

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

Рівень вищої освіти – перший «бакалаврський» рівень

на тему: **«Розробка електричної схеми управління насосами системи
водозабору приватного підприємства»**

Виконав: студент групи Ен-42

Спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва)

Гуда Дмитро Іванович

(підпис)

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник:

К.Т.Н. В.О.доцента Михалюк М.А.

(підпис)

(наук. ступінь, вч.звання, прізвище, ініціали)

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____

(підпис)

к.т.н., доцент Сиротюк С.В.

“ _____ ” _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Гуді Дмитру Івановичу

1. Тема роботи: **Розробка електричної схеми управління насосами системи водозабору приватного підприємства**

Керівник роботи: к.т.н. в.о. доцента Михалюк М.А.

Затверджена наказом по університету від 25.02.2025року №123 /К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи: 05.06.2025року

3. Вихідні дані: інструкції з технічної експлуатації та технічного обслуговування об'єкту водопостачання, нормативи з використання води промисловими підприємствами; патентний пошук та літературні джерела, які стосуються удосконалення пристроїв контролю роботи систем водопостачання; визначення економічної ефективності удосконалення використання технічних засобів для контролю роботи системи водопостачання.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Загальна характеристика об'єкту водопостачання, обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.

2. Характеристика системи водопостачання об'єкта та схем керування, що входять до її складу.

3. Вибір, складу та удосконалення схеми керування об'єктом енергопостачання.

4. Охорона праці та довкілля.

5. Розрахунок економічного ефекту від використання технічних засобів для контролю роботи системи водопостачання.

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Ілюстративний матеріал: *Подати у формі презентації;*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри Інженерної механіки</i>	25.02.2025	25.02.2025	

7. Дата видачі завдання: 25.02.2025Р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про вико- нання
1	<i>Написання першого розділу</i>	25.02.25-05.03.25	
2	<i>Виконання другого розділу</i>	06.03.25-30.03.25	
3.	<i>Виконання третього розділу та розробка листів конструктивної частини</i>	01.04.25-25.04.25	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці»</i>	26.04.25-05.05.25	
5.	<i>Розрахунок економічної ефективності запропонованого удосконалення та розробка листа «Економічна ефективність»</i>	06.05.25-18.05.25	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково- пояснювальної записки та аркушів презентаційної частини</i>	До 05.06.25	

Студент _____ Д. Гуда
(підпис)

Керівник роботи _____ М. Михалюк
(підпис)

УДК 628.075.88

Розробка електричної схеми управління насосами системи водозабору приватного підприємства. Гуда Дмитро Іванович. Кваліфікаційна робота. Кафедра енергетики. Дубляни, ЛНУВМБ. 2025р. 35ст. текст. част., рис.11, табл.12., 20 джерел.

Проведений аналіз стану системи водопостачання виробничого приміщення, обсяги споживання енергоносіїв, зокрема системою водопостачання.

Розраховано основні параметри системи водопостачання та здійснено вибір обладнання, а також проведено розрахунок насосів

Розглянуто існуючі системи водопостачання виробничих підприємств, принцип роботи і технічний огляд, підібрана оптимальна електрична схема управління насосами станції другого підйому води.

Розроблено питання охорони праці та екологічної безпеки виробництва.

Впровадження проекту в виробництво матиме строк окупності 1,95 року.

Вступ

У сучасному будівництві та сфері комунального обслуговування населених пунктів особливого значення набувають питання покращення проектування, охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів. Ефективне функціонування систем водопостачання є ключовим чинником надійної експлуатації житлових, виробничих і громадських об'єктів. Проектування і розрахунок водогінної мережі пов'язані з вибором такого комплексу споруд (насосних станцій, водопроводів, мереж і. т.д.) і їхнього технічного рішення, при якому забезпечувалася б подача необхідних кількостей води споживачам із заданим тиском в місцях її добору при найменших витратах, як на його будівництво, так і на повний термін експлуатації. Одним з основних господарських завдань є необхідність раціонального використання води та ліквідація її втрат, що призводять до марного використання значних обсягів води і, як наслідок, додаткових витрат коштів.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є опанування методики проектування водогінної мережі населеного пункту, а також вивчення конструктивних особливостей основних елементів системи водопостачання.

ЗМІСТ

УДК

Вступ

1 ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА	7
1.1 Аналіз стану системи енергозабезпечення	7
2 СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ	8
2.1 Система оборотного водопостачання	8
2.2 Розрахунок системи оборотного водопостачання	11
3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЗАБОРУ ВОДИ	15
3.1 Основні типи водозабірних споруд і їх призначення	15
3.2 Проектування та модернізація системи водопостачання	17
3.3 Розрахунок водонапірної башти	18
3.4 Електрична схема управління насосами та розрахунок потужності	21
3.5 Побудова зовнішніх характеристик для випрямляючого режиму роботи	24
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	26
4.1 Безпека при експлуатації трубопроводів	26
4.2 Розрахунок штучної вентиляції	28
4.3 Шляхи покращення екологічного стану господарства	29
5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ	30
5.1 Розрахунок споживаної електроенергії до і після модернізації	30
5.2 Вартість використаної електроенергії	30
5.3 Розрахунок капітальних витрат	31
5.4 Розрахунок собівартості підйому води	31
5.5 Розрахунок терміну окупності капіталовкладень	32

ВИСНОВОК

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1 ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Аналіз стану системи енергозабезпечення

Система енергозабезпечення включає електропостачання, газопостачання і водопостачання.

Електропостачання здійснюється від мережі напругою 10 кВ. Для резервного живлення можуть застосовуватися дизельні генератори або сонячні панелі. На території підприємства встановлені трансформаторні підстанції, а розподіл електроенергії забезпечується через електрощитову. Пропонується впровадження енергоощадних технологій, зокрема LED-освітлення та двигунів з підвищеним ККД.

Газопостачання реалізується через підключення до магістрального газопроводу або за допомогою скрапленого газу. Забезпечується система безпеки, включаючи встановлення газосигналізаторів.

Водопостачання здійснюється комбіновано — з центральної мережі та автономних джерел. Для очищення та підготовки води застосовується система фільтрації. Реалізована також система рециркуляції та повторного використання води.

Кожна з перелічених систем має бути скоординована з іншими для досягнення високої ефективності підприємства загалом.

2 СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Вода є основою життєдіяльності людини, тому її постачання на виробництво має бути надійним та ефективним. Основними вимогами до джерел водопостачання є стабільність подачі, відповідна якість та економічна доцільність. Природні джерела діляться на поверхневі (річки, озера, водосховища) та підземні (грунтові, артезіанські). Для промислового підприємства найбільш оптимальним є використання артезіанських вод за умови низької мінералізації.

2.1 Система оборотного водопостачання

Системи оборотного водопостачання дозволяють суттєво знизити обсяг споживаної води та зменшити кількість забруднених стоків.[4] Вода після використання у виробничому процесі очищується та знову використовується. Лише приблизно 15% об'єму скидається. У періоди втрат вода підживлюється з природного джерела після проходження через систему хімічної обробки. Використання таких систем особливо ефективно в умовах обмеженого доступу до водних ресурсів та з метою зменшення впливу на довкілля.

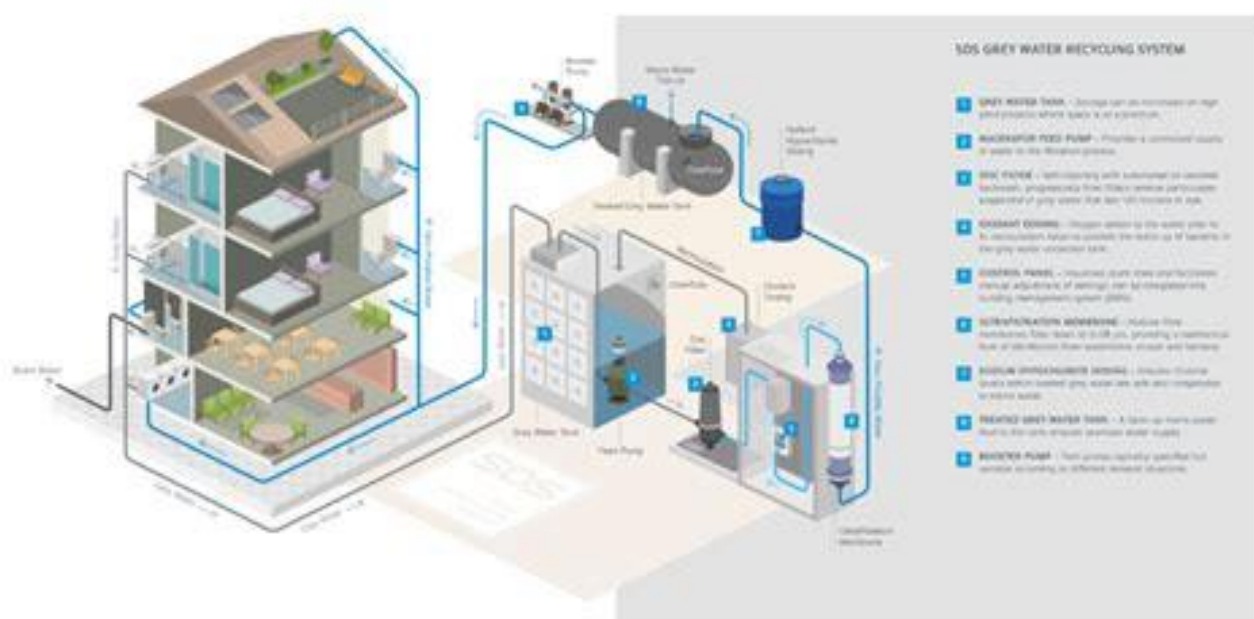


Рисунок 2.1- Система водопостачання

Основні етапи системи оборотного водопостачання:

1. Збір стічної технологічної води

Використана вода надходить із виробничого процесу (охолоджувачі, конденсатори тощо) до приймальної ємності або збору.

2. Первинне очищення

Через відстійники або механічні фільтри видаляються тверді частки.

3. Хімічна обробка / очистка

Застосування реагентів, коагулянтів, флокуляції, можливих біологічних або мембранних технологій.

4. Повідомлення / друге очищення

Досягнення необхідного ступеню очищення: видалення розчинених домішок або бактерій.

5. Резервуари очищеної води

Тимчасові накопичувачі для регулювання подачі за потреби.

6. Повернення в цикл

Насоси подають очищену воду назад у систему для повторного використання.

7. Відведення надлишку

До 15 % стоку скидається або очищається через каналізаційну систему.

8. Поповнення

Для компенсації втрат система додатково підживлюється свіжою водою з автономного джерела.

Приклад опорної схеми:[6]

- Інтеграція насосної станції другого підйому

Забезпечує циркуляцію меншої очисної води до систем кондиціонування та основних технологічних споживачів.

- Очисні ставки та резервуари

Відстійник → блочний фільтр → резервуари чистої води (РІВ) — все це працює як каскадна система.

- Поточний контроль

Датчики рівня, тиску, індикатори стану й насосне обладнання забезпечують стабільність циклу.

Переваги такої схеми:

- Зменшення споживання природної води біль ніж на 75 %.
- Значне скорочення скиду забрудненої води — лише 10–15 % не підлягають повному повторному використанню.
- Економічна доцільність: менші витрати на водозабір і очисне обладнання.

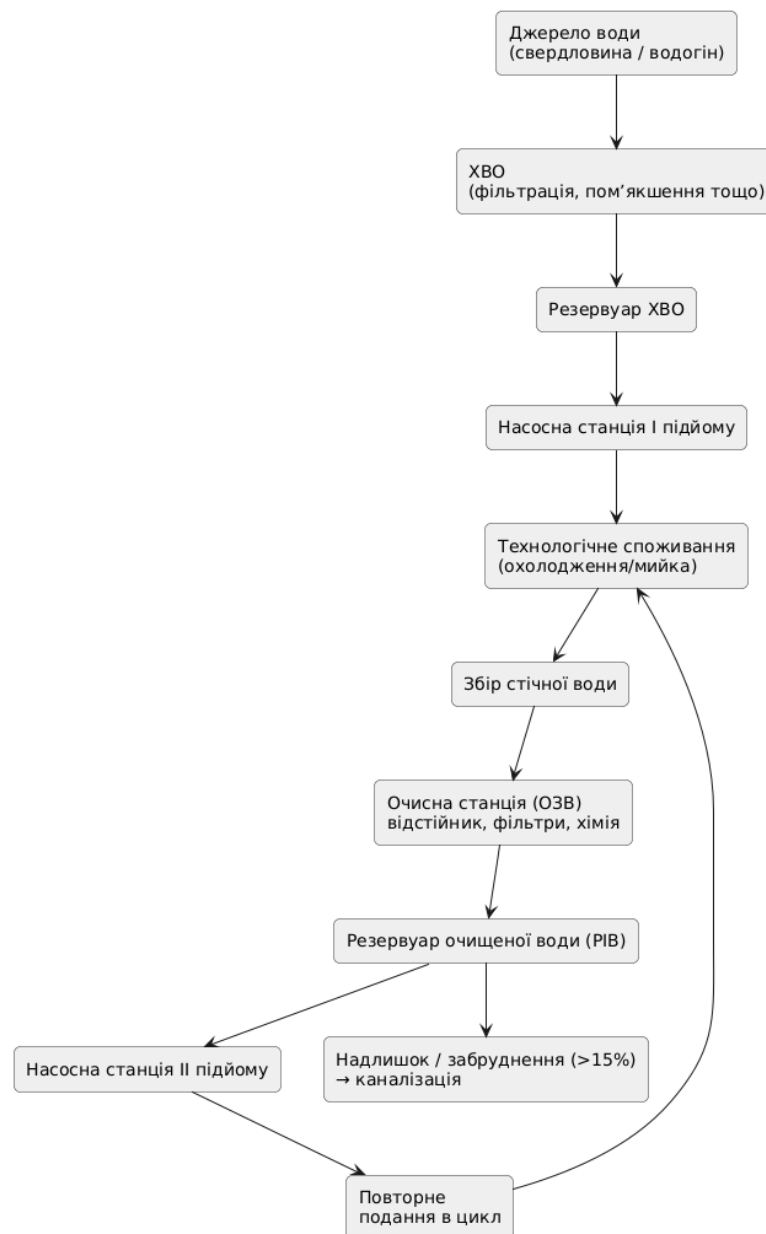


Рисунок 2.2 – Опорна схема системи водопостачання

- Умовні позначення:
- ХВО — хімводоочищення (фільтрація, пом'якшення, знезалізнєння тощо).
- ОЗВ — очисна зона відпрацьованої води (відстійники, фільтри, реактори).
- РІВ — резервуар очищеної води (місткість для накопичення перед повторним поданням).
- Насосні станції I і II підйому — відповідальні за транспортування на різні етапи системи.
- Виробничі технології — устаткування, яке використовує воду у процесі (охолодження, промивання тощо).

2.2 Розрахунок системи оборотного водопостачання

Кількість води необхідної у процесі виробництва [9]

Об'єм води на одну зміну

$$Q_{\text{вир.зм}} = N_{\text{прод.}} \cdot q_{\text{вир.зм}}^{1\text{прод.}}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (2.1)$$

де $N_{\text{прод.}}$ - змінний вихід продукції.

$q_{\text{вир.зм}}^{1\text{прод.}}$ - витрати води на одиницю продукції, м^3 ;

$$Q_{\text{вир.зм}} = 480 \cdot 0,1 = 48,0, \text{ м}^3/\text{зм}.$$

Одна зміна використовує води:

$$Q_{\text{вир.год.}} = \frac{Q_{\text{вир.зм}}}{8}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.2)$$

де 8 – час зміни, год.

$$Q_{\text{вир.год.}} = \frac{48,0}{8} = 6,0 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Водоспоживання протягом доби:

$$Q_{\text{вир.доб}} = Q_{\text{вир.зм}} \cdot n_{\text{зм}}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.3)$$

де $n_{\text{зм}}$ – кількість змін.

$$Q_{\text{вир.доб}} = 48,0 \cdot 3 = 144,0, \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Об'єм води, що необхідна на господарські та питні потреби:

$$Q_{\text{г-п.зм}} = \frac{N_{\text{г.ц.}} \cdot q_{\text{г.ц.}} + N_{\text{х.ц.}} \cdot q_{\text{х.ц.}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (2.4)$$

де $N_{\text{г.ц.}}$ – число робочих в "гарячих" цехах;

$N_{\text{х.ц.}}$ - число робочих в "холодних" цехах;

$q_{\text{г.ц.}} = 45 \text{ л/ (зм.робоч.)}$ - норма витрати води на робочого "гарячого" цеху, [3];

$q_{\text{х.ц.}} = 25 \text{ л/ (зм.робоч.)}$ - норма витрати води на робочого "холодного" цеху [3]

$$Q_{\text{г-п.зм}} = \frac{250/2 \cdot 45 + 250/2 \cdot 25}{1000} = 8,75, \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Добовий об'єм води:

$$Q_{\text{г-п.доб.}} = Q_{\text{г-п.зм}} \cdot n_{\text{зм}}, \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{г-п.доб.}} = 8,75 \cdot 3 = 26,25, \text{ м}^3/\text{доб.}$$

об'єм води на прийняття душу (одна зміна):

$$Q_{\text{душ.зм}} = \frac{N_{\text{душ.кабін}} \cdot q_{\text{душ}} \cdot 45}{1000 \cdot 60}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (2.6)$$

де $N_{\text{душ.кабін}}$ – кількість душових кабінок,

$$N_{\text{душ.кабін}} = \frac{N_{\text{душ}}}{N_{\text{душ.кабін}}^1},$$

$N_{\text{душ}}$ - кількість робочих, що користуються душем після зміни;

$N_{\text{душ}}^1$ - число робочих, що одночасно використовують душ;

$q_{\text{душ}} = 500 \text{ л/год.}$ – розрахунковий годинний об'єм води для душової кабінки.

$$Q_{\text{душ.зм.}} = \frac{25 \cdot 500 \cdot 45}{1000 \cdot 60} = 9,375, \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Розрахунок об'єму води на використання душу протягом доби

$$Q_{\text{душ.добр.}} = Q_{\text{душ.зм.}} \cdot n_{\text{зм.}}, \text{ м}^3/\text{добр.} \quad (2.7)$$

$$Q_{\text{душ.добр.}} = 9,375 \cdot 3 = 28,125, \text{ м}^3/\text{добр.}$$

Об'єм води на $Q_{\text{пож}}$ на пожежогасіння

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{н.п.}}^{\text{пож}} + Q_{\text{вир.}}^{\text{пож}}.$$

$$Q_{\text{пож}} = (162 + 162) \cdot 1000 / 3600 = 90 \text{ л/с.}$$

Розрахунок діаметрів труб з урахуванням пожежної витрати

Швидкість руху води на ділянці не більше 2,5 м/с, [13]

$$v_{\text{діл. } i} = \frac{4q_{\text{діл. } i} \cdot 1000}{\pi \cdot d_{\text{діл. } i}^2}, \text{ м/с.} \quad (2.8)$$

Таблиця 2.1 - Перевірка діаметрів труб на пропуск пожежних витрат води

№ ділянки	Діаметр труб, мм	Витрата води $q_{\text{діл.}}$, л/с	Швидкість руху, м/с	Корегування	
				Діаметр труб, мм	Швидкість руху води, м/с
1 – 2	30	19,2	2,725	32	2,002
2 – 3	30	18,3	2,601	32	1,911
3 – 4	30	7,8	1,113	32	1,113
4 – 5	30	6,5	0,928	32	0,928
5 – 6	30	6,5	0,928	32	0,928
6 – 7	30	4,1	0,593	32	0,593
1 – 7	30	5,2	0,741	32	0,741
3 – 6	30	8,6	1,23	32	1,23

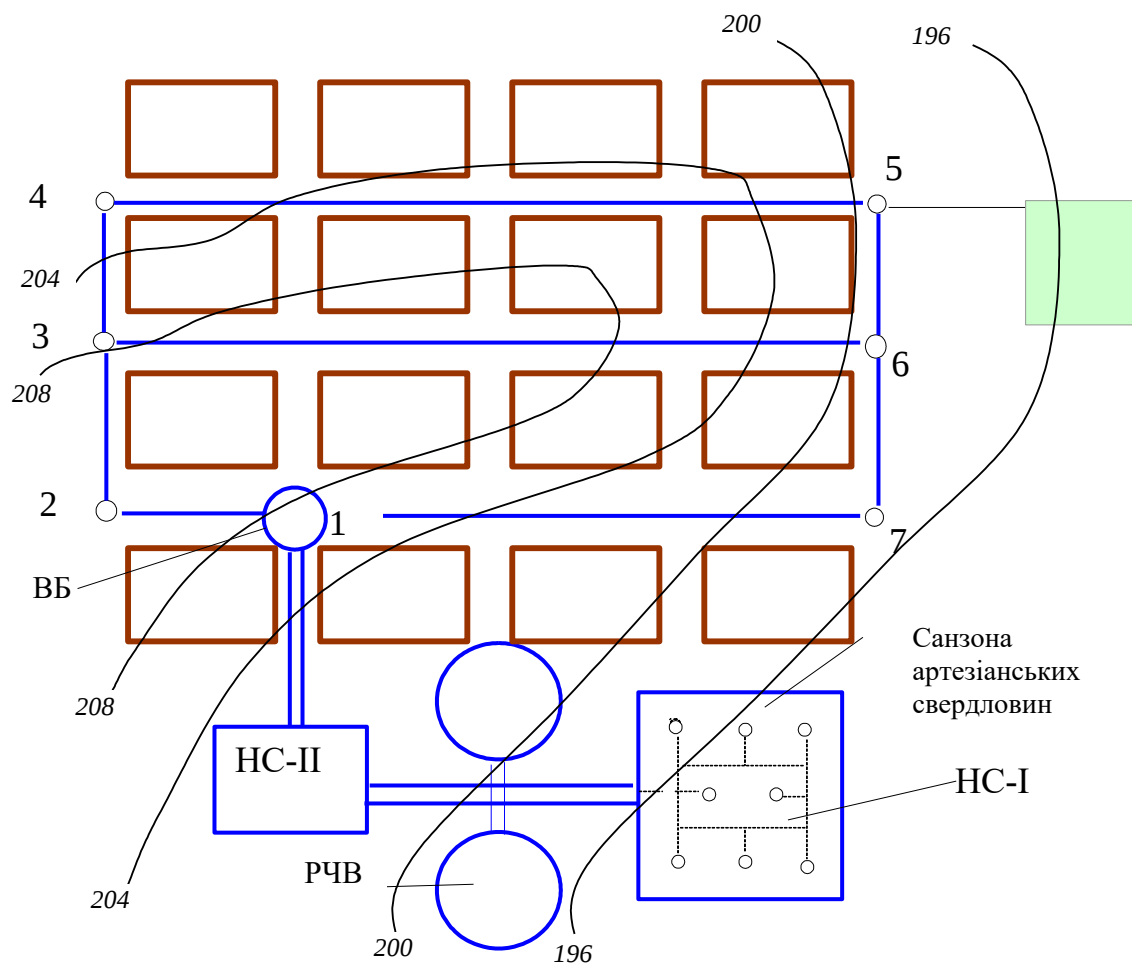


Рисунок 2.3 – Схема водопровідної мережі

3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЗАБОРУ ВОДИ

Водозабірні споруди призначені для вилучення води з природних джерел. Основні типи: берегові, руслові, плавучі, підземні (свердловини, каптажі). Основні функції – забір, попереднє очищення та подача до водопровідної мережі.

Особливу увагу приділяється захисту насосного обладнання від гідравлічних ударів шляхом використання гідроакумуляторів, запобіжних клапанів, плавного запуску насосів, тощо.

3.1 Основні типи водозабірних споруд і їх призначення

1. Колодязі. Призначення: Забір підземних вод із водоносних горизонтів невеликої глибини (до 20 м).

Застосування - сільські населені пункти, приватні домоволодіння та тимчасові або резервні джерела.[13]

2. Свердловини. Призначені для отримання води з артезіанських чи піщаних горизонтів. Типи свердловин:

- Фільтрові (для піщаних водоносних пластів);
- Безфільтрові (для тріщинуватих чи артезіанських пластів).

Переваги- стабільна якість води, санітарна безпека, можливість буріння у будь-якому місці.

3. Водозабірні споруди на відкритих водоймах

Призначенні забезпечити великі об'єми води з річок, озер, водосховищ. До основних типів можна віднести:

- берегові водозабори;
- прибережні колодязі;
- водозабірні башти (інфільтраційні споруди).

Їхньою особливістю є необхідність очищення води, вплив сезонних коливань рівня води.

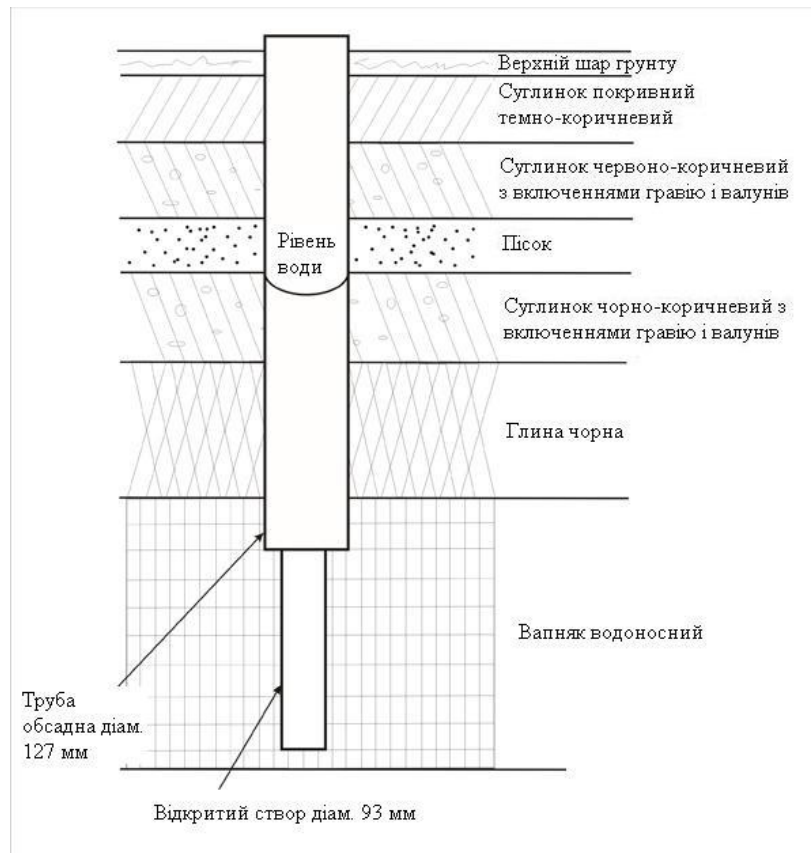


Рисунок 3.1 – Артезіанська свердловина

4. Інфільтраційні споруди

Призначення для проведення водозабору із природної фільтрації води через ґрунт. Типи:

- Інфільтраційні колодязі;
- Інфільтраційні галереї.

Перевагою є попереднє очищення води ґрунтом, а відповідно менше навантаження на очисні споруди.

5. Дренажні системи[9]

Призначення: Зниження рівня ґрунтових вод або забір слабонапірної води у заболочених регіонах.

Складаються з: перфорованих труб, дренажних траншей, збірних колекторів.

3.2 Проектування та модернізація системи водопостачання

Ефективне проектування та модернізація системи водопостачання передбачає правильне планування трубопроводів. Особливу увагу слід приділяти уникненню різких поворотів і звужень, які можуть спричинити утворення гідравлічних ударів. Важливим етапом є також вибір оптимального діаметра трубопроводів — як надто малі, так і надто великі діаметри здатні призвести до небажаних змін тиску або швидкості потоку.

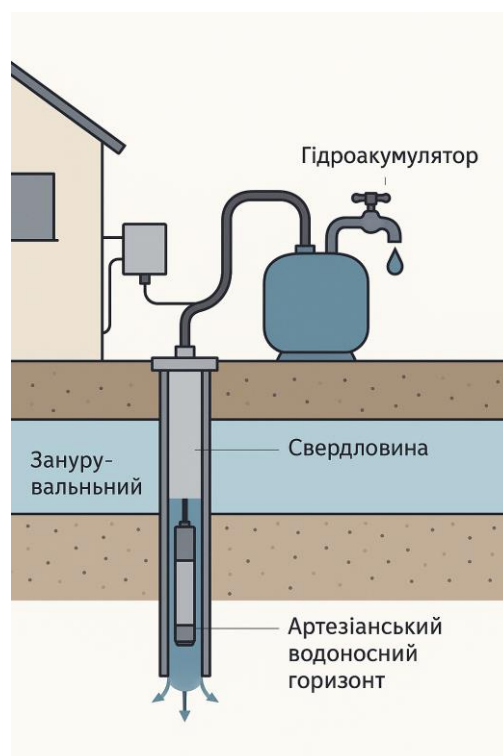


Рисунок 3.2 - Схема водозабору з артезіанської свердловини

Для забезпечення стабільної роботи системи впроваджено засоби контролю та моніторингу тиску. Встановлення датчиків і автоматизованих систем спостереження дозволяє оперативно фіксувати відхилення в роботі системи та своєчасно реагувати на них.[13]

Регулярне технічне обслуговування основного обладнання — насосів, клапанів, трубопроводів — є необхідною умовою для виявлення і усунення потенційних несправностей ще до їх критичного впливу на систему.

На етапі проектування передбачено комплекс заходів із захисту від гідравлічних ударів, адаптований до умов конкретного об'єкта та характеристик джерела водопостачання. У рамках реалізації проекту виконано монтаж відповідного обладнання — гідроаккумуляторів, запобіжних клапанів, демпферів — згідно з розробленим інженерним планом.

Окремим напрямом стало навчання обслуговуючого персоналу з питань експлуатації й технічного обслуговування системи захисту від гідроударів, що забезпечує її стабільну та безпечну роботу у довгостроковій перспективі.

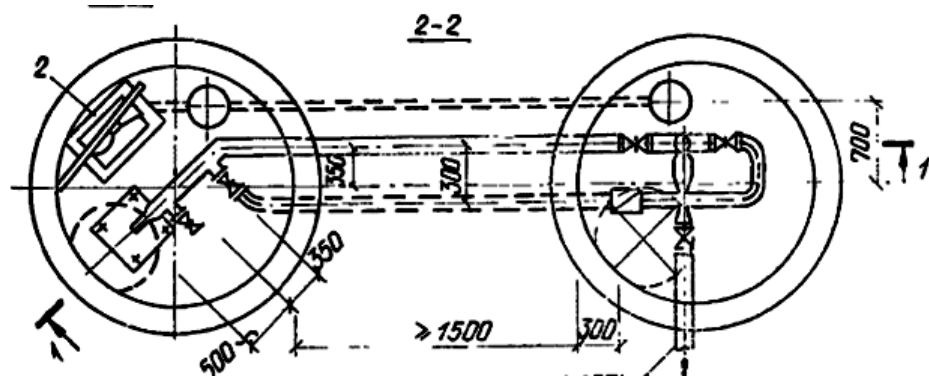


Рисунок 3.3 - Насосна станція над свердловиною

3.2 Розрахунок водонапірної башти

Призначення водонапірної башти — це регулювання добової нерівномірності та зберігання НЗ води, підтримання сталого тиску у мережі.

Об'єм бака водонапірної башти розраховують [4] за формулою:

$$W_{\text{б ВБ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{НЗ}}, \text{ м}^3 \quad (3.1)$$

де $W_{\text{рег}}$ - регулюючий об'єм баку, м^3 ;

$W_{\text{НЗ}}$ - об'єм НЗ, м^3 .

$$W_{\text{б ВБ}} = 67,09 + 12,35 = 79,44 \text{ м}^3.$$

$$W_{\text{рег.}} = 0,1 \cdot Q_{\text{роз.}}, \text{ м}^3.$$

де $Q_{\text{розр}}$ — сумарні добові витрати води.

$$W_{\text{рег.}} = 0,1 \cdot 67,09 = 6,71 \text{ м}^3.$$

Недоторканий запас води:

$$W_{H3} = W_{HПЗ} + W_{H3г-н}, \text{м}^3, \quad (3.2)$$

$$W_{H3} = 5,4 + 67,09 = 72,5 \text{м}^3.$$

де $W_{HПЗ} = \frac{(Q_{\text{однавн.}(max)} + Q_{\text{одназовн.}(max)}) \cdot \tau \cdot 60}{1000}$ - запас води, на гасіння пожежі протягом 10 хвилин, [4], м³;

$Q_{\text{одна вн.}(max)}$ - максимально кількість води на пожежогасіння, л/с;

$Q_{\text{одна зовн.}(max)}$ - максимально необхідна кількість води на зовнішнє пожежогасіння на підприємстві, л/с;

$$W_{H3г-н} = \frac{(Q_{\text{max год}} - Q_{\text{душ}}^{\text{max годину}}) \cdot \tau}{60} \quad - \text{запас води, в години}$$

максимального водоспоживання [4], м³;

$Q_{\text{max год}}$ - розрахункові максимальні годинні витрати, м³/год;

$Q_{\text{душ}}^{\text{max годину}}$ - витрати води на прийняття душу в годину максимального водоспоживання, м³/год.

Висоту водонапірної башти розраховують

$$H_{BB} = h_m + H_v + (z_{\text{д.т.}} - z_{BB}), \text{м}, \quad (3.3)$$

де h_m - втрати напору в мережі, м;

$H_v = 10 + 4 \cdot (n - 1)$ - вільний напір в диктуючій точці, м;

n - кількість поверхів будівлі

$z_{\text{д.т.}}$ - геодезична відмітка диктуючої точки, м;

z_{BB} - геодезична відмітка облаштування водонапірної башти, м.

$$H_{BB} = 15,6678 + 18 + (200 - 208) = 26, \text{м}.$$

3.3 Електрична схема управління насосами та розрахунок потужності

Система управління включає джерело живлення, контролери (ПЛК), датчики рівня, тиску і температури, контактори, кнопки аварійного відключення,

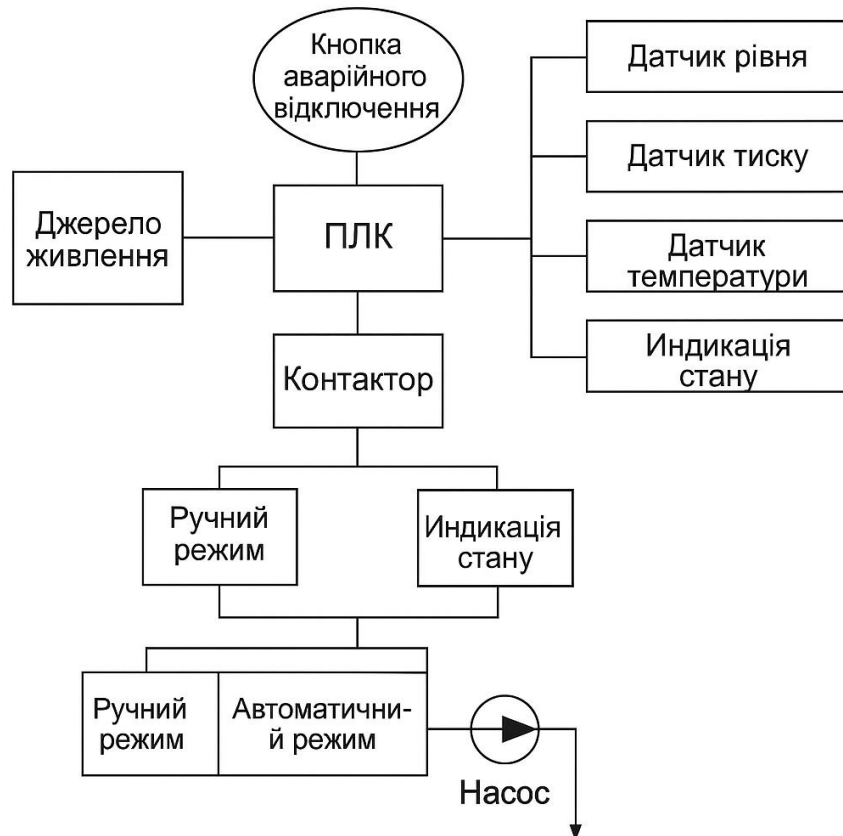


Рисунок 3.5 - Схема управління насосами

а також індикацію стану системи. Залежно від режиму (ручного або автоматичного), насоси запускаються або оператором, або контролером.[17] Система керування насосами системи водозабору побудована на основі джерела живлення, програмованого логічного контролера (ПЛК), датчиків контролю рівня, тиску та температури, а також комутаційної та індикаторної апаратури. Функціонування системи можливе як у ручному, так і в автоматичному режимах.

Склад системи керування:

- Джерело живлення 380/220 В;

- Контролер ПЛК з входами/виходами;
- Датчики тиску, температури та рівня;
- Контактори для пуску двигунів;
- Кнопки «Пуск», «Стоп», «Аварійне вимкнення»;
- Лампи індикації стану системи;
- Частотний перетворювач (за наявності автоматичного регулювання).

Принцип роботи:

У ручному режимі оператор керує роботою насосів за допомогою кнопок на щиті. У автоматичному режимі ПЛК аналізує сигнали від датчиків тиску, температури і рівня, та запускає або вимикає насоси відповідно до запрограмованого алгоритму. Аварійні ситуації фіксуються на панелі індикації та призводять до автоматичного вимкнення.[20]

Розрахунок потужності:

Припустимо, що у системі працює 2 основних і 1 резервний насос з наступними характеристиками:

- Потужність кожного насоса — 7,5 кВт;
- Живлення — 3~ 380 В;

Максимальна сумарна потужність під час одночасної роботи двох насосів:

$$P_{\text{сум}} = 2 \times 7,5 = 15 \text{ кВт}$$

Для вибору ПЛК, комутаційного обладнання та живлення необхідно враховувати запас по потужності — не менше 20%. Отже, мінімальна потужність джерела живлення та частотного перетворювача (якщо один на два насоси):

$$P_{\text{зан}} = 15 \times 1,2 = 18 \text{ кВт}$$

Система управління насосами приєднана до основної електромережі. Трансформатор необхідний для перетворення напруги до робочих значень для живлення контролерів і датчиків. Контролер (ПЛК) - логічний контролер,

програмований (ПЛК), який містить мікропроцесор для управління роботою групи насосів згідно алгоритму складеної заздалегідь програми. Контролер отримує сигнали від датчиків і відправляє команди на пускачі і контактори.

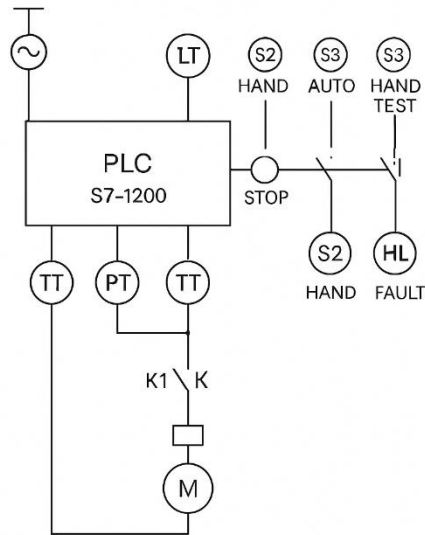


Рисунок 3.6 – Схема управління із застосуванням ПЛК типу S7-1200

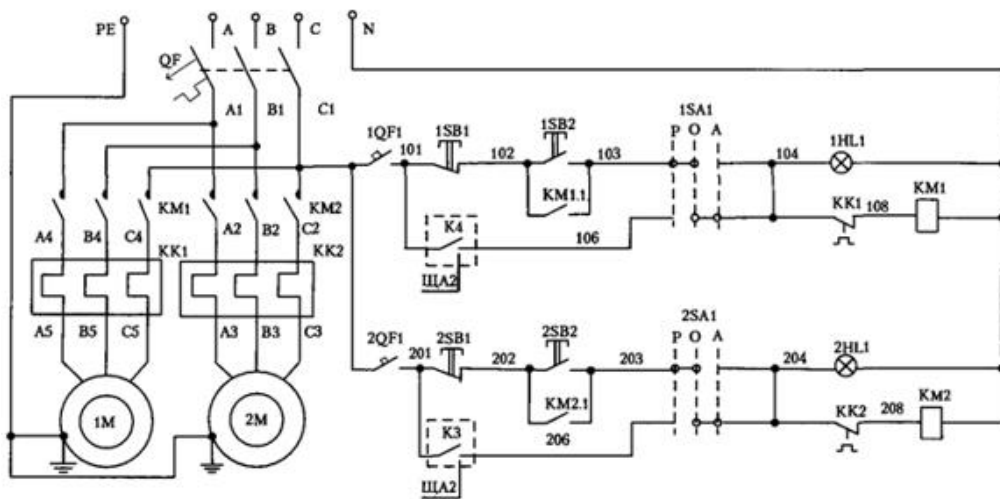


Рисунок 3.7 - Принципова схема управління насосами

Рекомендовано застосовувати ПЛК типу Siemens LOGO! або S7-1200, які підтримують роботу з аналоговими датчиками та мають функцію аварійного захисту

3.4 Побудова зовнішніх характеристик для випрямляючого режиму роботи.

Розрахунок мінімального та максимального кута керування.[20]

Визначення кутової частота двигуна.

$$\omega_H := \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{\pi \cdot 1000}{30} = 104.72 \text{ c}^{-1}; \quad (3.6)$$

Визначення опору якоря.

$$R_{sum} := 0.45 \text{ Ом};$$

Розрахунок сталої двигуна

$$C := \frac{U_H - R_{sum} \cdot I_H}{\omega_H} = \frac{220 - 0.45 \cdot 165}{104.72} = 1.392; \quad (3.7)$$

Розрахунок мінімального значення випрямленої напруги:

$$U_{d.min} := I_H \cdot R_{sum} + C \cdot \frac{\omega_H}{D} = 165 \cdot 0.45 + 1.392 \cdot \frac{104.72}{100} = 75.708 \text{ В}; \quad (3.8)$$

де D = 100 - діапазон регулювання.

Розрахунок максимальної напруги:

$$U_{d.max} := U_m = 380 \text{ В}$$

Тоді α_{min} - мінімальна величина кута регулювання:

$$\begin{aligned} \alpha_{min} &:= \arccos \left[\frac{U_{d.max} + \Delta U_a + I_H \cdot (K_x \cdot X_{mp})}{U_{d0}} \right] \cdot \frac{180}{\pi} \\ &= \arccos \left[\frac{380 + 2 + 165 \cdot (0.955 \cdot 0.067)}{253.324} \right] \cdot \frac{180}{\pi} = 57.614 (\text{град}) = 1.006 \text{ рад}; \end{aligned} \quad (3.9)$$

А α_{max} - максимальна величина кута регулювання:

$$\begin{aligned} \alpha_{max} &:= \arccos \left[\frac{U_{d.min} + \Delta U_a + I_H \cdot (K_x \cdot X_{mp})}{U_{d0}} \right] \cdot \frac{180}{\pi} = \\ &= \arccos \left[\frac{75.707 + 2 + 165 \cdot (0.955 \cdot 0.067)}{253.324} \right] \cdot \frac{180}{\pi} = 69.609 (\text{град}) = 1.215 \text{ рад}; \end{aligned}$$

Розрахунок зовнішні характеристик:

$$\alpha_0=0;$$

$\chi=2$ - для схеми мостової трифазної

$$I_d := 0,0.1 \dots I_H \quad X_{mp} := 0.067$$

Рівняння зовнішніх характеристик при різних кутах :

$$U_{d\alpha 0}(I_d) := U_{d0} \cdot \cos\left(\alpha_0 \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \Delta U_a - I_d \cdot (K_x \cdot X_{mp} + \chi \cdot R_{mp});$$

$$U_{d\alpha_{min}}(I_d) := U_{d0} \cdot \cos\left(\alpha_{min} \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \Delta U_a - I_d \cdot (K_x \cdot X_{mp} + \chi \cdot R_{mp});$$

$$U_{d\alpha_{max}}(I_d) := U_{d0} \cdot \cos\left(\alpha_{max} \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \Delta U_a - I_d \cdot (K_x \cdot X_{mp} + \chi \cdot R_{mp});$$

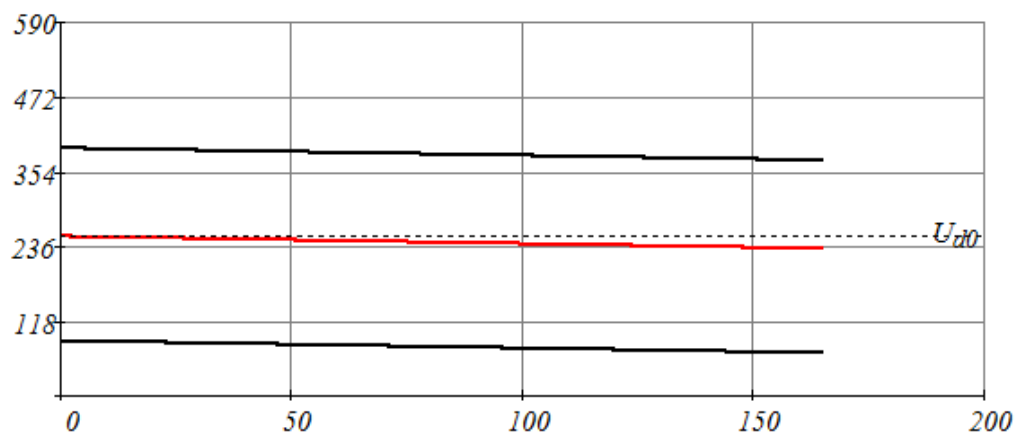


Рисунок 3.8 - Зовнішні характеристики ТП

Побудова вхідних характеристик тиристорного перетворювача для інверторного режиму:

Приймаємо, що при роботі в режимі інвертора розрахункові кути інвертування рівні кутам керування, при роботі в режимі випрямляча.

$$\beta_0 := 0 \quad \beta_{min} := \alpha_{min} \quad \beta_{max} := \alpha_{max}$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Безпека при експлуатації трубопроводів

Безпека експлуатації трубопроводів забезпечується їх правильним прокладанням, якісним монтажем, встановленням компенсаторів та необхідної арматури, влаштуванням у необхідних випадках обігрівання та дренажу, контролем їх технічного стану і своєчасним ремонтом.

Трубопроводи повинні мати сигнальне зафарбування в залежності від виду робочого тіла:

- вода — зелений;
- пара — червоний;
- повітря — синій;
- гази горючі і не горючі — жовтий;
- кислоти — оранжевий;
- луги — фіолетовий;
- рідини спалимі і неспалимі — коричневий;
- інші речовини — сірий.

Для того, щоб виділити вид небезпеки, на трубопроводи наносять сигнальні кольорові кільця. Червоні кільця означають, що транспортуються вибухонебезпечні, вогнєнебезпечні, легкозаймисті речовини; зелені — безпечні або нейтральні речовини; жовті — токсичні речовини. Крім того, жовті кільця вказують на інші види небезпек високий вакуум, високий тиск, наявність радіації). При нанесенні кілець жовтого кольору на трубопроводи з розпізнавальним пофарбуванням газів і кислот та кілець зеленого кольору на трубопроводи з розпізнавальним пофарбуванням кілець мають чорні або білі кайми Шириною не менше 10 мм. Число попереджувальних кілець відповідає ступеню небезпеки речовини, котра транспортується. Поряд з кольоровими сигнальними кільцями застосовуються також попереджувальні знаки,

маркувальні щитки та надписи на трубопроводах, які розташовуються на найбільш відповідальних місцях комунікацій.

Виявленню появи газу в повітрі робочої зони сприяє надання йому запаху. Прокладання трубопроводів на підприємствах буває підземним у прохідних каналах (тунелях), у непрохідних каналах і безканальне безпосередньо у ґрунті. Наземне прокладання здійснюється на опорах, а надземне — на естакадах, стояках, кронштейнах, а також на колонах, стінах будинків. Трубопроводи наземного та надземного прокладання у 2,5 рази довше служать, ніж підземні. Мінімальна висота прокладання трубопроводів — не менше 2,2 м, а над дорогами - не менше 4,5 м. Трубопроводи слід прокладати з деяким ухилом, проте необхідно уникати знижених ділянок та тупиків, де залишаються рідини. Паропроводи і газопроводи, в яких може утворюватися конденсат, повинні мати дренажні пристрої для відведення конденсату та води.

З метою полегшення ремонту та монтажу фланцевих з'єднань їх слід розташовувати у зручних місцях. Забороняється розташовувати їх над проходами, робочими місцями, над електрообладнанням. На кожному фланцевому з'єднанні трубопроводу, по котрому транспортуються хімічні речовини повинен бути захисний кожух, котрий запобігає викиду струменя небезпечної речовини під тиском.

З метою запобігання виникненню небезпечних теплових напружень (котрі можуть викликати розриви при охолодженні або вигинання при нагріванні труб, відрив фланців) на трубопроводах передбачаються компенсуючі елементи. Компенсація теплових напружень забезпечується використанням компенсаторів або влаштуванням трубопроводів із самокомпенсацією. Коли трасою трубопроводу є ламана лінія, тоді можна забезпечити самокомпенсацію за допомогою рухомих опор. Компенсатори виготовляються із зігнутих труб у вигляді літер П, U, ліроподібні. Застосовуються також спіральні, лінзові компенсатори. Компенсатори виготовляються з пружних матеріалів.

На трубопроводах повинні бути справними і, належним чином відрегульованими зворотні, редуційні, запірні, запобіжні клапани. Зворотні клапани пропускають газ або рідину лише в один бік. Зворотні клапани ємностей під тиском, в тому числі трубопроводів, запобігають зворотному ходу потоку робочого тіла у випадку початку горіння та при появі протидії. Редуційні клапани підтримують встановлений тиск.

Важливим елементом трубопроводів є запобіжні клапани. Вони застосовуються для попередження виникнення в трубопроводі тиску, котрий перевищує допустимий. У випадку перевищення тиску через клапани частина газу або рідини викидається в атмосферу. Встановлення будь-якої іншої арматури між запобіжним клапаном та джерелом тиску заборонено. Запобіжний клапан повинен закриватись спеціальним кожухом, щоб запобігти самовільному регулюванню клапанів обслуговуючим персоналом. Після спрацювання запобіжного клапана оператор повинен негайно відрегулювати тиск.

4.2 Розрахунок штучної вентиляції.

Основне завдання розрахунку загальнообмінних систем штучної вентиляції – визначення кількості повітря, що необхідно подати і вилучити з приміщення. При розрахунку вентиляції в цехах, повітрообмін, як правило, визначають розрахунковим шляхом за конкретними даними про кількість шкідливих виділень (теплоти, вологи, парів, газів).

Для цехів з виділенням надлишкового тепла кількість припливного повітря визначається із умови асиміляції цього тепла:[6]

$$L = \frac{Q_{\text{над}}}{c \cdot \gamma \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{п}})} \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{над}}$ -надлишкове тепло в цеху, кДж/год;

c -питома теплоємність повітря при постійному тиску, що дорівнює 1 кДж/кг·К;

γ -густина припливного повітря, кг/м³;

$t_{\text{в}}$ -температура повітря, що виходить з приміщення, °С;

$t_{\text{п}}$ - температура припливного повітря, °С.

$$L = \frac{13662,32}{1,129 \cdot (35 - 18)} = 623 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для приміщення, де немає шкідливих виділень (або кількість їх незначна) приплив (витяжку) повітря можна визначити за кратністю повітрообміну (k)-відношенням вентиляційного об'єму L (м³/год) до об'єму приміщення $V_{\text{п}}$ (м³):

$$k = \frac{L}{V_{\text{п}}};$$

$$k = \frac{623}{1500} = 0,415.$$

При розрахунку місцевої витяжної вентиляції кількість повітря, що вилучається місцевою витяжною (зонт, панель, шафа) можна порахувати за формулою:

$$L = F \cdot v \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{год};$$

де F -площа перерізу отвору місцевої витяжки, м^2 ;

v -швидкість руху вилученого повітря в цьому отворі (приймається від 0,5 до 1,7 м/с)

$$L = 0,09 \cdot 1 \cdot 3600 = 324 \text{ м}^3/\text{год}.$$

4.3 Шляхи покращення екологічного стану господарства

Для визначення економічної оцінки стану природного середовища ми проводимо аналіз екологічних витрат. До екологічних збитків ми включаємо:

- витрати на заходи потенційного виникнення екологічних порушень;
- витрати на компенсацію, пов'язану з погіршенням умов роботи людей;
- втрати робочого часу, пов'язані з підвищеною захворюваністю;
- погіршення життя та умов утримання комунально-побутового господарства.

Екологічний ефект виконання програми енергозбереження виявляється в зменшенні обсягів спалювання органічного палива, що приведе до зменшення шкідливих викидів окисів сірки, окислів азоту, а також відверненні збитків на ліквідацію забруднення довкілля. Враховуючи ці положення, та умови роботи даного господарства, можна зробити висновок, що запроектоване використання альтернативних видів енергоресурсів є екологічно чистим і доцільним.

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ

Розраховано обсяги електроспоживання до і після модернізації, визначено капітальні витрати, термін окупності, собівартість підйому води. Економія електроенергії досягається за рахунок впровадження енергоефективного насосного обладнання. Оцінка економічної ефективності впровадження сучасної системи управління насосною установкою здійснюється на основі аналізу річного енергоспоживання, витрат на монтаж та закупівлю обладнання, а також розрахунку терміну окупності капіталовкладень.

5.1 Розрахунок споживаної електроенергії до і після модернізації

Розрахунок обсягу електроенергії до модернізації:[14]

$$K_{el} = P \cdot t \cdot n$$

де: P — потужність насосної установки, кВт;

t — тривалість роботи за добу, год;

n — кількість робочих днів на рік.

$$K_{el1} = 18 \times 16 \times 252 = 72576 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Після модернізації:

$$K_{el2} = 4,5 \times 16 \times 252 = 18144 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

5.2 Вартість використаної електроенергії

Формула розрахунку:

$$Be.e = K_{el} \times \Pi$$

де: Π — тариф на електроенергію, грн/кВт·год

До модернізації:

$$Be.e_1 = 72576 \times 10,26 = 744629,76 \text{ грн}$$

Після модернізації:

$$Be.e_2 = 18144 \times 10,26 = 16157,44 \text{ грн}$$

5.3 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні витрати включають:

- Вартість насосів — 29000 грн
- Слюсарно-зварювальні роботи — 10050 грн
- Монтажні роботи — 23500 грн
- Вартість будівельних матеріалів — 111600 грн

Загальна сума капіталовкладень:

$$\sum K_k = B_{\kappa} + B_{c.z.} + B_m + B_{буд}$$

$$\Sigma K_k = 29000 + 10050 + 23500 + 111600 = 174150 \text{ грн}$$

5.4 Розрахунок собівартості підйому води

Формула:
$$C_{np} = \frac{\sum B_z}{B_{\kappa} \cdot P_{\partial}}$$

де: С — собівартість підйому 1 м³ води;

$\sum B_z$ - загальні витрати;

B_{κ} - середнє значення використання води протягом дня;

P_{∂} - число робочих днів у році.

5.5 Розрахунок терміну окупності капіталовкладень

$$\sum B_e = \frac{B_{обл}}{B_{e1} - B_{e2}}$$

$B_{обл}$ - сума грошових коштів на придбання обладнання;

$$\sum B_e = \frac{25150}{12882.24} = 1,95 p.$$

Таким чином, запропонована система керування насосами забезпечує істотне зниження енергоспоживання, економію витрат на експлуатацію та має короткий термін окупності — менше двох років.

Таблиця 5.1 – Дані економічної ефективності системи водопостачання

Значення	Одиниці вимірювання	Стара система	Модернізована система
Ціна електронасоса	грн	-	29000
Вартість монтажу	грн	-	23500
Загальні капіталовкладення	грн	-	174150
Річне енергоспоживання	кВт·год	40320	18144
Річна вартість енергії	грн	28627,2	16157,44
Собівартість підйому 1 м³ води	грн	-	10,9
Термін окупності	роки	-	1,95

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У роботі здійснено детальний розрахунок системи водопостачання, проведено аналіз наявного та нового обладнання, розглянуто економічну ефективність впровадження нової системи. Запропоновані заходи дозволяють значно підвищити надійність і ефективність водопостачання підприємства.

Ефективне функціонування систем водопостачання є ключовою умовою забезпечення стабільної, надійної та безперебійної подачі води споживачам. У межах розробленого проєкту було здійснено комплексне обґрунтування параметрів системи гарячого водопостачання адміністративної будівлі, що включає оптимізацію насосної установки, впровадження автоматизованого керування на базі контролера Siemens S7-1200, а також застосування частотного перетворювача для плавного регулювання продуктивності.

Проведений аналіз показав, що модернізована система дає змогу суттєво зменшити енергоспоживання, покращити точність регулювання параметрів тиску і температури, а також знизити експлуатаційні витрати. Розрахунки економічної ефективності підтвердили короткий термін окупності системи — менше 2 років, що є обґрунтованим інвестиційним рішенням для підприємства.

Запропоновані технічні рішення забезпечують не лише надійність та довговічність функціонування системи, а й підвищення рівня автоматизації та безпеки. У перспективі така система може бути масштабована для потреб аналогічних об'єктів із різними умовами водозабезпечення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Гідравліка: Навчально – методичний комплекс. Навчально – методичний посібник / В.І. Дуганець, І.М. Бендера, В.А. Дідур та ін. / За ред. В.І. Дуганець, І.М. Бендера, В.А. Дідур. Кам'янець – Подільський: ФОП Сисин О.В., 2013. 572 с.
2. Гідравліка. Загальний курс: Підручник / Б.Ф. Левицький, Н.П. Лещій. Львів: Світ, 1994. 264 с.
3. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник/ Ю.А. Буренніков, І.А. Немировський, Л.Г. Козлов. Вінниця: ВНТУ, 2013. 273с. Греник Г.М., Лехман С.Ф., Бутко Д.А Охорона праці. К.: Урожай; 2007. 272 с.
4. ДБН 2.04.05.-98. Опалення, вентиляція та кондиціонування .К.; Вища школа, 1998. 64 с.
5. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А. та ін. Гідравліка. Підручник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2020. 624 с.
6. Дипломне та курсове проектування / Д.Г.Войтюк, О.В.Дацишин, В.С.Колісник та ін.; За ред. О.В.Дацишина.- К.: Урожай, 1996. 192 с.
7. Єремеев І.С., Кисельов В.Б. Автоматизовані системи управління технологічними процесами. Навчальний посібник. Одеса: Олді+, 2022. 324 с
8. Левицький Б.Ф., Леиць Н.П. Гідравліка. Львів: Світ, 2004. 216 с.
9. Мельниченко Д.Ю., Лаврентьев М.В., Горелкін А.В. Гідравліка, гідросилові установки і основи сільськогосподарського водопостачання.Київ: Урожай 2006. 275 с.
- 10.Мошенцев Ю.Л., Гогоренко О.А. Розрахунок ступеня відцентрового наддувного компресора. Навчальний посібник. Одеса: Олді+, 2021. 160 с.
- 11.Проектування і розрахунок опалення житлових будинків. Методичні поради / С.В.Синій. Луцьк: ЛДТУ, 1999.- 52 с.

- 12.Ремез Н.С., Кисельов В.Б., Дичко А.О., Мінаєва Ю.Ю. Чисельні методи розв'язання технічних задач. Підручник. Одеса: Олді+, 2022. 186 с
- 13.Рогалевич Ю.П. Гідравліка.Київ: Вища школа, 2003. 238 с.
- 14.Стандарт підприємства (СТП) 049373.01-07 Дипломні і курсові проекти (роботи). Загальні вимоги до оформлення. Дубляни, ЛНАУ, 2007.38 с.
- 15.Холоменюк М.В., Ткачук А.В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Навчальний посібник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2019. 356 с.
- 16.Шолудько В.П., Боярчук В.М., Шолудько Я.В., Михалюк М.А. Теплотехніка та використання теплоти. Львів «Сполом»,2007, 190с
- 17.Шмат К.І., Солодовніченко В.М., Папченко О.І. Автоматизовані системи сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2019. 196 с.
- 18.Бібліотечно–інформаційні ресурси –[книжковий фонд](#), періодика та фонди на [електронних носіях](#) бібліотеки ЛНУП, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково–технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
- 19.Електронні інформаційні ресурси мережі інтернет з переліком сайтів:
- 20.–<http://lnup.lviv.ua/lnup>; <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>;
<http://www.twirpx.com>; <http://hotline.ua> moodle.lnup.edu.ua