

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А. С.
_____ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДА ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ
(Дипломний проект)

Виконав:
студент групи СУ-61

Назаревський В.С

Керівник проекту:
к. т. н., доцент

Черв'яков В. Д.

Суми – 2020

| № з/п | Формат | Позначення | Найменування | Кількість аркушів | №. екз. | Примітки |
|-------|--------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|---------|----------|
| | | | <u>Документація загальна</u> | | | |
| | | | <u>Застосована</u> | | | |
| 1 | A4 | | Завдання кафедри | 2 | | |
| | | | <u>Новорозроблена</u> | | | |
| | A4 | | Технічне завдання | 3 | | |
| 3 | A4 | | Реферат | 1 | | |
| 4 | A4 | СУ-61.151.052.ПЗ | Пояснювальна записка | 54 | | |
| | | | <u>Документація конструкторська</u> | | | |
| | | | <u>Застосована</u> | | | |
| | | | <u>Новорозроблена</u> | | | |
| 5 | A1 | СУ-61 6.151.10.A1 | Функціональна схема автоматизації | 1 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| СУ-61 151.10.ДП | | | | | | |
|---|--------|------------------|-------|--------|-------|---------|
| Зм. | Кільк. | Арк. | №док. | Підпис | Дата | |
| Розробив | | Назаревський В.С | | | | |
| Керівник | | Черв'яков В. Д. | | | | |
| Рецензент | | | | | | |
| Консульт. | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | |
| Система інформаційного забезпечення випробувального стенда відцентрових насосів | | | | Стадія | Аркуш | Аркушів |
| | | | | ДП | | 1 |
| СумДУ СУ-61 | | | | | | |

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А. С.

01.03.2020 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра студенту

Назаревському Владиславу Сергійовичу

1 Тема проекту «СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДА ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

Затверджено наказом ректора університету

№ 0543 – III від 21 квітня.2020 р.

2 Термін здачі закінченого проекту "15" 05.2020 р.

3 Вихідні дані до проекту: опис вибраного об'єкту автоматизації із відкритих джерел інформації.

4 Зміст пояснювальної записки (питання, що належать до розроблення):

4.1 Конструктивно-технологічна характеристика випробувального стенду

4.2 Технологія випробувань. Задачі автоматизації

4.3 Функціональна схема автоматизації

4.4 Інформаційно-керуюча система

5 Перелік графічних матеріалів: 3 креслення

7. Календарний план проектування

| Номер етапу | Зміст етапу проектування (виконання роботи) | Строк виконання (початок - кінець) |
|-------------|--|---------------------------------------|
| 1 | Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Відбір аналогів та прототипів. | 01.03.20-15.003.20 |
| 2 | Опис об'єкту автоматизації. Задачі автоматизації. Аналіз відомих технічних рішень | 16.03.20-31.03.20 |
| 3 | Розробка функціональної схеми автоматизації | 01.04.20-10.04.20 |
| 4 | Вибір обладнання | 11.04.20-15.04.20 |
| 5 | Розробка алгоритмів управління | 16.04.20-30.04.20 |
| 6 | Створення конструкторських документів | 01.05.20-15.05.20 |
| 7 | Оформлення ПЗ. Здача проекту керівнику | 16.05.20-20.05.20 |

8 Дата видачі завдання 01. 03.2020 р.

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Черв'яков В. Д.

До виконання прийняв:

студент-дипломник групи СУ-61

Назаревський В. С.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи інформаційного забезпечення
випробувального стенда відцентрових насосів.

Розробник: студент гр. СУ-61

Назаревський В.С.

Погоджено:

керівник проекту

к.т.н., доцент

Черв'яков В.Д.

Суми 2020

1. *Назва і галузь застосування:* система інформаційного забезпечення випробувального стенда відцентрових насосів.

2. *Підстави для проектування:* Наказ ректора Сумського державного університету № 0543.ІІІ від 21.04.2020;

3. *Мета і призначення проекту:* розробити основні схеми автоматизації для випробувального стенда відцентрових насосів.

4. *Джерела розроблення:* конструкторська документація отримана під час проходження виробничої та переддипломної практик, результати аналізу існуючих систем управління насосними агрегатами.

5. *Режим роботи об'єкта:* автоматичний контроль основних параметрів агрегатів та аварійне сповіщення і вимкнення системи.

6. *Умови експлуатації СК:* живлення блоку живлення для шафи управління – 220В; частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 24В; 50 Гц; живлення інтерфейсного модуля – 24В; 50Гц; живлення НМІ – 24В; 50 Гц. Ступінь захисту складових частин обладнання автоматизації – не нижче ІР 20.

7. *Технічні вимоги:* ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

8. *Економічні показники:* розрахунок економічної ефективності і виведення строків окупності після введення системи.

9. *Стадії та етапи проектування:*

Таблиця 9.1 – Стадії та етапи проектування

| Номер етапу | Зміст етапу проектування | Термін виконання |
|-------------|--|------------------------|
| 1 | Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Відбір аналогів та прототипів. | 27.04.20 – 30.04.20 |
| 2 | Дослідження конструктивно-технологічного алгоритму роботи випробувального стенда. | 01.05.20 – 07.05.20 |
| 3 | Підбір засобів автоматизації. | 08.05.20 – 10.05.20 |
| 4 | Розробка та налагодження базової системи автоматизації. | 27.04.20 – 30.04.20 |

Продовження таблиці 9.1

| Номер етапу | Зміст етапу проектування | Термін виконання |
|-------------|--|------------------------|
| 5 | Розробка основних схем автоматизації. | 15.05.20 – 18.05.20 |
| 6 | Проведення кошторису та розгляд питань щодо охорони праці. | 19.05.20 |
| 7 | Оформлення дипломного проекту та супровідної документації. | 20.05.20 |

РЕФЕРАТ

Назаревський Владислав Сергійович. Система інформаційного забезпечення випробувального стенда відцентрових насосів. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2020 р.

Система інформаційного забезпечення розроблена на базі Програмно-логічного контролера TM251MESC

Проект містить 54 сторінок, 25 рисунків, 5 таблиць, 1 додаток. При виконанні дипломного проекту було використано 23 літературних джерел.

Розроблено систему інформаційного забезпечення випробувального стенда насосних агрегатів. Підібрано засоби автоматизації. Розроблено алгоритмічне забезпечення та відповідне SCADA забезпечення, що являє собою важливий елемент відстеження та керування параметрами системи. В якості середовища розробки програмного забезпечення було обрано середовище програмування SoMachine та Vijeo Citect.

Ключові слова: випробувальний стенд, насосний агрегат, контроль параметрів, мікроконтролерні засоби, давач, виконавчий механізм, середовище програмування, SCADA система, алгоритм керування, програмне забезпечення.

ABSTRACT

Nazarevsky Vladislav Sergeevich. Information support system for the test bench of centrifugal pumps. Degree project. Sumy State University. Sumy, 2020

The information support system is developed on the basis of the Software-logical controller TM251MESC

The project contains 54 pages, 25 figures, 5 tables, 1 appendix. When performing 23 literary sources were used in the diploma project.

The system of information support of the test stand of pump units is developed. Automation tools are selected. Algorithmic software and corresponding SCADA software have been developed, which is an important element of monitoring and managing system parameters. SoMachine and Vijeo Citect programming environments were chosen as the software development environment.

Keywords: test bench, pump unit, parameter control, microcontroller means, sensor, actuator, programming environment, SCADA system, control algorithm, software.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту
Система інформаційного забезпечення випробувального
стенда відцентрових насосів

Керівник проекту

Черв'яков В. Д.

Проектант:

студент гр. СУ-61

Назаревський В.С.

Суми – 2020

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ | 11 |
| ВСТУП..... | 12 |
| РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО–ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА | |
| ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДА ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ..... | 13 |
| 1.1 Види насосних агрегатів, призначення і галузі застосування..... | 13 |
| 1.2 Конструкція і принцип роботи відцентрового насосу | 17 |
| 1.3 Мета і задачі випробувань відцентрових насосів | 18 |
| 1.4 Технологічна схема випробувального стенду..... | 21 |
| 1.5 Технологія випробувань відцентрових насосів..... | 22 |
| 1.6 Задачі автоматизації інформаційних процесів..... | 25 |
| 1.7 Висновки. Постановка задач проектування | 27 |
| РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИПРОБУВАЛЬНОГО | |
| СТЕНДУ..... | 29 |
| РОЗДІЛ 3 ІНФОРМАЦІЙНО–КЕРУЮЧА СИСТЕМА ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ..... | |
| 3.1 Засоби вимірювань технологічних і енергетичних параметрів | 30 |
| 3.1.1 Давач температури..... | 30 |
| 3.1.2 Давач тиску..... | 32 |
| 3.1.3 Витратомір | 34 |
| 3.1.4 Давач обертів | 35 |
| 3.1.5 Акселерометр..... | 36 |
| 3.1.6 Дифманометр..... | 37 |
| 3.1.7 Давач рівня..... | 38 |
| 3.1.8 Електродвигун | 39 |

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------------|----------------|-------------|--|-------------|---------------|
| | | | | | <i>СУ61.6.151.10.ПЗ</i> | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Разраб</i> | | <i>Назаревський В</i> | | | <i>Система інформаційного забезпечення випробувального стенда відцентрових насосів</i> | | |
| <i>Пров</i> | | <i>Черв'яков В.Д.</i> | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | <i>Литера</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Утв</i> | | | | | у | 2 | 55 |
| | | | | | <i>СумДУ СУ-61</i> | | |

| | |
|--|-----------|
| 3.2 Засоби збору та обробки інформації..... | 40 |
| 3.3 Засоби керування візуалізації та архівування результатів випробувань. | 42 |
| 3.4 Висновки | 45 |
| РОЗДІЛ 4 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ВИПРОБУВАНЬВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ..... | 46 |
| 4.1 Алгоритми керування випробувальними режимами роботи насоса | 46 |
| 4.2 Алгоритми збору і обробки інформації..... | 56 |
| 4.3 Алгоритми подання результатів випробувань..... | 57 |
| Висновок..... | 59 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 60 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВНДІАЕН – науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут атомного та енергетичного насособудування;

НА – Насосний агрегат;

БУ – блок управління ;

ПК – персональний комп'ютер;

ПЛК – програмований логічний контролер.

НМІ – human machine interface;

LD – Ladder diagram;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 4 |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата | | | | | | |

СУ61.6.151.10.ПЗ

двигуна або мускульну енергію (в ручних насосах) в енергію потоку рідини, що служить для створення напору рідини і її переміщення.

Насоси змушують рідину рухатися по трубопроводу завдяки додатковому тиску, який створюється в рідині. Призначенням насосу є передати рідині енергію, головним чином, у вигляді енергії тиску, яка потрібна для її переміщення по трубопроводу. Тому насос включається в систему трубопроводів (рис 1), що з'єднують приймальний резервуар А, звідки забирається рідина, з напірним резервуаром В, куди вона подається.

Якщо тиск на рідину в обох резервуарах однаковий і дорівнює атмосферному, то насос створює надлишковий над атмосферним тиск в напірному патрубку і тим самим перекачує воду.[23]

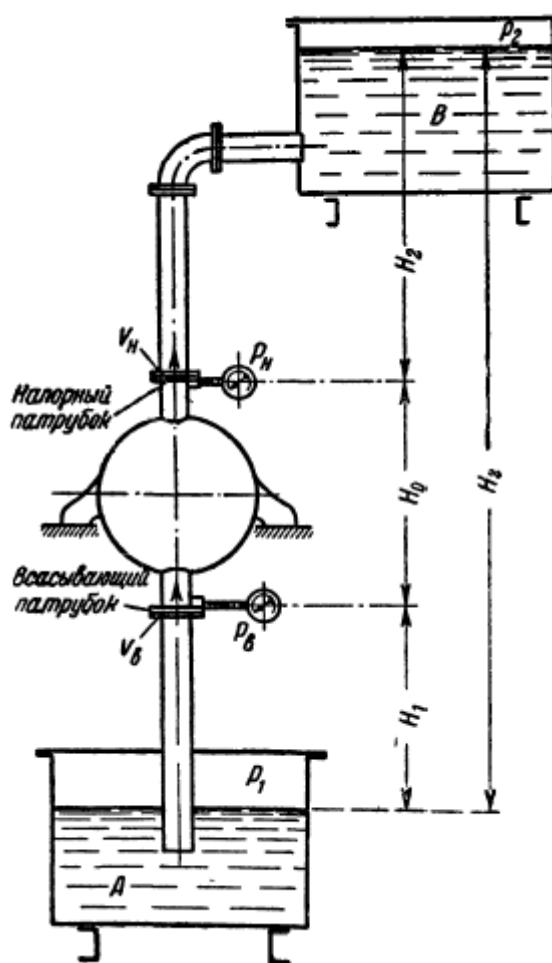


Рисунок 1- Схема підключення насоса.

Насоси теж поділяються на види. В основному вони розрізняються між собою конструкцією, типом виконуваних робіт, та робочою дією.

| | | | | |
|------|------|---------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |

Відцентровані насоси

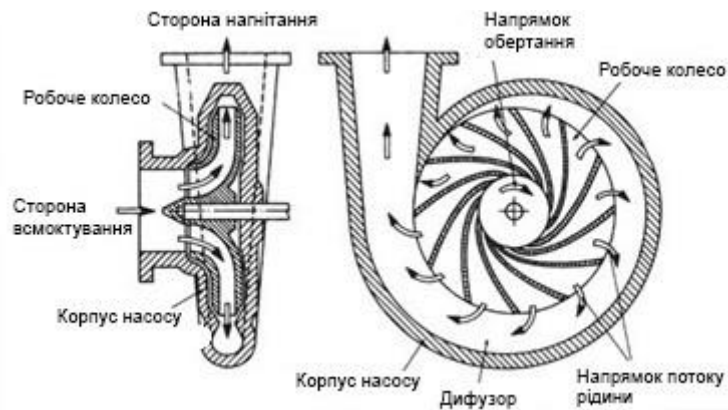


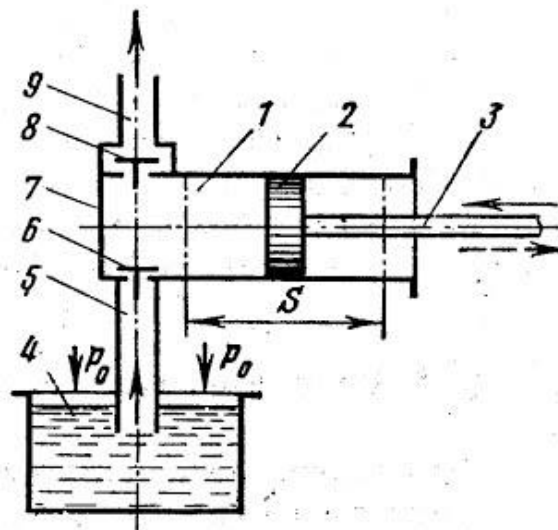
Рисунок 1.2 Схема будови відцентрового насоса

Відцентровані насоси являються найпопулярнішими насосами. З них можна виділити горизонтальні і вертикальні типи конструкцій.

Принцип дії:

1. При запуску двигуна, починає обертатися робоче колесо.
2. Рідина знаходиться всередині цього колеса приводить в рух і набуває відцентрову силу.
3. Частинки рідини стрімко прямують до патрубку насоса. Колесо порожнє і тиск в ньому знижується, створюючи вакуум.
4. Під впливом атмосферного тиску, рідина, що знаходиться в загальній ємності, спрямовується всередину колеса. Процес повторюється.

Поршневі насоси



| | | | | |
|------|------|---------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |

СУ61.6.151.10.ПЗ

Лист

8

Рисунок 1.3 Схема будови поршневого насоса

Їх головна відмінність від відцентрових, це герметичність конструкції. Ця машина може працювати як з рідинами, так і з газами. Рідина всередині цього насоса, переміщається за рахунок процесу витіснення.

Робочий процес:

1. Після включення, двигун приводить в рух кривошип, який в свою чергу штовхає поршень.
2. При русі поршня назад, в робочу ємність надходить рідина з всмоктуючої труби. Після заповнення резервуара, усмоктувальна труба закривається.
3. Поршень починає рух вперед і рідина під впливом зростаючого тиску, надходить в напірний трубопровід. Дії повторюються.

Вихровий насос

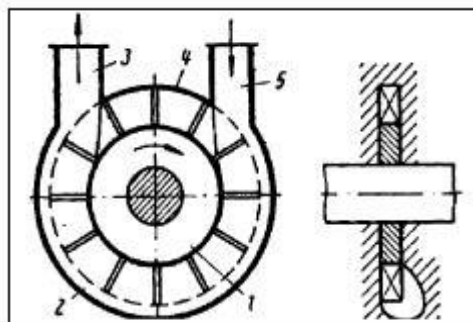


Рис. Схема вихрового насоса закритого типу: 1 – робоче колесо; 2 – концентричний канал; 3 – напірний патрубок; 4 – перемичка; 5 – всмоктуючий патрубок.

Рисунок 1.4 – Схема вихрового насоса

Він являє собою двигун і підключений до нього відцентрове колесо, в якому розташовуються радіальні лопаті. У таких насосах, енергія передається від робочих лопатей до потоку рідини.

Робочий процес:

1. Через вхідну трубу, рідина потрапляє в проміжки між лопатями. У цих місцях, частинкам води передається механічна енергія (робота двигуна).
2. Потрапляючи під вплив відцентрових сил, рідина викидається в кільцевий канал, розташований навколо колеса.
3. Після проходження цього каналу, рідина знову потрапляє в простір між лопатями і набуває ще більшу механічну енергію.

В результаті утворюється вихровий потік. Завдяки йому, натиск стає набагато могутніше, ніж у відцентровому насосі.

Гвинтовий насос

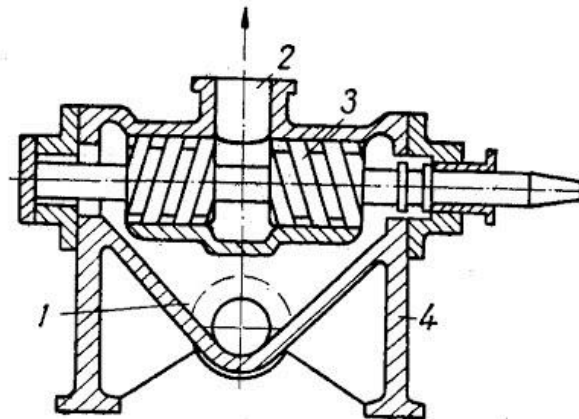


Рисунок 1.5 – Схема гвинтового насоса.

Конструкція цього апарату внутрішньо нагадує будову м'ясорубки. Принцип роботи ґрунтується на піднятті води за допомогою обертового вала на задану висоту. Він призначений для піднімання води з глибокозалегаючих джерел.

1.2 Конструкція і принцип роботи відцентрового насоса

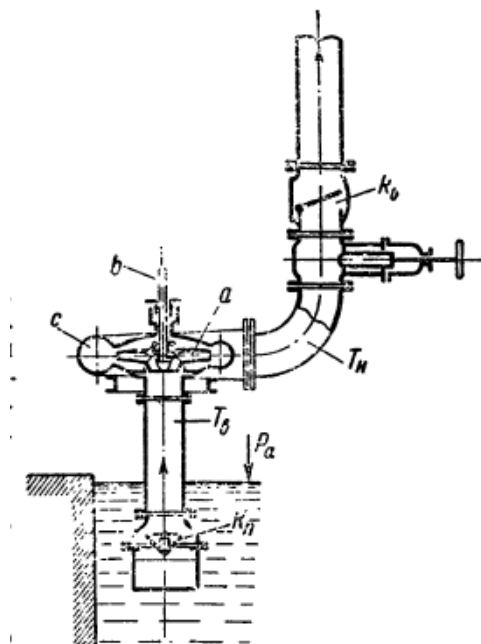


Рисунок 1.6 - Схема відцентрового насоса.

| | | | | |
|------|------|---------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |

СУ61.6.151.10.ПЗ

Лист

10

Схематично пристрій відцентрового насоса показано на Рис. 2. Робоче колесо *a*, забезпечене лопатками і насаджене на вал, обертається з великою кутовою швидкістю в спіральному кожусі *c*. До двох патрубків кожуха приєднуються всмоктуючий Тв. і напірний Тн. трубопроводи. Механічна енергія підводиться у вигляді крутного моменту і передається рідині через лопатки обертового робочого колеса. Дія лопаток на рідину, що заповнює робоче колесо, викликає підвищення гідродинамічного тиску і змушує рідину перемішатися в напрямку від центру робочого колеса до периферії, викидаючи її в спіральний кожух. В подальшому русі рідина поступає в напірний трубопровід. Завдяки описаному руху перед входом в робоче колесо створюється знижений тиск і відходяча звідси рідина буде безперервно замінюватися знову надходячи з приймального резервуара через всмоктуючий трубопровід під дією атмосферного тиску. Таким чином створюється безперервний потік рідини.

Відцентрові насоси за принципом своєї дії не вимагають установки клапанів в робочих органах самого насоса. До пуску в хід насос і усмоктувальна труба повинні бути заповнені рідиною, так як колесо насоса, обертаючись в повітряному середовищі (при незаповненому стані), створює настільки незначне розрідження, що воно виявляється недостатнім для підйому рідини з нижнього рівня до насоса.

Для можливості заливки насоса, якщо рідина не протікає до нього під напором, і запобігання опорожненню всмоктуючого трубопроводу при зупинці насоса слугує приймальний клапан *Кн* встановлений на кінці всмоктуючої труби.

Для запобігання зворотного зливу рідини з напірного трубопроводу нерідко встановлюється зворотній клапан *Ко*, який слугує також і для захисту насоса від гідравлічного удару при раптової його зупинці.[23]

1.3 Мета і задачі випробувань відцентрових насосів

Виготовлені на заводі насоси проходять стендові випробування, метою яких є визначення залежності тиску, необхідної потужності та ККД від подачі насоса. Такі залежності мають назву "статичні характеристики відцентрового насоса" – $Q=f(H)$, $Q=f(N)$, $Q=f(\eta)$. Це робочі характеристики насосів.

Випробування насосів виконують таким чином. Випробування проводиться при постійній, фіксованій частоті обертання колеса відцентрового насоса, яка вимірюється за допомогою тахометра. Регулюючи ступінь відкриття засувки на напірному трубопроводі,

| | | | | | | |
|-------------|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | | | | | | <i>Лист</i> |
| | | | | | <i>СЧ61.6.151.10.ПЗ</i> | 11 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

одержують різні витрати води на виході з приладу, які вимірюються за допомогою витратоміра. Для кожного значення Q розраховують тиск H , потужність N , ККД h . Тиск H вимірюється манометром. Статичні характеристики будують у прийнятому масштабі: по осі абсцис відкладають витрати води Q , по осі ординат – робочі параметри насоса.

Із графіка (рис. 1.7) видно, що максимальному значенню ККД відповідає подача Q_A та тиск H_A . Точка A на статичній характеристиці $Q=f(\eta)$, яка відповідає максимальному значенню ККД, зветься "оптимальною точкою" і відповідає оптимальному режиму роботи насоса.

Головна мета вибору насосів – забезпечення оптимального режиму їх експлуатації. На практиці відцентрові насоси працюють у зоні оптимальної точки, що забезпечує максимальний ККД $h = 0,9$.

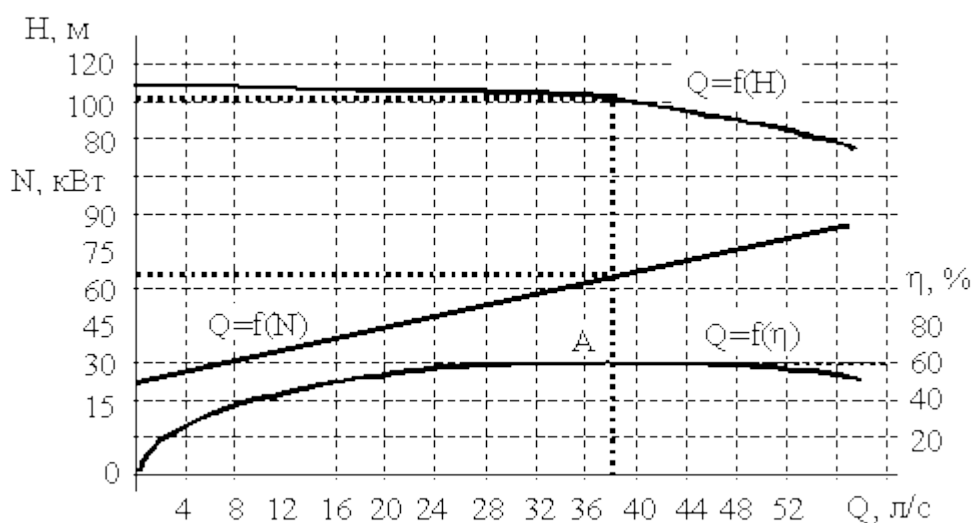


Рисунок 1.7 - Статичні характеристики відцентрового пожежного насоса ПН-40

Статична характеристика $Q=f(H)$ зветься "головною робочою характеристикою насоса". Початкова точка характеристики відповідає нульовій подачі, при цьому засувка на напірному трубопроводі зачинена (закрита).

Тиск на виході насоса – максимальний. Потужність, що при цьому використовується, витрачається на механічні втрати енергії та підігрів води. Робота насоса у такому режимі не дозволяється, тому що може привести до його пошкодження.

Для вибору робочого режиму насоса користуються універсальними характеристиками (рис. 1.8), які мають вигляд залежності тиску, потужності та ККД від подачі насоса при різних швидкостях робочого колеса за одиницю часу.

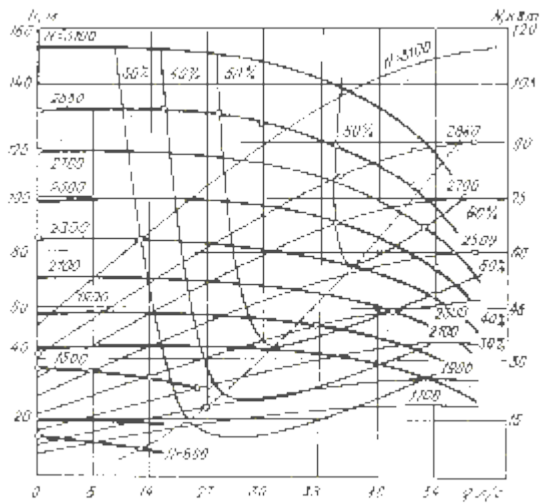


Рис. 1.8 – Універсальна характеристика насоса ПН-30 К

Вплив частоти обертання відцентрового насоса n на параметри Q , H , N .

Подача Q відцентрового насоса змінюється пропорційно n :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Тиск (напір) на виході насоса змінюється пропорційно квадрату частоти обертання n :

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

Потужність, що споживається насосом, змінюється пропорційно кубу частоти обертання робочого колеса n :

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Встановлений закон пропорційності дозволяє за однією серією статичних характеристик $Q=f(H)$, $Q=f(N)$, що одержані при проведенні випробувань, побудувати значну кількість характеристик насоса у широкому діапазоні змін, як це показано на рис. 1.4. Фіксуючи на отриманих характеристиках $Q=f(H)$ точки з рівнозначними ККД та з'єднуючи їх кривими, отримують так звану універсальну характеристику. На рисунку 1.4 бачимо, що найбільше значення ККД забезпечує двигун із частотою обертання $n=1500 \text{ хв}^{-1}$.

Таким чином, статичні характеристики відцентрових насосів відображують ефективність їх роботи на різних режимах та дозволяють точно підібрати найбільш економічний з них для заданих умов.[23]

1.4 Технологічна схема випробувального стенду

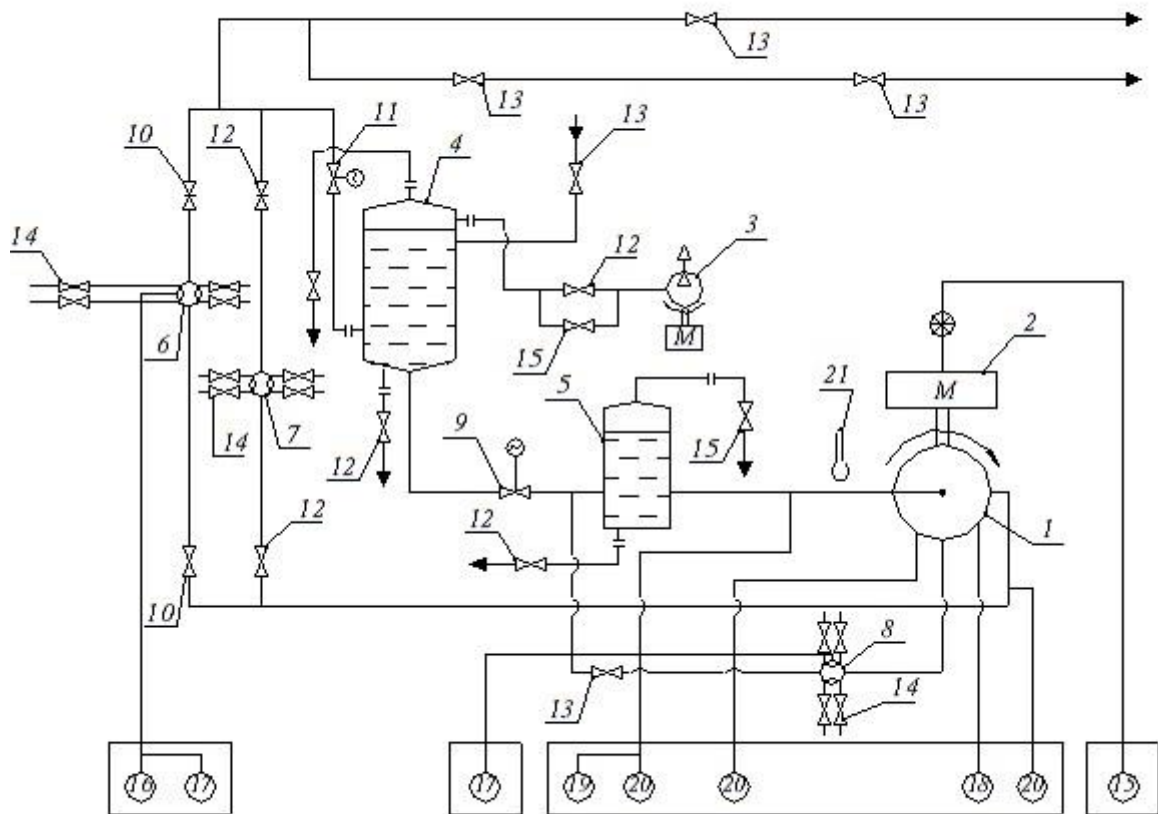


Рисунок 1.9 Схема випробувального стенда

1. Експериментальний прибор (Насос).
2. Балансируючий динамометр.
3. Вакуумний насос.
4. Напірний Бак.
5. Бак- заспокоювач.
6. Витратомірний пристрій Ду 150.
7. Витратомірний пристрій Ду 100.

| | | | | |
|------|------|---------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |

СУ61.6.151.10.ПЗ

Лист

14

8. Витратомірний пристрій Ду 50.
9. Засувка з електроприводом Ду 300.
10. Засувка Ду 150.
11. Засувка з електроприводом Ду 150.
12. Засувка Ду 100.
13. Вентиль Ду 50.
14. Вентиль запірний снальний
15. Вентиль Ду 15.
16. Дифманометр.
17. Дифманометр.
18. Прибор для виміру частоти обертання.
19. Вакуометр.
20. Манометр.
21. Термометр.

1.5 Технологія випробувань відцентрових насосів.

Випробувальний стенд - це лабораторне обладнання, яке призначене для спеціальних, контрольних, приймальних випробувань різноманітних об'єктів. При даних випробуваннях об'єкти піддаються дії навантажень, порівнянних або перевищують навантаження в реальних умовах. Метою подібних випробувань є з'ясування реакції об'єкта на специфічні умови і граничних значень навантаження.

Структурно випробувальний стенд являє собою сукупність:

Робочого поля (плити, станини або іншого пристрою для закріплення тестованого пристрою)

Підсистеми навантаження зразка (вібраційну, електричну або іншу в залежності від типу випробувань)

Контрольно-виміральної апаратури, призначеної для зняття показників реакції зразка на навантаження.

Перевагою випробувань на стенді перед випробуваннями в реальних умовах є можливість оцінки реакції зразка на певний тип і величину навантаження при інших фіксованих параметрах, що дозволяє виявити приховані конструктивні недоліки.

Призначення та принцип дії стенда.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | | | | | <i>СЧ61.6.151.10.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 15 |

- провести аналіз ефективності функціонування системи автоматизації. (Методом математичного (імітаційного) моделювання).

| | | | | | | |
|-------------|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | | | | | <i>СУ61.6.151.10.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 21 |

Складові давача відображені на рисунку 3.2

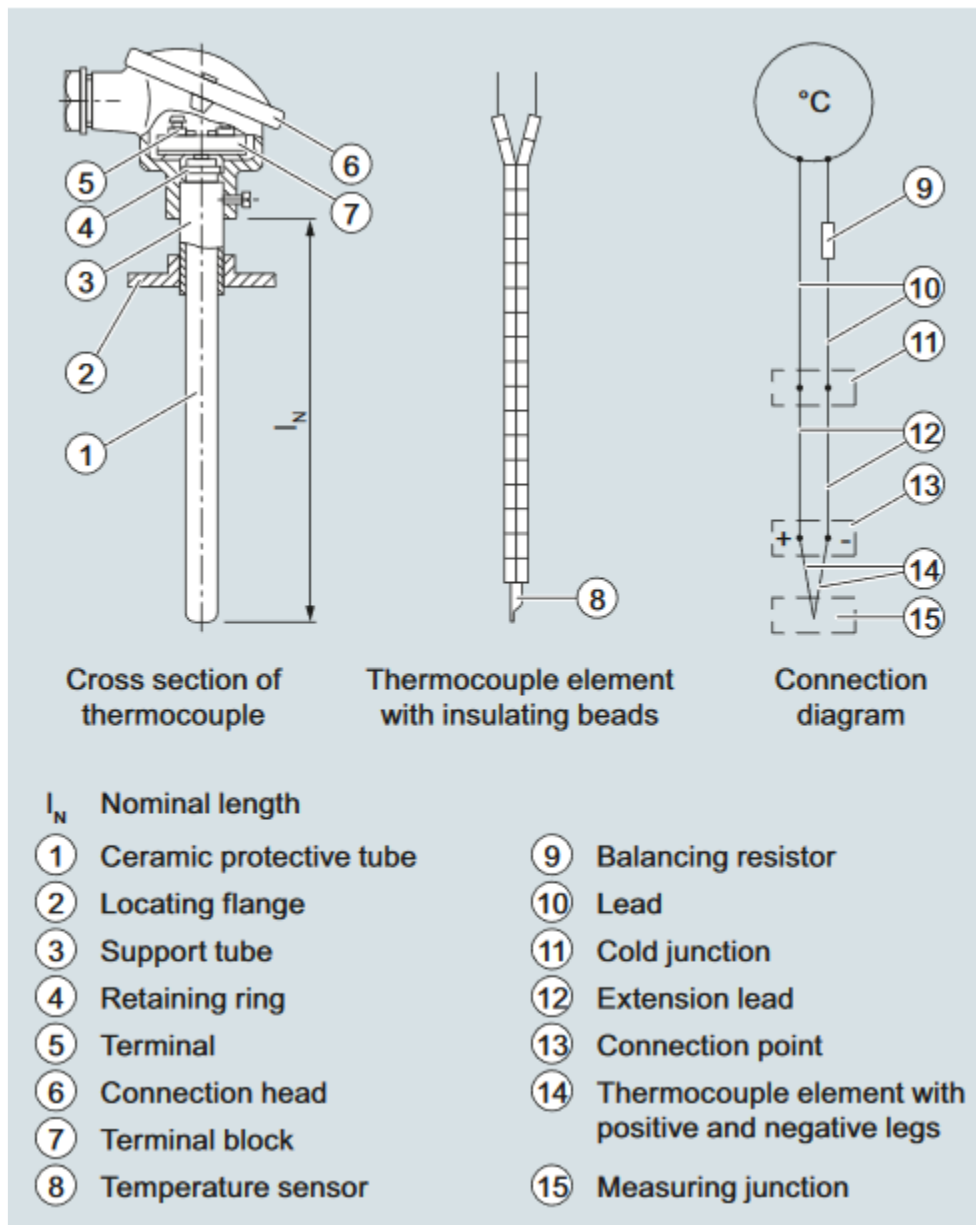


Рисунок 3.2 – Складові термопары SITRANS T 7MC2900-1DA

Елементи термопары дуже сумісні, тому їх завжди можна адаптувати за формою і розміром до конкретної проблеми. Чутлива частина приладу має майже точкову форму. Тому елементи термопары підходять для вимірювання температур які швидко міняються.



Рисунок 3.3 – Давач тиску Aplisens PC-28

Вимірювальним елементом є п'єзореzystивна кремнієва монолітна структура, вбудована в приймач тиску, що відділений від вимірюваного середовища розділовою мембраною і заповнений спеціальною манометричною рідиною.

Залита силіконовим компаундом електронна схема розміщена в корпусі зі ступенем захисту з IP65 до IP68 в залежності від обраного електричного з'єднання.[8]

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики Aplisens PC-28

| | |
|----------------------------|---|
| Діапазони | $(0 \div -100; -40; -10; 10; 40; 100; 250; 600)$ кПа $(0 \div 1; 1,6; 2,5; 6; 16; 25; 40)$ МПа Абсолютний тиск: $(0 \div 40; 100; 250; 600)$ кПа ABS $(0 \div 1; 1,6; 2,5; 6)$ МПа ABS мановакуумметри: $(-100 \div 100); (-100 \div 250); (-100 \div 600)$ кПа |
| Гістерезис, повторюваність | 0,05% |
| Вихідний сигнал | $4 \div 20$ мА (2-х провідна лінія) $0 \div 10$ мА (3-х провідна лінія) |

| | |
|--|--|
| Напруга живлення | 12 ÷ 36 (постійного струму) |
| Діапазон вимірювання | |
| - H ₂ SO ₄ | (0...10), (0...15), (0...25), (95...99)% |
| - HCl | (0...5), (0...10), (0...15)% |
| - HNO ₃ | (0...10), (0...20)% |
| - NaCl | (0...20)% |
| Діапазон температур рідин, що аналізуються | (5...95)°C |
| Тиск рідини, що аналізується | Не більше 1.6 МПа |
| Вихідний сигнал | (4...20) мА |

3.1.3 Витратомір



Рисунок 3.4 – Витратомір ASAMAG

Дана серія витратомірів може бути використана для широкого спектру цілей. На виході виводиться цифровий та аналоговий сигнали вимірювання, похибка менше 0,5% і відтворюваність 0,1% від показань. Крім того, ASAMAG підходить для вимірювання будь-

яких типів рідин з провідністю вище 5 мкСм/см, нечутливий до зміни температури, тиску, щільності і в'язкості рідини.[9]

Характеристики даного приладу:

- Діапазон вимірювання: 0,013 ... 36000 м³ / год;
- Вихідний сигнал: 4 ... 20 мА, HART;
- Приєднання: фланцеве EN1092-1, DIN11851, TriClamp;
- Робоча температура: -30 ... + 160 ° С;
- Максимальний тиск: 10 бар;
- Похибка вимірювання: ± 0,5%;
- Напруга живлення: 220 В DC;

3.1.4 Давач обертів

Для контролю за швидкістю рольтангу та обертових валок необхідно використовувати давач обертів, найбільш прийнятним давачем для даного варіанту є інкрементальний енкодер E40S8-12-2-T-24.[10]



Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд енкодера E40S8-12-2-T-24.

Енкодер має такі характеристики:

- Вал/порожній вал Ø: Ø 4 ... 8 мм;
- Діаметр корпусу: Ø 38x32 мм;
- Швидкість: 5.000 об/хв;
- Ступінь захисту: IP 67 з боку корпусу;

| | | | | | | | | | |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 28 |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата | | | | | |

СУ61.6.151.10.ПЗ

- Роздільна здатність: макс. 1024 імп/оберт;
- Напруга живлення DC: 5 V або 5...30 V;
- Температура навколишнього середовища: -20 ... +70°C;
- Вихід: RS 422 або Push-pull;
- Тип з'єднання: Кабель;

3.1.5 Акселерометр



Рисунок 3.6 - Акселерометр Metrix SA6200

Акселерометр Metrix SA6200 здатний вимірювати широкий діапазон частот вібрації, що робить його ідеальним для використання на різних машинах.

Вбудований підсилювач забезпечує низькоомним вихід 100 мВ / г з постійним струмом, який сумісний з системами контролю вібрації, електронними перемикачами і формувачами сигналів 4-20 мА.

Датчик складається з стабілізованого по температурі п'єзоелектричного сердечника і підсилювача, упакованих разом в корпус з нержавіючої сталі 316, який електрично ізольований від чутливої ланцюга. Можливий вибір монтажних шпильок. Зверніться до технічного опису продукту для доступних дозволів небезпечної зони.[11]

Короткі характеристики

- Матеріал корпусу 316 СС
- Частота відповіді (+/- 3 дБ) 0,5 Гц - 12 кГц

| | | | | | | | | | | |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 29 |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата | | | | | | |

СУ61.6.151.10.ПЗ

- Гучний поверх 0,004 г дійств
- Встановлений резонанс 18 кГц
- Сертифікація небезпечних зон CSA, АTEX і IECEx.

3.1.6 Дифманометр.



Рисунок 3.7 - Дифманометр ДМТ-3583М

Дифманометр ДМТ-3583М - призначений для перетворення різниці тисків у вихідні уніфіковані сигнали постійного струму з лінійною залежністю.[13]

Характеристики

- Верхні номінальні межі вимірювання, кПа 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630
- Гранично допустимий робочий надлишковий тиск, МПа 16; 25
- Вихідні сигнали: 0-5 В 0-20мА, 4-20мА.
- Границя допустимої зведеної основної похибки перетворення, % ± 1
- Живлення (ток, А, напруга, В, частота, Гц) : -, 220, 50.
- Умови експлуатації: температура, ° С ДТМ-3583М: от - 30 до + 5`4530
- Маса, кг: 15

| | | | | |
|------|------|---------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |

СУ61.6.151.10.ПЗ

Лист

30

3.1.7 Давач рівня

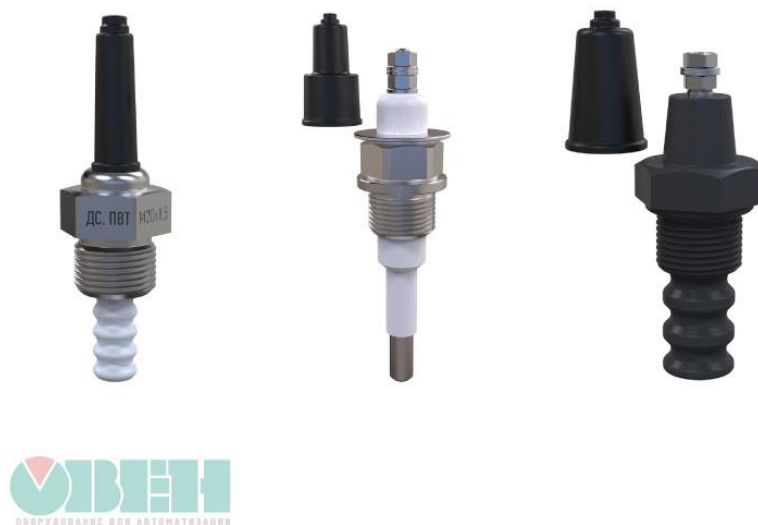


Рисунок 3.8 – Давач рівня ДС.ПВТ

Давачі рівня кондуктометрического типу призначені для вимірювання і сигналізації рівнів електропровідних рідин.

Принцип дії кондуктометрического датчика заснований на різниці між електропровідністю повітря і рідини. Ця різниця фіксується двома електродами: сигнальним, встановленим на необхідному рівні, і загальним. Коли поверхня рідини стикається з сигнальним електродом, відбувається замикання між двома електродами одноелектродная кондуктометрические датчики рівня випускаються для роботи на різні тиску і температуру.[14]

Таблиця 3.3 Порівняльні характеристики давачів рівня

| Модифікація | ДС.ПВТ | ДС.2 | ДС.П |
|--------------------|---------|----------|---------|
| Рабочий тиск | 2,5 МПа | 0,25 МПа | 0,1 МПа |
| Рабоча температура | 240 °С | 100 °С | |

3.1.8 Електродвигун



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд електродвигуна.

Електродвигуни асинхронні с короткозамкненим ротором вибухозахищені ВАО2 призначені для тривалого режиму роботи від мережі змінного струму частотою 50 Гц в шахтах, небезпечних за газом та пилом, а також у вибухонебезпечних зонах приміщень і зовнішніх установках. Можуть бути виготовлені на частоту 60 Гц.[15]

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики електродвигуна ВАО2-450-315-4.

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Тип двигуна | ВАО2-450-315-4 |
| Потужність | 315кВт |
| Ковзання | 1% |
| Струм статора | 35,9А |
| КПД | 94,8% |
| Синхронна частота обертів | 1500 |
| Напруга | 6000В |
| Момент інерції | 11кг*м ³ |

процесором, входами-виходами, прикладними модулями і т.д., незалежно від їх розташування.

Високошвидкісний процесор і потужна операційна система дозволяють TM251MESC найкращим чином відповідати вимогам, пов'язаним з часом реакції, об'ємом і складністю. Його малі габарити і оптимальні рішення по підключенню вільних зводять до мінімуму загальні затрати на встановлення. Міцність конструкції і легкість транспортування TM251MESC роблять його використання особливо доцільним в складних умовах експлуатації.

TM251MESC забезпечується широкою гаммою модулів вводу-виводу, які відрізняються по напрузі, потужності, кількості каналів і вимогам до підключення.

Ефективні по затратам рішення з попередніми з'єднаннями, обмежено доповнюють традиційні рішення з термінальним блоком "під гвинт".

Для стикування з головним контролером застосовуються спеціальні модулі які дозволяють підключити до контролера всі датчики та виконавчі механізми якими треба керувати. Комунікаційні модулі TM3 TM4 монтуються за допомогою затискачів зліва від контролерів, роз'єм розширення шини використовується для розподілу даних і подачі живлення.[19]

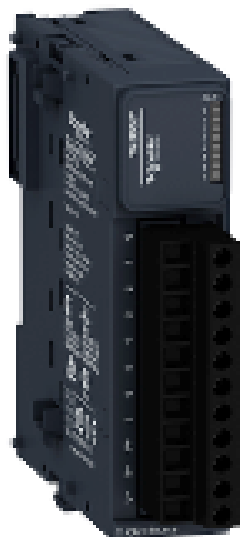
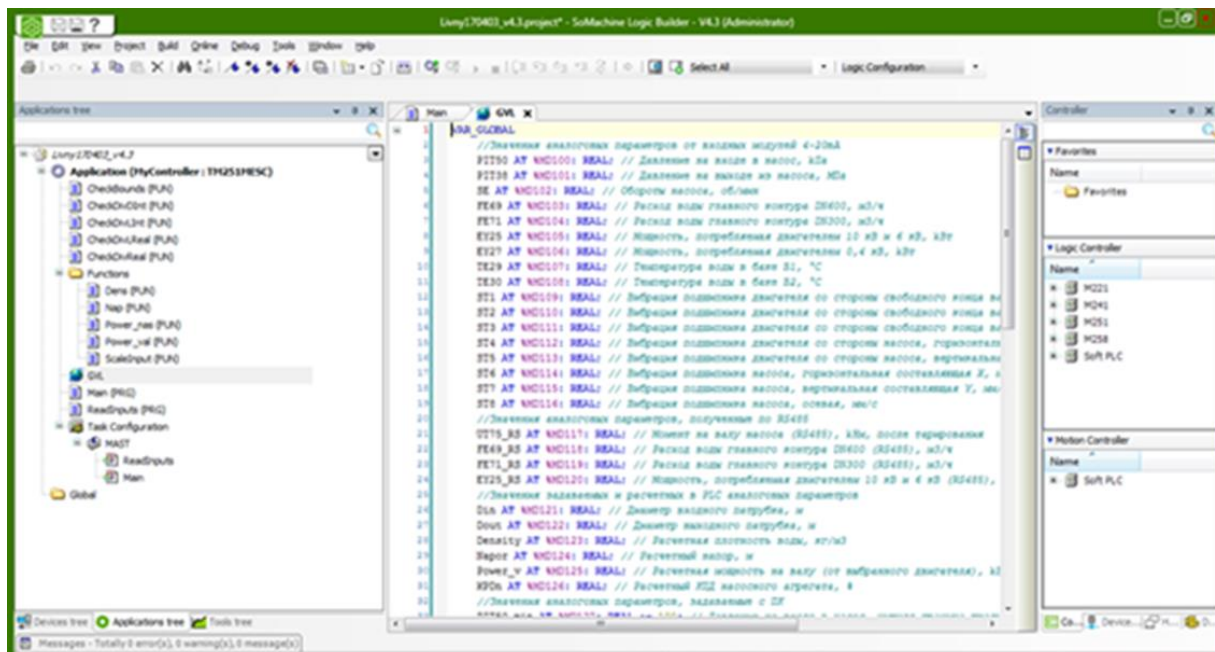


Рисунок 3.11 – модуль розширення Modicon TM3DQ8T.

Дискретний модуль розширення призначений для підключення датчиків, має повну сумісність з ПЛК, а також є можливість підключити одночасно до 8 датчиків.[19]

містить програму контролера, що складається з різних об'єктів програмування, а також він визначає ресурси, які необхідні, щоб виконати екземпляри програми (додатки) в визначених цільових системах. Генерація коду інтегрованими компіляторами з подальшим використанням цього машинного коду забезпечує короткі часи виконання. Передача даних між SoMachine і пристроєм проводиться через шлюз (компонент) і систему реального часу. Доступна повна онлайн функціональність для управління програмою в пристрої.[20]



3.4 Засоби візуалізації та архівування результатів випробувань.

Vijeo Citect від Schneider Electric - це компонент PlantStruxure, що виконує функції управління і контролю. Завдяки своїм широким можливостям в області візуалізації і управління, він прискорює надання важливої інформації та дозволяє підвищити ефективність за рахунок своєчасної реакції на порушення процесу.

Vijeo Citect працює під управлінням Windows Embedded і надає користувачам систему управління, що відповідає сучасним вимогам. Ці вбудовані системи мають функціональні можливості повного пакета SCADA і можуть працювати як автономні системи або як місцеві пульти управління в інтегрованій системі управління.

В автоматизації виробництва і інших важливих додатках відмова обладнання може привести до серйозних виробничих втрат і виникненню потенційно небезпечних ситуацій. Резервування Vijeo Citect підвищує відмовостійкість системи, допомагаючи зберегти її функціональність і продуктивність. Vijeo Citect підтримує гаряче резервування, забезпечуючи повне резервування всіх пристроїв введення-виведення. Vijeo Citect призначає

РОЗДІЛ 4 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ВИПРОБУВАНЬ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

4.1 Алгоритми керування випробувальними режимами роботи насоса

Підготовка агрегату до пуску повинна здійснюватися відповідно до посібників з експлуатації на агрегат і двигун, де вказані обсяг і послідовність виконання операцій обслуговуючим персоналом.

Перед пуском агрегату мають бути виконані наступні умови:

- Засувка на виході з насоса закрита. Робота насоса на повністю закрити засувку допускається не більше 2 хв. Можливий пуск насоса на відкрити засувку на виході з насоса, за наявності протитиску в напірному трубопроводі, що забезпечує подачу при повному розвороті двигуна не більше 0,05 м³/с (180 м³/год.). Робоча зона подач насоса від 0,015 м³/с (54 м³/год.) до 0,05 м³/с (180 м³/год.). Контроль протитиску контролюється, при цьому за зворотним клапаном
- Засувка на вході в насос відкрита;
- Рівень замикаючого середовища у судинах-бачках системи замикання торцевого ущільнення вище мінімально допустимого, але нижче максимального;
- Насос заповнений перекачувальною рідиною (до замикання контактів сигналізатора рівня);
- Наявність тиску на вході в насос: $P_{вх.} < 250 \text{ кПа} (+2,5 \text{ кгс/см}^2)$, але не менше значення, що забезпечує безкавітаційну роботу насоса ($-0,5 \text{ кгс/см}^2$);- Температура продукту, що перекачується на вході в насос 5-31,2°С (визначається загальностанційних виміром);
- Температура підшипників насоса і двигуна $> 15^\circ\text{C}$ і $< 70^\circ\text{C}$;
- Встановлено огорожу над сполучної муфтою.

Режими пуску агрегату.

Перемикач на місцевій панелі управління встановлюється в положення «Управління з РСУ».

| | | | | | | |
|------|------|---------|---------|------|------------------|------------|
| | | | | | СЧ61.6.151.10.ПЗ | Лист 39 |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата | | |

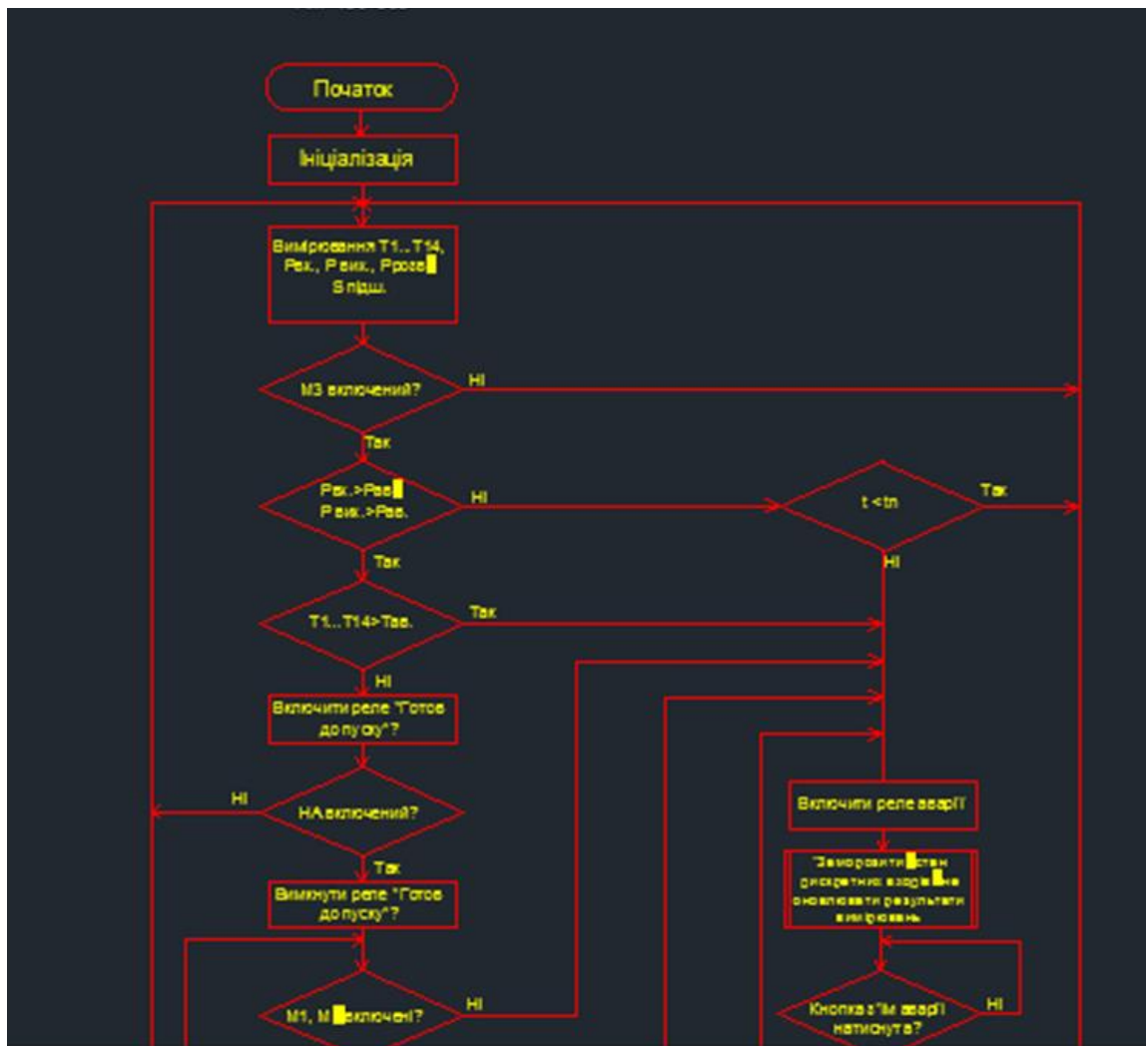


Рисунок 4.1 – Блок схема роботи випробувального стенда відцентрових насосів.

контрольної панелі. При появі сигналу «Агрегат готовий до пуску» включити приводний двигун насоса.

В іншому алгоритм пуску аналогічний кнопковому режиму пуску з РСУ.

Під час роботи агрегату повинен проводитися контроль технологічних параметрів, зазначених у додатках А і Б.

При відхиленні параметрів від заданих значень повинна бути виконана попереджувальна сигналізація, при аварійному відхиленні - аварійна сигналізація.

Обсяг сигналізації, захистів, а також величини уставок представлені на рисунку 4.1 (графи «Сигналізація», «Захист», "Уставка»).

Останов агрегату може здійснюватися:

- Оператором;
- Автоматично (технологічними захистами і електричними захистами двигуна);
- Аварійною кнопкою, встановленою у агрегату.

| | | | | |
|------|------|---------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |


```

% MW313: =% IW37;
UT75_RS: = UT75_first-UT75_tara;
// Обороти насоса від Моментоміри
% MW308: =% IW38;
% MW309: =% IW39;
//FE69_RS:=DWORD_TO_REAL(FE69_RS_i)*3600.0; // Витрата води головного контуру
DN600, приведений до м3 / год
% MW236: =% IW41;
% MW237: =% IW40;
FE69_RS: = FE69_RS * 3600.0;
//FE71_RS:=DWORD_TO_REAL(FE71_RS_i)*3600.0; // Витрата води головного контуру
DN300, приведений до м3 / год
% MW238: =% IW43;
% MW239: =% IW42;
FE71_RS: = FE71_RS * 3600.0;
// EY25_RS: = DWORD_TO_REAL (EY25_RS_i); // Потужність, споживана двигуном 10 кВ і
6 кВ
% MW240: =% IW44;
% MW241: =% IW45;
(* Вибір джерела 4-20mA - RS485 *)
IF FE69_RS_on
THEN FE69: = FE69_RS;
END_IF;
IF FE71_RS_on
THEN FE71: = FE71_RS;
END_IF;
IF EY25_RS_on
THEN EY25: = EY25_RS;
END_IF;
IF SE_RS_on
THEN SE: = SE_RS;
END_IF;

```

модуль Main

| | | | | | | |
|------|------|---------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | СУ61.6.151.10.ПЗ | Лист |
| | | | | | | 44 |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата | | |


```

IF temp <5
THEN Dens: = 1000.0;
ELSE
IF temp > 50
THEN Dens: = 988.03;
ELSE
Dens: = plot [temp]; // Вибір табличного значення
END_IF
END_IF

```

функція Nap

// Розрахунок напору

(*

Розрахунок напору виробляємо за формулою:

$$H = Z_{out} - Z_{in} + (p_2 - p_1) / (\text{dens} * g) + (U_{out2} - U_{in2}) / 2g$$

де

Z_{out} - висота центру поперечного перерізу над еталонної площиною вихідного патрубка, м

Z_{in} - висота центру поперечного перерізу над еталонної площиною вхідного патрубка, м

p₂ - тиск на виході з насоса, Па

p₁ - тиск на вході в насос, Па

(Манометричний тиск, віднесене до центру поперечного перерізу)

dens - щільність рідини, кг / м³

(Приймаємо рідина нестисливої, щільність визначаємо по таблиці в залежності від температури)

g - прискорення вільного падіння, 9,81 м / с²

U_{out2} - квадрат середньої швидкості на виході з насоса, (м / с)²

U_{in2} - квадрат середньої швидкості на виході з насоса, (м / с)²

U визначаємо за формулою

$$U = Q / A$$

| | | | | | | |
|------|------|---------|---------|------|------------------|------------|
| | | | | | СЧ61.6.151.10.ПЗ | Лист 46 |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата | | |

де

Q - витрата води головного контур

а DN600, м3 / с

(Об'ємна подача)

A - площа поперечного перерізу проточної частини, м2

З урахуванням діаметрів Din вхідного і Dout вихідного патрубків отримуємо:

$$U_{out2}-U_{in2} = (16 * Q^2 / \pi^2) * (D_{in4}-D_{out4}) / (D_{in4} * D_{out4})$$

де

π^2 - квадрат Пі

Din4 - четверта ступінь діаметра вхідного патрубка

Dout4 - четверта ступінь діаметра вихідного патрубка

*)

$$dZ: = Z_{out}-Z_{in};$$

$$dP: = (PIT38 * 1000000.0-PIT50 * 1000.0) / (Density * 9.81);$$

$$dU: = ((16 * FE69 * FE69 / (3.14 * 3.14 * 3600.0 * 3600.0)) * (D_{in} * D_{in} * D_{in} * D_{in}-D_{out} * D_{out} * D_{out} * D_{out}) / (D_{in} * D_{in} * D_{in} * D_{in} * D_{out} * D_{out} * D_{out} * D_{out})) / (2 * 9.81);$$

$$Nap: = dZ + dP + dU;$$

функція Power_nas

// Корисна потужність насоса

(*

Розрахунок корисної потужності насоса ведемо за формулою

$$P_u = dens * Q * g * H$$

де

Pu - корисна потужність насоса, кВт

dens - щільність води, кг / м3

Q - витрата води, м3 / с

g - 9,81 м / с2

H - напір, м

*)

| | | | | | | | | | | |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 47 |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата | | | | | | |

СУ61.6.151.10.ПЗ

Power_nas: = Density * (FE69 / 3600.0) * 9.81 * Napor / 1000.0;

функція Power_val

// Потужність на валу (кВт)

(* Визначаємо

при роботі без ПЧ:

в залежності від обраної потужності двигуна

від вимірної 4-20mA мережевий потужності двигуна

з урахуванням заданого оператором ККД двигуна

за формулою

$$P = P_d * KPDd$$

де

P_д - виміряна мережева потужність двигуна, Вт

KPDd - заданий ККД двигуна

при пуску через ПЧ:

за формулою

$$P = 2P_i * n * M$$

де

n - частота обертання, об / с

M - момент на валу, Н * м

*)

IF PCh_on

THEN

Power_val: = 2.0 * 3.14 * (SE / 60.0) * (UT75_RS * 1000.0) / 1000.0; (* !!! Уточнити розмірність UT75, привести до Н * м !!! *)

ELSE

IF HikW_on

THEN

Power_val: = ((EY25 * 1000.0) * (KPDd / 100.0)) / 1000.0;

ELSE

Power_val: = ((EY27 * 1000.0) * (KPDd / 100.0)) / 1000.0;

END_IF

В процесі проходження випробування, програмою Vijeo Citect проводиться спостереження за показниками датчиків та виконавчими механізмами в реальному часі.

Всі записані дані випробування проходять архівування на всіх етапах, що значно підсилює безпеку збереження даних. Данна програма приділяє багато уваги збереженню даних.

Вона потребує декількох каналів зв'язку, мінімум два сервера збереження даних, а також має змогу підтримувати декілька локальних мереж, що забезпечує додаткову безпеку.

Якщо в алгоритмі збору інформації виникає збій, Vijeo Citect має змогу переключитися на резервну мережу даних, що виключає можливість втрати контроль над випробуванням.[21]

4.3 Алгоритми подання результатів випробувань

Алгоритм подання результатів випробувань дуже простий.

За допомогою програми Vijeo Citect та її компонентів, проводиться візуалізація всього процесу випробувань. В SCADA системі в реальному часі відображаються всі показники основних вузлів системи випробувального стенда. Приклад мнемосхеми показано на рис. 4.3.

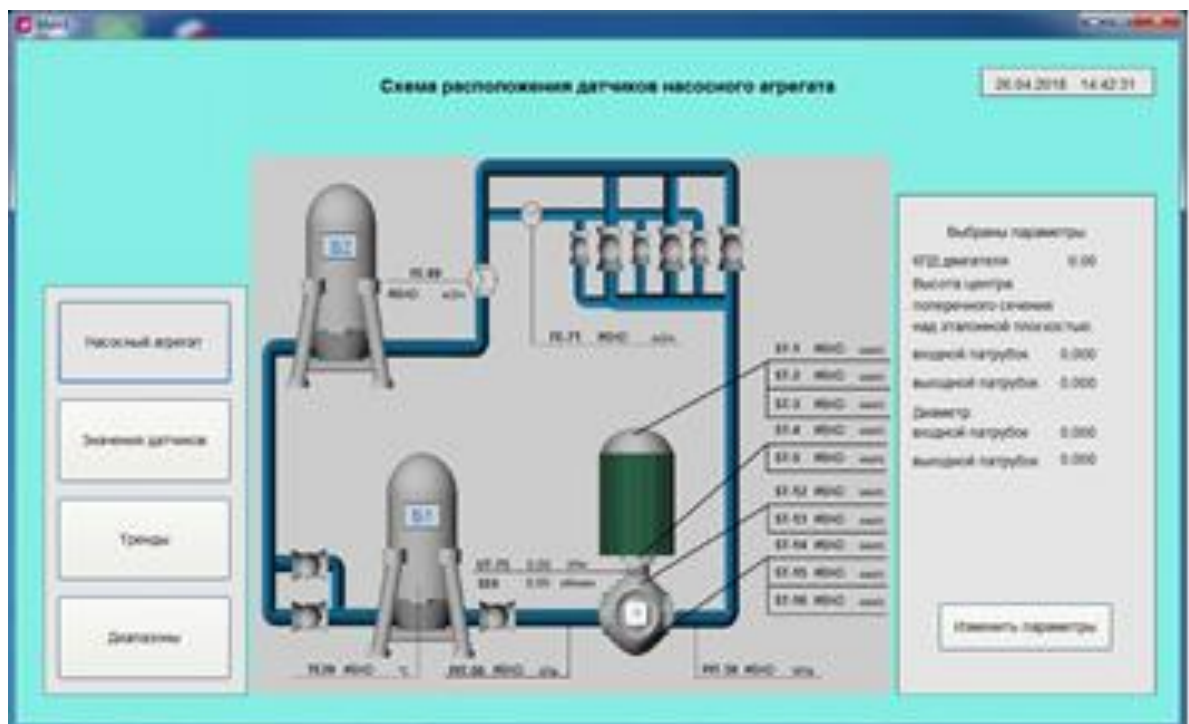


Рисунок 4.3- Кадры мнемосхеми в SCADA системе Vijeo Citect

| | | | | |
|------|------|---------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |

Після закінчення випробувань програма проведе відповідні розрахунки і видасть результат на екран оператора у вигляді графіка характеристики насоса. Приклад графіка показано на рис. 4.4.

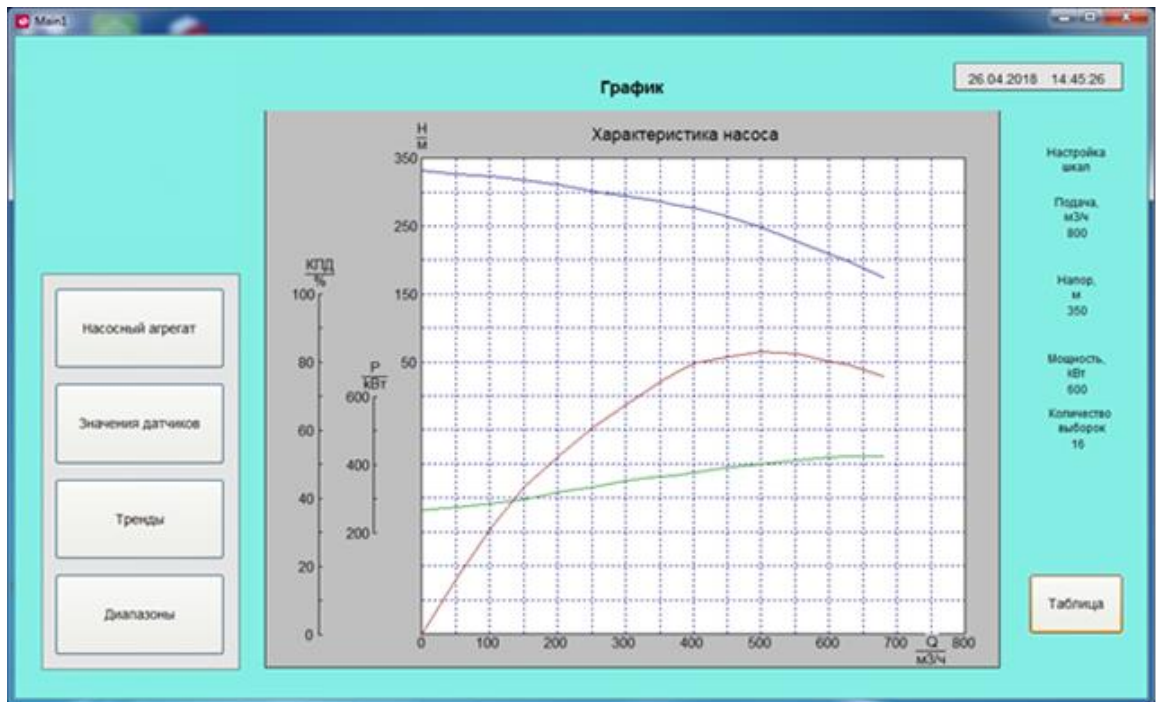


Рисунок 4.4- Кадри мнемосхеми в SCADA системі Vijeо Citect.

4.4 Висновки

В даному розділі описана реалізація режимів випробувань яка в свою чергу складається з алгоритмів курування, збору, обробки, та подання результатів випробувань. Ці всі режими основані в програмі Vijeо Citect яка відповідає за обробку, відображення та архівування даних. За допомогою цієї програми оператор веде повний контроль над випробуванням.

| | | | | |
|------|------|---------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |
| | | | | |

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Робота з насосними установками пожежних автомобілів. Інтерактивні тренажери: Навч. посібник. / [А.Г. Ренкас, О.В. Придатко]. – Львів.: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2007. – 84с.
- 2) Автоматика и управление в технических системах: в 11 кн./ отв. ред. С.В. Емельянов, В.С. Михалевич.- Кн. 1. Электрические элементы систем управления промышленными работами / А.А. Краснопрошина и др..-К.: Вища шк., 1990.
- 3) Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ. пособ. /А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський, А.А. Ключев/ Под ред. А.С. Ключева. – 2-е изд. перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1990. - 464с.
- 4) Системы управления. Задание. Проектирование. Реализация/ В.Н. Захаров и др. – М.: Энергия, 1997.
- 5) Сокол Е.И., Бару А.Ю., Лукпанов Ш.К. Опыт разработки и внедрения преобразователей частоты для регулируемого электропривода насосных агрегатов МН// Электротехника – 2004 - №7.
- 6) Колпаков Л.Г. Эксплуатация магистральных центробежных насосов: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1993. С. 76.
- 7) Відомості про давач температури SITRANS T 7MC2900-1DA – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/314/109765314/att_978331/v1/sitranst_thermo_elemente_fi01_en.pdf
- 8) Відомості про давач тиску Aplisens PC-28 – [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: <https://aplisens.com.ua/data/pdfs/PC-28.pdf>
- 9) Відомості про витратомір ASAMAG – [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: <http://www.koda.ua/products/desc.html?id=1213>
- 10) Відомості про давач обертів E40S8-12-2-T-24. – [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу:
http://www.esspb.ru/Documents/Encoders%20E40S_E80H_rus.pdf
- 11) Відомості про акселерометр Metrix SA6200 – [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: <https://www.setrix.ru/metrix-sa6200a.html>
- 12) Відомості про акселерометр Metrix SA6220 – [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: <https://www.setrix.ru/metrix-sa6200a.html>

- 13) Відомості про дифманометр ДМТ-3583М – [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: <http://prompribor.com.ua/>
- 14) Відомості про давач рівня ДС.ПВТ – [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ru/datchiki/ds-odnojelektrodnye-konduktometricheskie-datchiki-urovnja>
- 15) Відомості про електродвигун ВАО2-450-315-4. – [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: <http://se33.ru/explosion-proof-motors/2-uncategorised/72-vao2-vao2u.html>
- 16) Петухова О.А., Антіпов І.А., Кулешов М.М., Чернуха А.М. “Спеціальне водопостачання” - [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: <http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/voda2/2958.html>
- 17) Клименко Л.П. Метрологія, стандартизація та управління якістю: навчальний посібник [для студентів вищих навчальних закладів] / Л.П. Клименко, Л.В. Пізінцалі, Н.І. Александровська, В.Д. Євдокимов; [під редакцією д.т.н. проф. В.Д. Євдокимова]. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – Частина І. – 2011. – 252 с.
- 18) Клименко Л.П. Метрологія, стандартизація та управління якістю: навчальний посібник [для студентів вищих навчальних закладів] / – Приклади і задачі. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили – Частина ІІ. – 2010. – 78 с.
- 19) Expansion I/O modules for Modicon M221, M241, M251 and M262 controllers - [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=DIA3ED2140109EN.pdf&p_Doc_Ref=DIA3ED2140109EN
- 20) “SoMachine Руководство по программированию” – 2016. – 891с.
- 21) “Vijeo Citect Технический обзор” Schneider Electric, – 2012. – 68с.
- 22) Відомості про електродвигун ВАО2-450-315-4. – [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: <https://www.ruselt.ru/information/elektrovdigateli-vao2/>
- 23) Горшков А.М. Насосы / А.М. Горшков: - М.: Горэнергоиздат, 1947. -188 с.
- 24) Пат. US2008267773 (A1). MULTISTAGE SLURRY PUMP/ ANDREWS DALE B; Заявл.: 23.04.2008; опубл.: 30.10.2008. — 9 с.
- 25) Пат. US2006127232 (A1). Multistage centrifugal pump/ URBAN JOERG [DE]; KOCHANOWSKI WOLFGANG [DE]; BRECHT BERNHARD [DE]; SCHARPF STEPHAN [DE]; Заявл.' 17.11.2005; опубл.: 15.06.2006. — 7 с.

