

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 АТ
В.В. Поцєпаєв

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2020 р.

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Розробка системи автоматичного захисту шахтних насосів від кавітації

Виконала : студентка 4 курсу, групи АКТ-16
(шифр групи)

спеціальності

151 Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Погребняк С.А.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник зав.каф., к.т.н., доц Поцєпаєв В.В.
(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 захисту шахтних насосів
від кавітації

Виконала студентка групи АКТ-16 _____ С.А. Погребняк
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Керівник _____ В.В.Поцєпаєв
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

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

Консультанти _____ Є.В. Лесіна
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

_____ С.А. Жовтобрух
(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

_____/ В.В.Поцєпаєв
“ ____ ” ____ 2020 року

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

Погребняк Світлані Андріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматичного захисту
шахтних насосів від кавітації

керівник роботи: Поцєпаєв В.В., к.т.н., доц
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від “ ____ ” 2020 року №

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи: НДРС, практика

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

- 1) Аналіз шахтного насоса як об'єкта керування.
- 2) Обґрунтування напрямку автоматизації.
- 3) Розробка алгоритму, структурної та принципової схеми системи автоматичного захисту шахтних насосів від кавітації.
- 4) Заходи з охорони праці.
- 5) Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Лесіна Є.В., доцент.		
	Жовтобрух С.А., ст.. викл.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз об'єкта	05.05.2020	
2	Огляд існуючих рішень	08.05.2020	
3	Розробка функціональної схеми	11.05.2020	
4	Вибір технічних засобів	16.05.2020	
5	Отримання математичної моделі	21.05.2020	
6	Синтез регулятора	26.05.2020	
7	Моделювання системи	02.06.2020	
8	Охорона праці	09.06.2020	
9	Оформлення	12.06.2020	

Студент _____ Погребняк С.А.

Керівник _____ Поцєпасєв В.В.

Лист зауважень

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

АНОТАЦІЯ

Погребняк Світлана Андріївна «Розробка системи автоматичного захисту шахтних насосів від кавітації» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2020.

Пояснювальна записка до бакалаврської роботи: 56 сторінок, 12 рисунків, 3 таблиці, 24 посилання.

Об'єктом роботи є система автоматичного керування головної водовідливної установки шахти.

Мета роботи - доповнення базової апаратури ВАВ.1М введенням до її складу пристрою системи автоматичного захисту шахтної водовідливної установки від кавітації на базі контролера.

В роботі проведено аналіз технологічного процесу шахтної водовідливної установки як об'єкта автоматизації.

Виконано критичний огляд існуючих рішень захисту насосів водовідливної установки від кавітації.

Обґрунтовано напрямки автоматизації.

Виконано алгоритмізацію системи захисту насосів водовідливної установки від кавітації.

Обґрунтовані та розроблені схемотехнічні рішення системи автоматичного захисту насосів водовідливної установки від кавітації.

Розроблені засоби для безпечної і безаварійної експлуатації апаратури;

Розглянуті питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ЗАХИСТУ, НАСОСНИЙ АГРЕГАТ,
ВОДОВІДЛИВНА УСТАНОВКА, КАВІТАЦІЯ, КОНТРОЛЕР,
ПРИНЦИПРОВА СХЕМА

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ШАХТНОЇ ВОДОВІДЛИВНОЇ УСТАНОВКИ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	11
1.1 Склад технологічного обладнання водовідливної установки	11
1.2 Контроль технологічного процесу та функції системи автоматичного керування водовідливною установкою.....	14
1.3 Критичний огляд існуючих рішень системи керування водовідливом.....	18
1.4 Мета та завдання бакалаврської роботи.....	23
Висновки до розділу 1.....	24
2 ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМНИХ РІШЕНЬ ТА ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ШАХТНОГО НАСОСА ВІД КАВІТАЦІЇ.....	25
2.1 Визначення контрольованих параметрів для пристрою захисту від Кавітації	25
2.2 Алгоритм роботи пристрою захисту від кавітації	29
2.3 Розробка структурної схеми системи автоматичного захисту від кавітації.....	32
Висновки до розділу 2.....	34
3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ЗАХИСТУ ВІД КАВІТАЦІЇ.....	35
3.1 Застосований мікроконтролер.....	35
3.2 Розробка принципової схеми пристрою захисту від кавітації	36
3.3 Розробка компоновальних рішень пристрою захисту насосного агрегату від кавітації.....	41
Висновки до розділу 3.....	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	43
4.1 Розробка заходів для безпечної та безаварійної експлуатації апаратури	43
4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці.....	46
4.2.1 Мікроклімат робочого місця.....	47

4.2.2 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для приміщення, в якому використовуються зорові роботи високої точності.....	51
4.2.3 Розрахунок заземлення загального контуру заземлення будівлі, який повинен бути виведений через розетку на кожне робоче місце з ПК.....	52
Висновки до розділу 4.....	53
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Головна водовідливна установка шахти є однією з найважливіших статустановок шахти, оскільки запобігає затопленню виробок підземними водами з почутку роботи шахти до її закриття.

Вода видаляється з гірничих виробок шахти безнапірними потоками - самопливним водовідливом, та напірним - по трубопроводах насосними установками. Самопливний водовідлив здійснюється по канавках, проведених на ґрунті виробок, геометричний нахил яких дорівнює необхідному гідравлічному. Напірний водовідлив здійснюється водовідливними установками, до складу яких входять насос, привід-електродвигун, підвідний (всмоктувальний) і напірний (нагнітальний) трубопроводи з запірною арматурою. Водовідливні установки поділяються на ділянкові та головні. Ділянкові установки перекачують воду від вибоїв до водозбірника головної водовідливної установки і вмикаються в міру необхідності відкачки води. Основною є головна, яка відкачує воду на поверхню шахти.

Експлуатація головної водовідливної установки шахти свідчить про недостатню ефективність насосної установки тому, що існує перевитрата електроенергії, вихід з ладу насосів, і як результат, підтоплення виробок.

Економічна та надійна робота водовідливної установки здебільшого визначається фактичним режимом роботи насоса, який у процесі експлуатації постійно змінюється в результаті підвищеного зносу обладнання при перекачці води із включенням твердого, кислих вод, "заростанні" елементів мережі трубопроводів. Тому необхідний постійний автоматичний контроль режимних параметрів роботи насосних агрегатів.

Найбільш сучасна промислова апаратура автоматизації водовідливних установок типу ВАВ2.1М не забезпечує повною мірою контроль усіх параметрів водовідливної установки, тому необхідним є розробка і застосування додаткових блоків захисту від кавітації трубопроводу, що підводить, і самого насоса. Дані блоки захисту будуть забезпечувати вимір,

контроль і порівняння з уставками робочих параметрів насоса і мережі для підтримки номінального режиму роботи водовідливної установки. Дотримання встановлених промислових режимів дозволить покращити надійність та економічність насосних агрегатів.

Дані, отримані в результаті тривалих спостережень за роботою водовідливних установок і їх статистична обробка, а також аналіз проведених ревізій, дозволили визначити найбільш характерні недоліки в роботі установок і намітити заходи з їх усунення.

В наслідок аварійних ситуацій відзначено велике число відключень і скидань навантаження при роботі насосних агрегатів з позитивною висотою усмоктування, підсмоктуваннями повітря, засміченням зворотних усмоктувальних клапанів, малою надійністю в роботі розвантажувальних пристроїв насосів, особливо при відкачці забруднених шахтних вод, виникнення режимів кавітації, що є причиною швидкого зносу робочих коліс насосів і врешті втратою продуктивності.

Невисокий наробіток на відмовлення показали в експлуатації керовані засувки через перегорання обмоток двигунів і недостатньо надійної роботи кінцевих вимикачів.

Відзначені вище недоліки вимагають подальшого вдосконалення схем керування та перехід на нову елементну базу з використанням мікропроцесорної техніки.

1 АНАЛІЗ ШАХТНОЇ ВОДОВІДЛИВНОЇ УСТАНОВКИ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

1.1 Склад технологічного обладнання водовідливної установки

Насосна установка головного водовідливу шахти представляє собою комплекс електромеханічного обладнання (насоси, їх приводні двигуни, трубопроводи), який призначений для відкачування підземних вод з гірничих виробок. Головні водовідливні установки відповідно до вимог правил техніки безпеки обладнуються не менше ніж трьома насосними агрегатами. Для перекачки води на верхній горизонт або на поверхню по стовбуру прокладаються два 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 передбачається одночасне включення двох насосів і трубопроводів.

Основним обладнанням водовідливної установки є насоси, електродвигуни, підвідні трубопроводи і напірні трубопроводи. На вході в підвідному трубопроводі монтується приймальний пристрій, який складається з запобіжної сітки і приймального клапана. Останній призначений для утримання води в насосі і підвідному трубопроводі при його заливанні перед пуском електродвигуна насоса. У напірному трубопроводі монтуються засувки і зворотний клапан, який запобігає зворотний хід води і спорожнення трубопроводу при зупинці насоса.

Як електропривод 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 і 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 2.5-75 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 водонасиченості порід, поверхневих джерел і т.п.

Найбільш агресивна до металу кислотна вода, тому водовідливні 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.

Гідравлічна схема трехагрегатної насосної установки з розміщенням виконавчих пристроїв і датчиків, керованих засувки апаратури для контролю заливки насосів допоміжним насосом і контролю установки по тиску наведена на рисунку 1.1, до складу якої входять три насоса ЦНС 300-120-600 (два насоси робочих, один - резервний) з подачею при напорі на одне робоче колесо і номінальним ККД насоса; приводи-електродвигуни ВАО 143-4 потужністю $N = 800 \text{ кВт}$, частотою обертання $n = 1480 \text{ об / хв}$ і ККД; підвідний (всмоктуючий) і напірний (нагнітальний) трубопроводу з відповідною арматурою.

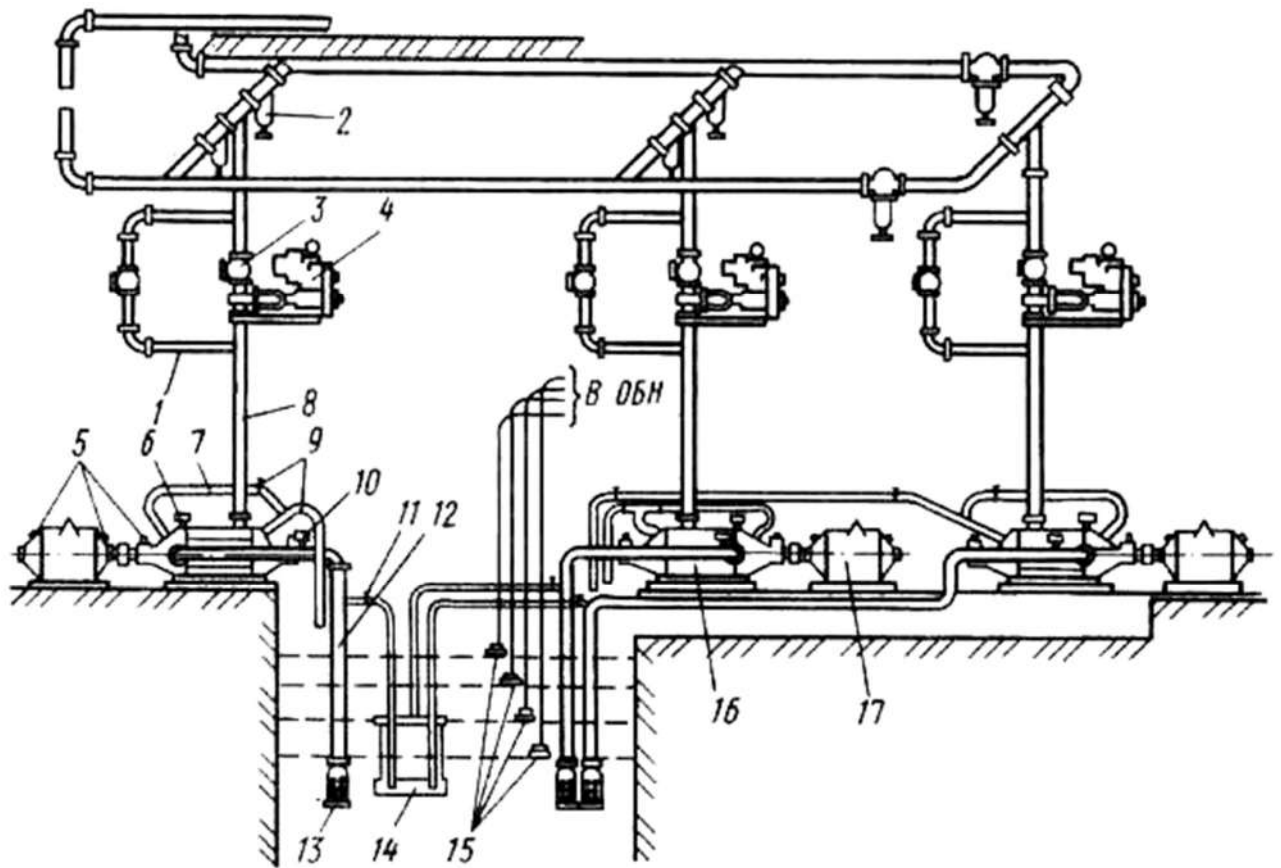


Рисунок 1.1 – Гідравлічна схема трьохагрегатної насосної установки
головного водовідливу

В водовідливному трубопроводі використовуються сталеві безшовні труби СТ4 (зовнішній діаметр підводного трубопроводу складає 0.229 м, а напірного - 0.31 м при товщині стінок 8 мм). На рисунку позначено: 1 - байпасна труба; 2 - засувка з ручним приводом на нагнітальному трубопроводі; 3 - зворотний клапан; 4 - електропривод засувки; 5 - термодатчики для контролю температури підшипників насоса і електродвигуна; 6 - реле тиску; 7 - труба для з'єднання розвантажувального пристрою насоса з всмоктуючою системою; 8 - нагнітальний трубопровід; 9 - ручний вентиль; 10 - реле продуктивності; 11 - ручний вентиль в системі заливки насоса; 12 - всмоктувальний трубопровід; 13 - зворотний всмоктуючий клапан; 14 - заливний насос; 15 - електродні датчики рівня; 16 - головний насос; 17 - електродвигун.

1.2 Контроль технологічного процесу та функції системи автоматичного керування водовідливною установкою

Технологічний процес відкачування води на поверхню шахти має чотири режими роботи головної водовідливної установки: 1 пуск; 2 робочий режим; 3 аварійний режим; 4 зупинка.

Режим пуску починається при досягненні водою верхнього допустимого рівня в водозбірнику. Для пуску необхідно підготувати головну водовідливну установку до роботи. Для цього потрібно перед включенням насосного агрегату здійснити заливку робочого насоса водовідливної установки. Закінчення процесу заливки насоса необхідно проконтролювати. Після заливки включається насосний агрегат і починається процес відкриття засувки на напірному трубопроводі. Якщо насос запускається на закриту засувку, процес пуску проходить найбільш сприятливо. Якщо пуск проходить нормально, то насос приймає навантаження, в нагнітальному трубопроводі встановлюється номінальний тиск, насос працює з повною продуктивністю і на цьому режим пуску завершується.

В робочому режимі потрібен контроль за процесом відкачування води і режимами роботи насосних агрегатів. Параметри, які потрібно контролювати в процесі роботи водовідливної установки, наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Перелік параметрів роботи водовідливної установки і технічних засобів їх контролю

Параметри	Вид інформації	Технічні засоби контролю
Рівень води	Дискретна	ЕД
Тиск	Дискретна Аналогова	РДВ МП
Подача	Дискретна Аналогова	РПН -----
Кавітація	Аналогова	-----

При роботі насоса рівень води в водозбірнику повинен знижуватися. У разі, коли рівень води продовжує підвищуватися і досягає аварійного рівня, це означає, що приплив води в шахту перевищив нормальний і подачі одного насоса недостатньо. Тоді необхідно включити паралельно в роботу наступний насосний агрегат, повторивши перед цим всі операції режиму пуску, які були виконані для першого насоса. Це один з окремих випадків аварійного режиму роботи, який може виникнути в процесі відкачування води.

Перехід в аварійний режим виникає при наявності відхилень в робочому режимі водовідливної установки з метою їх усунення і повернення технологічного процесу водовідливу до нормального його протікання. Причиною аварійного режиму можуть бути наступні обставини: перегрів підшипників насоса або приводного електродвигуна, зниження продуктивності насоса, зниження тиску в трубопроводі, вхід насоса в кавітацію, аварійний рівень води в водозбірнику. За цих причин, крім останньої, насос відключається і виконується пуск резервного насосного агрегату.

Аварійний режим можливий і в процесі пуску. Якщо насос не розвиває номінального тиску або номінальної подачі, то засувка в напірному трубопроводі закривається і електродвигун відключається, після цього запускається резервний насосний агрегат.

Якщо процес відкачування йде в штатному режимі, то рівень води знижується до контрольованого нижнього рівня. При його досягненні засувка закривається і насосний агрегат відключається.

На підставі накопиченого досвіду експлуатації, результатів теоретичних досліджень визначені загальноприйняті вимоги, яким повинні задовольняти автоматизовані водовідливні установки:

1. Передбачаються два види управління водовідливної установкою:
 - а) автоматичне - в залежності від рівня води в водозбірнику;
 - б) місцеве (ручне) - окремими агрегатами під час нададочних і ремонтних робіт.

Повинна бути виключена можливість одночасного застосування різних видів управління. Робота водовідливної установки передбачається без постійного обслуговуючого персоналу.

2. Передбачається можливість дистанційного включення і відключення насосів з пульта диспетчера при рівні води в водозбірнику вище нижнього. Повинно забезпечуватися автоматичне відключення насосів, при досягненні нижнього рівня води, якщо відключення з пульта не було вироблено.

3. Переклад на місцеве управління будь-якого числа насосних агрегатів повинен здійснюватися без порушення роботи інших агрегатів в автоматичному режимі.

4. Повинний забезпечуватися рознесений в часі пуск електродвигунів насосних агрегатів (при паралельній роботі, при досягненні аварійного рівня, після перерви в електропостачанні).

5. При верхньому рівні води повинно забезпечуватися (в залежності від настройки) включення одного або декількох насосних агрегатів.

При підвищеному рівні води слід забезпечувати додаткове включення одного або декількох резервних насосних агрегатів. Повинна передбачатися можливість ручного або автоматичного періодичного перемикання програми роботи (основна робота, резерв) насосних агрегатів.

6. Відключення насосних агрегатів при роботі їх в автоматичному режимі повинно здійснюватися при відкачці води з водозбірника до заданого нижнього рівня.

7. При відключенні через несправність одного з насосів, що працюють в автоматичному режимі, натомість його повинен автоматично вмикатися резервний.

8. Повинні передбачатися блокування, що забезпечують: а) неможливість пуску насосного агрегату при незалітом насосі; б) включення моторного приводу керованої засувки на нагнітанні тільки після пуску насосного агрегату (допускається одночасна подача імпульсу на пуск насоса і моторного приводу засувки); в) зупинка насосного агрегату при нормальній роботі після повного

закриття засувки (тільки для установок з керованими засувками на нагнітальному трубопроводі); г) неможливість дистанційного включення насосних агрегатів при відсутності води в водозбірнику; д) неможливість повторного включення аварійно відключені насосного агрегату до усунення причини, що викликала аварійне відключення.

9. Необхідно передбачати захисту, що викликають аварійну зупинку насосних агрегатів при: а) зниженні або втраті продуктивності насоса; б) нагріванні підшипників вище допустимої температури; в) зникнення напруги в ланцюгах управління (загальних і індивідуальних); г) коротких замикань.

10. Повинні передбачатися наступні види контролю:

- а) продуктивності кожного насосного агрегату;
- б) температури підшипників насосних агрегатів;
- в) положення засувки на всмоктуючому трубопроводі;
- г) контроль роботи насоса в предкавітаційному режимі.

11. Повинна передбачатися світлова сигналізація:

- а) в камері водовідливу:
 - аварійне відключення насосного агрегату;
 - наявність напруги в ланцюгах управління.
- б) в приміщенні диспетчера:
 - робота насосних агрегатів;
 - аварійне відключення насосних агрегатів;
 - аварійний рівень води в водозбірнику;
 - наявність напруги в ланцюгах управління.

Світлові сигнали аварійного відключення насосних агрегатів і аварійного рівня води в водозбірнику повинні супроводжуватися звуковим сигналом.

12. Апаратура автоматизації повинна виготовлятися в двох виконаннях, рудниковому нормальному і рудниковому вибухобезпечному, апаратура, що встановлюється у диспетчера (на поверхні), в нормальному загальнопромисловому виконанні.

13. Апаратура управління і допоміжні пристрої, що безпосередньо стикаються з шахтною водою (пристрої заливки насосів, контролю продуктивності, рівня і т.п.), повинні виготовлятися в нормальному і в кислототривкому виконаннях.

1.3 Критичний огляд існуючих рішень системи керування водовідливом

Для автоматизації різних водовідливів серійно випускалася апаратура наступних типів: АВО-5, АВН-1М, УАВ, КАВ, ВАВ, ВАВ-1М. Найбільш довершеною та сучасною апаратурою є серійна апаратура ВАВ-1М, яка призначена для автоматичного, дистанційного та місцевого управління головними високовольтними, низьковольтними водовідливними установками, а також автоматичного та місцевого управління одиночними водовідливними установками шахт, небезпечних за газом та пилом.

Залежно від умов застосування і комплектності поставки апаратура виготовляється в трьох модифікаціях: ВАВ1.1М, ВАВ2.1М, ВАВ3.1М.

Комплект поставки апаратури наведено в таблиці 1.1.

Модифікація ВАВ.1.1М для автоматизації низьковольтного водовідливу.

Модифікація ВАВ.2.1М для автоматизації високовольтного водовідливу з однієї керованої засувкою.

Модифікація ВАВ.3.1М для автоматизації високовольтного водовідливу з двома керованими засувками.

Структурна схема з'єднання основних блоків апаратури ВАВ.1М зображена на рисунку 1.2

Таблиця 1.1 - Комплект поставки апаратури ВAB.1М

Шифр виробів основного обладнання	Кількість виробів в модифікації		
	ВAB.1.1М	ВAB.2.1М	ВAB.3.ІІІ
БУН.1М	1	1	1
СТВ.1М	1	1	1
ТДЛ.1М	12	12	12
РПН.1М	3	3	3
РВД.1М	-	3	3
ЭД.1М	8	8	8
БРЦ	1	1	1
НЭП	1	1	1
ПЗ.1М	-	3	6
ПРА	-	3	6
ЯРВ.1М	-	1	1
ПЦУ.4.1М	-	-	3
КЯ.1.1М	2	2	4
ВПБ. 15/12	1	1	1

БУН.1М - Блок управління насосами. Призначений для вибору режиму роботи насосів, обробки сигналів від датчиків та видачі команд на виконавчі пристрої, а також для сигналізації про стан водовідливної установки.

СТВ.1М - Табло сигнальне водовідливу. Відображає інформацію про стан водовідливної установки.

ТДЛ.1М - Термодатчик. Призначений для контролю нагріву підшипників.

РПН.1М - Реле продуктивності. Призначено для контролю роботи насоса.

РВД.1М - Реле тиску. Призначено для контролю заливки головного насоса по тиску

ЕД.1М - Датчик електродний. Призначений для замикання ланцюга управління в схемі автоматизованої водовідливної установки.

БРЦ - Блок розв'язки іскробезпечних кіл. Призначений для управління пускачами і високовольтними осередками з іскробезпечними колами управління.

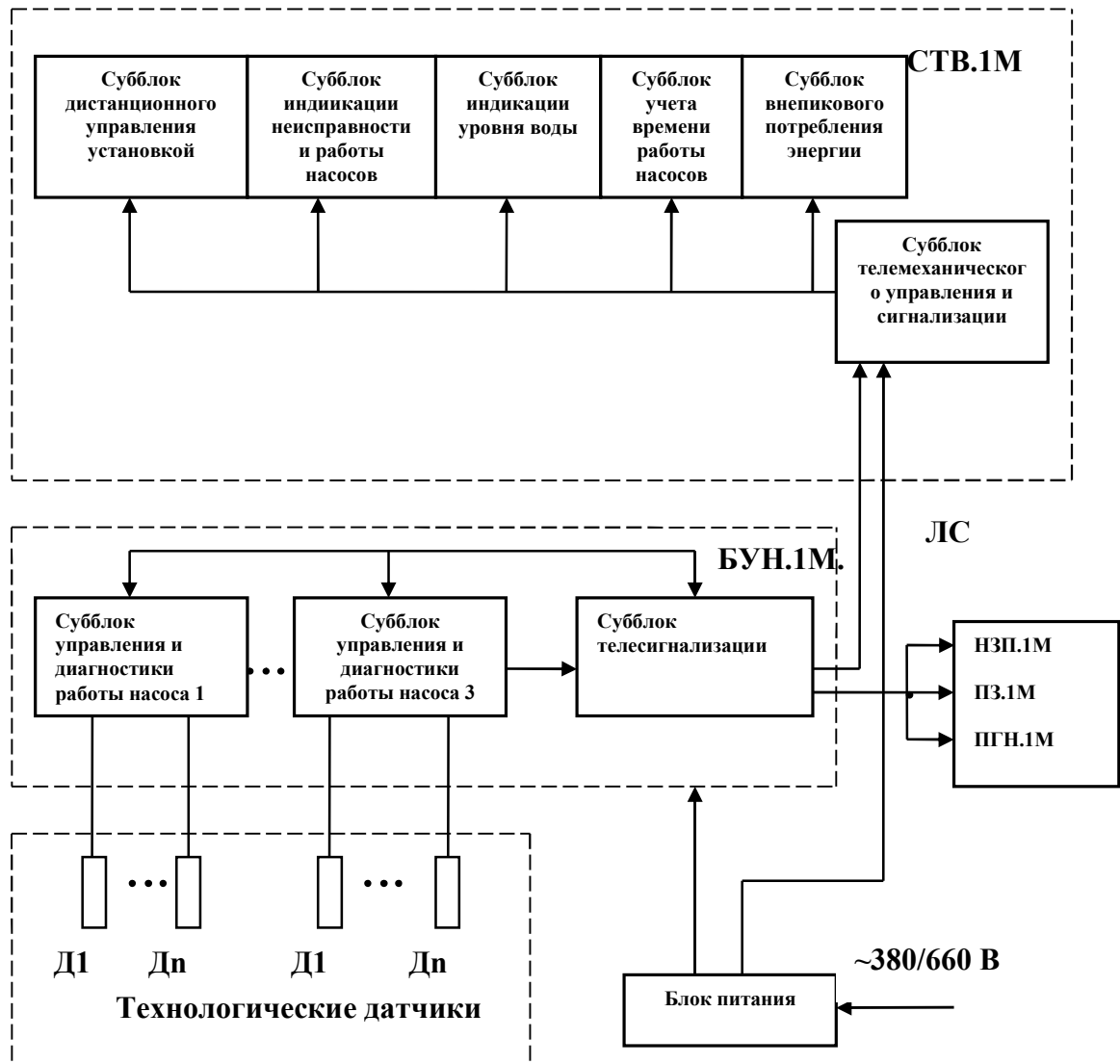


Рисунок 1.2 - Структурна схема з'єднання основних блоків апаратури ВAB.1М

НЗП - Насос заливний занурювальний. Призначений для одночасної заливки перед пуском від одного до трьох шахтних насосів.

ПЗ.1М - Привід засувки. Призначений для відкриття засувки, нагнітальних трубопроводів. Привід може застосовуватися для управління іншими механізмами з обертовим рухом під'єднувальної ланки, в умовах,

небезпечних щодо газу і пилу. При цьому ланцюзі управління повинні бути іскробезпечними.

ПРА - Пускач автоматики рудничний. Призначений для управління і захисту приводів гвинтових моторних, приводів засувки, приводів дверей сталевих і приводів моторних стрілочних ПМС.5, використовуваних в схемах дистанційного, централізованого або автоматичного управління шахтними механізмами, а також для управління колонковими електросвердлами.

ЯРВ.1.1М - Ящик кабельний вибухобезпечний. Призначений для з'єднання і розгалуження кабельних ліній в шахті, небезпечних щодо газу і пилу.

ПЦУ.4.1М - Перемикач ланцюгів управління. Призначений для перемикання ланцюгів управління.

Принципова схема і апаратура побудовані за блоковим принципом. Елементи управління одним насосним агрегатом виділені в окремий вузол і змонтовані на окремій панелі на штепсельному роз'ємі.

З метою зменшення часу на відновлення, блок живлення, елементи контролю, і сигналізації виконані у вигляді окремих блоків на штепсельних роз'ємах.

Робота вузла управління насосним агрегатом не залежить від функціонування інших вузлів управління насосами. Всі вузли керування насосними агрегатами приєднуються паралельно до датчиків рівнів і проводу заземлення.

Схема і апаратура забезпечують:

- автоматичне керування насосними агрегатами за рівнем води в водозбірнику;
- місцеве (ручне) управління окремими агрегатами під час налагоджувальних і ремонтних робіт;
- переклад на місцеве управління будь-якого числа насосних агрегатів без порушення роботи інших агрегатів в автоматичному режимі;

- можливість пуску і зупинки від диспетчера, що працюють в системі автоматичного управління, незалежно від рівня води в водозбірнику;

- дистанційне відключення насосів не залежить від рівня води в водозбірнику;

- дистанційний пуск і зупинка насосів передбачені для випадків необхідності подачі води для технічних потреб і рівняння навантаження на підстанції, а також при аварії поза апаратури;

- послідовність включення і відключення, електродвигунів насосних агрегатів з витримкою часу, що виключає одночасне їх включення і відключення при паралельній роботі щоб уникнути накладення пускових струмів і гідравлічного удару;

- включення одного або декількох насосних агрегатів при верхньому рівні води в водозбірнику;

- при підвищеному рівні води додаткове включення одного або декількох агрегатів;

- при аварійному рівні води додаткове включення одного або декількох агрегатів;

- при відключенні за несправністю одного або декількох агрегатів, що працює в автоматичному режимі, натомість його включається резервний, налаштований для роботи від аварійного рівня;

- при включенні насоса від диспетчера, автоматичне відключення його при досягненні водою нижнього рівня, а також дистанційне відключення при будь-якому рівні води в водозбірнику;

- можливість застосування будь-яких нижче перерахованих способів заливки:

- а) допоміжними насосами;

- б) занурювальним насосом;

- в) заглиблення насосної камери;

- роботу насосів з керованими засувками і без них;

- перехід з автоматичного управління на ручне без розкривання оболонки апарату;

- дозування заливки за часом і контроль включення насосів за часом і тиску;

- наступні види захисту:

- а) гідравлічну по витраті води;

- б) від перегріву підшипників;

- в) захист від перевантаження засувки;

- автоматичне відключення насосного агрегату при:

- а) спрацьовуванні гідравлічної або теплового захисту;

- б) зникнення напруги в ланцюгах управління;

- в) спрацьовуванні захисту передбаченої пускової апаратури;

- можливість повторного вмикання несправного насосного агрегату без втручання обслуговуючого персоналу;

- наступні види сигналізації:

- а) про живлення табло;

- б) про роботу кожного з насосів;

- в) про несправність насосних агрегатів і типі несправності;

- г) про аварійний рівень води в водозбірнику;

- д) про час роботи кожного з насосів;

- е) про рівень води в водозбірнику;

- сигналізація по двох проводах телефонної лінії;

- живлення в мережах напругою 380 або 660 В.

Апаратура має ряд недоліків:

- при числі насосів в водовідливній установці більше трьох необхідно застосовувати кілька комплектів апаратури;

- при декількох водовідливних установках необхідно застосовувати кілька комплектів апаратури;

- при залежних водовідливу немає блокування що не дозволяє нижньої установці подавати воду в заповнений верхній водозбірник;

- не передбачені функції контролю стану всмоктуючого і напірного трубопроводів насоса;
- не передбачені функції захисту насосів від кавітації.
- апаратура управління виконана на застарілій елементній базі без застосування контролерів.

1.4 Мета та завдання бакалаврської роботи

Мета роботи - доповнення базової апаратури ВAB.1М введенням до її складу розробленого пристрою системи автоматичного захисту шахтної водовідливної установки від кавітації на базі контролера. Для досягнення мети треба вирішити наступні завдання

1. Виконати критичний аналіз водовідливної установки як об'єкта керування та існуючої апаратури автоматичного керування водовідливною установкою.
2. Обґрунтувати системні рішення та параметри пристрою захисту шахтного насоса від кавітації.
3. Розробити функціональну, структурну та принципову схему пристрою захисту насоса від кавітації.

Висновки по розділу 1

1. Розглянуто технологічний процес водовідливу та водовідливну установку як об'єкт керування.
2. Виконано критичний аналіз існуючої апаратури автоматичного керування водовідливною установкою.
3. Сучасна апаратура керування водовідливною установкою не забезпечує захист насосів від кавітації.
4. Апаратура автоматизації водовідливних установок ВAB-1М виконана на застарілій елементній базі без застосування контролерів.

2 ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМНИХ РІШЕНЬ ТА ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ШАХТНОГО НАСОСА ВІД КАВІТАЦІЇ

2.1 Визначення контрольованих параметрів для пристрою захисту від кавітації

Режим роботи водовідливної установки характеризується шістьма механічними характеристиками, чотири з яких є індивідуальними характеристиками насоса (криві тиску, ККД, потужності і кавітації) і дві - характеристики підвідного та транспортного (нагнітального) трубопроводів [17]. Кожна з вказаних характеристик не є константною, а змінюється в залежності від технологічних і експлуатаційних умов водовідливної установки.

Дослідженнями і досвідом експлуатації насосів головної водовідливної установки встановлено, що при автоматизації останніх крім забезпечення їх роботи в зоні промислового використання необхідно здійснювати контроль і діагностику робочих режимів водовідливної установки в цілому [5,9,11]. При розробці пристрою автоматизованої захисту шахтної водовідливної установки від кавітації необхідно враховувати найбільше число параметрів, частина з яких змінюється неоднозначно, а пряме інструментальне вимірювання яких або утруднене, або неможливе. У цих випадках доводиться використовувати непрямі методи контролю таких параметрів.

Відомо, що робочий режим насосного агрегату графічно визначається точкою перетину напірних характеристик насоса і мережі [9]. Отже, відхилення режиму від розрахункового може відбутися тільки в результаті зміни цих характеристик.

Характеристика насоса в процесі експлуатації може змінюватися з різних причин: підсмоктується повітря в трубопроводі, що підводить, знос ущільнення робочих коліс, засмічення всмоктуючого патрубку робочого колеса сторонніми

предметами, знос робочих коліс, збільшення опору трубопроводу, що підводить і т.п.

Графік зміни напірних характеристик насоса і трубопровідної мережі наведено на малюнку 2.1, де P_c - характеристика мережі; P_m - характеристика насоса; Q_0 , Q_1 , Q_2 - відповідно робоча, мінімальна і максимальна подача насоса в робочій зоні; P_0 , P_1 , P_2 - відповідно робоче, мінімальний і максимальний тиски насоса в робочій зоні; P_g - геометричне тиск водопідйому. P_{0BG} , P_{1BG} , P_{2BG} – відповідно робоче, мінімальне і максимальне геометричне тиск всмоктування. $P_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ – допустиме вакуумметрическое тиску всмоктування (характеристика кавітації).

Незалежно від причин зміни характеристики насоса, результат у всіх випадках виявляється однаковим - змінюється напір насоса в зоні промислового використання. Відхилення напірної характеристики мережі від розрахункової також може бути викликано різними причинами. В одних випадках це веде до зростання опору мережі (не цілком відкрита засувка на нагнітанні, зменшилася прохідний перетин трубопроводу в результаті корозії або замулювання, неповне відкриття зворотного клапана на нагнітанні), в інших - до зниження опору (в повному обсязі закрита комутаційна засувка на напірному колекторі, порушена герметичність нагнітального трубопроводу, в повному обсязі закрита засувка на скидному трубопроводі). При цьому змінюється подача насоса, його натиск, витрата води в вихідному перетині нагнітального трубопроводу, споживана потужність, витрата води через розвантаження, вакуум в патрубку насоса, тобто всі параметри, які характеризують робочий режим. Фіксація зміни кожного з перерахованих параметрів в принципі може бути основою для встановлення гідравлічної несправності.

При зростанні опору мережі подача насоса зменшується, а тиск зростає. Співвідношення між відносною зміною подачі і відносною зміною тиску залежить від форми напірної характеристики насоса, що при розглянутому вигляді несправності залишається незмінним.

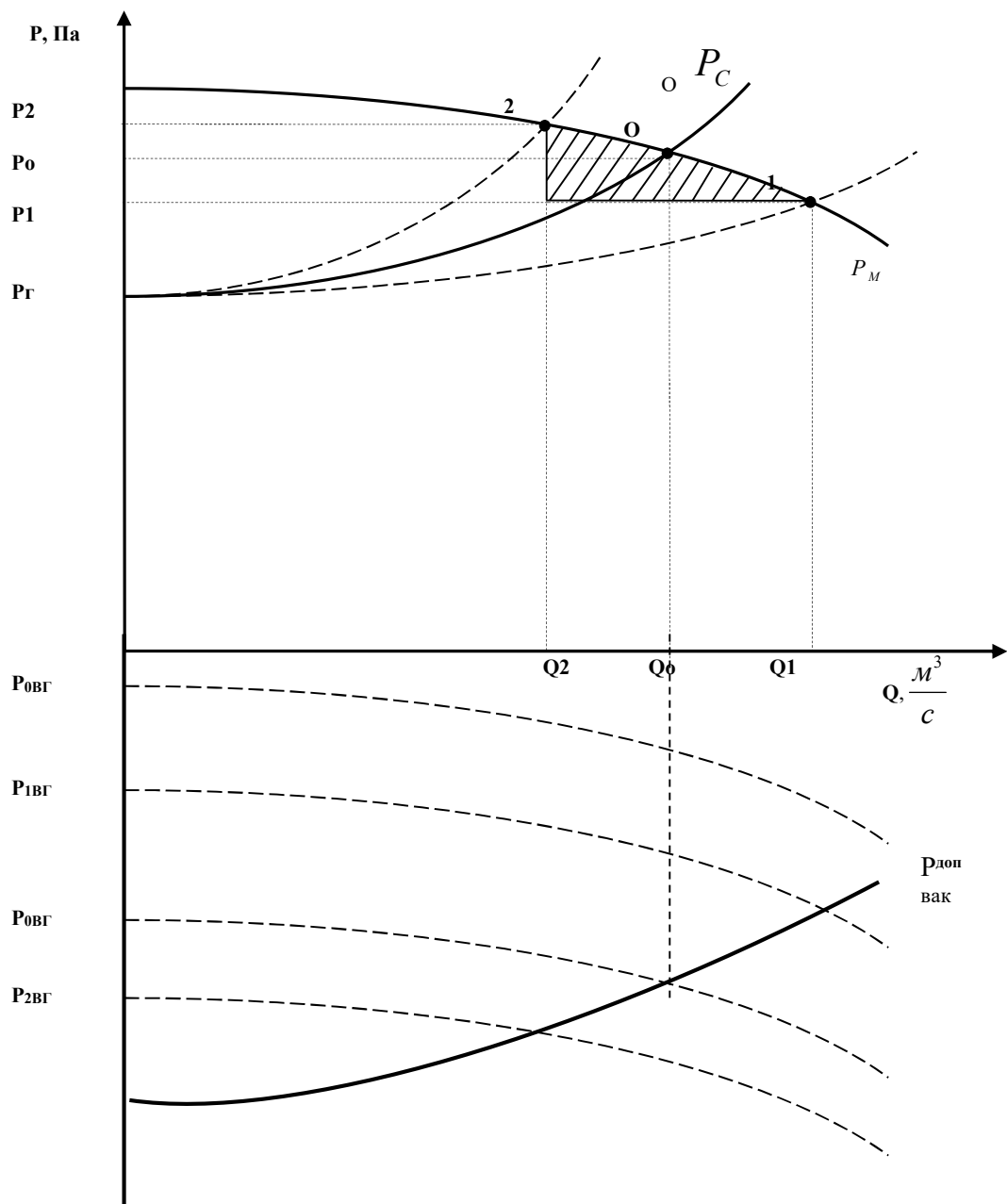


Рисунок 2.1 – Графіки характеристик насоса, трубопроводної мережі та підвідного трубопроводу

Для шахтних насосів відносна зміна подачі в межах зони промислового використання істотно перевищує відносне зміна тиску. Останнє свідчить про те, що захист з подачі раціональніше захисту по тиску.

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1. Мінливість характеристик насосної установки в процесі експлуатації обумовлена багатьма факторами з різним ступенем впливу.

2. Ніякий параметр не є вичерпно інформативним може бути прийнятий в якості єдиного інформаційного сигналу достатньої для реалізації захисту від кавітації.

3. При реалізації системи автоматичного захисту від кавітації необхідно враховувати не менше двох найбільш значущих для конкретних умов параметрів.

Функції, які будуть реалізовані в пристрої, що розробляється:

- керуючі (відкриття засувки);
- сигнальні (про несправності насоса, про передкавітаційні режими насоса);
- проміжні (про становище засувки).

Технічні вимоги до пристрою, який розробляється:

- іскробезбечність вхідних і вихідних кіл;
- вибухозахист (пристрій повинен бути розташований в стандартну вибухозахищені оболонку);
- іскробезбечність живлення розроблюваного пристрою;
- гальванічна розв'язка між новими блоками розроблюваного пристрою;
- для можливості оперативного ремонту пристрою передбачити наявність штекерного роз'єму;
- використання витратоміра і рівнеміра зі стандартним електричним аналоговим виходом;

- при апаратному вирішенні розроблюваного пристрою управління слід використовувати контролер.

2.2 Алгоритм роботи пристрою захисту від кавітації

Блок-схема алгоритму автоматичного пристрою захисту шахтної водовідливної установки від кавітації представлена на рисунку 2.2.

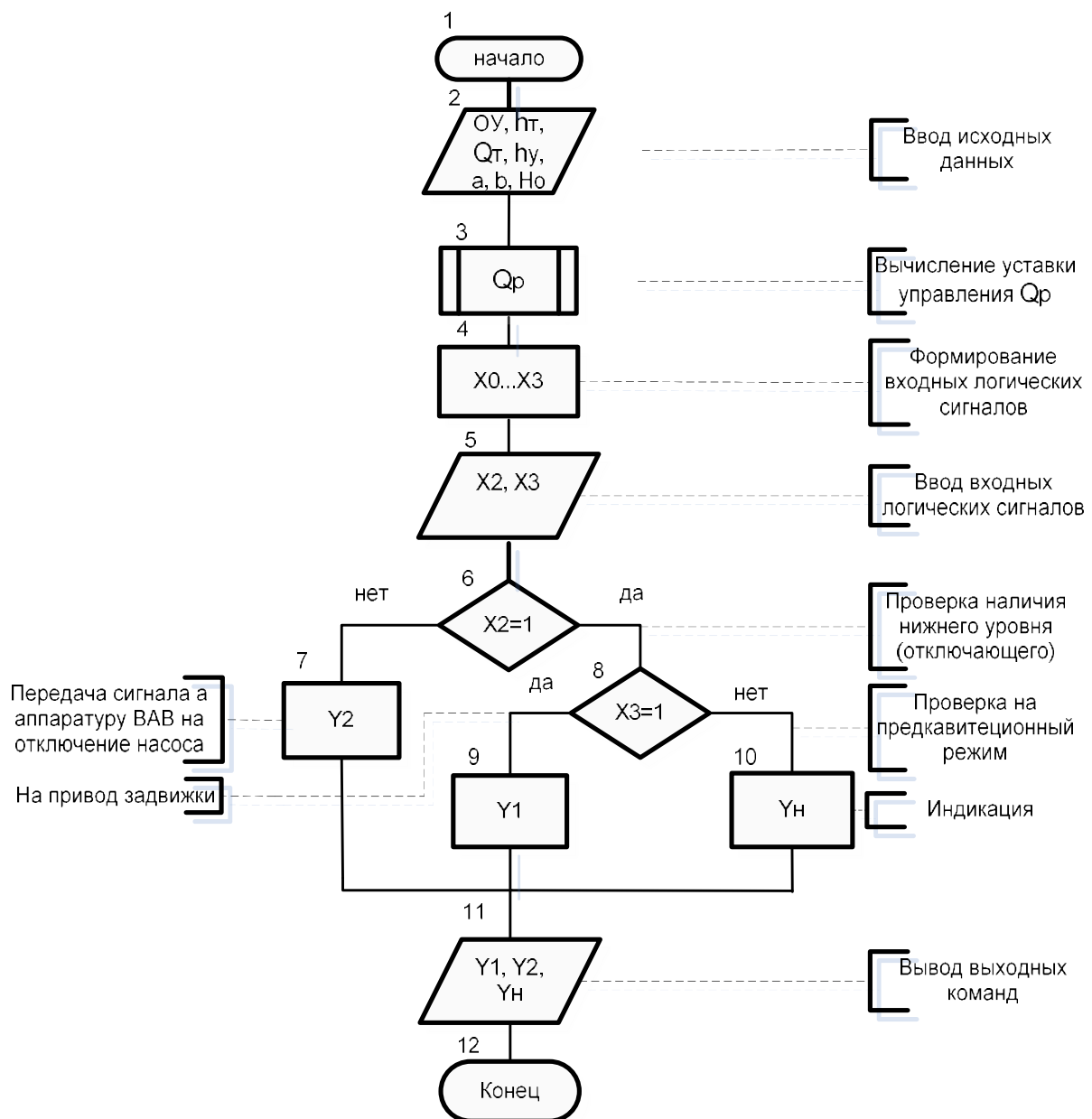


Рисунок 2.2 – Блок-схема алгоритма роботи пристрою захисту від кавітації

Ініціалізація всіх сигналів, які будуть використовуватися в алгоритмі:
уставка Q_p :

$$Q_p = ax^b, \quad (2.1)$$

де a, b – де a, b - емпіричні коефіцієнти. Для насоса типу ЦНС 300 – 120...600 $a = 36, b = 1,3$;

$$x = H_0 - H_{\text{ВГ}}, \quad (2.2)$$

де $H_{\text{ВГ}}$ – геометрична висота всмоктування, м;

H_0 – тиск на рівні дзеркала води в приймальному колодязі, м;

$$H_0 = 9,69 + 10^{-3}H_{\text{ш}},$$

де $H_{\text{ш}}$ – глибина шахти, $H_{\text{ш}} = 560$ м.

$$H_0 = 9,69 + 10^{-3} \cdot 560 = 10,25 \text{ м}$$

З геометричної побудови витікає, що $H'_{\text{ВГ}} = h_{\text{Т}} + 0,5 = h_{\text{Н}}$, тоді:

$$x = H'_0 - h_{\text{Т}}, \quad (2.3)$$

де $H'_0 = H_0 - h_{\text{Н}}$.

$$H'_0 = 10,25 - h_{\text{Т}} - 0,5 = 9,75 - h_{\text{Т}}$$

$$x = 9,75 - 2 \cdot h_{\text{Т}}$$

вхідні сигнали:

h_{oy} – рівень насоса, що відключає:

$$h_{\text{oy}} := x_0$$

- зниження рівня нижче, що відключає

$$h_t < h_{oy} := x_1$$

$$x_0 \vee x_1 := x_2$$

де

- Q_t – поточне значення подачі;

- перевищення Q_t над уставкою Q_p

$$Q_t > Q_p := x_3;$$

- перевищення Q_p над Q_t

$$Q_t \leq Q_p := x_3 ;$$

Функції керування:

$Y_1 :=$ прикрити засувку;

$Y_2 :=$ порада «виключити насос»;

проміжні функції:

$Y_n :=$ «норма».

Суть алгоритму полягає в наступному. Після включення насоса здійснюється постійний контроль режимів роботи насоса шляхом вимірювання поточних значень параметрів, які характеризують його режим, і порівнюються з заданими, встановленими при проектуванні. При порівнянні показань витратоміра встановленого на трубопроводі, що підводить з розрахунковою уставкою по подачі контролюється передкавітаційний режим роботи насоса.

Лістинг програми обчислення уставки Q_p наведено в додатку Б.

2.3 Розробка структурної схеми системи автоматичного захисту від кавітації

На підставі розробленого вище алгоритму розроблено структурну схему автоматичної системи захисту шахтної водовідливної установки від кавітації. Загальна структурна схема системи наведена на рис. 2.3.

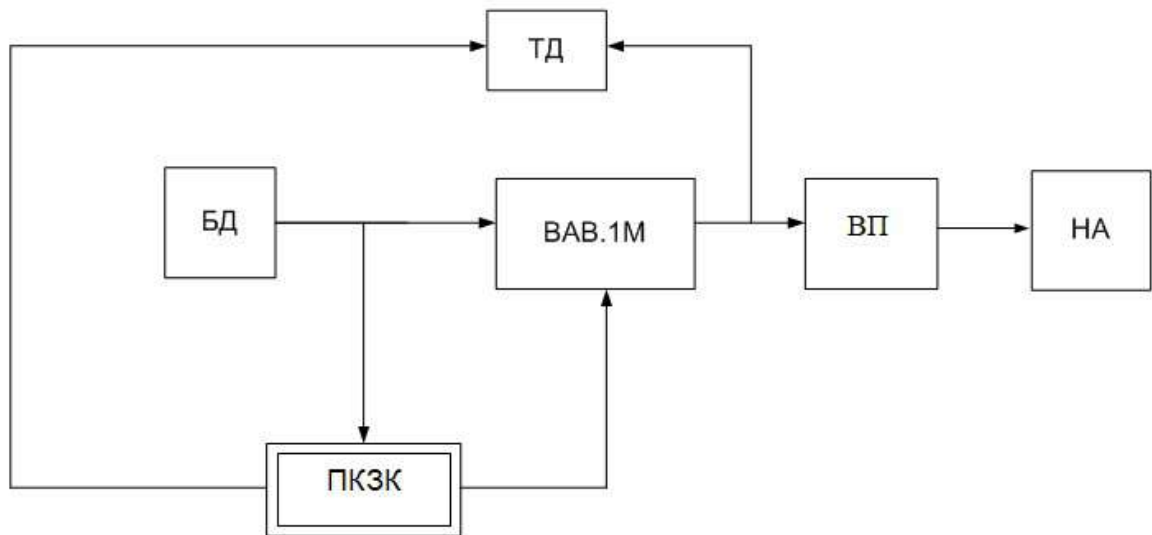


Рисунок 2.3 – Загальна структурна схема системи захисту водовідливної установки від кавітації

На наведеній схемі прийняті наступні позначення:

БД - блок датчиків;

ПКЗК - пристрій контролю і захисту від кавітації;

BAВ1.М - базова апаратура автоматизації;

ТД - табло диспетчера;

ВП - виконавчий пристрій;

НА - насосний агрегат.

Інформація від датчиків надходить на вхід пристрою контролю і захисту від кавітації, де аналізується і результати надходять в базову апаратуру BAВ1.М, яка подає сигнал на виконавчий пристрій ВП, що дозволяє регулювати ступінь відкриття засувки і на табло до диспетчера.

Структурна схема пристрою захисту ПКЗК наведена на рис. 2.4.

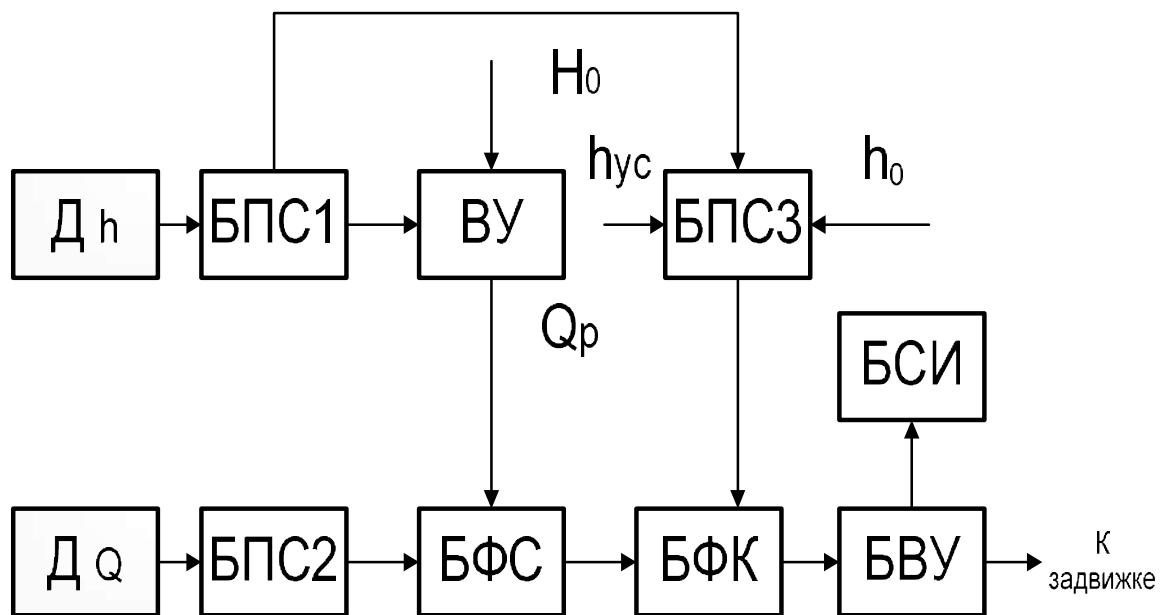


Рисунок 2.4 - Структурна схема пристрою захисту ПКЗК

На структурній схемі прийняті наступні позначення:

Д_Q - аналоговий датчик витрати;

Д_h - аналоговий датчик рівня;

БПС - блок перетворення сигналу;

ОП - обчислювальний пристрій;

БФС - блок формування сигналів;

БФК - блок формування команд;

БВУ - блок вихідних пристроїв;

БСИ - блок світлової індикації.

Вхідними сигналами для даної системи є сигнали, що надходять від аналогових датчиків: витратоміра, встановленого на трубопроводі, що підводить, рівнеміра, а також від дискретного датчика контролю рівня насоса, що відключає.

Для вимірювання витрати приймаємо витратомір типу НРВ-500; $Q_{\max} = 500 \text{ м}^3/\text{год}$; класу 1,0; $i_b = 5 \text{ мА}$.

Рівень води в приймальному колодязі вимірюємо манометричним рівнеміром типу МП 2218; $P_{\text{изб.мах}} = 0,1$ МПа; класу 1,0; $i_{\text{в}} = 5$ мА.

Вимірювання вакууму на вході насосу здійснюється мановакуумметром типу МП 22517; $P_{\text{изб.мах}} = 2,4$ МПа; $P_{\text{вак.мах}} = 0,1$ МПа; класу 1,0; $i_{\text{в}} = 5$ мА.

Тут і далі по тексту:

$Q_{\text{мах}}$ – верхня межа вимірювань витрати;

$P_{\text{изб.мах}}$ – верхня межа вимірювань надмірного тиску;

$P_{\text{вак.мах}}$ – верхня межа вимірювань вакуумметричного тиску;

$i_{\text{в}}$ – верхнє граничне значення вихідного сигналу датчика.

Крім керуючої команди прикриття засувки, система що розробляється забезпечує сигналізацію про позаштатних станах насосної установки, для чого використовується блок світлової індикації.

Висновки до розділу 2

1. Визначені контрольовані параметри для пристрою захисту від кавітації.
2. Розроблено алгоритм роботи пристрою захисту від кавітації.
3. Розроблено структурну схему системи та пристрою захисту насосного агрегату від кавітації.

3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ЗАХИСТУ ВІД КАВІТАЦІЇ

3.1 Застосований мікроконтролер

В якості обчислювального пристрою в роботі прийнятий мікроконтролер AT90S2313 фірми Atmel. AT90S2313 - економічний 8 бітовий КМОП мікроконтролер, побудований з використанням розширеної RISC архітектури AVR. AT90S2313 виконує по одній команді за період тактової частоти і має продуктивність близько 1MIPS на МГц. Це дозволяє створювати системи оптимальні за швидкістю і споживаною потужністю.

AT90S2313 має повну систему розробки, куди входить макроасемблер, програмний відладчик / симулятор, внутрішньосхемний емулятор і налагоджувальний комплект.

Опис виводів представлено на рис. 3.1

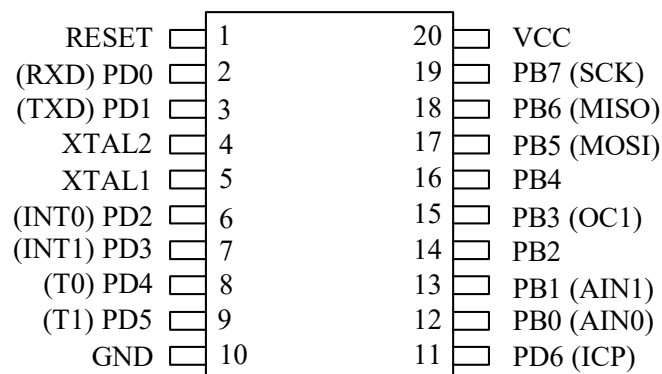


Рисунок 3.1 – Виводи мікроконтролера

3.2 Розробка принципової схеми пристрою захисту від кавітації

На підставі розроблених структурних схем, а також отриманих логічних функцій виконано розробку принципової електричної схеми.

Схеми узгодження по входу

Оскільки датчики, що застосовуються в розробляється пристрої, різного типу, то узгодження їх з блоком логіки відбувається за різними схемами.

На рис. 3.2 приведена принципова схема узгодження дискретного датчика, контролюючого відключає рівень насоса, причому приймаємо схему, яка працює на розмикання контакту.

Розглянемо роботу цієї схеми. Головним складовим елементом її є оптопара VH1, в якості якої приймаємо оптопару типу АОТ128Б. Її приймачем служить кремнієвий фототранзистор з часом перемикання 2 мкс, що досить для надійної роботи цифрових мікросхем. Вхідна напруга оптопари складає $U_{BX}=1,5V$ при входному струмі $I_{BX}=10mA$.

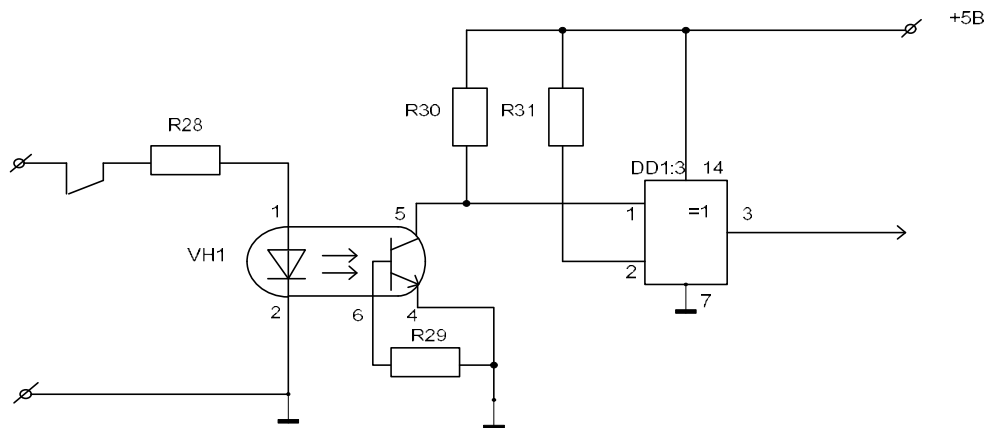


Рисунок 3.2 – Принципова електрична схема узгодження дискретного датчика

Резистор R 28, призначений для обмеження струму в ланцюзі датчика, розраховується за формулою:

$$R_{28} = \frac{U_D - U_{BX}}{I_{BX}} = \frac{36 - 1,5}{10 \cdot 10^{-3}} = 3450 \text{ Ом},$$

де U_D - сигнал, що надходить з кінцевих вимикачів, 36В.

За ГОСТом приймаємо резистор типу МЛТ - 0,5 - 3,3к 5%.

Опір R29, що служить для виключення темнового струму транзистора, приймаємо рівним 100 кОм.

Резистор R30, необхідний для обмеження струму в колекторі фототранзистор оптопари, і резистор R31, призначений для створення високого рівня на вході мікросхеми DD1: 3, приймаємо рівними 1 кОм.

Мікросхема DD1: 3 типи виключає АБО (K176ЛП2) [14] в схемі призначена для перетворення дискретних сигналів в стандартні логічні рівні (логічна 1 і логічний 0), необхідні для роботи блоку логіки.

Схеми узгодження аналогових датчиків.

На рис. 3.3 приведена принципова схема узгодження аналогового витратоміра з блоком логіки.

Головним складовим елементом схеми є компаратор, зібраний на операційному підсилювачі K154УД2.

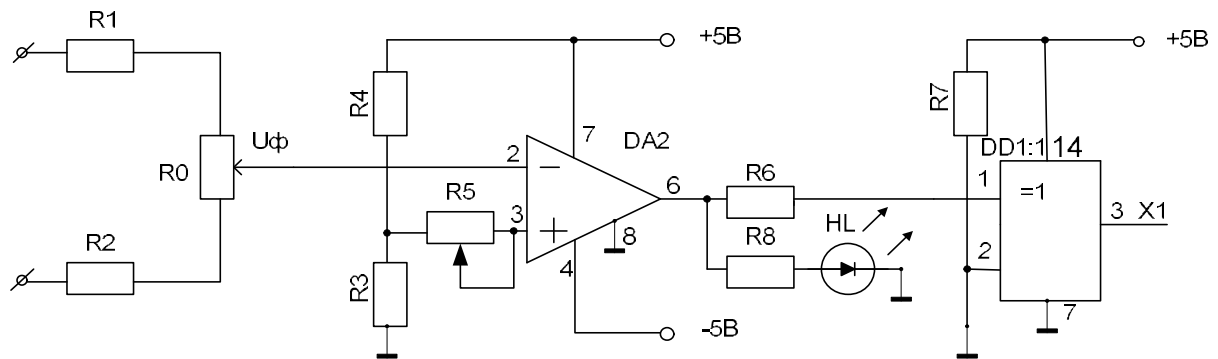


Рисунок 3.3 – Принципова електрична схема узгодження аналогового витратоміра з блоком логіки

Мікросхема DA2 призначена для формування сигналу порівняння поточної подачі Q_T з уставкою Q_P . Сигнал, що надходить від витратоміра, дорівнює 1В, тому опорна напруга $DA2 = 1В$.

Резистор R1 служить для обмеження вхідного струму операційного підсилювача DA2; R3, R4, R5 являють собою дільник напруги для створення опорної напруги на неінвертуючому вході 3 операційного підсилювача; R6- обмежувальний резистор для мікросхеми виключне АБО DD1 (K176ЛП2); R7 - резистор, що формує низький рівень на вході 2 мікросхеми DD1:1, який приймаємо рівним 1кОм; R0 – резистор підлаштування, рівний $0,1R1$.

За законами Кірхгофа знайдемо співвідношення електричних параметрів схеми узгодження аналогового витратоміра з блоком логіки для мікросхеми DA2:

$$i \cdot (R_3 + R_4) = U_{\Pi} ;$$

$$i = 5i_{\text{ex.DA1}} ;$$

$$i \cdot R_3 = U_{\text{on}} ;$$

$$U_{\text{д}} + i_{\text{exDA1}} \cdot R_1 = U_{\text{диф}} ;$$

$$R_1 = \frac{U_{\text{вых.DA1}} - U_{\text{ex.DD1.1}}}{i_{\text{ex.DD1.1}}} ;$$

де U_{Π} - напруга живлення компаратора, рівна 5В; $i_{\text{вх.DA1}}$ - вхідний струм компаратора, рівний 100нА; $U_{\text{оп}}$ - опорна напруга компаратора, рівна 1В; $U_{\text{диф}}$ - диференціальна напруга компаратора, рівна 10В; $U_{\text{вых.DA1}}$ - вихідна напруга компаратора, рівна 10В; $U_{\text{ex.DD3}}$ - вхідна напруга мікросхеми DD1: 1, рівна 4В; $i_{\text{ex.DD1:3}}$ - вхідний струм мікросхеми DD1: 1, рівний 0,1 мкА; $U_{\text{д}}$ - сигнал, що надходить від витратоміра, рівний 1В.

Вирішуючи ці рівняння, отримаємо наступні значення опорів:

$$R_3 = \frac{U_{\text{on}}}{5i_{\text{exDA1}}} = \frac{1}{5 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 2 \text{ МОм}$$

$$R_4 = \frac{U_{\Pi}}{5i_{\text{exDA1}}} - R_{10} = \frac{5}{5 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} - 2 \cdot 10^6 = 8 \text{ МОм}$$

$$R_1 = \frac{U_{\text{диф}} - U_{\text{д}}}{i_{\text{exDA1}}} = \frac{10 - 1}{100 \cdot 10^{-9}} = 90 \text{ МОм}$$

$$R_6 = \frac{U_{\text{вых.DA1}} - U_{\text{ex.DD1:1}}}{i_{\text{ex.DD1.1}}} = \frac{10 - 4}{0,1 \cdot 10^{-6}} = 60 \text{ МОм}$$

$$R_0 = 0,1R_1 = 90 \cdot 10^6 \cdot 0,1 = 9 \text{ МОм}$$

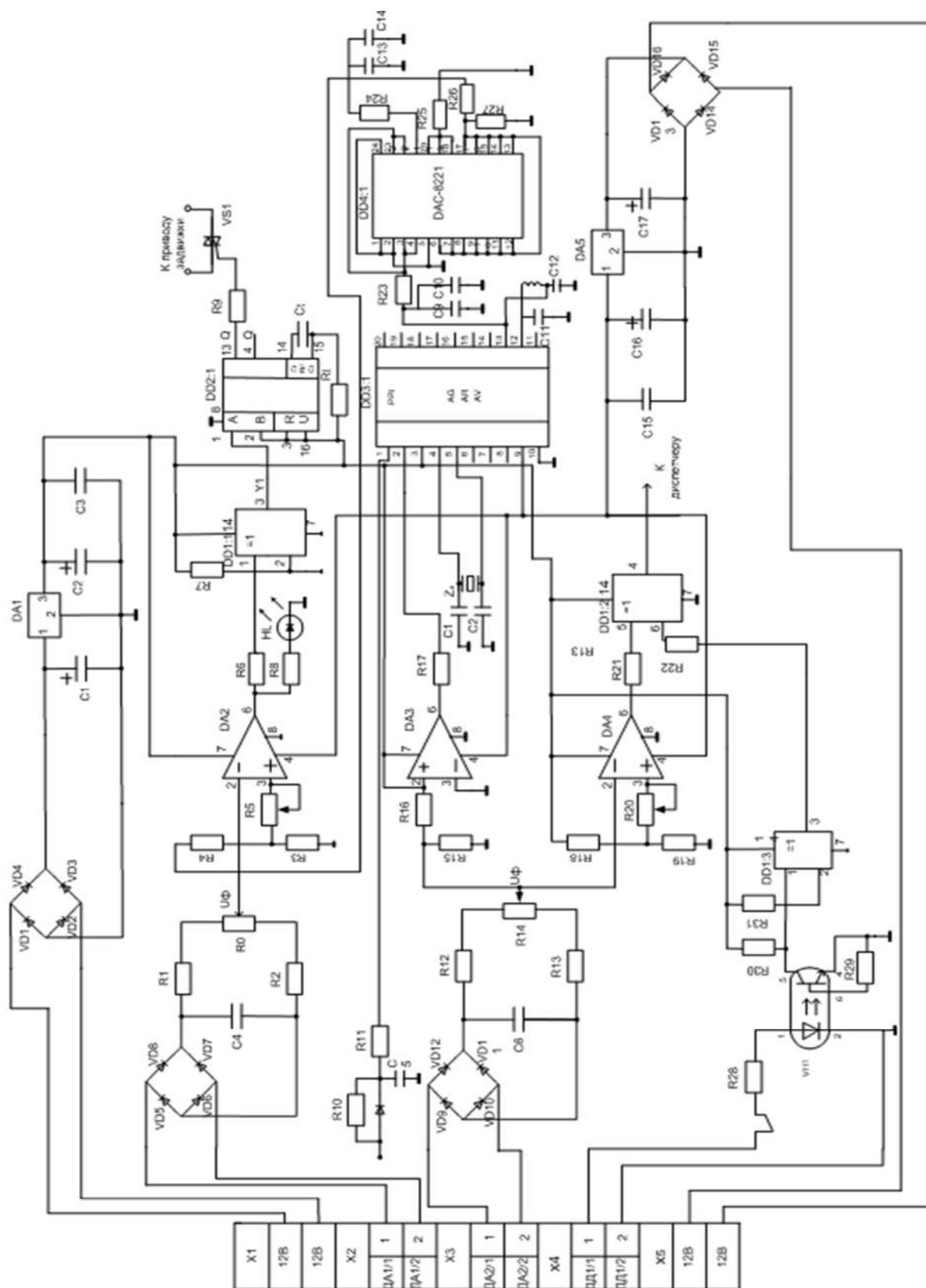
R_5 – резистор підлаштування, який приймаємо рівним 1кОм.

За ГОСТом приймаємо:

R0 - МЛТ – $0,125 - 9M \pm 5\%$;
R1 - МЛТ – $0,125 - 91M \pm 5\%$;
R3 - МЛТ – $0,625 - 2M \pm 5\%$;
R4 - МЛТ – $0,125 - 8,2M \pm 5\%$;
R5 - МЛТ-0,125-1к $\pm 5\%$;
R6 - МЛТ – $0,125 - 62M \pm 5\%$;
R7 - МЛТ-0,125-1к $\pm 5\%$;

Блок формування вихідних команд. Оскільки на виході блоку логіки формується слабкострумний сигнал з параметрами, недостатніми для впливу на привід засувки, то використовуємо вузол узгодження щодо виходу даного блоку, що забезпечує часову затримку вихідного сигналу і його посилення за потрібною потужністю.

Повна принципова електрична схема пристрою захисту насосного агрегата від кавітації наведена на рис. 3.4.



3.3 Розробка компоувальних рішень пристрою захисту насосного агрегату від кавітації

Розроблювальний пристрій має бути поміщено в захисну металеву оболонку, яка захищає його від попадання вологи і пилу.

Друкована плата пристрою, і трансформатор розташовані всередині корпусу . Для кріплення плати в корпусі передбачені кронштейни по його краях. Для розміщення друкованої плати пристрою захисту шахтної водовідливної установки від кавітації застосовано корпус розроблений для блоку управління комплексу АУК 1М.

Зовнішній вигляд оболонки, призначеної для розміщення друкованої плати пристрою захисту шахтної водовідливної установки від кавітації наведено на рис. 3.5

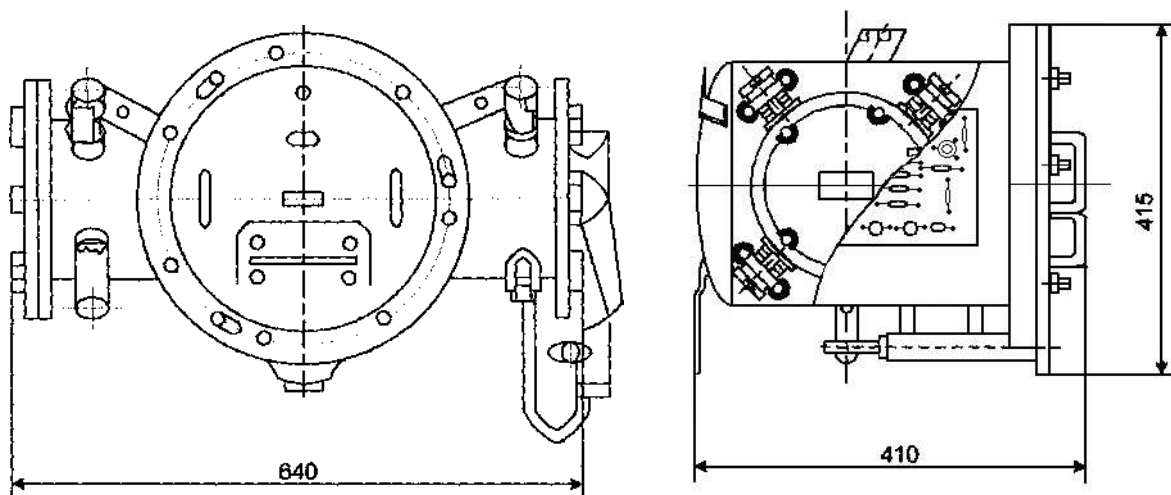


Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд оболонки, призначеної для розміщення друкованої плати пристрою автоматизованої захисту шахтної водовідливної установки від кавітації

Для підключення апаратури є два ввідних борна зі шпильками ізольованих один від одного і від корпусу прохідними ізоляторами, за рахунок котрих частково здійснюється вибухонепроникність корпусу. З внутрішньої сторони до шпильок приєднані дроти, які формують шлейф з раз'ємом для підключення до плати пристрою.

Висновки до розділу 3

1. Розроблено принципові схеми блоків узгодження вхідних сигналів та повна принципова схема пристрою автоматизованої захисту шахтної водовідливної установки від кавітації.

2. Запропоновано використання вибухобезпечної оболонки для розміщення плати пристрою автоматизованої захисту шахтної водовідливної установки від кавітації.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Розробка заходів для безпечної та безаварійної експлуатації апаратури

Пристрій автоматизації повинен монтуватися і експлуатуватися відповідно до вимог діючих «Правил безпеки у вугільних шахтах», «Правил технічної експлуатації вугільних шахт», «Правил технічної експлуатації електроустановок споживача і правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживача», «Керівництва щодо безпечного виконання робіт в підземних електроустановках »,« Керівництва по ревізії, налагодження та випробування підземних електроустановок шахт », типових інструкцій з охорони праці за професіями, вимог документів, що діють в галузі ГОСТ 12.2.020-76, ГОСТ 12.2.007.0-75.

Для виключення випадків електротравматизму при проведенні перевірок, налагодження і експлуатації розробленої системи автоматизації обслуговуючий персонал повинен суворо дотримуватися, інструкцію по техніки безпеки, правила внутрішнього розпорядку і в першу чергу знати і розуміти загальні положення, які обумовлюють електробезпека.

1. Недопущення випадків дотику до струмоведучих частин шляхом використання спеціального електротехнічного інструменту з ізольованими ручками, діелектричні рукавиці, килимків, діелектричних калош. Стан ізоляції інструменту перевіряється зовнішнім оглядом і один раз в рік випробувальним напругою 2500В протягом однієї хвилини.

Ізолюючі рукавички, калоші виготовляються зі спеціальної діелектричної гуми. Користуватися побутовими приладами та калошами не дозволяється, тому що для їх виготовлення застосовуються матеріали з невисокими ізолюючими властивостями. Неприпустимо також застосування медичних і хімічних рукавичок. Крім огляду та перевірки стану зазначених

захисних пристроїв здійснюється проведення систематичних випробувань підвищеною напругою промислової частоти. Терміни проведення і величини напружень регламентуються "Правилами користування і випробування захисних засобів, що застосовуються в експлуатації".

На захисні засоби, що пройшли випробування, незмивною фарбою наносять штамп встановленої форми, де вказується найменування лабораторії, що проводила випробування, номер захисного засобу, на яку напругу і до якого терміну правомірно його використання. Якщо під час експлуатації виявляється який-небудь дефект захисного пристрою, то воно негайно має бути зняте з експлуатації і відправлено в ремонт.

Перед кожним використанням кожного з захисних засобів необхідно перевірити його стан. Зовнішнім оглядом перевіряється цілісність пристрою, відсутність на поверхні тріщин, забруднень, порізів, проколів і інших дефектів.

2. Пристрій захисного заземлення. Йому підлягають усі металеві корпуси апаратів і інші частини електротехнічних пристроїв, що в нормальних режимах експлуатації не знаходяться під напругою, але на яких воно може з'явитися при пошкодженні ізоляції. Заземлення виконується відповідно до "Інструкції по влаштуванню, огляду і вимірювання опору шахтних заземлень".

Встановлюється систематичний контроль за станом заземлення, що виконується шляхом періодичних оглядів і вимірювань величин опорів заземлюючої мережі. Відповідно до інструкції, на початку кожної зміни і після кожного ремонту апаратури автоматизації проводиться зовнішній огляд всіх заземлюючих пристроїв; не одного разу на місяць проводиться ретельний огляд і вимірювання величини загального опору заземлюючої мережі, і кожного заземлювача, про що робиться відповідний запис у спеціальній книзі. При виявленні будь-якої несправності заземлення апаратуру автоматизації відключають.

3. Основою попередження електротравматизма є правильна організація експлуатації пристрою. Тому до обслуговування (монтаж, налагодження,

експлуатація) апаратури автоматизації можуть бути допущені тільки особи, які мають посвідчення на право виконання таких робіт.

4. При експлуатації пристрою в шахті заборонено розкривати оболонки без попереднього виміру вмісту шкідливих домішок в повітрі, якщо при цьому струмопровідні частини знаходяться під напругою.

5. Перш ніж приступити до виконання ремонтних робіт на відключеному пристрої, необхідно повісити на вимикачі або роз'єднувачі плакат не «ВМИКАТИ».

6. Не допускається виконувати заміну плавких вставок запобіжників під напругою.

7. За жодних умов не допускається визначати наявності напруги шляхом дотику руками до струмоведучих частин.

Пожежна безпека в місці установки апаратури забезпечується відповідно до діючих "Правил безпеки у вугільних шахтах".

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно здійснити наступні заходи:

- оболонка приладу виготовлена з негорючого матеріалу (сталь) відповідно до ДГСТ 24754 - 81;

- армування помешення ЦПП виконана з негорючих матеріалів (залізобетон);

- приміщення ЦПП забезпечена засобами пожежогасіння (4 порошкового вогнегасника, ящик з 0,2 м³ інертного пилю, лопата);

- потрібно стежити за чистотою в приміщенні ЦПП не повинно бути нічого зайвого;

- в приміщенні підстанції повинен бути прокладений протипожежний трубопровід діаметром не менше 100 мм, який постійно повинен бути заповнений водою і забезпечує необхідні для гасіння пожежі напір і тиск;

- згідно з планом ліквідації аварій приміщення ЦПП має мати два незалежних виходу на свіже повітря, один - до центрального квершлягу, а другий - до приміщення головної водовідливної установки;

- перед кожною робочою зміною потрібно проводити з обслуговуючим персоналом цільовий інструктаж щодо протипожежних заходів.

4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

До приміщення науково-дослідного відділу й організації робочого місця з обліком шкідливих виробничих факторів пред'являється ряд вимог. Приміщення в якому знаходиться робоче місце з ПК повинно мати природне освітлення, бажано з однобічним розміщенням світопрорізів, площа осклянілості яких не повинна перевищувати 25 % від площі стіни світопрорізами. Віконні прорізи в приміщенні з ПК повинні мати регульовані жалюзі чи занавеси або інші сонцезахисні пристрої. Не допускається розташування робочих місць із ПК у підвальних і цокольних поверхах. Робочі місця з ПК рекомендується розміщати в окремих приміщеннях. Площа на одного працюючого з ПК повинна складати 6 м², об'єм – 20 м³. Неприпустиме розташування ПК, при якому працюючий звернений обличчям, або спиною до вікон чи кімнати задньої частини ПК, у яку монтуються вентилятори.

Забороняється застосовувати для обробки інтер'єра приміщень із ПК полімерні матеріали (дерев'яностружечні плити, шпалери що миються, плівкові та рулоні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик та ін.), що виділяються в повітря шкідливі хімічні речовини, що перевищують гранично допустимі концентрації, не включені в «Перелік дозволених , МЗ» 1977-1985 р.

В лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідної роботи робочі місця з ПК розташовані від стіни з вікнами на відстані 1 м, відстань між столами складає 3 м. Екрани відеомоніторів ПК знаходяться від очей користувача на відстані 700 мм відповідно до СН 512-78, приміщення (S=21 м², V=73,5 м³) дозволяє розташовувати більше 3 робочих місця.

Робочі місця в положенні сидячі відповідають вимогам ДСТ 12.2.032 – 78 та ДСТ 12.2.029 – 77. Поверхня робочого столу знаходиться на висоті 0,75 метрів від підлоги, розміри робочої поверхні стільниці складають 1050x590

міліметрів, розміри вільного простору для ніг під столом складає висота 650, глибина 550, ширина 450 міліметрів відповідно. Робочий стілець оснащений підйомно-поворотним пристроєм, що забезпечує регуляцію висоти сидіння і спинки, пневматичним і гідравлічними амортизаторами та обладнанні підлокітниками.

4.2.1 Мікроклімат робочого місця

У приміщенні науково-дослідного відділу є джерела тепловиділення, тому необхідно визначити необхідні умови його вентилявання. Витрату повітря в приміщенні з додатковим тепловиділенням визначаємо за формулою:

$$L = \frac{Q_{\text{НАД}}}{c \cdot p \cdot (t_B - t_H)}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{НАД}}$ – надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год.; c – теплоємність повітря (0,237 ккал/кг); p – обсягова вага повітря (1,226 кг/м³); t_B – температура витяжного повітря (30°C); t_H – температура приточного повітря (20°C).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла за наступною формулою:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{СР}}, \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{УСТ}}$ – виділення тепла від устаткування; $Q_{\text{ПЕР}}$ – виділення тепла робітниками; $Q_{\text{ОСВ}}$ – надходження тепла від електричного освітлення; $Q_{\text{СР}}$ – надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначимо виділення тепла від устаткування за формулою:

$$Q_{\text{УСТ}} = P \cdot K_a \cdot K_{\delta} \cdot 860, \quad (4.3)$$

P – сумарна потужність устаткування, кВт/год; K_a – коефіцієнт установленної потужності (0,95); K_o – коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$\begin{aligned} Q_{уст} &= [x_1 \cdot k_1 + x_2 \cdot k_2 + x_3 \cdot k_3 + x_4 \cdot k_4 + x_5 \cdot k_5 + x_6 \cdot k_6 + x_7 \cdot k_7 + \\ &+ x_8 \cdot k_8 + x_9 \cdot k_9] \cdot K_a \cdot K_o \cdot 860 = \\ &= [1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,06 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,6 + 4 \cdot 0,15 + \\ &+ 1 \cdot 3,5] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 5131 \text{ ккал/год.} \end{aligned}$$

Визначимо виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою наступної формули:

$$Q_{пер} = n \cdot g = 2 \cdot 100 = 200 \text{ ккал/год,} \quad (4.4)$$

де n – кількість працюючих; g – кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.).

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення за формулою:

$$Q_{осв} = E_m \cdot g_1 \cdot S = 300 \cdot 0,05 \cdot 21 = 315 \text{ ккал/год,} \quad (4.5)$$

де E_m – нормована освітленість для цієї зорової роботи, величина якої дорівнює 300 лк; g_1 – питоме тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для / люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год.) S – площа приміщення, м².

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна за наступною формулою:

$$Q_{ср} = F \cdot g_2 \cdot K_{осл} = 7,5 \cdot 65 \cdot 0,4 = 195 \text{ ккал/год,} \quad (4.6)$$

де F – площа віконних прорізів ($3 \times 2,5 = 7,5 \text{ м}^2$); g_2 – кількість тепла, що надходить через 1 м^2 віконного прорізу (65 ккал/год.); $K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення, приймаємо 0,4.

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{СР}} = 5131 + 200 + 315 + 195 = 5841 \text{ ккал/год.}$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{Q_{\text{НАД}}}{c \cdot p \cdot (t_B - t_H)} = \frac{5848}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (30 - 20)} = 2010 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Існуюча в наявності система кондиціонування і вентилявання має продуктивність 2200 куб. м./годину, що задовольняє необхідним нормативам.

Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДНАОП 0.03.3.15 – 86 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень № 4088–86». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря та відносна вологість у холодні періоди року повинна складати (22 – 24) градуса за Цельсієм, 0,1 метра в секунду та 40-60 % відповідно. При збереженні всіх параметрів можливе коливання температури від 21 до 25 градусів Цельсія. У теплі періоди року температура повітря повинна складати (23 – 25) градусів Цельсія, рухливість повітря (0,1 – 0,2) метрів секунду, вологість (40 – 60) %. Температура може коливатися від 22 до 26 градусів Цельсія при збереженні всіх інших параметрів мікроклімату. Вище зазначені норми цілком відповідають фактичним даним приміщення лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідним відділом.

4.2.2 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для приміщення, в якому використовуються зорові роботи високої точності

Розміри приміщення: довжина ($a=6$ м), ширина ($b=3,5$ м), висота ($h=3,5$ м). Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $P_{стелі} = 70 \%$, $P_{стін} = 50 \%$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,7$ м. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ-15, які підвищуються до стелі, відстань від світильника до стелі $h_c = 0,4$ м.. Мінімальна освітленість за нормами $E=200$ лк.

1) Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою

$$h_0 = H - h_c = 3,5 - 0,4 = 3,1 \text{ м.}$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНІП П-4-79 повинна бути у межах (2,5–4,0) м, залежно від характеристики світильника. В лабораторії виміральної техніки та науково-дослідному відділу відповідає цій вимозі.

2) Визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 3,5 - 0,4 = 2,8 \text{ м.}$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками (L) та висоти їх підвісу (h).

3) Визначимо рекомендовану відстань між світильниками

$$L = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 2,8 = 2,0 \text{ м.}$$

4) Розрахуємо необхідну кількість світильників

$$N = \frac{a \cdot b}{L^2} = \frac{6 \cdot 3,5}{2^2} = 6.$$

Приймаємо 6 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у два ряди по 3 штуки.

5) Світловий потік лампи світильника ($\Phi_{\text{л}}$) визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta},$$

де E – нормативна освітленість, лк; K_3 – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп; S – площа приміщення, що освітлюється, м²; Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розширювання (1,15); N – кількість світильників; n – кількість ламп у світильнику; η – коефіцієнт використання світового потоку, який визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

6) Визначимо показник приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{6 \cdot 3,5}{3,5 \cdot (6 + 3,5)} = 2,21.$$

Коефіцієнт використання $\eta = 0,48$ для світильника УПМ-15 (при $i = 2,5$, $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$)

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику цього типу встановлена лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 21 \cdot 1,15}{6 \cdot 1 \cdot 0,48} = 1677 \text{ лм.}$$

9) обираємо лампу Б-150 потужністю 150 Вт, світловий потік якої становить 2100 лм. Хоча це значення на 18% більше розрахованого, однак не перевищує встановлену норму ($-0\% < \Phi_{\text{л}} < +20\%$). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$P_{\text{св}} = P \cdot N = 150 \cdot 6 = 900 \text{ Вт.}$$

4.2.3 Розрахунок заземлення загального контуру заземлення будівлі, який повинен бути виведений через розетку на кожне робоче місце з ПК.

Для захисту від пробоя напруги на ПК необхідно зробити розрахунок захисного заземлення, припустиме заземлення для устаткування з напругою до 1000 В не повинне перевищувати 4 Ом.

Визначимо розрахунковий опір ґрунту по формулі:

$$R_{\text{роз}} = R_{\text{зм}} \cdot \varphi,$$

де $R_{\text{зм}}$ - опір ґрунту (100 Ом);

φ - кліматичний коефіцієнт (1,5);

$$R_{\text{роз}} = 150 \text{ Ом.}$$

Визначимо опір одного заземлювача по формулі:

$$R_0 = \frac{R_{\text{роз}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l}{4 \cdot H - l} \right),$$

де l - довжина заземлювача (3 м);

d - діаметр заземлювача (0,12 м);

H - відстань від поверхні до середини заземлювача (1,5 м).

$$R_0 = 35,5021 \text{ Ом.}$$

Визначимо кількість паралельно з'єднаних заземлювачів:

$$n = R_0 / (R_{\text{доо}} \cdot \eta),$$

де $R_{\text{доо}}$ (4 Ом);

де η - коефіцієнт використання групового заземлювача (0,55).

$$n = 17.$$

Визначимо довжину горизонтальної сполучної смуги по формулі:

$$l_1 = a \cdot (n - 1),$$

де a - відстань між заземлювачами (4-7 м).

$$l_1 = 64 \text{ м.}$$

Визначимо опір сполучної смуги по формулі:

$$R_{\text{см}} = (R_{\text{роз}} / 2 \cdot \pi \cdot l_1) \cdot \ln \frac{l_1^2}{d_1 \cdot \eta_{\text{см}}} = 4,2354 \text{ Ом.}$$

Де d_1 - товщина смуги (0,06 м);

$\eta_{\text{см}}$ - коефіцієнт використання смуги (0,8);

Підставимо отримані значення й результуючий опір заземлюючого пристрою:

$$R = \frac{R_0 \cdot R_{\text{см}}}{R_0 \cdot \eta_{\text{см}} + R_{\text{см}} \cdot n \cdot \eta},$$

де $\eta_{\text{см}}$ - коефіцієнт використання смуги (0,4).

$$R = 2,7948 \text{ Ом.}$$

опір 2,7948 Ом цілком припустимо.

Висновки до розділу 4

1. У розділі проаналізовані умови праці у лабораторії та приведені заходи щодо поліпшення умов праці. Розраховане заземлення загального контуру заземлення будівлі, який повинен бути виведений через розетку на кожне робоче місце з ПК.

2. Для забезпечення безпеки персоналу необхідно керуватися інструктивними вказівками з техніки безпеки при монтажі та наладці приладів контролю і засобів автоматизації, приписами Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів, а також відомчими та спеціальними інструкціями з техніки безпеки, що діють у лабораторії.

ВИСНОВКИ

1. Виконано критичний аналіз стану питання захисту водовідливних установок від кавітації в результаті якого наведено: технологічний процес водовідливу та водовідливну установку як об'єкт керування; критичний аналіз існуючої апаратури автоматичного керування водовідливною установкою.

2. Встановлено: сучасна апаратура керування водовідливною установкою не забезпечує захист насосів від кавітації; апаратура автоматизації водовідливних установок ВАВ-1М виконана на застарілій елементній базі без застосування контролерів.

3. Обґрунтовано системні рішення розроблюваної системи, в результаті яких визначені контрольовані параметри, розроблено алгоритм роботи та розроблено структурну схему системи та пристрою захисту насосного агрегату від кавітації.

4. Розроблено принципову схему та виконані компоувальні рішення пристрою захисту насосного агрегату від кавітації.

5. Розглянуто заходи з охорони праці та безпечної й безаварійної експлуатації апаратури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизация подземных горных работ / Под ред. Проф. А.А. Иванова - К.: Высшая школа, 1987 - 328с.
2. Овсянников Ю.А., Кораблев А.А., Топорков А.А., Автоматизация подземного оборудования: Справочник рабочего. - Г.: Недра, 1990. - 287с.
3. Технические средства автоматизации в горной промышленности : Учебное пособие/Груба В.И., Никулин Э.К., Оголобченко А.С. Под общей редакцией Грубы В.И. -Киев: ИСМО,1998.-373с.
4. Шевчук С.П. Повышение эффективности водоотливных установок - К.: Техника, 1991. - 53с.
5. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. - 6-е изд. перер. и доп. - М: Энергоатомиздат, 1985. - 640с.
6. Микроконтроллеры и микроЭВМ. Справочник. /А.В. Боборыкин и др. - Г.: МИКАП, 1994. -243с.
7. Системы и устройства автоматики для горных предприятий на основе микроэлектроники и микропроцессорной техники/ под ред. Ю.Н. Камынина и Л.Г. Мелькумова. -М.:Недра, 1992.-322с.
8. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. "Шахтные вентиляторные и водоотливные установки" - Г.: Недра, 1987.-229с.
9. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Г.: «Недра», 1986.-432с.
10. Попов В.М. Водоотливные установки: Справочное пособие. -М: Недра, 1990.-294с.
11. В.Н.Гетопанов, Н.С.Гудилин, Л.И.Чугреев. Горные и транспортные машины и комплексы, Г., «Недра», 1991-455с.
12. Аппаратура взрывобезопасная для автоматизации водоотливных установок ВАВ.1М. Руководство по монтажу техническому обслуживанию и эксплуатации.

13. Н.П.Демченко Технические средства передачи информации в системах управления угольных шахт.М.:Недра,1984.-245с.
14. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы : Справочник / П.И.Якубовский и др.-М.:Энергия,1985.-475с.
15. Батицкий В.А. «Монтаж, наладка и эксплуатация систем автоматики"-М.: "Недра", 1986.-325с.
16. Электрические измерения электрических и неэлектрических величин / Под ред. Е.С.Полищука- К.: Высшая школа, 1984.-224с.
17. Шеватурина Е.С. Розробка системи автоматичного захисту від кавітації / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр». – ДВНЗ ДонНТУ, Донецьк, 2008.
18. ДСТУ 3008-95. Документация. Отчеты в сфере науки и техники. Структура и правила оформления. -К.: Госстандарт Украины, 1996.-32с.
19. Единая система конструкторской документации: Справочное пособие / С.С. Борушек, А.А. Волков, М.М. Ефимова и др. - 2-е изд., перераб. И доп. - Г.: Издательство стандартов, 1989.- 352 с.
20. ГОСТ 2.702-78 . Правила выполнения электрических схем.
21. ГОСТ 2.417-78 . Правила выполнения чертежей печатных плат.
22. ГОСТ 19.003-80 . Символы в схемах алгоритмов и программ.
23. Усатенко С.Т. и др. Графическое изображение электрорадиосхем : Справочник / С.Т.Усатенко, Т.К.Каченюк, М.В.Терехова.- К. : Техника, 1986.- 120 с.
24. Костюченко М.П. “Основи охорони праці”, “Охорона праці в галузі”. Ч.1. Загальні питання та менеджмент охорони праці: Навч.-методичний посібник. – Донецьк: Вид-во ДУІ і ІШ, 2010. – 158с.

