

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 20 р.

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка системи автоматичного керування шахтною насосною
установкою в зоні промислового використання насосів»

Виконав: студент 4 курсу, групи АКТ-16

(шифр групи)

спеціальності

151 Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Ільїнов О.Б.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник зав. кафедри АТ к.т.н., доц. В.В.Поцєпаєв

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

(підпис)

Рецензент

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

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент

(підпис)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації

(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
(дата)

з оцінкою _____
секретар ДЕК _____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка системи автоматичного керування шахтною насосною установкою в зоні промислового використання насосів»

Виконав студент групи АКТ-16 _____ Ільїнов О.Б.
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Керівник _____ к.т.н., доц. В.В.Поцєпаєв
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Зав. каф. автоматики та телекомунікацій _____ к.т.н., доц. В.В.Поцєпаєв
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Консультанти _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

_____ (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

_____ (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Нормоконтролер _____ Д.О.Жуковська
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки
Кафедра автоматика та телекомунікації
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____/_____
“ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я **НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Ільїнов Олександр Борисович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи автоматичного керування шахтною насосною установкою в зоні промислового використання насосів»

керівник роботи: Поцєпаєв В.В. зав. каф. АТ

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

затверджені наказом від “ ” року №

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи: Система автоматичного управління шахтною водовідливною установкою

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно дослідити):

- 1) Аналіз шахтної водовідливної установки як об'єкта атоматизації.
- 2) Аналіз існуючих методів управління шахтною водовідливною установкою .
- 3) Розробка своєї системи автоматичного керування шахтною водовідливною установкою..

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

- 1) Блок-схема алгоритма управління водоотливной установкой частина 1 і 2
- 2) Структурна схема удосконаленої апаратури ВАВ.1М
- 3) Структурна схема розроблювального пристрою УНЗ
- 4) Функціональная схема проектируемого устройства

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Затвердження теми дипломної роботи та наукового керівника	17.04.20	
	Огляд стану проблеми, що вирішується у дипломній роботі, та постановка задачі	18.04.20- 24.04.20	
	Виклад загальних теоретичних основ, які використовуються у дипломній роботі	25.04.20- 27.04.20	
	Аналіз способів автоматизації шахтної водовідливної установки	28.04.20- 15.05.20	
	Розробка системи автоматичного керування шахтної водовідливної установки	17.05.20- 03.06.20	
	Представлення дипломної роботи керівнику	05.06.20	
	Захист дипломної роботи	16.06.20	

Студент

_____ **Ільїнов О.Б.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ **Поцєпаєв В.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Лист зауважень

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Ільїнов Олександр Борисович «Розробка системи автоматичного керування шахтною насосною установкою в зоні промислового використання насосу». Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступення «бакалавр» за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2020.

Робота містить 64 сторінки, складається з вступу, 4 розділів, висновку, 20 переліків використаних джерел з найменувань, 21 рисунків.

Мета роботи - підвищення рівня автоматизації шахтного водовідливу шляхом підтримки роботи насосної установки в зоні промислового використання насоса.

В кваліфікаційній роботі вирішені такі основні задачі:

- проведено аналіз процесу головного водовідливу шахти як об'єкта автоматизації;
- проведено аналіз існуючих способів управління насосною установкою і вибрати найбільш доцільний;
- проведено дослідження перехідних процесів при регулюванні насосної установки по подачі;
- розробленна алгоритмізація системи управління насосною установкою;
- Розробленні схемотехнічні рішення системи управління насосною установкою.

Практичним результатом кваліфікаційної роботи є діюча система автоматичного керування шахтною водовідливною установкою.

Ключові слова: АВТОМАТИЗАЦІЯ, НАСОС, ШАХТА, ВОДОВІДЛИВ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ШАХТНА ВОДОВІДЛИВНА УСТАНОВКА ЯК ОБ'ЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ	11
2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ	18
2.1 Регулювання роботи насосів.....	18
2.2 Регулювання основної (запірної) засувки на виході.....	21
2.3 Зміна числа обертів вала агрегату.....	26
2.4 Порівняння двох методів	30
2.5 Обґрунтування напряду автоматизації процесу головного водовідливу шахти	33
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ	36
3.1 Алгоритмізація розроблювального пристрою	36
3.2 Обґрунтування і розробка схемотехнічного рішення пристрою автоматизації	40
3.3 Розробка функціональної схеми проектного пристрою.....	48
3.4 Розробка математичної моделі управління насосом в зоні промислового використання	49
3.5 Дослідження перехідних процесів при регулюванні насосної установки по подачі.....	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	54
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

ВСТУП

Водовідливні установки гірничих підприємств, що відпрацьовують обводнені ділянки, являють собою складний енергомеханічний комплекс, автоматизація якого дуже актуальна.

Основне завдання автоматизації полягає у вивільненні обслуговуючого персоналу, забезпечення надійності та економічного функціонування процесу водовідливу, що дозволяє виключити затоплення гірничих виробок і створити нормальні умови для ведення гірничих робіт.

З огляду на різноманіття типів водовідливу, різноманітність гідрогеологічних і гірничотехнічних умов шахт і копалень, для автоматизації цього процесу використовується, як правило, серійна апаратура.

Структура та обсяг роботи. Робота складається з чотирьох розділів де розглядаються існуючі способи автоматизації шахтної водовідливної установки, після чого на основі цього аналізу розробляється своя система. Обсяг роботи 64 сторінок

Метою роботи являється підвищення рівня автоматизації шахтного водовідливу шляхом підтримки роботи насосної установки в зоні промислового використання насоса.

В кваліфікаційній роботі вирішені такі основні **задачі**:

- проведено аналіз процесу головного водовідливу шахти як об'єкта автоматизації;
- проведено аналіз існуючих способів управління насосної установки і вибрати найбільш доцільний;
- проведено дослідження перехідних процесів при регулюванні насосної установки по подачі;
- розробленна алгоритмізація системи управління насосною установкою;
- Розробленні схемотехнічні рішення системи управління насосною установкою.

Об'єктом дослідження є система автоматичного керування шахтною водовідливною установкою.

Предметом дослідження є аналіз різних способів проєктування автоматичних систем.

Актуальність теми. Водовідлив гірничих підприємств є важливим елементом всього комплексу гірничотехнічного обладнання, і його надійна робота багато в чому визначає безперебійність і безвідмовність ведення гірських робіт з видобутку корисних копалин.

Водовідливна установка — великий споживач електроенергії (до 20% загальної витрати енергії), вона належати до 1-ї категорії по надійності електропостачання. Економічна робота водовідливних установок гірничих підприємств і раціональний режим їх електроспоживання в комплексі «енергосистема — споживач» істотно впливають на економіку підприємства і галузі в цілому.

Водовідливні установки повинні забезпечувати надійне відкачування води з підземних виробок при можливо менших експлуатаційних витратах. Для здійснення цих вимог головні водовідливні установки повинні бути повністю автоматизовані або управлятися за допомогою дистанційних і телемеханічних систем.

Автоматично працююча апаратура, яка виконує операції замість машиністів, забезпечує точність, безпомилковість і своєчасність цих операцій. Це дозволяє продовжити міжремонтні терміни шляхом виключення випадків холостої роботи водовідливу і дає можливість економити значні кошти. Економічна ефективність автоматизації досягається внаслідок підвищення ефективності та надійності використання обладнання шляхом контролю справної роботи у встановлені та перехідні періоди роботи, зниження числа пусків і виключення холостого ходу насосних агрегатів, виконання технологічних захистів і ін.

Нині в гірській промисловості більшість водовідливних установок автоматизовано із застосуванням серійно випускній апаратурі. Одночасно з цим в експлуатації знаходиться багато автоматизованих водовідливних установок, виконаних за індивідуальними проектами з використанням набору наявної на підприємстві контактної й безконтактної апаратури. Це пояснюється як занепадницьким станом гірничої промисловості, так і різноманітністю гідрогеологічних і гірничотехнічних умов шахт, відкачування кислотних шахтних вод і розкриттям глибоких горизонтів. Багато з раніше випущених комплектів апаратури автоматизації водовідливних установок морально застаріли й вимагають застосування сучасних технологій і технічних рішень.

Відомо, що робочий режим в координатах $H-Q$ графічно визначається точкою перетину напірних характеристик насоса і трубопровідної мережі. Відхилення режиму від розрахункового може статися тільки внаслідок зміни цих характеристик в процесі експлуатації в результаті підвищеного зносу

устаткування при перекачуванні кислих вод або «заростання» елементів трубопровідної мережі. Тому необхідний постійний автоматичний контроль робочих параметрів і режимів роботи насосних агрегатів.

Характеристика насоса в процесі експлуатації може змінюватися з різних причин: підсос повітря в трубопроводі, що підводить, знос ущільнень на робочих колесах, забивання всмоктувального перетину робочого колеса інерідними тілами, збільшення опору трубопроводу, що підводить і т.д.

Однак, хоч би якою була причина зміни характеристик, ефект у всіх випадках виявляється однаковим — напір насоса в зоні промислового використання знижується. Заводом-виробником для кожного типу насоса встановлюється допустимий діапазон зміни його експлуатаційних параметрів — зона промислового використання насоса, а також граничне положення кривої його напірної характеристики щодо початкової, паспортної характеристики. При цьому допускається зниження напірної характеристики насоса не більше ніж на 10% від номінальної, після чого експлуатація насоса вважається неприпустимою і насос зупиняють на ремонт (заміну зношених робочих коліс).

Разом з тим, існуюча базова апаратура управління водовідливною установкою не здійснює контроль параметрів зміни місця розташування робочої точки на напірної характеристики насоса і тому не забезпечує його роботу в зоні промислового використання при зміні зазначених характеристик під час експлуатації. Це призводить до непродуктивних витрат електроенергії на водовідлив внаслідок зниження робочого тиску в трубопровідній мережі та відповідного йому зниження ККД насоса, а також до виникнення явища кавітації в трубопроводі, що підводить і в самому насосі.

Тому розширення функціональних можливостей існуючої базової апаратури автоматизації головної водовідливної установки шляхом використання в ній принципово нових методів та засобів управління установкою в зоні промислового використання насоса є актуальною темою.

1 ШАХТНА ВОДОВІДЛИВНА УСТАНОВКА ЯК ОБ'ЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Об'єктом дослідження цієї дипломної роботи є насосна установка головного водовідливу шахти. Вона являє собою комплекс енергомеханічного обладнання (насоси, їх приводні двигуни, трубопроводи з арматурою), який служить для відкачування підземних вод з гірничих виробок. Головну водовідливну установку розташовують в районі окоlostвольного двору.

Насосна установка головного водовідливу шахти, технологічна схема якої приведена на рисунку 1.1, складається з приймального колодязя 1; трубопроводу, що підводить 2, обладнаного приймальні сіткою ПС і зворотним клапаном ЗК; насоса 3; нагнітального трубопроводу 4 зі зворотним клапаном ЗК, регулювальної засувкою ЗР з приводом ПЗ і двома кінцевими вимикачами, один з яких (КВЗ) контролює закритий стан засувки, інший (КВО) - відкрите її стан; витратоміра змінного перепаду тиску Р, встановленого на трубопроводі, що підводить; манометра М, встановленого на нагнітальному патрубку насоса.

У насосній камері розміщуються насосні агрегати, трубопроводи з арматурою, пускорегулюючі апарати, апаратура автоматизації та контрольно-вимірювальні прилади. Водозбірник служить для збору і освітлення води, яка через ходок і приймальний колодязь надходить у всмоктуючий колодязь[8].

Головна водовідливна установка відповідно до вимог правил безпеки обладнується не менше ніж трьома насосними агрегатами, а по стовбуру прокладаються не менше двох нагнітальних трубопроводів. Кожен насос і нагнітальний трубопровід включаються в роботу по черзі, кожен з них розрахований на відкачування нормального добового припливу, і тільки при підвищеному притоці (навесні, восени) передбачається одночасне включення двох насосів і трубопроводів.

У практиці водовідливу гірничих підприємств переважне застосування знайшли відцентрові високонапірні секційні насоси ЦНС з подачею 40-1000 м³ / год і напором 900-1300 м при частоті обертання 1475-2950 хв-1. Кількість секцій насосів від 2 до 8-10.

В якості електроприводу насоса водовідливних установок в основному застосовуються асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором і рідше — асинхронні з фазним ротором. Для насосів типу ЦНС застосовуються електродвигуни з короткозамкненим ротором в нормальному виконанні єдиної серії А й АТ. А для водовідливних установок, які працюють у вибухонебезпечних умовах, застосовують електродвигуни серій МА, КО, ВАО потужністю до 1600 кВт і серії «Україна» потужністю до 630 кВт на напругу 6000 В.

Залежно від подачі водовідливні установки обладнуються трубопроводами діаметром від 100 до 400 мм при відкачці води під тиском 1-10 МПа. Як водовідливого трубопроводу використовуються сталеві безшовні гарячекатані труби по ГОСТ 8732-72 з зовнішнім діаметром 25-820 мм при товщині стінок 2.5-7.5 мм.

Один з головних параметрів, що визначають пристрій водовідливної установки, вибір насоса, тривалість і циклічність його роботи, — значення водотоку в гірничі виробки і його динаміка в процесі експлуатації підприємства. Вода в гірничі виробки надходить безперервно, її кількість залежить від площі гірських робіт, водовбирности вміщаючих порід, поверхневих джерел і т.п.

Як відомо, найбільш агресивна до металу кислотна вода, тому водовідливна установка обладнується насосами, трубопроводом і запірною арматурою в кислотостійку виконанні. Крім того, вода містить тверді суспензії, які завдяки освітленню води частково осідають у вигляді мулу, а близько 40% їх видаляється робочими насосами, що викликає інтенсивний і передчасний знос останніх.

До основних параметрів, що характеризують роботу насосної установки, відносяться[10]:

- натиск H_n (м) - питома енергія, що повідомляється насосом рідини;
- натиск при нульовій подачі H_0 (м) - напір насоса при закритій засувці, встановленій у напірного патрубку насоса;
- вакуумметрична висота всмоктування $H_{\text{вак}}$ (м) - висота всмоктування, яка визначається за вакуумметром;
- допустима вакуумметрична висота всмоктування $H_{\text{вак.доп}}$ (м) - висота, при якій забезпечується робота насоса без зміни його основних технічних параметрів;
- температура підшипників t ;
- нормальний приплив води в шахту $Q_{\text{н.п}}$ (м³ / ч) - обсяг рідини, що надходить в водозбірник в одиницю часу;
- потужність на валу насоса N (кВт) - потужність, споживана насосом.

Робота головної водовідливної установки характеризується шістьма механічними характеристиками, чотири з яких є індивідуальними характеристиками насоса (криві тиску, ККД, потужності і кавітації) і дві - характеристики підвідного та нагнітального трубопроводів. Будь-яка з перерахованих характеристик може змінюватися в залежності від технологічних і експлуатаційних умов на водовідливні.

Економічна і надійна робота водовідливної установки багато в чому визначається умовами фактичного режиму роботи насоса на зовнішню мережу, які в процесі експлуатації постійно змінюються внаслідок підвищеного зносу устаткування при перекачуванні вод зі звітками, кислих вод, «заростання» елементів трубопровідної мережі. Як вже було зазначено раніше, робочий режим в координатах Н-Q графічно визначається точкою перетину напірних характеристик насоса і трубопровідної мережі.

З огляду на те, що погіршення робочих параметрів відбувається в результаті сукупної зміни характеристик насоса і трубопроводу, для визначення робочої точки необхідний контроль як мінімум двох параметрів: подачі та напору. В період експлуатації по ряду причин відбувається відхилення режиму роботи насосів від нормального, при цьому змінюється подача і тиск. Найважливішим показником є зміна подачі.

Щоб робота насоса була економічною, його режим повинен бути в межах робочої ділянки характеристики, обмежуючого значеннями ККД:

$$\eta_{\text{доп}} = (0,85-0,95) \cdot \eta_{\text{max}}$$

Де η_{max} - максимальне значення ККД. На рисунку 1.2 наведено графік зміни напірних характеристик насоса і трубопровідної мережі, де Q, Н - поточне значення відповідно подачі та напору; $H_m = f(Q)$, $H_c = \varphi(Q)$ - відповідно графіки напірних характеристик машини (насоса) і трубопровідної мережі; Про — робоча точка; Q_0 , Q_1 і Q_2 (H_0 , H_1 і H_2) - відповідно робоча, мінімальна і максимальна подача (напір) насоса в робочій зоні. Заштрихований прямокутний трикутник, катети якого проведені через точки 1 і 2, визначає зону промислового використання насоса. Права межа цієї зони (точка 1) обмежує роботу насосної установки за умовою можливого виникнення кавітаційних режимів, а ліва (точка 2) - неприпустимим зниженням ККД.

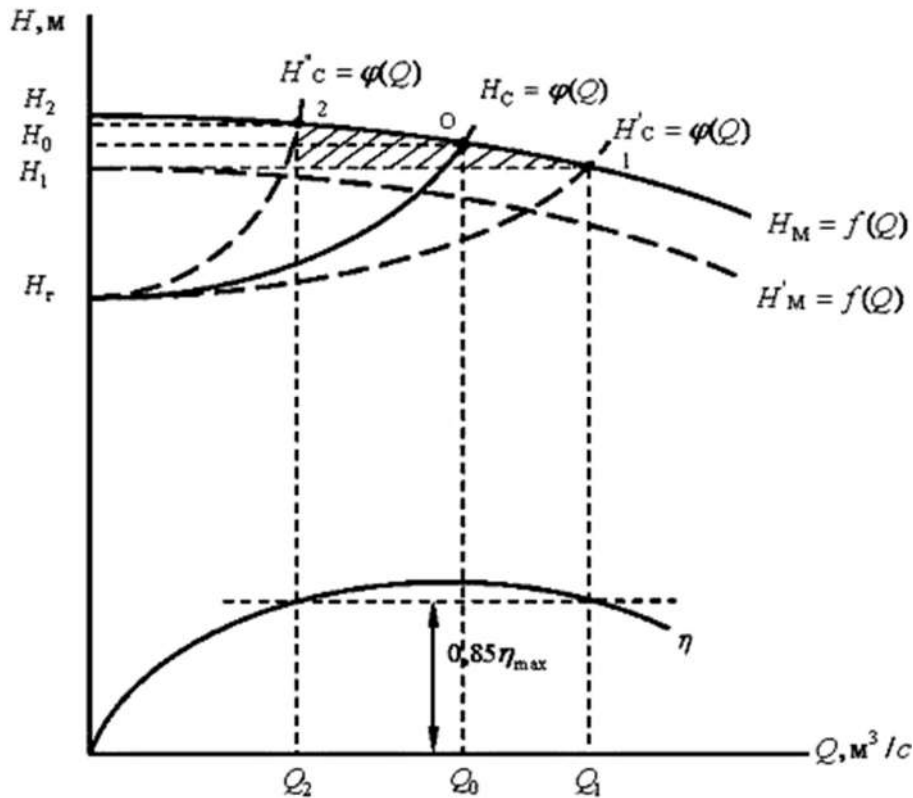


Рисунок 1.2 - Графік зміни напірних характеристик насоса і трубопровідної мережі

Однак забезпечення режиму в межах робочої ділянки характеристики є необхідною, але недостатньою умовою для ефективної роботи насоса. Слід також враховувати можливість виникнення кавітації в потоці рідини, що рухається по всмоктувальному трубопроводу, підводі і на вході в робоче колесо насоса.

Кавітацією називають перехід локальних обсягів рідини в парогазових стан і назад в результаті різких коливань місцевих тисків рідини.

Обумовлена кавітація локальним зниженням тиску нижче критичного внаслідок великих швидкостей течії рідини або звуковою хвилею.

Бульбашки кавітацій, утворені локальним зниженням тиску рідини, при підвищенні тиску різко закриваються. Причому процес освіти й зростання порожнин відбувається відносно повільно, тоді як схлопування протікає з надзвуковою швидкістю, породжуючи ударну хвилю. При закритті бульбашок тиск, що досягає десятків і навіть сотень тисяч атмосфер, настільки різко зростає (як при вибуху), що поверхні твердих тіл, що знаходяться в зоні кавітації, не витримують і піддаються руйнуванню.

Кавітацію супроводжує ряд небажаних явищ[11]:

- Ерозія матеріалу стінок — створенні бульбашки пара, потрапляючи в область підвищених тисків, миттєво конденсуються, при змиканні навколишні частки рідини бульбашки рухаються з прискоренням до центру бульбашки, і при повному зникненні бульбашки ці частинки стикаються, створюючи миттєве місцеве підвищення тиску, яке може досягати великих значень. Такі тиски на робочих поверхнях каналів колеса призводять до сильних ударів, вищербленню, роз'їданню стінових матеріалів;
- підвищення вібрації, яка призводить до швидкого зношування підшипників;
- швидка корозія робочих органів насоса при виділенні парів хімічно активної рідини;
- звуження прохідного перерізу підвідних каналів і повний зрив роботи насосів при активному холодному кипінні, що пов'язано з виділенням розчинених газів, в тому числі і повітря, з рідини під час проходження нею області вакууму.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ

2.1 Регулювання роботи насосів

У практиці експлуатації насосів нерідко доводиться вдаватися до регулювання їх параметрів, головним чином подачі, рідше — напору. Так, наприклад, режим роботи меліоративних насосних станцій диктується графіком водоподання, які мають значні коливання в часі й протягом поливного сезону, а іноді й протягом доби. Цим викликається необхідність регулювання подачі насосної станції. Регулювання подачі може також мати місце на насосних станціях міського водопостачання, на гідроаккумуляторних установках, на установках для перекачування нафти, на циркуляційних і поживних насосах теплоелектростанцій і т. д.

Під регулюванням насоса розуміють процес довільної зміни його подачі для забезпечення необхідної її величини.

Насос і зовнішня мережа утворюють єдину систему, рівноважний стан якої визначається матеріальним і енергетичним балансом. Матеріальний баланс виражається умовою рівності подачі насоса витраті у зовнішній мережі, енергетичний - рівністю напору насоса напору, споживаного мережею. Графічно умова матеріального й енергетичного балансу системи виражається точкою перетину характеристик насоса і мережі. При даних характеристиках насоса і мережі існує тільки одна точка, що відповідає умовам стійкої рівноваги. Величина водоспоживання, як правило, змінюється в часі, відповідно до чого повинна переміщатися робоча точка системи. З цією метою необхідно регулювати подачу насоса.

У зв'язку з тим, що робоча точка системи визначається характеристиками як насоса, так і мережі, то регулювати подачу можна за рахунок зміни характеристики мережі (кількісний метод) або за рахунок зміни характеристики насоса (якісний метод). Зміна подачі й напору насосної установки шляхом зміни характеристики мережі можна домогтися зміною статичної складової опору системи (геометричної висоти нагнітання або всмоктування, тиску над поверхнею рідини в приймальному резервуарі), зміною гідравлічного опору руху рідини у всмоктувальному або напірному трубопроводі, зміною схеми мережі.

Якісно робота системи «насос-мережа» регулюється зміною частоти обертання робочого колеса насоса, геометрії проточних каналів насоса і кінематики потоку на вході в робоче колесо.

Існують також комбіновані способи регулювання, при яких зміна характеристики мережі і зміна характеристики насоса відбуваються одночасно і взаємопов'язано.

До кількісних методів регулювання лопатевих насосів відносяться:

- дроселювання напірної сторони насоса;
- дроселювання всмоктуючої сторони насоса;
- перезапуск;
- скидання частини піднятого кількості води в нижній б'єф;
- впуск повітря у всмоктувальну трубу насоса;
- авторегулювання (зміна статичної складової напору);
- комбінацією включення паралельно / послідовно працюють ступенів в багатосекційних насосах;
- застосування баків-гідроаккумуляторів;

На великих насосних станціях застосовують такі способи регулювання, які також можна віднести до кількісних методів:

- застосування ячеистого заспокоювача в аванкамері насосної станції;
- застосування перепускного трубопроводу, що з'єднує нитки напірних комунікацій великих насосних станцій;
- зміна числа паралельно працюючих насосів (застосування розмінних агрегатів).

До якісних методів регулювання відносяться:

- зміна частоти обертання робочого колеса;
- зміна кута установки лопастей направляючого апарату на вході в робоче колесо насоса;
- зміна кута установки лопастей направляючого апарату на виході з робочого колеса насоса;
- зміна ширини робочого колеса;
- зміна ступеня відкриття поперечного перерізу каналів робочого колеса;
- зміна кута установки лопастей робочого колеса;
- саморегулювання;
- обточування робочого колеса.

До комбінованих способів регулювання відносяться:

- саморегулювання з перепуском;
- перепуск по малому контуру з закруткою потоку перед робочим колесом;
- дросселировання з перепуском;
- перепуск з підкруткою;
- дросселировання і зміна частоти обертання робочого колеса;
- комбінація лопастного і водострумного насосів.

Нині найбільшого поширення в шахтній практиці отримали наступні два основні способи регулювання режиму роботи насоса: регулювання основної (запірної) засувки та зміна числа обертів вала агрегату.

2.2 Регулювання основної (запірної) засувки на виході

Дроселювання — гасіння частини напору, що створюється насосом, за допомогою штучно вводиться в напірну або всмоктувальну лінію гідравлічного опору (рис. 2.1). Зазвичай дроселювання досягається частковим закриттям засувки на напірному трубопроводі насоса. Даний спосіб є найбільш простим і поширеним, але разом з тим найменш економічним, бо частина напору, що створюється насосом, марно витрачається на подолання опору засувки та при цьому розсіюється відповідна потужність.

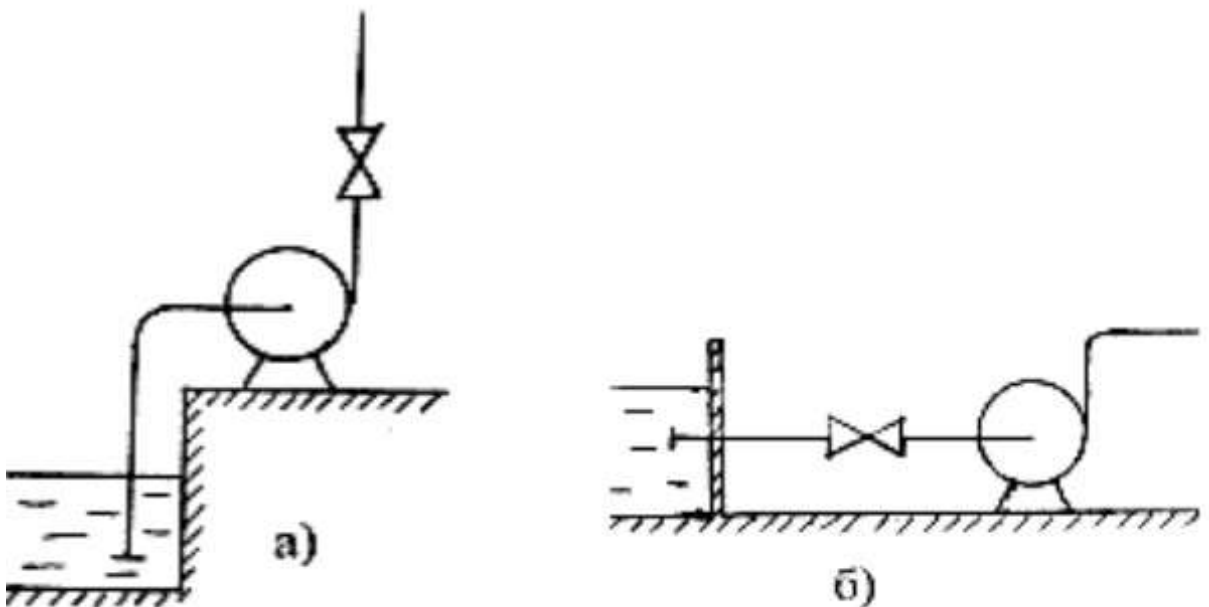


Рис. 2.1 Регулювання подачі лопасного насоса дроселюванням напірної (а) і всмоктуючої (б) сторони

На рис. 2.2 показані характеристики насоса 1, мережі 2, ККД насоса 3 (крива 3 'відображає ККД насосної установки). Робочій точці А відповідає подача насоса Q_A . Якщо за умовами роботи системи в неї слід подавати рідину з витратою Q_B , меншим витрати Q_A , прикривають засувку на напірному патрубку насоса, зменшуючи його подачу (характеристики мережі 2 ', 2 ", 2''' відповідають різного ступеня відкриття дроселюючого органу). Для визначення режиму роботи насоса з точки Q_B проведемо пряму, паралельну осі ординат. Вона перетне характеристику системи в точці С і характеристику насоса — в точці В. Різниця ординат цих точок h_w є зайвим натиском, підлягає «погашення» опором засувки. Втрачається при регулюванні потужність визначається виразом:

$$\Delta N = (9.81 \cdot Q_B \cdot h_w) / \eta_B,$$

де h_w - натиск, що втрачається в дроселюючій засувці,

η_B - ККД насоса, відповідний подачі Q_B .

Коефіцієнт корисної дії регульованою установки визначається виразом

$$\eta_y = \eta_B \cdot \eta_m \cdot H_C / H_B,$$

де H_C - натиск, необхідний для подачі витрати Q_C ,

H_B - напір, що розвивається насосом при подачі витрати Q_B ,

допомогою гідродвигуна 6, розміщеного у втулці робочого колеса. При максимальній подачі насос працює з відкритими вхідними отворами каналів робочого колеса. При необхідності змінити подачу за допомогою гідродвигуна 6 повертають циліндр 2, який перекриває вхідні отвори каналів робочого колеса.

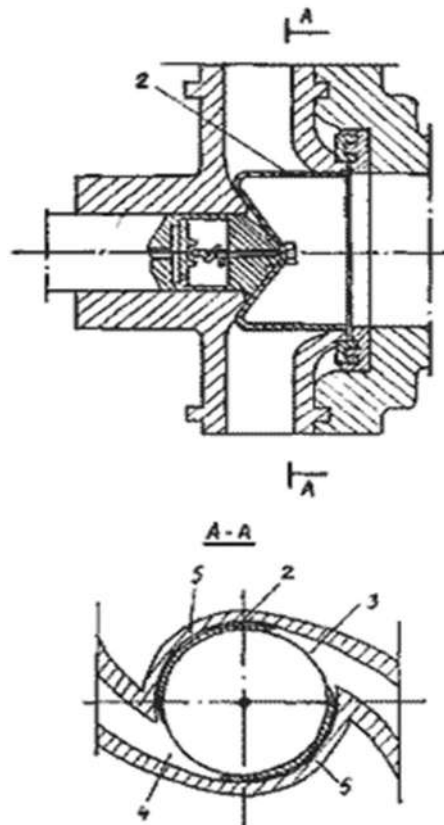


Рис. 2.3. Схема відцентрового насоса, регульованого зміною ширини вхідних отворів робочого колеса

На рис. 2.4 зображена характеристика мережі 2, насоса 1 і скорочені характеристики 1', 1'', що відповідають різного ступеня відкриття дросельної засувки на всмоктувальному трубопроводі. Скорочена характеристика є характеристика насоса, віднесена до якоїсь точки трубопроводу після засувки. Для отримання скороченої характеристики від взятої точки відкладають втрати напору на ділянці від насоса до даної точки. Різниця ординат характеристики насоса і побудованої характеристики втрат напору дасть редуційну характеристику.

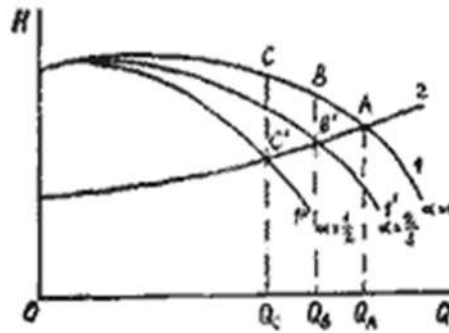


Рис. 2.4. Характеристики насоса і мережі при регулюванні дроселюванням всмоктувальної сторони

Спосіб регулювання всмоктувальною засувкою особливо вигідний при пологій характеристиці системи. Якщо за умовами всмоктування допустимо регулювання всмоктувальною засувкою, надійніше застосувати комбіноване регулювання за допомогою всмоктувальною та напірної засувки. На рис. 2.5 представлений один з можливих способів конструктивного виконання насоса, регульованого даними способом.

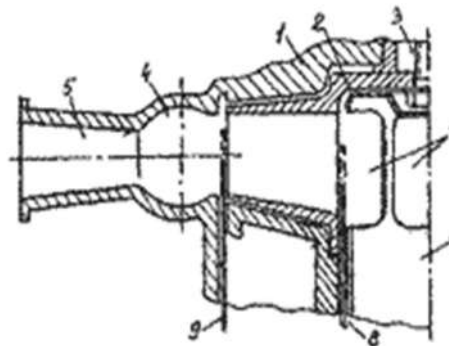


Рис. 2.5. Схема відцентрового насоса, регульованого одночасним дроселюванням всмоктуючої та напірної сторони

Насос містить корпус 1, робоче колесо 2, встановлене на валу 3. В корпусі 1 є збірник (равлик) 4. Робоча рідина виводиться з насоса по тангенційно розташованому патрубку 5, а надходить в порожнину колеса по вхідному патрубку через розташований уздовж його осі опорний стакан 6 з вікнами 7. Між склянкою 6 і вхідними краївками робочого колеса 2 розміщений регульований клапан 8. Між вихідними краївками робочого колеса 2 і

порожниною збірника 4 встановлена циліндрична заслінка 9, регулююча вихід робочої рідини з робочого колеса. Регулює режими роботи насоса здійснюється синхронним переміщенням клапана 8 і заслінки 9 в осьовому напрямку. Під час роботи насоса на режимі мінімальних витрат клапан 8 і заслінка 9 встановлюються в положення, показане пунктиром. Для роботи насоса на проміжних режимах клапан 8 і заслінка 9 встановлюються в необхідне проміжне положення, забезпечуючи оптимальні енергетичні характеристики системи у всьому робочому діапазоні

2.3 Зміна числа обертів вала агрегату

Зміна частоти обертання робочого колеса. Цей спосіб регулювання в економічному плані значно ефективніше інших.

При зміні частоти обертання робочого колеса насоса з n_1 до n_2 його характеристики $Q-H$, $Q-N$, і $Q-\eta$ змінюються за законом подібності:

$$Q_A/Q_B = n_1/n_2, \quad H_A/H_B = (n_1/n_2)^2, \quad N_A/N_B = (n_1/n_2)^3,$$

де Q_A , H_A , N_A - подача, напір і потужність насоса, відповідні частоті обертання робочого колеса n_1 ;

Q_B , H_B , N_B - подача, напір і потужність насоса, відповідні частоті обертання робочого колеса n_2 .

При незмінній характеристиці мережі 4 (рис. 2.6) подача насоса зменшиться з Q_A до Q_B

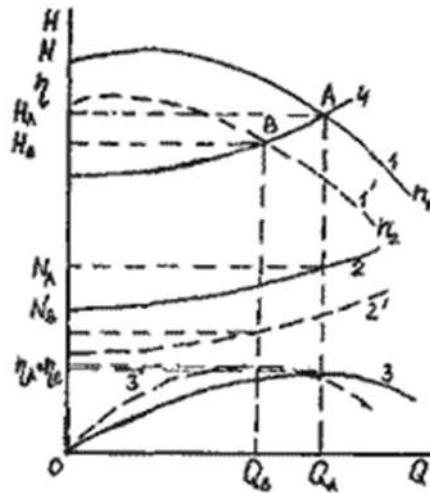


Рис. 2.6. Характеристики насоса і мережі при регулюванні зміною частоти обертання робочого колеса

Через те, що у всіх режимах роботи натиск насоса дорівнює опору мережі, скорочуються непродуктивні втрати в системі «насос-мережа». Економічність при регулюванні насосів зміною частоти обертання n знижується тільки від того, що робоча точка системи при зміні n відхиляється від режиму максимального ККД. Це відхилення тим більше, чим більше статична складова опору мережі.

У більшості випадків насоси мають привід від асинхронних короткозамкнених електродвигунів, частота обертання яких не регулюється. Для регулювання частоти обертання насосів з приводом від асинхронного короткозамкнутого електродвигуна рекомендуються наступні системи:

- з механічним редуктором (з регульованим числом передачі);
- з електромагнітною муфтою ковзання;
- з електромагнітною муфтою з явно вираженими полюсами;
- з індукторні муфтами;
- з гідромуфтами (гідротрансформаторами).

У всіх цих випадках асинхронний двигун працює в номінальному режимі, однак більш ніж у два рази збільшуються габаритні розміри агрегату. Для електромагнітних муфт необхідне джерело постійного струму. ККД систем не перевищує 0,6.

Регулювати асинхронні двигуни можна внаслідок зміни частоти в мережі, числа пар полюсів двигуна або ковзання

ККД електродвигуна залежить від його навантаження, тобто відносини робочої потужності насоса до номінальної потужності двигуна. При регулюванні подачі насоса частотою обертання за допомогою асинхронного двигуна з фазним ротором необхідно враховувати також втрати в регулюючому реостаті, що визначаються з виразу:

$$\eta_{\text{дв}} = \eta_{\text{ас.дв}} \cdot n / n_{\text{н}}$$

де $\eta_{\text{дв}}$ - повний ККД двигуна з реостатом;

$\eta_{\text{ас.дв}}$ - ККД асинхронного двигуна, що залежить від навантаження;

n - робоча частота обертання валу двигуна;

$n_{\text{н}}$ - номінальна частота обертання валу двигуна.

При регулюванні частоти обертання за допомогою тиристорного перетворювача частоти його ККД визначають залежно від ставлення вихідного робочої напруги до номінального:

$$u / u_{\text{н}} = [(M \cdot n) / (M_{\text{н}} \cdot n_{\text{н}})]^{1/2},$$

де u , M , n - робочі значення напруги, моменту і частоти обертання валу насоса;

$U_{\text{н}}$, $M_{\text{н}}$, $n_{\text{н}}$ - номінальні значення тих же величин.

Для регулювання подачі насоса запропоновано комбінований спосіб, що поєднує зміна частоти обертання робочого колеса насоса з дроселюванням. На рис. 2.7 зображені характеристики насоса 1 і мережі 3.

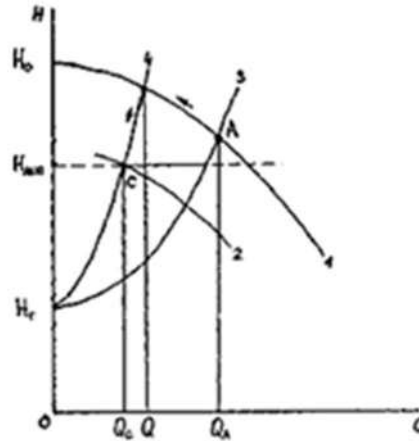


Рис. 2.7. Характеристики насоса і мережі при регулюванні зміною частоти обертання робочого колеса і дроселюванням

Подача насоса, що визначається їх перетином, дорівнює Q_a . Нехай потрібно змінити подачу насоса до величини Q_c і при цьому напір повинен бути мінімально допустимим і в процесі регулювання не знижуватися менше $H_{\text{доп}}$. Для цього спочатку здійснюють дроселювання трубопроводу до витрат, що визначається співвідношенням:

$$Q = Q_c \cdot [(H_0 - H_g) / (H_{\text{доп}} - H_g + k \cdot Q_c^2)]^{1/2}$$

(Характеристика мережі визначається кривою 4), а потім зменшують частоту обертання робочого колеса до значення

$$n = n_0 \cdot [(H_{\text{доп}} \cdot k \cdot Q_c^2) / H_0],$$

де n_0 - вихідна частота обертання насоса.

При цьому робоча точка переходить в точку С, а характеристика насоса визначається кривою 2.

2.4 Порівняння двох методів

Регулювання основної (запірної) засувки на виході з насоса (на початку напірної лінії). Відомо, що кожна насосна установка на виході завжди повинна мати запірну засувку. При повністю закритій запірній засувці може здійснюватися пуск в роботу насосної установки. Однак ця засувка може використовуватися як регулятор для зміни подачі та напору в процесі експлуатації. У разі відкриття засувки подача (Q) зростає, але зростає і споживаєма потужність, величина якої обмежена потужністю приводу. При закритті засувки погіршується гідравлічний робочий процес самого насоса, в ньому з'являються (при малих витратах) зворотні струми рідини, вібрація і шум, а також нагрів всього агрегату і проточного тракту. Природно, всі ці відхилення, викликані дроселюванням вихідної засувки, тягнуть за собою втрати енергії.

Зміна числа обертів вала агрегату, що досягається шляхом застосування спеціальних пристроїв (типу тиристорних перетворювачів частоти), що дозволяють змінювати число обертів вала електродвигуна. Цей спосіб значно здорожує й ускладнює обслуговування установки, але дозволяє при нових числах оборотів зберегти подібну насосних характеристик, в яких зміна подачі, напору і потужності пропорційні першій, другій та третій ступені зміни оборотів. При цьому треба враховувати гранично допустимі значення $N_{\max}$, $N_{\max}$ і $Q_{\max}$.

На даному етапі розробки при проектуванні системи управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса в якості способу регулювання більшою мірою використано дроселювання потоку.

Надалі планується також спроектувати пристрій управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса зміною швидкості обертання валу двигуна насоса, порівняти їх і вибрати найбільш доцільний.

Однак вже спочатку можна стверджувати, що найбільш ефективним і економічним є другий спосіб управління. Застосування частотно-регульованого приводу одним (або декількома, при роботі на різні водоводи) насосним агрегатом в більшості випадків приносить додаткову економію електроенергії шляхом оптимальної роботи системи двигун-насос-трубопровід.

Одним з головних переваг використання регульованого електроприводу насосних агрегатів є можливість адаптації його характеристик до характеристик гідравлічної мережі за допомогою вибору раціональної номінальної швидкості обертання робочого колеса, що відповідає основному режиму роботи установки. При цьому номінальна швидкість може бути як вище, так і нижче стандартного значення. Більшість насосів і насосних станцій працює або об'єктивно повинні працювати зі змінною продуктивністю. Гідравлічні способи не економічними та не дають можливості автоматизованого регулювання.

На рисунку 2.8 представлений малюнок регулювання роботи насосів двома способами: дроселюванням потоку і зміною швидкості обертання валу двигуна насоса.

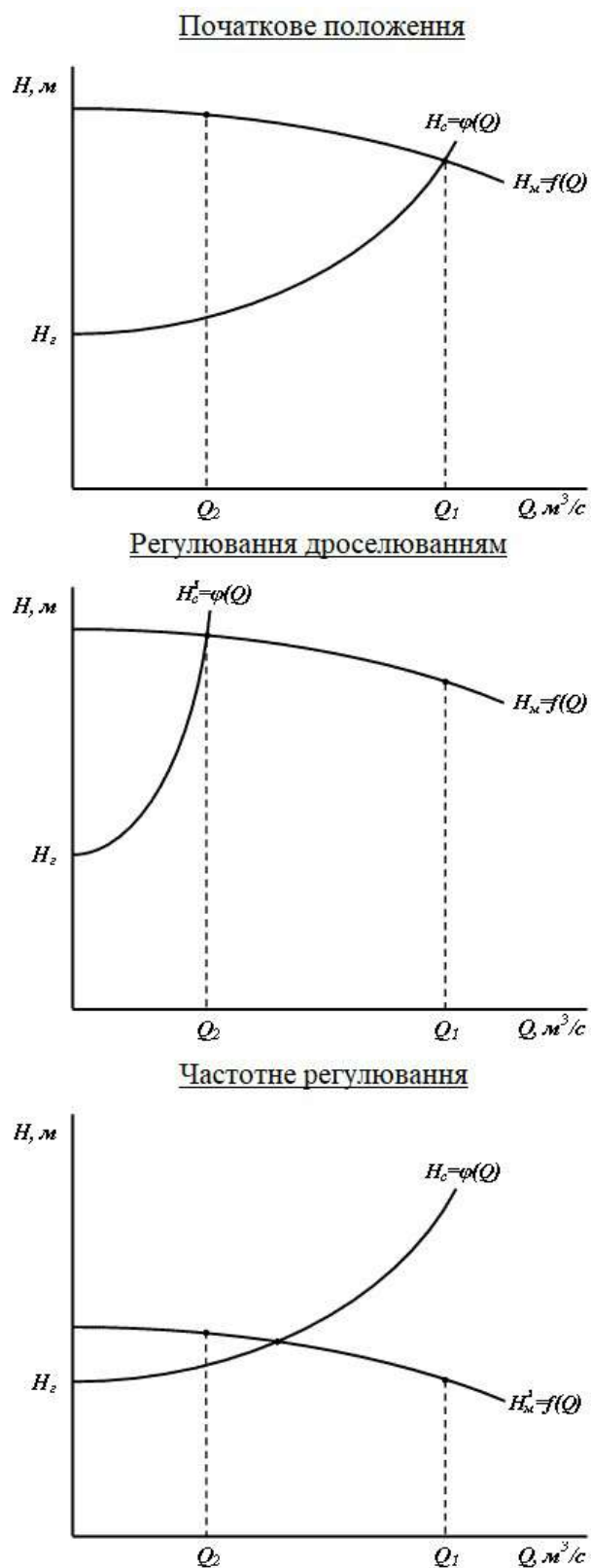


Рисунок 2.8 - Регулювання роботи насосів двома способами:
дроселюванням потоку і зміною швидкості обертання валу двигуна насоса

2.5 Обґрунтування напряму автоматизації процесу головного водовідливу шахти

Обрана базова апаратура ВАВ.1М виконує всі основні вимоги до автоматизації водовідливної установки. Однак в її функціональні можливості не входить підтримка насосної установки в зоні промислового використання в умовах без кавітаційної роботи насоса. Тому одним з напрямків вдосконалення системи автоматизації водовідливної установки є оснащення її додатковим пристроєм, який виконує зазначену функцію.

Дана проблема може бути вирішена у разі застосування принципово нових технічних засобів і рішень в схемі апаратури автоматизації — мікропроцесорів і мікро ЕОМ, математичного програмного забезпечення. Це пояснюється гнучкістю мікропроцесорних систем, яка забезпечує кардинальне розширення функціональних можливостей апарата, особливо області інформації, що сприяє підвищенню рівня організації виробництва, безперебійності роботи машин в оптимальних режимах, підвищенню безпеки та надійності [13, 17].

З огляду на особливості умов експлуатації, до розробляемого пристрою пред'являються такі технічні вимоги:

- іскробезпеку вхідних і вихідних ланцюгів;
- Вибухозахист (пристрій повинен бути розташований в стандартну вибухозахищену оболонку);
- іскробезпеку харчування цього пристрою;
- гальванічна розв'язка між новими блоками розроблювального пристрою;
- для можливості оперативного ремонту пристрою передбачити наявність штекерного роз'єму (можна використовувати присутні у ВАВ.1М);
- використання витратоміра і манометра зі стандартним електричним аналоговим виходом (на відміну від ВАВ.1М);

- використання як промислових образів засобів контролю (манометра зі стандартним електричним аналоговим сигналом, контактних датчиків положення робочого органу регулювальної засувки), так і розробленого мною аналогового витратоміра.

До функцій, які будуть реалізовані розробляються пристроєм, можна віднести:

- керуючі (відкриття і прикриття засувки);
- сигнальні (про несправності насоса, про відключення насоса, про праву границю робочої зони, про ліву границю робочої зони);
- проміжні (про положення засувки).

Впровадження пристрою управління насосної установки в зоні промислового використання насоса дозволить:

- заощадити споживану електроенергію шляхом зменшення кількості пусків і роботи насосної установки на пошкоджений трубопровід;
- отримувати оперативну інформацію про поточний стан комутаційних засувок;
- прогнозувати аварійні ситуації та, як наслідок, своєчасно ліквідувати аварії шляхом проведення відповідних ремонтних робіт, а також заощадити частину коштів на заробітну плату та запасних матеріалах.

Отже, найбільш раціональним буде організація роботи пристрою під керуванням мікроконтролера, т. К. Доводиться контролювати кілька різних параметрів і працювати з різними вхідними сигналами та вихідними впливами.

Застосуємо мікроконтролер AT90LS8535 фірми Atmel, який належить до AVR-сімейства 8-розрядних RISC-мікроконтролерів. Дані мікроконтролери відрізняються від подібних розробок більшою швидкістю роботи,

універсальністю, легким програмуванням і внаслідок більшої швидкості можуть значно здешевити готову систему.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ

3.1 Алгоритмізація розроблювального пристрою

Блок-схема алгоритму управління водовідливною установкою представлена на рисунках 3.1 та 3.2, де потовщеними лініями вказано розробляємий блок управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса УНЗ і його взаємозв'язок з іншими блоками алгоритму. Суть операцій і логічних умов вказана у відповідних блоках.

При розробці алгоритму роботи розроблювального пристрою прийнята наступна ініціалізація вхідних сигналів, проміжних і вихідних команд:

- вхідний сигнал: $Q \leq Q1: = x1$ - розташування Q лівіше правої межі робочої зони; $Q \geq Q2: = x2$ - розташування Q правіше лівої межі робочої зони; $H01 = 0,9H1$ - уставка по нижній межі робочої зони; $H02 = 0,9H2$ - уставка по верхній межі робочої зони; $H \geq H01: = y1$, $H \geq H02: = y2$ - розташування H вище гранично допустимого значення; $z1$ - КВО знаходиться в замкнутому положенні; $z2$ - КВЗ знаходиться в замкнутому положенні;
- сигналізація: $C1: =$ засувка в крайніх положеннях; $C2: =$ неможливість регулювання по H ; $C0: =$ відключення насоса;
- функції управління: $F1: =$ часткове відкриття засувки; $F2: =$ прикриття засувки;
- проміжні функції: $F0: =$ засувка відкрита; $Fз: =$ засувка закрыта; $Fп: =$ засувка в проміжному положенні.

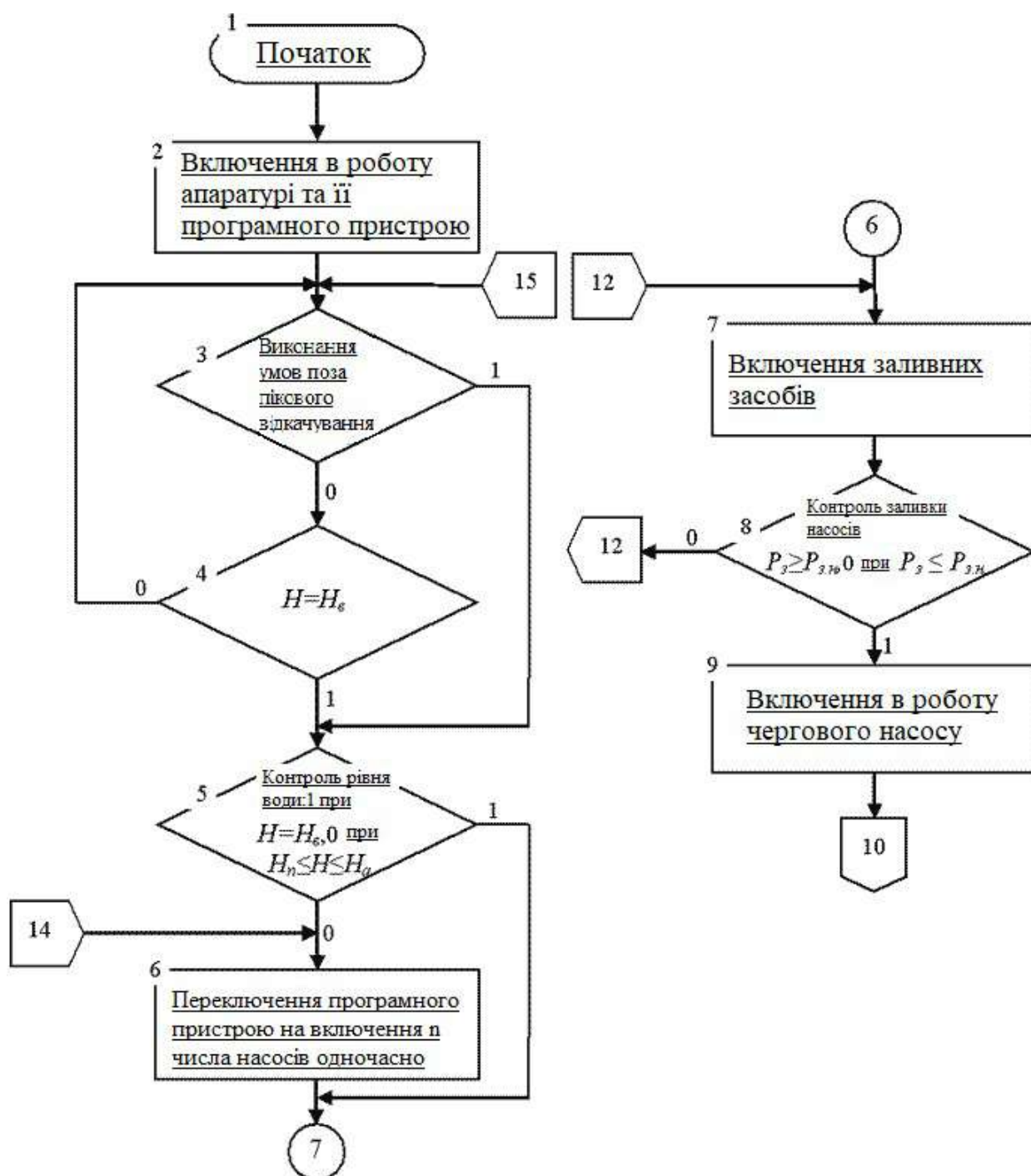


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритма управління водоотливной установкой часть 1

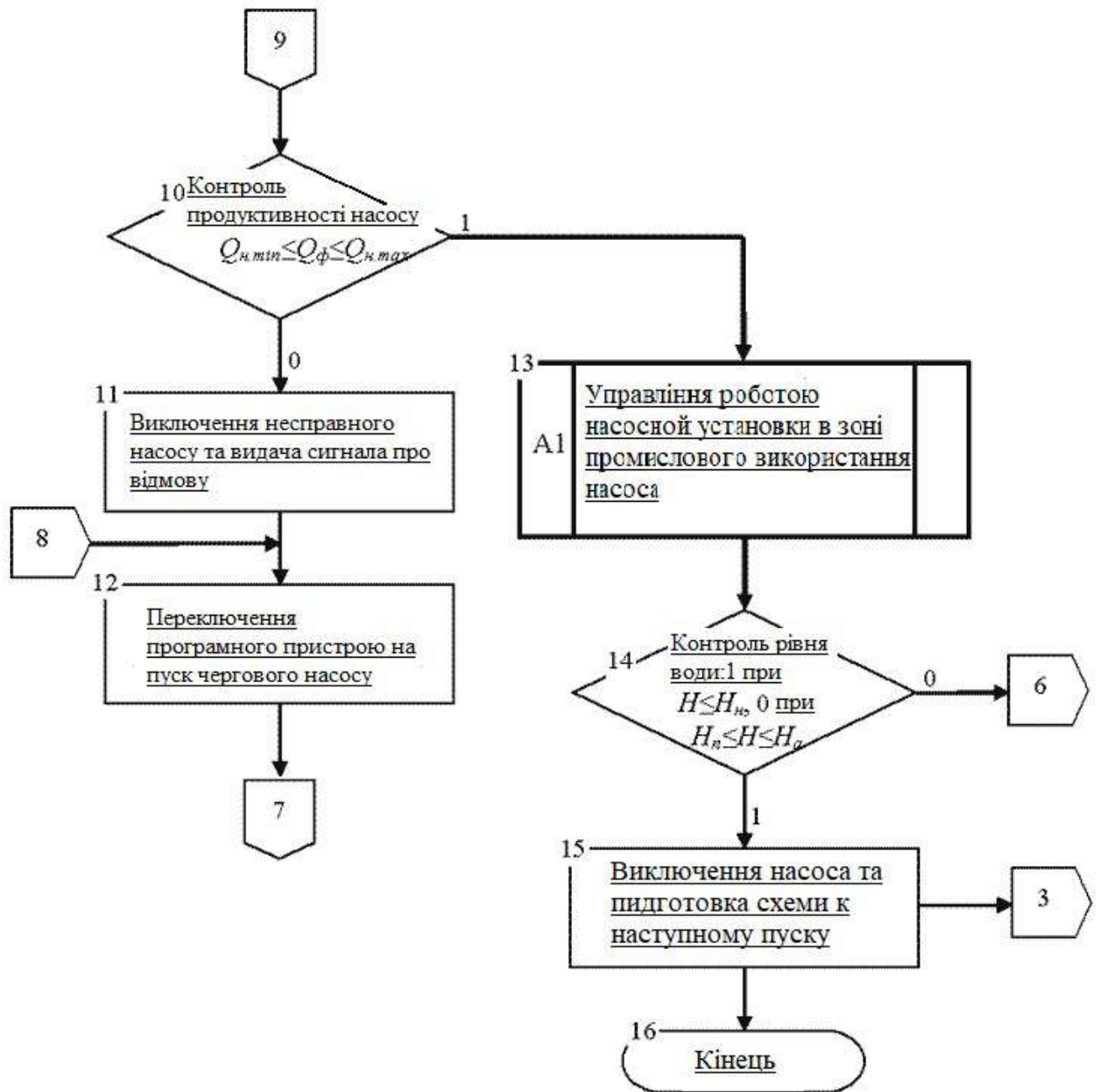


Рисунок 3.2 – Блок-схема алгоритма управління водоотливной установкой часть 2

Граф станів розроблюваного устрою управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса УНЗ наведено на рисунку 3.3.

На підставі розробленого алгоритму, логічні функції управління, сигналізації, а також проміжні функції мають вигляд:

- проміжні функції: $F_O = \bar{z}_1 z_2$, $F_n = z_1 z_2$, $F_3 = z_1 \bar{z}_2$;
- функції управління: $F_1 = \bar{x}_1 \bar{x}_2 y_2 F_\Pi$, $F_2 = \bar{x}_1 y_1 (F_O + F_\Pi)$;
- сигналізація: $C_1 = F_2 \cdot F_3$, $C_2 = \bar{y}_1 (x_2 + \bar{x}_1) + x_1 \bar{y}_2$, $C_0 = C_1 + C_2$.

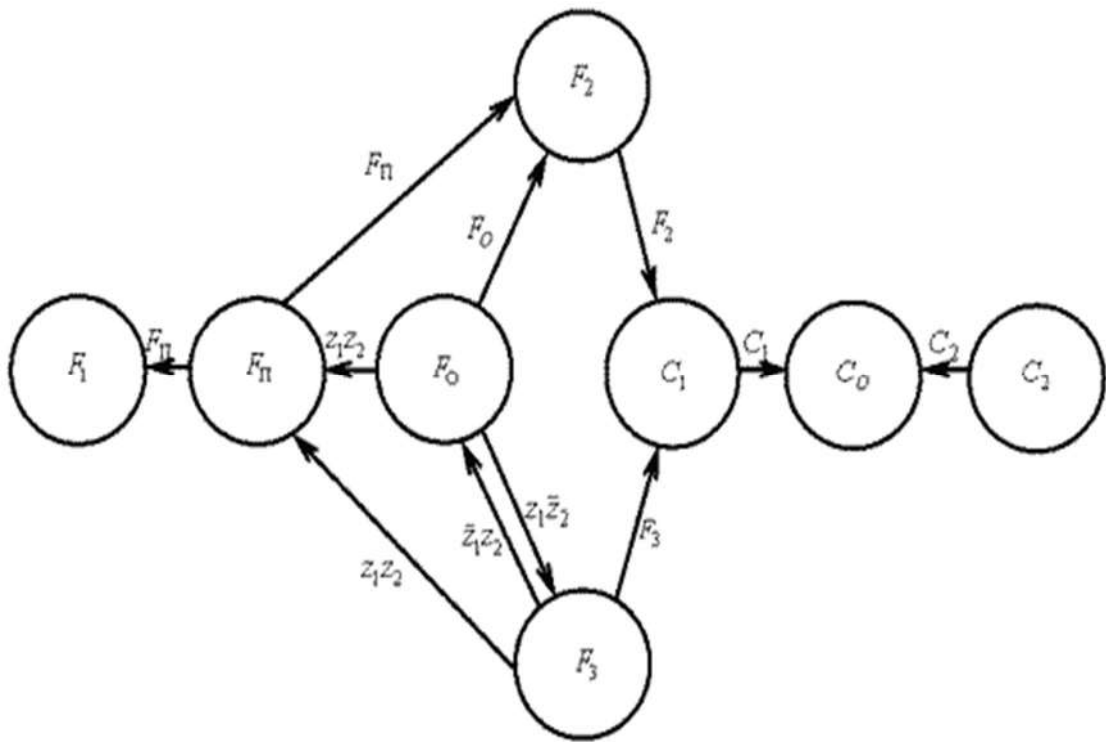


Рисунок 3.3 - Граф станів розроблювального пристрою

3.2 Обґрунтування і розробка схемотехнічного рішення пристрою автоматизації

На підставі проведених досліджень, сформульованих завдань управління, а також з урахуванням технічних вимог і принципів побудови пристрою автоматизації представимо структурну схему апаратури автоматизації головної водовідливної установки ВАВ.1М, де потовщеними лініями зазначено розроблювальний пристрій управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса УНЗ і його взаємозв'язок з іншими блоками (рисунок 3.4).

Структурна схема пристрою управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса УНЗ приведена на рисунку 3.5, де прийняті наступні позначення: АТ (ДД) - відповідно аналогові (дискретні) сигнали; САС (СДС) - відповідно схема узгодження аналогових (дискретних) сигналів з мікроконтролером МК; БСИ - блок светоіндикації; БСВ - блок узгодження мікроконтролера з виконавчим механізмом ІМ; УС - пристрій сполучення мікроконтролера з пультом диспетчера.

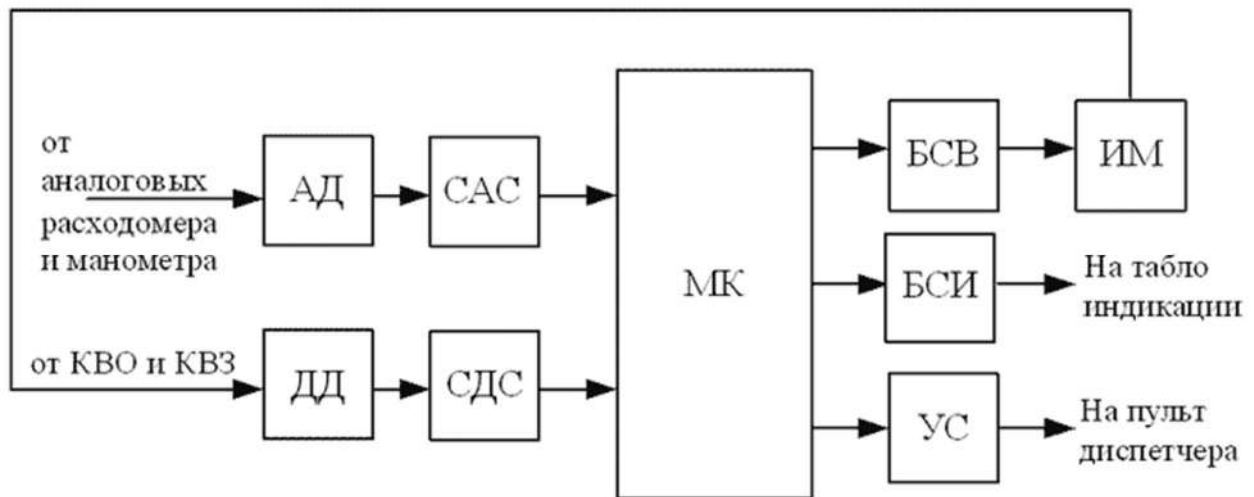


Рисунок 3.5- Структурна схема розроблювального пристрою УНЗ

Вхідними сигналами для даного пристрою є сигнали, що надходять від аналогових датчиків АД: расходоміра (встановленого на трубопроводі, що підводить), і манометра, встановленого на напірному патрубку насоса, а також від дискретних датчиків ДД кінцевого положення запірного органу регулювальної засувки (КВО і KB3).

Центральним блоком розроблювального пристрою є блок мікроконтролера, до якого підключаються всі інші блоки. До складу даного блоку входять: безпосередньо мікроконтролер МК, схеми узгодження вхідних сигналів САС (СДС), пристрій сполучення мікроконтролера з пультом диспетчера УС і блок узгодження мікроконтролера з виконавчим механізмом БСВ.

Схеми узгодження вхідних сигналів призначені для формування стандартних логічних рівнів для роботи мікроконтролера, а також для гальванічної розв'язки з харчування вихідних ланцюгів датчиків і входу мікроконтролера. У схемі узгодження аналогових сигналів САС використані компаратори, призначені для порівняння сигналів, а дискретних СДС - оптрони, які завдяки невеликим розмірам набули широкого поширення при розробці різних пристроїв сполучення.

Мікроконтролер МК серії AT90S8535 (ATmega16) служить для обробки вхідних сигналів і формування відповідних команд керування положенням засувки.

Застосуємо мікроконтролер AT90LS8535 фірми Atmel, що відноситься до AVR-сімейства 8-розрядних RISC-мікроконтролерів.

Архітектура даного мікроконтролера включає 8Кб завантажується флеш-пам'яті програм; 512 байт ОЗУ; 512 байт EEPROM; 32 ліній введення / виведення загального призначення; восьмиканальний десятирозрядний АЦП; програмований універсальний послідовний порт; SPI послідовний порт для завантаження програм [15].

Завантажується флеш-пам'ять на кристалі може бути перепрограмовано прямо в системі через послідовний інтерфейс SPI або доступним програматором енергонезалежній пам'яті.

Мікроконтролери AVR мають такими основними характеристиками:

- дуже швидка гарвардська RISC-архітектура завантаження і виконання більшості інструкцій протягом одного циклу тактового генератора. При цьому досягається швидкість роботи приблизно 1 MIPS на МГц (MIPS - Millions Instructions per Second - мільйон операцій в секунду). Відсутня внутрішній поділ частоти;
- програми містяться в електрично перепрограммируемой постійної пам'яті програм FLASH ROM. Ця пам'ять може бути перепрограмовано до 1000 разів. Це полегшує настройку і налагодження систем. Крім того, можливість внутрисхемного програмування дозволяє не виймати мікроконтролер з цільової схеми в процесі програмування, що значно прискорює процес розробки систем на основі цих мікроконтролерів;
- система команд мікроконтролерів AVR спочатку проектувалася з урахуванням особливостей мови програмування високого рівня, що в результаті дозволяє отримувати після компіляції програм найбільш ефективний код, ніж для інших мікроконтролерів. Це сприяє зменшенню отриманого коду (в обсязі пам'яті на кристалі) і збільшення швидкості роботи мікроконтролера;
- мікроконтролери AVR мають 32 регістра, що безпосередньо працюють з арифметико-логічним пристроєм (АЛП). Це значно зменшує розмір програм;
- дуже невелике споживання енергії і наявність декількох режимів (режим холостого ходу (Idle Mode) і економічний режим роботи зі зниженим споживанням енергії (Power Down Mode));
- наявність дешевих і простих у використанні програмних засобів (відладчик AVR-Studio, асемблер Wavrasn, велика кількість програматорів);

- наявність перепрограммируемой постійної пам'яті даних EEPROM, яка може бути перепрограмовано більше 100000 разів.

Розглянемо позначення висновків мікроконтролера:

- VCC - вивід джерела струму; GND - земля; RESET - вхід скидання. При утриманні на вході низького рівня протягом двох машинних циклів (якщо генератор працює), скидає пристрій; XTAL1 - вхід інвертуючого підсилювача генератора і вхід зовнішнього тактового сигналу; XTAL2 - вихід інвертуючого підсилювача генератора; чотири 8-розрядні порти вводу-виводу (A, B, C, D);
- SPI-інтерфейс представлений входом даних (висновок мікроконтролера MOSI (PB5), виходом даних (висновок мікроконтролера MISO (PB6), входом тактових імпульсів (висновок мікроконтролера SCK (PB7)).

Для запуску мікроконтролера в роботу застосовуються спеціальні ланцюжки, наведені на рисунку 3.6. Дані ланцюжка служать для забезпечення настройки контролера на задану тактову частоту, а також для скидання контролера по входу Reset. Згідно з інструкцією до контролера AT90S8535 він тактується частотою 8МГц, що формується елементами C2, C3, Z1.

Як кварцового генератора використовуємо генератор типу РК170БА-14БП-12000К, а ємності C2 і C3 для даного генератора приймемо типу КД-2-М47-33пФ [16].

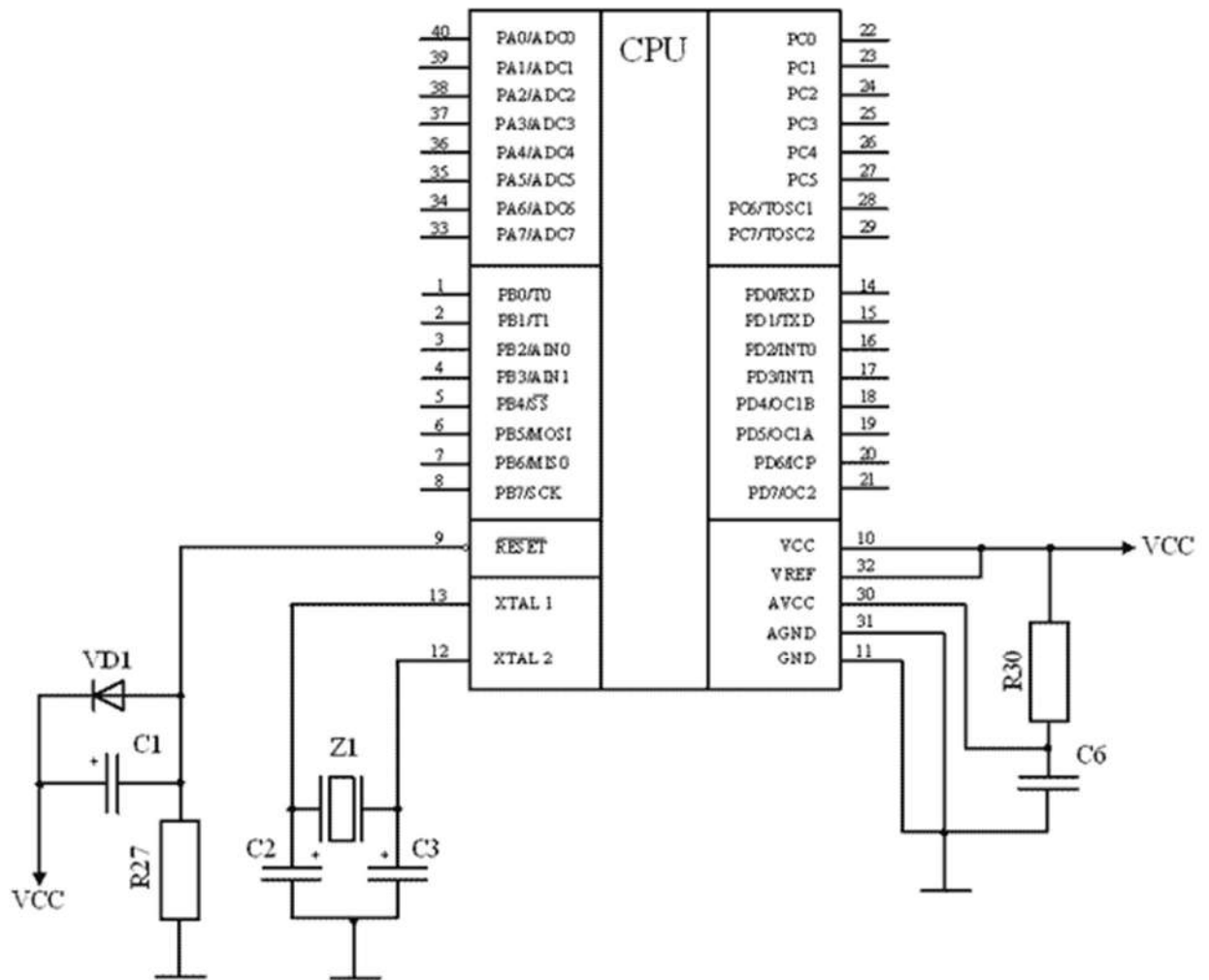


Рисунок 3.6 - Схема мікроконтролера AT90S8535 з ланцюжками, що служать для забезпечення настройки на задану тактову частоту і скидання контролера по входу Reset

Пристрій сполучення мікроконтролера з пультом диспетчера УС, в якості якого використовується промисловий інтерфейс послідовної передачі інформації RS-485, забезпечує передачу отриманих з мікроконтролера даних на ЕОМ диспетчера шахти. Ця інформація може реєструватися, зберігатися в пам'яті ЕОМ. При необхідності можна викликати цю інформацію на дисплей і при наявності вже спеціального забезпечення можна візуально переглядати роботу насосної установки.

На виході МК формується сигнал малої потужності, недостатній для впливу на привід засувки. Тому використовуємо схему узгодження щодо виходу даного блоку БСВ, що забезпечує тимчасову затримку вихідного сигналу і його посилення за проектну потужність.

Блок світоіндикації БСИ призначений для сигналізації про позаштатних станах насосної установки. Узгодження БСИ з МК не потрібно тому, що вихідні порти МК володіють достатньою здатністю навантаження для харчування напівпровідникових світлодіодів.

В якості виконавчого механізму ІМ використовується дроселюючий орган — засувка, приводний шток якою обладнаний двома кінцевими вимикачами КВО, КВЗ, призначеними для фіксації робочого органу засувки в крайніх положеннях з можливістю установки його в будь-якому проміжному положенні за сигналами, що надходять з виходу формувача керуючих команд — мікроконтролера розроблювального пристрою [12].

3.3 Розробка функціональної схеми проектного пристрою

На підставі структурної схеми і стандартів ЕСКД [19, 20] складемо функціональну схему проектного пристрою (рисунок 3.7)

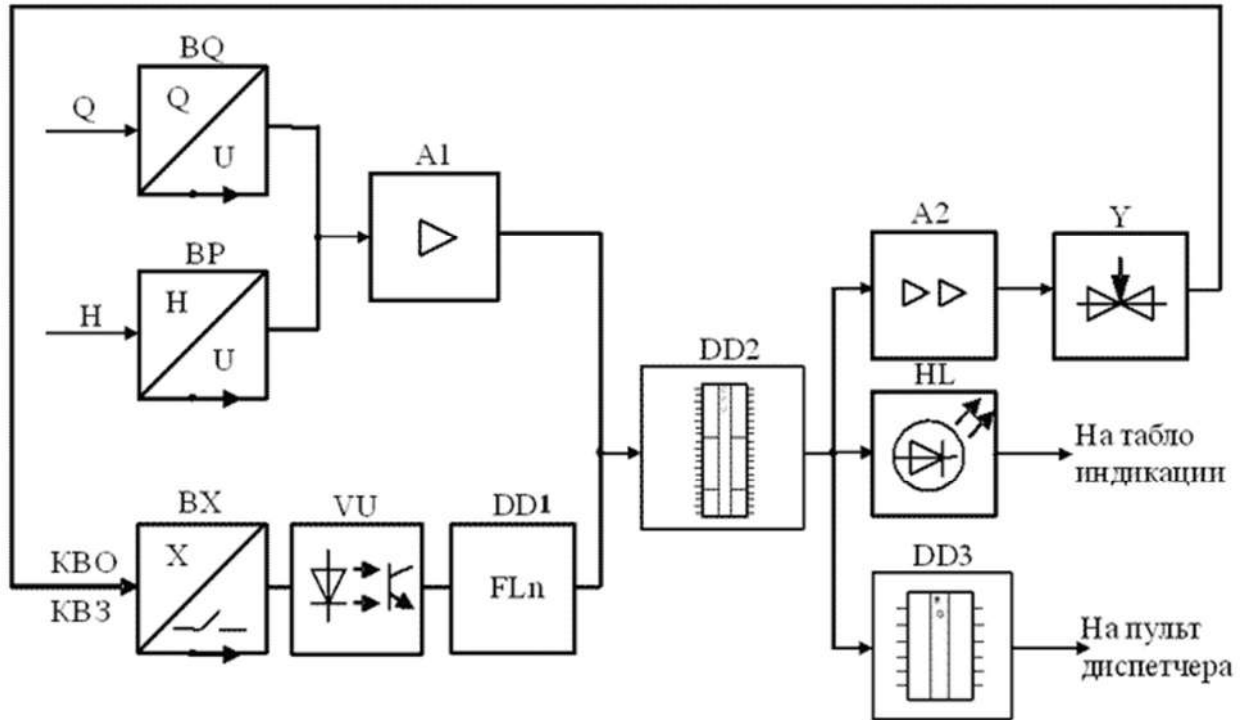


Рисунок 3.7 – Функціональна схема проектуваного пристрою

На малюнку прийняті наступні умовні позначення: Q (H) - відповідно поточне значення подачі (тиску); BQ (BP) - відповідно перетворювач витрати (тиску) в напругу; Bx - перетворювач переміщення робочого органу засувки в замикання або розмикання контакту; VU - транзисторна оптипара; A1 - підсилювач (компаратор); DD1 - формувач стандартних логічних рівнів (логічна 1 і логічний 0); DD2 - мікроконтролер; A2 - ключ-інвертор; Y - регульовальна засувка; HL - світлодіодний індикатор про стан об'єкта управління; DD3 - інтерфейс RS-485 [13, 14].

3.4 Розробка математичної моделі управління насосом в зоні промислового використання

В ході досліджень також отримана математична модель управління насосом в зоні промислового використання дроселюванням потоку [18].

Маючи в своєму розпорядженні напірні характеристики насоса H_m і мережі H_c , залежністю, по якій змінюється місцеве гідравлічний опір ξ (залежне від ступеня відкриття затвора), а також характеристикою трубопроводу, що підводить $H_{вак}$ і кавітаційною характеристикою насоса

$$H_{вак}^{дон} = \frac{P_a - P_t}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} - k \Delta h_{кр}$$

визначимо координати робочого режиму і отримаємо графік зміни напірних характеристик трубопровідної мережі на кордонах робочої зони насоса (при різних геометричних висотах водопідйому) в умовах безкавітаційної роботи установки, наведений на рисунку 3.8

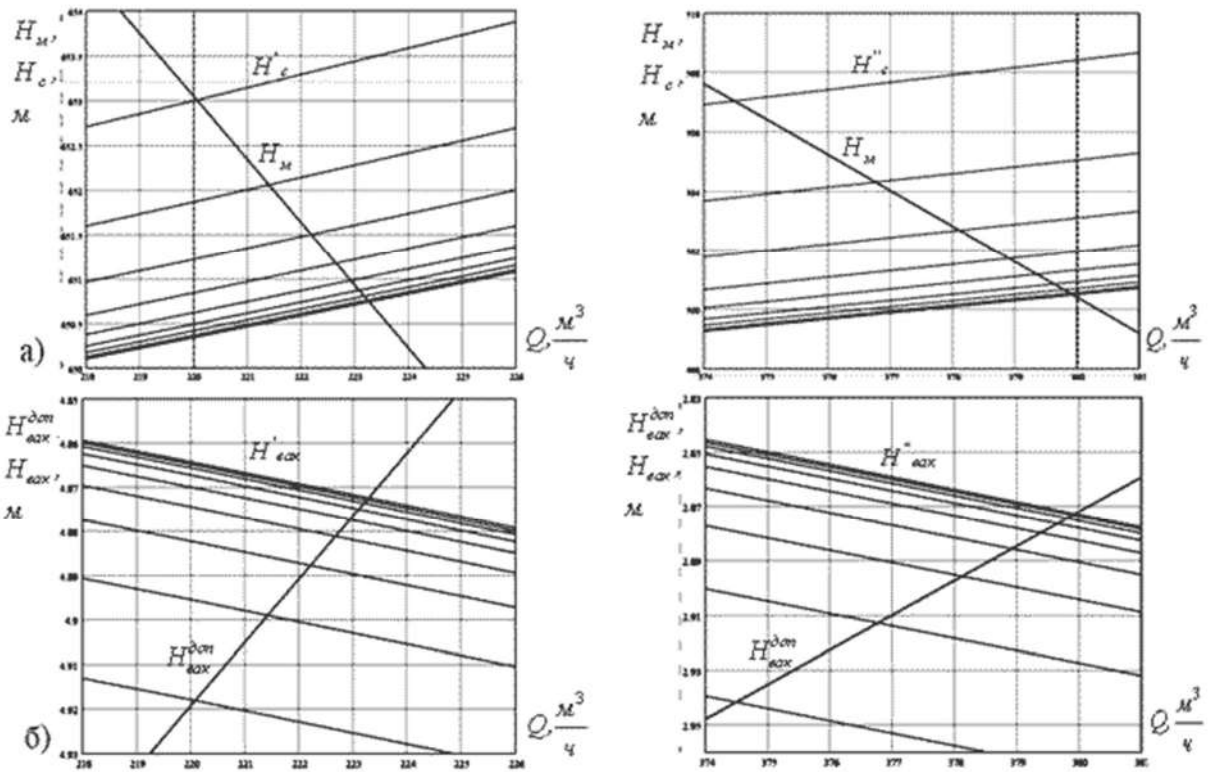


Рисунок 3.8 - Графіки: а) напірних характеристик трубопроводної мережі при різних геометричних висотах водопідйому; б) $H_{вак}^{доп}$, $H_{вак}$ в умовах безкавітаційної роботи установки

Побудовані графіки дають уявлення про значення подачі насоса при регулюванні за допомогою ступеня відкриття затвора прохідного вентиля x , а також відповідне йому значення рівня води в водозбірнику h . Ці дані можна використовувати для побудови графіків зміни рівня води в часі (рисунок 3.9).

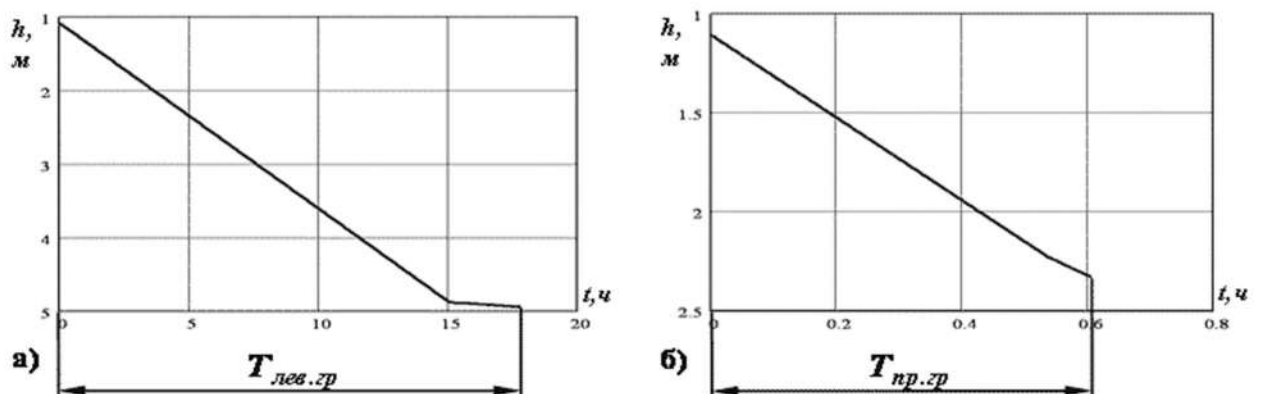


Рисунок 3.9 - Графіки зміни рівня води в водозбірнику: а) на лівій межі робочої зони; б) на правій межі робочої зони

Отже, як видно з рисунка 3.8, робота насосної установки найбільш ефективна в другому випадку (на правій межі робочої зони насоса), оскільки час ($T_{пр.гр} = 0,603$ ч), за яке насос відкачає воду з 1,1 до 2,151 м, менше, ніж час ($T_{лев.гр} = 17,741$ ч), за яке насос відкачає воду з 1,1 до 4,648 м.

Отримана математична модель може бути в подальшому використана в блоці управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса для визначення уставок управління подачею насоса.

3.5 Дослідження перехідних процесів при регулюванні насосної установки по подачі

При експлуатації водовідливних установок, особливо при великій висоті нагнітання, з'являється небезпека розриву стінок нагнітальних трубопроводів через підвищених тисків внаслідок появи гідравлічного удару, викликаного зміною швидкості рухів води.

Як показують розрахунки і підтверджують результати натурних експериментів, а також досвід експлуатації, в шахтних водовідливних установках при гідравлічних ударах можливе значне підвищення тиску (до 4 ... 5 МПа), в порівнянні з робочим. Це може викликати порив труб і втрату їх поздовжньої стійкості на вертикальних ділянках, розгерметизацію фланцевих з'єднань, вихід з ладу арматури та інших елементів установки. Серйозну небезпеку становить також коливальний характер зміни тиску при гідроудару. У певних умовах можуть виникнути резонансні явища, що особливо небезпечно для вертикального става. Дослідженнями встановлено, що спектр власних частот коливань окремих елементів в значній мірі залежить від моменту інерції перерізу труби, який в процесі експлуатації через корозію

змінюється в широких межах. За даними розрахунків практично для будь-якого водовідливного трубопроводу в процесі його старіння настане момент, коли власна частота збігається з частотою коливань тиску при гідравлічному ударі. Для ліквідації цього небажаного явища на водовідливних установках необхідно провести протиударні заходи [1].

Для запобігання неприпустимих коливань тиску в шахтній практиці використовуються два способи регулювання насосної установки по подачі — зміна швидкості обертання валу двигуна насоса і дроселювання потоку за допомогою засувки [3].

Для визначення гідравлічного удару використовуємо наближений графоаналітичний метод розрахунку.

Проведемо аналіз коливань тиску при різних способах регулювання установки, що складається з насоса ЦНС 300-120-600, трубопроводу довжиною $L = 612$ м, діаметром $d = 0,229$ м при геометричній висоті підйому $H_g = 612$ м, результати якого наведені на рисунках 3.10 і 3.11.

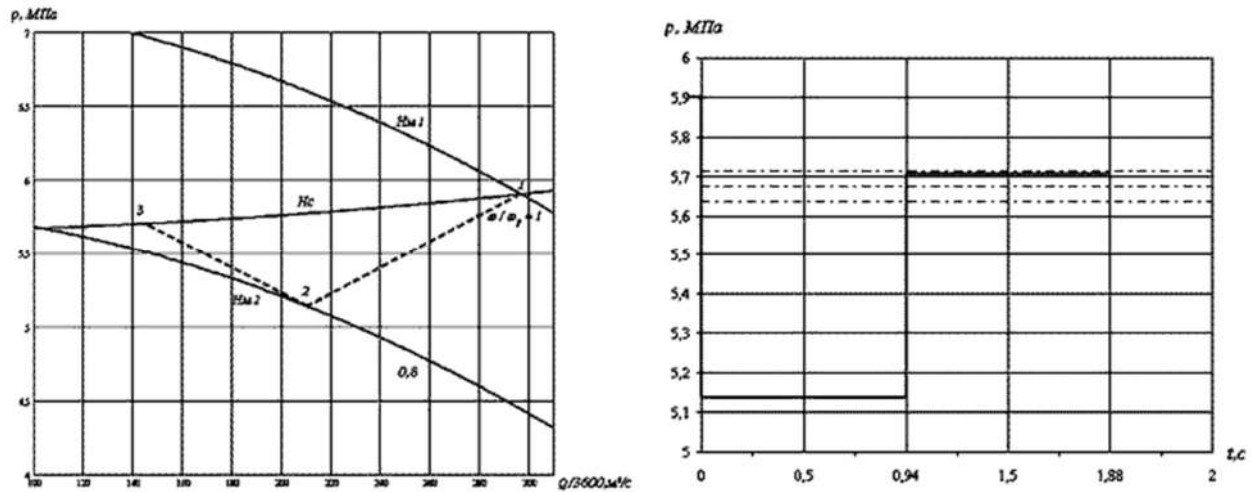


Рисунок 3.10 - Розрахунок коливань тиску при зміні швидкості обертання двигуна насоса: а - графічний розрахунок; б - зміна тиску в часі

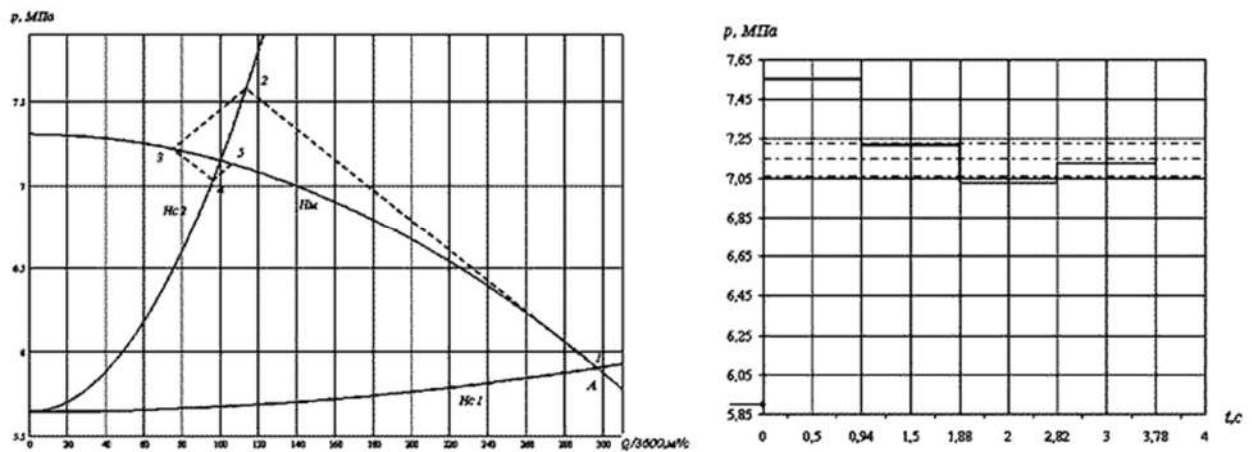


Рисунок 3.11 - Розрахунок коливань тиску при дроселюванні потоку: а - графічний розрахунок; б - зміна тиску в часі

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що регулювання найбільш ефективно при зміні швидкості обертання двигуна насоса, оскільки при цьому спосібі приріст тиску при першому повному відображенні ударної хвилі ($t = 0,94$ с) становить $\Delta p = 0,76$ МПа (при дроселюванні потоку - $\Delta p = 1,65$ МПа), а також час загасання перехідного процесу складає $t_{зат} = 1,5$ с (при дроселюванні потоку - $t_{зат} = 3$ с).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Правилами безпеки при будівництві підземних гідротехнічних споруд передбачено обов'язкове виконання проекту за способом і засобів водовідливу. При проведенні виробок повинні передбачатися головні й дільничні водовідливні установки. При цьому головний водовідлив обладнується насосами, загальна продуктивність яких повинна бути в три рази більше максимального добового припливу води та мати три групи насосних установок: в роботі, в резерві й в ремонті.

При проходці виробок на ділянках можливих проривів води та затоплення повинні вживатися заходи безпеки, що містять в собі пристрій водонепроникних перемичок, аварійних містків у верхній частині виробок великого перерізу, підвіску каната та інших пристосувань, що забезпечують евакуацію людей.

Розробка відносинах і обводнених родовищ корисних копалин підземним способом повинна проводитися за спеціальним проектом, виконаним підприємством, яке має ліцензію на право ведення проектних робіт, і затвердженим в установленому порядку. Для відкачування води споруджуються головні та, в разі необхідності, дільничні водовідливні установки з обов'язковим пристроєм водозбірників, що складаються з двох або більше виробок. Для дільничних водовідливних установок на розсуд головного інженера шахти дозволяється мати водозбірники, які складаються з однієї виробки. Ємність водозбірника головного водовідливу розраховують не менше ніж на 4-годинний нормальний приплив, а дільничних на 2-годинний нормальний приплив. Водозбірники водовідливних установок дренажних шахт повинні розраховуватися на 2-годинний приплив. Воду з вибоїв і виробок потрібно відводити по спеціальних каналах, жолобах або трубах у водозбірники головного водовідливу або в водозбірники допоміжних насосних установок.

При експлуатації продуктивність робочих насосів водовідливних установок повинна забезпечувати відкачку нормального добового припливу не більше ніж за 20 годин.

Насосна камера головного водовідливу повинна бути розташована біля шахтного стовбура і з'єднуватися з ним ходком, який виводиться в ствол на висоті не нижче 7 м від рівня підлоги насосної камери та з при ствольним двором-ходком, який повинен герметично закриватися.

При проходженні стволів проміжні насосні камери повинні мати вихід до ствола завширшки не менше 2,5 м і висотою 2,2 м. Вхід до камери повинен зачинятися міцною ґратчастим огорожею.

Водозбірники повинні систематично очищатися. Забруднення водозбірника більш ніж на 30% його обсягу не допускається.

Головні водовідливні установки з припливом води в шахту понад 50 м³ / год повинні бути обладнані не менше ніж трьома насосними агрегатами. Для шахт з припливом води, що перевищує подачу одного агрегату, число резервних агрегатів приймають відповідно до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Число резервних і ремонтних агрегатів

Общее число насосных агрегатов	В том числе		
	в работе	в резерве	в ремонте
4	2	1	1
5	3	1	1
7	4	2	1
8	5	2	1
9	6	2	1
11	7	3	1

При проходженні стволів, незалежно від припливу води, дозволяється застосовувати один підвісного насоса при обов'язковій наявності резервного насоса на поверхні поблизу ствола.

Головна водовідливна установка повинна бути обладнана не менше, ніж двома напірними трубопроводами, з яких один є резервним. Для дільничних водовідливних установок допускається один трубопровід. Робочі трубопроводи повинні бути розраховані на повну продуктивність насосної установки.

Нагнітальні трубопроводи в насосній камері повинні бути закільцьовані і забезпечені засувками, що дозволяють перемикає насосні агрегати на будь-який з трубопроводів.

Головна водовідливна установка знаходиться у веденні головного механіка шахти й повинна оглядатися їм не рідше одного разу на тиждень. Результати огляду фіксуються в "Журналі огляду водовідливних установок". Решта водовідливні установки повинні оглядатися не рідше одного разу на добу особами, призначеними головним механіком шахти.

На кожній шахті повинні проводитися регулярно, але не рідше, ніж через 6 місяців, заміри припливу шахтної води та повний її хімічний аналіз. Один із зазначених вимірів проводиться в період посиленого притоку, а інший в період нормального припливу води. Забороняється ведення гірничих робіт нижче депресивної воронки. В окремих випадках роботи можуть проводитися за спеціальними проектами з передбаченням в них заходів безпеки за погодженням з Держнаглядохоронпраці України.

Напірні трубопроводи головних водовідливних установок після монтажу та кожні 10 років експлуатації повинні підлягати гідравлічному випробуванню на тиск, який становить 1,25 робочого.

Один раз на рік повинна проводитися ревізія та наладка головної водовідливної установки організацією, яка має ліцензію на право проведення цих робіт. Акт ревізії та наладки затверджується головним механіком виробничого або акціонерного об'єднання.

Кожен кар'єр, який не має природного стоку поверхневих і ґрунтових вод, повинен бути забезпечений водовідливом. Заходи з осушення родовищ копалин при відкритій розробці повинні проводитися за спеціальним проектом, виконаним організацією, яка має ліцензію, і затвердженим в установленому порядку.

До кар'єрних головної водовідливної установки пред'являються вимоги, відповідні ведення відкритих гірничих робіт.

Якщо для відкачування води використовується відкритий водовідлив (з поверхні), то ємність водозбірника повинна розраховуватися не менше ніж на тригодинний нормальний приплив. Сумарна подача робочих насосів головної водовідливної установки повинна забезпечувати протягом не більше 20 годин відкачування максимально очікуваного добового припливу води. Установка повинна мати резервні насоси з сумарною подачею, яка дорівнює 20 -25% подачі робочих насосів. Насоси головної водовідливної установки повинні мати однаковий натиск. Водовідливні установки на поверхні, а також трубопроводи в районах з мінусовою температурою повітря повинні бути утеплені перед зимовим періодом і закриті від можливих ушкоджень при виробництві вибухових робіт. Трубопроводи, прокладені по поверхні, повинні мати пристосування, що забезпечують повне звільнення від води.

Заходи безпеки при технічному обслуговуванні та ремонті механічного обладнання водовідливних установок:

1. всі обертові частини водовідливної установки повинні бути закриті кожухами або огорожені;
2. під час роботи насоса забороняється знімати захисний кожух полу муфти, змащувати підшипники, проводити заміну сальникової набивки;
3. перед роботою в колодязях і водозбірниках необхідно їх провітрювати;
4. при роботі на різних висотних відмітках необхідно споруджувати настили, які повинні бути щільними, що виключають падіння через них інструменту та інших предметів;
5. переміщення вантажів масою понад 50 кг повинно проводитися справними підйомними механізмами. Перед початком роботи необхідно перевірити справність підйомного механізму і надійність дії органів його управління. Виявлені несправності усунути;
6. переміщуваний вантаж повинен бути надійно закріплений стропами, ланцюгами та іншими пристосуваннями. Кріпити стропи до вантажу слід тільки в місцях, спеціально призначених для цієї мети (припливи, вушка та ін.) При відсутності таких стропи необхідно заводити за масивні частини обладнання таким чином, щоб вони не зіслизнули при переміщенні вантажу, вище центру ваги, щоб уникнути перекидання вантажу, що піднімається. Маса вантажу, що піднімається не повинна перевищувати вантажопідйомності механізму;
7. забороняється усувати несправності під час роботи гидроелъоватора, насоса або ерліфта;
8. забороняється перебувати під піднятим вантажем або виконувати будь-які роботи в місці руху талі з вантажем, а також проводити ремонт механізмів та пристосувань під час підйому або опускання вантажу;

9. при появі раптових великих приток води необхідно запустити в роботу всі насосні агрегати, закрити герметичні двері в камеру, повідомити про те, що трапилося головному механіку шахти.

Заходи безпеки при технічному обслуговуванні та ремонті електричного устаткування водовідливних установок:

1. до обслуговування і ремонту електричного устаткування допускаються особи, які мають посвідчення на право виконання робіт на електроустановках напругою понад 1000 В. Посвідчення на право, виконання робіт видаються та продовжуються після періодичної перевірки знань електротехнічного персоналу;
2. роботи на електроустановках проводяться за письмовим нарядом або усним розпорядженням. Перелік робіт, які виконуються за письмовим нарядом або усним розпорядженням, встановлюється головним енергетиком шахти з урахуванням конкретних умов;
3. для обслуговування електрообладнання повинні бути наступні захисні засоби: діелектричні боти і рукавички, гумові килимки або ізоляційні підставки, набір попереджувальних плакатів з техніки безпеки, покажчики напруги. Близько високовольтного обладнання необхідна наявність гумових килимків-доріжок шириною не менше 750 мм. Включення і вимикання високовольтного розподільчого пристрою проводиться в діелектричних ботах і рукавичках;
4. все струмопровідні частини електродвигунів повинні бути захищені від випадкового дотику. Роботи на електричних ланцюгах і апаратурі, що знаходяться під напругою, заборонені. Обертові частини електродвигуна (муфти, вентилятори) повинні бути огорожені захисними кожухами;

5. для забезпечення безпеки робіт на електроустановках напругою понад 1000 В необхідно: вимкнути масляний вимикач і вступні роз'єднувачі; на їх проводах вивісити плакат "Не вмикати — працюють люди!"; перевірити відсутність напруги за допомогою покажчика високої напруги, попередньо перевіривши його справність наближенням до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою; перевірити відсутність напруги на всіх затискачах відключеного обладнання, а для вимикачів — на всіх висновках;

6. все металеві частини електричних пристроїв і обладнання водовідливної установки, які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції, повинні бути заземлені. Приєднання заземлювальних проводів до корпусів електричних пристроїв обладнання та заземлювачів здійснюється болтовими з'єднаннями або зварюванням із забезпеченням надійного контакту. Від кожного заземлювального пристрою повинен відходити окремий провід безпосередньо до заземлювача або загальної заземлювальної мережі, з'єднаної з заземлювачем. Проводити будь-які роботи по заземленню, за винятком очищення, фарбування і вимірювань величини опору, під час роботи машин забороняється. Після кожного ремонту обладнання необхідно перевірити надійність приєднання заземлювальних проводів;

7. перед розкриттям вибухобезпечних оболонок електрообладнання електрослюсар повинен зняти з нього напругу і виміряти концентрацію метану. Надалі, при ремонті і обслуговуванні цього електрообладнання електрослюсар зобов'язаний здійснювати контроль концентрації метану в місці установки обладнання. Після ремонту вибухобезпечного обладнання перевірити наявність всіх болтів, а також ступінь затяжки;

8. виключити потрапляння води на електрообладнання.

Протипожежні заходи при обслуговуванні водовідливної установки:

1. в насосній камері головного водовідливу має перебувати комплекс протипожежного інвентарю (сухі вогнегасники, лопати, ящик з піском або інертно пилом);
2. забороняється зберігати в приміщенні насосної камери мастильні матеріали в кількості, що перевищує добовий запас;
3. використані обтиральні матеріали необхідно зберігати в металевих ящиках з щільно закриваються кришками;
4. в разі виникнення пожежі в насосній камері необхідно відключити електроенергію, повідомити про те, що трапилося диспетчеру і головному механіку і приступити до гасіння за допомогою сухих вогнегасників, піску або інертного пилу. Якщо пожежа приймає великі розміри і згасити його не вдається, слід, покинувши камеру, закрити герметичні двері;
5. вогневі роботи повинні проводитися відповідно до Інструкції з ведення вогневих робіт у підземних виробках і надшахтних будівлях і Правилами пожежної безпеки при проведенні зварювальних і інших вогневих робіт з попереднім оформленням документів на виробництво цих робіт в установленому порядку.

Після закінчення ремонтних робіт всіх видів обслуговуючий персонал зобов'язаний оглянути обладнання, прибрати сторонні предмети і інструменти, забезпечивши чистоту місць, де проводилися роботи.

ВИСНОВКИ

В результаті даної роботи розглянуто коротка характеристика процесу головного шахтного водовідливу. Зроблено огляд існуючих рішень щодо розв'язання даного питання. Проведено аналіз існуючих способів управління насосної установки та вже на перших стадіях розробки в якості найбільш доцільного вибрано частотне регулювання.

Спроектовані структурна і функціональна схеми (на сучасній елементній базі з використанням мікроконтролера AT90S8535 (ATmega16), а також алгоритм роботи пристрою управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса дроселюванням потоку.

Розроблено математичну модель даного способу управління, а також досліджені перехідні процеси при регулюванні насосної установки по подачі.

Використання розробленого пристрою управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса дроселюванням потоку в складі апаратури ВAB.1М дозволить здійснювати контроль параметрів зміни місця розташування робочої точки на напірної характеристики насоса, а отже, знизити непродуктивні витрати електроенергії на водовідливі, зменшити кількість аварійних ситуацій, знизити трудомісткість обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Повышение эффективности водоотливных установок: Учеб. пособие/С.П.Шевчук. – К.: УМК ВО, 1990. – 104 с.
2. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1987. – 304 с.
3. Попов В.М. Рудничные водоотливные установки. – 2-е изд. перераб. и доп. – М., Недра, 1983. – 304 с.
4. Стационарные установки шахт. Под общей ред. Б.Ф. Братченко. М.: Недра, 1977. – 440 с.
5. Алексеев В.В., Рудничные насосные, вентиляторные и пневматические установки: Учебн. пособие.-М.: Недра, 1983. – 381 с.
6. Тимошенко Г.М. Научные основы проектирования и эксплуатации насосных установок в переходных режимах. Киев; Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 127 с.
7. В.Я. Карелин Насосы и насосные станции – М.:Недра, 1979. – 376 с.
8. Н.Г. Картавый Стационарные машины. – М: Недра, 1981. – 327 с.
9. Малеев В.Б., Малашкина В.А. Водоотлив и дегазация угольных шахт. – М.: Недра, 1995. – 208 с.
10. Степанов А.И. Центробежные и осевые насосы: Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Машгиз, 1960. – 463 с.
11. В.Я. Карелин Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах - М.:Недра, 1975 – 353 с.

12. Технические средства автоматизации в горной промышленности: Учебное пособие / В.И. Груба, Э.К. Никулин, А.С. Оголобченко. Под общей редакцией докт. техн. наук, проф. В.И. Грубы. – Киев: ИСМО, 1998. – 373 с.
13. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 304 с.
14. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / С.В. Якубовский и др.; Под ред. С.В. Якубовского. – М.: Радио и связь, 1987. – 496 с.
15. Ефстеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «Atmel», – М.: Додэка, 2004. – 558 с.
16. Автоматизация подземных горных работ/ Под ред. проф. А. А. Иванова. – К.: Вища школа, 1987. – 328 с.
17. Толпежников Л.И. Автоматическое управление процессами шахт и рудников, – М: Недра, 1985. – 352 с.
18. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. – М.: Энергия, 1979. – 240 с.
19. ДСТУ 2.702-78. Правила выполнения электрических схем.
20. ДСТУ 19.003-80. Символы в схемах алгоритмов и программ.