

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”
Факультет комп’ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Спеціальність 174 “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри робототехніки,
електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна
к.т.н., доц. Громовий О.А.

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент **Огієнко Констянтин Сергійович**

1. Тема роботи: **“ Автоматизована система управління технологічним процесом поділу водонафтової суміші у електродегідраторі ”.**

Затверджена Наказом по університету від 2 листопада 2024 р. № 646/с.

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедрі 22 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи.

1. Сутність базового технологічного процесу поділу водонафтової суміші у електродегідраторі.

2. Апаратний склад базового технологічного процесу поділу водонафтової суміші у електродегідраторі.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

1. Аналіз базового технологічного процесу поділу водонафтової суміші у електродегідраторі.

2. Розробка автоматизованої системи управління технологічним процесом поділу водонафтової суміші у електродегідраторі: структурна та функціонала схеми.

3. Елементна база системи управління технологічним процесом

поділу водонафтової суміші у електродегідраторі.

4. Алгорими, що забезпечують працездатність розробленої АСУ.

Загальні висновки.

Список використаних літературних джерел.

Додатки.

5. Перелік презентативного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових слайдів/креслень).

Титульна сторінка, мета та завдання роботи (2 слайди).

Характеристика конструкції та схеми роботи електродегідратора (ЕГ) (2-3 слайда).

Розробка структурної схеми багаторівневої АСУ ТП (1 слайд).

Розробка функціональної схеми автоматизованої системи управління електродегідратором нафти (1 слайд).

Вибір компонентів елементної бази АСУ ТП (3-4 слайди).

Розробка контуру регулювання витрати прісної води на вході в електродегідратор (1 слайд).

Розробка алгоритму збору даних вимірювань (1 слайд).

Напрямки подальших досліджень та загальні висновки (2 слайди).

6. Консультанти кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	<i>Кирилович В.А.</i>	10.10.24	10.10.24
2	<i>Кирилович В.А.</i>	01.11.24	01.11.24
3	<i>Кирилович В.А.</i>	15.11.24	15.11.24

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів роботи	Примітка
-------	--	--------------------------------	----------

1	Електродегідратор: конструкція та принцип роботи (базова інформація)	10.10.24-25.10.24	Виконано
2	Розробка загальної стратегії виконання роботи	15.10.24 – 30.10.24	Виконано
3	Інформаційний пошук щодо аналогів	25.10.24 – 05.10.24	Виконано
3	Розробка структурної схеми АСУ ТП	06.10.24 – 25.10.24	Виконано
4	Розробка функціональної схеми АСУ електродегідратором нафти	26.10.24 – 05.11.24	Виконано
5	Вибір складових елементної бази	06.11.24 – 15.11.24	Виконано
6	Розробка алгоритмічного забезпечення роботи АСУ	16.11.24 – 25.11.24	Виконано
7	Кінцеве формулювання мети, задач роботи АСУ електродегідратором нафти	26.11.24 – 09.12.24	Виконано
8	Кінцеве формулювання, загальних висновків	10.12. 24 – 22.12.24	Виконано
9	Оформлення презентативного матеріалу	Постійно з 10.10. 24 р. по 22.12. 24 р.	Виконано
10	Оформлення пояснювальної записки	Постійно з 10.10.24 р. По 22.12. 24 р.	Виконано

Студент

(підпис, дата)

Огієнко К.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис, дата)

Кирилович В.А.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи магістра

на тему:

**“Автоматизована система управління технологічним процесом
поділу водонафтової суміші у електродегідраторі “**

Виконав студент II курсу, групи АТ-28м
спеціальності 174 “Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка”

Огієнко К.С.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник: д.т.н., доцент, професор
кафедри робототехніки,
електроенергетики
та автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Кирилович В.А.

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

Рецензент: д.т.н., професор, професор
кафедри механічної інженерії

Мельничук П.П.

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

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

У роботі розроблено та досліджено автоматизовану систему управління технологічним процесом поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі. Виконано дослідження процесу поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі як об'єкта автоматизації й керування; здійснено вибір контрольованих і регульованих параметрів і розробка на їх основі структури АСУТП. Було проведене моделювання розроблювальної системи, синтезована передатна функція об'єкта керування, а також замкнутої системи регулювання. Для підвищення рівня автоматизації, покращення показників роботи системи керування, зручності управління та обслуговування технологічного процесу поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі, пропонується впровадити мікропроцесорну систему керування.

В роботі обрано сучасні засоби автоматизації, що мають зручний інтерфейс для роботи оператора, забезпечують достатній рівень точності, безперервний вимір показників поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі, що сприяю покращенню якості нафти.

THE ANNOTATION

In the work, the automated control system technological process of separation of a water-oil mixture in an electrode dehydrator developed and studied. The research of the process of separation of a water-oil mixture in an electrode dehydrator as an object of automation and control was performed; the selection of controlled and regulated parameters and development of the structure of the automated process control system on their basis was made. The simulation of the system being developed, the synthesized transfer function of the control object, and also the closed control system were carried out. To improve the level of automation, improve the performance of the control system, ease of management and maintenance of the system technological process of separation of a water-oil mixture in an electrode dehydrator, it is proposed to introduce a microprocessor control system.

In the work modern automation tools are chosen which have a convenient interface for the operator's work, provide a sufficient level of accuracy, continuous measurement of separation of a water-oil mixture indicators, and contribute to improving the quality of oil.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДІЛУ ВОДОНАФТОВОЇ СУМІШІ У ЕЛЕКТРОДЕГІДРАТОРІ.....	10
1.1. Технологічний процес поділу водонафтової суміші у електродегідраторі	10
1.2. Устрій електродегідратора	11
1.3. Дослідження процесів злиття крапель водонафтової емульсії під дією електричного поля.....	21
1.4. Побудова математичної моделі електродегідратора	26
2. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПОДІЛУ ВОДОНАФТОВОЇ СУМІШІ У ЕЛЕКТРОДЕГІДРАТОРІ	33
2.1. Аналіз об'єкта автоматизації.....	33
2.2. Розробка функціональної та структурної схеми системи	37
2.3. Вимірювальні та виконавчі засоби системи	40
2.3.1. Вимірювач вологи Agar OW-302.....	40
2.3.2. Датчик тиску Rosemount 3051	43
2.3.3. Датчик рівня Rosemount 5300	45
2.3.4. Датчик витрати Rosemount 8700	47
2.3.5. Датчик температури Rosemount 644	50
2.3.6. Датчик контролю параметрів трансформатора	51
2.3.7. Вибір виконавчих механізмів	53
2.4. Обчислювальні засоби.....	57
2.4.1. Мікропроцесорний контролер Modicon M580	57
2.4.2. BMX AMI 0800.....	62
2.4.3. BMX AMO 0802	63
2.4.4. BMXDAI1602	66
2.4.5. BMXDDO3202K.....	69

2.5. Схема з'єднань і зовнішніх проводок.....	71
3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПОДІЛУ ВОДОНАФТОВОЇ СУМІШІ У ЕЛЕКТРОДЕГІДРАТОРІ	72
3.1. Математична модель керування технологічним параметром.....	72
3.2. Математичні модель управління технологічним параметром за статистичними даними	75
3.3. Алгоритм регулювання рівня в електродегідраторі	82
3.4. Алгоритм збору даних вимірювань	85
ЗАГАЛЬ ВИСНОВКИ.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
ДОДАТКИ	89

ВСТУП

Актуальність теми. Пластова рідина, що витягується зі свердловин на нафтових родовищах, складається з нафти, пластової води і розчиненого в них супутнього газу. Пластова вода насичена мінеральними солями і спричиняє активну корозію обладнання транспорту і переробки нафти, порушує технологічний режим його роботи, знижує довговічність і погіршує якість одержуваних нафтопродуктів. Вміст мінералізованої води в пластовій рідині на деяких родовищах може досягати 80-90%.

У нафтопромислових районах під час підготовки видобутої нафти до транспорту доцільно видаляти максимальну кількість промислової води. Глибоке зневоднення нафти скорочує витрати на транспортування, зменшує об'єм стічних вод, що скидаються нафтопереробними підприємствами. Відокремлену воду зазвичай закачують у свердловини для підтримання пластового тиску та запобігання забрудненню навколишнього середовища.

Більша частина води, що міститься у видобутих нафтах, перебуває у вигляді емульсії, утвореної крапельками води з переважним діаметром 2-5 мкм. На поверхні крапельок з нафтового середовища адсорбуються смолисті речовини, асфальтени, органічні кислоти та їхні солі, розчинні в нафті, а також вискодисперсні частки тугоплавких парафінів, мулу та глини, які добре змочуються нафтою. З плином часу товщина адсорбційної плівки збільшується, зростає її механічна міцність, відбувається старіння емульсії. Для запобігання цьому явищу на багатьох промислах у нафту вводять деемульгатори. Руйнуючи поверхневу адсорбційну плівку, деемульгатори сприяють злиттю (коалесценції) крапельок води у більші, які під час відстою емульсії відокремлюються швидше. Витрата деемульгаторів для кожної нафти визначається експериментально - від 0,002 до 0,005% мас. на 1 т нафти. Деемульгатори використовують і під час термохімічного та електрохімічного зневоднення нафти. Ці процеси прискорюються за підвищених температур (зазвичай 80-120 °C), оскільки при цьому

розм'якшується адсорбційна плівка і підвищується її розчинність у нафті, збільшується швидкість руху крапельок і знижується в'язкість нафти, тобто поліпшуються умови для злиття й осідання крапель. Слід зазначити, що за температур понад 120°C в'язкість нафти змінюється мало, тому ефект від деемульгаторів збільшується незначно.

Поділ водо нафтової емульсії може здійснюватися різними методами: відстоюванням, центрифугуванням, фільтруванням, спільною дією тепла і хімічних реагентів, електричного поля, а також їх комбінаціями.

В даній роботі розроблена автоматизована система управління технологічним процесом поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі.

Об'єкт дослідження – методи побудови та модель автоматизованої системи управління технологічним процесом поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі.

Предмет дослідження – автоматизована система управління технологічним процесом поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДІЛУ ВОДОНАФТОВОЇ СУМІШІ У ЕЛЕКТРОДЕГІДРАТОРІ

1.1. Технологічний процес поділу водонафтової суміші у електродегідраторі

Сутність процесу електрознесолення нафти полягає в її змішуванні з промивною водою і деемульгатором з наступним відділенням соленої води в електродегідраторах, де під дією змінного перемінного поля високої напруги в поєднанні з деемульгатором і підвищеній температурі руйнується водо-нафтова емульсія.

В загальному випадку емульсія – це система із двох взаємно нерозчинних рідин, в якій одна розподілена в другій в зв'язаному стані і в вигляді дрібних капель. Та рідина, що утворює зв'язані каплі, називається дисперсною фазою, а та, в якій зв'язані каплі – дисперсним середовищем. При цьому в результаті відстоювання із нафти видаляється вода разом з розчиненими в ній хлористими солями. Для досягнення необхідної глибини знесолювання нафту піддають багатократній промивці водою на електричній знесолюючій установці (ЕЛЗУ), яка складається з декількох ступенів (зазвичай – дві, інколи – три) послідовно з'єднаних електродегідраторів [1].

Сучасні блоки ЕЛЗУ комплектуються високоефективними горизонтальними електродегідраторами, розрахованими на тиск 1,8 МПа. Електричне поле в них створюється між горизонтальними електродами, підведеними на ізоляторах на середині висоти електродегідратора. В залежності від величини напруги, що подається на електроди (22,33 або 44 кВ) і відстані між електродами (120-400 мм) напруга електричного поля змінюється в межах 100-300 кВ/м. Воду-нафтову емульсію вводять в між електродну або під електродну зони, або одночасно в дві зони. В останньому випадку електродегідратор обладнаний додатковим (третім) електродом.

На рис. 1.1 представлена схема блока ЕЛЗУ.

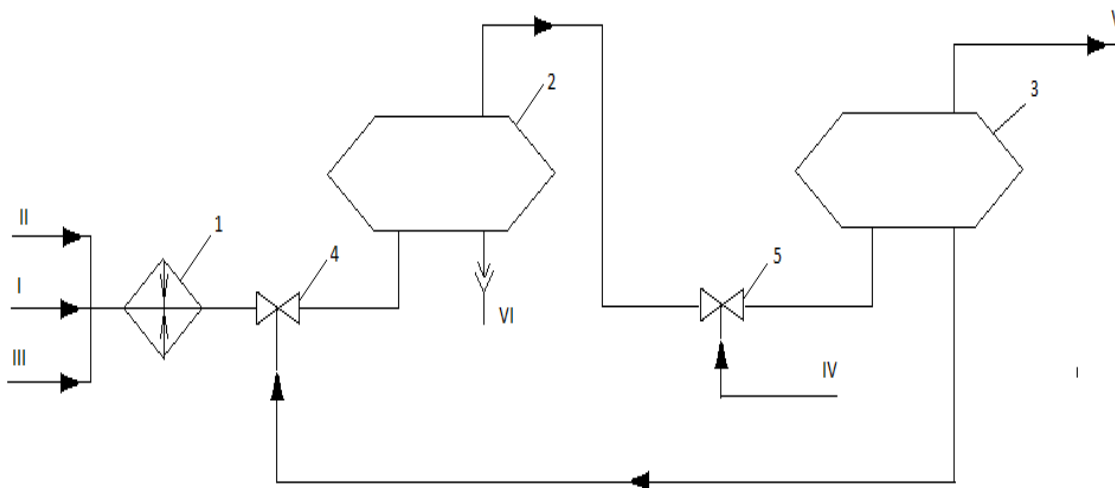


Рис. 1.1 – Схема блока ЕЛЗУ:

1 – теплообмінник ; 2 , 3 – електродегідратори ; 4 , 5 – інжекторні змішувачі.
 I – сира нафта ; II – деемульгатор ; III – содово-лужний розчин ; IV – свіжа
 вода ; V - знесолена нафта ; VI – солена вода

Суміш сирої нафти, деемульгатора і содоволужного розчину (останній вводить для пониження сірководневої корозії) нагрівається в теплообмінниках 1 до оптимальної температури, змішується в інжекторному змішувачі з промивною водою із електродегідратора другої ступені і подається в два послідовно працюючих електродегідратори 2 і 3. На вході в електродегідратор 2 в потік частково знесоленої нафти подається свіжа вода (річкова , оборотна або паровий конденсат) в кількості 5-10 % мас. на нафту. Зневоднена нафта з електродегідратора 3 подається на переробку.

1.2. Устрій електродегідратора

Електрозневоднення та знесолення нафти здійснюється як на нафтопромислах, так і на нафтопереробних заводах, відмінність лише у вимогах до якості знесоленої нафти на виході блоку електрознесолюючої установки (ЕЛЗУ). В даний час експлуатуються сотні електродегідраторів

різних конструкцій. Ефективність та економічність їхньої роботи залежить від конструктивних рішень, реалізованих у кожному конкретному апараті, а також від застосовуваного навісного обладнання [2].

Зовнішній вигляд горизонтального електродегідратора наведено на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Зовнішній вигляд горизонтального електродегідратора

Сиру нафту необхідно очищати від солей та інших домішок. Солі, як правило, містяться у складі сирової нафти в залишковій (пластової) воді та вимиваються з неї додаванням промивної води. Так як пластова вода міститься в нафті у вигляді невеликих крапель широкого спектру розмірів, їх видалення лише гравітаційним способом мало ефективно і не економічно. Гравітаційна сепарація води та нафти може бути прискорена за допомогою електричної коалесценції, що реалізується в апаратах із електричним полем – електродегідраторами. Гравітаційне відокремлення води з нафти за допомогою електричного поля називається електричною коалесценцією.

Електродегідратором називається пристрій для обробки в електричному полі емульсії типу "рідина - рідина" (наприклад, нафта - вода). У промисловості набули поширення різні типи дегідраторів: вертикальні, горизонтальні, сферичні. Внутрішня будова горизонтального електродегідратора наведена на рис. 1.3.

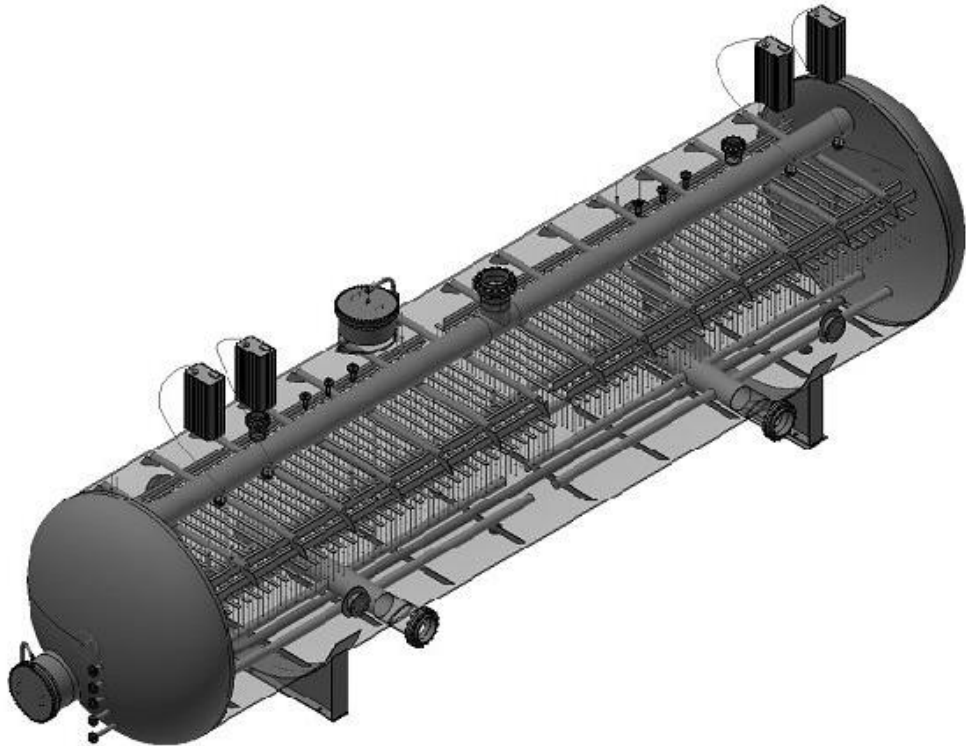


Рис. 1.3. Внутрішня будова горизонтального електродегідратора

На рис. 1.4 представлена схема роботи електродегідратора. Перед подачею сирої нафти безпосередньо електродегідратор її попередньо готують, що дозволяє інтенсифікувати процеси електричної коалесценції в електродегідраторі. На старті процесу в сиру нафту вводиться деемульгатор, потім підготовлена таким чином сира нафта надходить у змішувальний комплекс (ЗМ), де відбувається масообмін сирої нафти з водою промивання, в процесі якого солоні краплі пластової води багаторазово контактують з краплями промивної води. В результаті після змішувача концентрація солі в

краплях води має усереднитися. Від цього процесу значною мірою залежить вміст солей зневодненої нафти на виході електродегідратора [3].

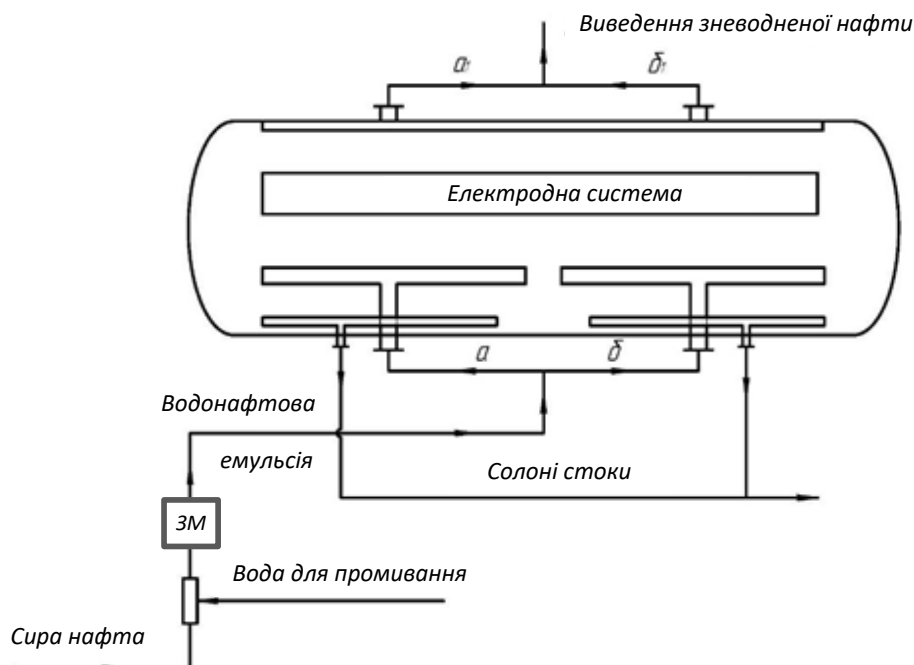


Рис. 1.4. Схема роботи електродегідратора

Підготовлена таким чином водо нафтова емульсія вводиться електродегідратор, в електричному полі якого відбувається електрична коалесценція крапель води. При русі краплі води в нафті збільшуються і осаджуються у нижній частині апарату під впливом сил тяжіння. Знесолена та зневоднена нафта через штуцер зверху апарату виводиться з електродегідратора і прямує на переробку, вода з розчиненими в ній солями виводиться з низу апарата через штуцер та регулюючий клапан, що автоматично підтримує рівень води в електродегідраторі. Таким чином, одночасно з зневодненням йде і знесолення нафти.

Ефективність роботи електродегідратора (ЕГ), а також зручність його експлуатації залежить від конструкції внутрішніх пристроїв апарату –

колектора введення водо нафтової емульсії (ВНЕ), колектора виведення зневодненої нафти, колектора виведення солоної води, конструкції електродної системи. Крім того, ефективність роботи ЕГ значною мірою залежить від застосовуваної системи електроживлення електродегідратора.

Електродегідрати оснащуються сучасною та високоефективною системою електроживлення.

Така система електроживлення з розрахунку на один електродегідратор (ЕГ-160) включає:

- 2 високовольтні джерела живлення ІПМ-35/15(25/15) (ТУ 3683-009-00220302-96);
- 2 блоки управління джерелом живлення БУ-02ш, ТУ 4218-001-24641880-2008;
- 2 прохідні фторопластові ізолятори ІПФ-25 (ТУ 3689-033-00220302-00);
- 2 високовольтних приєднувальних кабелів.

Формування значення та тривалості діючої напруги залежно від властивостей нафти, контроль та індикацію високої напруги та струму ІПМ здійснює блок управління БУ-02 на базі мікропроцесора із встановленим у ньому програмним забезпеченням. БУ-02 також забезпечує захист джерела живлення ІПМ від позаштатних режимів роботи.

Зворотний зв'язок між блоком управління БУ-02 та джерелом живлення ІПМ дозволяє в залежності від характеристик (електропровідності) середовища, продуктивності тощо підтримувати в автоматичному режимі задані значення напруги, що подається на електроди електродної системи, а також забезпечувати контроль робочих параметрів процесу, гнучкість управління. Передбачено можливість інтегрування СУ-02 до системи АСУТП підприємства.

Всі перелічені сучасні функції, реалізовані у вибухозахищеній системі на базі ІПМ, повністю відсутні в морально застарілих системах електроживлення, наприклад, у трансформаторах зі 100% реактивним

опором, в яких під час пусконаладжувальних робіт вручну встановлюють рівень вихідної напруги з можливих п'яти значень.

З досвіду експлуатації електродегідраторів із встановленою, вибухозахищеною системою електроживлення на базі джерела живлення ПІМ споживана потужність електродегідратора ЕГ-160(200) становить від 14 до 20 кВт, при цьому питоме споживання електроенергії електродегідратором становить 0,02...0,05 кВт/год. на 1 т нафти за забезпеченні всіх якісних показників знесоленої нафти.

Для порівняння: при роботі електродегідратора з трансформатором зі 100% реактивним опором споживання електроенергії на 1 т оброблюваної нафти в 3-5 разів вище.

Вузол введення високої напруги є дуже важливою частиною електродегідратора.

- він повинен передавати високу напругу від джерела живлення (трансформатора) через корпус апарата під тиском на електроди в умовах високої різниці температур усередині та зовні апарату, високого тиску та високої напруги;

- простота обслуговування та мінімальні витрати;
- мінімальний час та простота заміни вузла введення високої напруги у разі потреби.

Особливо важливим є останній пункт вимог, тому що будь-які збої в роботі призводять до зупинки роботи електродегідратора та технологічного комплексу в цілому, тому необхідно мінімізувати час простою у разі нештатної ситуації.

В даний час в електродегідратах застосовуються два типи вибухозахищених вводів високої напруги в електродегідратор:

- тип 1 – масло заповнений;
- тип 2 – «сухий» – прохідний фторопластовий ізолятор ППФ-25 спільно з високовольтним приєднувальним кабелем,

Наведеним вище вимогам відповідає тільки введення високої напруги другого типу. На рис. 1.5 показано джерело живлення ІПМ, підключене до «сухого» введення високої напруги ІПФ-25 за допомогою високовольного кабелю приєднувального.



Рис. 1.5. Джерело живлення ІПМ

Колектор введення та розподілу водонафтової емульсії повинен відповідати таким вимогам:

- мінімізувати потоки водонафтової емульсії через неактивні зони електродегідратора;
- забезпечити рівномірну роздачу водонафтової емульсії у горизонтальному перерізі електродегідратора;
- знизити винесення нафти з солоною водою, що відстоялася.

Колектор збору та виведення зневодненої нафти повинен забезпечувати рівномірний збір зневодненої нафти у горизонтальному перерізі електродегідратора. Недотримання цих вимог веде до перекосу потоків усередині електродегідратора.

Конструкція колекторів збору і виведення солоної води, що відстоялася, з апарата крім рівномірності збору також повинна забезпечувати мінімальний винесення нафти зі стоками солоної води з електродегідратора.

За наявності великої кількості механічних домішок у водо нафтової емульсії у нижній частині електродегідрату встановлюють колектори з форсунками для розмивання донного осаду.

За наявності в електродегідраторі стійкого проміжного шару в цій зоні встановлюють колектори для виведення проміжного шару.

Електродні системи електродегідратора. Існуючі конструкції електродних систем можна розбити на два типи: горизонтальні та вертикальні. Конструкцію горизонтальних електродів можна також поділити на два основні види:

а) двоелектродна: на кожен електрод подається висока напруга у протифазі. Відстань між електродами встановлюється приблизно рівним 300 мм з умови створення максимальної напруженості електричного поля 1,2...1,5 кВ/см;

б) триелектродна. Цю систему застосовують для збільшення обсягу електричного поля. У даній системі середній електрод – заземлений, але в нижній і верхній електроди подають напругу; при цьому відстань між нижнім та середнім електродами дорівнює ~200 мм, а між верхнім та середнім ~150 мм. Таким чином, досягають напруженості поля, що дорівнює 1,2...1,5 кВ/см. Подальше збільшення обсягу електричного поля при застосуванні горизонтальних електродних систем неможливе.

Останнім часом у конструкції електродегідраторів стали застосовуватися вертикальні електродні системи (рис. 1.7), які виготовляються з нержавіючих трубок (для забезпечення довговічності), при цьому маса електродів зменшується, що дозволяє надійно експлуатувати сучасні підвісні фторопластові ізолятори.



Рис. 1.7. Вертикальні електродні системи

Головна перевага конструкції вертикальної електродної системи в тому, що вона дозволяє максимально збільшити об'єм електричного поля в електродегідраторі із забезпеченням максимальної напруженості електричного поля, що дорівнює $1,55...1,8$ кВ/см. Це необхідно для ефективної електричної коалесценції крапель при максимальному діючому значенні напруги живлення 15 кВ. Таким чином, досягається збільшення обсягу електричного поля вертикальної електродної системи за збереження необхідного значення напруженості електричного поля.

При застосуванні вертикальної електродної системи діють відразу кілька механізмів коалесценції крапель в електродегідраторі – традиційний в обсязі електричного поля та додатковий в приелектродній області з осадженням субмікронних крапель на електроди з подальшим виведенням їх із потоку.

Горизонтальні електродегідратори мають ряд переваг у порівнянні з вертикальними та сферичними. Основна їх особливість – можливість деемульсації нафти при менших швидкостях її руху та значно більших

швидкостях осідання води та в умовах більш високих температур. Це робить їх економічнішими.

Розглянемо принцип дії електродегідратора горизонтального типу, спрощену схему якого наведено на рис. 1.8.

Робоча сила створюється між заземленим електродом та електродом, на який подається висока напруга від джерела високої напруги (ДВН). У цій зоні гомули (краплі води) набувають зарядів і, зіштовхуючись між собою, зливаються і збільшуються в розмірах. Цей процес називається коалесценцією. Великі краплі випадають на дно, утворюючи шар води, який видаляється по трубах, що відводять, в дренаж. Електродна система являє собою набір металевих прутків діаметром 2,5 мм, відстань між ними 20 см. Прутки збираються у вигляді двох плоских рам, розташованих у двох паралельних площинах з відривом 15-30 см. один від одного.

При подачі на електроди високої напруги (10-20 кВ) у робочій зоні створюється електричне поле з напруженістю E , яке поляризує гомули, надаючи їм заряд q . При цьому на гомулу діятиме пондеромоторна сила.

$$F = gE = 12\pi\epsilon \cdot r^2 E^2$$

де ϵ – діелектрична проникність води.

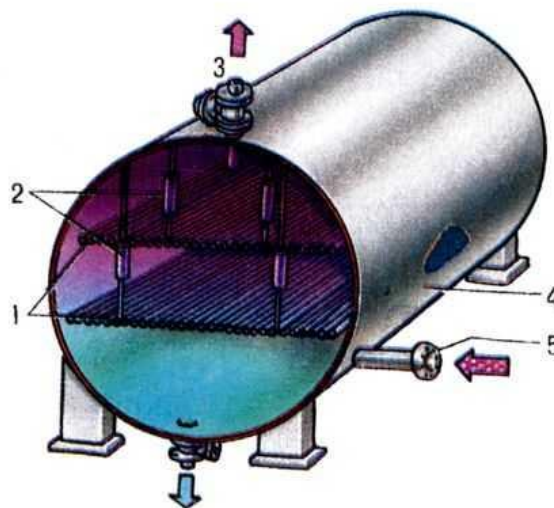


Рис.1.8. Схема електродегідратора горизонтального типу:

1 – електроди; 2 – ізолятори; 3 – клапан виведення чистої нафти; 4 - корпус деемульгатора; 5 - пристрій для введення емульсії

1.3. Дослідження процесів злиття крапель водонафтової емульсії під дією електричного поля

Сепарація водогазонефтяної емульсії є одним із найпопулярніших процесів у нафтогазовій галузі. Є безліч способів здійснення даного процесу. Розглянемо процес сепарації під впливом електричного поля. Часто процес сепарації займає тривалий період часу, в результаті якого потрібно відокремити нафтове середовище від водного, що складається з дрібних крапель, не розділених під дією сили тяжіння. Ця кількість води становить кілька відсотків від загального обсягу, що в результаті може вплинути на наступні операції стабілізації нафтового середовища у разі невчасного видалення надлишку води.

Необхідно впливати на злиття дрібних крапель водонафтової емульсії для отримання більших крапель води, які будуть піддані ефекту сили гравітації. Найбільш вигідним способом є підведення електричного поля зі змінним струмом для деформування крапель та збільшення сили їх зіткнення у середовищі. Результат цього впливу – збільшення середнього діаметру крапель води. Пристрій, в якому здійснюється даний процес, називається електростатичним коалесцером (електродегідратором), що зарекомендував себе в нафтогазовій сфері. Фізичні явища, закладені в основу його роботи, нині недостатньо вивчені.

Проведемо дослідження процесів злиття крапель водонафтової емульсії під впливом електричного поля електродегідраторі.

Промислова нафта містить велику кількість домішок, газу та води, які необхідно ретельно відокремити. Сукупність сил гравітації та електростатичного поля впливає на ефективність сепарації. Пристрій поділяє емульсію, що надійшла, на три фази: вода, нафта і газ. Електродегідратор повинен відповідати наступним вимогам: компактність та висока продуктивність. На рис. 1.9 представлена функціональна схема електростатичного коалесцера. Пристрій складається з двох основних частин:

коалесцера (ліва частина) та електростатичного коалесцера (права частина). На першій стадії за допомогою гравітації відбувається відділення неконденсованого газу та більшої частини води. На другій стадії вода, що залишилася в емульсії, відокремлюється за допомогою електродів. Коалесцер нагрівається до 80-90 °С для розподілу під дією сили тяжіння. Клапан призначений для зливу пластової води, що відокремилася. Низька швидкість потоку емульсії дозволяє відокремлювати великі краплі води. Газова фаза відокремлюється з верхньої частини пристрою після крапле уловлювача. Газовий вирівнювач призначений для збалансування тиску всередині камери пристрою. 3% водної фази, що залишилися в нафті, потрапляють у другу секцію електростатичного коалесцера для подальшої сепарації.

Електричне поле впливає на емульсію за допомогою електродів, що сприяють злиттю крапель води [4].

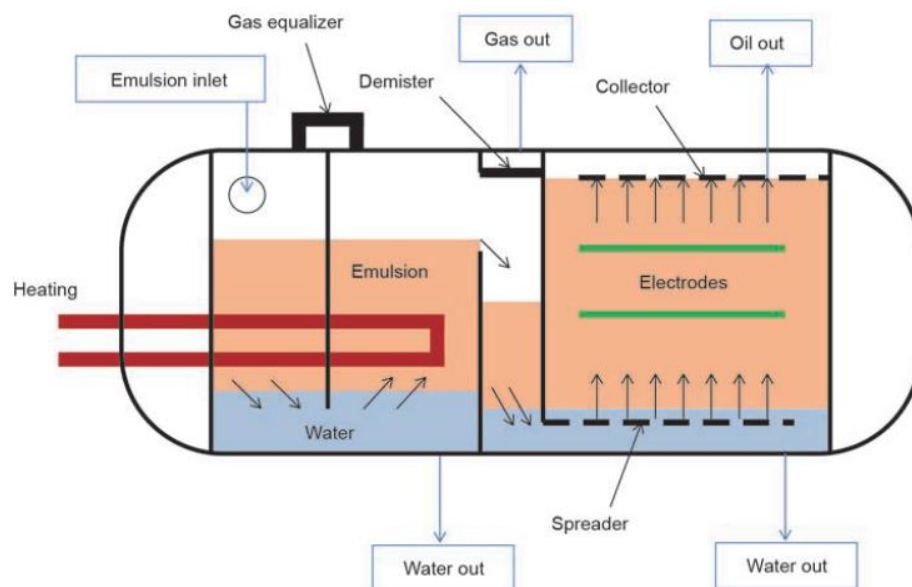


Рис. 1.9. Функціональна схема електродегідратора

Дослідження математичної моделі коалесцера є складною проблемою. Розгляд математичної моделі починається з характеристики однієї краплі

води з урахуванням основних фізичних явищ. Складові сил, що діють на краплю води, представлені на рис. 1.10:

- сила Архімеда F_{Arch} (пояснює плавучість краплі води, виваженої в чистій нафті);
- сила в'язкості F_{visk} (протидіє руху краплі);
- сила тяжіння F_{grav} (рушійна сила для поділу водної та нафтової фаз);
- сила електростатичного поля F_{elect} (сприяє злиттю крапель).



Рис. 1.10. Сили, що діють на одну краплю води

Припускаючи, що електричного поля немає, можна розрахувати критичний діаметр, який дорівнює нулю рівнодію всіх сил по осі ординат, таким чином, отримуючи закон Стокса для крапель в ламінарних потоках:

$$v = \frac{(\rho_v - \rho_n)d^2 g}{18\mu} \quad (1.1)$$

Прирівнюючи вираз (1.1) до нуля можна знайти критичний діаметр d . Завдання електродегідратора полягає в тому, щоб сприяти утворенню та

відокремленню великих крапель води. Важливий внесок робить електричне поле [5].

Враховуючи концентрацію води в нафті, достатньо використовувати відносні обсяги фази для розрахунку середньої відстані між двома краплями (де $conc$ – безрозмірне молярне відношення)

$$l = \sqrt[3]{\frac{100\pi d^2}{conc}}, \quad (1.2)$$

Сила притягнення двох крапель, на яких впливає електричне поле дорівнює:

$$v_{прит} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2 d^2}{32\pi\mu l^4} \quad (1.3)$$

Час та висота зіткнення розраховуються наступним чином:

$$\Delta t = \frac{l}{v_{прит}} \quad (1.4)$$

$$h_{зітк} = |v - v_n| \cdot \Delta t \quad (1.5)$$

На рис. 1.11 представлена залежність діаметра крапель від електричного поля:

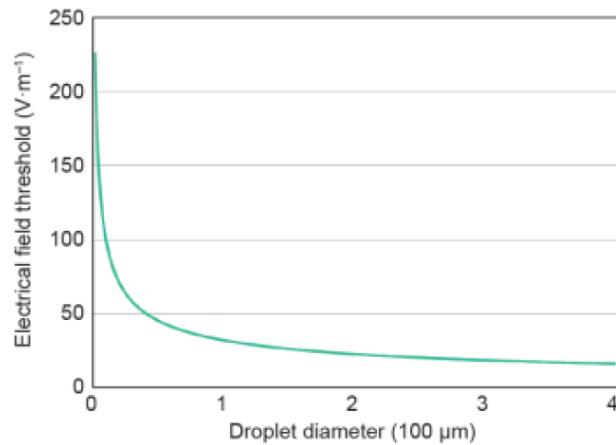


Рис. 1.11. Порогове електричне поле як функція від діаметра крапель

Розподіл крапель води за розмірами Вища точність прогнозування досягається шляхом введення розподілу розмірів крапель води. Загальний обсяг нафти можна розрахувати, коли відома концентрація води на вході ($conc(z)$ – загальна водна концентрація на висоті z):

$$V = \frac{1 - conc(z)}{\rho} \quad (1.6)$$

При відомому обсязі крапель нафти співвідношення між діаметрами краплі води і відповідної краплі нафти на висоті z визначається за наступною формулою:

$$\frac{d_v}{d_n} = 3 \sqrt[3]{\frac{V_n}{conc(z)}} \quad (1.7)$$

На рис. 1.12 представлено залежність висоти зіткнення крапель води від концентрації води на вході:

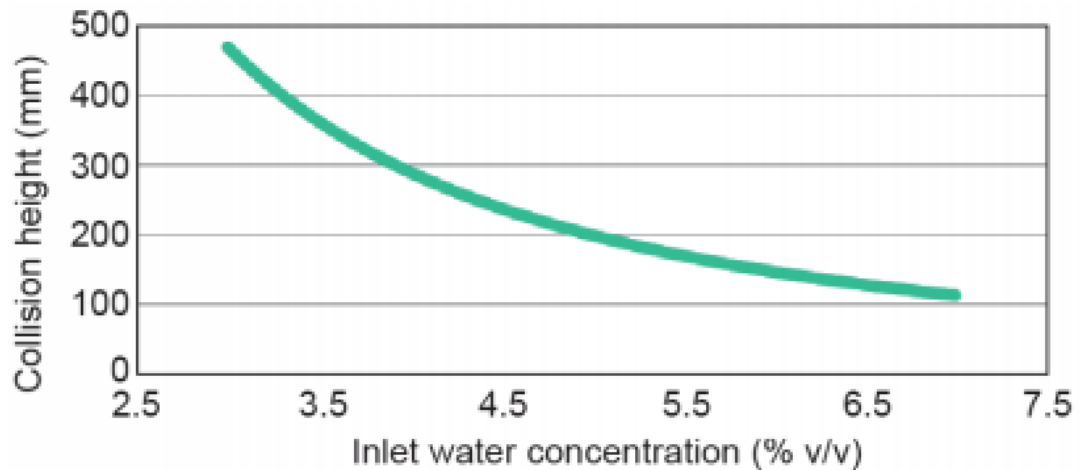


Рис. 1.12. Залежність висоти зіткнення від концентрації води на вході (20 кВ)

Було отримано рівняння, що описують функціонування електростатичного коалесцера. Розроблена математична модель, заснована на фізичних законах, пояснює основні явища, що визначають злиття крапель води у водо нафтовій емульсії.

1.4. Побудова математичної моделі електродегідратора

Рух частинок в електричному полі розглядається як рух їхнього центру мас. Це означає, що обертання частинок, якщо потрібно, слід враховувати окремо.

$$m \frac{d\mathcal{G}}{dt} = \sum \bar{F} \quad (1.8)$$

На гомулу, що знаходиться у нафтовому середовищі й у електричному полі діють такі сили:

1. Сила тяжіння, $F_T = \rho_v \cdot g \frac{4\pi \cdot r^3}{3}$ де ρ_v – щільність води, g – прискорення вільного падіння, r - радіус гомули;

2. Архімедова сила: $F_a = \rho_n \cdot g \frac{4\pi \cdot r^3}{3}$, де ρ_n – щільність нафти;

3. Пондеромоторна сила

$$F = qE \quad (1.9)$$

4. Сила опору дисперсного середовища руху гомули F_c . Ця сила виникає у зв'язку з тим, що гомула, що рухається, викликає появу в навколишньому їй дисперсному середовищі збурень. Ці збурення вимагають витрат енергії, яка забирається у гомули, що рухається. Таким чином, гомула гальмується.

Спрощуючи рівняння Нав'є-Стокса, Стокс отримав формулу сили опору руху сферичної гомули для $Re = 0,5$:

$$F_c = 6 \pi \mu V_{\text{сед}} r \quad (1.10)$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості нафти, $V_{\text{сед}}$ – швидкість осадження гомули в дисперсному середовищі.

На основі закону про рівність сили добутку маси на прискорення отримуємо:

$$m \frac{d\mathcal{G}}{dt} = F_T - F_a - F_c + F \quad (1.11)$$

Якщо вважати осадження частинок під впливом електричного поля рівномірним рухом, можна знайти швидкість осадження частинок (не враховуючи наповнення ємності електродегідратора), послідовно перетворюючи останній вираз:

$$F_c = F_T - F_a + F \quad (1.12)$$

$$6\pi\mu V_{\text{сед}} r = \rho_B \cdot g \frac{4\pi \cdot r^3}{3} - \rho_H \cdot g \frac{4\pi \cdot r^3}{3} + 12\pi\epsilon \cdot r^2 E^2 \quad (1.13)$$

Швидкість осадження водяних гомул щодо нерухомого дисперсного середовища буде обчислюватися за формулою:

$$V_{\text{сее}} = \frac{2\varepsilon r^2}{\mu} + \frac{2r^2(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})g}{9\mu}. \quad (1.14)$$

Надходження водонафтової емульсії є безперервним, швидкість наповнення булїту обчислюється за формулою:

$$V_{\text{нап}} = \frac{Q_{\text{приб}}}{Dl}, \quad (1.15)$$

де $Q_{\text{приб}}$ – витрата емульсії, що надходить, D - діаметр булїта, l – довжина булїта;

На вихід електродегідратора надходить товарна нафта, вміст води в якій не перевищує 0,2%. Отже, витрата води, що виходить із електродегідратора, обчислюється за формулою:

$$Q_{\text{вегд}} = k_{\text{обвегд}} \cdot 0,998 \cdot Q_{\text{оє}}, \quad (1.16)$$

де $Q_{\text{оє}}$ – витрата освітленої емульсії, що надходить з відстійника.

Знаючи витрату води, що виходить, можна обчислити витрату отриманої товарної нафти, що виходить з електродегідратора:

$$Q_{\text{негд}} = Q_{\text{оє}} - Q_{\text{вегд}}. \quad (1.17)$$

В результаті впливу на емульсію електричного поля швидкість осадження гомул води може значно відрізнятись від швидкості наповнення булїту. Тому виникає завдання знаходження критичного радіусу гомул води, при якому коефіцієнт осадження дорівнює 0,998.

Для вирішення цього завдання необхідно задати початкове значення критичного радіусу. Вважатимемо, що в електродегідраторі радіуси гомул води розподілені за нормальним законом і їх значення знаходяться в межах $r_{\text{min}} - r_{\text{max}}$. Задамо початкове значення критичного радіусу:

$$r_{\text{крит}} = \frac{r_{\text{max}} - r_{\text{min}}}{6} \text{ та початкове прирощення } dr_{\text{крит}} = r_{\text{крит}}$$

Потім виконуємо алгоритм, що складається з наступної послідовності дій:

- 1) обчислюємо значення коефіцієнта осадження $k_{\text{осажд.егд}}$,
- 2) якщо $k_{\text{осадегд}} \cdot k_{\text{обвегд}} - 0,99 = 0$, то значення критичного радіусу $r_{\text{крит}}$ знайдено,
- 3) якщо $k_{\text{осадегд}} \cdot k_{\text{обвегд}} - 0,99 < 0$, то $r_{\text{крит}} = r_{\text{крит}} - dr_{\text{крит}}$,
- 4) якщо $k_{\text{осадегд}} \cdot k_{\text{обвегд}} - 0,99 > 0$, то $r_{\text{крит}} = r_{\text{крит}} + dr_{\text{крит}}$,
- 5) якщо вираз $k_{\text{осадегд}} \cdot k_{\text{обвегд}} - 0,99$ змінив свій знак, то $dr_{\text{крит}} = 0,5dr_{\text{крит}}$.

Після того, як знайдено критичний радіус, можемо знайти швидкість осадження води з урахуванням швидкості наповнення буліту його значення у формулі:

$$V_{\text{ос}} = V_{\text{сее}} - V_{\text{над}}. \quad (1.18)$$

Враховуючи (1.12) та (1.13), отримаємо:

$$V_{\text{ос}} = \frac{2\varepsilon r_{\text{крит}}^2}{\mu} + \frac{2r_{\text{крит}}^2(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})g}{9\mu} - \frac{Q_{\text{ое}}}{Dl} \quad (1.19)$$

Таким чином, математична модель електродегідратора має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{\text{вегд}} = k_{\text{обвегд}} \cdot 0,998 \cdot Q_{\text{ое}} \\ Q_{\text{негд}} = Q_{\text{ое}} - Q_{\text{вегд}} \\ V_{\text{сед}} = \frac{2\varepsilon r_{\text{крит}}^2}{\mu} + \frac{2r_{\text{крит}}^2(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})g}{9\mu} \\ V_{\text{нап}} = \frac{Q_{\text{приб}}}{Dl} \\ V_{\text{ос}} = \frac{2\varepsilon r_{\text{крит}}^2}{\mu} + \frac{2r_{\text{крит}}^2(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})g}{9\mu} - \frac{Q_{\text{приб}}}{Dl} \end{array} \right. \quad (1.20)$$

Маючи цю математичну модель, можна побудувати математичну модель визначення швидкості седиментації та оптимального міжфазного рівня.

Визначення швидкості седиментації.

Середня швидкість седиментації глобул води:

$$V_{\text{sed}} = v_s - V_{\text{наз}} \quad (1.21)$$

де v_s – швидкість седиментації за Стоксом, а $V_{\text{наз}}$ – швидкість наповнення буліту.

Визначити швидкість седиментації можна за формулою Стокса:

$$V_s = \frac{2(\rho_w - \rho_o) \cdot g \cdot r^2}{9 \cdot \mu} \quad (1.22)$$

де μ – в'язкість нафти,

g – прискорення вільного падіння,

ρ_w та ρ_o – щільність води та щільність нафти відповідно,

r – радіус глобули.

Необхідні початкові дані:

$r_{\min}$, $r_{\max}$ – мінімальний та максимальний радіуси глобул;

n – обсяг репрезентативної вибірки глобул;

$K_{\text{обв}}$ – коефіцієнт обводненості.

Змінні, необхідні вирішення завдання:

F_{lt} – витрата припливу емульсії на годину.

D, L – діаметр та довжина буліту.

Визначаємо швидкість наповнення буліту за допомогою наближеної формули:

$$V_s = \frac{F_{\text{lt}}}{D \cdot L} \quad (1.23)$$

Після визначення швидкості наповнення бульбї можна визначити критичний радіус глобули – мінімальний радіус глобули, яка при швидкості наповнення V_s залишиться в бульбї. Знайдемо різницю щільностей води та нафти:

$$\Delta\rho = \rho_w - \rho_o. \quad (1.24)$$

Тоді з виразів (1.21) та (1.22) отримаємо:

$$rkr = \sqrt{\frac{4.5 \cdot \mu \cdot V_{nap}}{\Delta\rho \cdot g}}. \quad (1.25)$$

Критичний радіус дозволяє розділити раніше отриманий масив на два масиви: R_{sed} – масив із седиментованими глобулами, та R_{nes} – масив із неседиментованими глобулами.

З урахуванням (1.21) та (1.22) визначаємо швидкість седиментації:

$$v_{sed} = \frac{\Delta\rho \cdot R_{sed}^2}{\mu - V_{nap}}. \quad (1.26)$$

Визначаємо коефіцієнт обводненості седиментованої емульсії:

$$k_{sed} = \sum_{i=1}^n \frac{\frac{4}{3}\pi \cdot R_{sed}^3}{V_{em}}. \quad (1.27)$$

Визначаємо коефіцієнт обводненості неседиментованої емульсії:

$$k_{nes} = K_{obv} - k_{sed}. \quad (1.28)$$

Визначення витрат на споживання.

$$F_{2W} = F_{1m} \cdot k_{ob_s}, \quad (1.29)$$

витрата води в м³/сек.

$$F_{2N} = F_{1m} - F_{2W}, \quad (1.30)$$

витрати частково зневодненої нафти

$$scale = F_{1m} / V_{em}, \quad (1.31)$$

масштабний коефіцієнт $scale$ показує, скільки згенерованих обсягів V_{en} міститься в заданій витраті припливу F_{1m} .

2. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПОДІЛУ ВОДОНАФТОВОЇ СУМІШІ У ЕЛЕКТРОДЕГІДРАТОРІ

2.1. Аналіз об'єкта автоматизації

У даній системі використовується електродегідратор ЕГ200-10 (рис. 2.1) призначений для відокремлення нафти від води, що застосовуються в установках збору і підготовки продукції нафтових родовищ для експлуатації в макрокліматичних районах П5 і П4 температурою повітря під час експлуатації для помірного клімату - від $+40^{\circ}\text{C}$ до мінус 50°C .

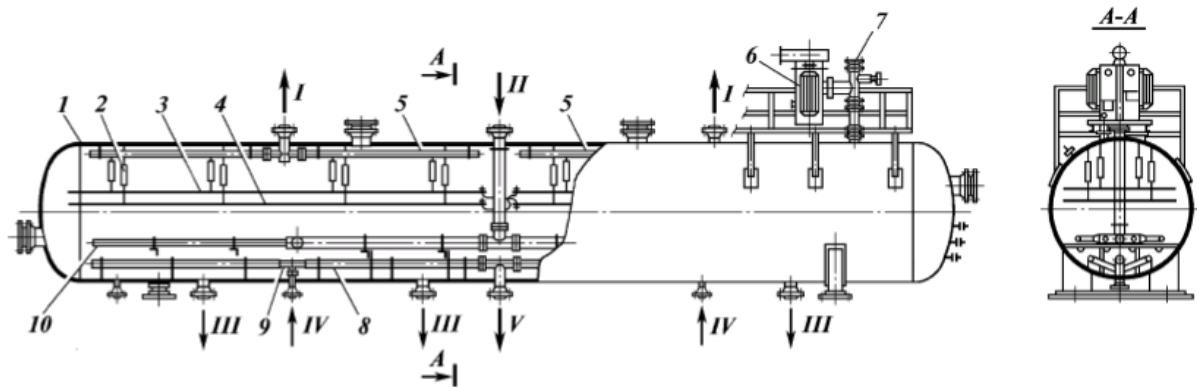


Рис. 2.1. Горизонтальний електродегідратор ЕГ200-10

1 – корпус; 2 – ізолятор; 3 – верхній електрод; 4 – нижній електрод; 5 – збірник знесоленої нафти; 6 – трансформатор; 7 – введення високої напруги; 8 – збірник солоної води; 9 – колектор, що промиває; 10 – розподільник нафти. Потoki: I – вихід знесоленої нафти; II – вхід нафти; III – видалення шламу; IV - введення води на промивання апарату; V – вихід дренажної води.

У корпусі апарату 1 розміщені електроди (верхній 3 і нижній 4), підвішені на ізоляторах 2, розподільник нафти 10, збірник солоної води 8, два збірник знесоленої нафти 5, промивний колектор 9.

На корпусі електродегідратора змонтовані трансформатор 6 і введення високої напруги 7. Кожен електрод розділений на 2 рівні частини, які для забезпечення рівномірного завантаження трансформатора з'єднані так, що кожна половина верхнього електрода з'єднана з іншою половиною нижнього електрода.

Нафта, що вводиться в середину розподільника 10, рівномірно розподіляється по всьому перерізу апарату і після промивання у шарі води, рівень якої підтримується автоматично вище за розподільник на 200 – 300 мм, рухається вертикально вгору.

При цьому нафта спочатку обробляється у слабкому електричному полі в об'ємі між рівнем введення нафти і площиною нижнього електрода, а потім - в сильному електричному полі між електродами, після чого збирається збірниками знесоленої нафти 5 і виводиться з апарату.

Відмінність напруженості електричного поля дозволяє забезпечити виділення з емульсії спочатку великих крапель води і розвантажити таким чином зону між електродами для виконання складнішого завдання - відділення дрібніших крапель води.

Солона вода збирається в нижній частині електродегідратора збірником 8 і виводиться з апарату. Для промивання апарату без його розкриття передбачений колектор промивний 9, отвори якого направляють струмені води на стінки корпусу.

Залежно від умов роботи електродегідратори виготовляються з термообробкою і з пристроями та без пристроїв для кріплення теплоізоляції. Ущільнювальна поверхня фланців, штуцерів виступ - западина.

Характеристики горизонтального електродегідратора ЕГ200-10 наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристики горизонтального електродегідратора ЕГ200-10

1.	Об'єм, м ³	200
2.	Тиск робочий, МПа (кгс/см ²)	не більше 0,8 (8,0)
3.	Тиск розрахунковий, МПа (кгс/см ²)	1,0 (10)
4.	Тиск пробний гідравлічний на міцність та герметичність, МПа (кгс/см ²)	1,38 (13,8)
5.	Температура робоча, °С	робоче середовище не більше 80
		розрахункова стінка 100
6.	Середовище в апараті	Нафта Вода солоня
		Вибухонебезпечна, пожежонебезпечна, токсична
7.	Прибавка для компенсації корозії, мм	2
8.	Кількість циклів навантаження від тиску, стиснення температурних деформацій або інших впливів за весь термін експлуатації	не більше 1000
9.	Термін служби, років	10
10.	Маса апарату, заповненого водою, кг	211150
11.	Матеріальне виконання апарату	сталь 09Г2С-3

Система живлення електродегідратора (СЖЕ) призначена для живлення технологічних установок (електродегідраторо, електрокоалесцерів та ін.) високою напругою змінного струму. СЖЕ включає електрообладнання різного функціонального призначення, в тому числі вибухозахищене - джерела живлення високовольтні (ДЖВ) з маркуванням вибухозахисту

2ЕхoПТ6 та ізолятори прохідні фторопластові ПФ-25, з маркуванням вибухозахисту ExsIIAU

СЖЕ забезпечує:

- живлення технологічного навантаження високою напругою;
- безаварійну роботу при коротких замиканнях у навантаженні;
- плавне регулювання вихідної напруги;
- спільно з електро пнемо перетворювачем, автоматичне регулювання рівня поділу фаз в електродегідраторі;
- відключення ІПМ за додаткових вимог, обумовлених характером навантаження.

Таблиця 2.2

Технічні дані ДЖЕ

Живлення ДЖВ здійснюється від двох фаз трифазного ланцюга змінного струму: напруга, В частота, Гц	380 (+10% - 15%) 50 Гц
Живлення блока управління (БУ): напруга, В частота, Гц	220 50±1
Максимальна вихідна напруга ДЖВ змінна, частотою 50 Гц, значення, що діє, кВ	15,0
Діапазон зміни вихідної напруги, кВ	(0,1-1,0) U _{max}
Максимальний струм навантаження, А: ДЖВ -25/15 ДЖВ -15/15 ДЖВ -9/15	1,5 1,0 0,6

2.2. Розробка функціональної і структурної схеми системи

Електродегідратор призначений для поділу водо нафтової емульсії на дві складові. У складі установки підготовки нафти (УПН) електродегідратор є наступним ступенем після процесу сепарації.

АСУ ТП має забезпечувати:

1. автоматичний контроль та управління в реальному часі технологічним процесом прийому та поділу водо нафтової суміші;
2. контроль рівня продукту з його знаходження в заданих нормативних межах та переведення блоку підготовки нафти в безпечний режим при виході рівня за межі уставок;
3. контроль технологічних параметрів насосів газорідинної суміші та газу;
4. безпеку технологічного процесу прийому, очищення від крапельної рідини, відпуску газ;
5. автоматичне переведення технологічного процесу в безпечний стан у разі виникнення аварійних ситуацій (пожежа, вихід з ладу технологічного обладнання);
6. підвищення якісних показників продукції.

Метою створення АСУ ТП є:

1. Покращення якості управління технологічного процесу та забезпечення його безпеки;
2. Збільшення оперативності дій персоналу з допомогою підвищення рівня інформованості та достовірності даних;
3. Поліпшення організації управління технологічним процесом.

Вимоги до технічного забезпечення

Зовнішні частини технічних засобів, які можуть бути під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику людини.

Технічні засоби мають бути заземлені.

Весь комплекс АС повинен допускати варіанти нарощування та модернізації, мати резерв по вхідних та вихідних каналах не менше 20%.

ПЛК повинні мати модульну архітектуру, яка дозволяє компонувати канали введення/виведення вільно залежно від розв'язуваних завдань.

Зв'язок датчиків, що знаходяться у вибухонебезпечному середовищі, з ПЛК, повинен забезпечуватися іскро безпечними ланцюгами. Усі датчики, що використовуються в АСУ, повинні відповідати вимогам вибухо безпеки. Використовувана апаратура повинна з'єднуватися лише іскро безпечними ланцюгами. При дотику чутливих елементів з агресивним або корозійним середовищем, ступінь їх пило- та вологозахисту повинен бути не меншим за IP-56.

Об'єктом управління є горизонтальний електродегідратор. У електродегідраторі буде здійснюється замір рівня емульсії, рівня розподілу фаз, температури середовища та рівня напруги на електродах, а в трубопроводах - якість продукту (вміст води), витрату водо-нафтової емульсії, витрату прісної води, витрату води, що відокремилася, і витрату нафти на виході з електродегідратору. Крім того, необхідний постійний замір рівня мастила в трансформаторі та його температури. Виконавчими пристроями є клапани із електроприводом. Кожен клапан має в резерві ручний вентиль та байпасну лінію для проведення ремонтних робіт та забезпечення безперервності процесу.

Структурна схема АСУ технологічним процесом поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі побудована за ієрархічним принципом із 3 рівнями управління і наведена на рис. 2.2.

Нижній (польовий) рівень складається з датчиків та первинних перетворювачів (рівнемірів, датчиків температури, датчиків напруги, витратомірів, датчика тиску, 4 виконавчих пристрої (клапанів з електроприводом).

Середній (контролерний) рівень включає ПЛК, що працює у взаємодії з OPC-сервером і SCADA -системою.

Верхній рівень складається з комп'ютерів та сервера бази даних, що утворюють локальну мережу, з'єднуючись через Ethernet. Версія операційної системи Windows, що встановлюється на комп'ютери диспетчерів, має бути не нижче Windows 7. Як основне ПЗ на ПК повинен бути встановлений CODESYS (середовище програмування), що дозволяє програмувати ПЛК.

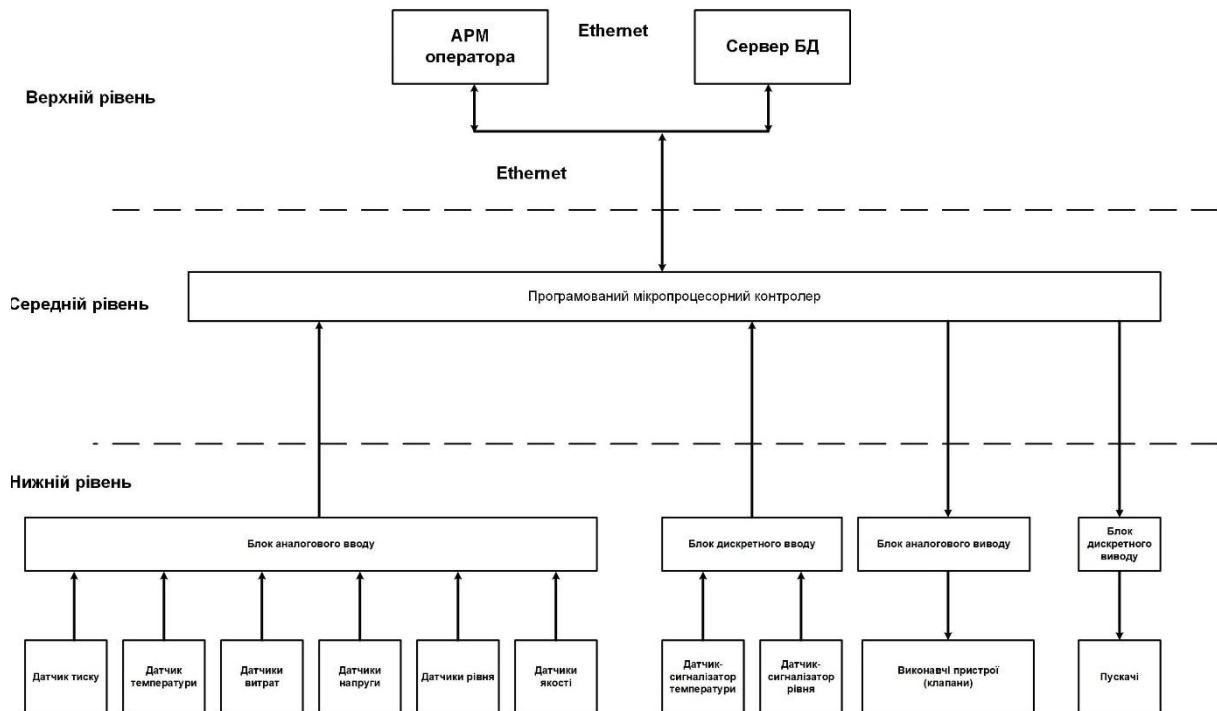


Рис. 2.2. Структурна схема автоматизованої системи управління технологічним процесом поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі

Польовий рівень збирає інформацію про параметри технологічного процесу за допомогою вимірювальних пристроїв (датчиків), а також здійснює безпосереднє керування процесом за допомогою регулюючих клапанів, що реалізують керуючі дії з верхнього рівня.

Сигнали з польових датчиків приходять на середній рівень ПЛК, який виконує такі функції:

1. збір та зберігання інформації про стан обладнання та параметри технологічного процесу;

2. логічне управління та регулювання процесу за допомогою впливу на виконавчі механізми.

Верхній рівень є кілька станцій управління, що є АРМ диспетчера/оператора. Також тут встановлено сервер бази даних. Комп'ютерні екрани диспетчера відображають перебіг технологічного процесу та дозволяють здійснювати оперативне керування.

Розрахункові та вимірювані параметри технологічного процесу:

- витрати зневодненої нафти на виході з ЕГ, м³/год;
- витрата емульсії на вході в ЕГ, м³/год;
- витрати прісної води на вході в ЕГ, м³/год;
- витрата води, що відстоялася, на виході в ЕГ, м³/год;
- тиск зневодненої нафти на виході з ЕГ, МПа;
- вміст води в емульсії на вході до ЕГ, %;
- вміст води у зневодненій нафті на виході з ЕГ, %;
- рівень поділу фаз у ЕГ, мм;
- температура емульсії ЕГ, °С;
- фазова напруга трансформатора, мА;
- температура трансформаторної мастила олії, °С;
- рівень мастила в трансформаторі, мм.

На рис. 2.3 наведена функціональна схема автоматизованої системи управління технологічним процесом поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі.

2.3. Вимірювальні та виконавчі засоби системи

2.3.1. Вимірювач вологи Agar OW-302

Для вимірювання вологості вибраний вологомір Agar OW-302 В він може працювати у великому діапазоні температур робочого середовища, що підходить для роботи електродегідратора, а також підходить для вимірювань з електродегідратором сирої нафти.

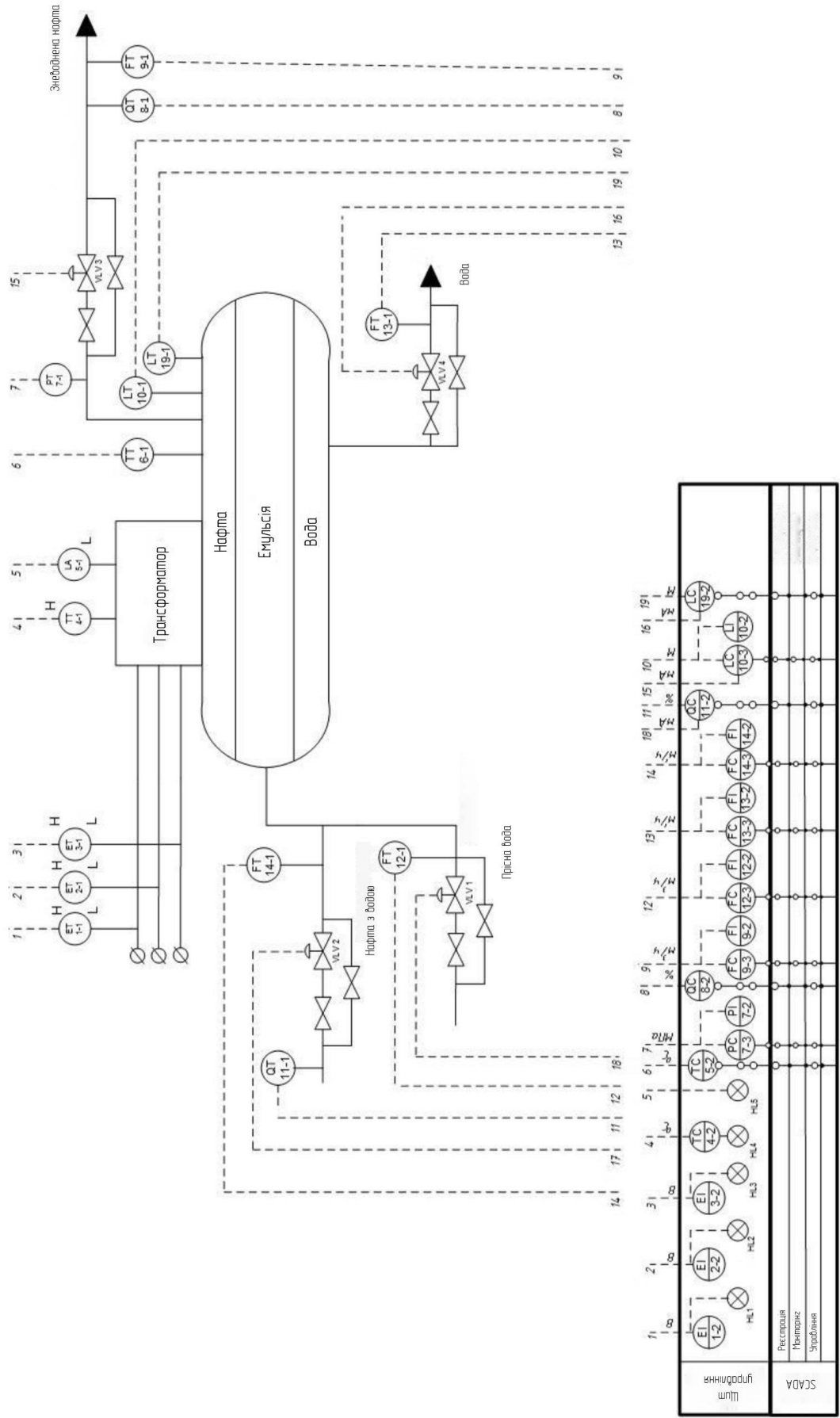


Рис. 2.3. Функціональна схема автоматизованої системи управління технологічним процесом поділу водо нафтової суміші у електродегідраторі

На точність показань OW-302 не впливають зміни властивостей потоку (солоність, щільність, в'язкість, температура, швидкості аналізованих складових), оптичні завади - плівки смол або парафіну.

Вологоміри серії OW-300 є аналізаторами третього покоління, і дозволяють визначати невеликі концентрації води у потоці нафти. Принцип роботи заснований на вимірі комплексної діелектричної проникності потоку, в якому складові елементи по-різному поглинають високо частотне випромінювання.

Діелектрична світлопроникність води є неповторною монотонною функцією, яку пристрій використовує для розрахунку об'ємного вмісту вода/нафта при невеликих концентраціях води в нафтовій дисперсійній фазі.

Метод багато точкового виміру поглинання високочастотної енергії дозволяє простежити вплив солоності води та конфігурації складу вуглеводнів потоку на результати виміру. Вологомір OW-302 має можливість компенсації впливу від дії температури. Високочастотні струми потрапляють у середовище, датчик вимірює величину загасання струмів, а мікропроцесорний блок пристрою перераховує величину діелектричної проникності в абсолютну вологість [8].

Вологомір OW-302 (рис. 2.4)складається з електричного датчика-зонда, електронного блоку і вторинного пристрою - системи обробки даних (DAS), яка може бути встановлена дистанційно від датчика.

Прилад можна калібрувати за допомогою програми. Також є можливість пошуку несправностей, перегляду вимірюваних даних і збереження інформації [13]. Технічні характеристики вологоміра OW-302 наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Технічні характеристики вологоміра OW-302

Температура середовища	навколишнього	- 40 ... + 60 °C
Робоча температура		– 0 ... + 232 °C

Живлення	від 12 до 36 В $\pm$ 15% постійного струму
Зневодненість	0-10 %
Абсолютна похибка	$\pm$ 0.1 %
Вихідні сигнали	4 - 20 мА 0 - 5, 0 - 30 В
Інтерфейс для зв'язку	RS-232/422/485

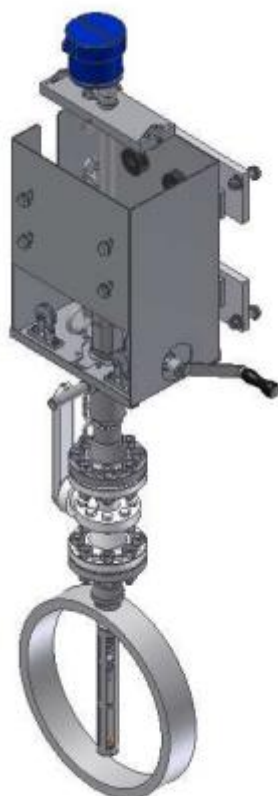


Рис. 2.4. Вологомір OW-302

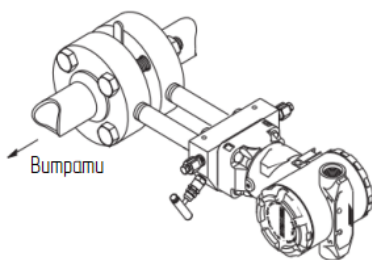
2.3.2. Датчик тиску Rosemount 3051

В якості датчика тиску був обраний перетворювач тиску Rosemount 3051 (рис. 2.5), тому що він має аналоговий вихід 4-20 мА і підходить для роботи з забрудненими нафтовими середовищами в потрібному діапазоні температур [14]. Способи встановлення датчика тиску Rosemount 3051 наведено на рис. 2.6.

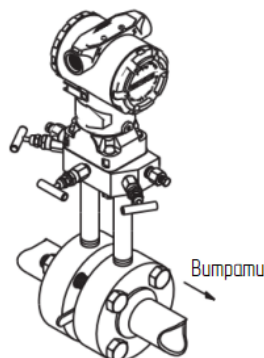


Рис. 2.5. Датчик тиску Rosemount 3051

Робота з газом або рідиною



Система газопостачання



Робота з парою

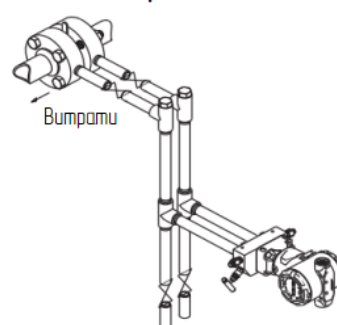


Рис. 2.6. Способи встановлення датчика тиску Rosemount 3051

У датчиках Rosemount 3051 використовується тензо резистивний вимірювальний перетворювач. Мембрани, що сприймають вплив вимірюваного середовища, розміщені в одній горизонтальній площині.

У датчиках із тензорезистивним вимірювальним перетворювачем тиск через розділову мембрану і наповнювальну рідину передається на вимірювальну мембрану, вигин якої спричиняє зміну опору в ланцюзі моста

Уінстона. Величина неузгодженості перетворюється в числову послідовність для обробки мікропроцесором [15]. Технічні характеристики датчика тиску Rosemount 3051 наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Технічні характеристики датчика тиску Rosemount 3051

Вимірювані середовища	Газ, рідина, нафтопродукти
Температура навколишнього середовища	- 40... + 85 °С
Робоча температура	– 40 ... + 149 °С
Діапазон вимірювання	36,8 - 5515 кПа
Основна наведена похибка	до $\pm 0,04$ %
Вихідні сигнали	4-20 мА з цифровим сигналом на базі HART-протоколу

2.3.3. Датчик рівня Rosemount 5300

В якості датчика рівня було обрано рівнемір Rosemount 5300 (рис. 2.7), тому що він несприйнятливий до навколишніх факторів (температури, тиску і т.п.). На рис. 2.8. наведено фланцеве з'єднання датчика рівня Rosemount 5300.



Рис. 2.7. Датчик рівня Rosemount 5300

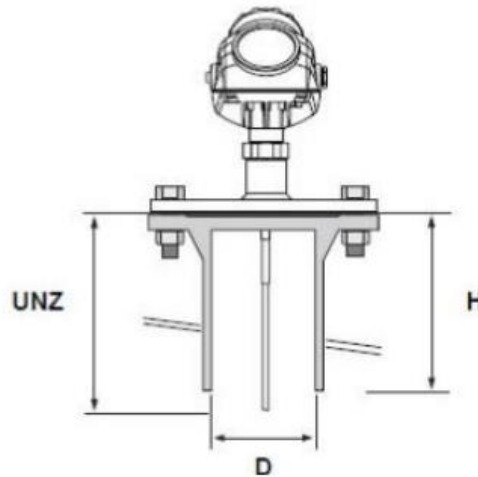


Рис. 2.8. Фланцеве з'єднання датчика рівня Rosemount 5300

Серія рівнемірів Rosemount 5300 - двопровідні хвелеводні рівнеміри для вимірювання рівня та рівня межі розділу рідин, а також рівня сипучих середовищ.

Принцип дії рівнемірів 5300 оснований на технології рефлектометрії з швидкоплинною роздільною здатністю (TDR - Time Domain Reflectometry). Мікрохвильові наносекундні радарні імпульси малої потужності спрямовують донизу відповідно до зонда, зануреного в технологічне середовище. Коли радарний імпульс досягає середовища з іншим коефіцієнтом діелектричної проникності, частка енергії імпульсу відображається у зворотній спрямованості. Зміна в часі між моментом передавання радарного імпульсу і моментом приймання відлуння-сигналу пропорційна відстані, за якою розраховується ступінь води або ступінь межі розділу 2-ох середовищ. Напруженість відбитого відлуння - сигналу залежить від діелектричної проникності середовища [16].

Чим більший коефіцієнт діелектричної проникності, тим більша напруженість відбитого сигналу. Такий метод має переваги у порівнянні з іншими способами вимірювань рівня, оскільки радарні імпульси фактично несприйнятливі до складу середовища, атмосфери резервуара, температури і тиску.

Технічні характеристики рівнеміра Rosemount 5302 наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Технічні характеристики рівнеміра Rosemount 5302

Вимірювані середовища	газ, рідина, нафтопродукти, сипучі
Діапазон вимірювань	0,1 - 50 м
Абсолютна похибка вимірювань	± 3 мм
Температура навколишнього середовища	- 40... + 70 °C
Робоча температури	- 40 ... + 150 °C
Вихідні сигнали	4-20 мА з цифровим сигналом на базі HART-протоколу (RS-485)

2.3.4. Датчик витрати Rosemount 8700

В якості витратоміра було обрано датчик витрат Rosemount 8700 (рис. 2.9). Він може працювати з агресивними середовищами, має широкий діапазон вимірювання витрат. Є можливість дистанційної роботи з приладом завдяки технології SmartWireless. Бездротові рішення SmartWireless дають змогу віддалено конфігурувати витратоміри і передавати дані, що збільшує ефективність їх використання. На рис 2.10. наведено схему встановлення датчика витрати Rosemount 8700.



Рис. 2.9. Датчик витрати Rosemount 8700

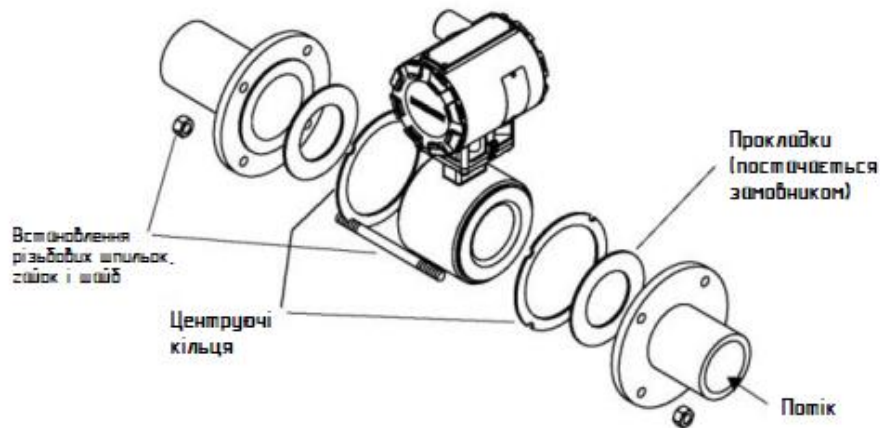


Рис. 2.10. Схема встановлення датчика витрати Rosemount 8700

Витратомір електромагнітний Rosemount 8700 складається з детектора витрат і перетворювача. Детектор витрат встановлюється конкретно в трубопровід і являє собою трубу з нержавіючої сталі з привареними до неї фланцями (для фланцевого виконання) і футеровану не електропровідним матеріалом.

На трубі знаходяться дві котушки збудження (КЗ) і два відокремлених від труби електроди. Електроди і КЗ герметично захищені кожухом, до якого кріпиться стійка з розміщеними на ній платами з клемми для підключення до перетворювача. У корпусі перетворювача розміщено електричний блок,

місцевий інтерфейс оператора (МІО), клеми вихідних сигналів, клеми живлення і заземлення.

Принцип дії електромагнітного витратоміра ґрунтується на взаємодії провідника, що рухається (електропровідна рідина), з магнітним полем, згідно із законом Фарадея (електромагнітної індукції): у провіднику, що рухається перпендикулярно до течії магнітного поля, з'являється електрорушійна сила (ЕРС), що пропорційна швидкості руху провідника. При цьому спрямованість ЕРС перпендикулярна як до течії руху провідника, так і до течії магнітного поля.

Магнітне поле створюється за підтримки КЗ. Різниця потенціалів ЕРС вимірюється перетворювачем за допомогою електродів витратоміра, розташованих на рівні з футеруванням або таких, що мають виступаючу кінцеву форму.

Вимірювана різниця потенціалів підсилюється й обробляється перетворювачем, після чого формуються вихідні сигнали витратоміра [17]. Технічні характеристики витратоміра Rosemount 8700 наведено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Технічні характеристики витратоміра Rosemount 8700

Вимірювані середовища	рідина, нафта
Тиск вимірюваного середовища	До 40 МПа
Швидкість потоку	1 м/с
Вимірювана об'ємна витрата	375 м³/год.
Зведена похибка вимірювань	± 0,15 %
Температура вимірюваного середовища	– 29 ... + 177 °С
Вихідні сигнали	4-20 мА з цифровим сигналом на базі HART-протоколу

2.3.5. Датчик температури Rosemount 644

В якості датчика температури обрано Rosemount 644 (рис. 2.11). Він є інтелектуальним перетворювачем температури для застосування в системах АСУ ТП, підходить для роботи з агресивними середовищами [18].



Рис. 2.11. Датчик температури Rosemount 644

Вимірювальний перетворювач температури Rosemount 644 - це універсальний вимірювальний перетворювач, який забезпечує надійність вимірювань на об'єкті, а також підвищену точність і стабільність вимірювань відповідно до критичними умовами технологічного процесу.

Технічні характеристики датчика температури Rosemount 644:

- Вихідний сигнал: 4-20 мА/HART, Foundation Fieldbus або Profibus
- Можливість вимірювання середньої температури: є
- Цифровий індикатор з інтерфейсом оператора: є
- Варіанти монтажу: класичний, трубний або настінний
- Сертифікація: відповідно до вимог безпеки SIS SIL 2

- Температура навколишнього середовища: -51 - +85 °C (опція K1005); -60 - +85 °C (опція BR6)
- Похибка: $\pm 0,18$ °C HART (0-100 °C); $\pm 0,01$ °C при замовленні з опцією P8; $\pm 0,15$ °C FOUNDATION fieldbus; $\pm 0,15$ °C Profibus-PA

Конфігуратор: перетворювачі опору

Термоперетворювач опору Rosemount™ 0085 накладний

Матеріали трубного хомута - ASTM нержавіюча сталь 304 (1.4301), Duplex F51 (1.4462), вуглецева сталь (1.0037)

Дротові виводи - Мідні дроти зі срібним покриттям з ізоляцією з ПТФЕ

Опір ізоляції - Мінімальний опір ізоляції становить 1000 МОм при вимірюванні під напругою 500 В постійного струму за кімнатної температури.

Комплектація датчика температури Rosemount 644 наведена на рис. 2.12.



Рис. 2.12. Комплектація датчика температури Rosemount 644

2.3.6. Датчик контролю параметрів трансформатора

Для контролю параметрів трансформатора обрано універсальний прилад моніторингу параметрів трансформатора TMT2-30 (рис. 2.13). Він

призначений для вимірювання та індикації температури масла трансформатора, контролю струму в кожній із трьох фаз, визначення та контролю рівня заливки масла.



Рис. 2.13. Універсальний прилад моніторингу параметрів трансформатора ТМТ2-30

Універсальний прилад моніторингу параметрів трансформатора ТМТ2-30 формує уніфікований сигнал 4 - 20 мА згідно з величиною температури і рівня масла в трансформаторі. За допомогою цифрового інтерфейсу RS-485 передає в систему моніторингу всі контрольовані характеристики.

Постійний струм генератора схеми вибіркового опитування, протікає через платиновий датчик температури і формує на ньому падіння напруги. Ця напруга через схему вибіркового опитування виявляється прикладенням до одного з входів мікроконтролера, і згідно з її величиною визначається температура масла. Час накопичення інформації під час вимірювання напруги становить не менше 64 с. Результати вимірювань виводяться в градусах на моніторі як параметр T_m - температури масла. Виміряні значення T_m порівнюються з уставками, і згідно з результатами порівняння мікроконтролер формує сигнали управління на реле [13].

Значення T_m передаються у вигляді ШІМ-сигналу на формувач, з виходу якого знімають струмовий сигнал (4 - 20)мА, величина якого відповідає поточному значенню температури. Найбільші і найменші значення T_m з датою подій, зберігаються в пам'яті мікроконтролера і видаються на екран згідно із запитом користувача (оператора).

Технічні характеристики універсального приладу моніторингу параметрів трансформатора ТМТ2-30 наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Технічні характеристики універсального приладу моніторингу
параметрів трансформатора ТМТ2-30

Напруга живлення	120 - 340 В (постійний струм)
Діапазон контрольованих температур	– 50 ... + 150 °С
Абсолютна похибка вимірювання температури масла	± 3 °С
Температура навколишнього повітря	– 20 ... + 50 °С
Вихідні сигнали	4-20 мА з цифровим сигналом на базі HART-протоколу
Інтерфейс зв'язку	RS-485

2.3.7. Вибір виконавчих механізмів

Вибір регулювального клапана

При виборі регулювального клапана необхідно визначитися з його пропускну здатністю. Пропускную здатність розрахуємо за методом згідно з РТМ 108.711.02-79:

$$K_{\mu max} = 10^{-2} * Q_{max} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta\rho}},$$

де Q_{max} - значення максимальної витрати в м³/год, ρ - густина середовища в кг/м³, ΔP - перепад тиску МПа. Прийmemo Q_{max} рівною продуктивності ЕГ-200, тобто 200 м³/год, густину середовища 900 кг/м³, перепад тиску 0,5.

$$K_{\mu max} = 10^{-2} * 200 * \sqrt{\frac{900}{0.5}} = 84$$

З урахуванням 10 % запасу $K_{\mu max} = 93$. Клапан з такою пропускною спроможністю підходить для води і нафти.

У результаті як основний виконавчий механізм ВМ було обрано клапан сталевий односідельний 25нж947нж ДУ-80 фланцевий з ЕІМ (рис. 2.14) [19].

Даний клапан застосовується для безперервного регулювання параметрів робочого середовища (тиск, температура) шляхом зміни пропускної спроможності (витрати) в системах автоматичного управління технологічними процесами в хімічній і нафтопереробній промисловості.

Клапан безперервно піддаватиметься впливу корозійного середовища, тому як матеріал для корпусу і ущільнень має бути використана нержавіюча сталь. Технічні характеристики клапана 25нж947нж наведено в табл. 2.8. Габаритне креслення клапана 25нж947нж наведено на рис. 2.15.

Таблиця 2.8

Технічні характеристики клапана 25нж947нж

Напруга живлення, В	120-340
Температура навколишнього середовища, °С	-50..+50
Температура робочого середовища, °С	- 60°С до + 450 °С
Робочий тиск	до 4 МПа;
Робочий хід плунжера, мм	0-32
Робоче середовище	Повітря, пар, аміак, газ, рідкі нафтопродукти і вуглеводні
Термін служби	Не менше 10 років

Напрацювання на відмову	10000 годин
Умовна пропускна здатність, куб.м/год	До 100



Рис. 2.14. Зовнішній вигляд клапана 25нж947нж

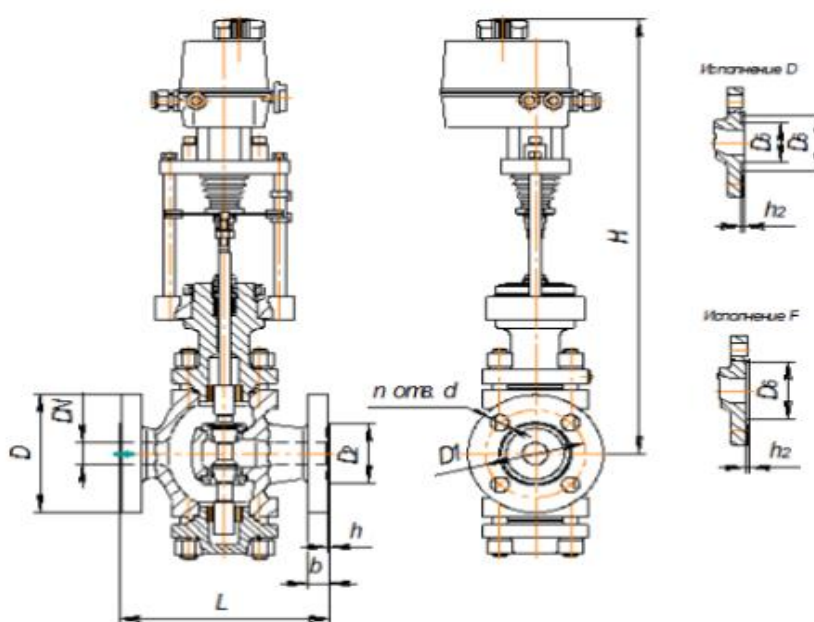


Рис. 2.15. Габаритне креслення клапана 25нж947нж

Вибір електропривода

В якості електроприводу обрано електропривод прямохідний ST 0, який може постачатися в комплекті з обраним регулювальним клапаном(рис. 2.16). Прямохідний електропривод REGADA ST 0.1 застосовується для переміщення різних регулювальних органів і може працювати в комплекті з електронними та електричними регуляторами [20].

Технічні характеристики електропривода ST0.1 наведено в табл. 2.9.



Рис. 2.16. Зовнішній вигляд електропривода ST0.1

Таблиця 2.9

Технічні характеристики електропривода ST0.1

Напруга живлення, В	230
Температура навколишнього середовища, °C	-25..+55°C
Ступінь захисту	IP67
Швидкість керування	5-32 мм/хв.
Робочий хід	До 40 мм

Час закриття	40..60 сек.
Управління	3-х позиційне, 0-10В, 4-20мА

2.4. Обчислювальні засоби

2.4.1. Мікропроцесорний контролер Modicon M580

В якості мікропроцесорного контролера вибрано мікропроцесорний контролер Modicon M580 (рис. 2.17).

Modicon M580 - контролер нового покоління для архітектури PlantStruxure. Modicon M580 - контролер типу ePAC з вбудованою технологією Ethernet [21].



Рис. 2.17. Мікропроцесорний контролер Modicon M580

Контролер Modicon M580 ePAC дозволяє використовувати всі переваги технології Ethernet, яка є основою системи управління підприємством:

- Єдиний стандарт передачі даних на всіх рівнях системи автоматизації підприємства;
- Завдяки протоколу IP, маршрутизації в усіх системах не потрібно;
- Різні можливості по збору даних, наприклад, HART;
- Пряма високошвидкісна зв'язок між центральним процесором і комунікаційними модулями Вбудована інфраструктура Ethernet;

- Просте кабельне з'єднання з використання третіми го порту Ethernet, що є на всіх Ethernet модулях
- Вбудоване підключення до мережі wi-fi;
- Вбудований опто-волоконний перетворювач;
- Вбудовані комутатори;
- Сумісність зі сторонніми пристроями, що підтримують Modbus TCP і Ethernet IP;
- Шасі, сумісний з експертними модулями X80;
- Стандарт FDT/ DTM спільно з технологією Ethernet;
- Ethernet-інтерфейс 1 Гбіт / с в центральному процесорі;
- Продуктивність шасі 100Мбит / с;
- Окреме ядро мікропроцесора для обробки мережевих даних і зменшення нестійкою синхронізації в мережах;
- Детермінований обмін даними в мережі Ethernet;
- Двоядерний процесор ARM останнього покоління (фірми AdvancedRISC Machines)
- Інформаційна безпека;
- Вбудовані функції безпеки відповідають стандартам MEK62443;
- Сертифікація Achilles Level 2;
- Доступ через зашифрований пароль;
- Жорсткий контроль на відповідність прошивки і програмного забезпечення;
- Пам'ять з кодом виправлення помилок

Використання Ethernet як мережі введення / виведення:

- Гнучка конструкція архітектури досягається через мідні, оптоволоконні і бездротові з'єднання;
- Проста кільцева топологія типу «гірлянда» без використання додаткових комутаторів (включаючи оптоволоконні з'єднання);
- Кільцева топологія збільшує надійність мережі;

- Гнучка топологія забезпечує просту інтеграцію пристроїв;
- Можливість комбінувати віддалений введення / виведення, розподілений введення / виведення і інші пристрої в єдиній промисловій мережі Ethernet з повною інтеграцією програмного забезпечення;
- Прозорий доступ до даних через вбудований Ethernet. Просте підключення до польової шини і інших мереж;
- Проста інтеграція HMI через третій порт на адаптері віддаленого вводу виводу;
- Інтерфейс для інших часто використовуваних польових шин і мережевих пристроїв, включаючи AS-Interface, Modbus, Profibus і HART.

Зручність експлуатації виконання операцій:

Можливість оновлення програмного забезпечення без зупинки технологічного процесу:

- Додавання або видалення дискретних і аналогових модулів вводу-виводу (без міток часу);
- Додавання нових станцій віддаленого вводу-виводу;
- Зміна параметрів конфігурації каналу;
- Автоматична настройка модулів при гарячої заміни;
- Зміна конфігурації «на льоту» (CCOTF). Доступ до інформації через Ethernet;
- Отримання інформації онлайн через вбудований Web-сервер;
- Здійснення дистанційної діагностики, в тому числі з мобільних пристроїв;
- Управління екранами SCADA через HMI;

Архітектура PlantStruxure може бути застосовна як для новостворюваних систем, так і для модернізації існуючих, об'єднатися всі рівні автоматизації підприємств.

Конфігурування МПК Modicon M580

Для управління об'єктом необхідно виконати конфігурацію МПК який забезпечує підключення:

Таблиця 2.10

Конфігурування МПК

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	10
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	7

Вибір процесорного модуля:

Враховуючи кількість каналів вводів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль ВМЕР582020.

Вибір модулів вводу/виводу:

8 ВА 4-20 mA – BMX AMI 0800

8 АВ 4-20 mA – BMX AMO 0802

Таблиця 2.11

Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
BMX ХВР 0800 Шасі	1	Шасі для встановлення блоку живлення, процесора та модулів розширення
BMX CPS 2000 Блок живлення	1	Напруга живлення 100...240 VAC Загальна корисна потужність (PPS) 20 Вт Потужність на виході 3V3_VAC монтажного шасі 8,3 Вт (2,5 А) Потужність на виході 24V_VAC монтажного шасі 16,5 Вт (0,7 А) Максимальна сумарна потужність на виходах 3V3_VAC та 24V_VAC (P3V3_24V) 16,5 Вт

ВМЕР582020 Центральний процесор	1	Макс. кількість шасі: 2 дискретних вх+вих. 3072 аналогових вх+вих 768 лічильних каналів 20 кількість розподіленої апаратури 128 процесор модуля зв'язку 8 модуль з AS-інтерфейсом 3 модуль зв'язку Ethernet служба обміну даними DIO сканер Розширюваний флеш-пам'ять 4 Гб накопичувач даних
BMX AMI 0800 Модуль аналогових входів	2	Діапазон сигналу $\pm 10V, 0...10V, 0...5V,$...20mA, 4...20 mA Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс Підключення 20-контактна з'ємна колодка
BMX AMO 0802 Модуль аналогових виходів	1	Діапазон сигналу $\pm 10V, 0...20mA, 4...20 mA$ Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами Підключення 20-конт. з'ємна кол.
BMX FTB 2010	3	20 контактна з'ємна клемна колодка з гвинтовими затискачами
BMX AMI 810	1	28-конт. з'ємна кол. з'ємна клемна колодка BMX FTB 2820

2.4.2 BMX AMI 0800

Аналогові входи: В даній системі використовуються датчики та перетворювачі з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить клемну колодку

та потрапляє на аналогово-цифровий перетворювач модуля BMX AMI 0800 (рис. 2.18) [22].

За допомогою написаної програми виробляється сигнал управління в залежності від тих значень сигналу, що надійшли до модуля BMX AMI 0800.



Рис. 2.18. Модуль BMX AMI 0800

Технічні характеристики:

Модуль аналогового введення:

- Електричне з'єднання;
- 1 роз'єм 28 позицій;
- Ізоляція між каналами без розв'язки;
- 8 аналогових входів;

Тип підключення:

- Струм +/- 20 mA
- Струм 0 ... 20 mA
- Струм 4 ... 20 mA
- Напруга +/- 10 V
- Напруга +/- 5 V
- Напруга 0 ... 10 V
- Напруга 0 ... 5 V
- Напруга 1 ... 5 V

Допустиме перевантаження на входах:

- $\pm 30 \text{ mA}$ 0 ... 20 mA
- $\pm 30 \text{ mA}$ 4 ... 20 mA
- $\pm 30 \text{ V}$
- $\pm 10 \text{ V}$
- $\pm 30 \text{ V}$
- $\pm 5 \text{ V}$
- $\pm 30 \text{ V}$ 0 ... 10 V

2.4.3. BMX АМО 0802

Аналогові виходи: Сигнал з виходу модуля BMX АМО 0802 подається на клемну колодку. Модуль BMX АМО 0802 (рис. 2.19) перетворює сигнал з цифрової форми в аналогову у вигляді струму від 4 до 20 мА. Цей сигнал йде на електропневматичні перетворювачі, де перетворюється в пневматичний, та управляє пневматичними клапанами [22].



Рис. 2.19- Модуль BMX АМО 0802

Технічні характеристики:

Похибка вимірювання:

- $\leq 0,25\%$ повної шкали 0 ... 60 ° C;
- 0,1% повної шкали 25 ° C;

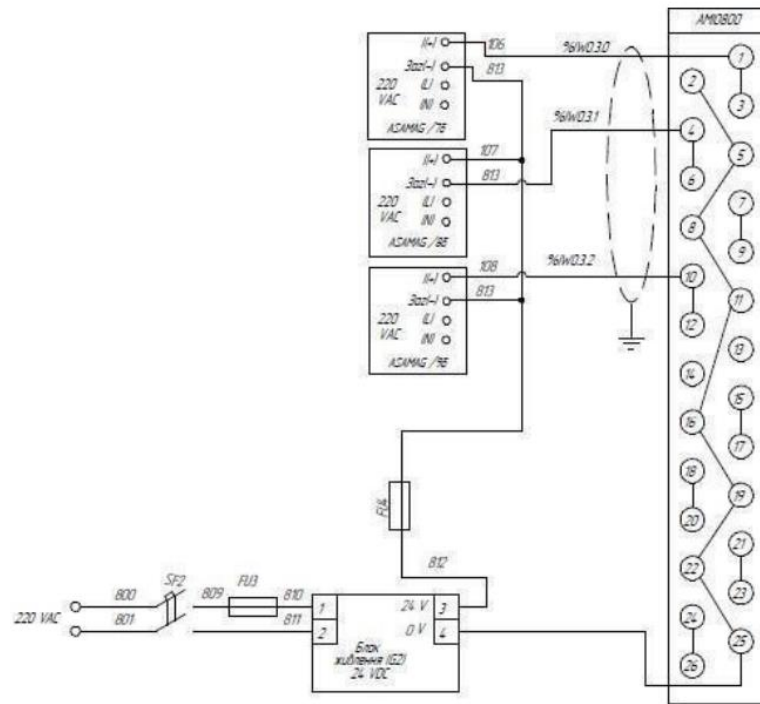


Рис. 2.21. Підключення датчиків до другого модуля аналогових входів

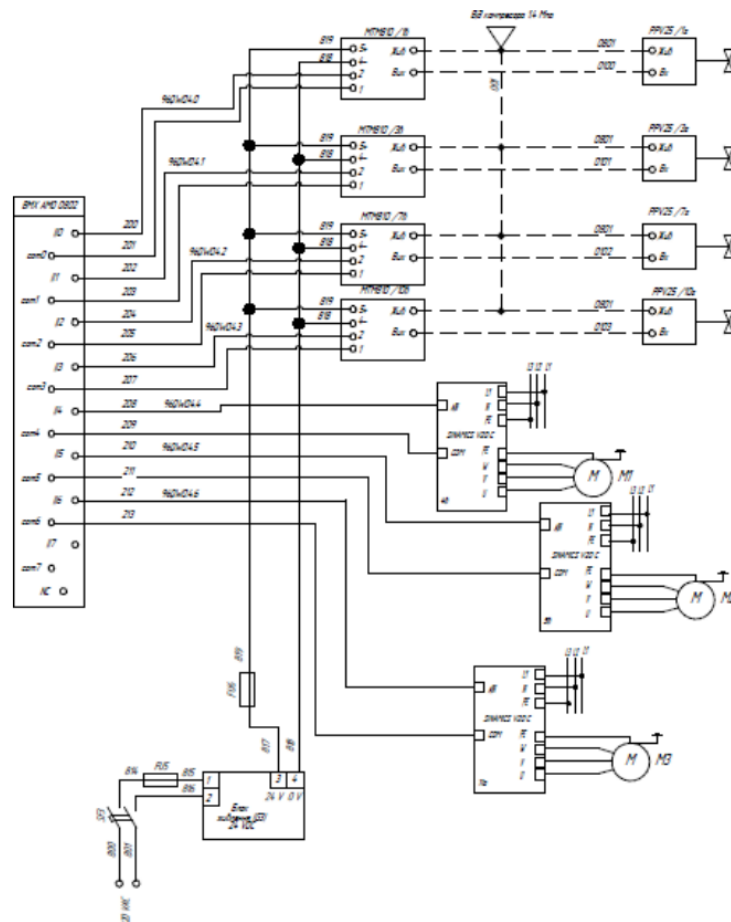


Рис. 2.22. Підключення датчиків до модуля аналогових виходів

2.4.4. BMXDAI1602

Дискретні входи: Модуль дискретного вводу BMXDAI1602 (рис. 2.23) складається з 16 дискретних входних каналів і живиться від 24 В змінного/постійного струму (позитивного або негативного). Цей виріб може працювати в діапазоні температур від 0°C до +60°C/32°F до 140°F. Цей продукт має клас захисту IP20 і пропонує 1124252 години напрацювання на відмову. Цей дискретний модуль має вагу 0,115 кг і розміри 32x100x86 мм. Цей модуль сумісний з ПЛК Modicon M340 і Modicon M580 з 20-контактною кліткою, гвинтовим затискачем або пружинним знімним клемним блоком [22].



Рис. 2.23. Модуль BMXDAI1602

Таблиця 2.12

Сумісність вводу	3	2-провідними/3-провідними датчиками наближення відповідно до ІЕС 60947-5-2
	3	2-провідними/3-провідними датчиками наближення змінного струму відповідно до ІЕС 61131-2, тип 1

Частота мережі	50/60 Гц
Живлення датчика	20...26 В змінного струму 19...30 В постійного струму
Вхідний опір	6 кОм
Типове споживання струму	76 мА при 3,3 В постійного струму
Індикатор стану	1 світлодіод (зелений) модуль працює (RUN) 1 світлодіод на канал (зелений) діагностика каналу 1 світлодіод (червоний) помилка модуля (ERR) 1 світлодіод (червоний) модуль введення/виведення
Температура навколишнього повітря для роботи	0...60 °C
Відносна вологість для роботи	5...95 % при 55 °C без конденсації

Підключення модуля

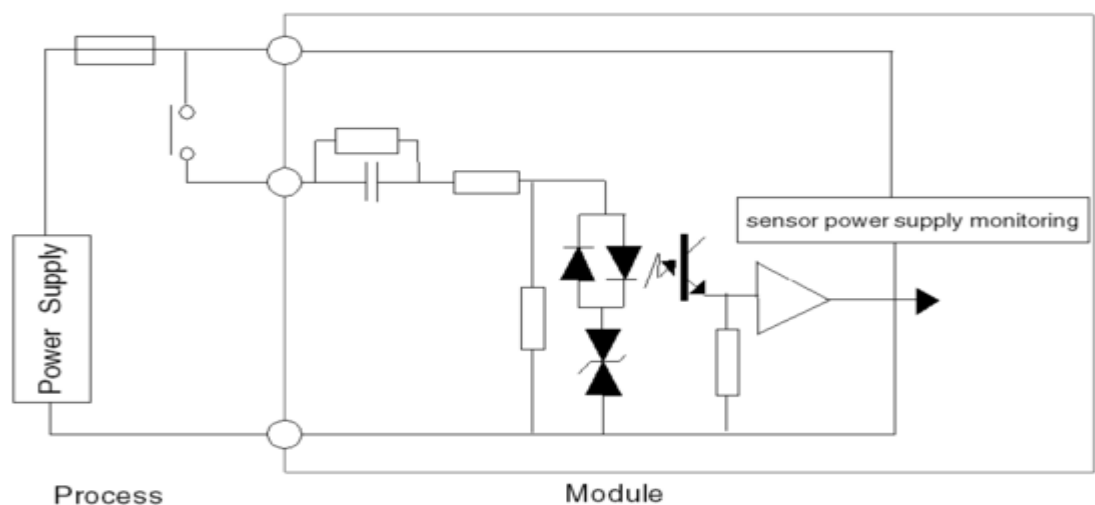


Рис. 2.24. Схема вхідного ланцюга

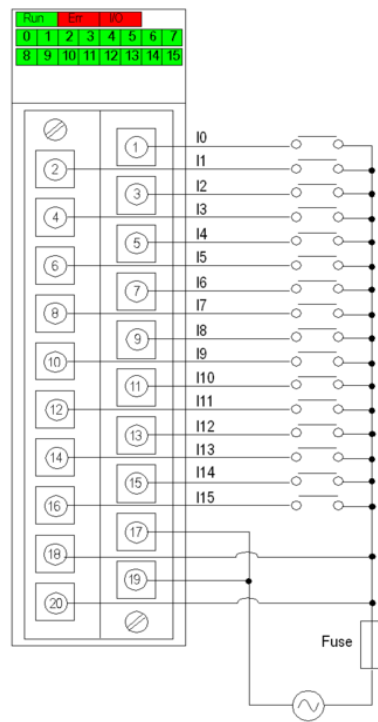


Рис. 2.25. Підключення модуля (джерело живлення змінного струму)

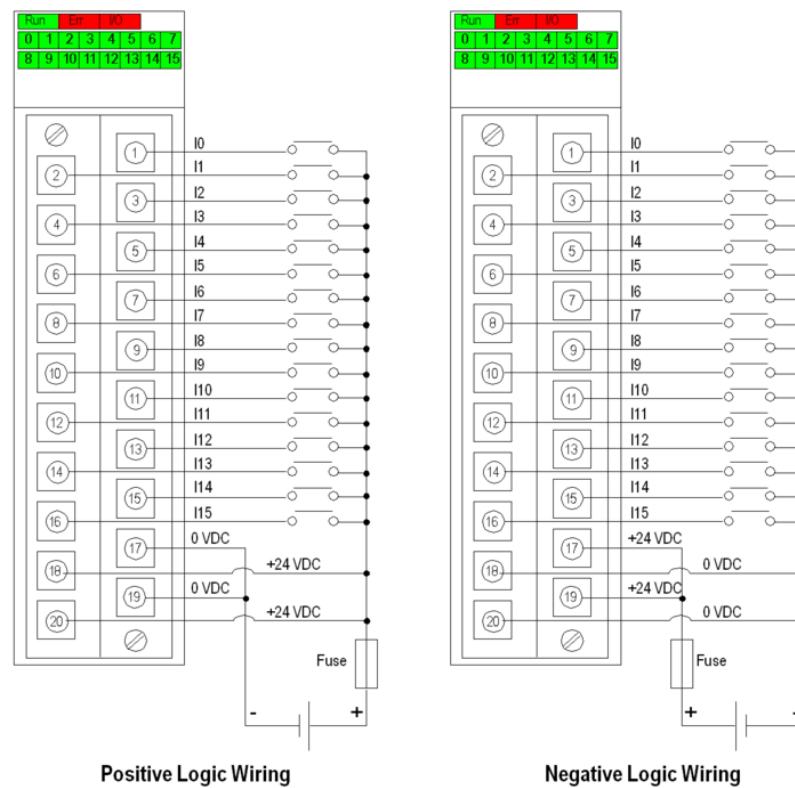


Рис. 2.26. Підключення модуля (джерело живлення постійного струму)

2.4.5. BMXDDO3202K

Дискретні виходи: Модуль дискретного транзисторного виводу BMXDDO3202K (рис. 2.27) складається з 32 вихідних каналів і живиться від 24 В постійного струму (позитивний) [22]. Цей модуль може працювати в діапазоні температур від 0°C до +60°C/від 32°F до 140°F. Цей модуль сумісний із ПЛК Modicon M580 (локальне або віддалене введення-виведення) з одним 40-контактним роз'ємом.



Рис. 2.27 - Модуль BMXDDO3202K

Таблиця 2.13

Дискретна вихідна логіка	Позитивна
Дискретна вихідна напруга	24 В 19...30 В постійного струму
Дискретний вихідний струм	0,1 А
Типове споживання струму	125 мА при 3,3 В постійного струму
Індикатор стану	1 світлодіод (зелений) модуль працює (RUN) 1 світлодіод на канал (зелений) діагностика каналу 1 світлодіод (червоний) помилка модуля (ERR)

	1 світлодіод (червоний) модуль введення/виведення
Струм на канал	0,125 A
Максимальний струм на модуль	3,2 A

Підключення модуля

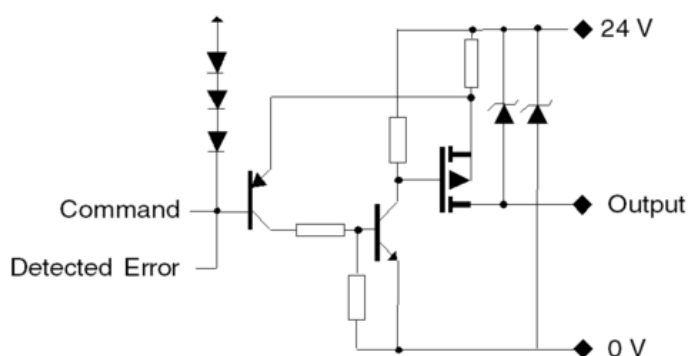


Рис. 2.28. Схема вихідного ланцюга

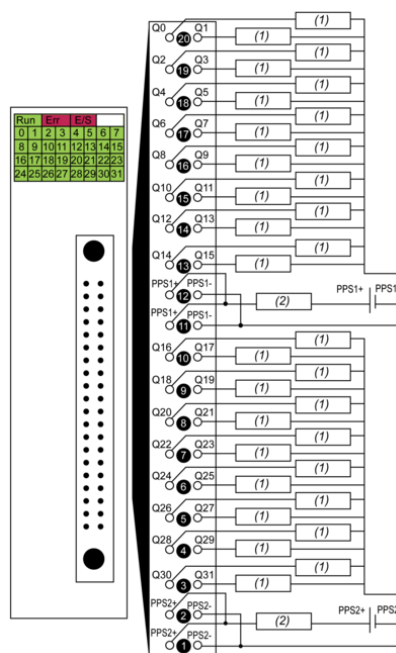


Рис. 2.29. Схема підключення модуля6

(1) попередній привід (2) запобіжник: швидкодіючий запобіжник 2 А
 для кожної 16-канальної групи джерело живлення 24 В постійного струму
 Джерело живлення виконавчого механізму PPS

2.5. Схема з'єднань і зовнішніх проводок

Схему з'єднань і підключень зовнішніх проводок наведено в додатку. На схемі наведено підключення всіх датчиків, що входять до АСУ. Кабелі з'єднань мають бути негорючими, а також мати екранування, що дасть змогу захистити канали вимірювань у разі виникнення пожежонебезпечної ситуації та впливу е/м полів. На рис. 2.30 представлено будову обраного кабелю.

Як кабель обрано КВВГЕ. Кабель КВВГЕ являє собою конструкцію з мідних жил, укладених в ізоляцію, а також в оболонку із пластику. Електротехнічний контрольний кабель КВВГ призначений для приєднання до електроапаратури, електроприладів.



Рис. 2.30. Будова кабелю КВВГЕ

До складу цього кабелю входять жили, виготовлені з міді. В якості ізоляції, внутрішньої оболонки і зовнішньої оболонки використовуються ПВХ зі зниженою пожежонебезпекою, а також екран у вигляді алюмінієвої фольги.

Усі прилади та клемні коробки з міркувань безпеки мають бути заземлені.

Схема зовнішніх проводок наведена в Додатку .

3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПОДІЛУ ВОДО НАФТОВОЇ СУМІШІ У ЕЛЕКТРОДЕГІДРАТОРІ

3.1. Математична модель керування технологічним параметром

Як регульований параметр технологічного процесу виступає витрата прісної води на вході в ЕГ. Контур регулювання представлений рис. 3.1



Рис. 3.1. Типовий контур регулювання

Як алгоритм регулювання будемо використовувати алгоритм ПІД-регулювання. Пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) регулятор використовується в АСУ для формування керуючого сигналу.

Алгоритм роботи представленої схеми має такий вигляд. На вхід ПІД-регулятора надходить сигнал, що визначає задане (нормоване) значення витрати, а також сигнал безпосередньо з витратоміра. З різниці цих сигналів, ПІД виробляє керуючий вплив як струмового сигналу 4-20 мА, що надходить вхід частотного перетворювача (ЧП).

ЧП, використовуючи змінну напругу мережі та інформацію з ПЛК, видає силовий сигнал на електропривод. Змінюючи частоту напруги, що надходить на електропривод, НП контролює швидкість його обертання. У свою чергу саме електропривод безпосередньо механічно впливає на робочий орган клапана, визначаючи тим самим витрату в трубопроводі.

Об'єктом управління є ділянка трубопроводу між точкою вимірювання витрати та ВМ (клапаном). Довжина ділянки визначається правилами монтажу відповідного датчика та ВМ.

Для складання моделі у програмному пакеті MATLAB необхідно записати математичну модель кожного з об'єктів системи керування.

Таблиця 3.1

Рівняння математичної моделі

ПІД-регулятор	$K_n + K_d * \frac{dU_{BX}}{dt} + K_i * \int U_B$
Частотний перетворювач	$T_1 \frac{df}{dt} + f = k_1 \cdot U_3$
Електропривод	$T_2 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_2 \cdot f$
Клапан	$\frac{dF}{dt} = K_4 \omega$
Трубопровід	$W_{тр}(s) = \frac{F_{кл}}{F} = \frac{1}{T_4 \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau \cdot s}$

Прийmemo максимальну витрату прісної води рівним 40 м³/год.

ЧП, електропривод, клапан і трубопровід описуються аперіодичними ланками першого порядку. Знайдемо невідомі коефіцієнти.

$$T_1 = 0.1 \text{ с ,}$$

де T_1 – постійна часу для НП;

$$k_1 = \frac{f}{I} = \frac{50}{16} = 3,125 \frac{\text{Гц}}{\text{мА}} ,$$

де k_1 - коефіцієнт передачі ЧП, f - частота керуючого сигналу, що змінюється від 0 до 50 Гц, I - керуючий струмовий сигнал;

$$T_2 = 0,20 \text{ с ,}$$

де T_2 – постійна часу для електроприводу;

$$k_2 = \frac{\omega}{f} = \frac{200}{50} = 4 \frac{\text{Рад/с}}{\text{Гц}},$$

де k_2 - коефіцієнт передачі електроприводу, ω - швидкість обертання асинхронного двигуна, що входить до складу електроприводу; f - частота напруги, що подається на двигун;

Для більш плавного регулювання клапаном потрібен знижувальний редуктор. Врахуємо, що час для повного відкриття/закриття засувки складає 40 секунд:

$$k_P = \frac{2 * \pi i}{w * t} = \frac{6,28}{200 * 40} = 0,000785,$$

де k_P - коефіцієнт редуктора;

$$k_3 = \frac{F}{w * k_P} = \frac{0,011}{0,157} = 0,07 \frac{\text{м}^3/\text{с}}{\text{рад}},$$

де k_3 - коефіцієнт передачі клапана, F - витрата середовища, що приходить на клапан м³/с;

$$T_4 = \frac{2 \cdot l \cdot S_{\text{пл}} \cdot c^2}{Q_{\text{кл}}} = \frac{2l}{Q} \cdot \frac{Q^2 \cdot S_{\text{пл}}}{S_{\text{пл}}^2} \cdot \frac{\rho}{2\Delta p g} = \frac{LQ\rho}{\Delta P \cdot S_{\text{пл}} \cdot g} = \frac{6 \cdot 1000 \cdot 0,011}{0,4 \cdot 101971 \cdot 0,049 \cdot 9,81} = 0,003,$$

де T - стала часу для ділянки трубопроводу, l - довжина трубопроводу, $S_{\text{пл}}$ - площа поперечного перерізу труби, $P_{\text{кл}}$ - тиск після ВМ дорівнює 0,4 МПа

Оскільки довжина трубопроводу не перевищує 2-3 м, транспортне запізнення не враховується.

На рис. 3.2 представлена модель САР зміни витрати (м³/с) у трубопроводі. В якості впливу була задана витрата 0.011 м³/с. У моделі використовувався ПД-регулятор.

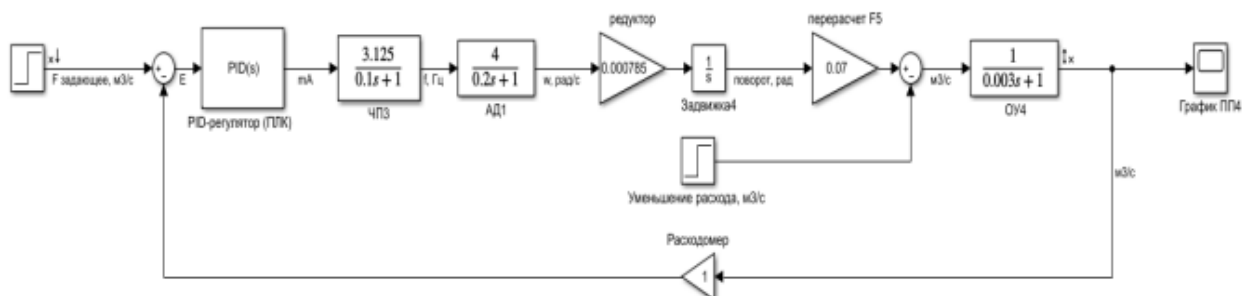


Рис. 3.2 – Модель САР витрати у трубопроводі

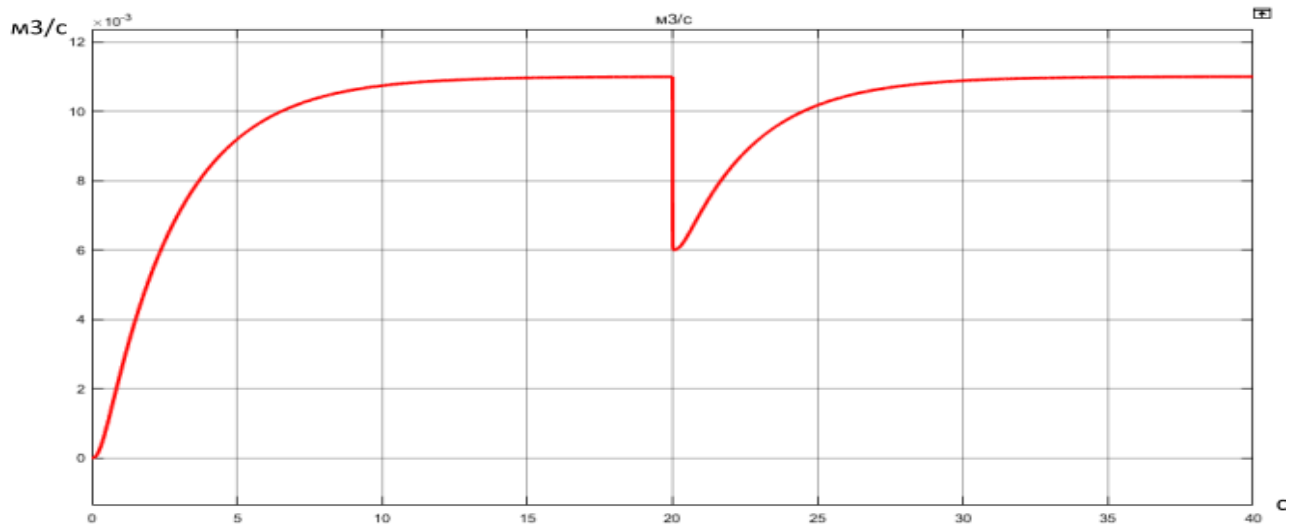


Рис. 3.3 Графік перехідного процесу

Також варто відзначити, що на 15 секунді вимірювання в систему вводиться вплив, що збурює, у вигляді моментального падіння витрати на 0.005 м³/с, з яким система справляється за $t=10$ сек. Коефіцієнти підрегулювальника: $K_p = 346$; $K_d = 1$.

Перерегулювання при налаштуваннях відсутнє, а час перехідного процесу становить близько 8 секунд.

3.2. Математичні модель управління технологічним параметром за статистичними даними

Як регульований параметр процесу була обрана концентрація домішок солей в емульсії. Знаходження даної величини в необхідних межах є такою самою важливою функцією електродегідратора, як і відокремлення нафти від води.

Як об'єкт дослідження було обрано електродегідратор ЕГ-200-10 основні параметри якого представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

Технічні параметри ЕГ-200-10

Робочий тиск, МПа	1
Місткість ємності, м ³	200
Робоча температура, °С	До 100
Пропускна спроможність по товарній нафти, т/добу	5000-11500
Потужність трансформаторів, кВА	150

Вхідними параметрами для створення моделі будуть $Q_{\text{вх}}$ – концентрація солей, мг/л; $F_{\text{пр. в.}}$ – витрата прісної води, м³/год. Вихідним параметром буде $Q_{\text{вих}}$ – концентрація солей, мг/л.

Як вхідні дані для знаходження вище перелічених величин були використані режимні листи ЕГ. Дані представлені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Вхідні дані

№ п.п.	$Q_{\text{вх}}$	$F_{\text{пр. в.}}$	$Q_{\text{вих}}$
1	29,5	22,8	7,1
2	29,9	22,1	7,6
3	30,2	24,8	6,3
4	33,4	21,1	8,5
5	35,2	19,7	9,6
6	34,6	20,2	9,2
7	36,5	20,3	9,1
8	35,4	19,4	9,8
9	34,9	18,8	10,2
10	33,7	20,5	8,6
11	33,6	19,2	10,1

12	35,1	19,6	9,6
13	35,9	17,8	11,2
14	36,2	17,5	11,6
15	36,4	18,1	10,9
16	36,8	17,7	11,3
17	37,5	17,6	11,6
18	37,6	17,8	11,3
19	37,1	17,3	11,9
20	36,5	17,1	12,3
21	35,4	16,5	12,7
22	35,9	16,4	12,9
23	36,1	17,1	11,9
24	36,5	17,9	10,9
25	34,5	19,5	9,7
26	34,2	19,3	9,8
27	34,9	18,5	10,7
28	33,5	17,9	11,3
29	32,6	19,8	9,5
30	32,8	19,5	9,8
31	32,4	18,9	10,2
32	32,9	19,1	10,1
33	31,5	21,6	8,3
34	31,4	20,4	8,6
35	30,6	22,7	7,1
36	30,7	22,6	7,3
37	30,9	21,8	7,9
38	29,6	24,6	6,8
39	29,4	24,9	6,2
40	32,6	20,1	9,4

Ґрунтуючись на даних табл. 3.3 можна знайти математичну залежність концентрації солі на виході (z) від початкового її вмісту (x) та витрати прісної води (y). За допомогою програмного пакета Simulink отримуємо графік $z(x, y)$. У якості лінеаризованої моделі було обрано поліноміальну залежність другого порядку.

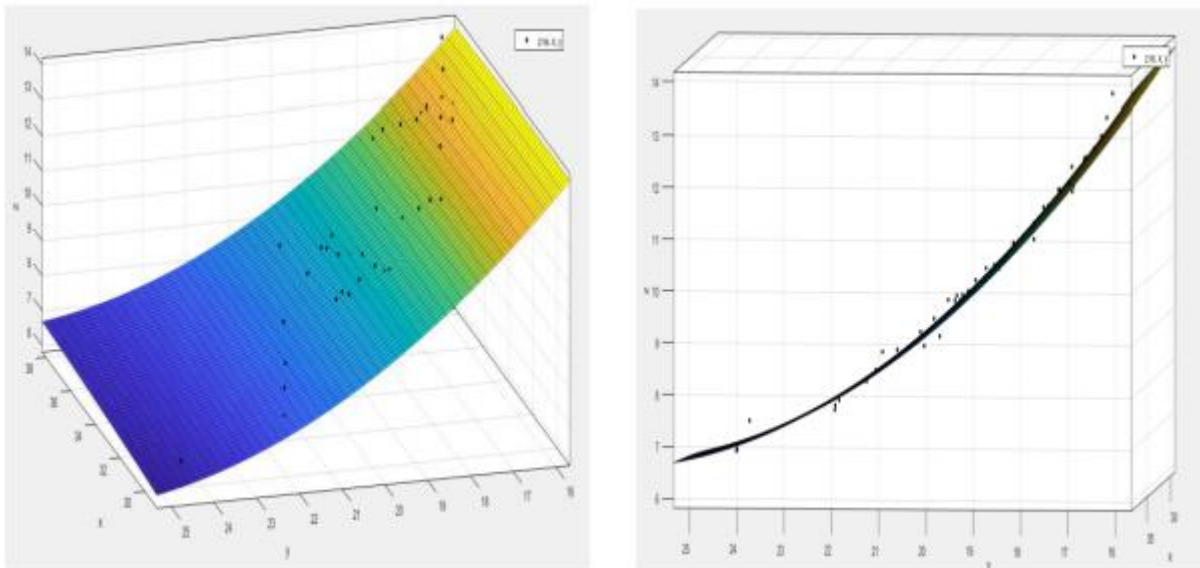


Рис. 3.4. Графік залежності $z(x, y)$

За допомогою пакета Curve Fitting Toolbox було отримано функцію досліджуваного параметра:

Linear model Poly22:

$$f(x, y) = p00 + p10 \cdot x + p01 \cdot y + p20 \cdot x^2 + p11 \cdot x \cdot y + p02 \cdot y^2$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$p00 = 51.39$ (-10.96, 113.7)
 $p10 = -0.004027$ (-2.442, 2.434)
 $p01 = -3.402$ (-5.724, -1.08)
 $p20 = -0.001813$ (-0.0266, 0.02297)
 $p11 = 0.006982$ (-0.03531, 0.04927)
 $p02 = 0.05846$ (0.03429, 0.08264)

$$f(Q_{\text{вх}}, F_{\text{пр. в}}) = 51,39 - 0,004027 * Q_{\text{вх}} - 3,402 * F_{\text{пр. в}} - 0,001813 * Q_{\text{вх}}^2 + 0,006982 * Q_{\text{вх}} * F_{\text{пр. в}} + 0,05846 * F_{\text{пр. в}}^2 \quad (3.1)$$

Щоб переконатися у коректності отриманого наближення, зробимо оцінку адекватності моделі шляхом знаходження критерію Фішера.

Знаходимо середню дисперсію табличних даних за формулою:

$$A = \frac{\sum_1^n (Y_i - \bar{Y})^2}{N-1} = \frac{\sum_1^{60} (Y_i - \bar{Y})^2}{59} = 3,587, \quad (3.2)$$

де Y_i – значення i -ої точки, $\bar{Y} = (\sum_{i=1}^N Y_i) / N$ – середнє значення, N –

кількість вимірюваних точок.

За формулою (4.1) обчислюємо значення функції $f(Q_{\text{вх}}, F_{\text{пр. в}})$ у всіх точках.

Обчислюємо залишкову дисперсію:

$$B = \frac{\sum_i^n (A_i - f_i)^2}{N-(k+1)} = \frac{\sum_1^{60} (A_i - f_i)^2}{57} = 0,025, \quad (3.3)$$

де $k=2$, оскільки обрано наближення другого порядку.

Знаходимо дисперсію адекватності:

Визначаємо критерій Фішера:

$$F = \frac{A}{B} = \frac{3,587}{0,025} = 143,48.$$

$F_{\text{табл}}=1,547$. Оскільки знайдений F значно більше ніж $F_{\text{табл}}$, можна зробити висновок про те, що модель адекватна і її можна використовувати для різних досліджень і розрахунків.

Процес регулювання концентрації солей має на увазі керування витратою прісної води, яке відбуватиметься за рахунок регулюючого клапана, що отримує сигнали від ПЛК. Для цього необхідно визначитися з вибором клапана, а також залежністю між його робочим ходом (ходом штока) та пропускною здатністю.

Для розрахунку необхідних параметрів та вибору регулюючої арматури необхідно скористатися РТМ 108.711.02-79 “Арматура енергетична. Методи визначення пропускної спроможності регулюючих органів та вибір оптимальної витратної характеристики”.

Для визначення максимальної пропускної спроможності скористаємося формулою:

$$K_{\mu \max} = 10^{-2} * Q_{\max} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}, \quad (3.4)$$

де $Q_{\max}$ – значення максимальної витрати в м³/год, ρ - щільність середовища в кг/м³, ΔP - перепад тиску МПа.

Прийmemo $Q_{\max} = 25$, $\rho = 900$ і $\Delta P = 0,5$.

$$K_{\mu \max} = 10^{-2} * 25 * \sqrt{\frac{900}{0,5}} = 11,16$$

Виходячи з отриманого значення максимальної пропускної здібності вибирається коефіцієнт об'ємної витрати рідини, що проходить через клапан із запасом від 10 до 30%. Прийmemo $K_{vs} = 12,5$.

Знайдемо залежність витрати від величини ходу плунжера, що має лінійну пропускну характеристику. $Q = \Phi * K_{vs}$

$$Q = \frac{\Phi * K_{vs}}{10^{-2} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}} = \frac{(0,0183 + 0,9817 * h) * 12,5}{10^{-2} * \sqrt{\frac{900}{0,5}}},$$

де $\Phi = 0,0183 + 0,9817 * h$ для лінійної витратної характеристики,

$$K_{\mu \max} = K_{vs} * \Phi.$$

В табл. 3.4 представлена залежність обсягу середовища, що пропускається клапаном від відсотка відкриття штока.

Таблиця 3.4

Модель автоматизованої системи управління концентрацією у Simulink наведено на рис. 3.5.



На рис. 3.6 представлена динаміка зміни концентрації солей на вході за необхідного значення 7,1 мг/л. Також на 45 секунд в систему було введено збурення, представлене моментальним зростанням кількості солі в емульсії, що надходить на вхід електродегідратора, в обсязі 40 мг/л.

За графіком можна визначити, що час перехідного процесу встановлення початкової концентрації становить близько 20 секунд, а перерегулювання у даному випадку відсутнє. Також необхідно внести обмеження в блок "хід штока", оскільки максимальна витрата, що використовується при розрахунках, дорівнює $25 \text{ м}^3/\text{год}$.

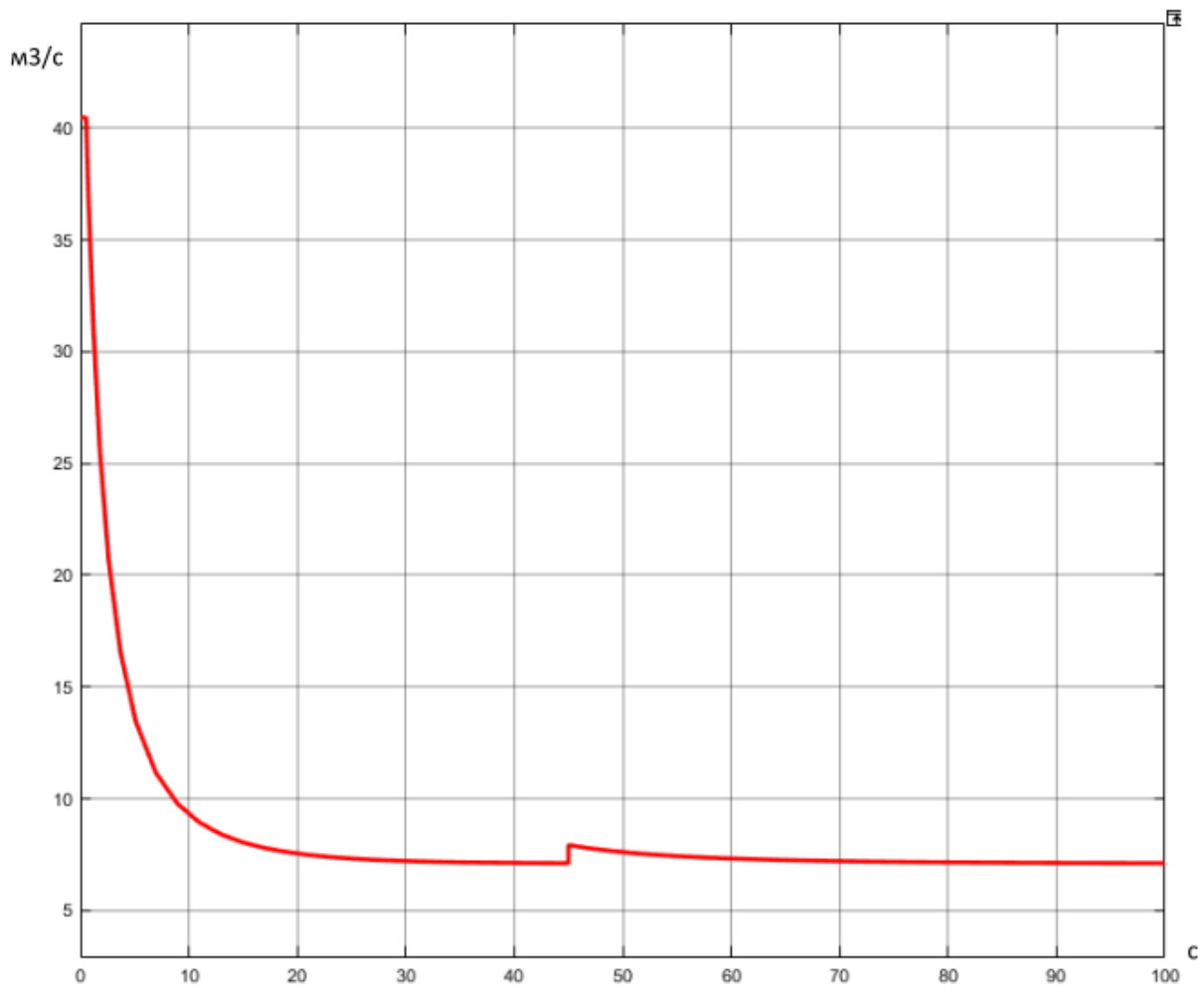


Рис. 3.6 . Графік перехідного процесу $Q_{\text{вих}}$

3.3. Алгоритм регулювання рівня в електродегідраторі

В автоматизованій системі на різних рівнях управління використовуються різні алгоритми:

1. релейні або ПД-алгоритми автоматичного регулювання технологічними параметрами технологічного устаткування (керування положенням робочого органу, регулювання тиску тощо) (реалізуються на ПЛК); 45

2. алгоритми пуску (запуску)/зупинки технологічного обладнання (релейні пускові схеми) (реалізуються на ПЛК і SCADA). У цій ВКР розроблено такі алгоритми АС:

1. алгоритм збору даних вимірювань (канал вимірювання температури трансформаторного масла);

2. алгоритм пуску/зупинки технологічного процесу.

Розроблений у роботі алгоритм пуску/зупинки процесу представлено на рис. 3.7. У результаті порівняння показань датчиків зі встановленими для цього процесу уставками формуються керувальні впливи на виконавчі механізми. Виконання алгоритму забезпечує підтримання технологічних параметрів у безпечному діапазоні значень.

Усі елементи управління системи мають свої ідентифікатори (теги), кожен з яких відповідає структурі, наведеній нижче.

AAA_BBB_CCCC_DDDDD, де:

1. AAA - параметр із 3 символів, що набуває значень:

- PT - тиск;
- TT - температура;
- LT - рівень;
- FT - витрата;
- ET - напруга;
- QT - якість;
- VLV - клапан регулювальний;

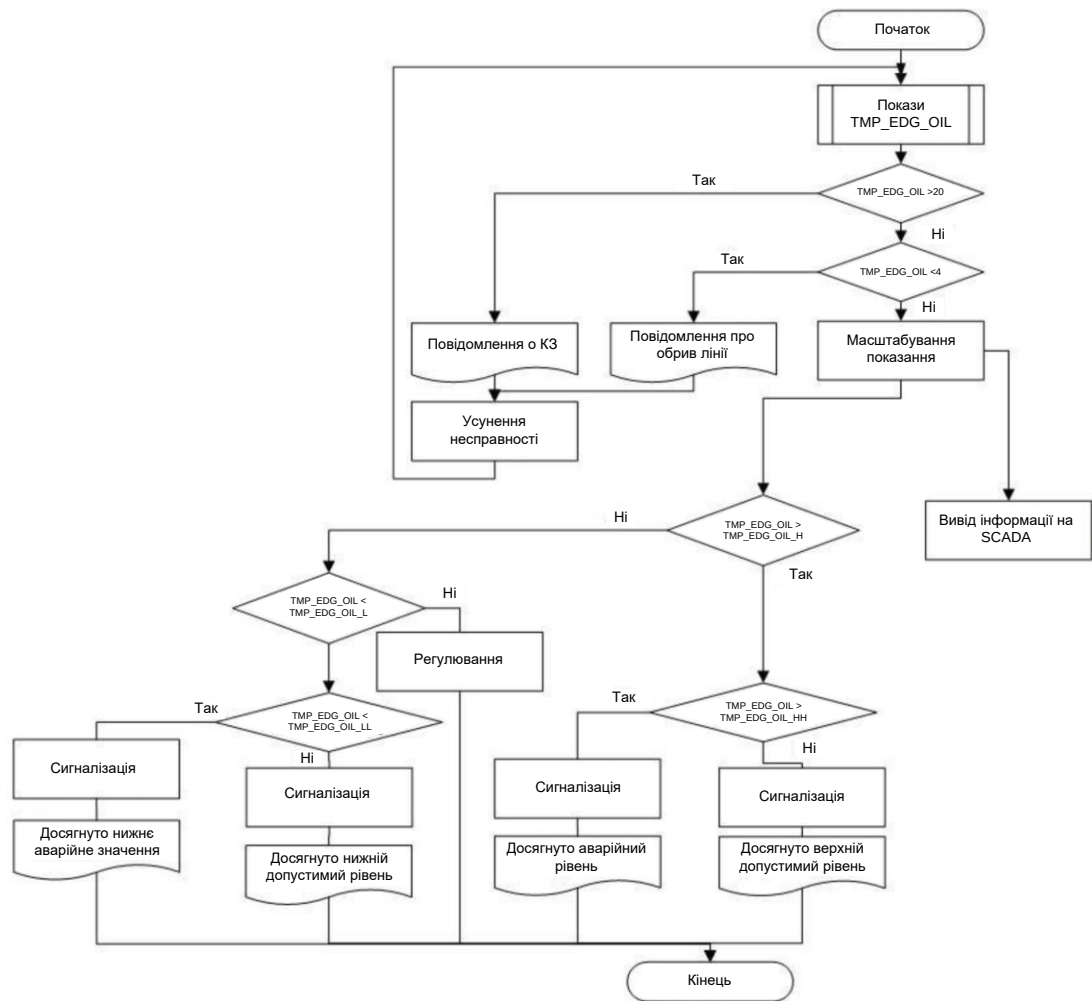


Рис. 3.7. Алгоритм регулювання рівня в ЕГ

2. ВВВ - код технологічного апарату (або об'єкта), 3 символи:

- ЕРР - трубопровід з емульсією на вході в ЕГ;
- ОРР - трубопровід із нафтою на виході з ЕГ;
- WPP - трубопровід із прісною водою;
- PPW - трубопровід із водою, що відокремилася;
- TRF - трансформатор;
- EDG - електродегідратор;

3. CCC(C) - уточнення, до 4-х символів:

- EMUL - емульсія;
- OIL - нафта;

- WATR - вода;
- PHS (1,2,3) - фаза;
- PHS - рівень розділу фаз.

4. DDD(DD) - примітка, до 5 символів:

- REG - регулювання;
- HH - верхнє аварійне значення;
- LL - нижнє аварійне значення;
- H - верхнє допустиме значення;
- L - нижнє допустиме значення;

3.4. Алгоритм збору даних вимірювань

Як канал вимірювання було обрано канал вимірювання температури середовища в ЕГ. Алгоритм передбачає перевірку достовірності одержуваного сигналу, а також дії при виході значення за межі уставок. Алгоритм збирання даних вимірювань наведено на рис. 3.8.

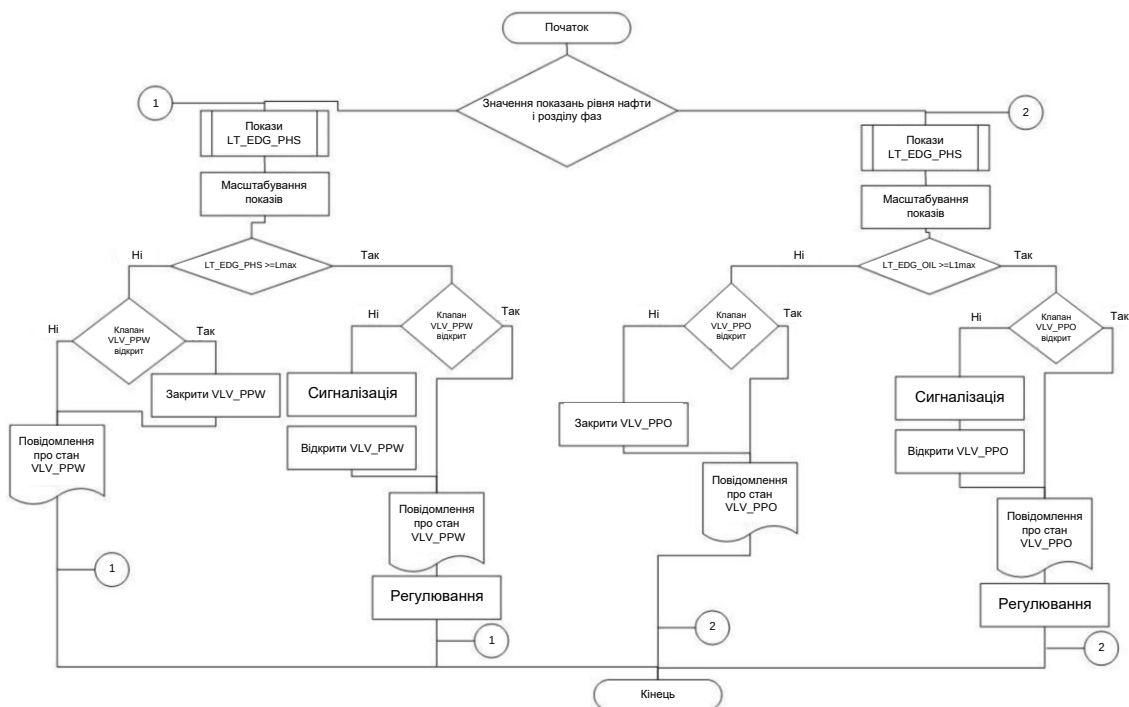


Рис. 3.8. Алгоритм збору даних вимірювань

Загальні висновки

В ході виконання кваліфікаційної роботи магістра створена автоматизована система управління технологічним процесом поділу водонафтової суміші у електродегідраторі, що забезпечує безпечну експлуатацію обладнання і протікання технологічного процесу поділу водонафтової суміші.

Для цього проведено аналіз електродегідратора як об'єкту автоматизації і управління. Обрані вхідні і вихідні параметри, розроблено технічну структуру АСУТП.

Виконано розробку структурної і функціональної схеми автоматизованої системи управління технологічним процесом поділу водонафтової суміші у електродегідраторі.

Вибрано вимірювальні засоби та елементну базу автоматизованої системи управління технологічним процесом поділу водонафтової суміші у електродегідраторі.

Виконано розробку математичної моделі процесу поділу водонафтової суміші у електродегідраторі як об'єкта регулювання.

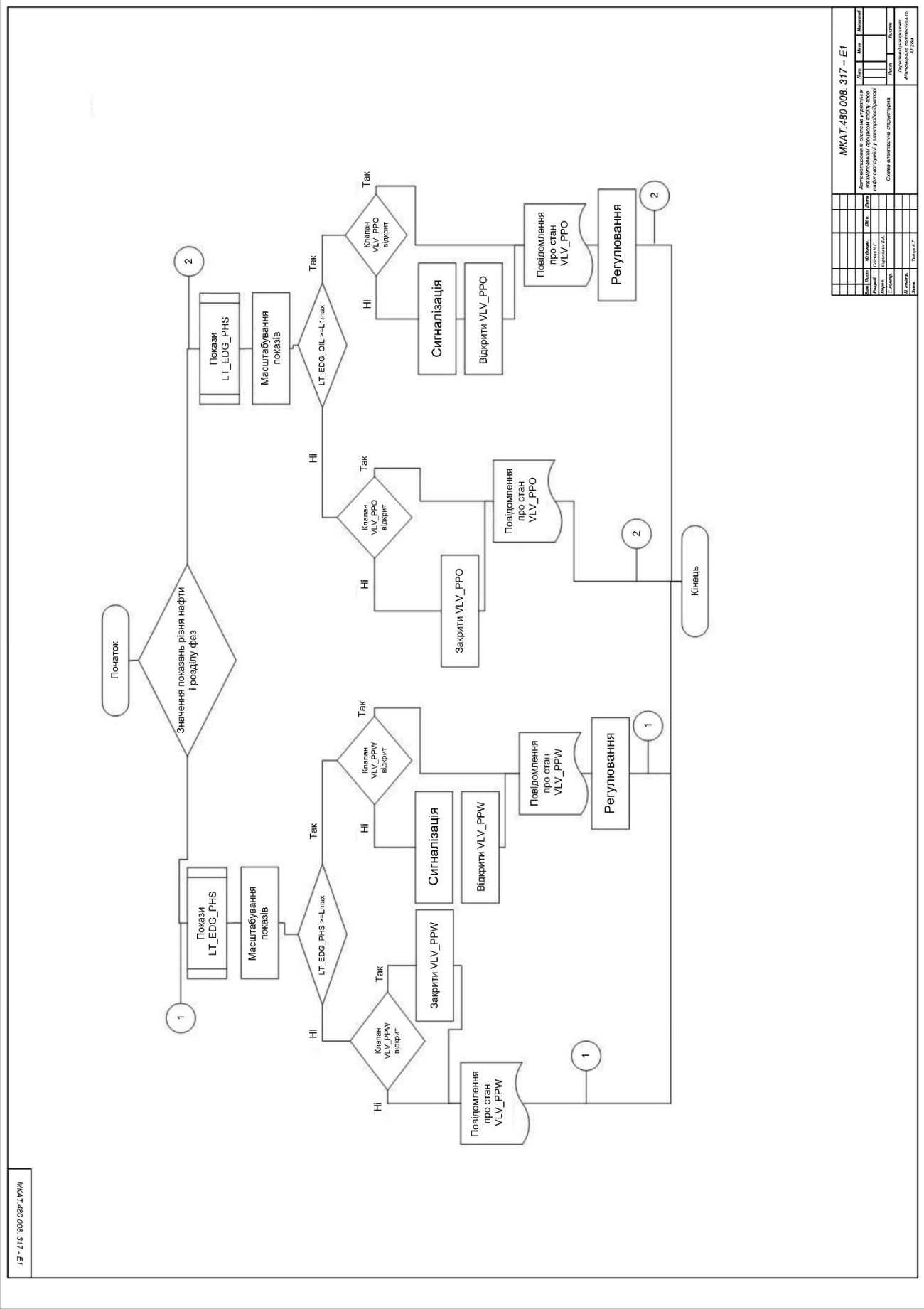
Застосування АСУ ТП дозволить виконати безперервний збір первинної інформації від пристроїв нижнього рівня; обробку первинної інформації; керування стадіями процесу в автоматичному режимі; реєстрацію спрацьовування сигналізації й історичних даних; зберігання інформації з можливістю її обробки; візуалізацію інформації у вигляді мнемосхем і графіків.

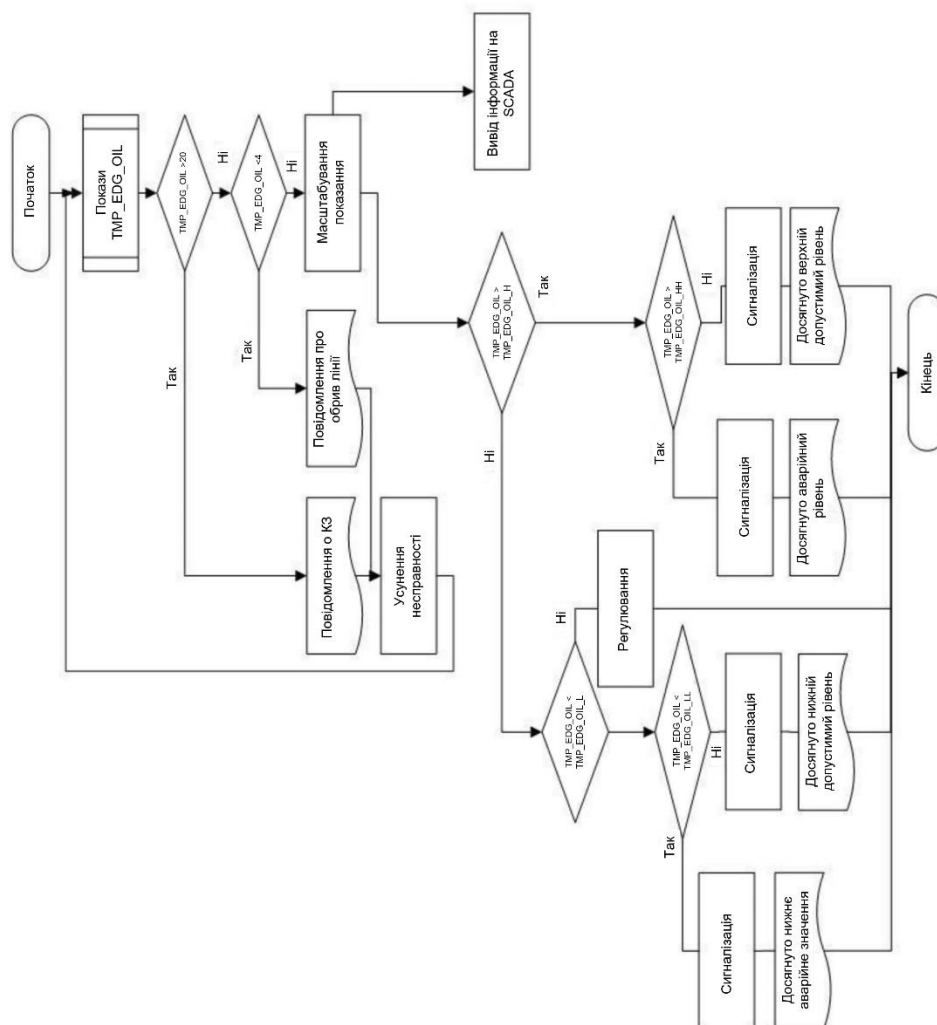
Список використаних літературних джерел

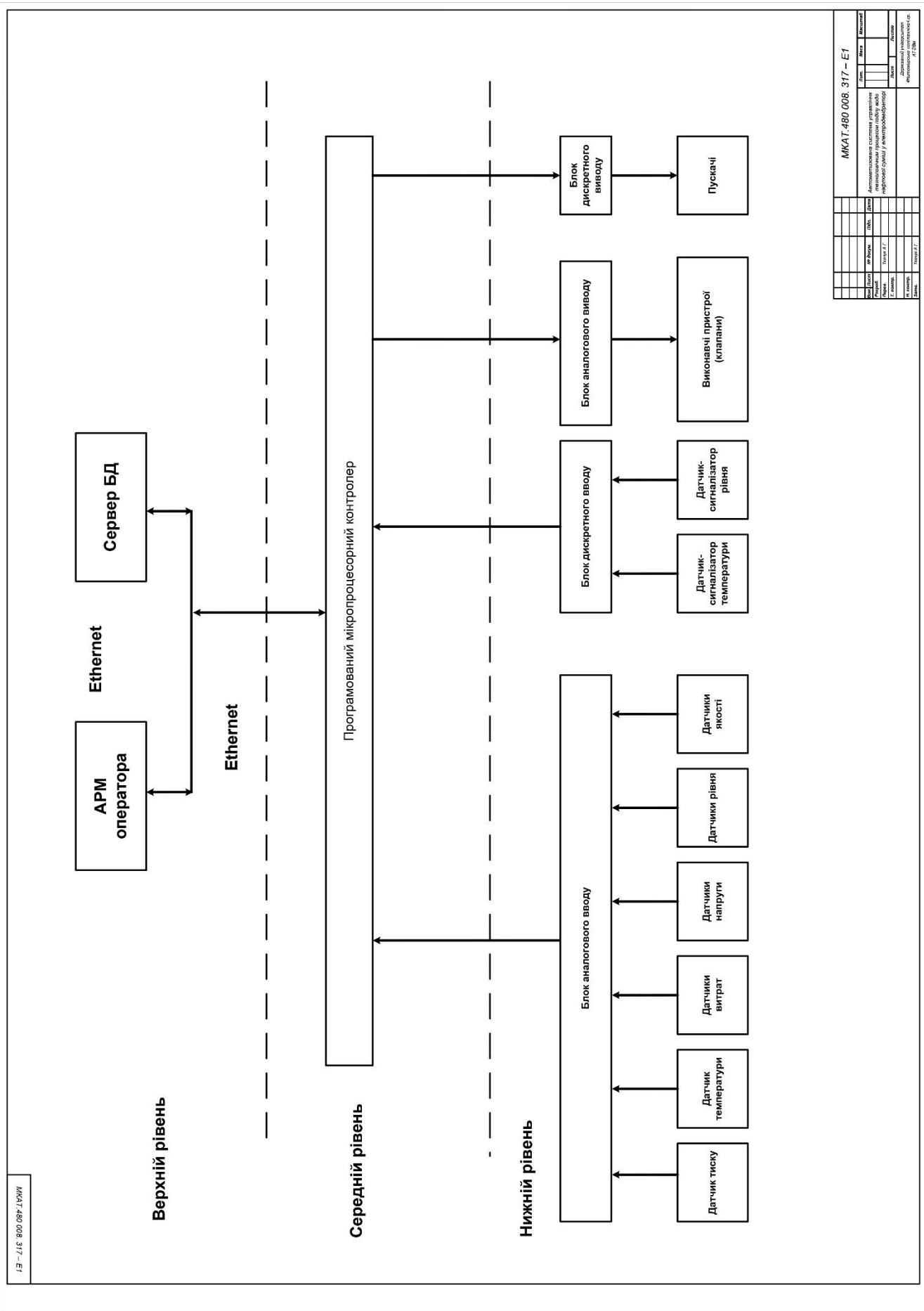
- 1.Бойко В.С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ:Підручник/В.С. Бойко. – Київ: «Реал-Принт», 2004. – 695 с.
- 2.Бойко В.С. Технологія розробки нафтових родовищ: /В.С. Бойко. – Івано-Франківськ: Нова зоря, 2011. – 509 с.
- 3.Пилипов Л.Д. Основи нафтогазової справи - Івано-Франківськ: ІФТУНГ, 2012 – 312 с.
- 4.Francesco Rossi, Simone Colombo. Upstream Operations in the Oil Industry: Rigorous Modeling of an Electrostatic Coalescer // Elsevier. – 2017. – P. 220-231.
- 5.John S. Eow, Mojtaba Ghadiri. Electrostatic and hydrodynamic separation of aqueous drops in a flowing viscous oil // Elsevier. – 2001. – P. 649-657.
- 6.Білецький В. С. Основи нафтогазової інженерії (підручник для ВНЗ) / Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г. - Львів: «Новий Світ- 2000», 2019 – 416 с.
- 7.Білецький В. С. Основи нафтогазової інженерії / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. Г. Вітрик. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2018. – 415 с.
- 8.Фик М. І., Хріпко О. І., Раєвський Я. О., Варавіна О. П. Розробка та експлуатація нафтових та нафтогазових родовищ: посібник для студ. ВНЗ / під ред. д-ра. техн. наук, проф. І. М. Фика. – Харків, 2019. – 149 с.
- 9.Тутко, Т.Ф. Основи нафтогазової справи: конспект лекцій / Т.Ф. Тутко. -Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2015. - 190 с.
10. Довідник з нафтогазової справи / за заг. ред. В. С. Бойка, Р. М. Кондрата, Р. С. Яремійчука. – Київ: Львів, 1996. – 620 с.
11. Акульшин О.І., Акульшин О.О., Бойко В.С., Дорошенко В.М., Зарубін Ю.О. Технологія видобування, зберігання і транспортування нафти і газу Івано-Франківськ: Факел, 2003. - 434 с.

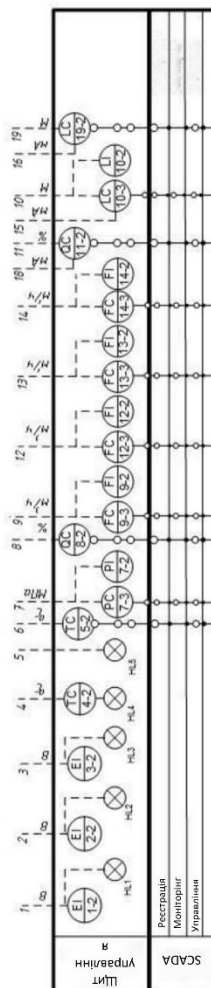
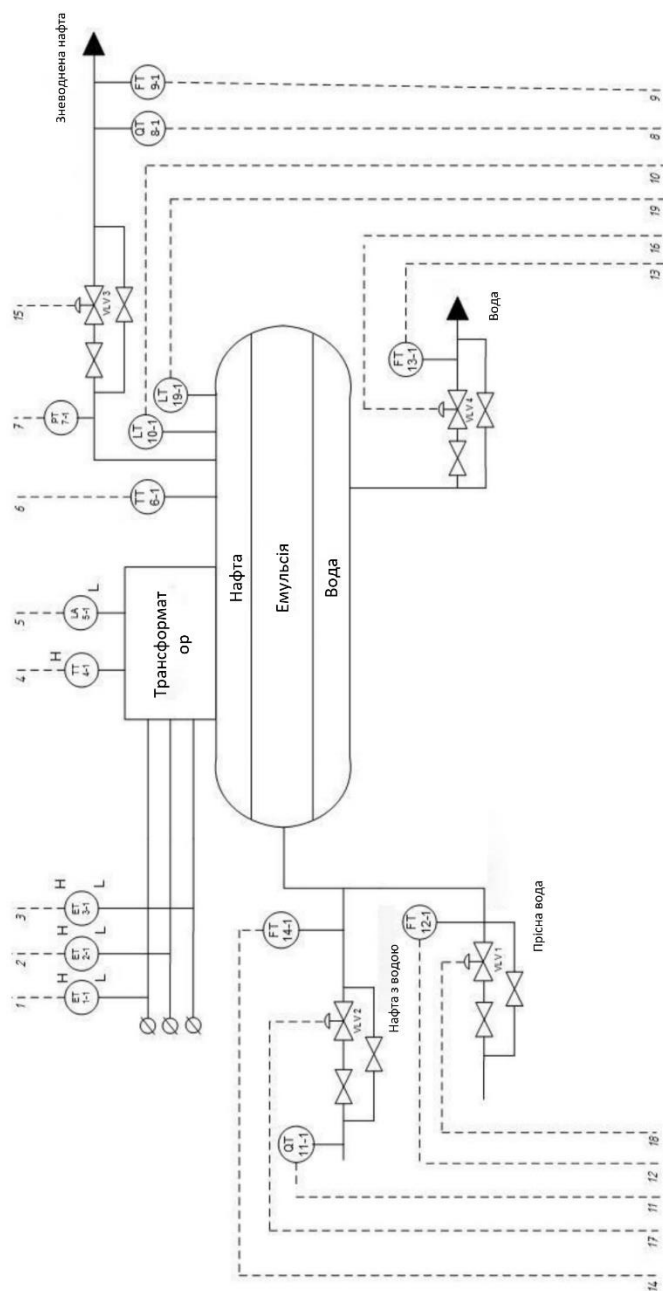
12. Орловський В. М., Білецький В. С., Вітрик В. Г. Технологія розробки нафтових родовищ. [Текст]: навч. посіб. для студ спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології» / В. М. Орловський, В. С. Білецький, В. Г. Вітрик; ХНУМГ ім.О.М.Бекетова; НТУ «ХПІ». – Полтава: ТОВ “Фірма “Техсервіс”, 2020. – 243 с.
13. https://hmagrp.com/wp-content/uploads/2017/02/OW_300.pdf
14. https://www.germiona.com.ua/files/rosemount_3051.pdf ?
15. <https://trade-control.com.ua/ua/rosemount-3051>
16. <https://www.instrumart.com/assets/rosemount-5300-series-manual.pdf?srsId=AfmBOorVpWim3a9mNcVNUQJ5QaG7RmOSGgmayNBCLn99xCJEDNCUYL3m>
17. <https://www.emerson.com/documents/automation/manual-8700-sensor-en-87932.pdf>
18. <https://www.emerson.com/documents/automation/manual-rosemount-644-temperature-transmitter-en-89604.pdf>
19. https://ftg.com.ua/reference_book/klapany_rehuliuvalni/klapany_rehuliuvalni513.htm
20. <https://sevit.in.ua/ua/p57243721-elektroprivod-pryamohodnyj.html>
21. <https://www.se.com/ww/en/product/BMXDDO3202K/discrete-output-module-modicon-x80-32-transistor-outputs-24v-dc-positive/>
22. <https://www.se.com/ww/en/product/BMXDAI1602/discrete-input-module-modicon-x80-16-inputs-24v-ac-dc-positive-or-negative/>

Додатки







[illegible]

OW-302 Insertion Type



DESCRIPTION

Unlike other microwave, density or capacitance based instruments; Agar's OW series meters are the only devices in which the accuracy of the measurement is not affected by changing salinity, density, viscosity, temperature or velocity of the components being analyzed. The high frequency signal will maintain accuracy in the presence of process coatings that would be detrimental to optical instruments.

Sizes 6" and above

The Agar patented "seal-housing" connects to the isolation valve. After installation, the OW-302 probe is inserted through the valve and nozzle into the flow line. Agar's OW-302 monitor features an insertable sensor with a seal housing for installation and retraction while the pipeline is in service and under pressure for flow lines 6" and larger. An insertion tool is available for insertion into high pressure lines. The sensor has a blow-out preventer to ensure that the sensor is not removed from the seal housing without the isolation valve being closed.

SYSTEM CONFIGURATION

The OW-302 system consists of a primary insertion-type probe, the measurement electronics, and a Data Analysis System (DAS) that can be remotely mounted from the field sensor. The probe is offered in an insertion type assembly. The OW-302 probe is mounted perpendicular to the flow in a vertical section with ascending flow at a point where the fluids are well mixed to ensure proper measurement. Common installation requires a 2" full port isolation valve connected directly to the nozzle on the flow line.



OW-302 Series

PHYSICAL DIMENSIONS

Electrical Enclosure	Diameter: 6" Length: 12"
Probe Diameter	1.25" diameter shaft 1.8" diameter sensor
Probe Length	Active Length: 6" to 12" to match the diameter of the pipe Overall Length is determined by the pipe diameter, nozzle, and valve size with standard lengths
Insertion Design	for 6" and larger pipeline sizes Process connection minimum 2" full port ball or gate valve 2" schedule 80 or larger ID nozzle
Flange Rating	150#; 300#; 600#; 900#; 1500# Consult factory for others
Maximum Pressure Rating	5000PSI
Shipping Weight	Approximately 25lbs for 2" ANSI 150#
Insertion Tool	Recommended for OW-302 when operating pressure is over 60PSI and flange rating is 600# or less

Appendix A Reference Data

Specifications	page A-1
Dimensional Drawings	page A-9
Ordering Information	page A-21
Spare Parts	page A-30

SPECIFICATIONS

General	
Product	Rosemount 5300 Series Guided Wave Radar Level and Interface Transmitter, Model 5301, Liquid Level or Interface Transmitter (interface available for fully submerged probe). Model 5302 Liquid Level and Interface Transmitter. Model 5303 Solids Level Transmitter.
Measurement Principle	Time Domain Reflectometry (TDR).
Reference Conditions	Single Standard probe, 77°F (25°C) in water and ambient pressure.
Microwave Output Power	Nominal 300 µW, Max. 45 mW.
CE-mark	Complies with applicable directives (EMC, ATEX).
Safety Integrity Level	5300 FMEDA suitable for SIL2: The 5300 Series has been evaluated by Exida per hardware assessment IEC61508. With a SFF > 90% it is Prior-use SIL2 suitable. For more information, go to: http://www.emersonprocess.com/rosemount/safety/ . Option code is QS.
Start-up Time	< 40 s
Measuring Performance	
Reference Accuracy	± 0.12 in. (3 mm) or 0.03% of measured distance, whichever is greatest. ^{(1) (2) (3)}
Repeatability	± 0.04 in. (1 mm).
Ambient Temperature Effect	± 0.008 in. (0.2 mm) /°K or ± 30 ppm/°K of measured value, whichever is greatest.
Update Interval	< 1 per second.
Measuring Range	16 in. (0.4 m) to 164 ft (50 m).
Display / Configuration	
Integral Display	The integral digital display can toggle between: level, distance, volume, internal temperature, interface distance, interface level, peak amplitudes, interface thickness, percentage of range, analog current out. Note! The display cannot be used for configuration purposes.
Output Variables	All models: Level, Distance to Level, Volume, Level Rate, Signal Strength, Internal Temperature, Signal Quality, Surface/Noise Margin, Vapor DC, Analog Output Current ⁽⁴⁾ and % of Range ⁽⁴⁾ . Model 5301 (in addition to the above for the case with fully submerged probe): Interface Level and Interface Distance. Model 5302 (in addition to the above): Interface Level, Interface Level Rate, Interface Distance, Upper Volume, Lower Volume and Upper Product Thickness.
Output Units	Level, Interface and Distance: ft, inches, m, cm or mm. Level Rate: ft/s, m/s, in./min, m/h. Volume: ft ³ , inch ³ , US gals, Imp gals, barrels, yd ³ , m ³ or liters. Temperature: °F and °C.
Configuration Tools	HART: Rosemount Radar Master, Rosemount 375 Field Communicator, AMS Suite or any other DD (Device Description) compatible host system. FOUNDATION Fieldbus: Rosemount Radar Master, 375 Handheld Communicator, DeltaV [®] or any other DD (Device Description) compatible host system.
FOUNDATION Fieldbus Blocks	Resource block, 3 Transducer blocks, 6 AI blocks, PID block, ISEL block, SGCR block, ARTH block, and OS block.

ROSEMOUNT

www.rosemount.com


EMERSON
Process Management

Rosemount 5300 Series

Reference Manual
00809-0100-4530, Rev BA
July 2009

Display / Configuration (continued)	
FOUNDATION Fieldbus Class (Basic or Link Master)	Link Master (LAS).
FOUNDATION Fieldbus Block Execution Time	AI-block: 30 ms. PID-block: 40 ms. ARTH-, ISEL-, OSPL-block: 65 ms. CHAR-block: 75 ms.
FOUNDATION Fieldbus Instantiation	No.
Conforming FOUNDATION Fieldbus	ITK 5.0.
FOUNDATION Fieldbus PlantWeb® Alert Support	Yes.
Damping	0-60 s (2 s, default value).
Electric	
Power Supply	HART: 16-42.4 Vdc (16-30 Vdc in IS applications, 20-42.4 Vdc in Explosion-proof / Flameproof applications). FOUNDATION Fieldbus: 9-32 Vdc (9-30 Vdc in IS applications, and 16-32 Vdc in Explosionproof / Flameproof applications). FISCO, IS applications: 9-17.5 Vdc.
Internal Power Consumption	< 50 mW in normal operation.
Output	HART 4-20 mA current loop or FOUNDATION Fieldbus.
Quiescent Current Draw (FOUNDATION Fieldbus)	21 mA
Signal on Alarm	Standard : Low = 3.75 mA, High = 21.75 mA. Nimur NE 43: Low = 3.60 mA, High = 22.50 mA.
Saturation Levels	Standard: Low = 3.9 mA, High = 20.8 mA. Nimur NE 43: Low = 3.8 mA, High = 20.5 mA.
IS Parameters	See Appendix B: Product Certifications.
Cable Entry	½ - 14 NPT for cable glands or conduit entries. Optional: M20 x 1.5 conduit / cable adapter, M12 4-pin male eurofast® connector or A size Mini 4-pin male minifast® connector.
Output Cabling	Twisted shielded pairs, 18-12 AWG.
Mechanical	
Probes	Coaxial: 1.3 ft (0.4 m) to 19.7 ft (6 m). Rigid Twin Lead: 1.3 ft (0.4 m) to 9.8 ft (3 m). Flexible Twin Lead: 3.3 ft (1 m) to 164 ft (50 m). Rigid Single Lead (0.3 in./8 mm): 1.3 ft (0.4 m) to 9.8 ft (3 m). Rigid Single Lead (0.5 in./13 mm): 1.3 ft (0.4 m) to 14.8 ft (4.5 m). Flexible Single Lead: 3.3 ft (1 m) to 164 ft (50 m).
Tensile Strength	4 mm Flexible Single Lead probe (model code 5A, 5B): 2698 lb (12 kN) 6 mm Flexible Single Lead probe (model code 6A, 6B): 6519 lb (29 kN) Flexible Twin Lead probe: 2023 lb (9 kN).
Collapse Load	4 mm Flexible Single Lead probe (model code 5A, 5B): 3597 lb (16 kN) 6 mm Flexible Single Lead probe (model code 6A, 6B): 7868 lb (35 kN)
Sideway Capacity	Coaxial: 73.7 ft lbf or 3.7 lb at 19.7 ft (100 Nm or 1.67 kg at 6 m). Rigid Twin Lead: 2.2 ft lbf or 0.22 lb at 9.8 ft (3 Nm or 0.1 kg at 3 m). Rigid Single Lead: 4.4 ft lbf or 0.44 lb at 9.8 ft (6 Nm or 0.2 kg at 3 m).
Material Exposed to Tank Atmosphere	316L SST (EN 1.4404), PTFE, PFA⁽⁵⁾ and O-ring materials (Standard Probe, Material model code 1) or - Alloy C-276 (UNS N10276), PTFE, PFA⁽⁵⁾ and O-ring materials (Standard Probe, Material model code 2) or - Alloy 400 (UNS N04400), PTFE, PFA⁽⁵⁾ and O-ring materials (Standard Probe, Material model code 3) - PTFE⁽⁶⁾ (Standard Probe, Material model code 7) or - PTFE⁽⁶⁾, 316 L SST (EN 1.4404) and O-ring materials (Standard Probe, Material model code 8) 316L SST (EN 1.4404), Ceramic (Al₂O₃), Graphite, Inconel (HTHP Probe, Material model code 1) - Alloy C-276 (UNS N10276), Ceramic (Al₂O₃), Graphite, Inconel (HTHP Probe, Material model code 2 and H) 316L SST (EN 1.4404), Ceramic (Al₂O₃), Graphite, PFA, PTFE, Inconel (HP Probe, Material model code 1) - Alloy C-276 (UNS N10276), Ceramic (Al₂O₃), Graphite, PFA, PTFE, Inconel (HP Probe, Material model code 2 and H) 316L SST (EN 1.4404), Ceramic (Al₂O₃), Graphite, PFA, PTFE, Inconel (C Probe, Material model code 1) See "Ordering Information" on page A-21.

Reference Manual
00809-0100-4530, Rev BA
July 2009

Rosemount 5300 Series

Mechanical (continued)	
Dimensions	See "Dimensional Drawings" on page A-9.
Probe Angle	0 to 90 degrees.
Housing / Enclosure	Polyurethane-covered Aluminum or SST Grade CF8M (ASTM A743).
Flanges, Threads	See "Ordering Information" on page A-21.
Height Above Flange	See "Ordering Information" on page A-21.
Weight	Transmitter Head (TH): 4.4 lbs (2 kg). SST 10.8 lbs (4.9 kg). Flange: depends on flange size. Coaxial probe: 0.67 lbs/ft (1 kg/m). Rigid Single Lead probe (0.3 in./8 mm): 0.27 lbs/ft (0.4 kg/m). Rigid Single Lead probe (0.5 in./13 mm): 0.71 lbs/ft (1.06 kg/m). Rigid Twin Lead probe: 0.40 lbs/ft (0.6 kg/m). Flexible Single Lead probe: 0.05 lbs/ft (0.08 kg/m). Flexible Twin Lead probe: 0.09 lbs/ft (0.14 kg/m). End weight: 0.88 lbs (0.40 kg) for the 4 mm single lead probe, 1.2 lbs (0.55 kg) for the 6 mm single lead probe and 1.3 lbs (0.60 kg) for twin lead probes.
Environment	
Ambient Temperature	Non-Hazardous, HART communication: -40°F to 176°F (-40°C to 80°C). IS/EEEx ia and XP/EEEx d, HART communication: -58°F to 158°F (-50°C to 70°C). IS/EEEx ia and XP/EEEx d, FOUNDATION Fieldbus: -58°F to 140°F (-50°C to 60°C). LCD readable in: -4°F to 158°F (-20°C to 70°C).
Storage Temperature	-58°F to 194°F (-50°C to 90°C). LCD: -40°F to 185°F (-40°C to 85°C).
Process Temperature ⁽¹⁾	Standard: -40°F to +302°F (-40°C to +150°C) HTHP: -76°F to +752°F (-60°C to +400°C) HP: -76°F to +392°F (-60°C to +200°C) C: -320°F to +392°F (-196°C to +200 °C) See temperature and pressure diagrams on page A-4.
Process Pressure ⁽²⁾	Standard: Full vacuum to 580 psig (-1 to 40 Bar). HTHP: Full vacuum to 5000 psig (-1 to 345 Bar). HP: Full vacuum to 5000 psig (-1 to 345 Bar). C: Full vacuum to 5000 psig (-1 to 345 Bar). See temperature and pressure diagrams on page A-4.
Humidity	0 - 100% Relative Humidity.
Ingress Protection	NEMA 4X, IP 66 and IP67.
Telecommunication (FCC and R&TTE)	FCC part 15 (1998) subpart B and R&TTE (EU directive 99/5/EC). Considered to be an unintentional radiator under the Part 15 rules.
Factory Sealed	Yes.
Vibration Resistance	Aluminum housing: IEC 60770-1 Level 1. Stainless Steel housing: IACS E10.
Electromagnetic Compatibility	Emission and Immunity: EMC directive 204/108/EC. EN61326-1: 2006. NAMUR recommendations NE21.
Built-in Lightning Protection	EN61326, IEC 801-5, level 1 kV. T1 option: the transmitter complies with IEEE 587 Category B transient protection and IEEE 472 surge protection
Pressure Equipment Directive (PED)	Complies with 97/23/EC article 3.3.

(1) For probes with spacers, the accuracy may deviate close to the spacers.

(2) If the reference conditions are not met, an offset adjustment for the zero reference point may be necessary. The offset may be up to ± 25 mm.

(3) When using remote housing, the accuracy may be reduced.

(4) Not applicable for FOUNDATION Fieldbus.

(5) PFA is a fluoropolymer with properties similar to PTFE.

(6) 1 mm PTFE cover.

(7) Final rating may be lower depending on flange and O-ring selection.

Датчик тиску Rosemount 3051

ROSEMOUNT®

ТЕХНІЧНИЙ ОПИС

Перетворювач тиску 3051 Rosemount виконання Corlapag дозволяє здійснювати прямий монтаж для багатьох застосувань.

Технічні характеристики Роземаунт 3051:

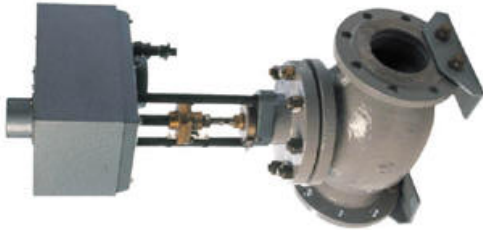
- Перенастроювання діапазону вимірювань: до 150:1
- Протокол цифрового зв'язку: 4-20 мА HART, WirelessHART, FOUNDATION Fieldbus, PROFIBUS, економічний 1-5 В HART
- Діапазон вимірювань: до 137,89 бар (різниця тиску), до 137,89 бар (надлишковий), до 275,79 бар (абсолютний)
- Матеріали, що контактують з робочим середовищем: нержавіюча сталь 316L, сплави C-276, сплави 400, тантал, сплави 400 із золотим покриттям, нержавіюча сталь 316L із золотим покриттям
- Діагностика: базова, цілісність контуру
- Сертифікація: функціональна безпека SIL 2/3, стандарти IEC 61508; NSF; NACE; вибухонебезпечні зони.
- Конфігуратор: копланарний датчик тиску (Corlapag)



Table A-1. Rosemount 8700 Series Sensor Specifications

	Model	Style	Base Accuracy ⁽¹⁾	Line Sizes	Coil Drive Power	Design Features	Page for Detailed Specifications	Page for Ordering Information
	8705	Flanged	0.25% Standard 0.15% High Accuracy Option	0.5 to 36 in. (15 to 900 mm)	Pulsed DC	Standard Process Design	page A-9	page A-36
	8707	High-Signal (Flanged)	0.5% Standard 0.25% High Accuracy Option	3 to 36 in. (15 to 900 mm)	High-Signal Pulsed DC	Superior signal stability for Noisy Applications	page A-9	page A-36
	8711	Wafer	0.25% Standard 0.15% High Accuracy Option	0.15 to 8 in. (4 to 200 mm)	Pulsed DC	Compact, Light Weight	page A-13	page A-43
	8721	Hygienic	0.5% Standard 0.25% High Accuracy Option	0.5 to 4 in. (15 to 100 mm)	Pulsed DC	3-A and EHEDG CIP/SIP	page A-16	page A-46

25с947нж, 25нж947нж



Робочий тиск до:	16 кгс/см² (атм, bar)
Кріплення на трубопроводі:	фланцеве
Повід:	ЕВМ

Клапан запірно-регулюючий односідельний фланцевий з ЕВМ

Робоче середовище - вода, рідина, пара та інші рідики та газоподібні середовища, нейтральні до матеріалів деталей, що стикаються з середовищем, при температурі від -40 до +425 °С

Матеріал корпусу - сталь 25Л, сталь 20Х13.

Dy	H	L	Маса
25	495	160	21,5
50	535	230	29
65	455	290	34
80	570	310	47
100	760	350	71
125	760	400	100