

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 МАГІСТРА

За спеціальністю 151 « Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА НМВ 800-400

Виконав:

студент групи СУ.мз-91с

Олійник С.О.

Керівник роботи:

Журавльов О.Ю,

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ А. С. Довбиш

“ _____ “ _____ “ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра студенту

Олійник Степану Олексійовичу

1. Тема роботи: Система керування насосного агрегата НМВ 800-400
Затверджено наказом ректора університету № 1798- III від 19 листопада 2020 р
2. Термін здачі студентом закінченої роботи 16.12.2020 р.
3. Вихідні дані до роботи: завдання кафедри, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалами опису і автоматизації технологічного процесу.
4. Зміст пояснювальної записки:
 - 1) Насосний агрегат як об'єкт технології.
 - 2) Функціональна схема системи автоматизації агрегата.
 - 3) Технічні засоби автоматизації
 - 4) Система автоматичного регулювання
 - 5) Визначення надійності системи.
5. Перелік графічних матеріалів:
 - 1) Функціональна схема автоматизації

2) Принципова схема регулювання та управління

3) Блок схема

4) Схема принципова управління

6. Календарний план

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Підбір та аналіз літератури	21.10.20- 28.10.20
2	Аналіз сучасного стану систем автоматизації	29.10.20- 08.11.20
3	Методи вирішення поставлених завдань	09.11.20- 15.11.20
4	Дослідження системи автоматизації	16.11.20- 22.11.20
5	Обґрунтування вибору елементів системи автоматизації	23.11.20- 25.11.20
6	Розробка Функціональної схеми	26.11.20- 30.11.20
7	Технічне оформлення проекту. Здавання проекту керівнику	01.12.20- 04.12.20

7. Дата видачі завдання 20.10.2020 р

Керівник проекту:

Журавльов О.Ю.

Завдання прийняв до виконання:

студент групи СУмз-91С

Олійник С.О.

РЕФЕРАТ

Олійник Степан Олексійович. Система керування насосного агрегата НМВ 800-400. Кваліфікаційна робота магістра. Сумський державний університет, Суми 2020.

Кваліфікаційна робота магістра містить 93 аркуші пояснювальної записки, в тому числі 31 рисунок, 7 таблиць, 16 джерел інформації, конструкторську документацію, що містить 6 креслення.

Робота присвячена системі управління насосним агрегатом. Розроблений варіант системи автоматизації, реалізований на мікропроцесорному контролері TSX Premium 57302. Запропоноване в магістерській роботі використання розподіленої системи управління на базі мікропроцесорного контролера TSX Premium 57302 та персонального комп'ютера з програмним забезпеченням "Monitor Pro" забезпечує вирішення таких завдань:

- збір, обробка, архівування й відображення всіх параметрів, що контролюються;
- автоматичне керування технологічним устаткуванням й установками відповідно до регламентів безпечного ведення технологічного процесу;
- автоматичне формування, архівування та друк зведених звітів і паспортів.

У дослідницькій частині був проведений гідродинамічний розрахунок агрегату, аналіз та моделювання режимів роботи агрегату та надійність функціонування АСУ ТП.

Ключові слова: система управління, насосний агрегат, гідродинамічний розрахунок, дистанційне керування, надійність функціонування системи.

ABSTRACT

Oliinyk Stepan Oleksiyovych. Control system of the pump unit NMV 800-400. Qualifying work of the master. Sumy State University, Sumy 2020.

The master's qualification work contains 93 sheets of explanatory note, including 31 drawings, 7 tables, 16 sources of information, design documentation containing 6 drawings.

The work is devoted to the control system of the pump unit. A variant of the automation system implemented on the TSX Premium 57302 microprocessor controller has been developed.

- collection, processing, archiving and display of all controlled parameters;
- automatic control of technological equipment and installations according to regulations of safe conducting of technological process;
- automatic generation, archiving and printing of consolidated reports and passports.

In the research part, the hydrodynamic calculation of the unit, analysis and modeling of the modes of operation of the unit and the reliability of the ACS TP.

Key words: control system, pump unit, hydrodynamic calculation, remote control, reliability of system functioning.

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

За спеціальністю 151 « Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА НМВ 800-400

Виконав:
студент групи СУ.мз-91с

Олійник С.О.

Керівник роботи:

Журавльов О.Ю,

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 НАСОСНИЙ АГРЕГАТ ЯК ОБ'ЄКТ ТЕХНОЛОГІЇ.....	7
1.1 Насосний агрегат як об'єкт технології.....	7
1.2 Конструктивна характеристика насосного агрегату типу НМВ 800-400..	10
1.3 Основні розрахункові дані з продуктивності обладнання.....	15
1.4. Статичні та динамічні характеристика об'єкта.....	16
1.5 Висновки. Завдання дослідження.....	21
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ АВТ-ЦІЇ АГРТУ	23
2.1 Основні цілі створення АСУТП.....	23
2.2 Алгоритм управління роботи насосного агрегату НМВ 800-400.....	27
2.3 Специфікація комплексу технічних засобів.....	30
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	32
3.1 Вибір та обґрунтування структури системи управління та комплексу технічних засобів.....	32
3.2 Висновки.....	52
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ.....	54
4.1 Основні процеси	54
4.2 Висновки	55
РОЗДІЛ 5 ПРОЄКТНЕ КОМПОНУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ КОНТРОЛЕРІВ.....	56
6 РОЗДІЛ 6 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	62
6.1 Розрахунок і вибір елементів силової частини електроприводу.....	62
6.2. Математична модель насоса і трубопроводу.....	70
6.3. Дослідження динаміки системи управління насосної установки в MATLAB Simulink.....	73
6.4 Розрахунок вільних коливань агрегату.....	75

РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	80
7.1 Умови праці. Наявність шкідливих та небезпечних факторів на Робочому місці.....	80
7.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до виробничих приміщень та розміщення..	81
7.3 Мікроклімат.....	83
7.4 Шум та вібрація.....	84
7.5 Виробниче освітлення.....	85
7.6 Техніка безпеки при експлуатації апаратів.....	86
7.7 Електробезпека.....	87
7.8 Пожежна безпека.....	88
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

НА – насосний агрегат;

ЗК – зворотній клапан;

РК – регулюючий клапан;

ВР – вентиль рециркуляції;

СУ – система управління;

НЗ – напірна засувка;

ПВВ – пристрій вводу-виводу;

КУ – контур управління;

ТП – технологічний процес;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПЗУ – постійна пам'ять;

ОЗУ – оперативна пам'ять;

ПГ – парогенератор;

ПЧ – перетворювач частоти;

ККД - коефіцієнт корисної дії.

ВСТУП

Керування будь-яким технологічним процесом чи об'єктом можливе лише при наявності інформації про окремі параметри, що характеризують процес чи стан об'єкта. Вимірювання параметрів здійснюється за допомогою найрізноманітніших технічних засобів, що мають нормовані метрологічні властивості.

У наш час є велика номенклатура засобів вимірювання та контролю, але одним із перспективних напрямків розвитку технічних засобів вимірювання є використання мікропроцесорної техніки, основою побудови якої є використання мікропроцесорів – програмованих великих інтегральних схем.

Можливість перепрограмування мікропроцесора повністю змінила підхід до створення електронних пристроїв, тому що дозволила на базі уніфікованих апаратних засобів створювати пристрої різного функціонального призначення за рахунок зміни алгоритму обробки даних шляхом перепрограмування. Поряд із цим використання в технічних засобах автоматизації мікропроцесорів дає можливість створювати пристрої з великою швидкістю та підвищеною надійністю при низькій вартості та енергомісткості.

Засоби вимірювання відіграють важливу роль у побудові сучасних автоматичних систем регулювання окремих технологічних параметрів і процесів автоматичних систем регулювання, особливо автоматизованих систем керування технологічними процесами, що вимагають подання великої кількості необхідної вимірювальної інформації у формі, зручної для збору, подальшого перетворення, обробки й подання її, а в ряді випадків – для дистанційної передачі на різні рівні ієрархічної структури керування виробництвами.

Варто додати, що при автоматизації виробництва об'єктом є не окремий технологічний процес чи агрегат, а технологічний комплекс із складними

взаємозв'язками між його підсистемами. Сучасні системи автоматизації на базі мікропроцесорних пристроїв та ЕОМ мають широкі функціональні можливості й досконалі технічні характеристики, що забезпечують підвищення їх надійності та довговічності, швидку дію, оперативність управління, збільшення кількості входів-виходів, поліпшення комфортності роботи оператора.

Розширення функціональних можливостей сучасних мікропроцесорних систем управління пов'язано із значним збільшенням кількості видів і систем відображення технологічної інформації: використання динамічних мнемосхем; одержання графіків зміни технологічних параметрів за будь-який відрізок часу; формування історії розвитку процесу; архівування за допомогою таблиць, звітних документів. Усе це дає можливість підвищити оперативність управління, максимально враховувати виробничу ситуацію, що зумовлює зростання показників ефективності функціонування технологічного комплексу.

Для забезпечення працездатності й правильної експлуатації систем і засобів автоматизації будь-який технологічний комплекс потребує наявності фахівців служб метрології й автоматизації, вимагає від них знання й уміння не тільки правильно експлуатувати системи й засоби автоматизації, але й проводити своєчасну їх перевірку, ремонт і налагодження безпосередньо на підприємстві.

Метою створення системи автоматизації є забезпечення ритмічності роботи насосного агрегату при змінних навантаженнях.

РОЗДІЛ 1

НАСОСНИЙ АГРЕГАТ ЯК ОБ'ЄКТ ТЕХНОЛОГІЇ

Важливе місце серед науково-технічних проблем розвитку нафтової промисловості відводиться автоматизації технологічних процесів, впровадженню різноманітних технічних засобів.

Основними завданнями автоматизації є інтенсифікація виробництва на основі впровадження нових досягнень науки та техніки, скорочення числа технологічних переходів; впровадження безперервних систем виробництва кількісний та якісний ріст одиничних потужностей обладнання; подальше підвищення рівня автоматизації.

В умовах великих об'ємів сировини, енергії, що використовується, застосування дорогих матеріалів, високопродуктивного обладнання порушення технологічних режимів призводить до відчутних виробничих втрат. Успішне функціонування технологічних процесів може бути забезпечено лише за умови широкомасштабного впровадження автоматизації виробництва, при якому функції управління та контролю передаються приладам та автоматичним системам. [4]

1.1 Насосний агрегат як об'єкт технології.

Автоматизація насосного агрегату представляє собою одну з типових задач в автоматизації технологічного процесу нафто-перекачувальної галузі.

Це пояснюється великою кількістю параметрів контролю та регулювання:

- температура підшипників кочення;
- температура охолоджувальної рідини;
- рівень охолоджувальної рідини в бачках охолодження;
- тиск рідини в бачках охолодження;
- тиск нафти до входу в насос;

- тиск нафти на виході з насосу;
- вібрація вертикальна та горизонтальна насоса та двигуна;
- оберти валу насоса та двигуна.

Головні вимоги, які пред'являють до системи автоматичного управління насосного агрегату, зводяться до роботи та контролю його у встановлених параметрах, для підкачки нафти до основних магістральних насосних агрегатів і подальшого її транспортування по трубах на сотні кілометрів. Забезпечення постійної та стабільної роботи насосів дає можливість безперервно транспортувати нафту. Якщо цей процес зупиниться, то зрушити з місця такий великий потік нафти буде складно.

Ефективна робота досягається при правильному підборі засобів та приладів автоматизації, контурів контролю та регулювання. Для забезпечення найкращих умов роботи насосного агрегату важливе значення мають постійна підтримка температури підшипників кочення насоса та двигуна в робочих інтервалах, рівня охолоджуючої рідини в бачках, тиску нафти на виході з насоса, температури охолоджуючої рідини, горизонтальної та вертикальної вібрації насоса та двигуна в межах до 4,5 мм. При недостатній подачі охолоджувальної рідини на підшипники вони перегріються і вийдуть з ладу, що спричинить аварійну зупинку насосного агрегату і подальший його ремонт, пов'язаний із заміною підшипників кочення, які у свою чергу є дорогі. Величина напору на виході з насоса теж повинна бути не більше 44МПа, допустиме відхилення величини напору – від плюс 3% до мінус 2% від номінального значення. Зниження тиску після виробітку середнього ресурсу до капітального ремонту із урахуванням використання запасних частин – не більше 3%. На основі розглянутих особливостей функціонування насосного агрегату НМВ 800-400 можна сформулювати основні вимоги до автоматизації:

- контроль температури підшипників кочення;
- контроль температури охолоджувальної рідини;
- контроль температури корпусу двигуна;

- контроль температури навколишнього середовища;
- регулювання подачі охолоджувальної рідини в бачки охолодження;
- регулювання подачі нафти на виході з насосу;
- контроль тиску на вході в насос;
- контроль тиску охолоджувальної рідини в бачках;
- контроль горизонтальної та вертикальної вібрації насосу та двигуна;
- контроль обертів валу насосу та двигуна.



Рисунок. 1.1 – Насосний агрегат типу NMB 800 – 400

В умовах науково-технічного процесу автоматизація є однією з його рушійних сил. Вона має суттєвий вплив на підтримку заданих параметрів, механізацію виробничих процесів, забезпечує умови для створення більш складних високопродуктивних процесів, які розробити та реалізувати без автоматизації неможливо.

Тому при впровадженні автоматизації можна досягти таких результатів: постійна робота насосного агрегату, безперервна подача нафти до магістрального насосного агрегату, відображення всіх процесів контролю та регулюванню на екрані ЕОМ оператора, підвищення ритмічності виробництва, збільшення об'ємів перекачування нафти, покращення умов праці обслуговуючого персоналу за рахунок виключення робіт на шкідливих та небезпечних для життя і здоров'я людей ділянках виробництва. [5]

Отже, метою автоматизації є підтримка основних параметрів у робочих інтервалах для забезпечення постійної роботи насосного агрегату, для оптимальної подачі нафти на основний магістральний насос і подальшого її транспортування.

1.2 Конструктивна характеристика насосного агрегату типу НМВ 800-400

У нафтовидобувній промисловості для перекачування нафти використовуються насосні агрегати. Насос призначений для транспортування нафти по магістральних трубопроводах. Він виготовляється для експлуатації в кліматичному виконанні УХЛ, при нижньому значенні температури навколишнього повітря мінус 60°C і верхньому – плюс 40°C .

Насосні агрегати поділяються на декілька видів за своїм призначенням:

- магістральні насоси;
- підпорні насоси.

Магістральні насоси призначені для перекачування нафти через магістральні трубопроводи на сотні кілометрів.

Підпорні насоси призначені для перекачування нафти до магістральних насосів і створення необхідного тиску на вході в магістральний насос. Вони зазвичай стоять поряд із магістральними.

Агрегат призначено для перекачування некондиційної нафти з нафтового родовища в технологічний резервуар.

Агрегат допускає транспортування і зберігання нафти при температурі навколишнього повітря до мінус 60°C. Електротехнічні вироби (крім електродвигуна) і контрольно-вимірювальні прилади повинні зберігатися при температурі від +5°C до +40°C («Інструкція з консервації, пакування, транспортування і зберігання» РН12.025.000.00І).

Агрегат виготовлено у вибухозахищеному виконанні і призначено для експлуатації в приміщенні, в якому існує ймовірність присутності вибухонебезпечної газової суміші в нормальних умовах експлуатації, що відповідає вибухонебезпечній зоні 2 класу 1 за ГОСТ Р 51330.9-99.

Категорія вибухонебезпечної газової суміші-II А за ГОСТ Р 51330.11-99 (МЕК 60079-4-75).

Група вибухонебезпечної газової суміші - ТЗ, що відповідає температурі самозаймання 200-300 °С за ГОСТ Р 51330.5-99 (МЕК 60079-4-75).

Насос у складі агрегату відноситься до виробів конкретного призначення (ВКП) виду I (відновлювані) по ГОСТ 27.003-90.

Агрегат призначено для розміщення в приміщенні, що періодично обслуговується, режим роботи агрегату постійний.

Агрегат виготовлено для експлуатації в районах з інтенсивністю землетрусу майданчика 6 балів за шкалою Ріхтера.

Ці технічні вимоги призначено для розробки системи автоматичного управління (САУ) насосом НМВ 800-400 і електроагрегату .

Насос і агрегат виготовляється для експлуатації у вибухонебезпечних зонах класу 2 згідно ГОСТ Р 51330.9-99, в яких можливе утворення вибухонебезпечних сумішей категорії ПА згідно ГОСТ Р 51330.11-99 температурного класу ТЗ згідно ГОСТ Р 51330.5-99 і ПУЕ 2002.

Агрегат складається з наступних основних механізмів і засобів КВП:

- насос НМВ 800-400;

- приводний електродвигун АО5К-450-315-2ДУ2, номінальна потужність 315 кВт, напруга 10 000 В, частота 50 Гц;
- система замикання торцевого ущільнення (СОЗЖ з обв'язкою);
- датчики, перетворювачі, кнопкові пости управління, сигнальні пости і розподільні коробки, встановлені на агрегаті,
- кабельні розводки, що забезпечують підключення датчиків і перетворювачів до розподільних коробок.

Усе обладнання агрегату розміщується на одній рамі. Датчики і перетворювачі через розподільні коробки, встановлені на агрегаті, повинні підключатися до САУ, що входить до складу розподіленої системи управління (PCУ).

Алгоритм управління.

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 закрыта. Робота насоса на повністю закрыту засувку допускається не більше 2 хв.
- засувка на вході в насос відкрита;
- рівень замикаючого середовища в судинах-бачках системи замикання торцевого ущільнення повинен бути 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, $5-31,2^\circ\text{C}$ (визначається загальностанційних виміром);
- температура підшипників насоса і двигуна $> 15^\circ\text{C}$ і $< 70^\circ\text{C}$;
- огорожа над сполучної муфтою.

Режими пуску агрегату.

Автоматичний режим пуску з РСУ.

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

Після подачі команди «Пуск» перевіряється наявність пускових параметрів агрегату, включається приводний двигун агрегату.

Після досягнення напору на виході насоса, що відповідає нульовій подачі ($P_{вх} + 34,2 \text{ кгс/см}^2$), подається команда на відкриття напірної засувки.

На час пуску, зупинки агрегату (час відкриття (закриття) засувки на виході з насоса) виводяться з дії захисти з вібрації і падіння тиску на виході насоса.

Під час пуску здійснюється контроль виконання команд:

- на включення високовольтного вимикача (якщо після подачі команди на включення високовольтний вимикач не включили протягом 3с.);

- на відкриття засувки на виході з насоса (якщо засувка протягом 3с. не почала відкриватися – кінцевий вимикач засувки положення «закрито» не розірвався);

- на повне відкриття засувки на виході з насоса (якщо засувка на протязі 2 хв. не відчинилася – кінцевий вимикач засувки положення «відкрито» не замкнувся).

Під час пуску насоса на відкриту напірну засувку контроль протитиску виконується за приладом, встановленим за зворотним клапаном (загальностанційне вимірювання).

При невідповідності одного з пускових параметрів вимогам запуск насоса зупиняється з подачею сигналу про невідповідність (наприклад: «Тиск на вході високий»).

Кнопковий режим пуску з РСУ управління електромеханізмами виконується роздільно оператором з РСУ.

За наявності пускових параметрів включити приводний двигун насоса. Після досягнення тиску на виході насоса, відповідного нульовій подачі, відкрити напірну засувку.

В іншому випадку алгоритм пуску аналогічний автоматичному режиму пуску. Кнопковий режим пуску з місцевої панелі управління перемикач на місцевій панелі управління встановлюється в положення «Управління за місцем»

Управління проводиться кнопками з місцевої контрольної панелі.

При появі сигналу «Агрегат готовий до пуску» (наявності пускових параметрів) включити приводний двигун насоса.

В іншому випадку 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 представлено в додатку Б (графи «Сигналізація», «Захист», «Уставка»).

Зупинка агрегату може здійснюватися:

- оператором;
- автоматично (технологічними захистами і електричними захистами двигуна);
- аварійною кнопкою, встановленою в агрегаті.

При відключенні оператором повинна закритися засувка на виході з насоса, відключитися двигун, а при відключенні захистами або аварійною кнопкою відключається двигун, закривається засувка на виході з насоса.

Під час зупинки здійснюється контроль виконання команди на закриття засувки на виході з насоса. Якщо засувка не закрилася (кінцевий вимикач не розірвали), протягом часу закриття засувки +5с подається сигнал

«Невиконання команди на зупинення». Повторний пуск насосного агрегату можливий при відключенні захистами, тільки після усунення причин відключення.

1.3 Основні розрахункові дані з продуктивності обладнання

Показники призначення середовищ, що перекачуються і споживаються, наведено в таблиці 1.1 (Додаток Б).

Показники призначення насоса за параметрами в номінальному режимі роботи повинні відповідати показникам, зазначеним у таблиці 1.2 (Додаток Б)

Примітки:

1. Допустиме виробниче відхилення напіру від плюс 3% до мінус 2% від номінального значення.

2. Зниження напіру після вироблення середнього ресурсу до капітального ремонту з урахуванням використання запасних частин становить не більше 3%.

3. Максимальна потужність насоса в робочому інтервалі подач становить 284кВт.

Показники технічної та енергетичної ефективності насоса в номінальному режимі повинні відповідати показникам, зазначеним у таблиці 1.3 (Додаток Б).

Примітки:

1. Допустиме виробниче відхилення щодо ККД: верхнє значення не обмежується, нижнє – мінус 2%.

2. Зниження ККД після вироблення середнього ресурсу до капітального ремонту – не більше 2%.

3. NPSH3 вказано відносно площини, що проходить через вісь насоса.

Насос допускає тривалу експлуатацію в інтервалі подач від 0,015 м³/с (54 м³/год.) до 0,05 м³/с (180 м³/год.).

Шумова технічна характеристика – середній рівень звуку на відстані 1 м від контуру агрегату на номінальній ($\pm 10\%$) подачі не повинен перевищувати середній рівень звуку приводного двигуна плюс 5дБА.

Вібраційна технічна характеристика насоса – середньоквадратичне значення віброшвидкості, виміряне на підшипникових опорах насоса на номінальній ($\pm 10\%$) подачі, – не більше 3,0 мм/с, на інших режимах в робочому інтервалі – не більше 3,9 мм/с. (Додаток В)

1.4 . Статичні та динамічні характеристики об'єкта

При експлуатації насосних агрегатів з автоматичним зрівноважуванням спостерігаються підвищені осьові вібрації ротора, які можна пояснити або резонансами в системі ротор-авторозвантаження, або коливаннями, що самозбуджуються через втрату системою динамічної стійкості. У зв'язку з цим урівноваження системи та перевірка її динамічної стійкості мають важливе значення для забезпечення надійності насосів.

Динамічний розрахунок містить обчислення коефіцієнтів характеристичних рівнянь, перевірку осьової стійкості системи за критерієм Гурвіца.

Динамічний розрахунок системи проводився з урахуванням демпфірування в торцевій щілині, інерційних втрат у дроселях гідравлічного тракту, обумовлених нестационарністю течії і стискальністю середовища в розвантажувальних камерах гідроп'яти. Аналіз динаміки обмежено одновимірним осьовим рухом жорсткого ротора і не враховує зв'язку, що існує між його звинними і осьовими коливаннями. Ротор і гідроп'ята розглядалися як система із зосередженими параметрами.

Розглянемо конструкцію системи автоматичного урівноваження осової сили, що діє на ротор багатоступінчастого відцентрового насоса. Рівняння руху диска в осовому напрямку без урахування статичних складових:

$$m_r h_{m0} \ddot{z}_r + c_r h_{m0} \dot{z}_r + k_r h_{m0} \bar{z}_r = S_2 p_{2b} \psi_2 + F_m + F_a, \quad (1.1)$$

де $F_m = -B_z \dot{z}_r - K_z \bar{z}_r - K_\psi \psi_2$ - сила, що діє з боку рідини на стінки торцевого

зазору;

K_ψ, B_z, K_z - визначаються виразом (1.4);

$$K_\psi = 2\pi r_m b_c \left\langle \frac{\bar{\varphi}_2}{2} + \frac{\bar{\varphi}_2}{2} \left[\frac{(3-n)\Lambda + 3\bar{\beta}}{3} \frac{\zeta_{2m}}{\zeta_{0m} - \zeta_2 n/2} - \frac{\zeta'_{11} + \zeta'_{12}}{\zeta_{0m} - \zeta_2 n/2} \right] \right\rangle$$

$$K_z = 2\pi r_m b_c \frac{\Delta p_{0\omega}}{2} \left\langle \frac{\zeta_{2m}}{\zeta_{0m}} \left[\bar{\beta} + 3 \frac{(3-n)\Lambda + 3\bar{\beta}}{3} \right] - 2 \frac{(\zeta'_{11} + \zeta'_{12}) + (\zeta'_{11} - \zeta'_{12}) \bar{\beta}}{\zeta_{0m}} \right\rangle$$

$$B_z = k_{r0} \mu \frac{\pi r_m^2 b_c^2}{3 h_{m0}^2} \left\langle \left(1 - \frac{n}{2} \right) \left[2\Lambda + ((3-n)\Lambda + 3\bar{\beta}) \right] + 3 \frac{(\zeta'_{11} + \zeta'_{12}) - (\zeta'_{11} - \zeta'_{12}) 2\Lambda}{\zeta_{2m}} \right\rangle \quad (1.2)$$

Тиск в камері гідроп'яти визначається з рівняння балансу витрат через циліндричний і торцевий дроселі без статичних складових з урахуванням стиснення і витискання в камері гідроп'яти при осових коливаннях ротора:

$$Q_c = Q_m + Q_p + Q_v,$$

$$\text{де } Q_c = g_c \frac{1}{2\sqrt{p_1 - p_{20}}} p_{2b} \psi_2;$$

$$Q_m = g_{m0} \frac{1}{2\sqrt{p_{20} - p_3}} p_{2b} \psi_2 + g_{m0} \sqrt{p_{20} - p_3} \bar{z}_r$$

$$Q_v = S_2 \dot{z}_r$$

$$(1.3)$$

V - об'єм камери,

Eg – адіабатичний об'ємний модуль пружності рідини.

Таким чином, поведінка системи автоматичного регулювання описується нелінійними диференціальними рівняннями першого порядку щодо зміни тиску в камері гідроп'яти і осьових коливань ротора. Система нелінійна відносно невідомих параметрів, тому чисельне значення сталих величин тиску і зазору гідроп'яти знайдемо з використанням чисельних методів.

Перейдемо до коефіцієнтів динамічності системи. Для цього знайдемо статичне відхилення величин, вважаючи всі похідні за часом рівними нулю.

Тоді:

$$u_s = F_0 A_{s1}, \psi_{2s} = F_0 A_{s2},$$

$$\text{де } A_{s1} = \frac{c_{12}c_{22}}{c}, A_{s2} = \frac{c_{11}c_{21}}{c}, c = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{vmatrix}.$$

Оператори системи можна представити у вигляді комплексних виразів:

$$D_{mn}(i\omega) = U_{mn}(\omega) + iV_{mn}(\omega),$$

де

$$U_{11} = -a_{11}\omega^2 + c_{11}, V_{11} = b_{11}\omega, U_{12} = c_{12},$$

$$U_{21} = c_{21}, V_{21} = b_{21}\omega, U_{22} = c_{22}, V_{22} = b_{22}\omega,$$

(1.4)

В підсумку коефіцієнт динамічності і фазові характеристики системи будуть наступними:

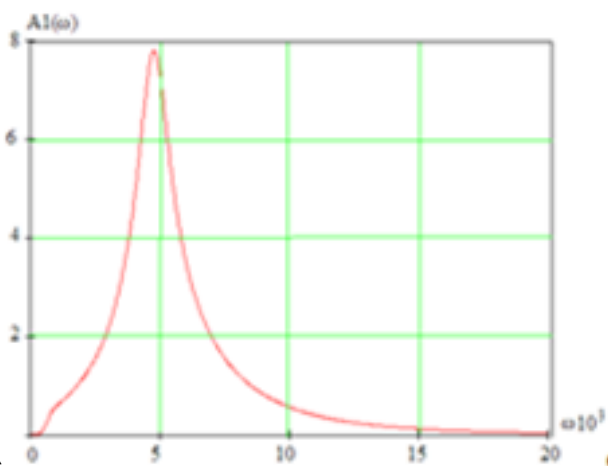


Рисунок 1.2 – Амплітудно-частотна характеристика зміни зазору

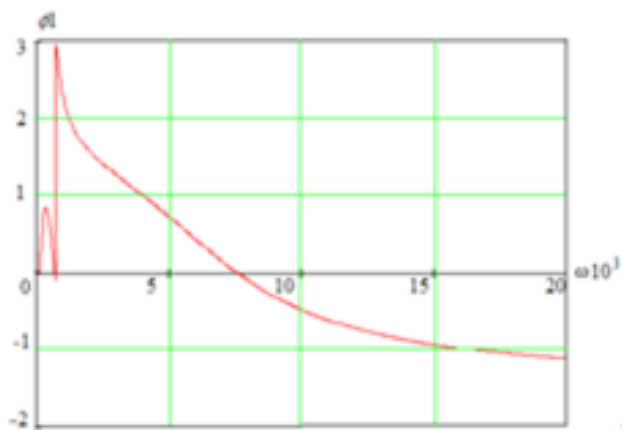


Рисунок 1.3 – Фазова-частотна характеристика зміни зазору

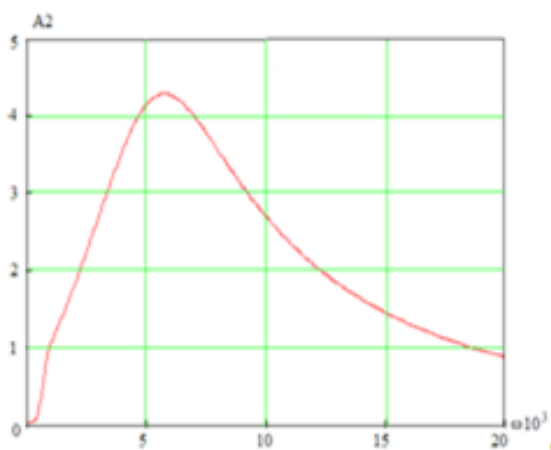


Рисунок 1.4 – Амплітудно-частотна характеристика зміни тиску



Рисунок 1.5 – Фазова-частотна характеристика зміни тиску.

Структурна схема гідроп’яти і стійкість системи.

Під стійкістю системи розуміють її здатність приймати стаціонарний вид, відповідний даному навантаженню, при зникненні змінних в часі зовнішніх збурень. Стійкість системи є необхідною умовою її працездатності. Для визначення стійкості системи необхідно розглянути її структурну схему і записати характеристичне рівняння.

Структурна схема гідроп’яти, як системи автоматичного регулювання, наведена на рисунку 1.6

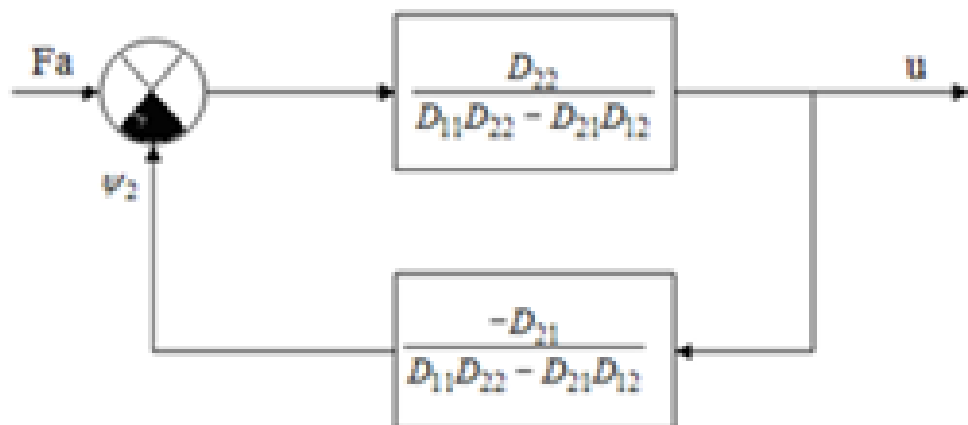


Рисунок 1.6 – Структурна схема гідроп’яти

Запишемо характеристичне рівняння системи. Формально, це власни оператор, прирівняний нулю.

$$D_{11}D_{22}D_{33} + D_{11}D_{22} - D_{21}D_{12} = 0$$

Згрупувавши члени по p , маємо поліном третього порядку:

$$a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0$$

Визначник Гурвіца тут записується так:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}$$

Стійкість системи буде дотримуватися якщо:

Висновки. Постановка завдань дослідження.

У нашій роботі в якості об'єкта дослідження представлено насосний агрегат типу НМВ 800-400, в якому САУ повинна забезпечувати:

- управління агрегатом з РСУ в автоматичному режимі і режимі роздільного управління електромеханізмами;
- контроль технологічних параметрів. Основна приведена похибка вимірювання щодо температури і тиску не повинна бути більше 1,0%, щодо вібрації – 5%, рівню і осьовому зміщенню – 2%.
- блокування пуску (дозвіл на пуск) агрегату;
- захисне відключення агрегату;
- попереджувальну і аварійну сигналізацію із збереженням інформації про несправності;
- світлову сигналізацію стану механізмів;
- управління агрегатом з місцевої панелі управління, у тому числі:
- насосний агрегат (включити-відключити);

- насосний агрегат (аварійна зупинка);
- засувку на виході з насоса (відкрити-стоп-закрити);
- світлову індикацію на місцевій панелі управління, у тому числі:
- насосний агрегат «агрегат в роботі»;
- насосний агрегат «агрегат готовий до пуску»;
- вихідна засувка («відкрита», «закрита», «у проміжному положенні»);
- запропонувати функціональну схему автоматизації технологічного процесу відведення стоків на комунальній каналізаційній станції;
- розробити принципи вибору технічних засобів автоматизації;
- розробити систему автоматичного регулювання рівня стоків в накопичувальному резервуарі;
- розробити систему керування механізмом розмішувача;
- розробити систему моніторингу та диспетчеризації процесу функціонування каналізаційної станції;
- провести аналіз ефективності функціонування системи автоматизації.
(методом математичного (імітаційного) моделювання).

РОЗДІЛ 2

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ ТИПУ НМВ 800-400

2.1 Основні цілі створення АСУ ТП

Основними цілями створення АСУ ТП є:

- забезпечення транспортування нафти із заданою продуктивністю при мінімальних експлуатаційних витратах;
- підвищення надійності роботи нафтопровідного транспорту і запобігання аварійних ситуацій;
- скорочення втрат нафти при транспортуванні та зберіганні;
- забезпечення якості поданих нафтопродуктів;
- здійснення оперативного обліку матеріальних та енергетичних ресурсів і витрат;
- скорочення (до мінімуму) часу і обсягу обслуговування і ремонту нафтопроводу.

Розроблена в даному проєкті автоматизація насосного агрегату призначена для оптимальної подачі нафти на основний магістральний насос і подальшого її транспортування.

На основі розглянутих особливостей функціонування насосного агрегату НМВ 800-400 можна сформулювати основні вимоги до автоматизації:

- контроль температури підшипників двигуна та насоса;
- контроль температури охолоджувальної рідини;
- контроль температури корпусу двигуна;
- контроль температури навколишнього середовища;
- регулювання подачі охолоджувальної рідини в бачки охолодження;
- регулювання подачі нафти на виході з насосу;
- контроль тиску на вході в насос;

- контроль тиску охолоджувальної рідини в бачках;
- контроль вібрації горизонтальної та вертикальної насоса та двигуна;
- контроль обертів валу насоса та двигуна;
- контроль загазованості у вибухонебезпечній зоні.

Для уникнення аварії, до якої може призвести перегрів підшипників двигуна та насоса системи автоматизації, система автоматизації передбачає контроль температури цих параметрів. Датчики – інтелектуальні перетворювачі температури YTA310 (поз.1а,5а,6а,9а). Із них уніфікований сигнал 4-20 мА поступає до вхідного модуля TSX AEY 1600 контролера, який зв'язаний з ЕОМ, для програмної обробки.

Контроль температури обмотки двигуна в камері розвантаження заторного середовища в СОЖ1...СОЖ4 та навколишнього середовища відбувається за допомогою інтелектуальних перетворювачів температури YTA310 (поз.2а...4а,7а,8а,10а...14а), з яких уніфікований сигнал 4-20 мА надходить до вхідного модуля TSX AEY 1600 контролера, який зв'язаний з ЕОМ, для програмної обробки.

Управління напором на виході з насоса теж повинен бути не більше 4,4 МПа, допустиме відхилення щодо тиску – від +3% до мінус 2% від номінального значення. Зниження тиску після виробітки середнього ресурсу до капітального ремонту с заліком використання запасних частин – не більше 3%.

Регулювання подачі нафти на виході з насоса відбувається таким чином. У трубопроводі нафти на виході з насоса міряється тиск за допомогою датчика надлишкового тиску EJX 430А (поз.16а), він перетворює сигнал тиску в уніфікований сигнал 4...20 мА, який надходить до вхідного модуля TSX AEY 1600 контролера, де обробляється програмою, після цього із вихідного модуля TSX ASY 800 на регулюючий клапан фірми SAMSON із вбудованим електропневмоперетворювачем типу 241-7 (поз.16б,в), який змінює витрату некондиційної нафти у трубопроводі.

Контроль тиску заторного середовища в збірниках охолоджуючої рідини СОЖ1...СОЖ4 і тиску в камері розвантаження відбувається за допомогою датчиків надлишкового тиску EJX 430A (поз.17а...20а, 29а), він перетворює сигнал тиску в уніфікований сигнал 4...20 мА, який надходить до вхідного модуля TSX AEY 1600 контролера, який зв'язаний з ЕОМ оператора, де обробляються програмою та архівується.

При недостатній подачі охолоджувальної рідини на підшипники вони перегріються і вийдуть з ладу, що спричинить аварійну зупинку насосного агрегату і подальший його ремонт, пов'язаний із заміною підшипників, які є дороговартісними. Тому схемою автоматизації передбачено контур регулювання рівня в СОЖ1...СОЖ4. Радарний рівнемір з рупорною антеною OPTIWA-VE 7300 С встановлено на кожному бачку (поз.21а...24а), уніфікований сигнал з якого надходить до вхідного модуля TSX AEY 1600 контролера, після перетворення в цифровий сигнал МПК програмно реалізує ПІ-регулятор і видає сигнал на вихідний модуль TSX ASY800, із нього управляючий сигнал регулює клапан, розташований на трубопроводі охолоджуючої рідини до СОЖ1...СОЖ4 (поз. 21б,в...24б,в).

За нормами проектування в нафтопереробній промисловості на кожному збірнику для сигналізації переливу встановлюється ще один датчик рівня. У нашій схемі автоматизації OPTIWA-VE 7300 С (поз.25а...28а) з нього сигнал надходить до вхідного модуля TSX AEY 1600, далі обробляється програмою. Також на щиті в операторській встановлено прилади для сигналізації верхнього та нижнього аварійних рівнів – перетворювачі вимірювальні МТМ-402-ИТ-С (поз.25б...28б).

Акселеномір METRIX SA6200 (поз. 30а...32а, 34а...36а) разом з перетворювачем METRIX-5535 (позиція 30б...32б, 34б...36б) забезпечують ідеальне рішення для виміру віброзміщень й передачі сигналу 4-20мА безпосередньо на вхідний модуль контролера TSX AEY 1600 і TSX AEY 800. По каналу зв'язку комп'ютер отримує дані про стан віброзміщення підшипників насоса і двигуна, обробляє їх і виводить мнемосхему на монітор

у вигляді аналогових стовпчиків, що вказують на поточний стан прискорення віброзміщення вертикального та горизонтального напрямків в міліметрах за секунду.

Контроль обертів двигуна вимірюється комплектом тахометра-частотоміра Веха-Т (поз.33а,б), вторинний прилад якого розташовується на щиті, сигнал 4...20 мА надходить на вхідний модуль контролера TSX AEY 800.

Загазованість у приміщенні котельної вимірюється термокatalітичним датчиком для контролю загазованості газів Drager PEX 3000 тип XTR 0000 (поз.37а, 38а). Уніфікований 4-20 мА надходить на вхідний аналоговий модуль контролера TSX AEY 800 контролера, який зв'язаний з ЕОМ оператора, де обробляється програмою та архівується.

Живлення приладів автоматизації здійснюється за допомогою блоків живлення Метран-608 (поз.42... 45).

Системою автоматизації передбачено управління роботою насосів за допомогою двигунів М1,М2. Вмикання двигунів можна здійснювати як в ручному режимі (на місці), так і в автоматичному (з дисплейної мнемосхеми) режимі. З дисплейної мнемосхеми можна працювати також в ручному дистанційному режимі. Для попередження обслуговуючого персоналу про роботу насосів передбачено виробничу сигналізацію.

Пуск двигуна забезпечується через частотний перетворювач Altivar (позиція 39) синхронного електродвигуна. Із клавіатури комп'ютера диспетчерського пункту вводиться пароль змінного диспетчера і вибирається закладка «Автоматичний пуск» для вибраного агрегату, потім натискається «ОК» для підтвердження введення. При правильному зборі передпускових умов починається автоматичний пуск, що відображається жовтим кольором на мнемосхемі монітора комп'ютера у верхній лівій частині як «АП». За заданим алгоритмом синхронний електродвигун виходить на встановлений режим обертів.

Розроблено функціональну схему (Додаток А (Схема автоматизації)) і визначено точки автоматичного контролю, управління і регулювання технологічного процесу, а також точки оснащення об'єкта управління приладами і засобами автоматизації.

Підключення датчиків та механізмів управління до контролера показано в Додатку А (Принципова схема регулювання та управління).

2.2 Алгоритм управління роботи насосного агрегату НМВ 800-400.

Підготовка агрегату до пуску повинна здійснюватися відповідно до посібників з експлуатації агрегату і двигуна, де вказано обсяг і послідовність виконання операцій обслуговуючим персоналом.

Перед пуском агрегату мають бути виконані наступні умови:

- Засувка на виході з насоса закрыта. Робота насоса на повністю закрыту засувку допускається не більше 2 хв. Можливий пуск насоса на відкриту 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 здійснюється при цьому за зворотним клапаном.

- Засувка на вході в насос відкрита.

- Рівень замикаючого середовища в посудинах-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: Р_{вх.} < 250 кПа (+2,5 кгс/см²), але не менше значення, що забезпечує безкавітаційну роботу насоса (-0,5 кгс/см²).

Температура продукту, що перекачується на вході в насос, 5-31,2°C (визначається загальностанційним виміром).

- Температура підшипників насоса і двигуна $> 15^{\circ}\text{C}$ і $< 70^{\circ}\text{C}$;
- Встановлення огорожі над сполучною муфтою.

Режими пуску агрегату.

Автоматичний режим пуску з РСУ.

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

Після подачі команди «Пуск» перевіряється наявність пускових параметрів агрегату, включається приводний двигун агрегату.

Після досягнення тиску на виході насоса, відповідного нульовій подачі ($P_{\text{вх}} + 34,2 \text{ кгс/см}^2$), подається команда на відкриття напірної засувки.

На час пуску, зупинки агрегату (час відкриття (закриття) засувки на виході з насоса) виводяться з дії захисти з вібрації і падіння тиску на виході насоса.

Під час пуску здійснюється контроль виконання команд:

- на включення високовольтного вимикача (якщо після подачі команди на включення високовольтний вимикач не включили протягом 3 с.);
- на відкриття засувки на виході з насоса (якщо засувка протягом 3 с. не почала відкриватися – кінцевий вимикач засувки положення «закрито» не розірвався);
- на повне відкриття засувки на виході з насоса (якщо засувка на протязі 2 хв. не відчинилася – кінцевий вимикач засувки положення «відкрито» не замкнувся).

При пуску насоса на відкриту напірну засувку контроль протитиску виконується за приладом, встановленим за зворотним клапаном (загальностанційне вимірювання).

При невідповідності одного з пускових параметрів вимогам запуск насоса зупиняється з подачею сигналу про невідповідність (наприклад: «Тиск на вході високий»).

Кнопковий режим пуску з РСУ управління електромеханізмами виконується роздільно оператором з РСУ.

За наявності пускових параметрів включити приводний двигун насоса. Після досягнення тиску на виході насоса, відповідного нульовій подачі, відкрити напірну засувку.

В іншому випадку алгоритм пуску аналогічний автоматичному режиму пуску. Кнопковий режим пуску з місцевої панелі управління, перемикач на місцевій панелі управління встановлюються в положення «Управління за місцем».

Управління проводиться кнопками з місцевої контрольної панелі.

При появі сигналу «Агрегат готовий до пуску» (наявності пускових параметрів) включити приводний двигун насоса.

В іншому випадку 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.

Зупинка агрегату може здійснюватися такими способами:

- оператором;
- автоматично (технологічними захистами і електричними захистами двигуна);
- аварійною кнопкою, встановленою в агрегаті.

При відключенні оператором повинна закритися засувка на виході з насоса, відключитися двигун, а при відключенні захистами або аварійною кнопкою відключається двигун, закривається засувка на виході з насоса.

Під час зупинки здійснюється контроль виконання команди на закриття засувки на виході з насоса. Якщо засувка не закрилася (кінцевий вимикач не розірвали), протягом часу її закриття +5 с. подається сигнал «Невиконання

команди на зупинення». Повторний пуск насосного агрегату можливий при відключенні захистами тільки після усунення причин відключення.

2.3 Специфікації комплексу технічних засобів

№ з/п	Номер позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця виміру	Кількість	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1	1а-14а	Інтелектуальний перетворювач температури НСХ JPt100. Діапазон вимірювань 200...500°С. Вихідний сигнал 4...20мА. Вмонтований цифровий індикатор.	УТА310	шт.	14	«ЙОКОГА ВА ЕЛЕКТРИК»
2	15а-20а	Датчик тиску-розрідження. Основна приведена похибка $\pm 0,075\%$. Діапазон вимірювань -1...160 кгс/см ² . ЖКІ дисплей. Вихідний сигнал 4...20/HART.	EJX 430A	шт.	6	«ЙОКОГА ВА ЕЛЕКТРИК»
3	166, 216-246	Пневмопривід Вхідний сигнал 4-20мА.	тип. 3277	шт.	5	SAMSON
4	16в, 21в-24в	Регулюючий клапан Ду50мм. Ру 10	Тип 241-7	шт.	5	SAMSON
5	21а-28а	Рівнемір радарний з рупорної стандартної антеною. DN 80, PN 40. Матеріал антени хімічне нікелювання з фторопластовим покриттям PFA. Фланець по EN 1092-1 тип В1. Вихідний сигнал 4 ... 20мА. Ступінь захисту IP67..	OPTIWA-VE 7300 C	шт.	8	KROHNE
6	256-286	Перетворювач вимірювальний Вхідний сигнал 4... 20мА. Вихідний сигнал «с.к.»	МТМ-402-ІТ-С	шт.	4	м.Северодонецьк НВП«Мікротерм»
7	30а, 31а,34-36а	Датчик абсолютної вібрації, акселеномір	Metrix SA6200	шт	5	ООО «Котрис»

1	2	3	4	5	6	7
8	306, 316, 34-366	Двопровідний перетворювач проксиметрів. Вихідний сигнал 4...20 мА.	Metrix 5535	шт	5	ООО «Котрис»
9	33а	Датчик тахометра РNP структури		шт	1	«Термонік а»
10	33б	Тахометр-частотомір реверсивний Діапазон вимірювань 0,1...200000 об./сек.. Вихідний сигнал 4-20 мА.	Вежа-Т	шт.	1	«Термонік а»
11	37а,38а	Загазованість 20% НКПР. Термокаталітичний датчик для контролю концентрації. вибухобезпечних газів. Діапазон вимірювання 0...100 % НКПР. Температура навколишнього середовища -40...+65°С. Живлення 12...30В. Вихідний сигнал 4...20мА.	Drager PEX 3000 тип ХTR 0000	шт.	2	Draeger ООО ИЭЦ «Діагност ика»
12	40	Датчик-реле напору. Межа виміру -0,1...10 МПа. Основна приведена похибка не більше 1%	ДНТ-1	шт.	1	АТ «Промприлад»
13	41	Манометр показуючий із радіальним штуцером. Верхня межа виміру 100 кгс/см ² . Клас точності 1,5	МП4-У- 100 кгс/см ²	шт.	1	«Маното»
14	42-45	Блок живлення. Кількість каналів-8	Метран- 608	шт.	4	ПГ «Метран»

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір та обґрунтування структури системи управління та комплексу технічних засобів



Рисунок 3.1 – Пневматичний сервопривід тип 3277
під інтегровані позиціонери

Застосування: Привід простої дії для виконавчих механізмів, таких як регулюючі клапани конструкцій 240, 250, 280 і регулюючі заслінки.

Ефективна поверхня мембран: від 120 до 700 см².

Номінальний хід: від 7,5 до 30 мм.

Пневматичні сервоприводи тип 3277 є мембранними приводами з тарільчатою мембраною і вбудованими ексцентричними пружинами.

Нижній мембранний диск жорстко з'єднаний з рамою, яка служить для розміщення пневматичного або електропневматичного позиціонера.

Таке безпосереднє приєднання дає наступні переваги:

- механічно жорстке і точне приєднання, що виключає розрегулювання при транспортуванні;
- передача ходу, захищена від стикання і зовнішніх впливів, відповідно до вимог UVV (VBG 5);
- просте пневматичне з'єднання між приводом і позиціонером.

Інші переваги цих пневматичних сервоприводів:

- невелика конструктивна висота, висока швидкодія, різні діапазони тиску керуючого імпульсу;
- реверсування напрямку дії і зміна діапазону тиску виконавчого імпульсу можливі без спеціального інструменту. [6]



Рисунок 3.2 – Датчик надлишкового тиску EJX430A

Датчик надлишкового тиску EJX430A призначений для вимірювання надлишкового тиску різних середовищ: рідини, газу і пари.

Основні характеристики датчика надлишкового тиску EJX430A:

- похибка вимірювань $\pm 0,04\%$ від шкали;

- межі виміру

Капсула Діапазон вимірювання, МПа Діапазон перенастроювання шкали, МПа

Н -100 ... 500 кПа 0-2,5 ... 0-500

А -0,1 ... 3,5 0-0,0157 ... 0-3,5

В -0,1 ... 16 0-0,08 ... 0-16

Допускається повне зміщення нуля вниз (придушення нуля) або вгору (підняття нуля) в межах діапазону вимірювання капсули.

Максимальний робочий тиск

капсула Н: 500 кПа

капсула А: 3,5 МПа

капсула В: 16 МПа

Вихідний сигнал

4 ... 20 мА з функцією цифрового зв'язку по BRAIN або HART протоколу, Foundation Fieldbus.

Реле сигналізації (опційно)

Вихідний сигнал програмно може бути заданий лінійним, v або довільно сегментно лінеаризований.

Час відгуку 90 м/сек

Температура процесу -40 ... 120 °С

Температура навколишнього середовища

-51 °С (без індикатора)

-30 ... 80 °С (з індикатором)

Живлення 10,5 ... 42 В постійного струму

Матеріал, що контактує з середовищем

стандартно: мембрана - Hastelloy C-276

інше – нержавіюча сталь 316L SST

Конструктивне виконання

стандартне: IP67

іскробезпечне: (EExiaIICT5)

вибухонепроникне: (EExdIICT4, T5, T6)

Сертифікат надійності для систем ПАЗ (RWTUV Systems GmbH)

Стандартно: - SIL2, (при використанні 2-х датчиків - SIL3)

Внесений до Держреєстру

Міжповірочний інтервал – 5 років. [7]

Рівнемір радарний OPTIWAVE 7300 C призначений для вимірювання рівня рідин різної агресивності в закритих ємностях з надлишковим тиском або вакуумом.

Рівнемір застосовується для автоматизації вимірювань рівня в парках ємностей і в особливо складних технологічних процесах, а також застосовується в системах комерційного обліку резервуарних запасів готової продукції і в складі систем протиаварійного захисту для збереження технологічного обладнання від переповнення і сухого пуску.



Рисунок 3.3 – Рівнемір радарний OPTIWAVE 7300 C

Рівнемір складається з антени і змонтованого на ній вторинного приладу з дисплеєм на рідких кристалах.

Рівнемір розташовується вгорі ємності, рівень рідини в якій необхідно виміряти.

Антенa генерує мікрохвильове випромінювання, спрямоване до поверхні рідини. Мікрохвильове випромінювання йде вниз у напрямку до поверхні рідини, від якої потім відбивається і вловлюється антеною.

Відбите випромінювання приходить в антену зсунутим по фазі по відношенню до переданого випромінювання, на величину залежно від відстані від антени до поверхні рідини.

Рівнемір визначає рівень рідини через порівняння кутів фази і кута фази переданого випромінювання.

Рівнемір OPTIWAVE 7300 C може застосовуватися в системах комерційного обліку резервуарних запасів готової продукції і в складі систем протиаварійного захисту (ПАЗ) для збереження технологічного обладнання від переповнення і сухого пуску.

Основні технічні характеристики:

Діапазон вимірювання, м 0,5-40

Межі абсолютної похибки, мм, ± 3

Діелектрична проникність, $s > 1,8$

Надлишковий тиск, кгс/см² від 1 до 40

Температура навколишнього повітря, °C від -40 до 80

Температура на фланці, °C від -40 до 150

Вид захисту IP 66/67

Напруга живлення постійного струму, В 24

Вихідний сигнал, аналоговий, мА 4-20

Захист від переповнення WGH

Габаритні розміри корпусу, мм, не більше 180x182x159

Маса, кг, не більше 8,0 6,0

фланцеве виконання

різьбове виконання [8]

МТМ 402 призначені для перетворення сигналів стандартних термоелектричних перетворювачів (ТП), термоперетворювачів опору (ТС), сигналів постійного струму й напруги в уніфікований сигнал постійного струму: 0-5 мА; 0-20 мА; 4-20 мА.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд перетворювача МТМ 402

Основні функції приладу:

- Цифрова індикація вимірюваного параметра.
- Індикація значень уставок, що задаються .
- Сигналізація при досягненні вимірюваним параметром уставок верхнього і (або) нижнього рівнів (позиційне регулювання). Вихід – «сухий контакт».
- Гальванічний поділ входних і вихідних ланцюгів.
- Автоматична компенсація «вільних кінців» ТП.
- Блокування помилкових спрацьовувань уставок при перебоях живлення й обриві ланцюгів ТП.ТС.
- Сигналізація обриву ланцюгів ТП, ТС.

- Іскробезпечні вхідні ланцюги з маркуванням вибухозахисту «ExiallC».
- Датчики, що підключаються: ТХК, ТХА, ТПП, ТПР, ТВР, ТЖК, ТМК, ТСП (50П, 100П), ТСМ(50М, 100М),ТНН.
- Вхідні сигнали 0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА, 0-100мВ.

Формувачі сигналу моделі Metrix 5535 призначені для перетворення параметрів вібрації машин, механізмів та їх складових частин, а саме - віброприскорення (максимального або середньоквадратичного значення) або віброшвидкості (максимального або середньоквадратичного значення) в пропорційні електричні сигнали.

Конструктивне виконання

Формувачі сигналу отримують сигнал від віддалених датчиків і перетворюють його у вихідний струм 4 ... 20 мА, пропорційний вимірюваній величині віброшвидкості або віброприскорення. Застосовується детектор істинного СКЗ, при цьому калібрування може бути в пікових значеннях або СКЗ. Перетворювачі дозволяють виконувати вимірювання істинного СКЗ відповідно до ISO 2954.

Зелений світлодіод на корпусі сигналізує про підключення датчика. У разі відмови датчика світлодіод гасне, а вихідний струм падає нижче 4 мА для сигналізації про відмову. Роз'єм BNC дає можливість підключення через буфер віброаналізаторів. В якості опції можливо замовити формувачі сигналу з фільтрами, гальванічною розв'язкою між входом, виходом і живленням, рідкокристалічним дисплеєм.

Модель Metrix 5535 функціонує з датчиками віброприскорення і формує сигнал пропорціональний віброприскоренню або віброшвидкості.

Функції:

- формування вихідного сигналу 4 ... 20 мА? пропорційного рівню вібрацій.

Особливості:

- дозволяють підключити вібродатчики до систем з входом 4 ... 20 мА;

- є можливість установки фільтрів, гальванічної розв'язки і індикатора поточного значення;

- економічна альтернатива моніторам в стоечному виконанні;
- сумісні з більшістю датчиків.

Область застосування.

Формувачі сигналу застосовуються для контролю стану технологічного обладнання в будь-яких галузях промисловості, у тому числі у складі інформаційно-вимірювальних систем контролю стану різноманітного технологічного обладнання:

- редукторів;
- теплообмінників;
- насосів;
- моторів.

Формувачі сигналу моделі Metrix 5535 занесено до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, допущених до застосування в Україні.

Технічні характеристики:

Вхідний сигнал: від 10 до 100 мВ / g.

Забезпечення живлення датчиків: 4 або 10 мА джерело струму з можливістю перемикавання.

Вихід: 4 ... 20 мА пост. струму.

Максимальний опір навантаження: 600 Ом

Діапазон частот: 2 Гц ... 2000 Гц (мм/с); 20 Гц ... 20 кГц (g).

Вихідний широкосмуговий сигнал: через буфер з роз'єму BNC або термінальної колодки.

Фільтри: Додатково низькочастотні і високочастотні фільтри (36дБ/октаву). Фільтри не впливають на вихідний широкосмуговий сигнал.

Індикатор: Тризначний рідкокристалічний дисплей з індикацією в інженерних одиницях.

Заземлення: 500 В схема від землі. Додатково 600 В гальванічна розв'язка між входом, виходом і живленням.

Діапазон температур: -40 ... +66 °С;

Живлення: від 20 до 30 В нерегульоване. Передбачено захист від перенавантаження та короткого замикання.

Маса: 0,5 кг.

Вибухобезпечне виконання: маркування вибухозахисту ExicІІС.

Модель може оснащуватися плоскою підставою або адаптером 35 мм DIN для монтажу на рейку. Полімерний корпус має всередині захисне покриття від електромагнітних полів і випромінювань.

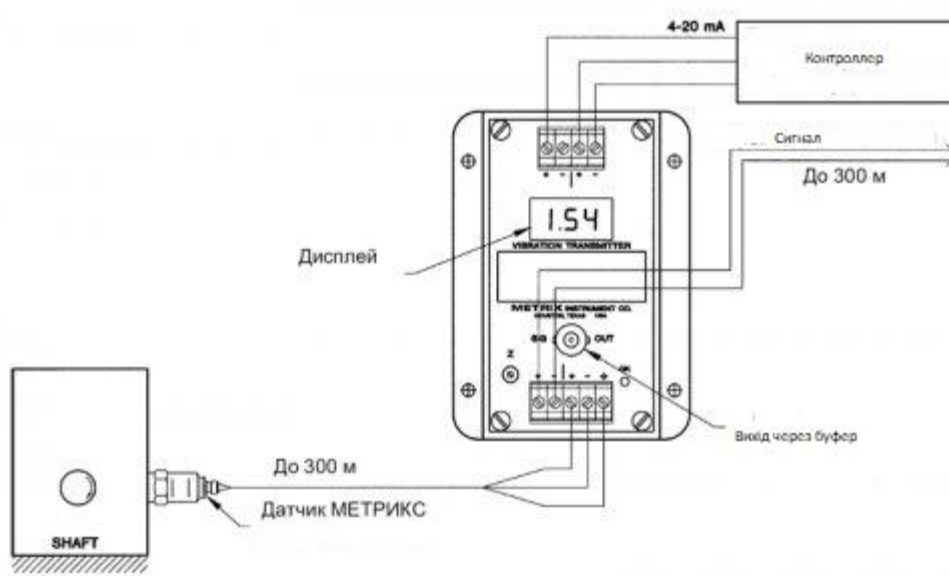


Рисунок 3.5 – Електричне підключення Metrix 5535

Інтелектуальні перетворювачі температури Honeywell сімейства STT3000 відкривають широкі можливості у вимірюванні температури. Це не тільки багатфункціональні і прості в установці прилади, це також прилади, що підтримують самодіагностику в реальному часі і віддалений доступ для налаштування і моніторингу змінної процесу. Перетворювачі температури сімейства STT3000 пропонують широкий діапазон пристроїв і конструктивів, які поділяються на серії STT170, STT250 і STT350, що включають в себе як

традиційні та недорогі рішення для локальних застосувань, так і пристрої, що володіють підвищеними технічними та метрологічними характеристиками, які можуть бути застосовані в складних і нестандартних інженерних додатках. Сімейство STT3000 також включає в себе серії STT820, STT830, STT840, що пропонують збірки з первинних чутливих елементів різних типів (термопари і термометри опору), перетворювачів температури STT3000 і захисних гільз для фланцевого та різьбового монтажу. Увесь спектр сімейства STT3000 може бути легко інтегрований в існуючу систему управління технологічним процесом, використовуючи сучасні методи комунікації (аналогові і цифрові). Серія STT170 пропонує ефективно з точки зору витрат рішення для моніторингу температури. Порівнюючи пряме підключення первинного температурного елемента на відповідний вхід плати контролера, використання перетворювача STT170 дозволяє домогтися більшої точності вимірювання та підвищити якісні показники надійності, при цьому знижуючи витрати на монтаж, налаштування і експлуатацію.

Особливості серії:

- різноманітні варіанти вихідних сигналів: струмова петля 4 ... 20 мА, HART-протокол, Foundation Fieldbus-протокол;
- використання з різними термометрами опору і термопарами, прийом Ом-них і мВ-вих сигналів;
- можливість монтажу на DIN-рейку;
- можливість підключення двох чутливих елементів;
- помилка сенсора відповідно до NAMUR NE43;
- конфігурування за допомогою STT17C або ПК, а також налаштування за допомогою HART-комунікатора (для STT17H).

Серія STT250 пропонує сучасне конкурентне рішення в компактному модулі з широким спектром вихідних сигналів. Вона підтримує широкий асортимент первинних чутливих елементів різних типів. При роботі з термометрами опорів передбачена компенсація виходу, а при роботі з термопарами – компенсація холодного спаю.

Особливості серії:

- різноманітні варіанти вихідних сигналів: струмова петля 4 ... 20 мА, HART-протокол, цифровий DE-протокол;
- прямий монтаж перетворювача в корпусі з різних матеріалів, монтаж на стіні, трубі або DIN рейці;
- сумісний з 2-х, 3-х і 4-х провідної схемою підключення термометра опору;
- самодіагностика перетворювача;
- застосування аналогових і цифрових індикаторів;
- резервування чутливого елемента (STT25T);
- різні варіанти конфігурування.

Серія STT350 сконструйована для складних контурів управління. Віддалене налаштування і діагностика, дельта температури, резервування сенсора – все це є стандартом цієї серії. За допомогою комунікатора SFC є можливість перемикання вихідного сигналу 4 ... 20 мА в цифровий формат DE.

Особливості серії:

- широкий асортимент первинних чутливих елементів;
- компенсація холодного спаю дозволяє здійснювати точні вимірювання в широкому діапазоні температур;
- проста інтеграція в існуючу систему управління Honeywell;
- широкий спектр «інтелектуальних» функцій: читання граничних значень температур входів, зовнішня компенсація холодного спаю, відображення різних інженерних одиниць С, F, К, R;
- безліч варіантів монтажу під будь-яке застосування.



Рисунок 3.6 – Інтелектуальний перетворювач температури Honeywell сімейства STT3000

Прилад Веха-Т призначено для створення систем автоматичного управління технологічними процесами та систем збору даних (SCADA). Він є універсальним тахометром-частотоміром з функцією визначення напрямку обертання, вимірником інтервалів часу і лічильником часу напрацювання. Прилад випускається в різних модифікаціях, тому при замовленні необхідно точно вказувати необхідну комплектацію.

Прилад містить:

- універсальний рахунковий вхід із вбудованим джерелом живлення активних датчиків +24 В або +5 В;
- ізольований канал ЦАП (опція);
- 2 дискретних виходи з індивідуальним завданням уставок та замовною логікою роботи;
- інтерфейс RS-485 (опція);
- зовнішній вхід «ПУСК» з програмованою логікою роботи;
- чотирирозрядний основний світлодіодний індикатор;

- однорозрядний допоміжний світлодіодний індикатор, який використовується для відображення назви програмованого параметра і напряму обертання;

- світлодіоди стану дискретних виходів (k_1 , k_2);

- світлодіод ($\times 10$), що розширює діапазон відображення;

- світлодіоди формату індикації (1/сек, 1/хв, 1/год).

Є можливість програмного регулювання яскравості світіння індикаторів і світлодіодів;

- лічильник часу напрацювання.

Універсальний рахунковий вхід приладу забезпечує можливість підключення будь-яких типів сучасних електронних і механічних датчиків: датчики NPN структури, датчики PNP структури, датчики з TTL виходом, механічні датчики типу «сухий контакт».

Прилад забезпечує високу точність вимірювань у великому діапазоні швидкостей.

Задається користувачем формат відображення швидкості або інтервалів часу (1/сек.; 1/хв.; 1/год), забезпечує легкість сприйняття інформації, одночасно здійснюючи спадкоємність з типовим обладнанням, традиційно застосовується в даній галузі.

У приладі реалізовано алгоритм вимірювання швидкості та інтервалів часу, що забезпечує хорошу стійкість і високу частоту оновлення інформації, що відображається.

Прилад обладнано вбудованим джерелом постійної напруги, що спрощує завдання сполучення електронних датчиків з приладом.

Задається значення максимальної вхідної частоти, що забезпечує фільтрацію перешкод у вимірювальному каналі, а також дозволяє підключати механічні датчики типу «сухий контакт» безпосередньо до приладу, не потребуючи вирішення проблем, пов'язаних з придушенням брязкоту контактів.

Задається час очікування, який дозволяє обмежити мінімальне значення вимірюваної частоти. Тобто відсутність сигналу в зазначений інтервал часу буде прийматися за нуль швидкості.

Відсутність в приладі гальванічних зв'язків між первинною мережею і рахунковим входом (у модифікації AC220), а також каналом ЦАП і інтерфейсом RS-485 забезпечує надійну і безпечну експлуатацію приладу навіть при використанні неізольованих первинних датчиків.

Функція множника дозволяє задавати коефіцієнт перерахунку швидкості (число від 0,001 до 99990) в будь-яку фізичну величину. Наприклад, можливо отримати значення лінійної швидкості транспортера, дізнатися число продукції за одиницю часу, отримати кількість витрати рідини або обчислити швидкість обертання первинного валу за коефіцієнтом передачі редуктора.

Функція лічильника часу напрацювання дозволяє контролювати час напрацювання об'єкта контролю швидкості. Ізольований канал ЦАП з вихідним сигналом струму або напруги забезпечує можливість його використання не тільки для передачі інформації приладів, але і для управління виконавчими механізмами за пропорційним законом регулювання (управління електроприводом, засувкою або клапаном).

Цифровий інтерфейс RS-485 та відповідне програмне забезпечення з боку приладу і керуючої ЕОМ забезпечує можливість побудови мережі диспетчерського управління та збору даних, що працює за протоколом MODBUS-RTU (SCADA система). Є можливість змінювати налаштування приладу безпосередньо з ЕОМ верхнього рівня, через що надається безкоштовно OPC сервер.

Незалежно програмована логіка роботи дискретних виходів забезпечує управління за законом прямої або зворотної логіки з гістерезисом, сигналізацію знаходження вимірюваної величини в заданій зоні або за її межами, а також індикацію реверсу швидкості.

Установлюваний час на розгін запобігає помилковому спрацьовуванню реле при пуску механізму під час набору швидкості, забезпечує пуск електродвигуна при зниженій напрузі для обмеження пускових струмів, своєчасно переключивши його схему живлення із «зірки» на «трикутник».

Дискретний вхід «ПУСК» дозволяє дистанційно керувати запуском і зупиненням процесу регулювання. Логіка входу «ПУСК» задається користувачем.

Гнучка система розмежування прав доступу запобігає можливості незарядженої зміни уставок і налаштувань приладу.

Технічні характеристики

Засоби відображення інформації

Поточне значення швидкості відображається на світлодіодному індикаторі в одиницях вимірюваної величини. Напрямок обертання відображається на додатковому індикаторі у вигляді анімації.

Яскраве свічення і великий розмір цифр забезпечують гарне сприйняття інформації з відстані до 5 метрів. Регульована яскравість світіння індикації забезпечить комфортне сприйняття інформації при будь-якому рівні освітленості.

Миготіння індикатора в заданих користувачем небажаних або небезпечних діапазонах швидкостей забезпечує своєчасне інформування і попередження аварійних ситуацій.

Рахунковий вхід

Рахунковий вхід приладу є універсальним, має гальванічну розв'язку від живильної мережі (в модифікації АС220), каналу ЦАП і інтерфейсу RS-485 і може конфігуруватися для підключення різноманітних електронних і механічних датчиків.

Джерело живлення активних датчиків

Прилад обладнується джерелом постійної напруги:

24В x 60мА (модифікації ОК);

5В x 50мА (модифікації TTL).

Дискретні виходи

Прилад в базовій версії містить 2 виконавчих силових реле типу «сухий контакт» ($\sim 250\text{В}$, 10А при $\cos(\Phi) = 1$) з можливістю індивідуального завдання уставок та замовною логікою роботи. Замість реле передбачено установку оптотранзисторного ключа з відкритим колектором ($= 50\text{В}$, 50мА), або оптосімистори з функцією визначення переходу фази мережевої напруги через нуль ($\sim 220\text{В}$, 1А).

Програмована логіка роботи дискретних виходів забезпечує можливість незалежного управління ними за законом прямої та зворотної логіки з гістерезисом, сигналізацію знаходження вимірюваної величини в заданій зоні або за її межами, а також індикацію реверсу.

Висока точність формування вихідного сигналу струму досягається за рахунок використання цифроаналогового перетворювача (ЦАП) розрядністю 14 біт (більше 16000 дискрет на діапазоні (0-20) мА).

Цифровий інтерфейс RS-485 забезпечує з'єднання приладу або мережі приладів з керуючою ЕОМ або приладів один з одним. Є можливість дублювання показань з одного тахометра на підключених до нього по мережі приладах, які не мають власних первинних датчиків.

Фізично інтерфейс RS-485 є диференціальним, забезпечує багатоточкові з'єднання і дозволяє передавати і приймати дані в обох напрямках.

Мережа, побудована на базі інтерфейсу RS-485, являє собою приймачі, з'єднані за допомогою крученої пари - двох скручених проводів.

В основі інтерфейсу RS-485 лежить принцип диференціальної передачі сигналу. Суть його полягає в передачі одного сигналу по двох проводах. Причому по одному проводу (умовно А (-)) йде оригінальний сигнал, а по іншому (умовно В (+)) – його інверсна копія. Таким чином, між двома проводами крученої пари завжди є різниця потенціалів. Саме цією різницею потенціалів і передається сигнал. Такий спосіб передачі забезпечує високу стійкість до синфазної завади. Максимальна швидкість зв'язку приладу по

інтерфейсу RS-485 може досягати десятків Мбод. Максимальна відстань – 1200 метрів. Якщо необхідно організувати зв'язок на відстані більше ніж 1200 метрів або підключити більше пристроїв, ніж допускає навантажувальна здатність передавача, застосовують спеціальні повторювачі.

При значних відстанях між пристроями, зв'язаними по крученій парі, і високих швидкостях передачі починають проявлятися так звані ефекти довгих ліній. Електромагнітний сигнал має властивість відбиватися від відкритих кінців лінії передачі і її відгалужень. Фронт сигналу, що відбився в кінці лінії і повернувся назад, може спотворити поточний або наступний сигнал. У таких випадках потрібно придушувати ефект відбиття. Існує стандартне рішення цієї проблеми. У будь-якої лінії зв'язку є такий параметр, як хвильовий опір Z_w . Він залежить від характеристик використовуваного кабелю і не залежить від його довжини. Для зазвичай вживаних у лініях зв'язку кручених пар хвильовий опір становить $Z_w = 120$ Ом. Якщо на віддаленому кінці лінії, між провідниками крученої пари включити резистор з номінальним провідникові рівним хвильовому опорю лінії, то електромагнітна хвиля, що дійшла до «глухого кута», поглинається на такому резисторі. Звідси його назва – узгоджувальний резистор або «термінатор».

Для коротких ліній (кілька десятків метрів) і низьких швидкостей (менше 38400 бод) погодження можна взагалі не робити.

Ефект відображення і необхідність правильного узгодження накладають обмеження на конфігурацію лінії зв'язку. Лінія зв'язку повинна являти собою один кабель витої пари. До цього кабелю приєднуються всі приймачі і передавачі. Відстань від лінії до мікросхем інтерфейсу RS-485 має бути якомога коротшою, так як довгі відгалуження вносять неузгодженість і викликають відображення. В обидва найбільш віддалених кінці кабелю включають відповідні узгоджувальні резистори R_t по 120 Ом (0.25 Вт).

Логічно, що в мережі RS-485 обмін даними реалізовано за допомогою протоколу Modbus-RTU, що де-факто є стандартом в мережах

диспетчерського управління та збору даних (SCADA системах). Протокол Modbus забезпечує адресацію до 246 приладів.

При необхідності більш докладної інформації, що стосується реалізованих в приладі функцій протоколу Modbus, слід звертатися до виробника приладу.

Дискретний вхід «Пуск»

Прилад обладнано дискретним входом «Пуск», що забезпечує можливість підключення виносного тумблера, розташованого на щиті управління. Логіка дискретного входу задається користувачем.

Схема підключення

Схема підключення до основної клемної колодки приладу представлена на рисунку 3.7 (б). Прилади, обладнані інтерфейсом RS-485, підключаються до лінії зв'язку за допомогою додаткового рознімного клемника (рисунок 3.8).

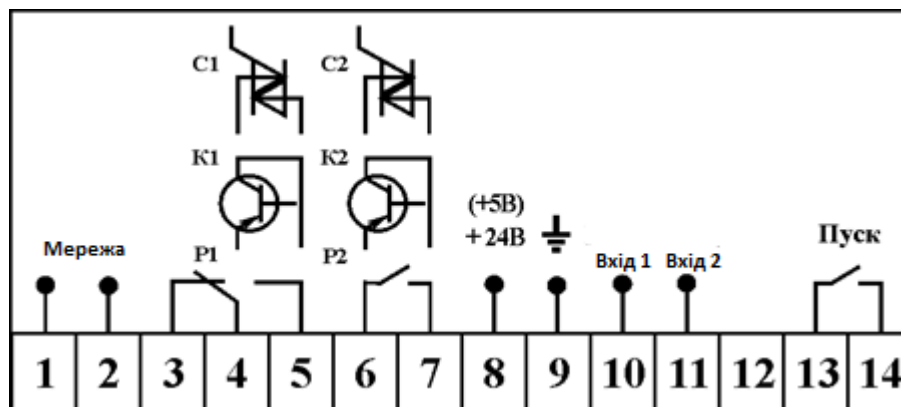


Рисунок 3.7а – Схема основний клемної колодки (прилад в модифікації DC24 або прилад в модифікації AC220 без ЦАП)

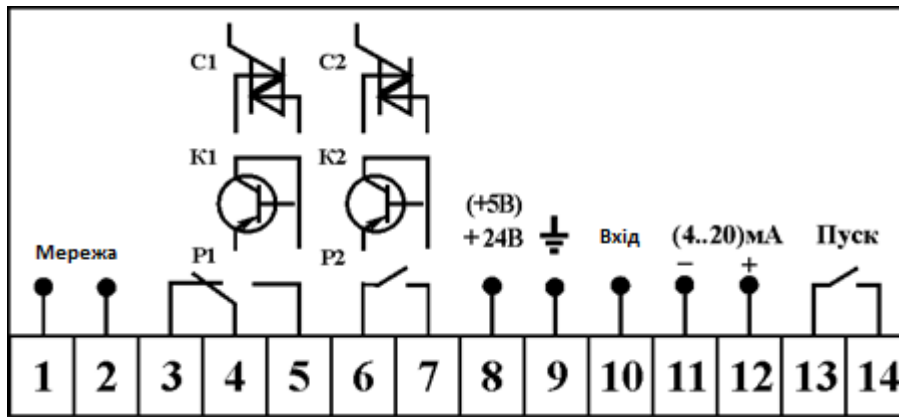


Рисунок 3.76 – Схема основної клемної колодки (прилад в модифікації АС220 з ЦАП)

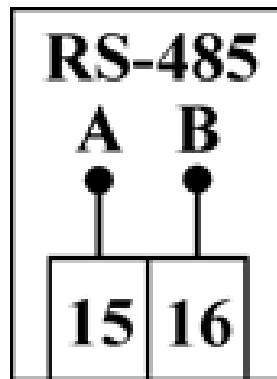


Рисунок 3.8 – Схема підключення інтерфейсу RS-485

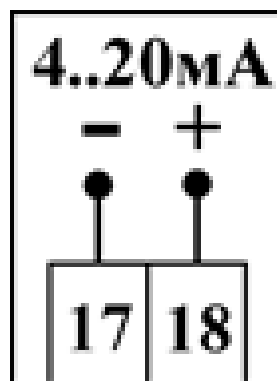


Рисунок 3.9 – Схема підключення ЦАП з вихідним сигналом струму для приладу в модифікації DC24

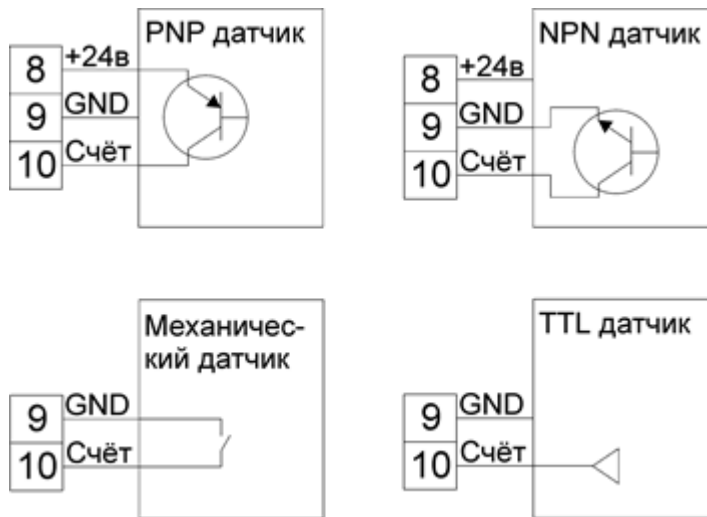


Рисунок 3.10 – Підключення датчиків

При необхідності підключення другого датчика (для визначення напрямку обертання) схема його включення ідентична рисунку 3.10, за винятком клеми 10, яка повинна мати номер 11.



Рисунок 3.11 – Drager PEX 3000

Drager PEX 3000 – економічна і надійна вимірювальна головка з виходом 4-20.html мА для контролю концентрації горючих газів і парів у

навколишньому повітрі. Вимірювальна головка містить вибухобезпечний герметизований перетворювач 4-20.html мА з дисплеєм і кнопками управління, для доступу до яких необхідно відкрити корпус головки (що можливо навіть в зоні 1).

Калібрування виконується одним техніком без додаткового ручного керуючого модуля або цифрового вольтметра. У якості вбудованих сенсорів використовуються випробувані термокatalітичні DragerSensors (100% і 10% НПВ).

Головка Drager PEX 3000 сертифікована для використання в зоні 1.html і зоні 2, а також зонах 21.html і 22.

Drager PEX 3000 поставляється в корпусах двох різних моделей. Також випускається вимірювальна головка, що дозволяє під'єднати виносний сенсор.

Для виявлення дуже низьких концентрацій в діапазоні 0.html - 10% НГЗ призначено головки XTR 0010.html або XTR 0011. Drager PEX 3000.

Уніфікований ряд малогабаритних датчиків тиску і різниці тисків (далі – датчики-реле) призначається для використання в автоматичних і автоматизованих системах контролю, управління та регулювання тисків (надлишкового вакуумметричного), а також різниці тисків.

Залежно від величини контрольованого тиску датчики-реле поділяються на:

1. датчики-реле напору ДН для контролю надлишкового тиску від 4 до 4000 кгс/м² (від 0,04 до 40 кПа);
2. датчики-реле тяги ДП для контролю вакуумметричного тиску (тяги) від 4 до 4000 кгс/м² (від 0,04 до 40 кПа);
3. датчики-реле перепаду напору ДПН для контролю різниці тисків від 10 до 250 кгс/м² (від 0,1 до 2,5 кПа);
4. датчики-реле напору і тяги ДНТ-1 для контролю напору від 0 до 100 кгс/м² (від 0 до 1,0 кПа) і тяги від 0 до 10 кгс/м² (від 0 до 0,1 кПа).

Контрольоване середовище – повітря, газу і рідини, неагресивні для датчиків-реле ДН-2, 5; ДН-6;

ДТ-2, 5; ДПН-2, 5; ДНТ-1 до алюмінієвого сплаву АЛ-9 і маслостійкої гуми.

Датчики-реле призначені для роботи в таких умовах:

температура навколишнього середовища від - 30°C до + 50°C;

відносна вологість 95 + / -3% при температурі 35°C;

вібрація частотою до 25 Гц, амплітуда не більше 0,1 мм.

Технічні характеристики ДНТ-1

Межі уставок, кПа (кгс/м²) 0,1- 0

Тиск перевантаження кПа (кгс/м²) -1,0 (10- 0 -100) 10 (1000) [9]

3.2 Висновки

Вибрані технічні засоби автоматизації відповідають вимогам технологічного процесу. Вони мають відповідні діапазони, клас точності та ступінь захисту. Це сучасні прилади відомих фірм, які добре показали себе на виробництві.

Застосування пристроїв автоматики підвищило продуктивність обладнання і його надійність, зменшило кількість неполадок, виключило постійне перебування обслуговуючого персоналу в несприятливих санітарних умовах.

РОЗДІЛ 4
СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАСОСНОГО
АГРЕГАТА НМВ 800-400

4.1 Основні процеси

Основними процесами, які виконуються на насосних станціях приладами автоматики, є:

- прийом і передача імпульсу, що управляє, на пуск і зупинку насосних агрегатів;
- витримка часу як перед пуском після отримання командного імпульсу, так і між окремими процесами;
- включення одного або декількох насосних агрегатів у встановленій послідовності;
- створення та підтримка необхідного вакууму у всмоктуючому трубопроводі і корпусі насоса перед його пуском;
- відкриття і закриття засувки на трубопроводах в задані моменти при пуску і зупинці агрегату;
- контроль за встановленим режимом роботи при пуску, роботі і зупинці;
- відключення насоса при порушенні встановленого режиму і включення резервного агрегату;
- передача параметра режиму роботи насоса на диспетчерський пункт;
- захист агрегату від електричних, теплових і механічних пошкоджень;
- контроль за опаленням і вентиляцією в приміщенні насосної станції;
- охорона від проникнення на станцію сторонніх осіб;
- включення і відключення дренажних насосів і насосів, що подають воду на охолодження і ущільнення сальників фекальних насосів;

Комплексна схема автоматизованого управління насосною станцією зазвичай складається з наступних окремих частин: схеми автоматизації

затоки насоса; схеми автоматизації засувки на напірному трубопроводі; схеми автоматизації електроприводу насоса; схеми взаємозв'язку, що забезпечує послідовність дії системи в цілому і здійснює необхідні блокування, а також автоматичний захист агрегату і сигналізацію.

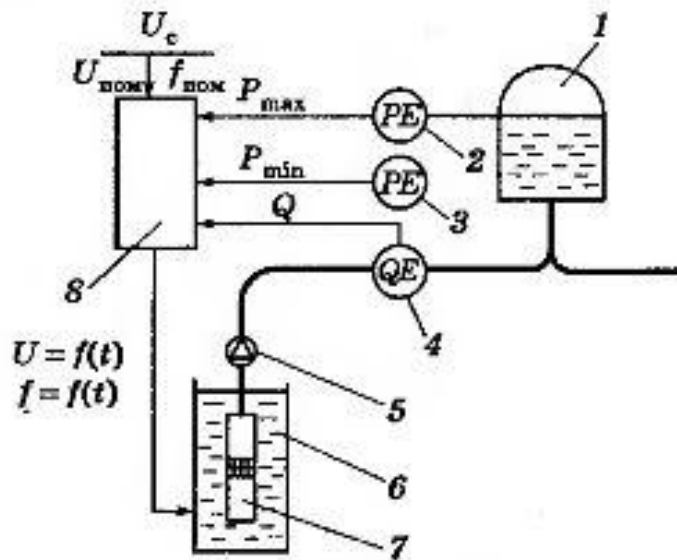


Рисунок 4.1- Схема автоматизації насосної установки з частотно-регульованим електроприводом

4.2 Висновки

Розроблена схема автоматизації відповідає технологічному завданню і поставленим задачам автоматизації. Засоби автоматизації підбрано відповідно класу точності і діапазону вимірювань. Обрана структура забезпечує проведення процесу перекачки нафти згідно технологічного регламенту.

РОЗДІЛ 5

ПРОЄКТНЕ КОМПОНУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ КОНТРОЛЕРІВ

Ця система автоматизації базується на використанні мікропроцесорного контролера TSX Premium 57302 та персонального комп'ютера.

Для простоти адаптації до архітектури машини або установки простим, недорогим способом платформа TSX Premium 57302 ґрунтується на архітектурі «мережі реального часу» для необмеженого розподілу входів/виходів і функцій системи управління.

Мережа станцій реального часу TSX Premium 57302 дає можливість створювати архітектури з необмеженим розподілом функцій між станціями. Модулі вводу/виводу можуть бути віддалені один від одного на відстань до 500 м, і при цьому гарантується постійний час відповіді на запити і продуктивність, що й при безпосередньому встановленні в локальному шасі.

Високошвидкісний процесор і потужна операційна система дозволяють TSX Premium 57302 найкращим чином відповідати вимогам, пов'язаним з часом реакції, об'ємом і складністю. Його малі габарити і оптимальні рішення з підключення зводять до мінімуму загальні затрати на встановлення. Міцність конструкції і легкість транспортування TSX Premium 57302 роблять його використання особливо доцільним в складних умовах експлуатації.

TSX Premium 57302 забезпечується широкою гаммою модулів вводу-виводу, які відрізняються за напругою, потужністю, кількістю каналів та вимогами до підключення.

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

Текст програми контролера:

Модуль ReadInputs

(*Обробка аналогових входів*)

```
PIT50:=ScaleInput(PIT50_i,PIT50_min,PIT50_max); // Тиск на вході в
насос
PIT38:=ScaleInput(PIT38_i,PIT38_min,PIT38_max); // Тиск на виході
знасоса
SE:=ScaleInput(SE_i,SE_min,SE_max); // Оберти насоса
FE69:=ScaleInput(FE69_i,FE69_min,FE69_max); // Витрата води
головного контура DN600
FE71:=ScaleInput(FE71_i,FE71_min,FE71_max); // Витрата води
головного контура DN300
EY25:=ScaleInput(EY25_i,EY25_min,EY25_max); // Потужність,
двигуна 10 кВт и 6 кВт
EY27:=ScaleInput(EY27_i,EY27_min,EY27_max); // Потужність,
двигуна 0,4 кВт
TE29:=ScaleInput(TE29_i,TE29_min,TE29_max); // Темпер. води в
баці Б1
TE30:=ScaleInput(TE30_i,TE30_min,TE30_max); // Темпер. води в
баці Б2
ST1:=ScaleInput(ST1_i,ST_min,ST_max); // Вібрація підшипника
двигуна зі сторони вільного кінця вала X
ST2:=ScaleInput(ST2_i,ST_min,ST_max); // Вібрація підшипника
двигуна зі сторони вільного кінця Y
ST3:=ScaleInput(ST3_i,ST_min,ST_max); // Вібрація підшипника
двигуна зі сторони вільного кінця
ST4:=ScaleInput(ST4_i,ST_min,ST_max); // Вібрація підшипника
двигуна зі сторони насосу X
ST5:=ScaleInput(ST5_i,ST_min,ST_max); // Вібрація підшипника
двигуна зі сторони насосу Y
ST6:=ScaleInput(ST6_i,ST_min,ST_max); // Вібрація підшипника
насосу X
ST7:=ScaleInput(ST7_i,ST_min,ST_max); // Вібрація підшипника
насосу Y
ST8:=ScaleInput(ST8_i,ST_min,ST_max); // Вібрація підшипника
насосу
UT75_RS:=ScaleInput(WORD_TO_INT(UT75_RS_i),UT75_min,UT75_
max); // Момент на валу
```

```

FE69_RS:=ScaleInput(WORD_TO_INT(FE69_RS_i),FE69_min,FE69_max); // Витрата води головного контура DN600
FE71_RS:=ScaleInput(WORD_TO_INT(FE71_RS_i),FE71_min,FE71_max); // Витрата води головного контура DN300
EY25_RS:=ScaleInput(WORD_TO_INT(EY25_RS_i),EY25_min,EY25_max); // Потужність, споживана двигуном 10 кВт і 6 кВт *)
(* Можливо, потрібно перетворення WORD_TO_REAL ??? *)
(* Опис 4-х байтного формату float:
31-S 30-Exponent-23 22-Mantissa-0
Значення обчислюється за такою формулою:
(-1)^S * 2^(Exponent-127) * 1.Mantissa
Нульове значення відповідає нулям у всіх чотирьох байтах.*)
IF UT75_tara_on
THEN UT75_tara:=UT75_first;
UT75_tara_on:=0;
END_IF
//UT75_RS:=DWORD_TO_REAL(UT75_RS_i); // Момент на валу
//%MW234:=%IW36;
//%MW235:=%IW37;
%MW312:=%IW36;
%MW313:=%IW37;
UT75_RS:=UT75_first-UT75_tara;
// Оберти насоса від манометра
%MW308:=%IW38;
%MW309:=%IW39;
//FE69_RS:=DWORD_TO_REAL(FE69_RS_i)*3600.0; // Витрата води
головного контуру DN300, приведений до м3/ч
%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/ч
%MW238:=%IW43;
%MW239:=%IW42;
FE71_RS:=FE71_RS*3600.0;
//EY25_RS:=DWORD_TO_REAL(EY25_RS_i); // Потужність,
споживана двигуном 10 кВт і 6 кВт
%MW240:=%IW44;
%MW241:=%IW45;

```

```

(*вибір джерела 4-20mA - RS485*)
IF FE69_RS_on
THEN FE69:=FE69_RS;
END_IF;
Q – витрата води, м3/с
g - 9,81 м/с2
Н - тиск, м
*)
Power_nas:=Density*(FE69/3600.0)*9.81*Напор/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  $P = P_d * KPDd$ 
где
Pд - вимірня мережева потужність двигуна, Вт
КPDд - заданий КПД двигуна
при пускі через ПЧ:
по формулі
 $P = 2P_i * n * M$ 
где
n - частота обернення, 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; (*!!!UT75,
привести к 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
END_IF

```


Функція ScaleInput

```
// Шкалування аналогового параметра
IF Techno_off
THEN // Обрано уявлення вхідних сигналів в технологічних сигналів
4-20mA
ScaleInput:=INT_TO_REAL(inp)/1000.0;
// Обмеження входу в межах шкали
IF ScaleInput < 4.0
THEN ScaleInput:=4.0;
END_IF
IF ScaleInput > 20.0
THEN ScaleInput:=20.0;
END_IF
ELSE // Обрано уявлення вхідних сигналів в технологічних одиницях
ScaleInput:=((INT_TO_REAL(inp)-4000)*(max_-min_)/16000.0)+min_;
// Обмеження входу в межах шкали
IF ScaleInput < min_
THEN ScaleInput:=min_;
END_IF
IF ScaleInput > max_
THEN ScaleInput:=max_;
END_IF
END_IF
```

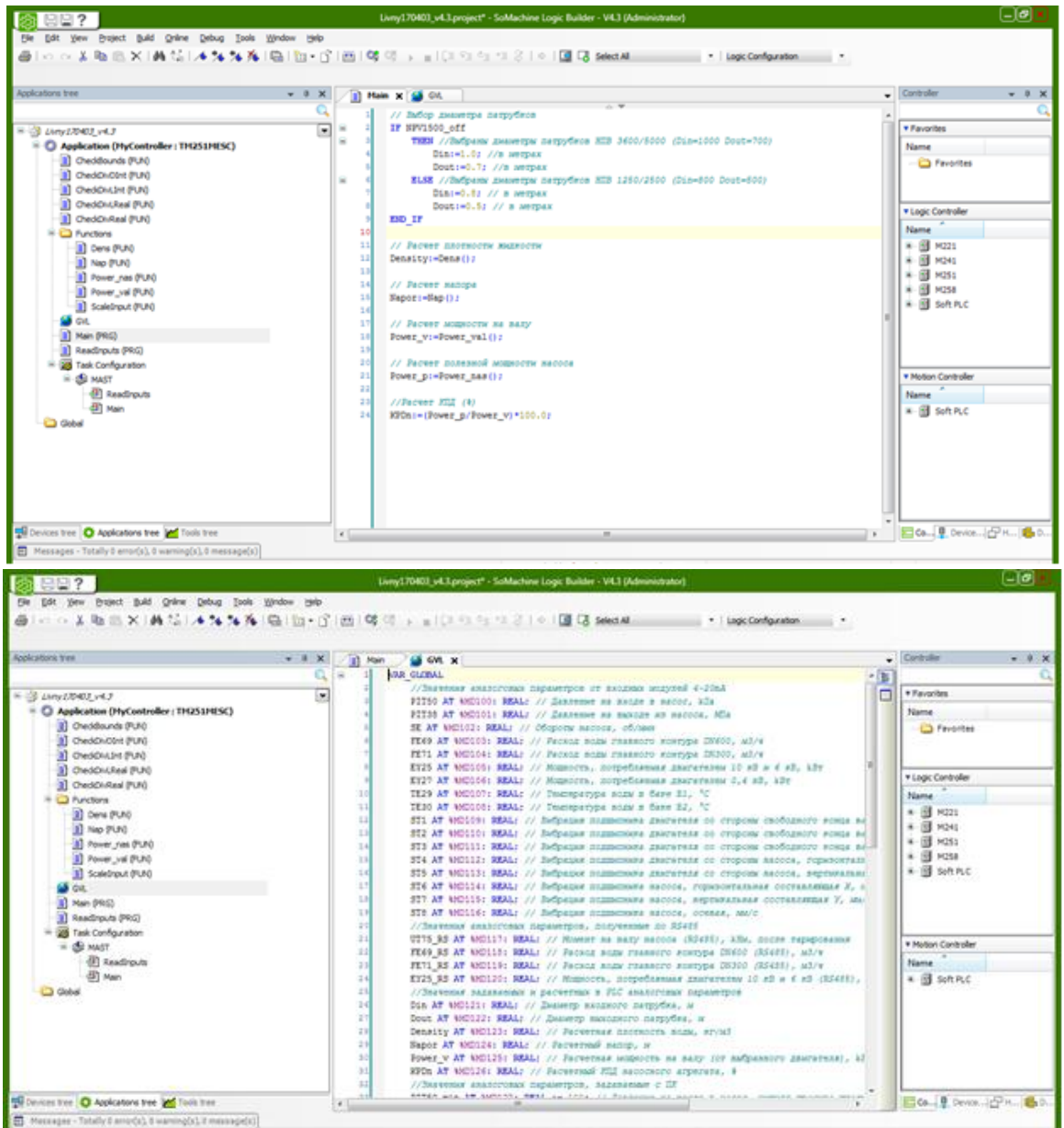


Рисунок 5.1 - Скріни середовища розробки SoMachine програми для контролера TSX Premium 57302 (Schneider Electric).

РОЗДІЛ 6

ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

Застосування енергозберігаючих технологій в більшій мірі визначається загальною ефективністю електроприводу. Сьогодні вже більше 67% всієї виробленої у світі електроенергії споживається електричними двигунами. Розробка сучасних та економічних систем керування електроприводом є актуальною областю розвитку сучасної електронної промисловості.

6.1 Розрахунок і вибір елементів силової частини електроприводу

Проаналізуємо підсистему перекачування нафти і на її основі складемо структурну схему автоматичної системи управління. Живлення електродвигунів здійснюється з локальної підстанції напругою постійної частоти і постійної амплітуди, далі електродвигуни пускають у хід насоси таким чином, що ті здатні забезпечити максимальний необхідний натиск і необхідну витрату нафти, причому останній є величиною змінною. У разі необхідності зменшення обсягів нафти використовуються засувки на виходах. Для поліпшення ККД підсистеми і зменшення енергетичних витрат слід відмовитися від існуючого способу підтримки гідравлічних параметрів і розробити систему, потужність якої буде змінюватися динамічно.

Аналізуючи існуючу систему бачимо, що при постійному напорі на виході слід керувати лише витратою нафти, тобто частотою обертання крильчатки насоса і як наслідок - частотою обертання ротора приводу насоса. Складемо структурну схему системи автоматичного управління на основі зроблених висновків:

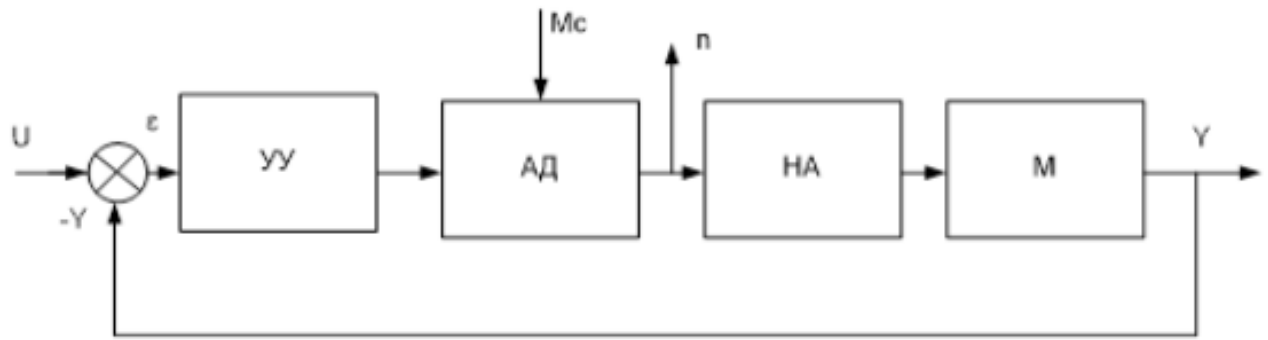


Рисунок 6.1 - Схема структурна автоматичного керування насосним агрегатом

Система в цілому складається з керуючого пристрою (УУ), який отримує уставку U і впливає на швидкість ротора асинхронного двигуна (АД) і як наслідок - на крильчатку насоса (ЦН). Обсяг нафти, яку перекачує насос, проходить деякий проміжок по магістралі (М), після чого його величина знімається датчиком і в якості зворотнього зв'язку надходить на елемент порівняння, формуючи сигнал неузгодженості. Також слід врахувати момент опору ротора двигуна. Крім того, для запобігання аварійної ситуації доцільно отримувати відомості про швидкість обертання ротора двигуна, точніше - про його заклинювання.

В якості вихідної величини системи прийнята витрата нафти. Виберемо вхідний параметр, або інакше - параметр, який буде відповідати за зміну швидкості обертання ротора двигуна.

Як відомо, швидкість обертання ротора асинхронного двигуна залежить від частоти напруги живлення:

$$n_2 = \frac{60 \cdot f_1}{p} (1 - s) \quad (6.1)$$

де: f_1 - частота напруги живлення,

p - число полюсів,

s - ковзання.

Виходячи з цього виразу, очевидно, що здійснювати управління швидкістю ротора можна шляхом зміни частоти напруги живлення. Таке управління називається частотним і останнім часом набуває широкого поширення. До того ж, широко випускаються інтелектуальні частотні перетворювачі, що дозволяють не тільки змінювати частоту напруги, але також програмувати в себе певні закони управління, що може значно спростити реалізацію системи управління. Для вибору закону управління необхідно проаналізувати передавальну функцію об'єкта щодо частоти напруги живлення. Для цього визначимо передавальні функції кожного з ланок.

Будемо шукати передавальну функцію асинхронного двигуна як відношення частоти обертання ротора до частоти напруги живлення. Пропоную цю передавальну функцію розбити на дві складові - «момент / частота» та «частота / год» для можливості обліку моменту опору, що діє на вал двигуна. Тоді структурна схема при управлінні частотою напруги статора буде виглядати так:

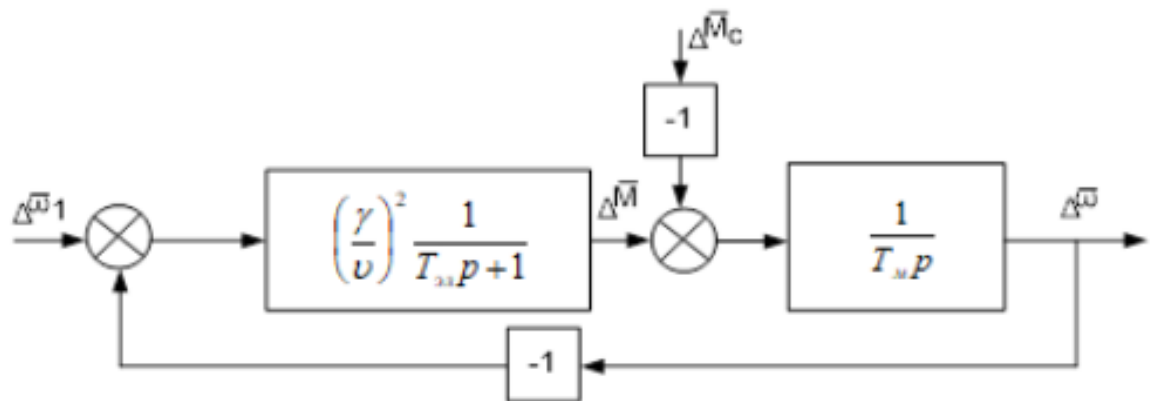


Рисунок 6.2 - Структурна схема асинхронного електродвигуна при управлінні частотою напруги живлення

З цієї структурній схемі отримаємо передавальну функцію по керуючому впливу:

$$W_{ad}(p) = \left(\frac{\gamma^2}{v}\right) \frac{1}{(T_{\text{э}}p + 1)T_{\text{м}}p + \frac{\gamma^2}{v}} = \frac{k_{ad}}{T_{\text{э}}T_{\text{м}}p^2 + T_{\text{м}}p + 1} \quad (6.2)$$

Де $T_{\text{м}}$ - механічна постійна часу двигуна,

$T_{\text{е}}$ - електромагнітна постійна часу двигуна,

γ - відносна напруга статора (до номінального),

v - відносна частота напруги статора (до номінальної).

Дана передаточна функція є актуальна для випадку, коли потокощеплення статора є величина постійна, тобто одночасно зі зміною частоти напруги живлення змінюється і його величина відповідно до виразу: $U_1 / \Psi_1 = \text{const}$. Слід зазначити, що в сучасних перетворювачах частоти реалізований механізм підтримки постійного потокощеплення, тому передаточна функція може бути використана для опису АД.

Визначимо передаточна функція насоса і магістралі. Як правило, на практиці насос і магістраль розглядають як один об'єкт, і з певною часткою точності апроксимують загальну передаточну функцію у вигляді інерційної ланки другого порядку з запізненням. Як правило, в розгалуженій гідросистемі це коливальна ланка, в одиночних трубопроводах - апериодична. Для загального випадку припустимо що передаточна функція рівна:

$$W_m(p) = \frac{k_m}{T_1p^2 + T_2p + 1} e^{-p\tau} \quad (6.3)$$

Оскільки коливальні процеси слабо виражені внаслідок великої інерційності об'єкта, можна знизити порядок передаточної функції.

$$W_m(p) = \frac{k_m}{T_1p^2 + 1} e^{-p\tau} \quad (6.4)$$

Параметри передаточної функції залежать від кожного конкретного випадку, тому їх отримують методами ідентифікації.

На підставі (6.2) і (6.4) запишемо загальну передаточну функцію об'єкта:

$$W_{ou}(p) = \frac{k_m}{(T_1 p + 1)(T_3 T_{mp}^2 + T_{mp} + 1)} e^{-p\tau} \quad (6.5)$$

Аналізуючи функцію видно, що вона має четвертий порядок. Це означає, що регулятор повинен мати можливість відстежувати помилку щодо прискорення, що не представляється можливим у вбудованих в частотний перетворювач ПД-законів управління. Крім того, використання навіть диференціальної складової в трубопровідній системі може сильно погіршити стійкість через відпрацювання короточасних збурень. Таким чином, доцільно використовувати ПІ-регулятор з точки зору забезпечення максимальної стійкості, але в цьому випадку погіршиться час регулювання, але в даній системі воно не є критичним.

Передавальна функція ПІ-регулятора:

$$W_{nu}(p) = k \left(1 + \frac{1}{T_{up} p + 1} \right) \quad (6.6)$$

Точний теоретичний розрахунок параметрів регулятора, при яких буде виконуватися умова стійкості і вимоги до заданих показників якості, виконати практично неможливо через специфіку об'єкта. Проте, існують методики розрахунку приблизних параметрів регулятора для передавальних функцій об'єктів до третього ступеня. У випадку з четвертим порядком функції доцільно зробити наступні дії: знизити порядок знаменника, видаливши доданок з найменшою постійною часу.

Припустимо, що після виконання цієї процедури передаточна функція прийняла вигляд:

$$W_{oy}(p) = \frac{k}{T_1 p + T_2 p + 1} e^{-pt} \quad (6.7)$$

Проведемо розрахунок параметрів структурної схеми САУ НА.

Двигун можна розділити на дві частини. Механічну і електричну. Передавальна функція механічної та електричної частини має вигляд:

$$W_3(p) = \frac{\beta}{1 + T_3 p}$$

$$W_M(p) = \frac{\beta}{1 + T_M p} \quad (6.8)$$

де: β - модуль жорсткості лінеарезованої механічної характеристики асинхронного двигуна,

T_e - еквівалентна електромагнітна постійна часу ланцюгів статора і ротора асинхронного двигуна,

T_M - механічна постійна часу.

Модуль жорсткості в лінеарезованої механічної характеристики, можна розрахувати, як:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_K}{\omega_{\text{Оинно}} \cdot s_K} \quad (6.9)$$

де: M_K - момент критичний,

s_K - ковзання критичне, його значення можна визначити, як:

$$s_K = s_H (\lambda + \sqrt{\lambda^2 + 1}) \quad (6.10)$$

Тут, s_H - номінальне ковзання асинхронного двигуна. Його можна визначити, з наступної формули:

$$s_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} \quad (6.11)$$

Частота обертання ідеального холостого ходу n_0 асинхронного двигуна, вибирається зі стандартного ряду значень, яка залежить від числа пар полюсів і частоти обертання двигуна.

Для даної системи методом Нікольса-Зіглера можна розрахувати настройки для ПІ - регулятора:

$$k_{nv} = \frac{0,9 \cdot T_2}{k_m \cdot \tau}, \quad (6.12)$$

$$T_{и} = T_{м} = 0,5 \quad k_{nv} = \frac{0,9 \cdot 0,25}{0,003 \cdot 0,5} = 150.$$

Тоді передавальна функція ПІ-регулятора набуде вигляду:

$$W_{nv}(p) = 150 \left(1 + \frac{1}{0,5p + 1} \right) \quad (6.13)$$

Як правило, при даних настройках система буває стійкою, однак часто вони використовуються лише як стартові налаштування під час пуску і налагодження регулятора. Процес налагодження полягає в наступним - виставляються або отримані настройки, або значення, менше їх в 2-3 рази, і поступово збільшуються, при цьому контролюється вихідна величина об'єкта управління. Як тільки вихід починає сильно відхилятися від уставки - припиняється підбір параметрів. Практика показує, що для досягнення найбільшої швидкодії постійна часу інтегратора повинна перевищувати розраховану в 5-10 разів.

За отриманими даними побудуємо структурну схему САУ НА

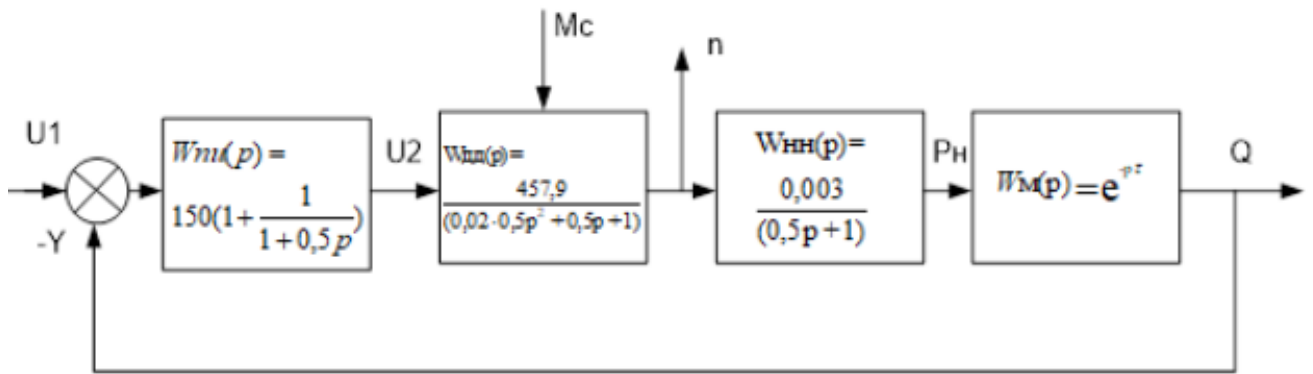


Рисунок 6.3 - Схема структурна автоматичного керування насосними агрегатами

За допомогою програми Mathcad побудуємо амплітудо- і фазо-частотні характеристики САУ НА

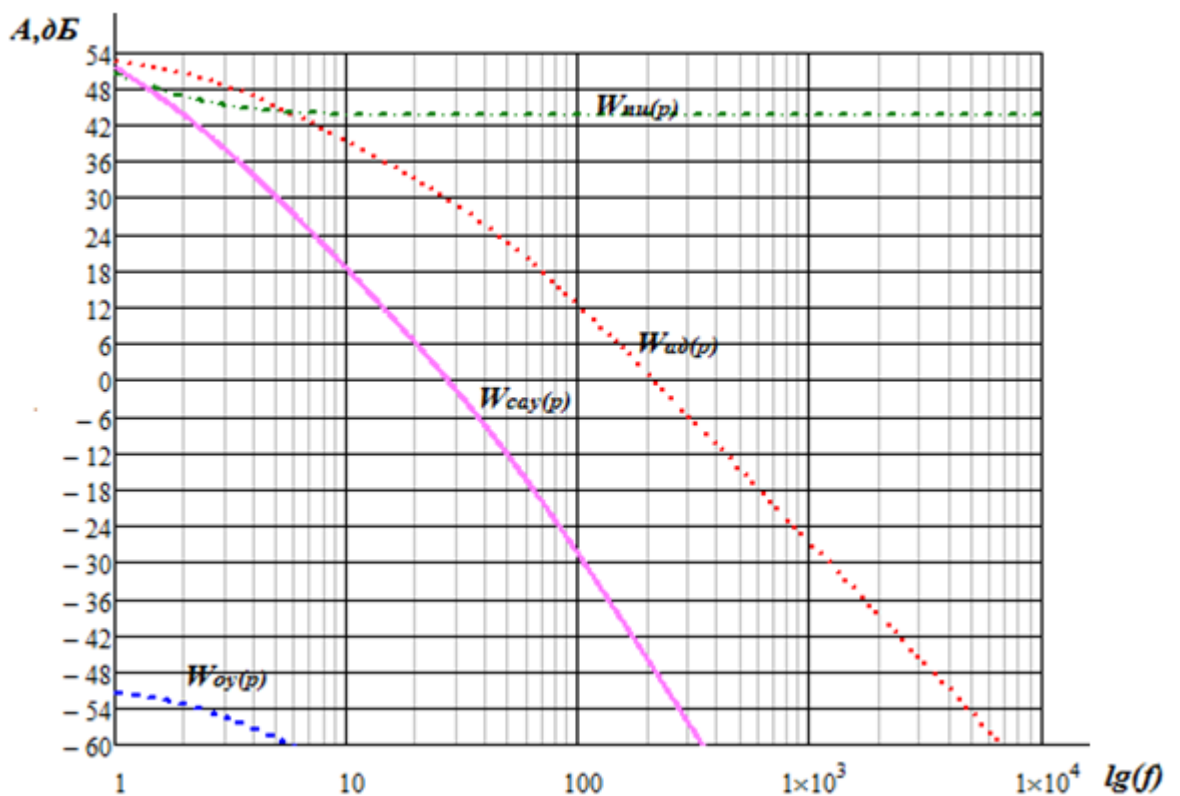


Рисунок 6.4 - амплітуда-частотна характеристика САУ НА

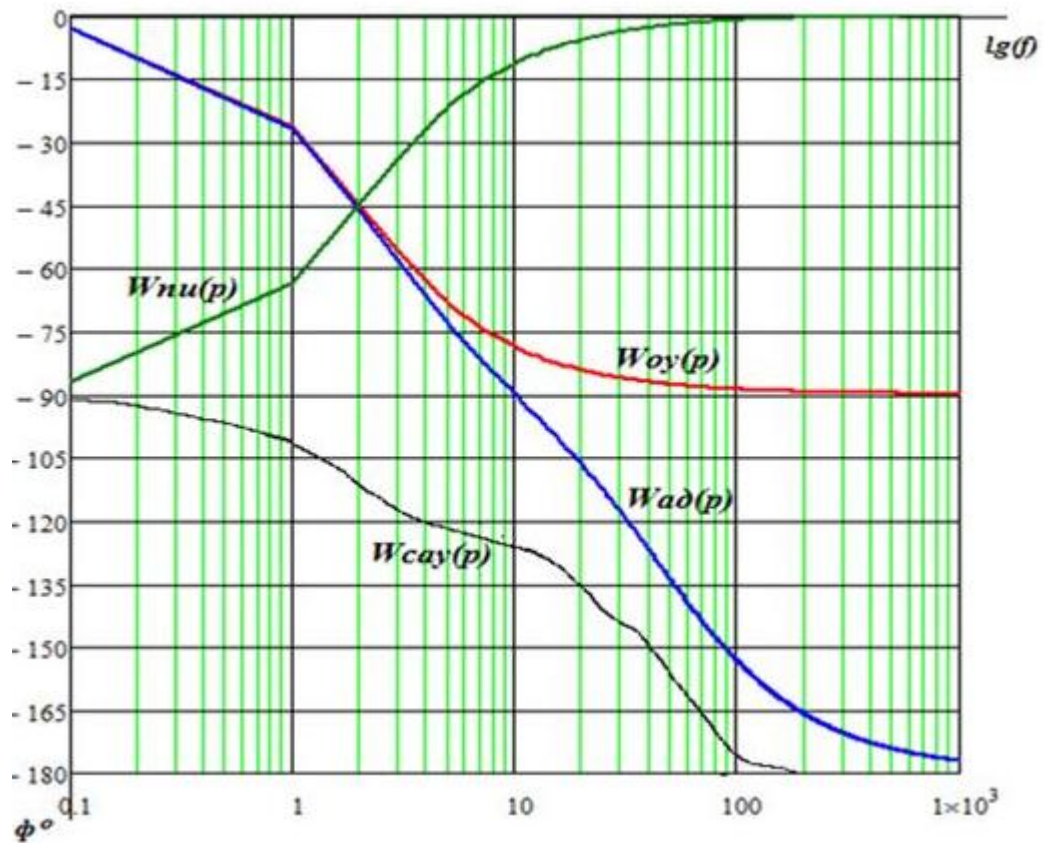


Рисунок 6.5- Фазочастотні характеристики САУ НА

За графіками АЧХ і ФЧХ можна визначити, що система стійка і має запас по амплітуді -30дБ .

6.2. Математична модель насоса і трубопроводу

Оптимальне енергоспоживання має істотний вплив на життєвий цикл насоса. Розглянемо основні методи, які забезпечують зниження енергоспоживання насосів.

Проаналізуємо роботу насосів за допомогою відповідних характеристик. На рис. 6.2 показано характеристики насоса НМВ 800-400 при номінальній частоті обертання 2750 об/хв.

Характеристика Q-N насосів промислового виконання описуються рівнянням:

$$H = H_{\phi} - S_r Q^2 \quad (6.14)$$

де H_{ϕ} - тиск при нульовій подачі (фіктивний), м;

S_r - опір гідравлічної мережі насоса;

$S_r Q^2$ - гідравлічні втрати напору всередині насоса, що залежать від типу рідини, конструкції насоса, швидкості обертання і т. д.

Обчислення втрат в насосі відбувається спрощено через коефіцієнт S_r . Для обчислення необхідно за експериментальними даними знайти координати двох точок на графіку характеристики насоса. Використовуючи рис. 6.2, визначимо опір гідравлічної мережі і фіктивний натиск насоса НМВ

800-400:

$$S_r = \frac{H_1 - H_2}{Q_1^2 - Q_2^2} = \frac{24 - 22}{4,8^2 - 3^2} = 0,142, \quad (6.15)$$

$$H_{\phi} = H_1 + S_r Q_1^2 = 24 + 0,142 \cdot 4,8^2 = 27,3.$$

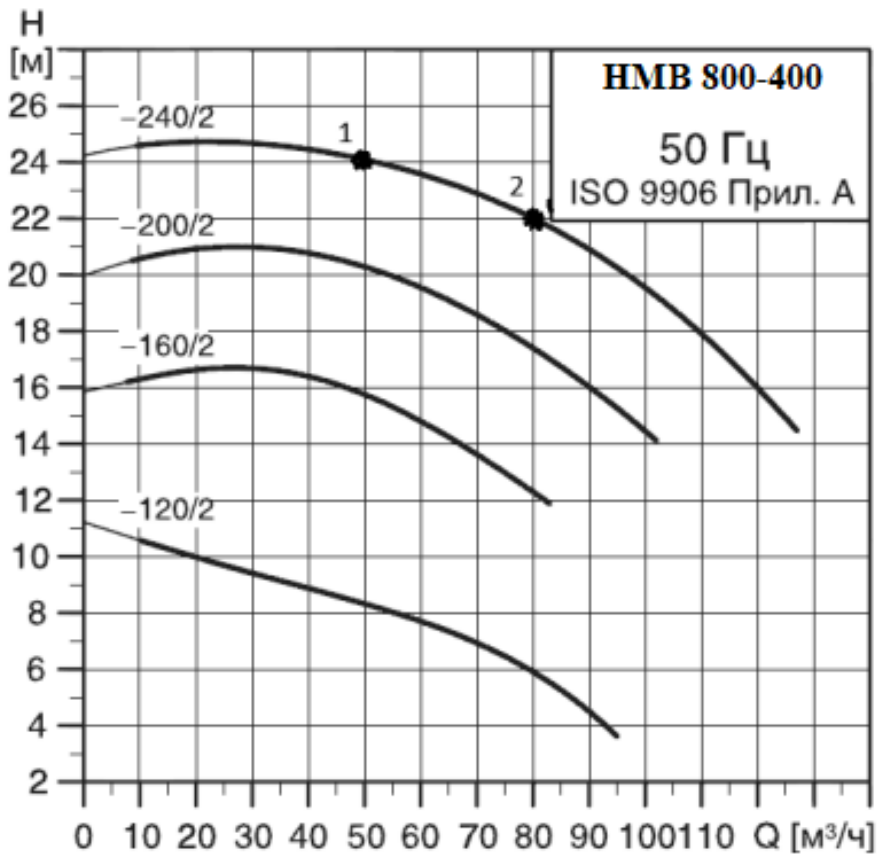


Рисунок 6.6 Номінальні характеристики насоса НМВ 800-400

Робочі параметри насоса залежать від частоти обертання його робочого колеса. Рівняння описує напірну характеристику відцентрового насоса при зміні його частоти обертання:

$$H_i = H_\phi \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 - S_T Q^2 \quad (6.16)$$

де ω_0 - номінальна частота, ω - частота, з якою обертається робоче колесо. З формули (6.7) стає зрозуміло, що гідравлічні втрати в насосі можуть повністю не залежати від частоти обертання при самотній подачі.

Варіювання частоти обертання робочого колеса насоса ω без урахування величини статичного напору $H_{ст}$ дозволяє змінювати параметри насоса (подача, напір і потужність) за законами гідравлічної подібності:

$$Q = \omega, H = \omega^2, P = \omega^3.$$

При розрахунку потужності на валу насоса використовується графік ККД насоса. Зазвичай електроприводи відцентрових насосів вибираються для забезпечення максимально можливої витрати при заздалегідь заданому напорі системи.

При збільшенні ω ККД насоса різко зростає (Рис. 6.3). Це необхідно враховувати при розрахунку характеристик насоса. Так пропорційно потужності насоса можуть змінюватися як гідравлічні втрати в насосі, так і втрати на тертя в підшипниках в сальниках.

Закон, що зв'язує витрату нафти через трубопровід і тиск, необхідний для створення цієї витрати, називають характеристикою трубопроводу або характеристикою гідравлічної мережі і описують рівнянням :

$$H_i = H_{ст} + S Q^2 \quad (6.17)$$

де S - місцеві опори трубопроводу;

$H_{ст}$ - статичний напір;

Через складності точного математичного опису моделі сучасних трубопроводів стабілізація напору в кожній точці мережі водоспоживання абсолютно неможлива.

Для спрощення системи вибирають кілька точок трубопроводу.

При виборі точки перевага надається найбільш віддаленим і розташованим на найбільш високих відмітках точках.

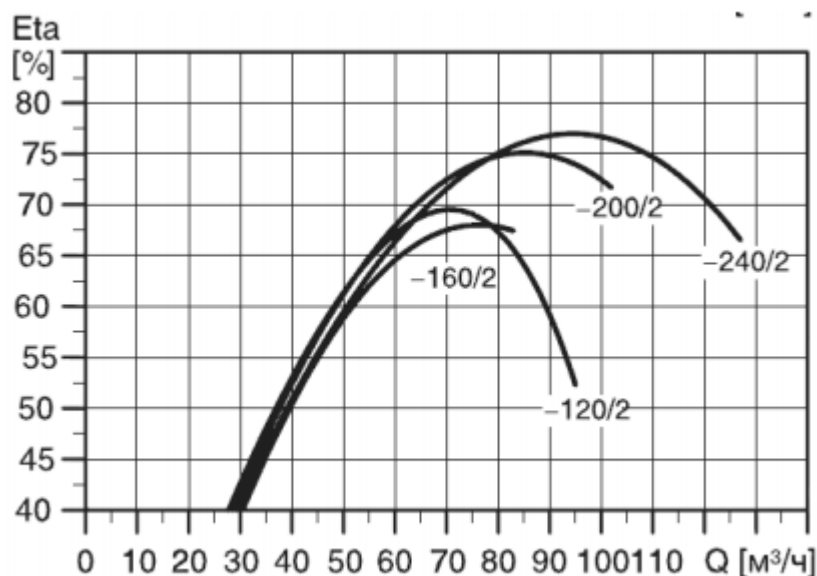


Рисунок 6.7 ККД відцентрового насоса НМВ 800-400

6.3. Дослідження динаміки системи управління насосної установки в MATLAB Simulink

Для моделювання системи управління був використаний пакет Simulink MATLAB. У реальній гідравлічній мережі тиск не може змінитися стрибкоподібно, а змінюється поступово. Мета дослідження – імітація роботи насосної установки в критичному режимі, а також перевірка правильності синтезу регулятора системи управління. Перехідні процеси в системі управління НА досліджуються за допомогою моделі асинхронного двигуна з урахуванням тимчасового постійного насоса. Щоб дослідити роботу НА в динаміці в Simulink, розроблено модель, яка дає можливість накласти певні обмеження і подати на вхід системи управління різноманітні варіанти заданого впливу. Схема розробленої моделі системи управління НА представлена на рис. 6.8.

Модель складено зі стандартних блоків бібліотек. Певний блок виконує задану функцію схеми управління. Ця модель має і відмінні блоки, які призначені для забезпечення працездатності та візуалізації результатів моделювання.

Аналіз динамічного режиму у вигляді перехідних процесів, отриманих в ході моделювання системи, представлений на рис. 6.6 і 6.7.

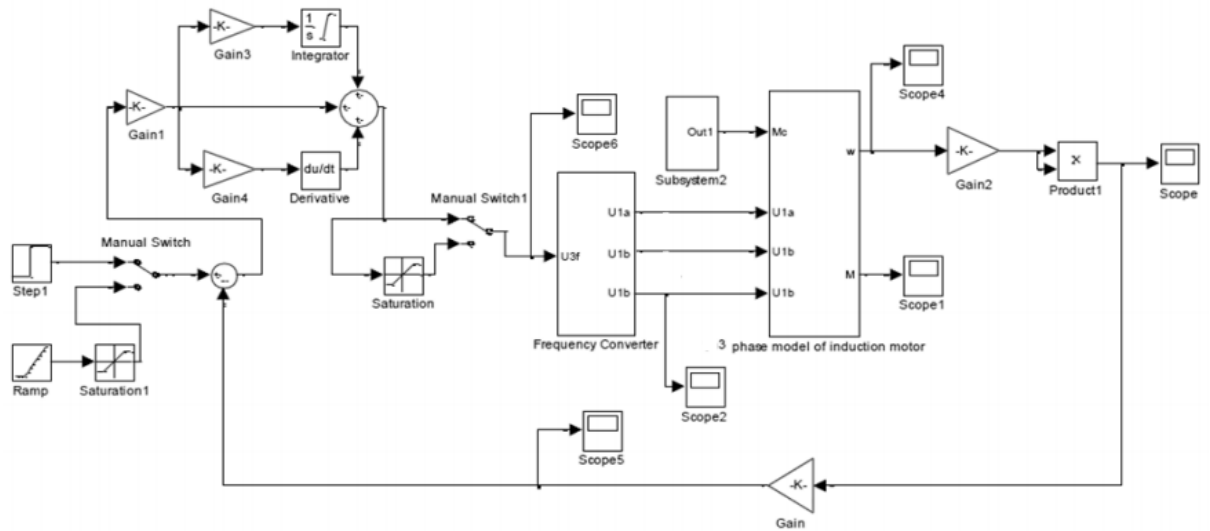


Рисунок 6.8 Схема моделі САУ НУ

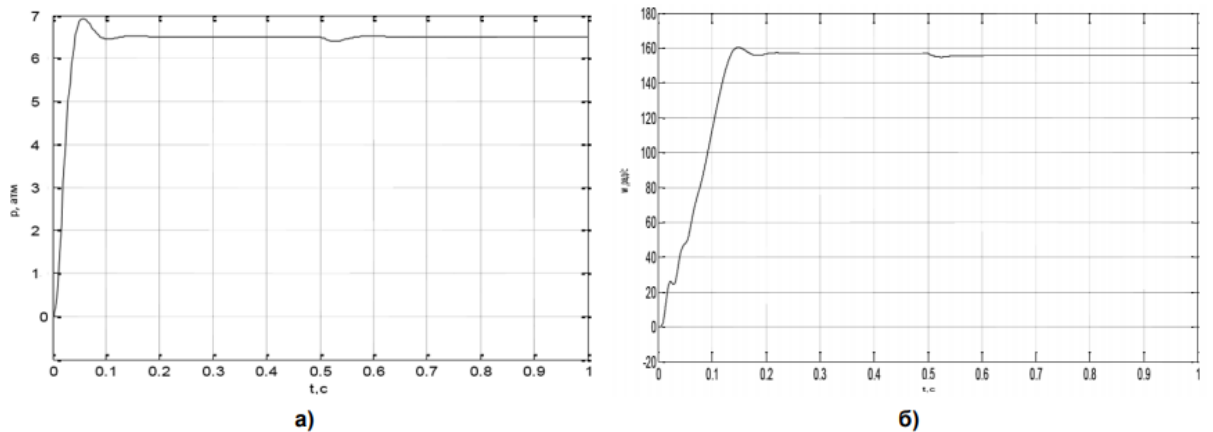


Рисунок 6.9. Графіки зміни тиску (а) і швидкості (б), при реакції на стрибок сигналу завдання і накинув навантаження

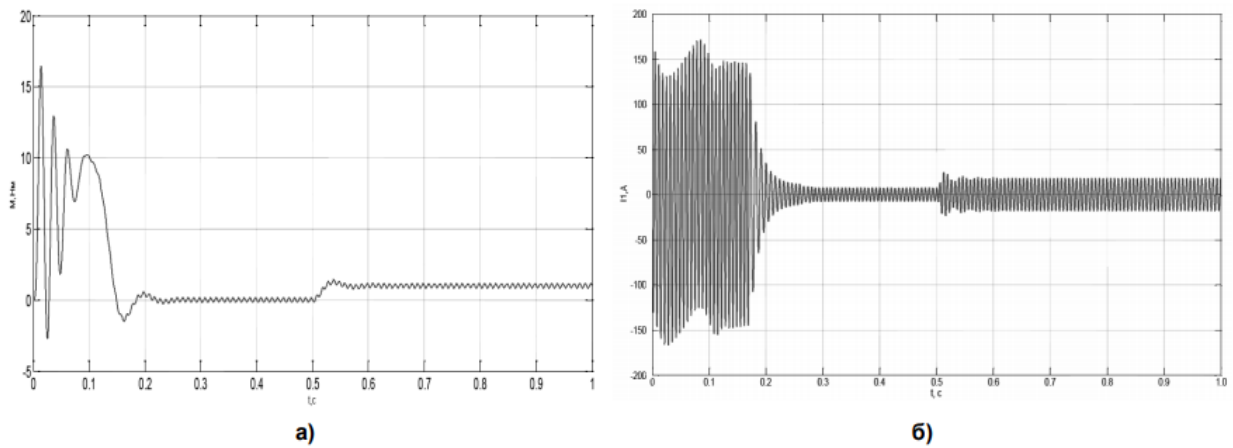


Рисунок 6.10. Графік зміни моменту (а) і струму фази (б), при стрибку сигналу і набиранні навантаження

За отриманими результатами можна зробити висновок, що модель системи швидко відпрацьовує задану рівновагу і повертається у вихідний стійкий стан із заданими показниками якості, відповідно синтез

ПД-регулятора проведено вірно.

При моделюванні в додатку MatLAB Simulink було проведено дослідження роботи насосів в критичних режимах, у ході якого отримано графіки перехідних процесів у системі управління і перевірено правильність синтезу регулятора.

6.4 Розрахунок вільних коливань агрегату

Рішення завдання вільних коливань проводиться в лінійній постановці без урахування демпфірування. Це дає підстави для незалежного розгляду коливань агрегату в трьох взаємно перпендикулярних площинах.

Наведена кутова жорсткість кріплення агрегату до фундаменту, $C_{\varphi 1}$, Н·м, розраховується за формулою:

$$C_{\varphi 1}^I = \frac{C_{\varphi 1}^I \cdot C_{\varphi 1}^{II}}{C_{\varphi 1}^I + C_{\varphi 1}^{II}}, \quad (6.18)$$

$C_{\varphi 1}^I$ – кутова жорсткість, обумовлена піддатливістю шпильок кріплення агрегату до заставних елементів, яка обчислюється за формулою:

$$C_{\varphi 1}^I = 2 \cdot \frac{E_0 \cdot F_0}{l_0} \cdot (l_{1i}^2 + l_{2i}^2), \quad (6.19)$$

де l_{1i}, l_{2i} – плече поворота болтів в i - площині, м.

$C_{\varphi 1}^{II}$ – кутова жорсткість, обумовлена піддатливістю бетону, яка обчислюється за формулою:

$$C_{\varphi 1}^{II} = k \cdot J_i \quad (6.20)$$

де k – коефіцієнт жорсткості бетону (згідно з даними приймаємо $k = 8 \cdot 10^9$ Н/м³);

J_i – момент інерції опорної площі відносно центральної осі i , м⁴.

Площа опорної поверхні дорівнює площі закладних елементів, які приймаємо у вигляді прямокутників, як показано пунктирними лініями на рис. 6.1.

Моменти інерції опорної площі обчислюються за формулами:

$$\left. \begin{aligned} J_y &= 4 \cdot \left[\frac{ba^3}{12} + Fh_x^2 \right], \\ J_x &= 4 \cdot \left[\frac{ab^3}{12} + Fh_y^2 \right], \\ F &= a \cdot b, \end{aligned} \right\} \quad (6.22)$$

де a, b – розміри закладних елементів, м;

F – площа закладного елемента, м²;

h_i – відстань від центру заставної деталі до відповідних осей, м.

Радіальна жорсткість нижнього підшипника є рівною

$$C_{\varphi} = 0,7 \cdot 10^9 \text{ Н/м.}$$

Жорсткість верхнього підшипника кочення насоса прийнята рівною $C_{\sigma} = 0,6 \cdot 10^9$ Н/м.

Жорсткості щілинних ущільнень обчислюються за методикою для автотельної області турбулентної течії за формулою:

$$C_{\sigma l} = 0,3 \cdot \Delta p \cdot \frac{\pi \cdot l \cdot D}{h_0} \cdot \alpha \quad (6.23)$$

де Δp – перепад давлень на щели, Н/м²;

l, D, h_0 – відповідно довжина, діаметр і зазор щели, м;

$$\alpha = \frac{1,5}{1,2 + \frac{0,04 \cdot l}{2 \cdot h_0}} \text{ – коефіцієнт вхідних витрат.}$$

З урахуванням високої жорсткості агрегату в напрямку осі Z, нижча власна частота коливань у вертикальній площині, Гц визначається на основі одномасової моделі коливань за формулою:

$$\omega_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_z}{M}}, \quad (6.24)$$

Жорсткість C_z^I визначається за формулою:

$$C_z^I = C_{\sigma} \cdot n_{\sigma} \quad (6.25)$$

де n_{σ} – кількість болтів кріплення, шт.

C_{σ} – жорсткість болтів кріплення;

C_z^{II} визначається за формулою:

$$C_z^{II} = k \cdot F = 4 \cdot k \cdot a \cdot b \quad (6.26)$$

Коефіцієнти налагодження власних частот згинальних коливань агрегату від оборотної частоти відповідають коефіцієнтам відбудови першої власної частоти підсистеми ротора від оборотної частоти 2,64.

Ротор насоса є жорстким з коефіцієнтом відбудови по першій власній частоті 2,64, що задовольняє вимогам.

Таким чином, умова працездатності насоса за критерієм вібронадійності виконується.

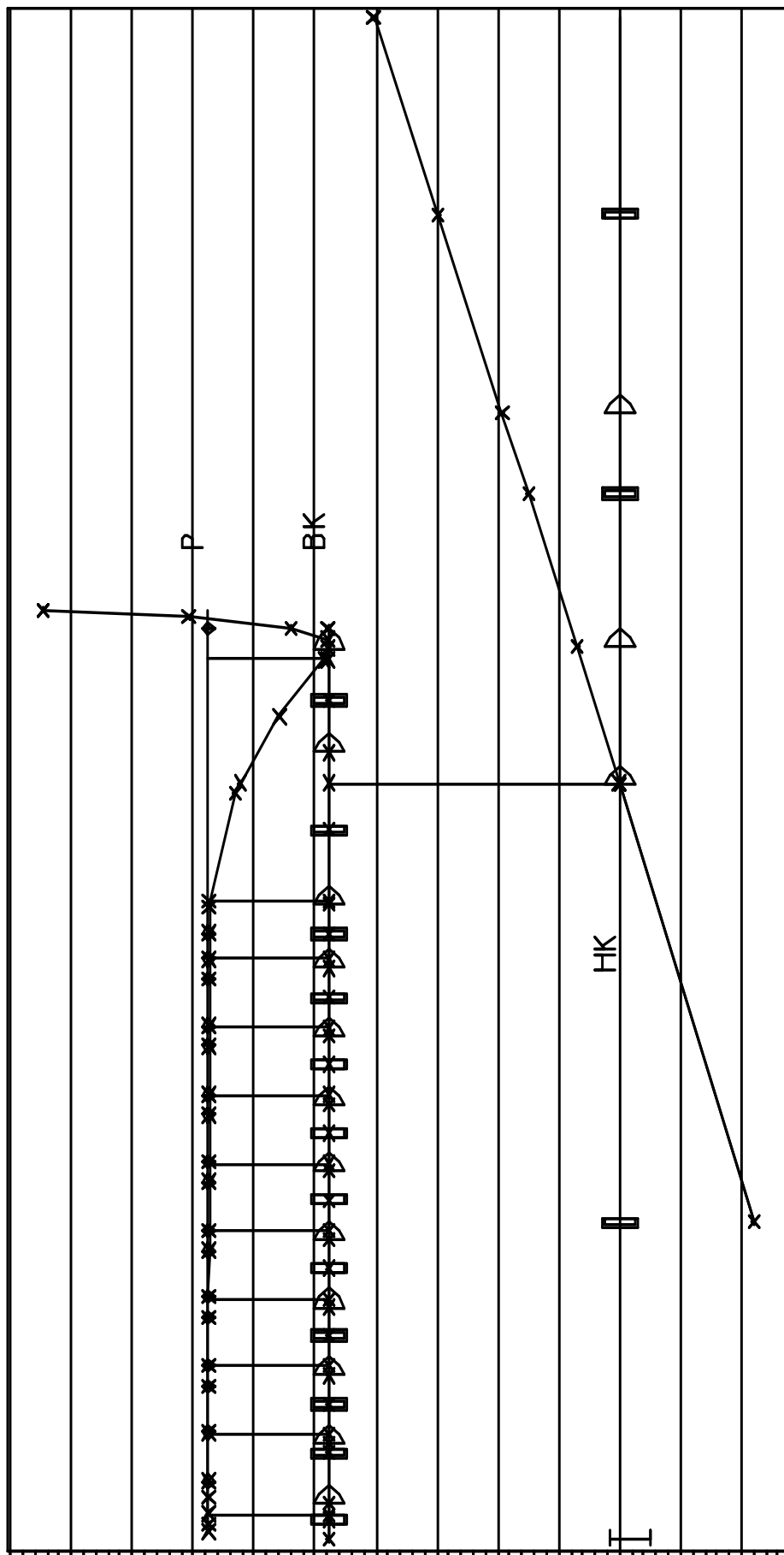


Рисунок 6.11 - Форма колебаний агрегату при $\omega = 15,7$ Гц

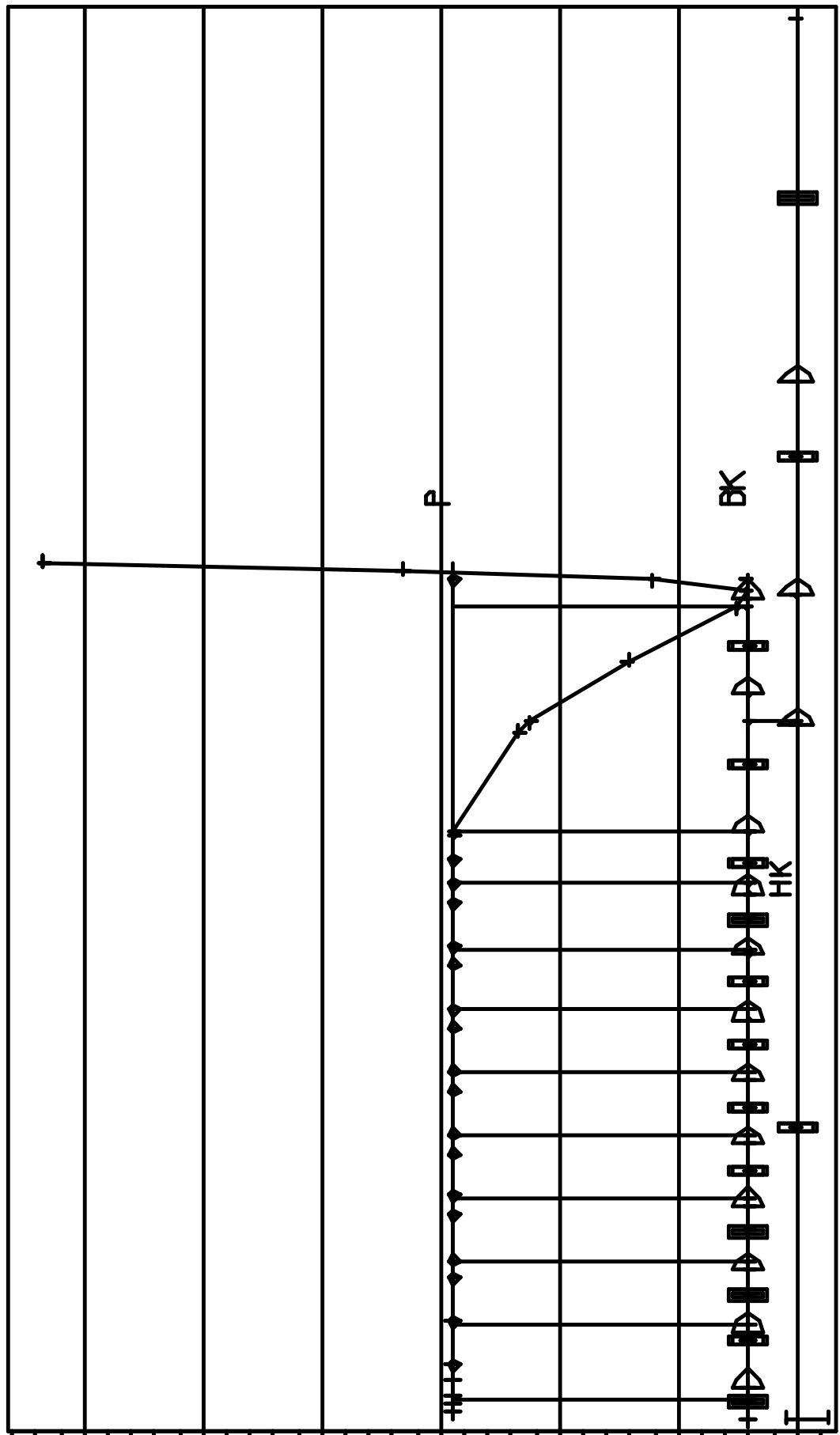


Рисунок 6.12 - Форма коливань агрегату при $\omega = 66,0$ Гц

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Автоматизація системи автоматизації насосної станції спрямована не лише на підвищення якості технологічного процесу, а й на полегшення обслуговування технологічного обладнання, зниження рівня впливу шкідливих і небезпечних факторів та покращення умов праці. Це досягається за рахунок впровадження автоматичної системи регулювання, дотримання встановленого інструкцією технологічного режиму та створення комфортних умов праці.

Служба охорони праці на підприємстві організовує і контролює роботу в галузі охорони праці. Функції служби охорони праці на насосній станції виконує інженер з охорони праці. Він підпорядковується безпосередньо керівникові підприємства.

Розробка вдосконаленої системи автоматизації здійснювалась з урахуванням сучасної нормативно-технічної документації з охорони праці в галузі.

При вдосконаленні системи автоматизації насосної станції враховано основні вимоги нормативно-технічної документації з охорони праці в галузі НАПБ В.01.027-85/112 «Правила пожежної безпеки в нафтовій промисловості» та «Правила безпеки в нафтовій і газовій промисловості».

7.1 Умови праці. Наявність шкідливих та небезпечних факторів на робочому місці

Професія чи робота працівників визнається роботою зі шкідливими та важкими умовами праці за умови, по-перше, наявності на робочому місці шкідливих виробничих факторів. По-друге, професія чи посада в певних правових актах має бути визначена як шкідлива. По-третє, має бути проведена атестація робочого місця, яка б підтвердила наявність шкідливого впливу виробничих факторів на працівника.

Наразі за результатами атестації робочого місця і обґрунтованих пропозицій щодо його шкідливості в нормативно-правові документи можуть бути внесені зміни та доповнення.

Робоче місце оператора насосної станції знаходиться як у виробничому приміщенні біля апаратів та засобів автоматизації, так і в операторському пункті, де розташовано щит живлення і перетворювачів, мікропроцесорний контролер та ПЕОМ .

У виробничому приміщенні присутні такі шкідливі та небезпечні фактори:

- підвищена температура повітря робочої зони;
- наявність сірчистого ангідриду в повітрі робочої зони;
- інфрачервоне випромінювання;
- шум та вібрація;
- рівень освітленості робочої зони;
- наявність обладнання, що працює під тиском;
- електро- та пожежонебезпека.

7.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до виробничих приміщень та розміщення

Не допускається засміченість виробничої території, приміщень і устаткування мазутом, легкозаймистими й займистими рідинами (ЛЗР і ЗР), сміттям і відходами виробництва.

Спалені відходи виробництва, сміття, суха трава повинні прибиратися й знищуватися в безпечних в пожежному відношенні місцях. У місцях розливу ЛЗР і ЗР просочений ними ґрунт повинен бути ретельно промитий, прибраний і засипаний сухим піском або ґрунтом.

У приміщеннях насосної станції не допускається розміщувати апаратуру і устаткування, технологічно і конструктивно не пов'язані з насосами.

Кожен виробничий об'єкт, який обслуговує та де перебуває постійно персонал, необхідно обладнати цілодобовим телефонним (радіотелефонним) зв'язком з диспетчерським пунктом або керівництвом ділянки, цеху, організації.

На робочих місцях, а також у всіх місцях небезпечного виробничого об'єкта, де можливий вплив на людину шкідливих і (або) небезпечних виробничих факторів, повинні бути попереджувальні знаки й написи.

Робочі місця, об'єкти, проїзди й підходи до них, проходи й переходи в темний час доби повинні бути освітлені.

Штучне освітлення повинно бути виконано відповідно до встановлених нормативів і, крім особливих випадків, забезпечити встановлений санітарними нормами рівень освітлення. Виміри рівня освітленості варто проводити перед уведенням об'єкта в експлуатацію, після реконструкції приміщень, систем освітлення, а також щороку на робочих місцях.

У виробничих приміщеннях необхідно передбачати аварійне освітлення, а в зонах робіт у нічний час на відкритих площадках – аварійне або евакуаційне освітлення.

Відстань між окремими механізмами повинна бути не меншою ніж 1 м, а ширина робочих проходів – 0,75 м. Для пересувних і блочно-модульних установок і агрегатів ширина робочих проходів допускається не менше 0,5 м.

Об'єкти, для обслуговування яких потрібний підйом працівника на висоту до 0,75 м, обладнуються щаблями, а на висоту вище 0,75 м – сходами з поручнями. У місцях проходу людей над трубопроводами, розташованими на висоті 0,25 м і вище від поверхні землі, майданчика або підлоги, повинні бути влаштовані перехідні містки, обладнані поручнями.

Маршові сходи повинні мати нахил не більше 60° (біля резервуарів – не більше 50°), ширина сходів повинна бути не менш 65 см, сходів для переносу вантажів – не менш 1 м. Відстань між сходами на висоті повинна бути не більше 25 см. Сходи повинні мати нахил усередину 2-5°.

По обидва боки сходи повинні мати бічні планки або бортове

обшивання висотою не менш 15 см, що виключає можливість прослизання ніг людини. Сходи повинні бути із двох сторін обладнані поручнями висотою 1 м.

Робочі майданчики на висоті повинні мати настил, виконаний з металевих листів з поверхнею, що виключає можливість ковзання, або дощок товщиною не менш 40 мм і, починаючи з висоти 0,75 м, поручнями висотою 1,25 м з поздовжніми планками, розташованими на відстані не більше 40 см одна від одної, і бортами висотою не менш 15 см. Усі потенційно небезпечні місця об'єктів нафтогазодобування (відкриті ємності, трансмісії) повинні мати огороження, що закривають доступ до них з усіх боків.

Відкривати дверцята огорожень або знімати огороження треба після повної зупинки устаткування або механізму. Пуск устаткування або механізму дозволяється тільки після установки на місце й надійне закріплення всіх знімних частин огороження.

7.3 Мікроклімат

Рівні температури, відносної вологості і швидкості руху повітря на робочих місцях підтримуються згідно з вимогами, які наведені в табл. 7.1.

На пультах і постах керування технологічними процесами під час виконання робіт операторського типу слід дотримуватися оптимальних величин температури повітря 22...24⁰С, його відносної вологості 40...60% і швидкості руху повітря не більше 0.1^м/с.

Забирання забрудненого повітря здійснюється за допомогою аераційного ліхтаря, а подача свіжого – механічним вентилятором із підігрівом у холодний період. Кратність обміну повітря становить 3 рази на годину. Згідно зі стандартом «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря санітарної зони» гранична допустима концентрація SO₂ складає 10^{мг}/м³. Фактична концентрація SO₂ становить 6-8^{мг}/м³, що не перевищує допустиму норму.

Захист від опіків та інфрачервоного випромінювання здійснюється за рахунок теплоізоляції гарячих поверхонь. Температура на поверхні теплоізоляції не перевищує 45°C.

В операторському пункті керування оптимальні параметри мікроклімату та чистоти повітря забезпечуються встановленням кондиціонера:

- температура 22-24 °С;
- вологість 40-60%;
- швидкість руху повітря – менше 0,1 м/с.

7.4 Шум та вібрація

На дільниці обслуговування насосної станції присутні шум та вібрація, що викликано роботою двигунів та апаратів.

Вони негативно впливають на органи слуху, серцево-судинну та нервову системи людини, що призводить до загальної втоми і зниження працездатності.

Згідно з нормами рівень шуму на робочому місці оператора у виробничому приміщенні не повинен перевищувати 80 дБА, а в операторському пункті – 60-65 дБА.

Загальна вібрація у виробничому приміщенні на робочих місцях не повинна перевищувати 81-83 дБ, а в операторському пункті – 73-75 дБ.

Для зменшення шуму та вібрації насосної станції застосовують такі заходи:

- своєчасний ремонт та профілактика обладнання;
- віброактивне обладнання ізолюють від несучих конструкцій будівлі та встановлюють на гумові прокладки;
- обладнання, що створює шум та вібрацію (насоси, електродвигуни) розташовують на першому поверсі в окремому приміщенні;
- встановлення звукоізолюючих кожухів на електроприводи;
- дистанційне керування процесом з операторського пункту;

7.5 Виробниче освітлення

Усі виробничі та допоміжні приміщення з тривалим перебуванням у них людей повинні мати природне освітлення.

Освітлювальні мережі повинні вибиратися з урахуванням їх призначення, умов навколишнього середовища, класу вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщень, ділянок, зон .

У виробничих приміщеннях повинні застосовуватися дві системи штучного освітлення:

- система загального освітлення;
- система комбінованого освітлення, при якій у зонах розміщення робочих місць крім загального освітлення використовується додаткове місцеве освітлення.

Як джерела штучного освітлення, повинні застосовуватися люмінісцентні лампи і лампи розжарювання.

Для живлення світильників загального освітлення повинна застосовуватись напруга не вище 380/220 В змінного струму при заземленій нейтралі і не вище 220 В змінного струму при ізольованій нейтралі і постійного струму.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки для усіх стаціонарних світильників незалежно від висоти їх встановлення допускається застосовувати напругу не вище 220 В.

У приміщенні, де розташований насос, присутні природне комбіноване освітлення, яке здійснюється через односторонні бокові віконні прорізи, та аераційний ліхтар (коефіцієнт природного освітлення $e_{cp} = 2\%$). У пункті керування присутнє одностороннє бічне природне освітлення $e_{min}=0,5\%$.

Для освітлення робочого приміщення та пункту керування в нічний час використовують штучне освітлення за допомогою люмінісцентних ламп:

- робоче загальне (на дільниці – не менше 120лк, в пункті керування – 150лк);

- місцеве у ПЕОМ (рівень комбінованої освітленості – лампа розжарювання – 400 лк);

- аварійне освітлення (лампи розжарювання) використовується у виробничому приміщенні та операторському пункті (технологічні площадки, пульт керування – $E_a=8$ лк).

7.6 Техніка безпеки при експлуатації апаратів

Експлуатація технологічного обладнання насосних станцій повинна відповідати вимогам «Обладнання промислове. Загальні вимоги безпеки».

Порядок організації і проведення робіт по технічному обслуговуванню і ремонту устаткування з урахуванням конкретних умов його експлуатації визначається проектною і експлуатаційною документацією.

Для насосів (групи насосів), що перекачують горючі продукти, повинні передбачатися їхнє дистанційне відключення й установка на лініях входу й нагнітання запірних пристроїв, що відтинають, як правило, з дистанційним керуванням.

Насоси, що застосовуються для нагнітання зріджених горючих газів, легкозаймистих і горючих рідин, повинні бути оснащені:

- блокуваннями, що виключають пуск або припиняють роботу насоса при відсутності переміщуваної рідини в його корпусі або відхиленнях її рівнів у видаткових ємностях від гранично припустимих значень;

- засобами попереджувальної сигналізації про порушення параметрів роботи, що впливають на безпеку експлуатації.

Для нагнітання легкозаймистих рідин треба, як правило, застосовувати безсальникові, з подвійним торцевим, а в обґрунтованих випадках – з одинарним торцевим додатковим ущільненням насоси. Для зріджених вуглеводневих газів застосовуються, як правило, відцентровані герметичні насоси. Допускається застосування відцентрових насосів з подвійним

торцевим ущільненням.

На насосі, що подає масло на торцеві ущільнення, повинен бути передбачений блокувальний пристрій, що включає резервний масляний насос при падінні тиску масла.

На напірному трубопроводі відцентрового насоса повинен бути встановлений зворотний клапан.

Корпуси насосів, що перекачують легкозаймисті й горючі продукти, повинні бути заземлені незалежно від заземлення електродвигунів, що перебувають на одній рамі з насосами.

Усі насоси повинні бути постачені дренажними пристроями зі скиданням дренажного продукту в закриту систему утилізації.

При зупинці насоса надходження води, що служить для охолодження сальників насоса, необхідно перекрити.

Забороняється пуск парових насосів без попереднього спуску конденсату пари й прогріву парових циліндрів. При цьому засувка на викидному трубопроводі насоса повинна бути відкрита.

Не допускається розміщення на гарячих частинах насоса й трубопроводів інших предметів.

При необхідності зрушення поршня парового насоса з мертвого положення вручну, засувки на всмоктувальних і нагнітальному продуктопроводах, а також парові вентилі на паропровадах й відпрацьованої пари повинні бути закриті, а тиск знятий.

7.7 Електробезпека

Дільниця насосної станції та ПК, згідно ПВЕ «Правила влаштування електроустановок» класифікуються як приміщення з підвищеною небезпекою. Передбачають такі заходи та засоби:

- недоступність струмоведучих частин, прокладання електрокабелів під підлогою, у спеціальних каналах, приховане виконання освітлювальної проводки, ізоляція струмопровідних елементів;

- захисне заземлення всіх металевих струмопровідних частин електроустановок, корпусів електродвигунів, щитів живлення, мікропроцесорного контролера та ПЕОМ;

- застосування автоматичних вимикачів типу АП 50-2МТ від струмів короткого замикання;

- використання пониженої напруги 36 В (для аварійного освітлення щита) в операторському пункті та виробничому приміщенні;

- застосування попереджувальної сигналізації, написів, плакатів при проведенні планово-попереджувальних ремонтів і профілактичних випробувань електрообладнання;

- для ремонту та обслуговування електрообладнання допускаються спеціалісти з групою допуску не нижче 3;

- проведення організаційних заходів (спеціальне навчання, атестація та переатестація осіб електротехнічного персоналу, інструктажі тощо).

При виконанні робіт в захисному щитовому просторі із використанням електроінструмента напругою 220 чи 127 В їх необхідно заземлити, а роботи проводити в діелектричних рукавицях.

7.8 Пожежна безпека.

Система запобігання пожежі передбачає:

- поверхня елементів устаткування й трубопроводів, що мають при експлуатації температуру вище 318 К (45 °С), повинна мати огороження або теплоізоляцію на ділянках можливого зіткнення з ними обслуговуючого персоналу;

- герметичність обладнання;

- періодичний контроль цілісності ізоляції;

- наявність спеціальних місць для куріння. У цих місцях повинні бути вивішені написи «Місце для куріння»;

- періодичне проведення інструктажів з протипожежної безпеки;

- недопущення захащення приміщення горючими матеріалами;
- дотримання протипожежних правил при виконанні вогняних робіт;
- наявність системи захисту від атмосферної електрики;
- дотримання вимог регламенту при роботі на насосній станції.

Система пожежного захисту включає:

- наявність плану евакуації із насосної станції та операторної у двір заводу (два евакуаційних виходи);

- протипожежні розриви між будівлями 17 м;

- застосування негорючих будівельних матеріалів (ступені вогнестійкості);

- протипожежне водопостачання (гідранти – 4 шт; внутрішні пожежні крани – 4шт);

- наявність первинних засобів гасіння пожеж (вогнегасників ОУ-5 – 6шт);

- аварійне відключення установок, апаратури та комунікацій.

Безпека людей на випадок пожежі повинна забезпечуватися:

- конструктивно-планувальним рішенням будинків і приміщень, що гарантують можливість здійснення швидкої евакуації людей і обмежуюче поширення пожежі;

- незастосуванням горючих матеріалів, а також матеріалів, здатних поширювати горіння по поверхні й виділяти задушливі гази, для обробки стін і стель на шляхах евакуації людей.

ВИСНОВКИ

Запропоноване в магістерській роботі використання розподіленої системи управління на базі мікропроцесорного контролера «Premium» та персонального комп'ютера з програмним забезпеченням «Monitor Pro» забезпечує вирішення таких завдань:

- збір, обробка, архівування й відображення всіх параметрів, що контролюються;
- автоматичне керування технологічним устаткуванням й установками відповідно до регламентів безпечного ведення технологічного процесу;
- автоматичне формування, архівування та друк зведених звітів і паспортів.

Цілями створення АСУ є:

- безпечне завершення роботи устаткування й технологічних установок при одержанні сигналів від системи пожежної сигналізації й контролю загазованості;
- забезпечення обслуговуючого персоналу достовірною інформацією про стан і режим роботи технологічного устаткування й установок об'єктів;
- своєчасне попередження обслуговуючого персоналу про відхилення контрольованих параметрів від заданих меж;
- підвищення надійності керування технологічними об'єктами;
- підвищення точності виміру технологічних параметрів;
- запобігання несанкціонованого й некоректного втручання в режим роботи технологічного устаткування й установок.
- мінімізація участі обслуговуючого персоналу в керуванні технологічно об'єктами за рахунок вилученого керування й максимальної автоматизації виконуваних персоналом функцій;
- підвищення рівня промислової й екологічної безпеки за рахунок застосування високонадійних засобів автоматизації.

Поставлені цілі досягаються за рахунок:

- комплексної автоматизації насосного агрегату на базі застосування сучасних розподілених керуючих програмно-технічних комплексів з високою експлуатаційною надійністю;
- автоматизації виявлення, запобігання й локалізації позаштатних і передаварійних ситуацій, аварійного захисту технологічних об'єктів комплексу;
- автоматизації збору, обробки й надання оперативно-диспетчерському персоналу інформації в реальному масштабі часу про технологічні процеси;
- підвищення оперативності й обґрунтованості прийняття рішень з керування технологічними процесами;
- реалізація дистанційного регулювання, контролю й керування об'єктами станції із автоматизованих робочих місць оперативно-виробничої служби;
- підвищення вірогідності інформації про технологічні процеси;
- ефективного використання встановлених потужностей;
- виведення на екран ПЕОМ технологічних і аварійних повідомлень, їх реєстрацію у файлі повідомлень, з фільтруванням повідомлень по категоріях;
- контроль дій оператора шляхом їх реєстрації у файлі повідомлень;
- дистанційне управління технологічним процесом з клавіатури ПЕОМ;
- переключення режимів роботи контурів регулювання (ручний, автоматичний);
- управління станом виконавчих механізмів у ручному режимі, групове управління тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вязунов Е. В., Бархатов А. Ф. Быстродействие системы регулирования давления насосной станции при заданной скорости хода регулирующего элемента. *Нефтегазовое дело*: [Электронный ресурс] 2015. №2. С. 65–79. URL:
http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/VyazunovEV/VyazunovEV_2.pdf.
2. Бархатов А. Ф. Разработка методов энергоэффективной эксплуатации магистральных нефтепроводов на основе оптимизации технологических режимов :автореф. дис. ... канд. техн. наук :2017. 28 с.
3. Mandryk O. M., Olijnyk A. P., Moroz A. A. Application Of Mathematical Methods For Condition Monitoring Of Oil And Gas Facilities. *Journal of Applied Computer Science & Mathematics*. Suceava. Issue 1/2016, vol.10, No.21.
4. Кучмистенко О. В., Шавранський М. В. Перспективи застосування дистанційного контролю і керування технологічними об'єктами транспорту нафти. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2015. №1(23). С. 32–38.
5. Zamikhovskii L. M., Oliinyk A. P., Klapoushchak O. I., Shtaiyer L. O. The flood process mathematical modelling an their prediction methods based on static data. *Life Science Journal*. 2014;11(8s).P.473–477.URL:
http://www.lifesciencesite.com/lcj/life1108s/104_25000life1108s14_473_477.pdf
6. Борин В. С., Играк М. С. Интеллектуальна система керування технологічним процесом регенерації диетиленгліколю. *Нафтогазова енергетика*. 2017. № 1(27). С. 89–98.
7. Park R. Two-Reaction Theory of Synchronous Machines. *Generalised Method of Analysis* : AIEE Trans., 1933. 352p.

8. Kostyshyn V. S., Kurlyak P. O. Simulation of performance characteristics of centrifugal pumps by the electro-hydrodynamic analogy method. *Journal of Hydrocarbon Power Engineering*. 2015. Vol. 2. Issue1. p. 24–31.
9. Luo Y., Yuan S., Sun H., Guo Y. Energy-saving control model of inverter for centrifugal pump systems. *Advances in Mechanical Engineering*. 2015. Vol. 7(7) P. 1–12. URL: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1687814015589491>.
10. Костишин В. С., Яремак І. І. Математична модель надійності та ефективності роботи насосного агрегата нафтоперекачувальної станції. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2017. №5(161). С.62–68.
11. Ладанюк, А. П. Теорія автоматичного керування : курс лекцій. Ч. 1. / А. П. Ладанюк. – В. : Нова книга, 2004. – 184 с.
12. Куцик А. С., Місюренко В. О. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерів. - Львів: Видавництво Львівської Політехніки, 2015. - 200с
13. Ладанюк А.П. Комплексування методів керування в системах автоматизації, Київ 2016.- 99 с.
14. Ігнатова, Ю.В. Математичне моделювання в управлінні [Текст]: автореферат. канд. економ. наук, спец.: 08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці /Ю.В. Ігнатова. – К.: Київський нац. економічний ун-т ім. В. Гетьмана, 2014. – 21 с.
15. Моргунов К.П. «Насосы и насосные станции» 2016. 172-201с.
16. Ухин Б.В. «Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод» 2016. 105-119с.