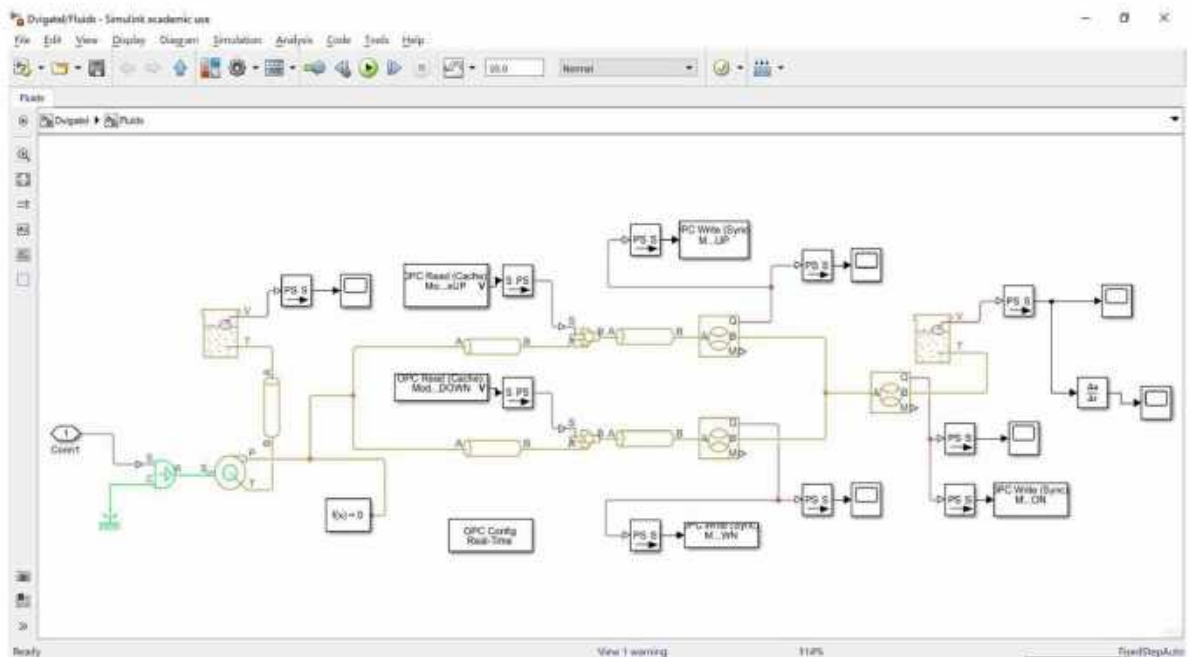


Рисунок 25 – Система перекачування продукту

Для перекачування використовуємо модель насоса, представлену блоком "Centrifugal Pump". Налаштування цього блоку наведено далі.

Для будь-якого насосного агрегату, що підлягає діагностуванню та моделюванню, необхідні наступні дані:

- Поправочний коефіцієнт;
- Еталонна кутова швидкість;
- Крутний момент приводного валу;
- Коефіцієнт крутного тиску;
- Апроксимуючі коефіцієнти.

Характеристики насоса, апроксимовані чотирма коефіцієнтами c_0 , c_1 , c_2 та c_3 , визначаються для конкретної рідини та певної кутової швидкості провідного валу насоса. Ці два параметри та значення коефіцієнтів наведено у довідковому матеріалі насосів. Щоб застосувати характеристики для іншої швидкості або щільності ρ , використовуються закони спорідненості. З цими законами подача в еталонному режимі, що відповідає заданій подачі насоса та кутової швидкості, обчислюється за формулою 13:

$$q_{ref} = q * \frac{w_{ref}}{w} \quad (13)$$

де q і ω - миттєві значення продуктивності насоса та кутової швидкості.

Потім перепад тиску p_{ref} в еталонному режимі обчислюється за рівнянням 14 і перетворюється на перепад тиску p при поточних кутовій швидкості та щільності (рівняння 15).

$$p_{ref} = \rho_{ref} * (k * (c_0 - c_1 * q_{ref}) - c_2 * q_{ref}^2 - c_3 * (q_D - q_{ref})^2) \quad (14)$$

де ρ_{ref} - щільність рідини;

c_0 , c_1 , c_2 , c_3 — апроксимуючі коефіцієнти;

q_{ref} - об'ємне нагнітання насоса при еталонному режимі;

q_D - номінальне нагнітання насоса.

$$p = \rho_{ref} * \left(\frac{w}{w_{ref}} \right)^2 * \frac{\rho}{\rho_{ref}} \quad (15)$$

Для моделювання ємності, використовується блок «Танк» Показники цього блоку представлені на рис. 26.

Об'ємна витрата через висновок є функція перепаду тиску цього виводу у внутрішню частину резервуара. Швидкість потоку позитивна, якщо перепад тиску позитивний, тобто якщо тиск у каналі вище, ніж у резервуарі, і негативна інакше (формула 16):

$$q_i = A_i * \sqrt{\frac{2}{K_i * \rho}} * \frac{\Delta p_i}{(\Delta p_i^2 + p_{Cr,i}^2)^{1/4}} \quad (16)$$

де A_i - внутрішня площа поперечного перерізу порту;

K_i - коефіцієнт втрати тиску, вказаний для порту;

ρ - щільність гідравлічної рідини;

Δp_i - падіння тиску від порту до внутрішньої частини резервуара;

$p_{Cr,i}$ - критичний тиск, при якому потік через порт перемикається між ламінарним та турбулентним.

Parameters	Variables
Pressurization:	0 Pa
Tank volume parametrization:	Constant cross-sectional area
Tank cross-section area:	0.8 m ²
Inlet pipeline diameter:	0.2 m
Pipeline pressure loss coefficient:	1.2
Acceleration due to gravity:	9.80665 m/s ²
Minimum level of fluid:	1e-3 m
Check if fluid level violating minimum valid condition:	None

Рисунок 26 – Характеристики блоку Tank

Візьмемо діаметр труб цієї моделі 20 сантиметрів, що зазначено в полі Inlet pipeline diameter. Також зазначимо коефіцієнт вільного падіння Acceleration due to gravity – 9.80665.

Всі труби представлені блоком Hydraulic Pipeline, всі характеристики, представлені на рис 27, є характерними для інших труб.

Settings	
Parameters	
Pipe cross section type:	Circular
Pipe internal diameter:	0.2 m
Geometrical shape factor:	64
Pipe length:	5 m
Aggregate equivalent length of local resistances:	1 m
Internal surface roughness height:	15e-6 m
Laminar flow upper Reynolds number limit:	2000
Turbulent flow lower Reynolds number limit:	4000
Pipe wall type:	Rigid
Specific heat ratio:	1.4
Initial pressure:	0 Pa

OK Cancel Help Apply

Рисунок 27 – Параметри блоку Hydraulic Pipeline

Для керування системою скористаємося кульовими клапанами – Ball Valve. Тут також вкажемо діаметр труб, а діаметр самої кулі поставимо - 0.21 метра (рисунок 28).

Клапан повністю закритий за нульового або негативного відхилення кулі. Він повністю відкритий, коли відхилення кулі досягає або перевищує (залежно від геометрії) значення, достатнє для повного очищення отвору. Повністю закритий клапан має площу відкриття, що дорівнює вказаному параметру площі витоку, тоді як повністю відкритий клапан має максимально можливу площу відкриття. Регулювання для внутрішнього витоку:

$$A_{Max} = \pi * r_0^2 + A_{Leak} \quad (17)$$

де A_{max} – максимальна площа відкриття;

r_0 – радіус отвору;

A_{Leak} – внутрішня область між входом та виходом клапана.

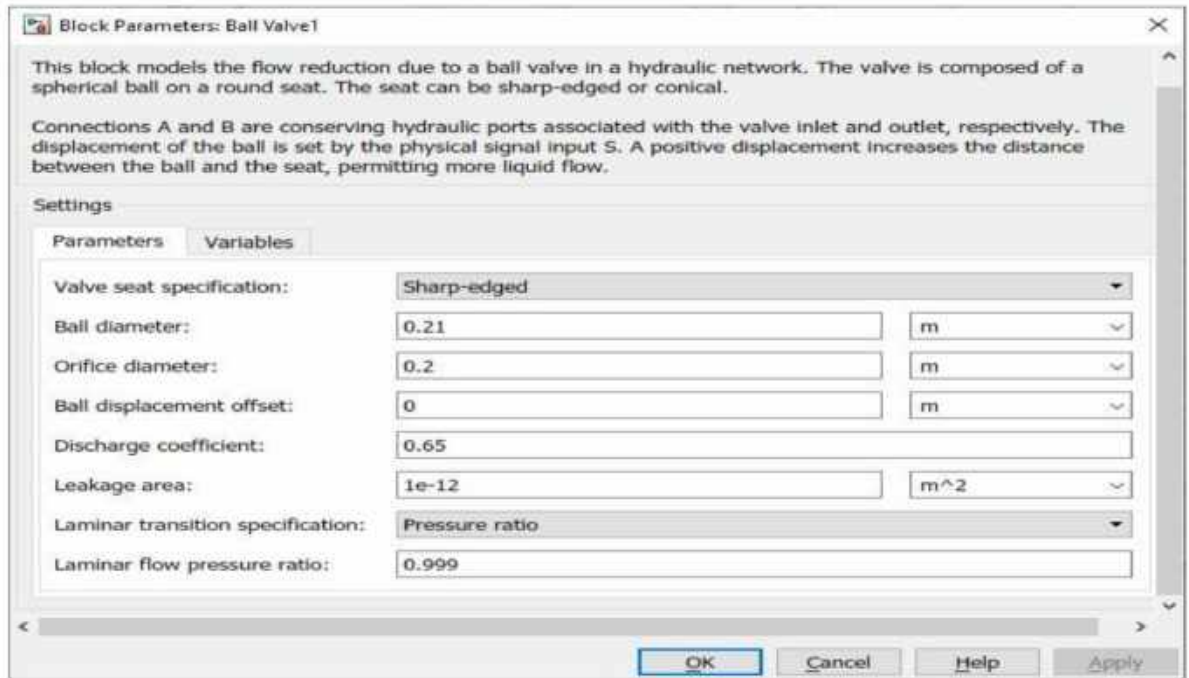


Рисунок 28 – Параметри шарового клапана

Витрату вважатимемо за допомогою блоку Hydraulic Flow Rate Sensor. У цьому блоці передбачено лічильник масової витрати та лічильник об'ємної витрати.

Після того, як обидві моделі готові та протестовані, слід з'єднати їх в єдину систему (рисунок 29).

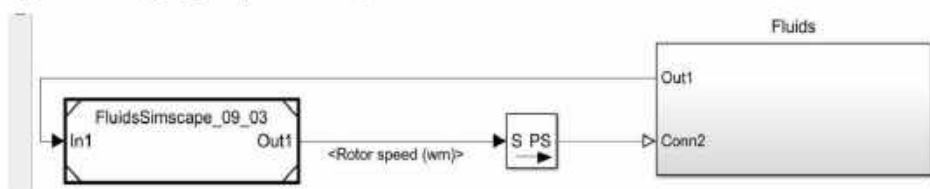


Рисунок 29 – Підсумкова система перекачування продукту

3.4. Налаштування OPC у MATLAB

Для передачі значень витрати, об'єму, струмів та напруги, а також керування з диспетчерського екрану необхідно використовувати OPC server вбудований у MATLAB. Для цього в кожную модель необхідно поставити блок OPC Configuration, його наведені на рис 30.



Рисунок 30 – Параметр блоку OPC configuration

Для запису значень змінних сервер використовуємо блок OPC Write, для читання значень змінних з OPC сервера використовуємо блок OPC Read.

Налаштування для даних блоків ідентичні та показані на рис 31.

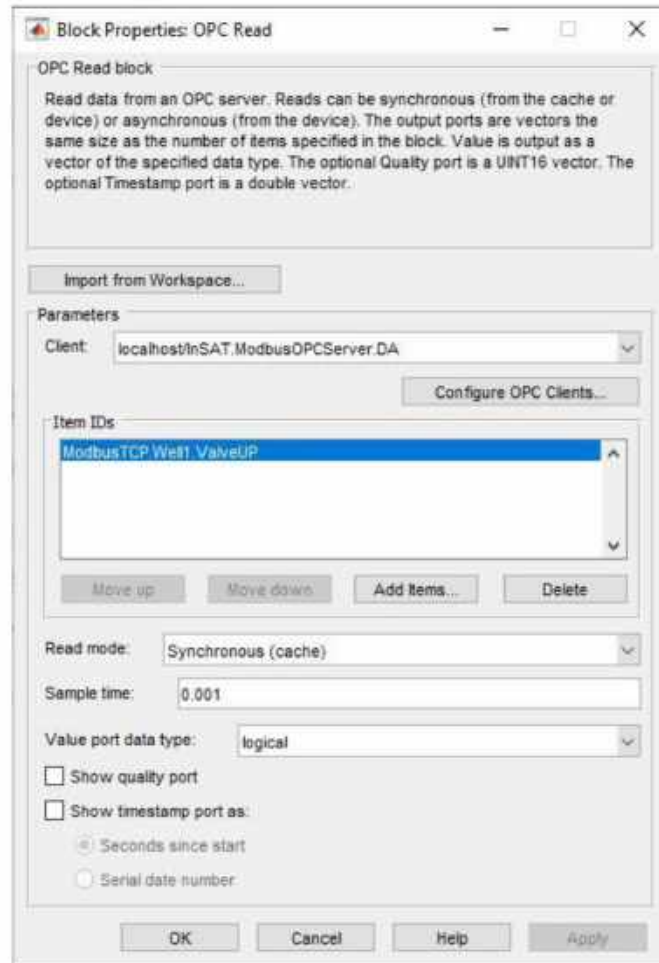


Рисунок 31 – Налаштування блоку OPC Read

3.5. Висновки з моделювання системи у MATLAB

Модель, що проектується, відповідає заданим вимогам, що дозволяє приступити до подальшого її програмування в середовищі Tia Portal. Логіка управління в моделі працює справно, всі витрати і значення струмів і напруг виведені в осцилографи, прив'язані до сервера OPC і представлені на малюнках. Дана модель є «ідеальною» і не враховує багато факторів, наприклад, таких як зовнішній вплив середовища на процес видобутку, показання багатьох датчиків виключені з моделі і т.д.

Усі розрахунки наведені для часу дискретизації $2e-6$, отже, модель розраховується дуже довго, що мінусом даного дослідження.

3.6. Налаштування OPC сервера «MasterOPC»

Протокол Modbus є загальнопромисловим стандартом [15]. Багато виробників обладнання включають його до переліку протоколів своїх пристроїв, що підтримуються. У цьому розділі ми розглянемо можливість підключення контролера SIEMENS S7-1500 до сервера Modbus Universal MasterOPC, використовуючи протокол передачі даних Modbus TCP.

MasterOPC дозволяє використовувати такі види протоколів [15]:

Протокол Profibus для цього слід до контролера по шині підключити комунікаційний модуль CM 1242-5;

Протокол Profinet;

- GSM - з'єднання, для цього слід до контролера по шині підключити комунікаційний модуль CM 1242-7;
- Протокол Modbus TCP в обох режимах (у Slave та в режимі
- Modbus RTU, ASCII, USS для цього слід до контролера по шині підключити комунікаційний модуль CM 1241. Даний протокол використовується для роботи з частотними перетворювачами Micromaster.

При відкритті основного вікна MasterOPC вибираємо створити новий проект, налаштування якого показано на рис. 32.

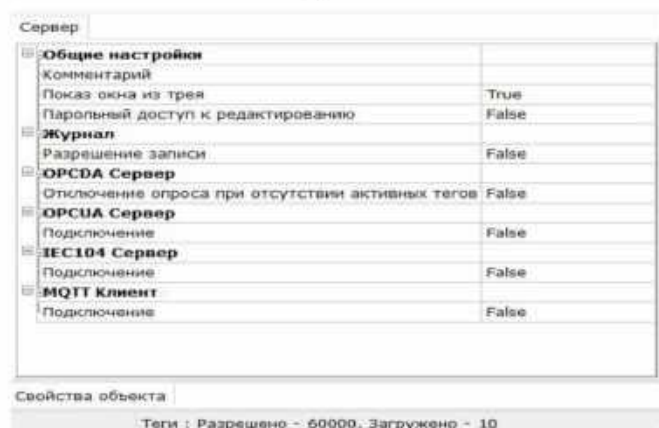


Рисунок 32 – Основні параметри сервера

Створимо новий комунікаційний вузол під ім'ям Modbus TCP, основними параметрами якого є IP адреса пристрою, що зв'язується, контролер) і порт, що підключається – 502. Всі налаштування наведені на рис 33 [15].

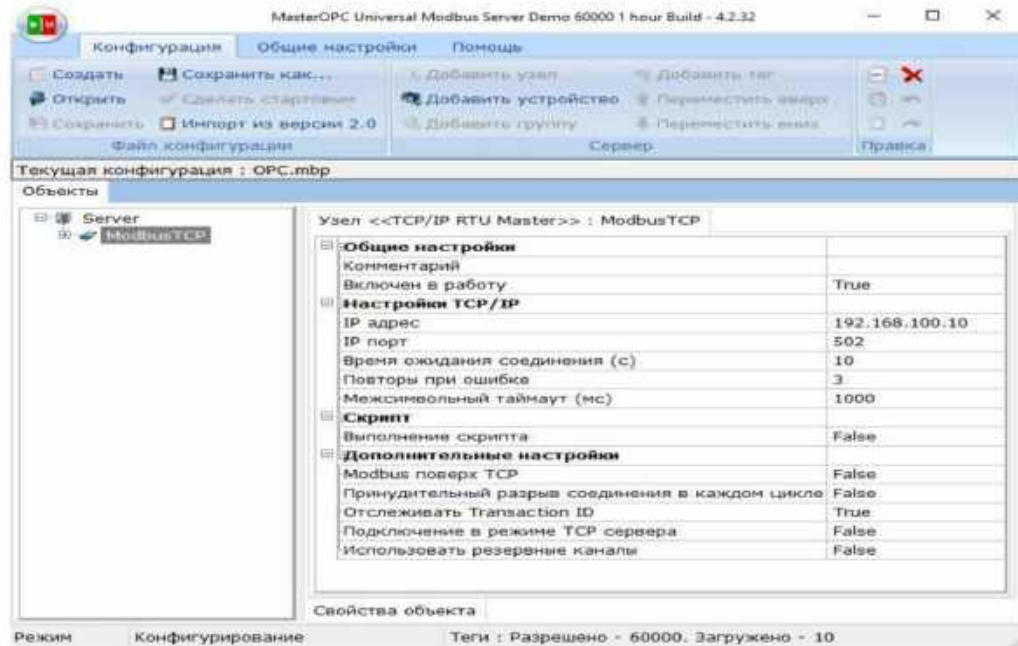


Рисунок 33 – Основні налаштування комунікаційного вузла

Далі додамо у комунікаційний вузол пристрій під назвою Well. Під час створення цього пристрою можна вказати кількість регістрів для читання, його адресу, період опитування тощо. Усі налаштування вказані у рис 34.

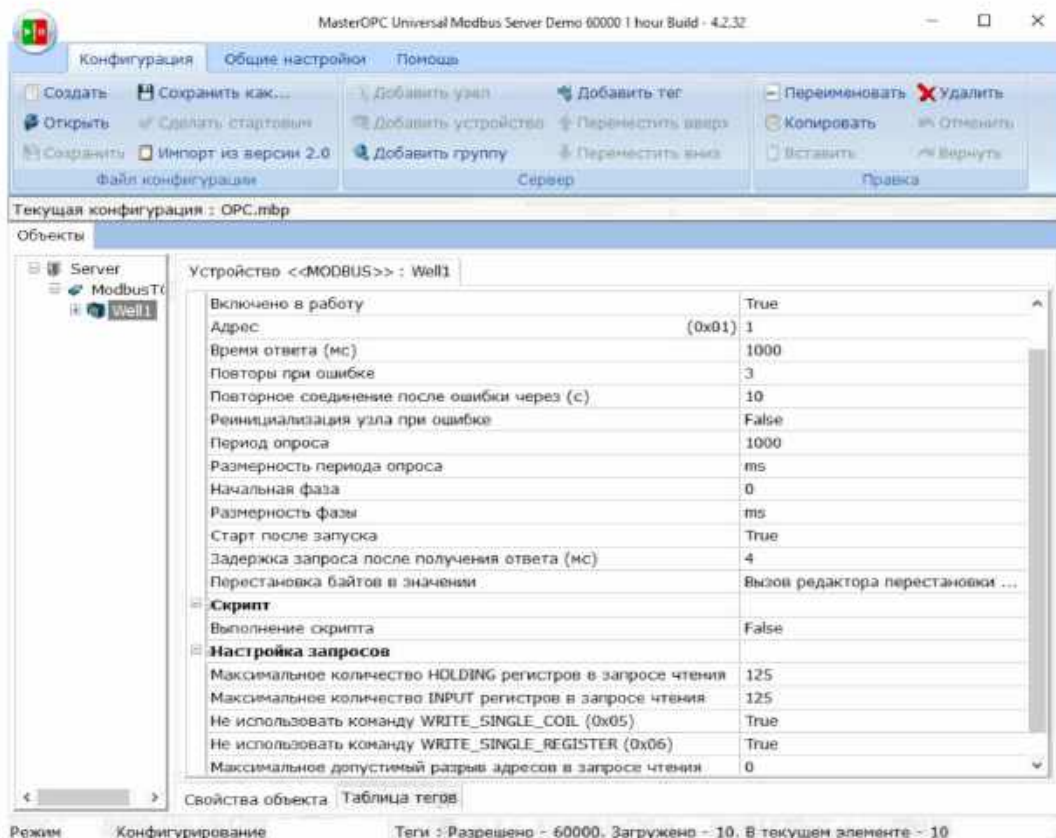


Рисунок 34 – Налаштування пристрою

Для коректної роботи усієї системи потрібно додати теги, які вже існують у програмному забезпеченні MATLAB. Далі наведено загальні налаштування тегів (рисунок 35) та таблицю читання регістрів (таблиця 1) [15].

Таблиця 1 - Таблиця читання регістрів

Найменування тега	Тип даних в пристрої	Тип даних в сервері	Адреса	Значення
Current	Float	Double	0	Струм двигуна
Voltage	Float	Double	2	Напруга двигуна
RotorSpeed	Float	Double	4	Швидкість ротора
RateUP	Float	Double	6	Верхній витратомір
RateDOWN	Float	Double	8	Нижній витратомір
RateCOMMO N	Float	Double	10	Загальний витратомір
SetPoint	Float	Double	12	Уставка витрати
ValveUP	Float	Double	14	Верхній клапан
ValveDOWN	Float	Double	16	Нижній клапан
Start	Bool	Bool	18 біт 8	Подання живлення

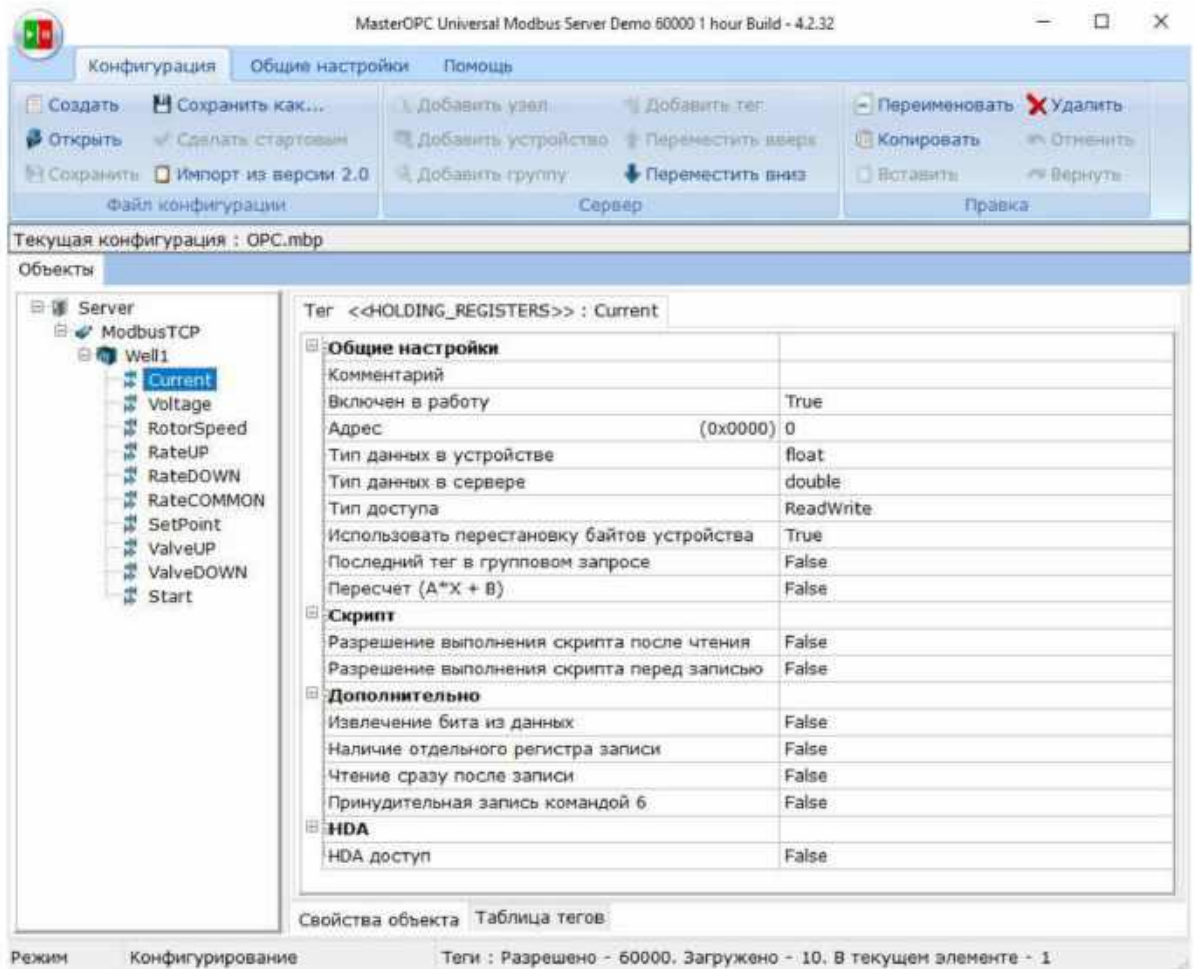


Рисунок 35 – Вікно налаштування тегів

Розділ 4. Програмування серед TIA Portal

Для керування системою слід прописати логіку у програмному забезпеченні TIA Portal. Розроблена логіка має:

- керувати живленням інвертора напруга, до нього присвоєно тег Start;
- керувати відхиленням кулі в клапані, до них присвоєно теги
- керувати швидкістю ротора двигуна;
- передавати значення параметрів диспетчеру.

Основне вікно програмного забезпечення TIA Portal наведено на рис 36.

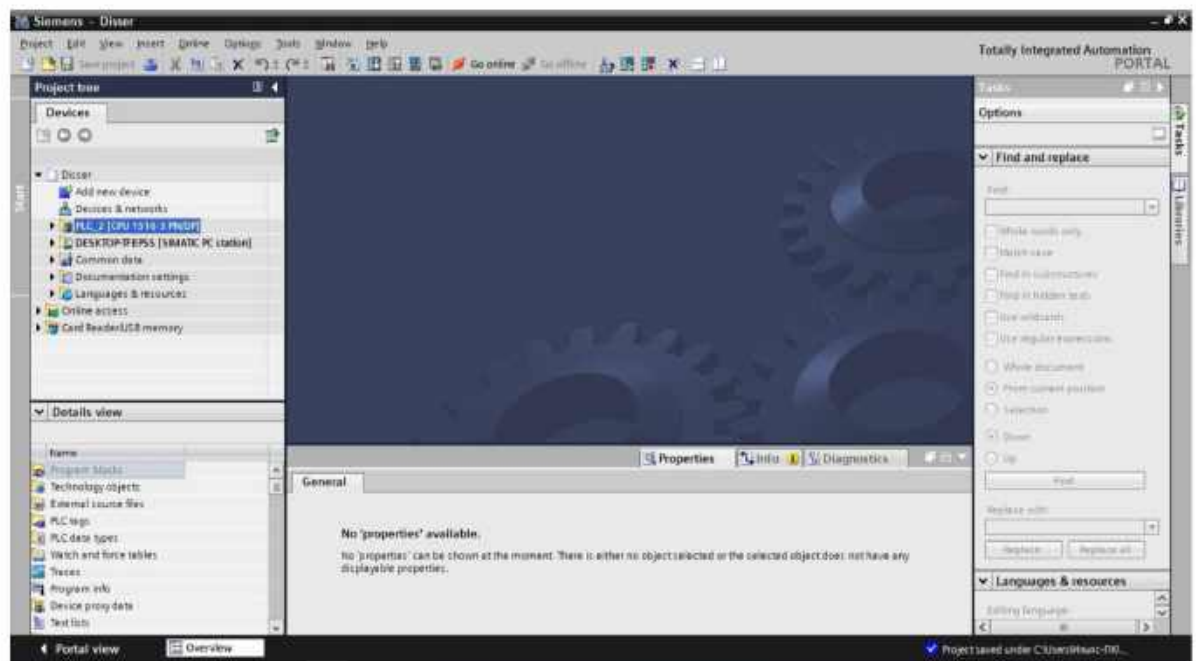


Рисунок 36 – Основне вікно TIA Portal

Після додавання програмованого контролера s7-1500 і налаштувавши його (рисунок 37) створимо базу даних для прив'язування тегів TIA Portal (рисунок 38).

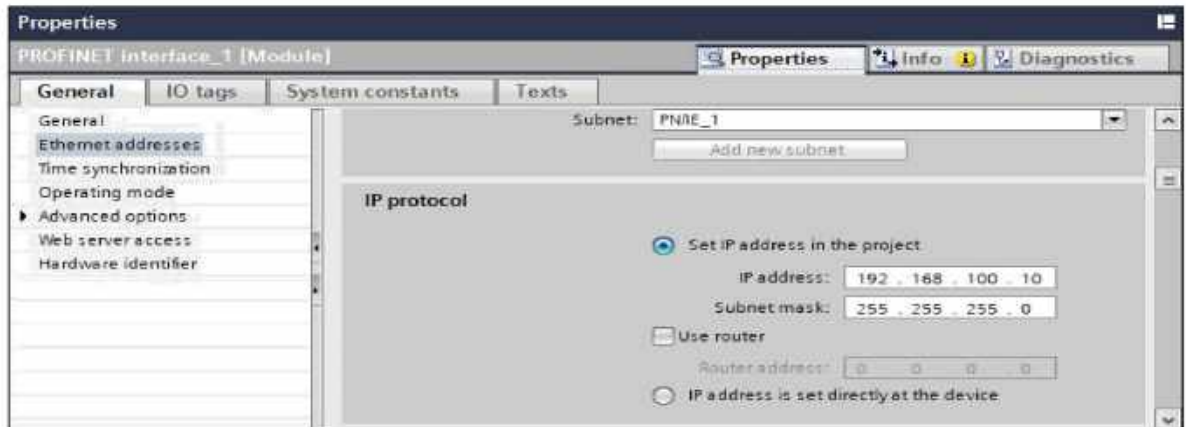


Рисунок 37 – Присвоєння IP-адреси контролеру

Disser ▸ PLC_2 [CPU 1516-3 PN/DP] ▸ Program blocks ▸ Value [DB1]

	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint
1	Static							
2	data	Struct	0.0			☒	☒	
3	Current	Real	0.0	0.0	☐	☒	☒	☐
4	Voltage	Real	4.0	0.0	☐	☒	☒	☐
5	RotorSpeed	Real	8.0	0.0	☐	☒	☒	☐
6	RateUP	Real	12.0	0.0	☐	☒	☒	☐
7	RateDOWN	Real	16.0	0.0	☐	☒	☒	☐
8	RateCOMMON	Real	20.0	0.0	☐	☒	☒	☐
9	SetPoint	Real	24.0	0.0	☐	☒	☒	☐
10	Start	Bool	28.0	false	☐	☒	☒	☐
11	ValveUP	Bool	28.1	false	☐	☒	☒	☐
12	ValveDOWN	Bool	28.2	false	☐	☒	☒	☐

Рисунок 38 – Data Block 1

Щоб створити блок OPC сервера, спочатку необхідно створити базу даних для сервера, де будуть прописані його налаштування. Така база даних наведена на рис. 39.

Disser ▸ PLC_2 [CPU 1516-3 PN/DP] ▸ Program blocks ▸ MB_Config [DB3]

MB_Config									
	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	visible in ...	Setpoint	
1	Static								
2	CONNECT	TCON_IP_v4	0.0			☒	☒		
3	InterfaceId	HW_ANY	0.0	64		☒	☒		
4	ID	CONN_OUC	2.0	1		☒	☒		
5	ConnectionType	Byte	4.0	11		☒	☒		
6	ActiveEstablished	Bool	5.0	false		☒	☒		
7	RemoteAddress	IP_V4	6.0			☒	☒		
8	ADDR	Array[1..4] o...	0.0			☒	☒		
9	ADDR[1]	Byte	0.0	192		☒	☒		
10	ADDR[2]	Byte	1.0	168		☒	☒		
11	ADDR[3]	Byte	2.0	100		☒	☒		
12	ADDR[4]	Byte	3.0	1		☒	☒		
13	RemotePort	UInt	10.0	0		☒	☒		
14	LocalPort	UInt	12.0	502		☒	☒		
15	ndr	Bool	14.0	false		☒	☒		
16	dr	Bool	14.1	false		☒	☒		
17	error	Bool	14.2	false		☒	☒		
18	status	Word	16.0	16#0		☒	☒		
19	fds	Word	18.0	16#0		☒	☒		

Рисунок 39 – Data block 3 MB_Config

В цій базі даних прописані адресу персонального комп'ютера для зв'язку з сервером OPC, локальний порт, параметри з'єднання та інші налаштування.

Для розробки логіки використовувалася мова FBD, це графічна мова, яка має широкий спектр можливостей. OPC server мовою FBD представлений на рис. 40. Усі прив'язані настройки взяті з Data Block 3.

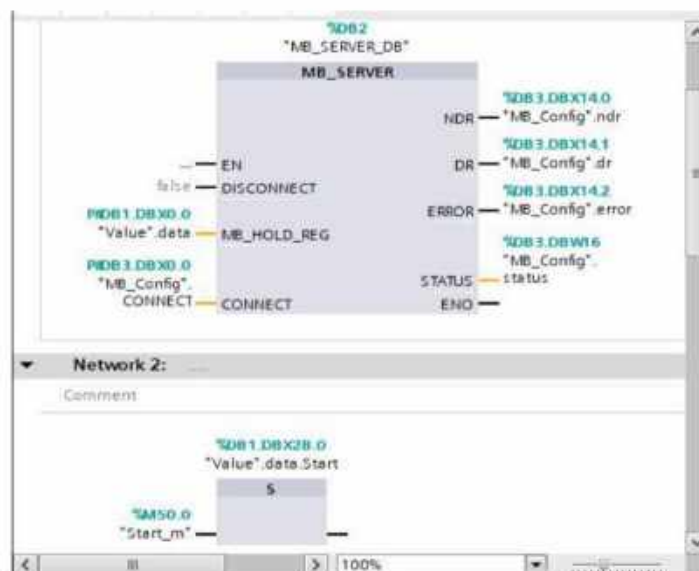


Рисунок 40 – Частина програмного коду, що описує сервер OPC

Для підтримки витрати на заданому рівні слід додати PID – регулятор (рисунок 41). P, I та D складові взяті з програмного забезпечення MATLAB, за допомогою налаштування TUNE у блоці PID.

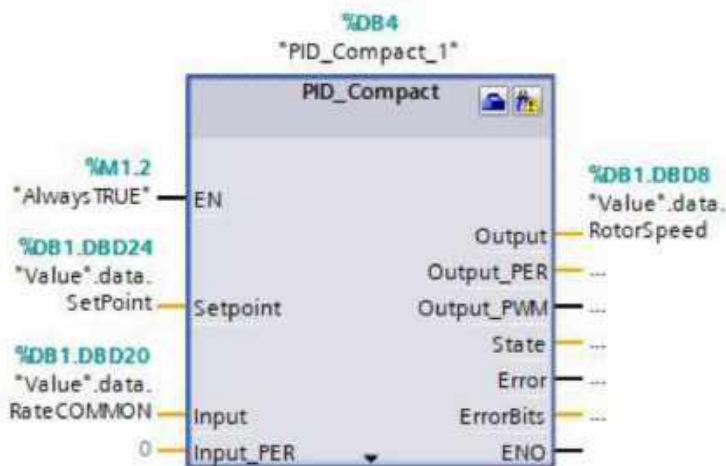


Рисунок 41 – Блок PID – регулятора

4.1. Запуск системи

Використовуючи все перелічене вище:

Фінальна модель електродвигуна;

OPC server MasterOPC;

Розроблену логіку у TIA Portal.

Нижче наводяться результати тестування та пояснення, чому модель не є ефективною.

Так як загальна модель, в якій присутні фінальна модель електродвигуна і модель перекачування продукту, має час моделювання (час дискретизації) $T_s = 2e-6$ і в системі є звернення до моделі двигуна, то час моделювання займає величезну кількість часу. Судити звідси можна з малюнків 42, 43. Досліджуючи ці малюнки видно неефективність у плані ресурсозатрат розробленої системи. У першому вікні видно, що при $t = 17,03$ загальна витрата (RateCOMMON) дорівнює 0,011224 кг/с, а в другому вікні при $t = 17,26$ загальна витрата дорівнює

0,012673 кг/с при заданій уставці дебїту свердловини 120 кг/с. Було ухвалено рішення безпосередньо задавати з TIA Portal значення швидкості на насос модель перекачування продукту, що видно на рис 44. Отримані результати можна бачити на рис 45, 46.

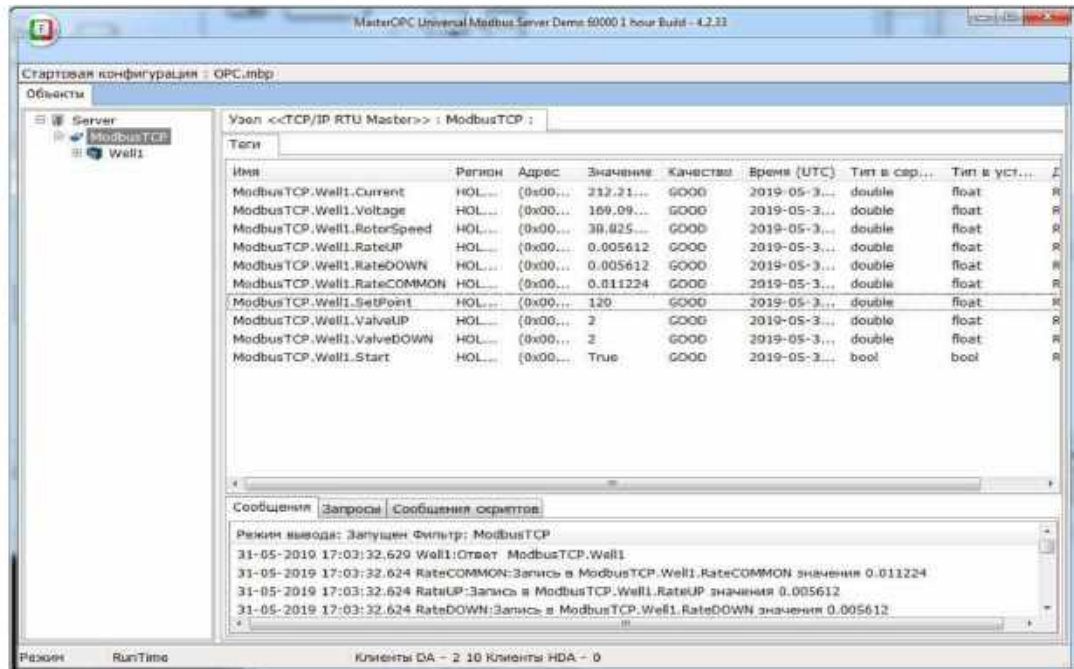


Рисунок 42 – Відображення значень змінних у MasterOPC при запущеному процесі

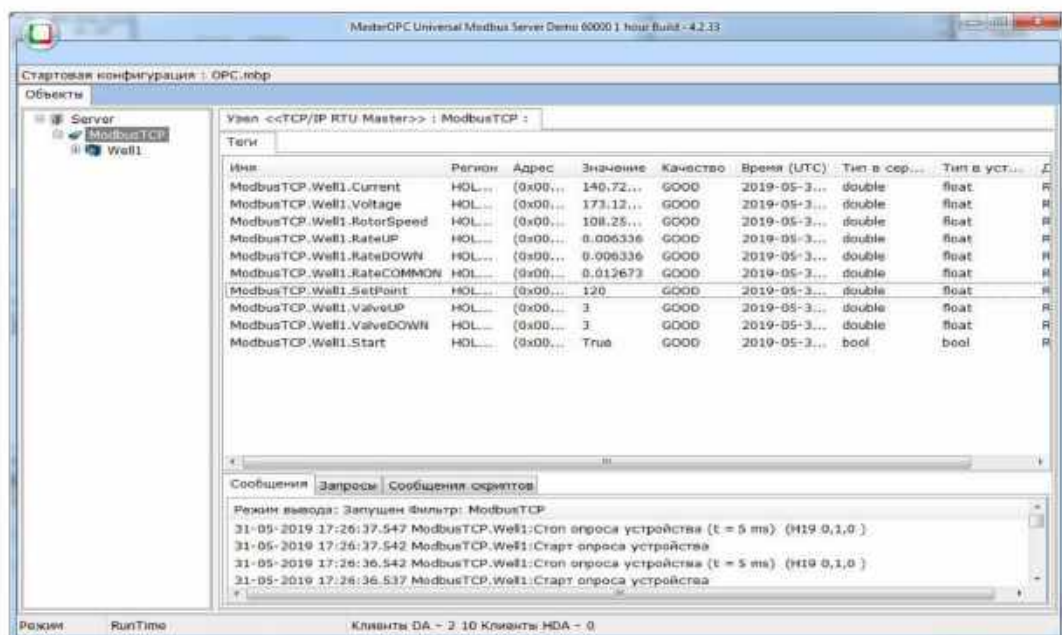


Рисунок 43 – Відображення значень змінних у MasterOPC при запущеному процесі

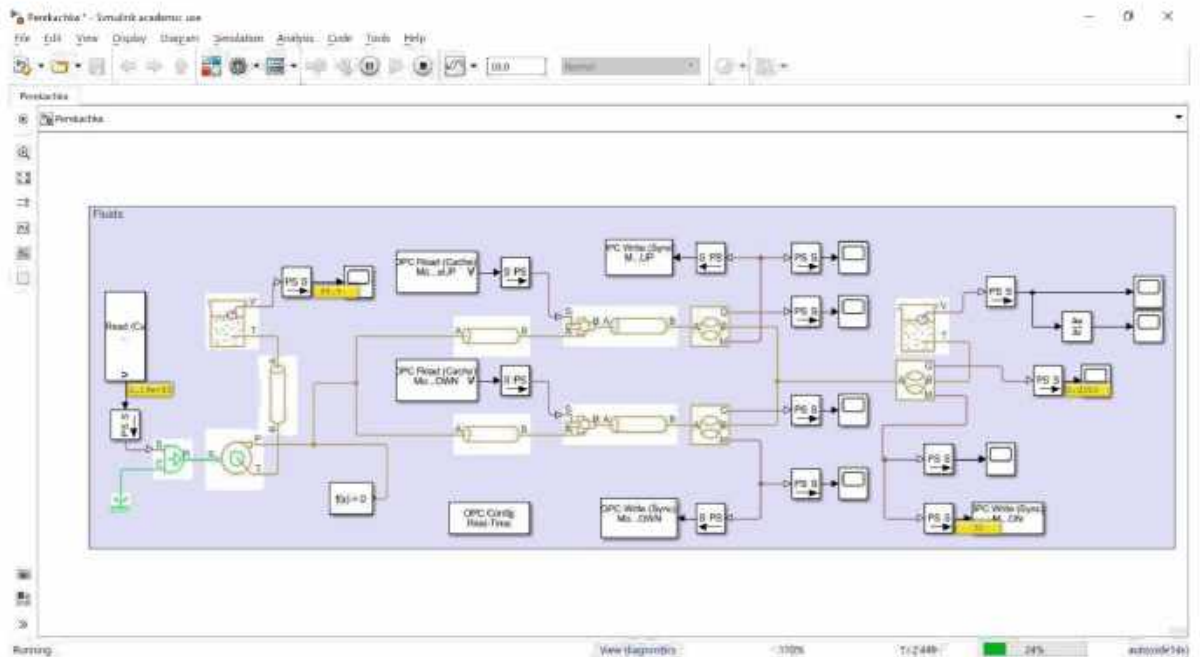


Рисунок 44 – Фінальна модель перекачування

Під час проведення експерименту уставка змінювалася межах (від 0 до 72). Перша уставка була 10, модель адекватно реагує завдання уставки, PID – регулятор зберігає витрата заданому рівні швидкість ротора у своїй змінюється. Далі уставка змінювалася (від 20 до 72), потім знову до 20 та 10.

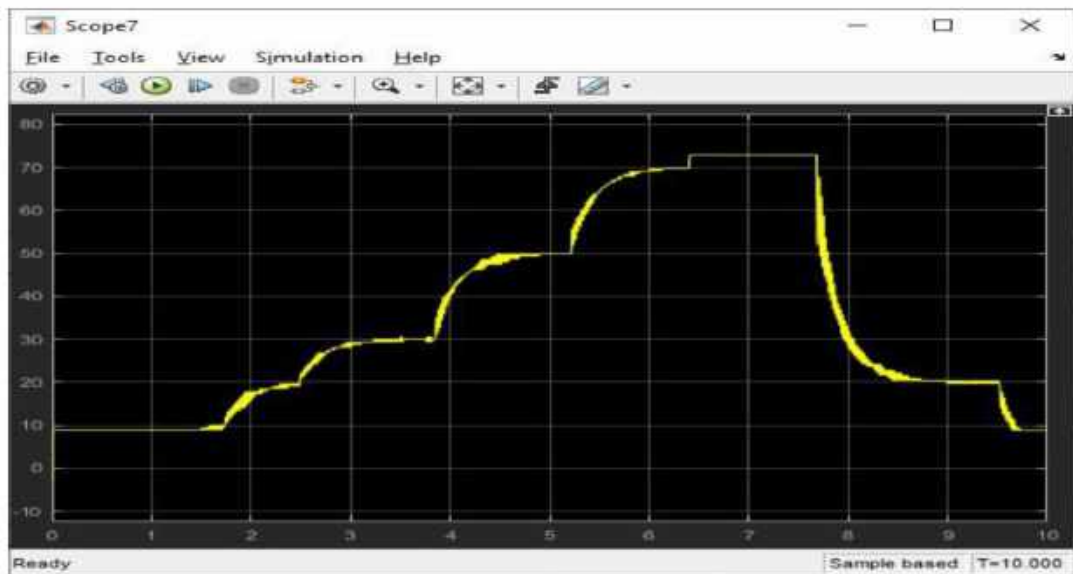


Рисунок 45 – Графік отриманої витрати у MATLAB

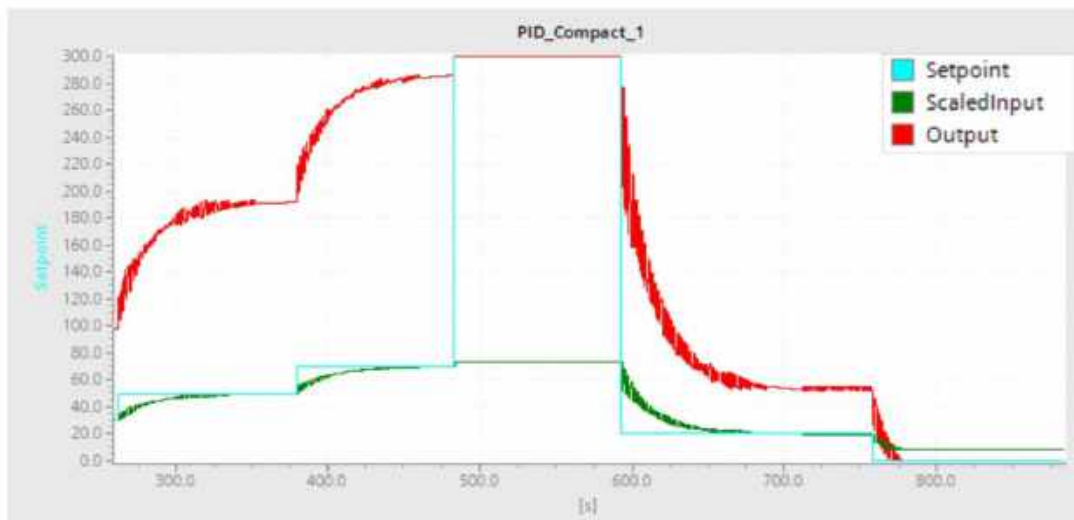


Рисунок 46 – Графік PID – регулятора у TIA Portal

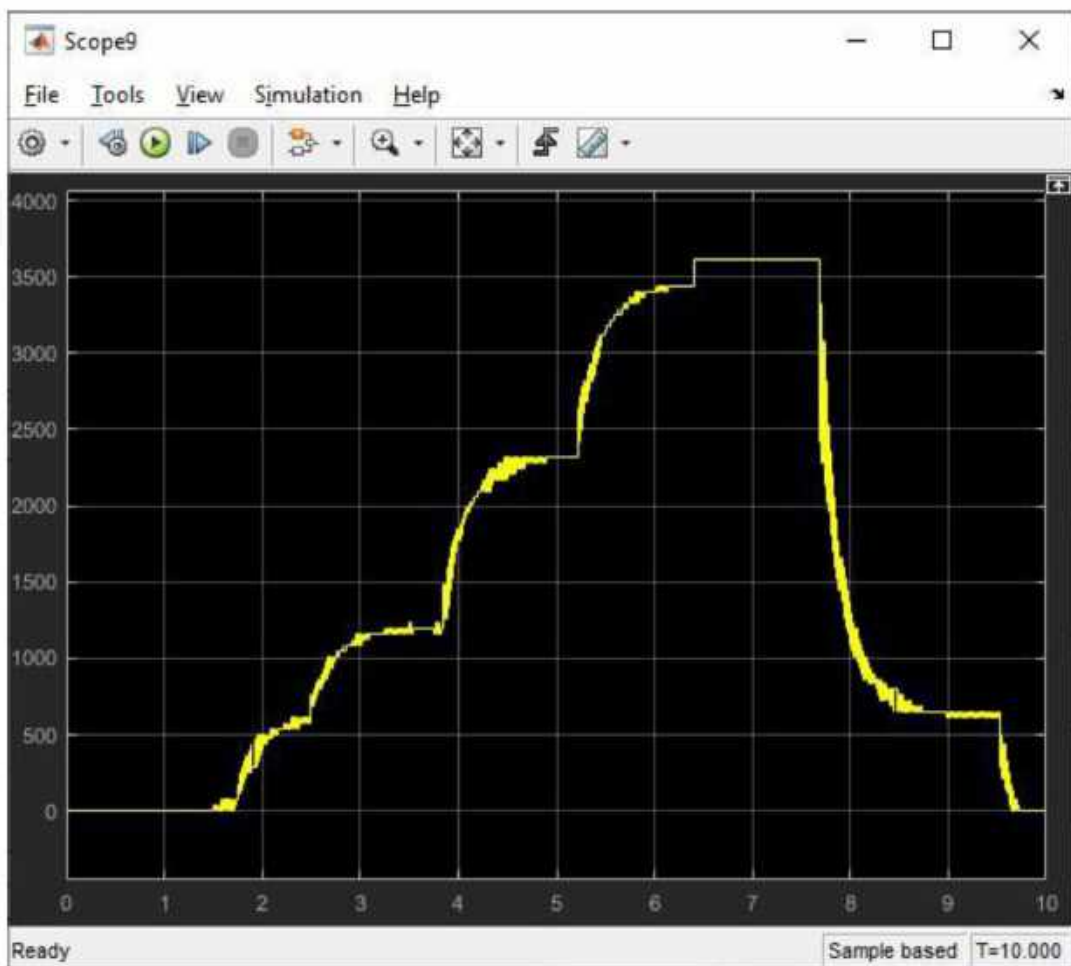


Рисунок 47 – Графік отриманої швидкості після PID – регулятора

Отримані результати свідчать, що модель працездатна, і адекватно реагує на завдання витрати з SCADA системи. На рисунках 48 – 49 представлені

SCADA – екрани, за допомогою яких оператор може відстежувати показники системи, такі як швидкість обертання ротора, загальна витрата, а також задавати уставку витрати, на яку дорівнюватиме PID – регулятор.

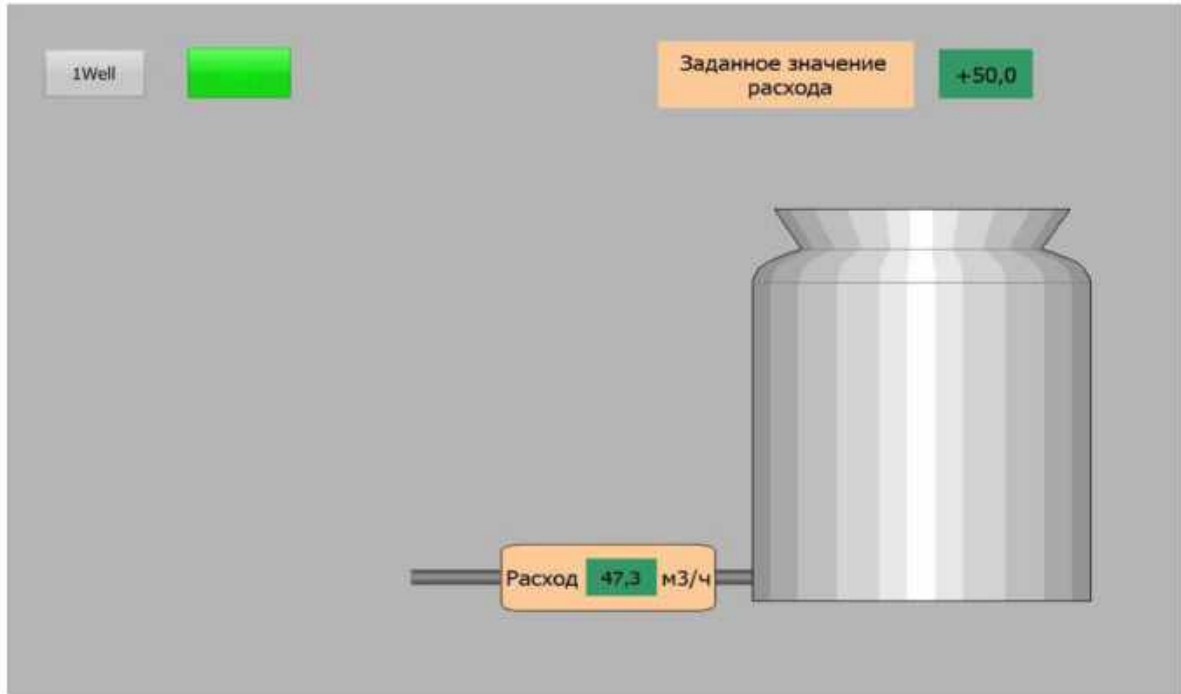


Рисунок 48 – Головний екран оператора

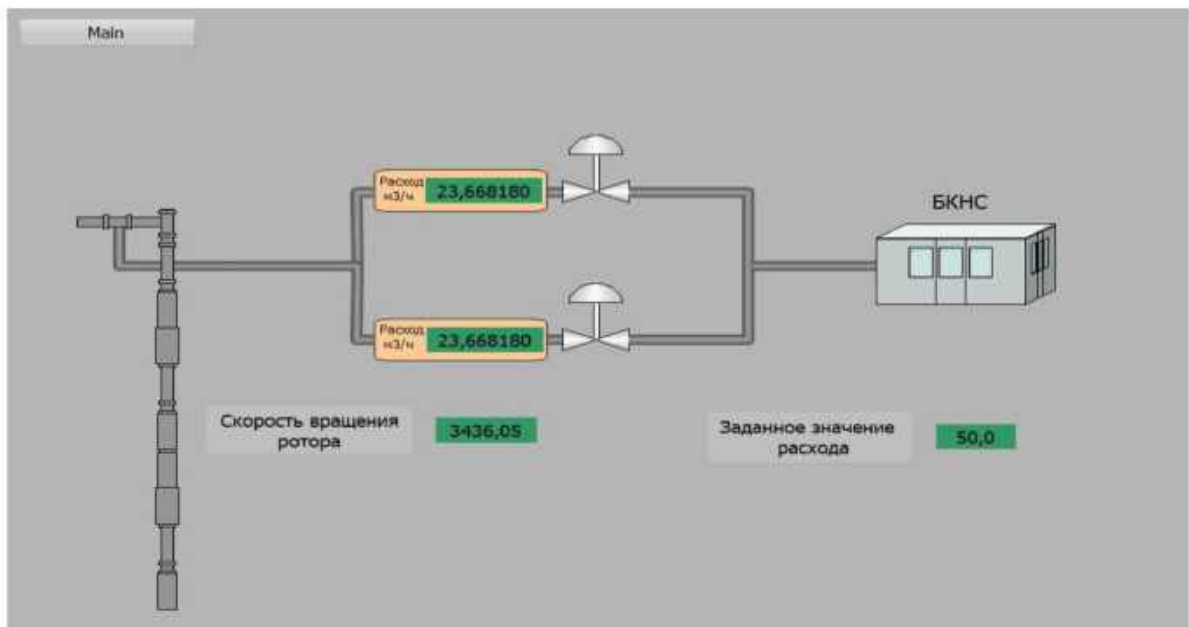


Рисунок 49 – Екран 1 свердловини (Well 1)

Розділ 5. Апаратні та програмні засоби

Для здійснення можливості моделювання необхідно підібрати елементну базу: персональний комп'ютер із операційною системою Windows, промисловий логічний контролер. Також у цьому розділі буде описано здійснення зв'язку між PLC та програмним пакетом Matlab, засобами протоколу OPC.

Оскільки система дозволяє провести моделювання з використанням будь-якого обладнання, вибір певних клапанів та датчиків не є обов'язковим. При моделюванні характеристики вибраного обладнання заносять параметри відповідних блоків.

5.1. Промисловий логічний контролер

В сучасному виробництві всіх рівнях присутня автоматизація систем управління. Для впровадження у виробництво АСУ ТП використовуються спеціальні програмовані мікроконтролери (PLC), такі як Siemens Simatic S7-1500 (рис. 50). Вони розраховані виконання конкретних завдань і орієнтовані працювати у реальному [16].

Фірма Siemens є одним із найбільших розробників програмованих мікроконтролерів, які можуть запропонувати споживачеві комплексні мікроконтролерні системи. Однак ця марка беззастережно лідирує, коли мова заходить про якість та надійність. Яскравим прикладом такого підходу є система модульних мікроконтролерів Simatic S7-1500.

PLC Simatic S7-1500 - це найновіша лінійка контролерів від компанії Siemens, який володіють передовими характеристиками, різноманітним функціоналом, а також чудовою швидкодією. У нових контролерах 1500 серії знижено затримку відгуку на обурення. Саме тому PLC сімейства S7-1500 може бути використаний для вирішення завдань високого рівня складності. Контролер має природне охолодження [16].

Зручна конструкторська реалізація PLC, а також його багатомодульність дозволяють адаптувати його до вимог розв'язуваного завдання. Якщо проект буде розширено 1500 контролер дозволяє наростити модулі для продовження

роботи. S7-1500 PLC захищає дані та програмне забезпечення, вбудоване в контролер, що дає користувачам додатковий рівень безпеки.



Рисунок 50 – Зовнішній вигляд ПЛК S7-1500

5.1.1. Склад S7-1500

Усі доступні модулі в лінійці сімейства приєднуються до PLC за допомогою профільної шини 1500 PLC. Одна монтажна стійка дозволяє підтримувати 32 модулі для коректної роботи. Модулі розширення можна ставити у будь-якій послідовності. Додаткові стійки можна приєднати до контролера S7-1500 за допомогою ET 200MP, з'єднання буде здійснено за допомогою мережі PROFINET [16].

Експлуатаційні характеристики підвищуються завдяки дисплею, що знімається. У контролері, без застосування програматора, можна змінити практично всі характеристики завдяки можливості заміни дисплея. Вся діагностична інформація, alarms (аварії), стани модульного підключення, інформацію про модулі, а також версію програмного забезпечення. S7-1500 дозволяє проводити гарячу заміну дисплея.

Контролери серії S7-1500 мають широкі комунікаційні можливості. Програмування АСУ з урахуванням контролерів Simatic S7-1500 здійснюється з

допомогою пакету програм TIA Portal. На контролери даної серії встановлюються сім типів процесорів різної продуктивності: CPU 1511-1PN, CPU 1513-1PN, CPU 1515-2PN, CPU 1516-3PN/DP, CPU 1516F-3PN/DP, CPU 1518-4PN/DP, CPU 1518F-4PN/DP. Порівняльні характеристики процесорів S7-1500 наведено на малюнку

51 [16]:

	CPU 1511-1 PN	CPU 1513-1 PN	CPU 1515-2 PN	CPU 1516-3 PN/DP	CPU 1516F-3 PN/DP	CPU 1518-4 PN/DP	CPU 1518F-4 PN/DP
Рабочая память, RAM:							
• для программы	150 кбайт	300 кбайт	500 кбайт	1 Мбайт	1.5 Мбайт	3 Мбайт	4.5 Мбайт
• для данных	1 Мбайт	1.5 Мбайт	3 Мбайт	5 Мбайт	5 Мбайт	10 Мбайт	10 Мбайт
Загрузочная память	SIMATIC Memory Card емкостью до 32 Гбайт						
Типовое время выполнения:							
• логических операций	60 нс	40 нс	30 нс	10 нс	10 нс	1 нс	1 нс
• операций со словами	72 нс	48 нс	36 нс	12 нс	12 нс	2 нс	2 нс
• математических операций:							
- с фиксированной точкой	96 нс	64 нс	48 нс	16 нс	16 нс	2 нс	2 нс
- с плавающей точкой	384 нс	256 нс	192 нс	64 нс	64 нс	6 нс	6 нс
Кол-во флагов/таймеров/счетчиков	131072/ 2048/ 2048						
Кол-во OB, FB, FC, DB на про- грамму, не более	2000	2000	6000	6000	6000	10000	10000
Размер, не более:							
• OB, FB, FC	150 кбайт	300 кбайт	500 кбайт	512 кбайт	512 кбайт	512 кбайт	512 кбайт
• DB	1 Мбайт	1.5 Мбайт	3 Мбайт	5 Мбайт	5 Мбайт	10 Мбайт	10 Мбайт
Кол-во модулей ввода-вывода на систему, не более	1024	2048	8192	8192	8192	8192	8192
Встроенные интерфейсы							
• PROFINET IRT, 10/100 Мбит/с	1 (2x RJ45)	1 (2x RJ45)	1 (2x RJ45)	1 (2x RJ45)	1 (2x RJ45)	1 (2x RJ45)	1 (2x RJ45)
• PROFINET, 10/100 Мбит/с	-	-	1 (1x RJ45)	1 (1x RJ45)	1 (1x RJ45)	2 (2x RJ45)	2 (2x RJ45)
• PROFIBUS, до 12 Мбит/с	-	-	-	1	1	1	1
Габариты, мм	35x125x130	35x125x130	70x125x130	70x125x130	70x125x130	175x125x130	175x125x130

Рисунок 51 – Порівняльні характеристики процесорів S7-1500

Для виконання поставлених завдань нам знадобиться контролер SIMATIC S7-1500 із процесором CPU 1516-3PN/DP, серійний номер: 6ES7 516-3AN01-0AB0, версія прошивки – 4,5.

5.1.2. Особливості S7-1500

ПЛК S7-1500 дозволяє зберігати дані при відключенні живлення, крім буферних батарей, за допомогою карти пам'яті розміром до 2 Гб.

Memory Card також дозволяє зберігати проект Step7 без винятку символічних імен.

Для обміну даними між контролером та підключеним пристроєм використовується швидкісна шина, швидкість якої досягає 400 Мб/с. Дані рішення дозволяє значно скоротити до мінімуму час циклу, а також час відповіді за схемою термінал-термінал не перевищує 100 мкс [16].

5.1.3. Захист інформації

Можливість встановлення захисту до доступу контролера дозволяє уникнути копіювання або зміни даних, завантажених у контролер, а так дозволяє захистити карти пам'яті, бібліотеки, від несанкціонованого перегляду. За допомогою прив'язки окремих або спільних блоків до індивідуального номера модуля ЦПУ їх читання чи копіювання зміни може бути заборонено. Реалізовано 4 рівні доступу до центрального процесора (підключення НМІ відбуваються після введення пароля), організація рівнів доступу (1 – 3) за допомогою персональних паролів. Захист від маніпуляції даними, включаючи захист цілісності даних проекту та системи зв'язку, цілісності та справжності оновлень вбудованого програмного забезпечення, забезпечує захист від зовнішніх атак [16].

5.2. Технологія OPC

Для забезпечення зв'язку між ПЛК та моделлю системи у програмному пакеті MATLAB буде використовуватись технологія пакетної передачі даних ETHERNET. Для цієї схеми підключення потрібно використовувати OPC-сервер [17].

OPC - це набір відкритих протоколів, що регламентують взаємодію між собою різних об'єктів автоматизації, таких як SCADA-системи, наприклад. OPC DA (Data Access) – це один із таких протоколів, він забезпечує обмін даними з пристроями чи програмними компонентами

OPC-сервер – програма, що здійснює взаємозв'язок між клієнтом та сервером, яка отримує дані використовуючи внутрішній формат клієнта, з подальшим перетворенням на формат сервера. За своєю суттю OPC-сервер – це деяка універсальна модель фізичного обладнання, що забезпечує взаємодію Космосу з будь-яким OPC-клієнтом.

Програма або пристрій, який або приймає різні дані від сервера є OPC - клієнтом.

Для забезпечення інтеграції обладнання у верхній рівень АСУ ТП, а саме в систему диспетчеризації достатньо підтримки SCADA всіх існуючих протоколів передачі даних, що використовуються даним обладнанням [17].

Існує велика різноманітність виробників та їхньої продукції, тому для застосування SCADA необхідно використовувати стандартні протоколи обміну даними (Modbus, LonTalk, Profibus), але це призводить до збільшення собівартості АСУ ТП. елементів, які можуть використовувати новий протокол обміну даними, який не підтримується цим рішенням. стандартного підходу до обміну даними, що виконує OPC сервер.

Суть OPC сервера полягає в тому, що виробник обладнання надає користувачеві спеціальне програмне забезпечення (OPC сервер), яке реалізує закритий протокол обміну даними з окремим обладнанням та передає дані в уніфікованому вигляді. Технологія OPC (рисунок 52) побудована за клієнт-серверним принципом. В основі технології закладено компонентну модель – COM (Component Object Model).

Технологія COM представляє собою набір інтерфейсів (набір функцій, які може викликати клієнт обмінюватись даними з COM 70 сервером). Ці функції дозволяють вважати кількість та тип змінних, які зареєстровані, вважати їх значення, виконати підписку на ці значення та записати значення в OPC сервер [17].

Так як підсистеми готуються заздалегідь кінцевої системи і всі інтерфейси, що використовуються в роботі, фіксується також заздалегідь OPC виходить на новий рівень використання, адже все вищезгадане є головною особливістю технології OPC.

Визначено перевагою застосування технології OPC також є легка і в цілому непомітна модернізація додатків, це можливо завдяки застосуванню технології COM (рис. 52).



Рисунок 52 – Структурна схема зв'язку програмних комплексів з OPC

Технологія OPC дозволяє застосовувати мережну інтеграцію, підтримку та інші сервіси, що надаються операційною системою. Технологія OPC подвійна, вона одночасно і потужна, але й складна у використанні.

В рамках даної роботи необхідно виконувати моделювання в реальному часі, для цього використовуватиметься OPC-сервер, запуск якого буде описаний нижче. Як клієнт, виступатиме програмний пакет Matlab/Simulink [17].

5.3. Програмний пакет MATLAB

В рамках роботи нам необхідно виконувати математичне моделювання, для цього буде потрібний потужний інструмент, який дозволить виконувати моделювання в реальному часі, і який має можливість працювати як OPC-клієнт. В якості такого програмного пакету було обрано MATLAB [18].

«MATLAB – це високорівнева мова та інтерактивне середовище для програмування, чисельних розрахунків та візуалізації результатів (рис. 53)».

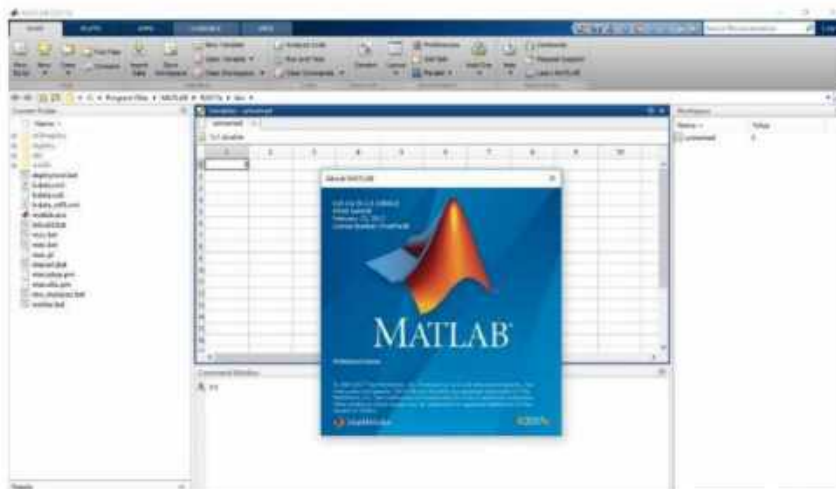


Рисунок 53 – Головне вікно програмного пакету MATLAB

За допомогою програмного пакету MATLAB можна проводити аналіз даних, програмувати, а також проектувати та моделювати. Для створення математичних моделей. Ми будемо використовувати пакет «MATLAB

Simulink – графічне середовище імітаційного моделювання, що дозволяє за допомогою блок-діаграм у вигляді спрямованих графів, будувати динамічні моделі, включаючи дискретні, безперервні та гібридні, нелінійні та розривні

системи», за допомогою якого змодельуємо 3-фазний асинхронний занурювальний електродвигун [18].

Для вирішення будь-якої задачі проектування необхідно використовувати розширення Simulink.

Для зв'язку сервера з MATLAB необхідно звернутися до бібліотеки Toolbox, яка має в арсеналі набір інтерфейсів для роботи з сервером OPC. Все вищезгадане дозволяє налагодити взаємозв'язок між програмним забезпеченням MATLAB та зовнішніми апаратними засобами, які обмінюватимуться з ним даними. Таким чином, був обраний математичний пакет, який відповідає необхідним вимогам для здійснення математичного моделювання [18].

5.4. Середовище розробки SIEMENS TIA PORTAL

Основним середовищем розробки програмного забезпечення для ПЛК компанії Siemens є TIA PORTAL (рис. 54). Саме цей програмний пакет буде використовуватися для написання програми для передачі і прийому даних з програмного пакету MATLAB, так як у TIA PORTAL є вбудований OPC-сервер, а також повна сумісність з приводами Sinamics [19].

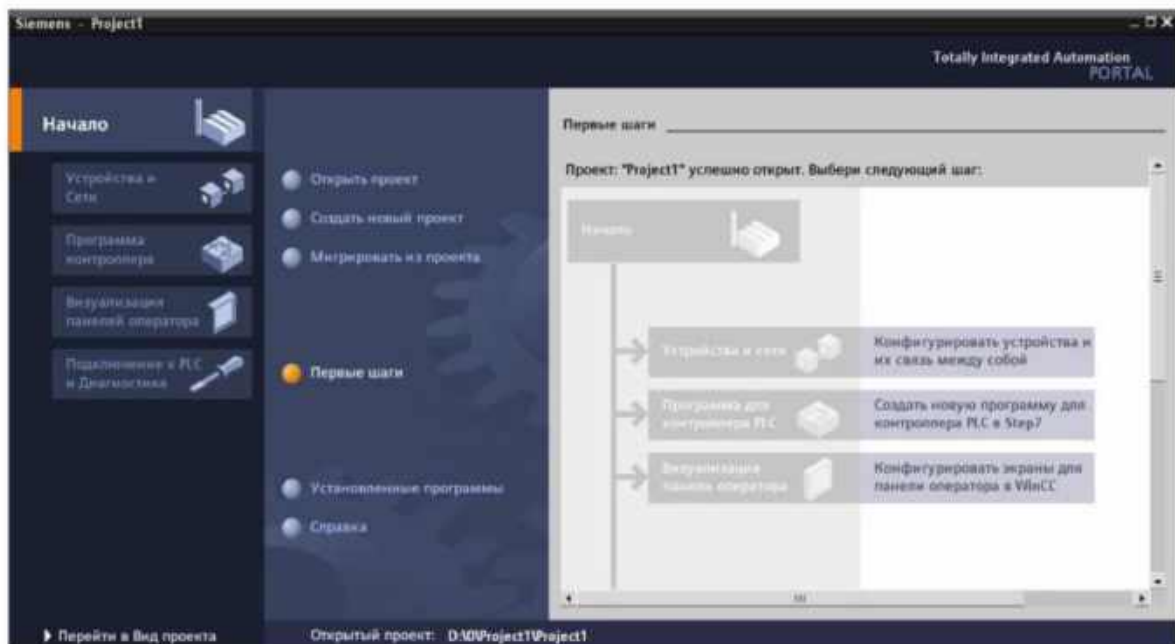


Рисунок 54 – Головне вікно програмного забезпечення TIA Portal

Дане ПЗ дозволяє досягати найвищу ефективність розробки будь-яких проектів АСУ ТП, що ґрунтуються на використанні PLC SIMATIC та інтерфейсу SIMATIC HMI.

Так як всі підпрограми TIA Portal користуються однією і тією ж базою даних, всі зміни, які вносяться в модель, використовуючи будь-який редактор, зберігаються і стають доступними всім засобам без повтору введення тих самих даних [19].

"TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) - інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів від рівня приводів і контролерів до рівня людино-машинного інтерфейсу." Вона є втіленням концепції комплексної автоматизації (англ. Totally Integrated Automation) та еволюційним розвитком сімейства систем автоматизації Simatic компанії Siemens AG»

У TIA Portal інтегровано три основні програмні пакети:

Simatic Step 7 – для програмування контролерів S7-1500, S7-1200, S7-300, S7-400 та WinAC;

Simatic WinCC – для розробки людино-машинного інтерфейсу (від найпростіших панелей кнопок до складних конфігурацій рівня SCADA).

Таким чином, використання TIA PORTAL дозволяє обходитися лише одним програмним пакетом і докуповувати додаткове програмне забезпечення [19].

5.5. Висновки з 5 розділу

У розділі було здійснено опис та вибір апаратних та програмних засобів стенду, на якому здійснюватиметься математичне моделювання.

Як головний керуючий модуль буде використовуватися програмований логічний контролер компанії Siemens S7-1500, даний контролер вільно програмується і дозволяє писати програми будь-якого рівня складності, а також має інтерфейс Profinet, який дозволяє здійснювати обмін даними між контролером і програмним пакетом MATLAB.

Для написання програми, що управляє, використовується середовище проектування TIA PORTAL, яке також дозволяє конфігурувати і запустити OPC-сервер.

Як середовище написання математичної моделі – використовується програмний пакет MATLAB, який дозволяє здійснювати проектування моделей будь-якої складності, а також проводити моделювання в реальному часі.

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що в рамках другого розділу були підібрані всі основні програмні компоненти стенду для здійснення напівнатурного моделювання. А також наведено обґрунтування застосування апаратних засобів створення моделі.

Розділ 6. Ресурсоефективність та ресурсозбереження

6.1. Передпроектний аналіз

6.1.1. Потенційні споживачі результатів дослідження

Розробка, якій присвячена дана робота, є модуль процесу нафтовидобутку, що забезпечує підтримку на заданому рівні необхідних характеристик, на основі фізичної моделі побудованої в ПО MATLAB.

Виходячи з особливостей модуля можна судити про коло осіб, які потенційно будуть зацікавлені в розробці. Цільовим ринком нинішньої розробки є компанії, основною діяльністю яких є видобуток -нафта та газопродукти. Всі компанії, що потребують автоматизації технологічного процесу видобутку - нафти та газопродуктів, будуть зацікавлені в такого роду програмному продукті. Однак, через наявність у додатку штучного інтелекту, робота може бути цікава також для осіб, які займаються науково-дослідною діяльністю, пов'язаною з методами машинного навчання.

Сегментувати ринок послуг можна за рівнем потреби використання даних розрахунків. Результат сегментування представлені таблиці 2.

В таблиці 2 наводяться основні сегменти ринку за такими критеріями: розмір компанії-замовника, напрямок діяльності. Літерами позначені компанії: "А" - ТОВ "Елком", "В" - ТОВ " Циклон", "С" АТ «ЕлеСі» Виходячи з аналізу карти сегментування, можна зробити висновок про те, що розробка SCADA-системи та виконання будівельно-монтажних робіт є найкращим об'єктом для розробок серед великих та середніх компаній.

Таблиця 2 - Сегментування ринку

		Вид діяльності			
		Розробка АСУ ТП	Будівельно-монтажні роботи	Розробка SCADA-системи	Впровадження модуля планування видобутку
Розмір компанії	Великі	С	В	С	
	Середні	А, В	А, В	А, В, С	
	Дрібні	А, В	А, В	А, В, С	

Виходячи з аналізу карти сегментування, можна зробити висновок про те, що розробка SCADA-системи та виконання будівельно-монтажних робіт є найкращим об'єктом для розробок серед великих та середніх компаній, але впровадження модуля планування видобутку є об'єктом для розробок серед усіх розмірів компаній для російського ринку.

6.1.2 Аналіз конкурентних рішень

В даний час існує достатня кількість проектних організацій, що займаються розробкою АСУ та впровадженням їх на виробництві.

Компанії «ЕлеСі» та «Елком» є лідерами в галузі автоматизації Харківської області.

Компанія "ЕлеСі" будує системи диспетчерського контролю, використовуючи контролери свого виробництва, а також SCADA Infinity (свого виробництва). Ціна за розробки компанії невисока, але обладнання багато в чому поступається зарубіжним аналогам.

Компанія ТОВ Елком є однією з компаній, що займається розробкою АСУ для таких підприємств як «Укрнафта». Компанія також здійснює передпроектне обстеження та розробку проектної та робочої документації.

Аналіз конкурентних технічних рішень розраховується за формулою

18:

$$K = \sum B_i * B_i \quad (18)$$

де К – конкурентоспроможність;

B_i - вага показника (у частках);

B_i - бал І-го показника.

Виходячи з розрахунків впливає висновок, що проект може надати конкуренцію в ціні, поліпшенні продуктивності та зручності використання. Однак проект має слабку позицію в плані ремонтпридатності та післяпроектного супроводу.

Аналіз конкурентних технічних рішень Цей аналіз проводиться за оціночної карті порівняння конкурентних технічних розробок. Карта представлена у таблиці 4.

Таблиця 4 - Оціночна карта QuaD

Критерій оцінки	Вага критерію	Бали	Максимальний бал	Відносне значення (3/4)	Середньозважене значення (5x2)
Технічні критерії оцінки ресурсоефективності					
Надійність	0,12	70	100	0,7	0,084
Зручність використання	0,14	75	100	0,75	0,105
Безпека	0,15	85	100	0,85	0,1275
Поліпшення продуктивності	0,18	90	100	0,90	0,162
Мінімізація помилок обліку	0,10	65	100	0,65	0,065
Ремонтпридатність	0,09	70	100	0,70	0,063
Економічні критерії оцінки ефективності					

Післяпроектне супровід	0,09	70	100	0,70	0,063
Ціна	0,07	80	100	0,80	0,056
Конкурентоспособність	0,06	65	100	0,65	0,039
Разом	1				0,7645

Оцінка перспективності та якості за технологією QuaD знаходиться за формулою 19:

$$P_{cp} = \sum P_i \cdot 100 \quad (19)$$

де P_{cp} – середньозважене значення показників якості та перспективності наукової розробки;

P_i - середньозважене значення показника

Значення P_{cp} відображає перспективність розробки:

$$P_{cp} = \sum P_i \cdot 100 = 76,45. \quad (20)$$

Значення $P_{cp} = 76,45$ показує, що проект має перспективність вище середньої, що дозволяє говорити про подальшу можливість роботи над проектом та його поліпшення.

6.1.3. SWOT-аналіз

SWOT-аналіз – метод планування, який полягає в тому, щоб виявити фактори внутрішнього та зовнішнього середовища організації, та розподіл їх на 4-рі категорії: Strengths (сильні сторони), Weaknesses (слабкі сторони), Opportunities (можливості) та Threats (загрози). SWOT-аналіз проводиться у кілька етапів. Перший – опис сильних та слабких сторін проекту, а також виявлення можливостей та загроз для реалізації проекту.

Другий етап – виявлення відповідностей сильних та слабких сторін розробленого проекту умовам довкілля. Етап необхідний виявлення необхідності стратегічних змін (таблиця 6).

Знак «+» – сильна відповідність сильних сторін можливостям, «-» – слабка відповідність, «0» – у разі сумнівів.

Таблиця 6 – Інтерактивна матриця проекту

Сильна сторона проекту					
Можливості проекту		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	0	+	+	0
Можливості проекту		C1	C2	C3	C4
	B3	+	+	+	+
Слабкі сторони проекту					
Можливості проекту		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4
	1	+	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	+	+	+	+
	3	+	+	+	+
Сильні сторони проекту					
Загрози проекту		C1	C2	C3	C4
Загрози проекту		C1	C2	C3	C4
	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	+	+	-	-
	5	+	-	-	-
	5	+	-	-	-
Слабкі сторони проекту					
Загрози проекту		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4
	1	+	+	+	+
	2	+	+	+	+
	3	+	+	+	+
	4	+	+	+	+
	5	+	+	+	+
	5	+	+	+	+

6.1.4. Оцінка готовності проекту до комерціалізації

На якій би стадії життєвого циклу не знаходилася наукова розробка, корисно оцінити ступінь її готовності до комерціалізації та з'ясувати рівень власних знань для її проведення (або завершення). Для цього необхідно заповнити спеціальну форму, що містить показники про ступінь опрацьованості проекту з позиції комерціалізації і компетенціям розробника наукового проекту. Перелік питань наведено у таблиці 7.

Таблиця 7 – Бланк оцінки ступеня готовності наукового проекту до комерціалізації

№ п/п	Найменування	Ступінь опрацьованості наукового проекту	Рівень наявних знань розробника
1.	Визначено наявний науково-технічний заділ	4	4
2.	Визначено перспективні напрями комерціалізації науково-технічного зачепила	3	5
3.	Визначено галузі та технології (товари, послуги) для пропозиції на ринку	3	4
4.	Визначено товарну форму науково-технічного доробку для подання на ринок	4	3
5.	Визначено авторів та здійснено охорону їх прав	4	2
6.	Проведено оцінку вартості інтелектуальної власності	4	2
7.	Проведено маркетингові дослідження ринків збуту	3	2
8.	Розроблено бізнес-план комерціалізації наукової	2	3

	розробки		
9.	Визначено шляхи просування наукової розробки ринку	3	4
10.	Розроблено стратегію (форму) реалізації наукової розробки	5	4
11.	Опрацьовано питання міжнародного співробітництва та виходу на закордонний ринок	3	4
12.	Опрацьовано питання використання послуг інфраструктури підтримки, отримання пільг	2	3
13.	Опрацьовано питання фінансування комерціалізації наукової розробки	3	3
14.	Є команда для комерціалізації наукової розробки	2	2
15.	Опрацьовано механізм реалізації наукового проекту	5	5
	РАЗОМ БАЛІВ	50	40

6.1.5. Методи комерціалізації результатів науково-технічного дослідження

Перспективність наукового дослідження вища за середнє, тому не всі аспекти розглянуті та вивчені. Отже, в організацію підприємства цього недостатньо (пункт 4 – 8 не підходять). Але оскільки основний науково-технічний доробок визначено, цього достатньо для комерціалізації для наступних методів (пункти 1 – 3): Торгівля патентною ліцензією; передача ноу-хау та інжиніринг. Ступеня опрацьованості наукового проекту та рівень знань розробника достатньо для реалізації пунктів, які були обрані.

6.1.6 Ініціація проекту

В рамках процесів ініціації визначаються початкові цілі та зміст та фіксуються початкові фінансові ресурси. Визначаються внутрішні та зовнішні зацікавлені сторони проекту, які взаємодіятимуть та впливатимуть на загальний результат наукового проекту.

6.1.7 Цілі та результати проекту

Перед визначенням цілей необхідно перерахувати зацікавлені сторони проекту, представлені в таблиці 8.

Таблиця 8 – Зацікавлені сторони проекту

Зацікавлені сторони проекту	Очікування зацікавлених сторін
Користувач	Простота та надійність продукту
Розробник	Отримання прибутку зі свого продукту
Науковий керівник, студент	Виконана ВКР

Цілі та результат розділу представлені в таблиці 9:

Таблиця 9 – Цілі та результат економічної частини проекту

Цілі проекту:	Реалізувати алгоритм управління насосами для підтримки дебіту свердловин. Провести тестування Впровадити розробку
Зібрати набір характеристик насосів, а також методи програмування модуля Створити технічне завдання та проектні рішення.	
Очікувані результати проекту:	Успішне використання розробки у відповідні компанії.
Критерії приймання результату проекту:	Успішне тестування функціоналу відповідно з функціональним вимогою.
Вимоги до результату проекту:	Вимога: Виконані всі умови поставлені в тз проекту, модуль мають надійну структуру та підтримує всі показники на заданому рівні. Розроблений функціонал повністю відповідає проектним рішенням.

6.1.8. Обмеження та припущення проекту

Обмеження проекту – це всі фактори, які можуть послужити обмеженням ступеня свободи учасників команди проекту, а також «кордони проекту» - параметри проекту або його продукту, які не будуть реалізованих у рамках цього проекту. Цю інформацію подати в табличній формі (таблиця 10).

Таблиця 10 – Обмеження проекту

Чинник	Обмеження
1.2.3.1 Бюджет проекту	65000 грн
1.2.3.1.1 Джерело фінансування	НІТПУ
1.2.3.2 Терміни проекту	01.01.2024 – 31.05.2028
1.2.3.2.1 Фактична дата затвердження плану управління проектом	12.12.2028
1.2.3.2.2 Планова дата завершення проекту	31.05.2029

6.2. Планування управління науково-технічним проектом

6.2.2. Ієрархічна структура робіт проекту

Група процесів планування складається і процесів, здійснюваних визначення загального змісту робіт, уточнення цілей і розробки послідовності дій, необхідних досягнення цих цілей.

План управління науковим проектом повинен включати такі елементи:

- ієрархічна структура робіт проекту;
- контрольні події проекту; план проекту; Б
- бюджет наукового дослідження.

Ієрархічна структура робіт (ICP) – деталізація укрупненої структури робіт. У процесі створення ICP структурується та визначається зміст всього проекту. На рис 55 представлений шаблон ієрархічної структури.



Рисунок 55 – Ієрархічна структура ВКР

У цьому проекті буде використано проектну структуру проекту, оскільки вона підходить більше, тому що технологія є новою і не досліджуваною раніше, складність проекту висока.

6.2.3 План проекту

Діаграма Ганта – це тип стовпчастих діаграм (гістограм), який використовується для ілюстрації календарного плану проекту, на якому роботи на тему видаються протяжними в часі відрізками, що характеризуються датами початку та закінчення виконання цих робіт.

Графік будується як таблиці 11, з розбивкою за місяцями і декадам (10 днів) період виконання наукового проекту. При цьому роботи на графіку слід виділити різним штрихуванням залежно від виконавців, відповідальних за ту чи іншу роботу.

Таблиця 11 – Календарний план-графік проведення НДДКР

[illegible]

Для розробки нинішньої системи потрібне звичайне обладнання у вигляді персонального комп'ютера та куплених серверів під час життєвого циклу програмного продукту. Середовище та засіб розробки, програмний софт та інші комплектуючі, а також електроенергія, необхідних розробки, поширюються всередині університету безкоштовно і вимагають додаткових витрат (таблиця 12, таблиця 13).

Таблиця 12 – Розрахунок витрат за статтею «Матеріальні витрати»

Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість		Ціна за од., грн		Витрати на матеріали	
		Кер.	Студ.	Кер.	Студ.	Кер.	Студ.
Електроенергія	кВт/год	-		-	3,42 грн за кВт/год	-	
Миша	Шт.	-	1	-	350	-	350
Папір	Пачка	-	1	-	250	-	250
Канцелярія	Шт.	-	1	-	300	-	300
Разом:						900	

Таблиця 13 – Розрахунок витрат за статтею «Спецобладнання для наукових праць»

Найменування	Одиниця вимірюванн я	Кількість		Ціна за од., грн		Витрати на матеріали	
		Кер.	Студ.	Кер.	Студ.	Кер.	Студ.
Ноутбук (ПК)	Шт.	-	1	-	35000	-	40250
Принтер	Шт.	-	1	-	2700	-	3240
TiaPortal	Шт.	1		165540		-	
MATLAB	Шт.	1		2178651		-	
Разом:						43490	

6.2.5. Основна заробітна плата

У цьому розділі розраховується заробітна плата працівників, безпосередньо зайнятих виконанням НТІ, (включаючи премії, доплати) та додаткову заробітну плату:

$$З_{зн} = З_{осн} + З_{доп},$$

де $З_{осн}$ - основна заробітна плата;

$З_{доп}$ - додаткова заробітна плата (12-20) % від $З_{осн}$. Середньоденна заробітна плата розраховується за формулою 22:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} * M}{F_{д}} \quad (22)$$

де $З_{м}$ - місячний посадовий оклад працівника, грн.;

M - Кількість місяців роботи без відпустки протягом року: при відпустці в 24 роб. дня $M = 11,2$ місяці, 5-денний тиждень; при відпустці 48 роб. днів $M = 10,4$ місяця, 6-денний тиждень; при відпустці у 72 роб. днів $M = 9,6$;

$F_{д}$ - дійсний річний фонд робочого дня науково-технічного персоналу, роб. дн.

Величина витрат із заробітної плати визначається з трудомісткості виконуваних робіт і системи оплати праці. До складу основної заробітної плати включається премія, що виплачується щомісяця із фонду заробітної плати (розмір визначається Положенням про оплату праці). Розрахунок основної заробітної плати зводиться до таблиці 14.

Таблиця 14 – Розрахунок основної заробітної плати

№ з/п	Найменування етапів	Виконавці по категоріям	Трудомісткість, чол.-дн.	Заробітна плата, випадок на один чол.-дн., грн	Усього Заробітна плата за тарифом (ккладів), грн.
		Керівник		17000	17000
		Магістр		2650	2650
Разом:				19650	

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (22)$$

де $Z_{осн}$ - основна заробітна плата;

$Z_{доп}$ - додаткова заробітна плата.

Основна заробітна плата $Z_{осн}$ керівника розраховується за формулою 23:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{роб} \quad (23)$$

де $T_{роб}$ - тривалість робіт, що виконуються науково-технічним працівником, раб.дн.;

$Z_{дн}$ - Середньоденна заробітна плата працівника, грн.

Отже, для керівника основна заробітна плата з урахуванням районного коефіцієнта (формула 24):

$$Z_{осн} = 17000 * 1,3 = 22100 \quad (24)$$

Середньоденна заробітна плата розраховується за формулою 25:

$$Z_{дн} = (Z_m * M) / F_d \quad (25)$$

де Z_m - місячний посадовий оклад працівника, грн (як місячний оклад магістра виступає 0,5 стипендії = 2650 грн);

M – кількість місяців роботи без відпустки протягом року:

- при відпустці 45 раб. днів $M = 104$ місяця, 6 - денний тиждень;

F_d - дійсний річний фонд робочого часу науково-технічного персоналу (в робочих днях).

Тоді для керівника:

$$Z_{дн} = \frac{22100 * 10,4}{254} = 905 \text{ грн} \quad (26)$$

Для магістра:

$$Z_{дн} = \frac{2650 * 10,4}{217} \text{ грн} \quad (27)$$

Баланс робочого дня представлений у таблиці 15.

Таблиця 15 - Баланс робочого часу

Показники робочого часу	Керівник	Магістр
Календарне число днів	365	365
Кількість неробочих днів		
- вихідні дні	52	82
- святкові дні	14	14
Втрати робочого часу		
- відпустка	45	52
- невиходи через хворобу	-	-
Справжній річний фонд робітника часу	254	217

Було проведено розрахунки основної заробітної плати.

Результати наведено у таблиці 16.

Таблиця 16 - Результати розрахунку основної заробленої плати

Виконавці	З _б , грн.	k _p	З _м , грн.	З _{дн} , грн.	Г _p , роб. дн.	З _{осн} , грн.
Керівник	17000	1.3	22100	905	40	36200
Магістр	2650		2650	127	80	10160
Разом за статтею З _{осн} :						46360

6.2.6. Додаткова заробітна плата науково-виробничого персоналу

Додаткова заробітна плата включає оплату за неопрацьований час (чергова та навчальна відпустка, виконання державних обов'язків, виплата винагород за вислугу ліг тощо) та розраховується виходячи з (10 – 15) % від основної заробітної плати, працівників, які безпосередньо беруть участь у виконанні теми:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (28)$$

де $Z_{\text{доп}}$ - додаткова заробітна плата, грн.;

$k_{\text{доп}}$ - коефіцієнт додаткової зарплати ($k_{\text{доп}} = 0,1$);

$Z_{\text{осн}}$ - основна заробітна плата, грн.

Для керівника:

$$Z_{\text{доп}} = 36200 \cdot 0,1 = 3620 \text{ грн} \quad (29)$$

В таблиці 17 наведено розрахунок основної та додаткової заробітної плати.

Таблиця 17 - Заробітна плата виконавців ВКР, грн

Виконавці	Основна зарплата (грн.)	Коефіцієнт додатковою заробітної плати ($k_{\text{доп}}$)	Додаткова зарплата (грн.)
Керівник	36200	0,1	3620
Студент	10160	-	-
Разом:			3620

6.2.7 Відрахування на соціальні потреби

Стаття включає в себе відрахування до позабюджетних фондів (Таблиця 18).

Таблиця 18 - Відрахування до позабюджетних фондів

Виконавець	Основна заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата, грн.
Керівник проекту	36200	3620
Студент	10160	-
Коефіцієнт відрахувань у позабюджетні фонди	30%	
Разом		
Керівник	11946	
Студент	3048	

де $k_{\text{позаб}}$ - коефіцієнт відрахувань на сплату до позабюджетних фондів (пенсійний фонд, фонд обов'язкового медичного страхування та ін.).

6.2.8. Накладні витрати

В цю статтю відносяться витрати по утриманню, експлуатації та ремонту обладнання, виробничого інструменту та інвентарю, будівель, споруд та ін. У розрахунках ці витрати приймаються у розмірі (70 - 90)% від суми основної заробітної плати науково-виробничого персоналу даної науково-технічної організації.

Накладні витрати складають 30% суми основної додаткової заробітної плати, працівників, які безпосередньо беруть участь у виконання теми.

Розрахунок накладних витрат ведеться за такою формулою 30:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}) \quad (30)$$

де $k_{\text{накл}}$ - коефіцієнт накладних витрат.

$$Z_{\text{накл}} = 0,3 * (36200 + 10160 + 3620) = 14994 \text{ грн} \quad (31)$$

6.2.9. Формування бюджету витрат науково-дослідного проекту.

Розрахована величина витрат науково-дослідної роботи є основою для формування бюджету витрат проекту, який при формуванні договору із замовником захищається науковою організацією як нижня межа витрат на розробку науково-технічної продукції (таблиця 19).

Таблиця 19 - Бюджет витрат НТІ

Витрати за статтями							
Сировина, матеріали (за вирахуванням зворотніх відходів), закупні вироби та напівфабри	Спеціальне обладнання для наукових (експериментальних) робіт	Основна заробітня плата	Доповільна заробітня плата	Тиражні витрати	відліку вання на соціальні потреби	Разом планово-собівартимість	

	кати						
	900	43490	46360	3620	14994	14994	124358
	5000	100 000	75000	7500	24750	24750	237000

В результаті було отримано, що бюджет витрат НТІ становитиме 124 358 грн. При цьому витрати у конкурентів становлять 237000 грн, з чого можна зробити висновок, що отриманий продукт буде економічнішим, ніж у конкурентів.

6.3. Організаційна структура проекту

У практиці використовують кілька базових варіантів організаційних структур: функціональна, проектна, матрична.

Для вибору найбільш підходящої організаційної структури можна використовувати таблицю 20.

Таблиця 20 - Вибір організаційної структури наукового проекту

Критерії вибору	Функціональна	Матрична	Проектна
Ступінь невизначеності умов реалізації проекту	Низька	Висока	Висока
Технологія проекту	Стандартна	Складна	Нова
Складність проекту	Низька	Середня	Висока
Взаємозалежність між окремими частинами проекту	Низька	Середня	Висока
Критичність фактора часу (зобов'язання за термінів завершення робіт)	Низька	Середня	Висока
Взаємозв'язок та взаємозалежність проекту від організацій більше високого рівня	Висока	Середня	Низька

У цьому випадку вибір лежить до проектної структури проекту через особливості розробки. Складовою проекту є модульні системи, що працюють у постійній взаємодії іншими моделями.

Також основною причиною вибору проектної структури є те, що технологія проекту є новою і є обмежені терміни реалізації.

6.3.1. План управління комунікаціями проекту

План управління комунікаціями відображає вимоги до комунікацій із боку учасників проекту.

Приклад плану управління комунікаціями наведено у таблиці 21.

Таблиця 21 – Приклад плану управління комунікаціями

№ з/п	Яка інформація передається	Хто передає інформацію	Кому передається інформація	Коли передає інформацію
1.	Статус проекту	Керівник проекту	Представнику замовника	Щоквартально
2.	Обмін інформацією про поточному стані проекту	Виконавець проекту	Учасникам проекту	Щотижня (п'ятниця)
3.	Документи та інформація щодо проекту	Відповідальне особа по напрямку	Керівнику проекту	Не пізніше термінів графіків та до точок
4.	Про виконання контрольної точки	Виконавець проекту	Керівнику проекту	Не пізніше дня контрольного події за планом управління

6.3.2. Реєстр ризиків проекту

Ідентифіковані ризики проекту включають можливі невизначені події, які можуть виникнути в проекті та викликати наслідки, які спричинять небажані ефекти.

	Ризик	Потенціальне вплив	Ймовірно ть наступленн й ія (1-5)	Вплив іє ризик (1-5)	рівні нь ризик*	Способи пом'якшення ризик	Умови наступу я
	Втрата актуальності		2	5	середні й	Впровадження нового функціонування ла в процесі життєвого про цикл ПЗ	Занадто хаотичне зміна ринку, поява нових інструментів
	Неточність ПЗ		4	5	високий й	Модифікація ція алгоритму ПЗ	Низька точність, фізичні просідання ПК

6.4. Визначення ресурсної, фінансової, бюджетної, соціальної та економічної ефективності дослідження

6.4.1 Оцінка абсолютної ефективності дослідження

Динамічні методи оцінки інвестицій базуються на застосуванні показників: чиста поточна вартість (NPV); термін окупності (DPP); внутрішня ставка доходності (IRRіндекс прибутковості (PI))

Всі перелічені показники ґрунтуються на зіставленні чистих фінансових надходжень від операційної та інвестиційної діяльності, та їх приведенні до певного моменту часу, момент ухвалення рішень про інвестування коштів.

6.4.2. Чиста поточна вартість (NPV)

Цей метод заснований на зіставленні дисконтованих чистих грошових надходжень від операційної та інвестиційної діяльності.

Якщо інвестиції мають разовий характер, то NPV визначається за формулою 32:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0 \quad (32)$$

де $ЧДП_{опt}$ - Чисті грошові надходження від операційної діяльності;

I_0 - разові інвестиції, що здійснюються у нульовому році;

t - Номер кроку розрахунку ($t=0, 1, 2, \dots, n$);

n - Обрій розрахунку;

i - Ставка дисконтування (бажаний рівень прибутковості коштів, що інвестуються).

Чиста поточна вартість (таблиця 23) є абсолютним показником. Умовою економічності інвестиційного проекту з цього

показником є виконання наступної нерівності: $NPV > 0$.

Чим більше NPV, тим більше вплив інвестиційного проекту на економічний потенціал підприємства, що реалізує цей проект, та на економічну цінність цього підприємства.

Таким чином, інвестиційний проект вважається вигідним, якщо NPV є позитивним.

Таблиця 23 - Розрахунок чистої поточної вартості за проектом загалом

	Найменування показників	Крок розрахунку				
		0	1	2	3	4
.	Виручка від, тис.грн.	0	58642	58642	58642	58642
.	Разом приплив, тис. грн.	0	58642	58642	58642	58642
.	Інвестиційні витрати, тис.грн.	-65000	0	0	0	0
.	Операційні витрати, тис. грн.	-65000	16425	16424	16424	16425
.	З+Ам+ФОП	-65000	16425	16424	16424	16425

·	Оподатковуваний прибуток (1-4)	-65000	42218	42218	42218	42218
·	Податки, тис. грн донал.приб*20%	-65000	8444	8444	8444	444
·	Разом відтік, тис. грн. Опер.затр.+податки (4+6)	-65000	24869	24869	24869	4869
	Чистий прибуток, тис.грн. (1-7)	-65000	33773	33773	33773	3773
	Амортизація, тис.грн	-65000	725	725	725	25
·	Чистий грошовий потік, тис. грн. ЧДП = Пчист + Ам	-65000	34498	34498	34498	34498
·	Коефіцієнт дисконтування (приведення при $i=20\%$)	1,0	0,833	0,694	0,578	0,482
0.	Дисконтований чистий Фінансовий потік, тис.грн. (C8 * C9)	-65000	28737	23942	19940	16628
1.	Те саме наростаючим результатом, тис.грн. (PV = 24,247 тис.грн.)	-65000	-36263	12321	7619	24247

У ході проведення аналізу показників ефективності інвестицій було отримано чисту поточну вартість (NPV) – 24,247 тис. грн.

Отже, даний інвестиційний проект вважатимуться вигідним, NPV є позитивною величиною.

Соціальна ефективність (таблиця 24) наукового проекту враховує соціально-економічні наслідки здійснення наукового проекту для суспільства загалом чи окремих категорій населення чи груп осіб, у тому числі як безпосередні результати проекту, так і «зовнішні» результати

в суміжні сектори економіки: соціальні, екологічні та інші позакоекономічні ефекти.

Таблиця 24 – Критерії соціальної ефективності

ДО	ПІСЛЯ
Дебіт куща не підтримується автоматично.	Модель самостійно проводить аналіз даних і використовую логіку управління автоматично підтримує дебіт куща на заданому рівні.
Складність зміни характеристик обладнання.	Простота моделі дозволяє легко змінювати характеристики, насоси, двигуна, клапаном та іншого обладнання.

6.4.3 Оцінка порівняльної ефективності дослідження

Інтегральний показник фінансової ефективності наукового дослідження отримують під час оцінки бюджету витрат трьох (чи більше) варіантів виконання наукового дослідження.

Інтегральний фінансовий показник розробки визначається як:

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипі}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (33)$$

де $I_{\text{финр}}^{\text{ипі}}$ - Інтегральний фінансовий показник розробки; Φ_{pi} - вартість і-го варіанту виконання;

$\Phi_{\text{рmax}}$ - максимальна вартість виконання науково-дослідного проекту (в т.ч. аналоги).

Отримана величина інтегрального фінансового показника розробки відбиває відповідне чисельне збільшення бюджету витрат розробки в разях (значення більше одиниці), або відповідне чисельне здешевлення вартості розробки в разях (значення менше одиниці, але більше нуля).

Інтегральний показник ресурсоефективності варіантів виконання об'єкта дослідження можна визначити так:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (34)$$

де: I_{pi} - Інтегральний показник ресурсоефективності для і-го варіанта виконання розробки;

a_i – ваговий коефіцієнт і-го варіанта виконання;

b_i^a, b_i^p – бальна оцінка і-го варіанти виконання розробки, встановлюється експертним шляхом за обраною шкалою оцінювання;

n - Число параметрів порівняння.

Розрахунок інтегрального показника ресурсоефективності наведено у формі таблиці (таблиця 25).

Таблиця 25 – Порівняльна оцінка параметрів виконання проекту

ПЗ Критерії	Ваговий коефіцієнт параметра	Поточний проект	Аналог 1	Аналог 2
. Сприяє зростанню продуктивності праці користувача	0,1	5	3	4
. Зручність в експлуатації (відповідає вимогам споживачів)	0,15	5	2	3
. Перешкодостійкість	0,15	3	3	3

Продовження таблиці 25 – Порівняльна оцінка параметрів виконання проекту

ПЗ Критерії	Ваговий коефіцієнт параметра	Поточний проект	Аналог 1	Аналог 2
Енергозбереження	0,20	4	3	3
Надійність	0,25	4	4	4
Точність аналізу	0,15	4	4	4
РАЗОМ	1	25	19	² 2

Таблиця 26 - Порівняльна ефективність розробки

№ п/п	Показники	Аналог	Розробка
1	Інтегральний фінансовий показник розробки	0,21	0.2
2	Інтегральний показник ресурсоефективності розробки	3.15	3.94
3	Інтегральний показник ефективності	15	19.7
4	Порівняльна ефективність варіантів виконання	0.95	1,05

Порівняння значень інтегральних показників ефективності дозволяє судити про прийнятність існуючого варіанта вирішення поставленої в магістерській дисертації технічної задачі з позиції фінансової та ресурсної ефективності.

6.4.4/ Дисконтований термін окупності

Одним із недоліків показника простого терміну окупності є ігнорування у процесі його розрахунку різної цінності грошей у часі.

Цей недолік усувається шляхом визначення дисконтованого терміну окупності.

Розраховується цей показник приблизно за тією ж методикою, що простий термін окупності, з тією різницею, що останній не враховує фактор часу. Найбільш прийнятним методом встановлення дисконтованого терміну окупності є розрахунок кумулятивного (наростаючим підсумком) грошового потоку (таблиця 27).

Таблиця 27 - Дисконтований термін окупності

№	Найменування показника	Крок розрахунку				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтований чистий грошовий потік ($i=0,20$)	-65000	8737 ²	239 ² 42	1 ¹ 9940	166 ² 28
2.	Те саме наростаючим підсумком	-65000	36263 ⁻	12321 ⁻	7 ⁷ 619	242 ⁷ 47
3.	Дисконтований термін окупності	PP = 2 + 12321/19940 = 2,61 місяця				

6.4.5. Внутрішня ставка доходності (IRR)

Для встановлення показника чистої поточної вартості (NPV) необхідно мати інформацію про ставку дисконтування, визначення якої є проблемою, оскільки залежить від оцінки експертів. Тому, щоб зменшити суб'єктивізм в оцінці ефективності інвестицій на практиці широкого поширення набув метод, заснований на розрахунку внутрішньої ставки прибутковості (IRR).

Між чистою поточною вартістю (NPV) та ставкою дисконтування (i) існує зворотна залежність. Ця залежність впливає з таблиці 28 та графіка, представленого на рис 57.

Таблиця 28 – Залежність NPV від i

Найменування показника	0	1	2	3	4	
Чисті грошові потоки	-65000	58642	58642	58642	58642	
коефіцієнт дисконтування						
$i=0,1$	1	0,909	0,826	0,751	0,683	

Продовження таблиці 28 - Залежність NPV від i

Найменування показника	0	1	2	3	4	
$i=0,2$	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
$i=0,3$	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
$i=0,4$	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
$i=0,5$	1	0,667	0,444	0,295	0,197	
$i=0,6$	1	0,625	0,39	0,244	0,152	
$i=0,7$	1	0,588	0,335	0,203	0,119	
$i=0,8$	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
$i=0,9$	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
$i=1$	1	0,5	0,25	0,125	0,062	
Дисконтований грошовий потік, грн						
$i=0,1$	-65000	53305,58	48438,29	44040,14	40052,49	120836,5
$i=0,2$	-65000	48848,79	40697,55	33895,08	28265,44	86706,854
$i=0,3$	-65000	45095,7	34716,06	26682,11	20524,7	62018,572
$i=0,4$	-65000	41870,39	29907,42	21345,69	15246,92	43370,416
$i=0,5$	-65000	39114,21	26037,05	17299,39	11552,47	29003,126
$i=0,6$	-65000	36651,25	22870,38	14308,65	8913,584	17743,862
$i=0,7$	-65000	34481,5	19645,07	11904,33	6978,398	8009,29
$i=0,8$	-65000	32604,95	18120,38	10027,78	5570,99	1324,102
$i=0,9$	-65000	30845,69	16243,83	8561,732	4515,434	-4833,308
$i=1$	-65000	29321	14660,5	7330,25	3635,804	-10052,446

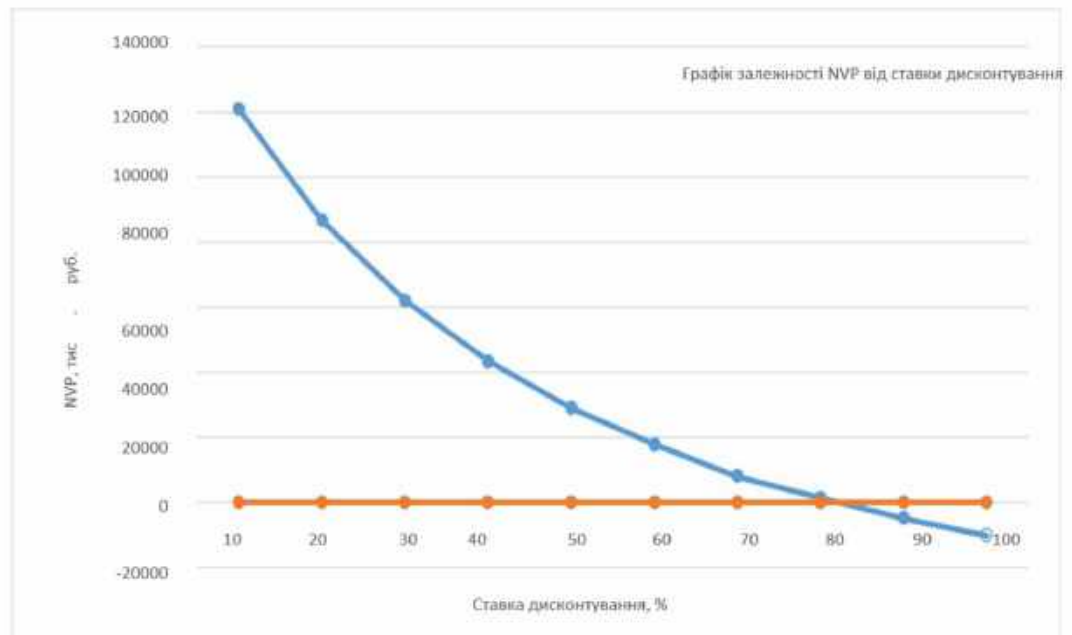


Рисунок 57 – Графік залежності NVP від ставки дисконтування

З таблиці та графіка випливає, що зі зростанням ставки дисконтування чиста поточна вартість зменшується, стаючи негативною. Значення ставки, за якої NPV перетворюється на нуль, носить назву «внутрішньої ставки прибутковості» або «внутрішньої норми прибутку». З графіка отримуємо, що IRR становить 0,82.

Внутрішня ставка доходності (IRR) – 0,82, що дозволяє визнати інвестиційний проект економічно виправданим, оскільки виконується умова нерівності $IRR > i$.

6.4.6 Індекс прибутковості (рентабельності) інвестицій

Індекс прибутковості показує, скільки доводиться дисконтованих фінансових надходжень на карбованець інвестицій.

Розрахунок цього показника здійснюється за формулою 35:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (35)$$

де: I_0 - Початкові інвестиції.

Індекс прибутковості (PI) – 1,37, і, ґрунтуючись на тому, що ця величина перевищує одиницю, можна стверджувати, що ця інвестиція є прийнятною.

Таким чином, на підставі всіх розрахунків можна зробити висновок про те, що проект є рентабельним і ефективним для інвестицій в першу чергу тому що обслуговування інвестицій не вимагає великих капіталовкладень, так як система, що розробляється, є автономною і вимагає точного налаштування, отже, і фінансові вкладення тільки на початковому етапі свого функціонування. Усі показники фінансової та економічної ефективності, такі як чиста поточна вартість (NPV), термін окупності (), внутрішня ставка прибутковості (IRR), індекс прибутковості (PI), розраховані під час роботи з розділу підтверджують вищезазначене твердження.

Висновки

Робота присвячена створенню повноцінного набору інструментів для здійснення моделювання. У ході дослідження було розроблено покрокову інструкцію щодо здійснення зв'язку між контролером Siemens S7-1500 та програмним пакетом MATLAB. Також для

У процесі роботи була побудована математична модель занурювального насоса на основі якої здійснюється моделювання. Для зручнішого управління системою було написано графічний інтерфейс управління у програмному пакеті WinCC Professional.

Найенерговитратнішим процесом є реалізація готового продукту, побудованого за допомогою комп'ютерного моделювання. Це з аспектом неточності моделі, яка може врахувати всіх показників підсумкової системи.

У першому розділі роботи було проведено огляд джерел літератури з тематики дослідження та висвітлено питання історії розвитку цифрових двійників, математичного моделювання, а також про реалізовані продукти з даної тематики.

У другому розділі був здійснений підбір обладнання та програмного забезпечення.

Третій розділ роботи було проведено моделювання 3-фазного занурювального електродвигуна. Модель відповідає заданим вимогам та підтримує характеристики на належному рівні.

У четвертому розділі було проведено підключення OPC-сервера MASTER OPC до програмного забезпечення MATLAB. Підключення здійснено за допомогою блоків OPC CONNECTION, OPC READ та OPC WRITE.

У п'ятому розділі проведено розроблення логіки управління моделлю в ПЗ MATLAB. Розглянуто рішення керування за допомогою PID – регулятора. Розроблено SCADA – система для контролю та керування, які здійснює оператор. Так як перша модель після запуску була неефективною, прийнято рішення спростити модель. У результаті швидкість насос задається безпосередньо після виходу PID - регулятора з TIA Portal. Спроектowana модель

відповідає заданим вимогам, логіка, прописана у програмному забезпеченні ТІА Portal, ефективно управляє витратою при заданні уставки. Значення витратомірів приходять на екран оператора, затримки отримання даних немає, а це означає, що втрати значень немає, оператор зможе вчасно відреагувати зміни системи. Таким чином, розробка системи диспетчерського контролю та управління обладнанням видобутку нафти в концепції комплексної оптимізації видобутку на складних нафтових родовищах пройшла успішно.

Література

1. Александров Є. Є. Теорія автоматичного управління / Є. Є. Александров., О. П. Голуб., Б. І. Кузнецов., В. П. Соляник. – Х. : НТУ “ХП” т.№3, 2002. – 195 с.
2. Рева О. О. Системи керування електроприводами. Оптимальне керування. Навчальний посібник / О. О. Рева, О. П. Голуб, Б. І. Кузнецов, В. П. Соляник. – К.: УМК ВО, 1999. – 168 с.
3. Кузнецов Б.І. Оптимальні системи керування електроприводами: навч. посібник / Б. І. Кузнецов, І. М. Богаєнко, М. О. Рюмшин. – К. : Вища шк., 1996. – 210 с.
4. Александров Є.Є. Багатоканальні системи оптимального управління/Є. е. Александров [та ін.] - До. : Техніка, 1995. - 312 с.
5. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній: Підручник/ Є. Л. Жулай, Б. В. Зайцев, Ю. М. Лавріненко та інші; за ред. Ю. Л. Жулая. — К.: Вища освіта, 2001. — 228 с.
6. Електропривод: Підручник / Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко, П. І. Савченко та інші; за ред. Ю. М. Лавріненка. — К.: Ліра-К, 2009. — 504 с.
7. Частотно-керовані асинхронні та синхронні електроприводи: Навч. посіб. для студ. електромех. спец. вищ. навч. закл. України / О. Г. Плахтина, С. С. Мазепа, А. С. Куцик; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л., 2002. — 277 с. — Бібліогр.: с. 227.
8. Гнітько С. М., Бучинський М. Я., Попов С. В., Чернявський Ю. А. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти. Харків: НТМТ, 2020. 258 с.
9. Колб А. А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник / А.А. Колб, А.А. Колб. – Д.: Національний гірничий університет, 2006. – 511 с
10. Сімейство FR. Перетворювачі частоти. Інтелектуальна техніка приводів / Mitsubishi Electric, 2011. - 88 с
11. Частотно-регульований асинхронний електропривод / Schneider Electric, Одеса, 2007. - 39 с
12. Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І., Синявський О.Ю., Войтюк Д.Г. Лисенко В.П. Електропривод: підручник (за ред. Лавріненка Ю.М.). – К.: вид-во Лір-К., 2009. – 504 с
13. Карашук С.В., Гаюр А.В. Системи захисту напівпровідникових пристроїв від негативних наслідків комутації // Збірник наукових

- праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 23.– К.: ДЕТУТ, 2013.– С. 87–91.
14. Черняк Ю.В., Гатченко В.О., Ревчук М.О., Карашук С.В., Малюк С.В. Вплив джерела живлення моделі тягового електропривода на якість його вихідних характеристик // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 24.– К.: ДЕТУТ, 2014.– С.140–144.
 15. Черняк Ю.В., Гатченко В.О., Гаюр А.В., Карашук С.В. Оцінка енергетичної ефективності існуючої системи рекуперативного гальмування електропоїздів // Збірник наукових праць Державного економікотехнологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 26-27.– К.: ДЕТУТ, 2015.– С.83–91.
 16. José A. Lozano, Jesús Félez, Juan de Dios Sanz and José M. Mera (2012). Railway Traction, Reliability and Safety in Railway, Dr. Xavier Perpinya (Ed.), ISBN:978-953-51-0451-3, InTech, Available from: URL: intechopen.com/books/reliability-and-safety-in-railway/railway-traction. – Date of Access: 26 October 2016.
 17. Безрудченко В.М. Варченко В.К. Чумак В.В. Тягові електричні машини електрорухомого складу. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. – 252 с.
 18. Le moteur asynchrone en traction électrique par. Marcel desponds, article, Bulletin technique de la Suisse romande, 102(1976) № 12. Access Mode: URL [dx.doi.org/10.5169/seals-72934](https://doi.org/10.5169/seals-72934). – Date of Access: 16 February 2016.
 19. Мнацаканов, В.А. Форсажний тяговий привід [Virtual Resource]/В.А. Мнацаканів // Access Mode: URL: tomakltd.com/files/ftp.pdf. – Date of Access: 26 жовтня 2016.
 20. Частотно-керовані асинхронні та синхронні електроприводи: Навч.посібник/ О.Г. Плахтина, С.С. Мазепа, А.С. Куцик.-Львів; Видавництво національного університету „Львівська політехніка”, 2002.-228с
 21. Казачковський М.М., Комплектні електроприводи. Навч. посібник. Дніпропетровськ: НГУ, 2003. – 266 с.

22. Електропривода виробничих машин і механізмів: Навчальний посібник/ О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, Ю.М. Лавріненко, Д.Г. Войтюк, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш. – К.: 2020. – 444 с.
23. Жулай Є.Л., Зайцев Б.П., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній. – К.: Вища Освіта, 2001. - 286с. Інтернет посилання <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/4396>
24. W. Leonhard, Control of electrical drives, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo:Springer Verlag, 1996.-415p.
25. Jonnsen R.: A new control scheme for AC induction motor, Power conversiob Conf. Tokyo, 1989.
26. Kiel E., Schumacher W. A high-performance digital control of AC drives by one-chip Servo controller, 1995- p.3001-3005.
27. Правила улаштування електроустановок. – Х.: Форт, 2017. – 760с.
28. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві. /За ред. О.С. Марченка. – К.: Урожай, 1995. – 416с.
29. Довідник сільського електрика /За ред. В.С. Олійника. – К.: Урожай, 1989. – 264с.
30. Шаруда В.Г. Практикум з теорії автоматичного управління. – Дніпропетровськ: Національна гірнича академія України, 2002. – 414 с.

ВІДГУК
наукового керівника кваліфікаційної роботи
рівня вищої освіти “магістр”

виконаного на тему: **Удосконалення системи керування та диспетчерського контролю обладнанням нафтовидобувної галузі**

студентом (кою) **БІЛІЧКО Андрій Валентинович**

(прізвище, ім'я)

Студент Біличко А.В. виконав магістерську роботу на тему “Удосконалення системи керування та диспетчерського контролю обладнанням нафтовидобувної галузі” повністю відповідно до завдання. Робота присвячена актуальному питанню дослідження та удосконалення систем керування та диспетчерського контролю обладнанням нафтовидобувної галузі та дослідженню питання їх ефективності в різних режимах роботи. Студент Біличко А.В. працював над роботою систематично, докладно вивчав рекомендуєму літературу, і правильно застосовував отримані знання. Графічна частина роботи виконана відповідно до норм і вимогами. Всі елементи схем в записці і кресленнях відповідають вимогам ЕСКД до розмірів умовних графічних позначень в електричних системах.

Робота має практичну значимість та наукову цінність

У цілому робота виконана грамотно, акуратно, основні цілі роботи досягнуті, а поставлені завдання виконані. Робота заслуговує оцінки “відмінно”.

Керівник кваліфікаційної роботи

 к.т.н., доцент
 (посада, науковий ступінь, вчене звання)


 (підпис)

 Мезеря А.Ю.
 (ім'я, прізвище)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу
“__Магістр__” рівня вищої освіти

виконаний(у) на тему: **Удосконалення системи керування та диспетчерського контролю обладнанням нафтовидобувної галузі**

студентом (кою) **БІЛЧКО Андрій Валентинович** _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Студент Білчко А.В. виконав магістерську роботу на тему “Удосконалення системи керування та диспетчерського контролю обладнанням нафтовидобувної галузі” повністю відповідно до завдання.

В роботі проведено досить глибоке дослідження характеристик систем керування та диспетчерського контролю обладнанням нафтовидобувної галузі. Визначені основні фактори, які впливають на поліпшення основних характеристик (надійність та енергоефективність) обладнанням нафтовидобувної галузі при їх автоматизованому керування. Визначені області застосування систем керування та диспетчерського контролю обладнанням нафтовидобувної галузі, а також критерії їх ефективного використання.

Робота присвячена актуальному питанню підвищення ефективності систем керування. Це питання має високу практичну значимість, тому що енергозбереження є на сьогодні основним напрямком розвитку енергетики України. Вирішення цього питання дозволяє не тільки заощаджувати кошти на додатковому виробництві електроенергії, но і поліпшити питання екології.

Робота має практичну значимість та наукову цінність.

Графічна частина роботи виконана відповідно до норм та вимог. Всі елементи схем в записці і кресленнях відповідають вимогам ЕСКД до розмірів умовних графічних позначень в електричних системах.

Робота виконана на актуальну тему і відбиває високу інженерну підготовку автора.

Па роботі є наступні зауваження:

Бажано порівняти системи керування при використанні інших алгоритмів керування, наприклад, при використанні фазі-регулятори.

У цілому робота виконана акуратно, грамотно та заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент

__К.Т.Н., доцент__

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

__Буданов П.Ф. __

(ім'я, прізвище)