

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри енергетики  
та електротехнічних систем

---

—  
доцент Чепіжний А.В.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження системи автоматичного водопостачання на базі нетрадиційних джерел в умовах Сумської області»

Виконав

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Барзак І.О.  
(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС 2301-1м

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рясна О.В.  
(прізвище, ініціали)

**Суми – 2025**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
 завідувач кафедри енергетики  
 та електротехнічних систем  
 доцент Чепіжний А.В.  
 (підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)  
 «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**  
**ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Барзаку Ігорю Олександровичу

(прізвище, ім'я та по батькові)

**1. Тема роботи:** Дослідження системи автоматичного водопостачання на базі нетрадиційних джерел в умовах Сумської області

**керівник роботи:** Рясна Ольга Василівна, старший викладач

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

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «26» 02 2024 р. № 572/ОС

**2. Термін подання здобувачем закінченої роботи** «18» березня 2025 р.

**3. Вихідні дані до роботи** технічні характеристики електроприводного заглибного насосу з урахуванням параметричних даних свердловини, вибір обладнання для насосної системи та гібридної сонячної станції, нормативні документи та стандарти, що регламентують проектування та експлуатацію, економічні та енергетичні розрахунки для оцінки їх ефективності роботи.

**4. Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, що підлягають розробці):

1 Характеристика свердловин та обладнання.

2 Технологічний стан.

3 Автоматизовані процеси та моніторинг.

5 Екологія.

6 Економічна частина.

Загальний висновок до роботи.

Список використаної літератури.

**5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:**

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

**6. Консультанти розділів роботи:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата

**КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 13.09.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 04.10.2024 р.	
3	Написання вступу	до 11.10.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1» та «Розділ 2»	до 18.10.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 01.11.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 4» та «Розділ 5»	до 29.11.2024 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 6»	до 10.01.2025 р.	
8	Написання висновків	до 07.03.2025 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 10.03.2025 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 14.03.2025 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 19.03.2025 р.	

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**(Барзак І.О.)**

(прізвище, ініціали)

**(Науковий) керівник  
дипломної роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**(Рясна О.В.)**

(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

*Барзак І. О. Дослідження системи автоматичного водопостачання на базі нетрадиційних джерел в умовах Сумської області. ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Сумський національний аграрний університет. Суми. 2025.*

Дипломна робота складається із вступу, 6 основних розділів та має 73 друкованих аркуші та 13 рисунків.

Мета роботи – дослідити автоматизацію насосної станції з інтеграцією сонячної гібридної установки для стабільного водопостачання на базі нетрадиційних джерел енергії в умовах Сумської області.

Завданням дослідження є:

- проаналізувати сучасні технічні рішення автоматизації водопостачання.
- розробити концепцію автоматизованої насосної станції із сонячною гібридною установкою.
- оцінити економічну ефективність та доцільність такої системи.
- дослідити екологічні аспекти застосування відновлюваних джерел енергії.
- надати рекомендації щодо впровадження системи в господарську діяльність сільської місцевості.

Запропонована система автоматизації забезпечує стабільну та безперебійну роботу насосної станції. Інтеграція датчиків, контролерів та систем моніторингу дозволяє автоматизувати контроль рівня води, тиску, витрат енергії, а також оперативно реагувати на аварійні ситуації.

Впровадження сонячної гібридної установки – це зниження залежності щодо традиційного використання електричної енергії. Поєднання роботи сонячних панелей, акумуляторів та електромережі забезпечує оптимальне використання енергії, особливо у віддалених районах із нестабільним електропостачанням.

Розрахунки показали, що початкові витрати на встановлення сонячних панелей і системи автоматизації окупаються завдяки зменшенню енергоспоживання. Тривалий термін служби обладнання та зниження

експлуатаційних витрат сприяють отриманню значного економічного ефекту в довгостроковій перспективі.

Застосування ВД енергії приводить зменшення викидів парникових газів та загального впливу на навколишнє середовище, що відповідає сучасним концепціям сталого розвитку.

Розроблена система може бути впроваджена для автоматизації насосних станцій у приватних домогосподарствах, комунальному господарстві або промисловості. Особливо актуальною вона є для регіонів із недостатнім електропостачанням або високими витратами на електроенергію.

Автоматизація насосної станції з використанням сонячної гібридної установки є сучасним, енергоефективним та екологічно безпечним рішенням для забезпечення безперебійного водопостачання. Запропоновані в роботі технічні та економічні рішення (термін окупності складає 11,3 роки) можуть бути базою для подальшого впровадження таких систем, сприяючи розвитку відновлюваної енергетики та оптимізації водопостачання.

**Ключові слова:** автоматизація насосної станції, сонячна гібридна установка, відновлювана енергія, водопостачання, енергоефективність, екологічна відповідальність, економічна доцільність.

## ABSTRACT

The thesis consists of an introduction, 6 main sections and has 73 printed sheets and 13 figures.

The purpose of the work is to investigate the automation of a pumping station with the integration of a solar hybrid installation for stable water supply based on non-traditional energy sources in the conditions of the Sumy region.

The objectives of the research are:

- to analyze modern technical solutions for water supply automation.
- to develop the concept of an automated pumping station with a solar hybrid installation.
- to assess the economic efficiency and feasibility of such a system.
- to investigate the environmental aspects of the use of renewable energy sources.
- to provide recommendations for the implementation of the system in rural economic activities.

The proposed automation system ensures stable and uninterrupted operation of the pumping station. Integration of sensors, controllers and monitoring systems allows for automated control of water level, pressure, energy consumption, as well as prompt response to emergency situations.

The implementation of a solar hybrid installation is a reduction in dependence on the traditional use of electrical energy. The combination of solar panels, batteries and the power grid ensures optimal energy use, especially in remote areas with unstable power supply.

Calculations have shown that the initial costs of installing solar panels and automation systems are repaid through reduced energy consumption. The long service life of the equipment and reduced operating costs contribute to a significant economic effect in the long term.

The use of renewable energy leads to a reduction in greenhouse gas emissions and overall environmental impact, which is consistent with modern concepts of sustainable development.

The use of renewable energy leads to a reduction in greenhouse gas emissions and overall environmental impact, which is consistent with modern concepts of sustainable development. The developed system can be implemented to automate pumping stations in private households, municipal services or industry. It is especially relevant for regions with insufficient electricity supply or high electricity costs.

Automation of a pumping station using a solar hybrid installation is a modern, energy-efficient and environmentally friendly solution for ensuring uninterrupted water supply. The technical and economic solutions proposed in the work (payback period is 11.3 years) can be the basis for further implementation of such systems, contributing to the development of renewable energy and optimization of water supply.

**Keywords:** pumping station automation, solar hybrid system, renewable energy, water supply, energy efficiency, environmental responsibility, economic feasibility.

## ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ВСТУП.....	10
1 Характеристика свердловин та обладнання.....	12
1.1 Поверхневі та занурювальні насоси.....	12
1.2 Джерела води для села.....	14
1.3 Підземні води.....	14
1.4 Поверхневі джерела.....	15
1.5 Використання насосів.....	16
Висновок до розділу 1.....	16
2. Технологічний стан.....	18
2.1 Аналіз технологічного процесу.....	18
2.2 Глибинні насоси для централізованого водопостачання.....	18
2.3 Проблеми існуючих систем електропостачання свердловин...	19
2.4 Сонячні електростанції.....	26
2.5 Обладнання для насосної станції.....	27
2.5.1 Насос заглибний центробіжний.....	27
2.5.2 Частотний перетворювач.....	29
2.5.3 Реле тиску. Optima EP-1.....	30
2.6 Сонячна станція.....	32
2.6.1 Сонячні панелі.....	32
2.7 Основні елементи системи.....	37
2.7.1 Гібридний інвертор.....	37
2.7.2 Акумулятор.....	40
2.8 Контролер заряду.....	42
2.8.1 Контролер заряду сонячної батареї 100А 48В.....	42
Висновок до розділу 2.....	43
3. Автоматизовані процеси та моніторинг.....	44
3.1 Автоматизація системи водопостачання.....	44

3.2	Розрахунок річного споживання енергії.....	45
3.3	Розрахунок потужності сонячної станції.....	46
3.4	Розрахунок параметрів двигуна та заступної схеми.....	47
	Висновки до розділу 3.....	54
4.	Охорона праці.....	55
4.1.	Монтаж та експлуатація сонячних панелей.....	55
4.2	Небезпечні шкідливі фактори водопостачання.....	56
4.3	Шум і вібрація.....	57
4.4	Мікроклімат. ....	58
4.5	Пожежна безпека. ....	59
	Висновки до розділу 4.....	60
5.	Екологія.....	61
5.1	Захист навколишнього середовища.....	61
	Висновок до розділу 5.....	62
6.	Економічна частина.....	63
6.1	Автоматизація водопостачання з використанням гібридної сонячної станції.....	63
6.2	Витрати на обладнання.....	63
6.3.	Експлуатаційні витрати.....	63
6.4.	Економія та термін окупності.....	64
	Висновок до економічної частини.....	65
	Загальний висновок .....	66
	Список використаної літератури.....	68
	Додаток А.....	71
	Додаток Б.....	73

## ВСТУП

Останні роки в Україні відзначаються динамічним розвитком сільського господарства. Досягнуто значних успіхів у збільшенні обсягів аграрного виробництва, зниженні його собівартості та покращенні якості продукції. Одним із ключових чинників цього прогресу є забезпечення сільськогосподарських підприємств та приватних господарств надійним і якісним водопостачанням. У зв'язку з цим вивчення шляхів підвищення ефективності систем водопостачання у сільській місцевості набуває особливої актуальності.

Метою даної роботи є: сучасний підхід до розробки автоматизації системи водопостачання, а також модернізації насосної станції для роботи на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Практична значущість дослідження полягає в тому, що завдяки автоматизації системи водопостачання в сільських населених пунктах не буде необхідності використовувати воду з колонок, колодязів або відкритих водойм вручну. Крім того, автоматизація усуває потребу в безперервному ручному управлінні насосами, що зараз вимагає постійної присутності операторів і регулярного обходу свердловин.

Новизна дослідження полягає у створенні автоматизованої системи водопостачання, яка суттєво підвищить зручність і якість життя сільського населення. Ефективність цієї системи полягає у забезпеченні стабільного гідравлічного режиму подачі води, використанні сонячної енергії для живлення насосів і зниженні енерговитрат. Крім того, система дозволяє підтримувати необхідний тиск у мережі та забезпечує оптимальне регулювання водопостачання.

У рамках роботи буде розроблено та досліджено свердловинний насос, який буде підключений до системи автоматизованого управління на енергії від сонячної гібридної фотоелектричної установки (ФЕМ). Планується провести аналіз існуючих моделей свердловинних насосів, здійснити вибір оптимального

варіанту, а також розрахувати окупність встановлення сонячної електростанції з інвертором і дизельним генератором на території насосної станції.

Для досягнення цієї мети передбачено виконання основних завдань:

1. Збір даних про існуючу систему водопостачання в сільській місцевості та визначення її недоліків.
2. Визначення способів модернізації водогінної мережі.
3. Розробка концепції автоматизованого управління водопостачанням із впровадженням інноваційних рішень, а також виконання реальних розрахунків вартості капіталовкладень.
4. Збір даних про відновлювані джерела енергії (ВДЕ), та способи їх застосування для водопостачання.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СВЕРДЛОВИН ТА ОБЛАДНАННЯ

## 1.1 Поверхневі та занурювальні насоси

Свердловини є універсальним і зручним способом отримання води, особливо популярним для водопостачання приватних будинків. У регіонах із посушливим кліматом, де немає природних водойм, свердловини стають основним джерелом води для побутових потреб і сільського господарства.

Насоси, що використовуються для підйому води, поділяються на поверхневі та занурювальні (рис. 1.1). Поверхневі насоси розташовуються на поверхні землі, але мають обмеження щодо глибини забору води. Занурювальні насоси, навпаки, працюють під водою, що дозволяє їм ефективно піднімати рідину навіть із великої глибини [1,2].



Рисунок 1.1 Типи насосів

Занурювальний насос — це пристрій, що забезпечує підйом води безпосередньо з джерела. Його конструкція, зазвичай у вигляді довгастої металевої капсули, дозволяє розміщувати його під водою на весь період експлуатації. Це створює певні труднощі під час обслуговування, оскільки насос потрібно піднімати зі свердловини. Однак технічні характеристики занурювальних насосів значно перевершують поверхневі аналоги.

Занурювальні насоси бувають штанговими та безштанговими. Штангові передають механічний рух від двигуна через систему штанг. Безштангові об'єднують насос і двигун в одному корпусі, що робить їх компактними й популярними. Для живлення використовуються спеціальні занурювальні кабелі. До цього типу належать свердловинні, колодязні та дренажні насоси.

Подовжена форма занурювальних насосів дозволяє встановлювати їх у обсадних трубах діаметром 150-200 мм. Насос занурюється нижче рівня води, а підйом рідини забезпечується створенням тиску, використовуючи гумові шланги або труби. Потужність пристроїв варіюється: моделі для дачі можуть піднімати воду до 40 м, тоді як професійні пристрої досягають висоти до 80 м.

Занурювальні насоси поділяються на моделі для чистої води та дренажні варіанти, які здатні працювати із забрудненими рідинами.

Вода, яку використовують у різних сферах, поділяється на питну та технічну. Питна вода повинна відповідати строгим стандартам якості та проходить спеціальну підготовку. Технічна вода також обробляється відповідно до її подальшого застосування. Наприклад, для виробництва пари необхідна знесолена вода, а в сільському господарстві — вода, що відповідає мікробіологічним нормам [4,5].

Використання води включає три основні напрямки: забезпечення потреб населення (пиття, приготування їжі, прання, прибирання, полив), забезпечення промислових і сільськогосподарських процесів, а також виконання профілактичних та аварійних заходів, таких як боротьба з пожежами.

## **1.2 Джерела води для села**

У багатьох селах воду для побутових і господарських потреб здебільшого отримують із свердловин. Якщо доступ до підземних водних запасів обмежений або вони недостатні, використовують воду з відкритих водойм. Проте підготовка такої води складніша та дорожча, адже вона потребує додаткового очищення для нормалізації мінерального та мікробіологічного складу. Зазвичай питна вода видобувається з артезіанських свердловин, тоді як для поливу чи пожежогасіння використовують воду з відкритих джерел.

## **1.3 Підземні води**

Ґрунтові води, що залягають найближче до поверхні, є найбільш забрудненими та придатні лише для найпростіших господарських потреб. Деяко глибше знаходяться водоносні горизонти, але через їхню близькість до поверхні ці води також не є достатньо чистими. Значно глибше розташовані міжпластові води, які залягають між шарами глини. Вони зазвичай чистіші, а у певних випадках перебувають під таким тиском, що можуть самостійно виходити на поверхню. Найглибше розташовані артезіанські води, що знаходяться між пластами щільних порід на глибині 100–1000 метрів. У деяких умовах рельєфу артезіанські води можуть фонтанувати. Ці води відзначаються високою якістю і є найціннішим джерелом для споживання населення.

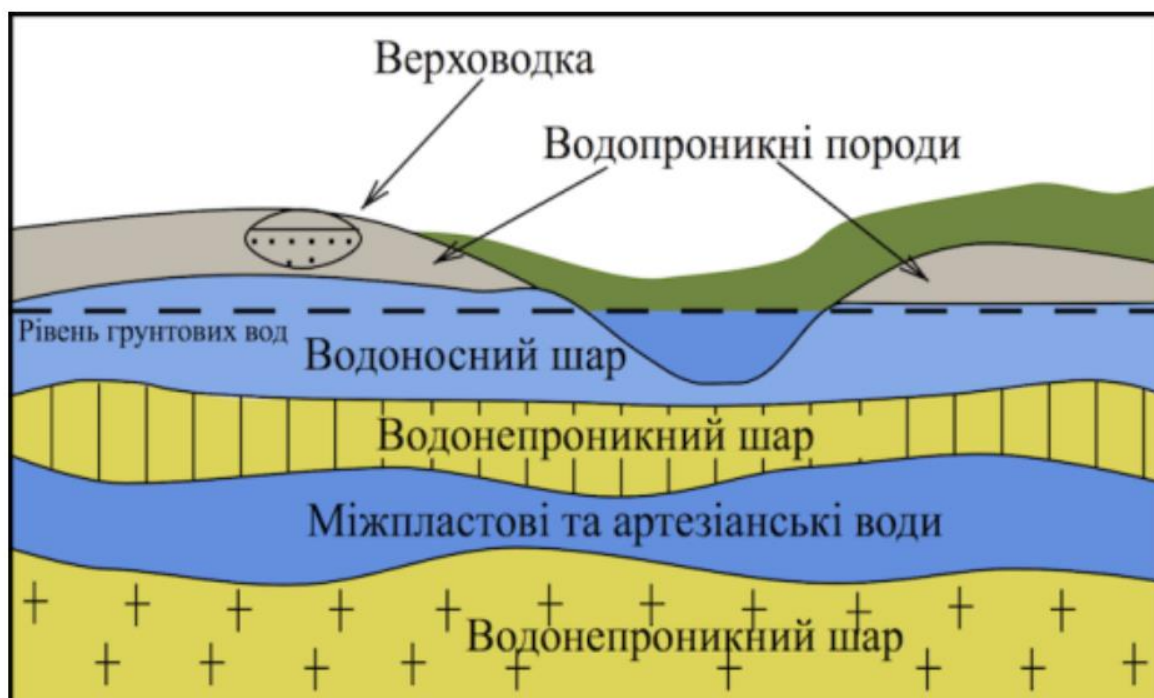


Рисунок 1.2 Залежі всіх порід артезіанських вод

Підземні води характеризуються сезонними коливаннями як кількості, так і якості. Навесні рівень води максимальний, але одночасно зростає її забрудненість. Улітку та восени рівень води знижується, і це може призвести до дефіциту, що необхідно враховувати при проектуванні систем водопостачання для села.

#### 1.4 Поверхневі джерела

Річки з середнім і великим дебітом можуть задовольнити потреби більшості об'єктів водопостачання. При цьому важливо враховувати сезонні коливання витрат води, щоб забезпечити її достатню кількість навіть у період найменшого рівня. Водночас річки, які пересихають або промерзають узимку, не можуть використовуватися без спеціально обладнаних водоймищ. Річкова вода зазвичай характеризується високою каламутністю (особливо під час паводків), значним вмістом органічних речовин і бактерій, а також високою кольоровістю.

Озерна вода, навпаки, вирізняється прозорістю через низький вміст завислих речовин, за винятком прибережних зон. Проте ступінь мінералізації води в озерах може сильно варіюватися. Якість води в річках і озерах залежить від атмосферних опадів, танення снігу та забруднень стічними водами.

### **1.5 Використання насосів**

Свердловинні насоси застосовуються для водопровідних систем приватних будинків, багатоповерхівок, а також для зрошення садів і городів. Щоб уникнути пошкодження насосів, не рекомендується використовувати їх для перекачування в'язких і забруднених рідин із твердими або волокнистими домішками, а також хімічно активних чи агресивних речовин.

Свердловинні насоси обладнані компактними електродвигунами з високим ККД і низьким енергоспоживанням. Вбудоване теплове реле забезпечує захист від перегріву, автоматично вимикаючи насос при перевищенні допустимої температури. Основні компоненти насосів, що контактують із водою, виготовляються з корозійностійкої сталі марки AISI 304, що дозволяє їм працювати у вертикальному чи горизонтальному положенні.

Для забезпечення довговічності насосів необхідно дотримуватися правил експлуатації. У разі порушень насос може вийти з ладу.

### **Висновок до розділу 1**

У розділі висвітлено основні аспекти водопостачання за допомогою поверхневих і занурювальних насосів, а також джерел води для різних потреб. Підкреслено, що вибір насоса та джерела води залежить від умов експлуатації та специфіки завдань, зокрема глибини водозабору та якості води.

Занурювальні насоси є найбільш ефективними для глибоких свердловин завдяки їхній здатності працювати під водою, проте вони вимагають ретельного обслуговування. Поверхневі насоси обмежені у глибині забору води, але зручні у встановленні й обслуговуванні. Важливим фактором є тип води, яка використовується: питна або технічна, що обумовлює вимоги до її очищення.

Підземні води мають різні рівні залягання та якості: від забруднених ґрунтових вод до чистих артезіанських. Поверхневі джерела, такі як річки й озера, також можуть бути джерелами водопостачання, проте вони схильні до сезонних коливань і забруднень, що потребує додаткових заходів очищення.

Розділ підкреслює важливість грамотного вибору насосного обладнання, врахування характеристик води та дотримання правил експлуатації, щоб забезпечити ефективність і довговічність систем водопостачання.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СТАН

### 2.1 Аналіз технологічного процесу

Насосні установки бувають водопровідні, каналізаційні, меліоративні та теплофікаційні.

Щорічно насосні установки споживають близько 20% виробленої електроенергії, з яких 10–25% витрачається неефективно. Використання сонячної енергії може знизити витрати до 50%. Регулювання насосів здійснюється через автоматизовані електроприводи (АЕП).

Організація сільського водопостачання залежить від розміру населеного пункту: від окремих хуторів до великих сіл. Автоматизація полегшує процес і зменшує залежність від людського фактора.

Вібраційні насоси використовуються в невеликих господарствах для поливу та перекачування води. Їхня робота базується на дії електромагнітного поля, що створює низький і високий тиск для безперервного руху рідини. Ці насоси підходять для роботи з брудною водою та очищення свердловин. Однак через вібрацію вони не рекомендуються для свердловин малого діаметра, оскільки це може пошкодити конструкцію. Недоліками є чутливість до стрибків напруги, що вимагає встановлення стабілізатора.

### 2.2 Глибинні насоси для централізованого водопостачання

Для великих сіл з артезіанськими свердловинами (>100 м) використовують глибинні багатоступінчасті відцентрові насоси, які поєднують двигун і насос у єдиному блоці. Асинхронні двигуни з водяним охолодженням оснащуються датчиками сухого ходу, щоб запобігти роботі без води.

Конструкція:

- Насос складається з приводного електродвигуна (вбудованого або зовнішнього) та багатоступінчастої насосної частини.
- Герметичний корпус захищає електродвигун від води.

- Охолодження та змащення підшипників здійснюється рідиною, що перекачується.

- Вбудований зворотний клапан утримує воду в трубопроводі, спрощуючи повторний запуск насоса.

Глибинні насоси класифікують на: відцентрові; шнекові; гвинтові; штангові.

### **2.3 Проблеми існуючих систем електропостачання свердловин**

Існуючі системи електропостачання свердловин здебільшого обмежуються схемами живлення насосів. Основні недоліки:

1. Ручне управління: ускладнене в умовах бездоріжжя чи погоди.
2. Ненадійність: контакти пускачів у високій вологості можуть функціонувати нестабільно.
3. Перепади напруги: значно впливають на роботу взимку через додаткові навантаження в мережі.
4. Ризик "сухого ходу": може призвести до перегріву та пошкодження деталей насоса.

Для вирішення цих проблем доцільно використовувати автоматичне регулювання та датчики для захисту насоса від несприятливих умов.

Насоси серії «ЕЦВ» – це занурювальні багатоступінчасті відцентрові пристрої, спеціально розроблені для використання у глибоких свердловинах. Вони характеризуються вертикальним розташуванням валу та закритим робочим колесом однобічного входу. Призначення насосів ЕЦВ – підйом води з мінералізацією до 1500 мг/л, температурою не більше 30 °С, рівнем рН у межах 6.5–9.5, з масовою часткою твердих домішок до 0,01%, а також обмеженим вмістом хлоридів (до 350 мг/л), сульфатів (до 500 мг/л) та сірководню (до 1,5 мг/л). Основні матеріали конструкції – чавун, нержавіюча сталь, бронза та полімери, стійкі до впливу водного середовища.

Особливістю глибинного насоса ЕЦВ є його здатність працювати за умови підпору, що забезпечує змочування верхніх підшипників і запобігає

кавітації. Величина підпору становить 1 метр, що дозволяє забезпечити стабільний запуск. Робоче положення агрегату – виключно вертикальне.

Монтаж занурювального насоса здійснюється на водопідйомній трубі, що опускається у свердловину, а на гирлі труби насос фіксується. Забір води відбувається через сітчастий фільтр корпусу, а мастило і охолодження підшипників забезпечуються самою водою. Задля безпеки експлуатації насос ніколи не запускається "в суху" – відсутність води може спричинити перегрів підшипників і пошкодження обмотки двигуна.

Для захисту насосного обладнання моделі ЕЦВ оснащуються зворотними клапанами (тарілчастого чи кулькового типу). Вони утримують стовп води у трубопроводі після вимкнення, спрощуючи повторний запуск і запобігаючи зворотному руху води, що може призвести до пошкодження насосного агрегату [2,3].

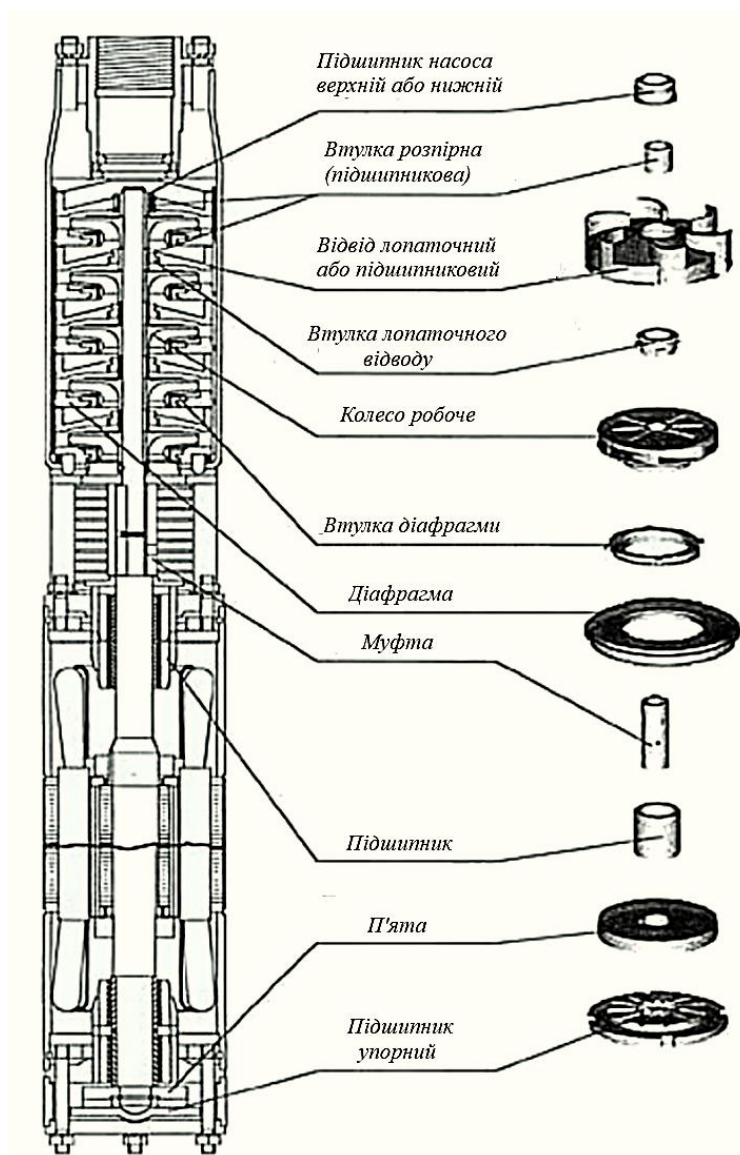


Рисунок 2.1 Будова заглибного насоса

Із погляду електроживлення нас цікавить потужність та робоча напруга водяних насосів, що використовуються у сільському господарстві.

Перш ніж переходити безпосередньо до розрахунків, слід детально розглянути всі основні чинники, які впливають на вибір свердловинного насоса [9].

Розглянемо варіант, коли у нас уже є готова свердловина, споруджена спеціалізованою організацією. Тоді у нас є паспорт свердловини з детальними характеристиками. Перший параметр, що нас цікавить, – зовнішній діаметр обсадної труби. Часто зустрічаються свердловини діаметром від 100 до 150 міліметрів. Точне знання цього параметра допоможе правильно підібрати поперечний розмір насоса.

Вибираючи свердловинний насос за параметрами, варто пам'ятати, що між корпусом насоса та стінками свердловини необхідний зазор 1–3 сантиметри (залежно від моделі). Ігнорування цієї вимоги призведе до швидкого зношення обладнання, ще до завершення гарантійного терміну.

Наступним важливим параметром свердловини є її продуктивність (дебіт). Дебіт – це максимальний об'єм води, який свердловина може дати за одиницю часу. Чим більший дебіт, тим продуктивніший насос можна встановити.

Для визначення дебіту враховують статичний і динамічний рівні води. Статичний рівень фіксує показник, коли відкачування не відбувається, а динамічний – під час роботи насоса. Якщо при перекачуванні води динамічний рівень залишається незмінним, можна сказати, що дебіт свердловини дорівнює продуктивності насоса. Якщо різниця між статичним і динамічним рівнем менша за один метр, це свідчить про високу продуктивність джерела, яка перевищує можливості встановленого обладнання.

Однак, якщо під час розрахунку потужності насоса припуститися помилки і обрати надто продуктивний агрегат, який перевищує дебіт свердловини, рівень води почне зменшуватися, доки вона повністю не вичерпається. Така ситуація призведе до роботи насоса в режимі «сухого ходу», що значно скоротить його термін служби. Крім того, оскільки занурювані насоси охолоджуються за рахунок перекачуваної рідини, брак води викличе перегрів і вихід двигуна з ладу.

Під час визначення продуктивності насоса варто враховувати також природні коливання рівня води у свердловині. Залежно від метеорологічних умов (посуха, рясні дощі, паводки) протягом року рівень може коливатися на 1–5, а іноді й 6 метрів. Тому насоси встановлюють на кілька метрів глибше за мінімально можливу відмітку динамічного рівня, щоб мати запас на випадок пересихання джерела.

Розібравшись із параметрами свердловини, можна переходити до вибору моделі насоса. Тут нас цікавитимуть експлуатаційні характеристики

обладнання, насамперед продуктивність, тобто обсяг води, що перекачується за певний час.

Для визначення потрібної продуктивності можна орієнтуватися на усереднене споживання: одна людина за добу витрачає приблизно 500 літрів води ( $0,5 \text{ м}^3$ ). Насосу необхідно впоратися не лише із середнім добовим споживанням, але й із піковим навантаженням.

Щоб визначити потрібну кількість води, можна орієнтуватися на середній показник: одна людина за добу витрачає приблизно 500 літрів ( $1 \text{ м}^3$ ) води. Проте зазвичай кілька точок водозабору (крани, змішувачі, пральні та посудомийні машини, душі, ванни), які можуть працювати одночасно. Тому насос повинен впоратися не лише з середньою, а й з піковою витратою води.

Напір насоса – це тиск, який він створює для переміщення води від точки забору до кінцевої точки споживання, долаючи всі гідравлічні опори системи. Розрахунок напору можна спростити до формули:

Напір = (глибина установки насоса + горизонтальна відстань до першої точки водозабору + висота найвищої точки споживання + за потреби тиск у накопичувальному резервуарі)  $\times$  коефіцієнт опору водопровідної мережі.

$$Q = W/T \text{ та } Q = M/T,$$

де:  $W$  - об'єм;

$T$  – час;

$M$  – маса.

Свердловинні насоси зазвичай використовують для забезпечення водою житлових будинків, аграрних чи промислових об'єктів, а також для зрошення. Їх не можна застосовувати для перекачування забруднених, агресивних, в'язких та легкозаймистих рідин.

Номінальна подача та тиск, який може розвинути насос, повинні відповідати оптимальному дебіту, який необхідний для підйому води.

Конструкція свердловинного насоса включає занурюваний електродвигун і багатоступінчасту відцентрову частину з робочими колесами, встановленими на валу. Деталі, що контактують з водою, виготовляють з нержавіючої сталі

AISI 304, стійкої до корозії. Такі насоси можна монтувати як у вертикальному, так і в горизонтальному положенні.

Основне правило довговічної роботи насоса – дотримання умов експлуатації. Електродвигун охолоджується перекачуваною водою, а в разі перегрівання його робота автоматично припиняється термореле. При нормалізації температури відбувається автоматичний перезапуск.

Перед встановленням насоса у свердловину електродвигун заповнюється водою, яка слугує мастилом для підшипників і забезпечує охолодження. Нижня частина насоса захищена сіткою від потрапляння великих частинок.

Основними параметрами щодо свердловинних насосів є діаметр, продуктивність, а також висота підйому.

Великою проблемою високої вологості в місцях встановлення водяних насосів існувала завжди і реальних способів надійного захисту від неї не знайдено. Часткове вирішення цієї проблеми досягається за рахунок застосування шаф з підвищеним ступенем захисту та використання комутаційних апаратів, розрахованих на роботу у вологих умовах [2,3].

Шафи з підвищеною герметичністю випускаються відповідно до міжнародної системи «International Protection Marking». Перша цифра визначає ступінь захисту від сторонніх предметів. Оскільки насоси встановлюються у критичних неопалюваних приміщеннях, проблем із сторонніми предметами, як правило, не виникає. Друга цифра характеризує захист від води, що у нашому випадку є надзвичайно актуальним. Розглянемо її докладніше.

Як було зазначено раніше, однією з основних проблем сільської системи водопостачання є управління насосами за умов обмеженого фізичного доступу до них. Очевидно, що її рішення передбачає дистанційне керування насосами або автоматизацію.

Автоматизація насосних станцій сприяє підвищенню надійності та безперервності водопостачання, зменшенню обсягів регульовальних резервуарів, а також скороченню трудових і експлуатаційних витрат. На таких станціях впроваджується автоматичне управління запуском і зупинкою

насосних агрегатів та допоміжного обладнання, контроль і підтримання необхідних параметрів (наприклад, рівня води, об'ємної подачі, тиску тощо), а також прийом сигналів параметрів і їх передача до диспетчерського центру.

Автоматизаційні процеси систем водопостачання стали важливим напрямом підвищення ефективності роботи насосних станцій, особливо в умовах зростання вимог до якості послуг та економії ресурсів для побутових і комерційних потреб. Сучасні технології відкривають широкий спектр рішень, які підвищують ефективність, надійність і безпеку водопостачання. Одним із найбільш актуальних і сучасних рішень є використання електронного реле тиску води. Такі пристрої не лише оптимізують роботу насосів, але й сприяють економії ресурсів і зменшенню залежності від людського контролю.

#### Принцип роботи електронного реле для насосів

Ці пристрої знаходять застосування в різних сферах — від побутового використання до промислових і сільськогосподарських систем. Головна їхня функція полягає у вимірюванні рівня тиску в системі та автоматичному регулюванні роботи насосного обладнання відповідно до заданих параметрів. Якщо тиск у системі виходить за межі допустимих значень, реле автоматично вмикає чи вимикає насос, запобігаючи зношуванню обладнання, витокам або іншим проблемам, які можуть негативно вплинути на роботу системи.

#### Комплексний контроль роботи гідросистем

Сучасні системи водопостачання оснащуються не лише електронними реле, а й такими пристроями, як:

- частотні перетворювачі;
- датчики рівня води в резервуарах;
- автоматичні регулювальні клапани;
- SCADA-системи для моніторингу та управління;
- резервні джерела живлення.

Окрім цього, використання датчиків тиску, витратомірів і температурних сенсорів дозволяє відслідковувати показники в реальному часі, забезпечуючи надійний контроль і зменшуючи ризик аварій.

Реле тиску води мають низку важливих переваг, які роблять їх ідеальним вибором для автоматизації гідросистем:

**Висока точність:** забезпечують точне вимірювання параметрів, що дозволяє ефективніше контролювати тиск.

**Автоматизація:** мінімізують вплив людського фактора, роблячи експлуатацію системи більш простою та надійною.

**Безпека:** мають функції захисту, наприклад, автоматичне вимкнення при аварійних ситуаціях, що зменшує ризик пошкодження обладнання.

**Економічність:** допомагають оптимізувати енергоспоживання та знизити витрати на обслуговування системи.

Такі пристрої є важливими елементами автоматизованих систем водопостачання, підвищуючи їхню надійність і безперебійність роботи.

Електронний модуль зі вбудованим контролером і набором датчиків, який регулює необхідність та інтенсивність активації залежно від зовнішніх умов. Реле активації та автоматичного відключення функціонує на основі запрограмованого рівня тиску або після перекриття водопровідних кранів.

## **2.4 Сонячні електростанції**

Вони бувають: башенні, тарілчасті; фотоелементні.

Для нашої дипломної роботи ми обираємо сонячну електростанцію на фотоелементах.

**Вибір і опис компонентів гібридної сонячної станції:** Розгляд основних елементів, таких як сонячні панелі, інвертори, акумуляторні батареї.

**Розрахунки потужності сонячної станції:** Визначення необхідної потужності для забезпечення безперебійної роботи системи.

Особливо це стосується водопостачання, яке залежить від стабільності енергетичних систем. Використання гібридних сонячних станцій дозволяє забезпечити незалежність систем водопостачання від традиційних джерел електроенергії, знизити вплив на навколишнє середовище та зменшити витрати на електроенергію.

Сумська область має значний потенціал для впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної енергії, завдяки сприятливим кліматичним умовам. Реалізація проекту автоматизації водопостачання з використанням гібридної сонячної станції дозволить вирішити низку важливих соціальних та економічних питань на прикладі селища Литвиновичі, Кролевецького району, засноване стародавніми народами гуцулами, румунами...

## 2.5 Обладнання для насосної станції

### 2.5.1 Насос заглибний центр обіжний

Ebara 4WN12-43+OYT (ЭЦВ 6-10-160 )  $Q=10\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $H=160\text{м}$ ,  $P=7,5\text{кВт}$



Рисунок 2.2 Насос заглибний центробіжний Ebara 4WN12-43+OYT (ЭЦВ 6-10-160 )  $Q=10\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $H=160\text{м}$ ,  $P=7,5\text{кВт}$

Таблиця 2.1 Характеристики насоса свердловинного

Потужність	7.5 кВт	
Швидкість потоку	24 м <sup>3</sup> /год	
Загальний тиск	300 м	
Максимальне занурення	150 м	
Напруга мережі	380~400 В	
Частота струму	50 Гц	4-
Мінімальний робочий тиск	79 бар	дюймовий
Максимальний робочий тиск	20 бар	занурювальни
Номінальна пропускна спроможність	10 куб. м / год	й насос
Спосіб встановлення насоса	Заглибний	свердловин,
Максимальна температура робочої рідини	75 град.	оснащений
Ступінь захисту IP	68	спеціальною
Максимальна пропускна спроможність	14.4 куб. м/час	системою
Сфера застосування	Чиста вода, технічна вода, питна вода	плаваючих
		робочих коліс
		Noryl, яка
		забезпечує
		надзвичайно
		стійку до
		стирання

конфігурацію.

4WN дуже тихий, підходить для горизонтальної роботи та доступний у комплекті з двигуном у водяній чи олійній ванні.

Відповідність EBARA вимогам NEMA стандарт для муфти двигуна забезпечує високу надійність продукту.

### 2.5.2 Частотний перетворювач

Перетворювач частоти 3~380В × 3~380/220В 5.5-7.5кВт LEO 3.0



Рисунок 2.3 Частотний перетворювач LEO 3.0

Серія PD: Компактні частотні перетворювачі для насосів. Серія PD включає багатофункціональні частотні перетворювачі, призначені для невеликих насосних систем з підтриманням постійного тиску. Відмінною особливістю є їх компактність — габарити вдвічі менші порівняно з аналогами інших виробників. Завдяки класу захисту IP65 перетворювачі можна встановлювати безпосередньо на двигун насоса або поруч із ним. Пристрої прості в налаштуванні та забезпечують надійне управління одним насосом.

Основні характеристики:

- Живлення: 3 фази 380 В для електродвигунів за схемою "зірка" або 3 фази 220 В за схемою "трикутник".
- Номінальний струм: 17 А.
- Управління: V/F (лінійна крива).
- Пусковий момент: 1 Гц, 100%
- Діапазон регулювання швидкості: 1:20 з точністю  $\pm 1\%$ .
- Перевантаження: 120% номінального струму (60 с) або 150% (1 с).
- Діапазон частот: 0–50/60 Гц із точністю  $\pm 5\%$ .
- Захист: автоматичне обмеження струму, захист від обриву фаз, перенапруги, "сухого ходу".

Додаткові функції:

- LED-дисплей для відображення параметрів (тиску, температури, налаштувань).
- ПІД-регулятор для роботи у замкнутому контурі.
- Енергозбереження: автоматичне зниження напруги при малих навантаженнях.
- Захист параметрів: функція блокування і парольного доступу.
- Автоматичний перезапуск: у разі збою живлення.

### 2.5.3 Реле тиску. Optima EP-1

Електронне реле тиску Optima EP-1 із захистом від "сухого ходу" розроблено для автоматичного керування насосами будь-якого типу. Воно вимірює тиск у системі та залежно від заданих параметрів активує або вимикає насос. Ударостійкий корпус і простий монтаж роблять реле зручним у використанні.



Рисунок 2.4 Електронне реле тиску Optima EP-1

Основні параметри:

- Максимальний тиск: 16 бар.

- Живлення: 220 В, 50 Гц.
- Потужність насоса: до 1,5 кВт.
- Регулювання: мінімальний крок 0,1 бар.
- Захист: IP65, до 200 000 циклів.

Дисплей відображає поточний тиск і налаштування, а вбудований захист від "сухого ходу" спрацьовує при падінні тиску нижче встановленої межі.

## **2.6 Сонячна станція**

### **2.6.1 Сонячні панелі**

Сонячна монокристалічна панель Longi Solar LR5-72НТН-585М, 585 Вт

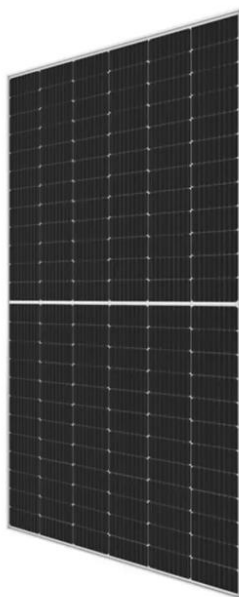


Рисунок 2.5 Сонячна панель Longi Solar LR5-72НТН-585М, 585 Вт

Монокристалічна сонячна панель LR5-72НТН-585М. Сонячна панель LR5-72НТН-585М ідеально підходить для мережєвих, гібридних та автономних сонячних електростанцій. Завдяки високій потужності 585 Вт і

ефективності 22,6%, вона забезпечує оптимальну продуктивність, особливо з інвертором для автономного енергозабезпечення.

Для створення цієї моделі використовувалися передові матеріали та компоненти. Панель складається зі 144 високоякісних кремнієвих елементів, розташованих у 24 ряди та закріплених у рамі з композитного сплаву товщиною 35 мм. Вони генерують постійний струм із максимальною напругою 44,21 В і силою 13,24 А. Низький рівень нагріву підвищує ефективність роботи кожного елемента, а поверхню захищає загартоване скло товщиною 3,2 мм.

Стійкість і надійність:

- Витримує град розміром 25 мм при швидкості вітру 23 м/с.
- Максимальне снігове навантаження: 5200 Па.
- Вітрове навантаження: до 2400 Па.
- Захист від впливу солоної вологи, аміаку та пилу (підтверджено тестуваннями).
- Клас захисту IP68: пило- та водонепроникність, витримує короткочасне занурення у воду на глибину до 1 м.
- Розміри: 2278×1134×35 мм. Вага: 27,5 кг.

Гібридна сонячна електростанція. Гібридна система поєднує в собі переваги мережевих та автономних електростанцій.

- Мережева станція: Перетворює сонячне випромінювання в електроенергію для споживання та продажу надлишків за «зеленим» тарифом.
- Автономна станція: Забезпечує енергією споживачів та накопичує її в акумуляторах для використання в разі відсутності зовнішнього енергопостачання.

Гібридні системи:

Гібридний інвертор із вбудованим контролером EMS дозволяє об'єднати переваги обох систем. Це забезпечує:

1. Максимальний заробіток за «зеленим» тарифом.

2. Автономність і стабільність у випадках перебоїв зовнішнього енергопостачання.

Завдяки такому поєднанню, гібридні системи дозволяють ефективно використовувати сонячну енергію в будь-яких умовах.

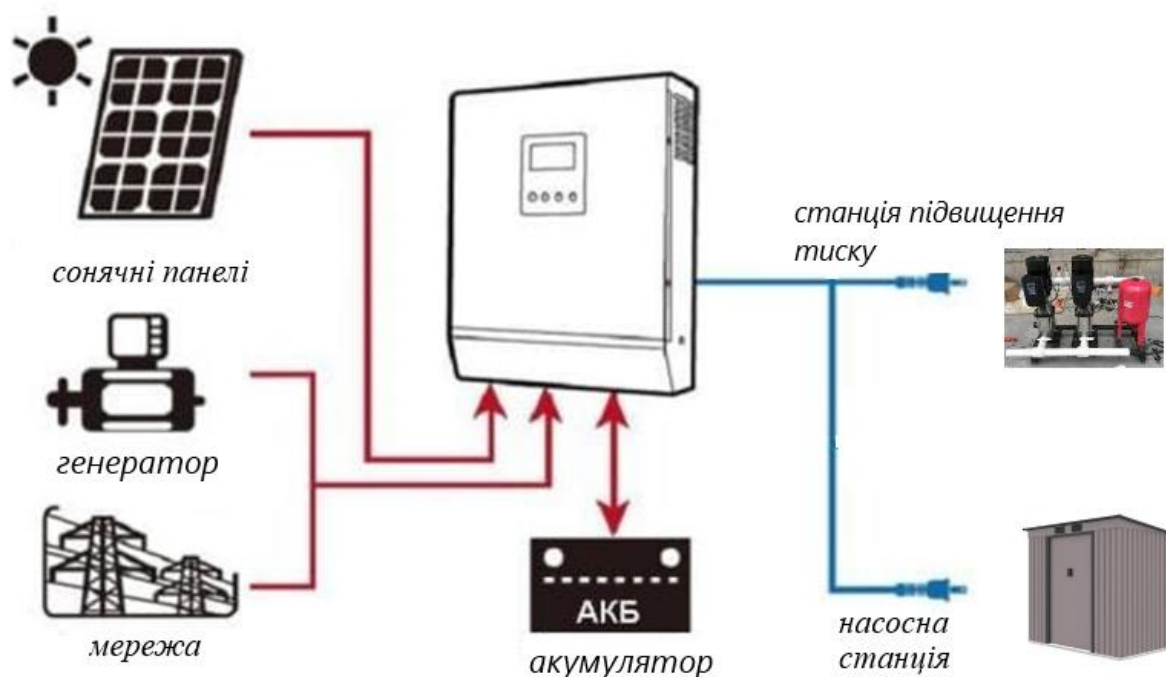


Рисунок 2.6 Підключення гібридного інвертора та літійонні акумулятори  
Гібридна сонячна електростанція: інтелектуальна енергосистема.

Це більше, ніж звичайний інвертор – це високотехнологічна система, яка не лише забезпечує перетворення енергії, але й розподіляє її по мережі, спрямовуючи надлишки до локального енергосховища [6]. Завдяки цьому можемо використовувати накопичену енергію незалежно від стану зовнішньої мережі.

Основні переваги:

- Повний контроль Система дозволяє управляти як загальною енергією, так і внутрішньою мережею, з можливістю пріоритетного резервування у батареях.

- Гнучкість налаштувань: Ви самостійно обираєте режими роботи відповідно до своїх потреб.

Склад системи:

Схема підключення (рис. 2.6) включає три основні компоненти:

1. Гібридний інвертор з вбудованою EMS (Energy Management System):

Він перетворює постійний струм, згенерований сонячними модулями (PV), у змінний струм для побутових потреб. Протягом дня надлишок енергії заряджає акумулятори, а решта може подаватися в загальнодоступну мережу. Уночі інвертор використовує енергію, збережену в акумуляторах.

2. Акумуляторні батареї:

Літій-іонні батареї накопичують енергію, яку згодом використовують для живлення системи. Потужність однієї батареї – 3 кВт, а при необхідності можна підключити додаткові модулі (стандартно встановлюють два).

3. Інтелектуальний двосторонній лічильник:

Цей пристрій збирає дані про споживання та генерацію енергії, допомагаючи інвертору приймати рішення щодо заряджання чи розряджання батарей.

Особливості:

- Автономність: При відключенні зовнішньої мережі система автоматично перемикається на резервне живлення з акумуляторів.

- Широкодіапазонне MPPT: Система оптимально відстежує точки максимальної потужності, що дозволяє ефективно накопичувати енергію та підтримувати високу продуктивність.

- Гнучкість енергопотоків: Енергія розподіляється між побутовими потребами, зарядкою батарей і передачею в мережу.

Налаштування:

Схема підключення дозволяє оптимізувати використання сонячної енергії та вибрати режим роботи системи відповідно до потреб користувача (рис. 3–5).

Ця гібридна система забезпечує не лише енергозабезпечення, але й повну автономію та ефективність у використанні сонячної енергії.

Це більше, ніж звичайний інвертор – це інтелектуальна система, яка ефективно керує енергопотоками в мережі, направляючи надлишкову енергію до локального «енергосховища». Завдяки цьому накопичена енергія доступна для використання незалежно від стану зовнішньої мережі [8,9].

Оптимальне рішення:

Система забезпечує повний контроль над енергоресурсами локальної мережі, дозволяючи встановлювати пріоритети резервування енергії в батареях відповідно до потреб користувача.

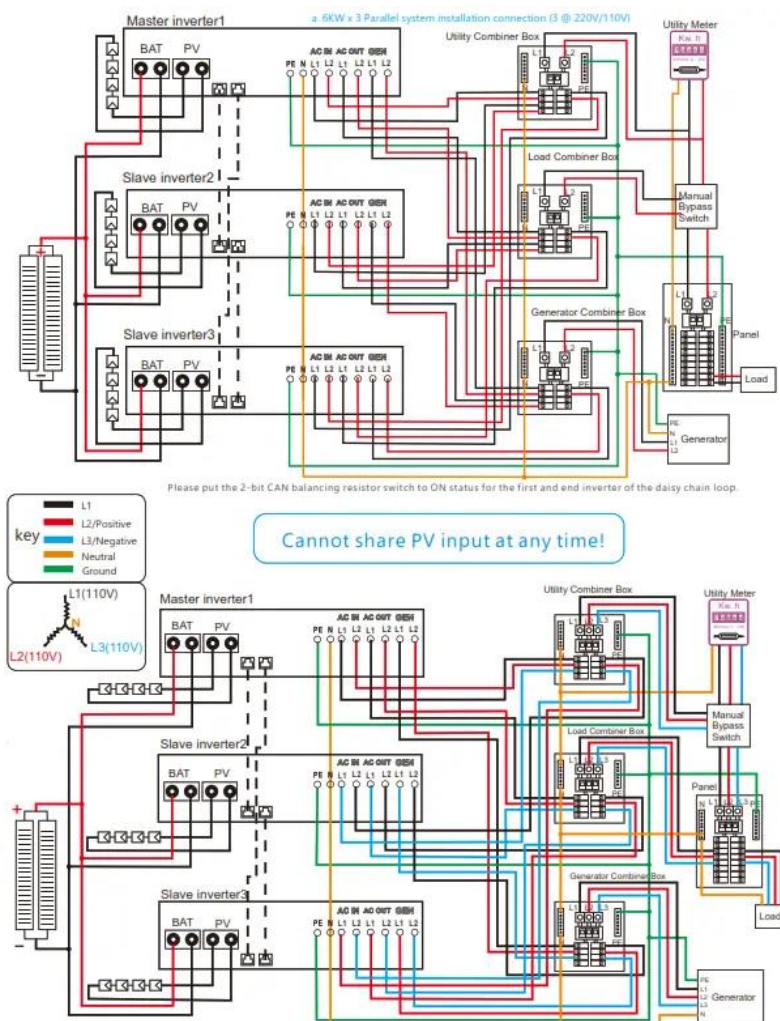


Рисунок 2.7 Схема LUX PAWER

Схема роботи гібридної сонячної електростанції складається з трьох ключових компонентів: гібридного інвертора з вбудованою системою управління енергією (EMS), літій-іонних акумуляторів та інтелектуального лічильника (рис. 2.7). Більш детально див. ДОДАТОК А.

## 2.7 Основні елементи системи:

### 2.7.1 Гібридний інвертор

Основна частина станції, яка перетворює постійний струм від фотоелектричних модулів (PV) у змінний струм для побутових потреб. У денний час енергія, вироблена сонячними модулями, спочатку використовується для живлення споживачів, а надлишки спрямовуються на

заряджання акумуляторів. Якщо потужність сонячних модулів перевищує потреби системи, залишок подається до загальної мережі. Уночі інвертор забезпечує живлення за рахунок енергії, накопиченої в акумуляторах [10,12].

## 2. Літій-іонні акумулятори:

Батареї служать для зберігання енергії, виробленої протягом дня. Стандартно використовуються два модулі по 3 кВт кожен, але їх кількість можна збільшити залежно від потреб.

## 3. Інтелектуальний двосторонній лічильник:

Пристрій збирає інформацію про генерацію та споживання енергії, допомагаючи інвертору приймати рішення щодо заряджання або розряджання батарей. У разі відключення зовнішнього живлення система автоматично переходить на резервне живлення від акумуляторів, що дозволяє продовжувати роботу на накопиченій сонячній енергії.

### Технологічні особливості:

- Широкодіапазонна МРРТ-система: Забезпечує оптимальне відстеження точок максимальної потужності, що дозволяє ефективно накопичувати енергію та підтримувати високу продуктивність станції.
- Гнучкий розподіл енергопотоків: Система може одночасно задовольняти потреби споживачів, заряджати батареї та передавати енергію до зовнішньої мережі.

### Підключення системи:

Схема з'єднання компонентів, наведена на рис. 2.7, дозволяє користувачу налаштувати оптимальний режим роботи станції відповідно до своїх потреб. Це дає змогу максимально ефективно використовувати сонячну енергію та забезпечувати її розумний розподіл.

## Інвертор Luxpower ECO Hybrid SNA 6000 WPV



Рисунок 2.8 Інвертор Luxpower ECO Hybrid SNA 6000 WPV

Таблиця 2.2 робочих та технічних характеристик

<b>Виробник</b>	<b>LuxPower</b>
Країна виробник	Китай
Тип робочої величини	Потужність
Частота	50 Гц
Номінальна потужність	6000Вт
Номінальна потужність	Чиста синусоїда
Мінімальна робоча температура навколишнього середовища	0 град.
Максимальна робоча температура навколишнього середовища	50 град.

ККД, не менше	93%
Захист від перевантажень	Так
Захист від перегріву	Так
Захист від короткого замикання	Так
Захист від розряду акумуляторної батареї	Так
Кількість фаз живлення	1
Стан	Новий

#### Габаритні розміри

Довжина	505 мм
Ширина	330 мм
Висота	135 мм
Вага	14.5 кг

### 2.7.2 Акумулятор

Літійовий акумулятор LiFePO<sub>4</sub> 48V-100Ah 10,5 kWh Felicity (LPBF48100-M).

Літійовий акумулятор LiFePO<sub>4</sub> 48-100Ah – це потужна батарея з ємністю 5 кВт, яка поєднує в собі велику енергоефективність та легкість транспортування. Основана на технології літій-залізо-фосфатних елементів (LiFePO<sub>4</sub>), вона вирізняється високою надійністю та довговічністю завдяки вбудованій інтелектуальній системі керування (BMS). Акумулятор забезпечує безпечну

експлуатацію і тривалий термін служби, а також підтримує підключення кількох батарей у послідовному або паралельному режимі, що робить його ідеальним для пристроїв з високими енергетичними потребами [10,11].



Рисунок 2.9 Літійевий акумулятор LiFePO<sub>4</sub> 48В-100Ah 10,5 kWh Felicity

Корисна ємність: 5 кВтГ

Номінальна напруга: 51.2

Діапазон напруги: 48-57,6

Максимальний струм заряду та розряду: 100А 30С

Рекомендувати струм навантаження та вивантаження: 50А

Максимальна вихідна потужність: 5000 Вт

Рекомендована вихідна потужність: 2500 Вт

Підключення модулів: 1-6 дюймів паралельно

Комунікація: CAN&RS485

Захист входу: IP21

Цикл життя: 20000

Діапазон робочих температур Розряд: від -20 ° С до + 65 ° С, заряд: від +0 ° С до + 55 ° С

Вага (кг): 40кг

## 2.8 Контролер заряду

### **2.8.1 Контролер заряду сонячної батареї 100А 48В**

Контролер забезпечує захист акумулятора від перезарядження, глибокого розряду та зворотного розряду в нічний час. Він підтримує роботу при напрузі 48 В, контролюючи струм, що надходить від сонячної батареї до акумулятора. Максимальний струм, що споживається навантаженням, не повинен перевищувати 100 А.

#### **Особливості продукту:**

- Просте кнопочове керування
- Регульовані параметри керування зарядженням та розрядженням
- Захист від перевантаження струмом / короткого замикання
- Режим навантаження, що змінюється
- Зарядження та розрядження як свинцево-кислотних, так і літієвих батарей
- Інтелектуальний тріступінчастий режим зарядження
- Захист від глибокої розрядки / перенапруги / низької напруги
- Захист від зворотного розряду батареї
- Захист від переполюсування сонячних панелей / акумуляторів

#### **Додаткові функції контролерів 100А:**

- Температурна компенсація напруги
- Функція віддаленого моніторингу та зв'язку
- РК-екран з функцією підсвічування
- Реверсивний режим керування світлом
- Підрахунок накопичених ампер-годин

#### **Основні характеристики:**

- Виробник: Juta
- Країна виробник: Китай

- Тип: МРРТ
- Час роботи (год): 24
- Максимальна фотоелектрична потужність: 2880ВП
- Максимальна фотоелектрична напруга: 100В
- Гарантія: 1 рік
- Напруга системи: 48В
- Маса: 1 кг
- Номінальний струм: 100А
- USB-вихід: 5В/2АМАКС.
- Зображення: РК-екран
- Максимальний сонячний вхід: 100В
- Колір: чорний

## **Висновок до розділу 2**

Було вибрано необхідне електрообладнання з технічними характеристиками для насосної та сонячної станцій.

### 3. АВТОМАТИЗОВАНІ ПРОЦЕСИ ТА МОНІТОРИНГ

#### 3.1 Автоматизація системи водопостачання

Автоматизація систем водопостачання стала важливим напрямом підвищення ефективності роботи насосних станцій, особливо в умовах зростання вимог до якості послуг та економії ресурсів для побутових і комерційних потреб. Сучасні технології відкривають широкий спектр рішень, які підвищують ефективність, надійність і безпеку водопостачання. Одним із найбільш актуальних і сучасних рішень є використання електронного реле тиску води. Такі пристрої не лише оптимізують роботу насосів, але й сприяють економії ресурсів і зменшенню залежності від людського контролю [13].

Принцип роботи електронного реле для насосів

Ці пристрої знаходять застосування в різних сферах — від побутового використання до промислових і сільськогосподарських систем. Головна їхня функція полягає у вимірюванні рівня тиску в системі та автоматичному регулюванні роботи насосного обладнання відповідно до заданих параметрів. Якщо тиск у системі виходить за межі допустимих значень, реле автоматично вмикає чи вимикає насос, запобігаючи зношуванню обладнання, витокам або іншим проблемам, які можуть негативно вплинути на роботу системи [12, 14].

Комплексний контроль роботи гідросистем.

Сучасні системи водопостачання оснащуються не лише електронними реле, а й такими пристроями, як:

- частотні перетворювачі;
- датчики рівня води в резервуарах;
- автоматичні регулювальні клапани;
- SCADA-системи для моніторингу та управління;
- резервні джерела живлення.

Окрім цього, використання датчиків тиску, витратомірів і температурних сенсорів дозволяє відслідковувати показники в реальному часі, забезпечуючи надійний контроль і зменшуючи ризик аварій.

### Переваги електронних реле тиску

Реле тиску води мають низку важливих переваг, які роблять їх ідеальним вибором для автоматизації гідросистем:

**Висока точність:** забезпечують точне вимірювання параметрів, що дозволяє ефективніше контролювати тиск.

**Автоматизація:** мінімізують вплив людського фактора, роблячи експлуатацію системи більш простою та надійною.

**Безпека:** мають функції захисту, наприклад, автоматичне вимкнення при аварійних ситуаціях, що зменшує ризик пошкодження обладнання.

**Економічність:** допомагають оптимізувати енергоспоживання та знизити витрати на обслуговування системи.

Такі пристрої є важливими елементами автоматизованих систем водопостачання, підвищуючи їхню надійність і безперебійність роботи.

Використання електронного реле тиску — це надійний крок у модернізації гідросистем та підвищенні їхньої продуктивності [14-16].

### 3.2 Розрахунок річного споживання енергії.

Річне споживання енергії насоса розраховується за формулою:

$$E = P \cdot T \cdot D \quad (3.1)$$

де:  $E$  - річне споживання енергії (кВт·год/рік),

$P$  - потужність насоса (кВт),

$T$  - час роботи насоса на добу (год/день),

$D$  - кількість днів у році.

Підставляючи значення:

$$E = 7,5 \cdot 4,5 \cdot 365 = 12318,75 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

### 3.3 Розрахунок потужності сонячної станції

Необхідна потужність сонячної станції розраховується за формулою:

$$P = E / (H \cdot \eta) \quad (3.2)$$

де:  $P$  - необхідна потужність сонячної станції (кВт),

$E$  - річне споживання енергії (кВт·год/рік),

$H$  - річна сонячна інсоляція (годин/рік),

$\eta$  - коефіцієнт ефективності системи.

Для Сумської області середня сонячна інсоляція становить 3,5 години на добу.

Річна сонячна інсоляція:

$$H = 3,5 \cdot 365 = 1277,5 \text{ годин / рік.}$$

Коефіцієнт ефективності системи:

$$\eta = 0.8 \text{ (80\%).}$$

Розрахунок:  $P = 12318,75 / (1277,5 \cdot 0,8) \approx 12.05 \text{ кВт.}$

Для забезпечення роботи насоса з потужністю 7,5 кВт при 4,5 години роботи на добу необхідна сонячна станція потужністю не менше 12,05 кВт. Це враховує річне споживання енергії насоса, середньорічну сонячну інсоляцію та втрати в системі [15].

Корисна потужність електродвигуна (кВт), необхідна для роботи насоса визначається за формулою

- Глибина свердловини: Зазвичай артезіанські свердловини мають глибину 50-150 м (залежить від регіону).

- Необхідний об'єм: 75 м<sup>3</sup>/добу. Для надійності свердловина має забезпечувати хоча б 100 м<sup>3</sup>/добу.
- Насос: Тип: Глибинний насос.

Потужність насоса: Розраховується з урахуванням висоти підйому та опору мережі. Наприклад, для висоти 50 м і довжини мережі 2,5 км буде потрібно насос потужністю 5-7,5 кВт.

Для стабільної подачі води знадобиться напір 30–40 м (приблизно 3–4 атм).

### Насосна станція другого підйому

Встановлюється для підтримки тиску в мережі.

Потужність насосів: 3–5 кВт.

Резервний генератор: потужність 10-15 кВт.

### 3.4 Розрахунок параметрів двигуна та заступної схеми

Найбільш простим і зручним для розрахунків асинхронного двигуна є використання Т-подібної схеми заміщення, зображеної на рисунку 3.1.

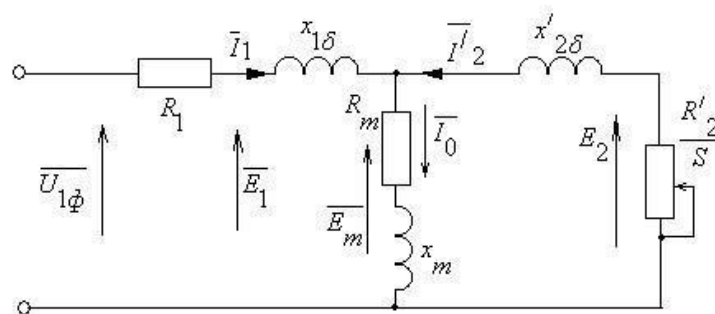


Рисунок 3.1– Схема заміщення асинхронного двигуна

$U_{1\phi}$  – фазна напруга, що підводиться до обмотки статора двигуна;

$I_1$  – струм обмотки статора ;

$R_1$  – активний опір обмотки статора ;

$X_1$  - індуктивний опір розсіювання обмотки статора;

$I'_2$  – наведений струм обмотки ротора до обмотки статора

$R'_2$  - наведене активне опір ланцюги обмотки ротора до ланцюга 2  
обмотка статора

$X'_{2\sigma}$  - обмотки ротора до ланцюга обмотці статора ;

$I_0$  – струм холостого ходу (намагнічування);

$X_m$  – індуктивне опір контуру намагнічування

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 2950}{30} = 309 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Номінальна кутова частота обертання двигуна :

$$\omega_{\text{дв.ном}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв.ном}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 2850}{30} = 298,3 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Номінальне ковзання двигуна :

$$S_H = 1 - \frac{n_{\text{дв.ном}}}{n_0} = 1 - \frac{2850}{2950} = 0,03$$

Номінальний момент двигуна :

$$M_{\text{дв.ном}} = \frac{P_{\text{дв.ном}} \cdot 10^3}{\omega_{\text{дв.ном}}} = \frac{65 \cdot 10^3}{298,3} = 217,90 \text{ Нм}$$

Номінальна фазна напруга та номінальний фазний і лінійний  
струм статора (діюче значення) при схемі з'єднання обмоток зіркою :

$$L_{\mu H} = \frac{X_{\mu H}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{2,534}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,008 \text{ Гц}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{s_k^2} - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{0,127^2} - 1^2} = 7,810$$

$$M_{\text{ем.н}}^* = (1,05 \div 1,1) \cdot M_{\text{дв.ном}}$$

$$X'_{1H} = 0,42 \cdot X_{кH} = 0,42 \cdot 0,424 = 0,178 \text{ Ом}$$

$$I_{1\phi H} = I_{1\text{лн}} = \frac{P_{\text{дв.ном}}}{3 \cdot U_{1\phi H} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{65 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0,79 \cdot 0,8} = 155,830 \text{ А}$$

Струм холостого ходу асинхронного двигуна :

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_H^2 - (p \cdot I_H \cdot (1 - s_H) \div (1 - p \cdot s_H))^2}{I - (p \cdot (1 - s_H) \div (1 - p \cdot s_H))^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{119,91^2 - (0,75 \cdot 155,830 \cdot (1 - 0,03) \div (1 - 0,75 \cdot 0,03))^2}{119,91 - (0,75 \cdot (1 - 0,03) \div (1 - 0,75 \cdot 0,03))^2}} = 77,753 \text{ A}$$

$$I_H = \frac{p \cdot P_H}{3 \cdot U_{1\phi} \cdot \cos \varphi_p \cdot \eta_p} = \frac{0,75 \cdot 65 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0,77 \cdot 0,8} = 119,91 \text{ A}$$

$$\cos \varphi_p = 0,97 \quad \cos \varphi_n = 0,97 \cdot 0,79 = 0,77$$

– коефіцієнт потужності при частковому завантаженні;  $p = P / P_H = 0,75$   
 – коефіцієнт завантаження двигуна.

З формули Клосса визначимо співвідношення для розрахунку критичного ковзання. Приймаємо  $\beta = 1$  (коефіцієнт, що характеризує співвідношення активних опорів статора та ротора):

$$S_k = S_n \cdot \frac{k_{\max} + \sqrt{k_{\max}^2 - (1 - 2 \cdot S_n \cdot \beta \cdot (k_{\max} - 1))}}{1 - 2 \cdot S_n \cdot \beta \cdot (k_{\max} - 1)} =$$

$$= 0,03 \cdot \frac{2,1 + \sqrt{2,1^2 - (1 - 2 \cdot 0,03 \cdot 1 \cdot (2,1 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,03 \cdot 1 \cdot (2,1 - 1)} = 0,127 \text{ o.e.}$$

Далі визначаємо ряд проміжних коефіцієнтів :

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_H} = 1 + \frac{77,753}{2 \cdot 5 \cdot 119,91} = 1,065$$

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{1\phi}^2 \cdot (1 - s_H)}{2 \cdot C_1 \cdot k_{\max} \cdot P_H} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0,03)}{2 \cdot 1,065 \cdot 2,1 \cdot 65 \cdot 10^3} = 0,484$$

Активний опір ротора, приведений до обмотки статора визначимо саме так:

$$R'_2 = \frac{A_1}{\left(\beta + \frac{1}{s_k}\right) \cdot C_1} = \frac{0,484}{\left(1 + \frac{1}{0,127}\right) \cdot 1,065} = 0,051 \text{ Ом}$$

Активний опір статорної обмотки визначимо так:

$$R_1 = C_1 \times R'_2 \times \beta = 1,065 \times 0,051 \times 1 = 0,054 \text{ Ом}$$

Визначимо параметр  $\gamma$ , який дозволяє знайти індуктивний опір короткого замикання

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{s_k^2} - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{0,127^2} - 1^2} = 7,810$$

Знайдемо сопроотивление короткого замикання :

$$X_{кн} = C_1 \times R'_2 = 7,810 \times 1,065 \times 0,051 = 0,424 \text{ Ом}$$

Для того щоб виділити з індуктивного опору короткого замикання опір розсіювання фаз статора та ротора, скористаємося співвідношеннями, які справедливі для серійних асинхронних двигунів.

Індуктивний опір розсіювання роторної обмотки, приведений до статорної:

$$X'_{2н} = \frac{0,58 \cdot X_{кн}}{C_1} = \frac{0,58 \cdot 0,424}{1,065} = 0,23 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір розсіювання статорного обмотки :

$$X'_{1н} = 0,42 \cdot X_{кн} = 0,42 \cdot 0,424 = 0,178 \text{ Ом}$$

ЕРС гілки намагнічування, наведена потоком повітряного зазору в обмотці статора

$$E_m = \sqrt{(U_{1\phi} \cdot \cos \varphi_n - R_1 \cdot I_{1n})^2 + (U_{1\phi} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_n} - X_{1n} \cdot I_{1n})^2} =$$

$$= \sqrt{(220 \cdot 0,79 - 0,054 \cdot 155,830)^2 + (220 \cdot \sqrt{1 - 0,79^2} - 0,178 \cdot 155,830)^2} = 197,059 \text{ В}$$

Тоді індуктивний опір намагнічування визначиться як :

$$X_{\mu_n} = \frac{E_m}{I_0} = \frac{197,059}{77,753} = 2,534 \text{ Ом}$$

За попередніми знайденими параметрами розраховуємо ковзання (критичне):

$$S_{\kappa_1} = \frac{C_1 \cdot R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{K_n}^2}} = \frac{1,065 \cdot 0,051}{\sqrt{0,054^2 + 0,424^2}} = 0,127$$

За попередньо знайденими результатами необхідно визначити індуктивність розсіювання щодо обмотки статора:

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1n}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1n}} = \frac{0,178}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 5,668 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}$$

За попередніми результатами розраховуємо індуктивність розсіювання обмотки ротора щодо обмотки статора :

$$L_{2\sigma}' = \frac{X_{2n}'}{2 \cdot \pi \cdot f_{1n}} = \frac{0,23}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 7,324 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}$$

Є необхідність визначення індуктивності щодо процесу намагнічування:

$$L_{\mu_n} = \frac{X_{\mu_n}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1n}} = \frac{2,534}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,008 \text{ Гн}$$

Зараз визначаємо потокозчеплення (номінальне значення) ЕД:

$$\Psi_{2_n} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_m = \sqrt{2} \cdot 77,753 \cdot 0,008 = 0,880 \text{ Вб}$$

І так, треба виконати перевірочні розрахункові параметри ЕД:

$$M_{ем.н}^* = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{L_m + L_{2\sigma}} \cdot \Psi_{2н} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1н}^2 - I_0^2} =$$

$$M_{ем.н}^* = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot \frac{0,008}{0,008 + 7,324 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,880 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{155,830^2 - 77,753^2} = 230,955 \text{ Нм}$$

$$\frac{M_{ем.н}^*}{M_{дв.ном}} = \frac{230,955}{217,90} = 1,06$$

$$M_{ем.н}^* = (1,05 \div 1,1) \cdot M_{дв.ном}$$

За проведеними розрахунками умова буде виконуватись.

Знаходимо електромагнітний момент (номінальний) ЕД:

$$M_{эм.н.}(s_n) = M_{эм.н} = \frac{3 \cdot U_{1фн}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_n \cdot \left[ (X_{кн})^2 + \left( R_1 + \frac{R_2'}{s_n} \right)^2 + \left( \frac{R_1 \cdot R_2'}{s_n \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,051}{314 \cdot 0,03 \cdot \left[ 0,424^2 + \left( 0,054 + \frac{0,051}{0,03} \right)^2 + \left( \frac{0,054 \cdot 0,051}{0,03 \cdot 2,534} \right)^2 \right]} = 241,317 \text{ Нм};$$

Потрібно провести розрахунок моменту сопроотивления щодо сил тертя на валу ЕД:

$$M_C = M_{ем.н.} - M_{дв.н.} = 241,317 - 230,955 = 10,362 \text{ Нм}$$

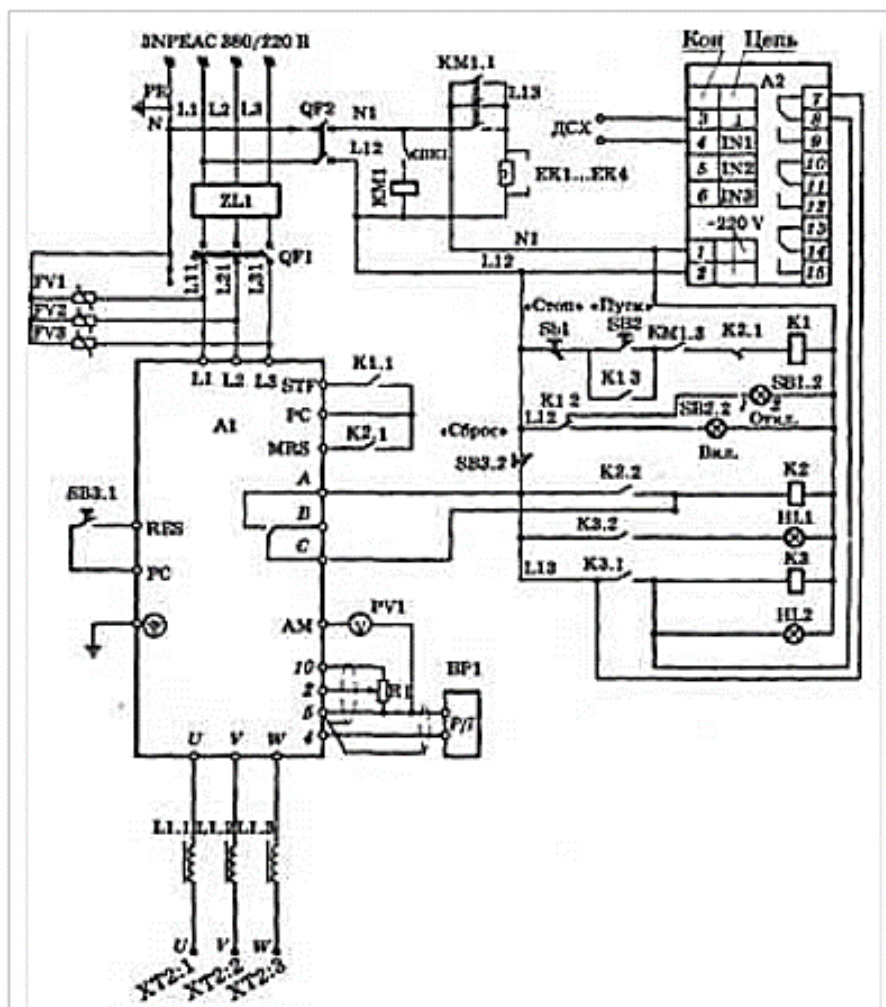


Рисунок 3.2 Принципова електрична схема автоматизації занурювального насосу з пристроєм плавного пуску та автоматичної підтримки тиску

Поетапне описання (рис. 3.2) та принцип роботи електричної схеми можна розглянути в Додатку Б.

### Висновки до розділу 3

У цьому розділі розглянуто принципи автоматизації насосних станцій та моніторингу їх роботи. Автоматизація систем водопостачання з використанням сучасних пристроїв, таких як електронні реле тиску, частотні перетворювачі, датчики тиску й рівня води, значно підвищує ефективність, безпеку та надійність роботи насосного обладнання. Це дозволяє зменшити залежність від

людського контролю, оптимізувати енергоспоживання та знизити експлуатаційні витрати [18, 19].

Розрахунки показали, що для забезпечення роботи насоса потужністю 7,5 кВт за допомогою сонячної станції необхідна потужність останньої становить не менше 12,05 кВт. Використання гібридної енергосистеми забезпечує стабільність роботи навіть за нестабільного електропостачання.

Розроблено принципову електричну схему автоматизації занурювального насоса з частотним перетворювачем та системою захисту, яка включає функції аварійного відключення при "сухому ході" або інших несправностях. Використання ПД-регуляторів дозволяє підтримувати необхідний тиск у системі.

Таким чином, впровадження автоматизованих систем та моніторингу сприяє підвищенню продуктивності, довговічності обладнання та надійності системи водопостачання, одночасно зменшуючи витрати на її обслуговування.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Монтаж та експлуатація сонячних панелей

В даному магістерському дипломному проекті показана розробка автоматизованої системи водопостачання з використанням сонячних панелей. В наш час використання сонячних панелей стає все більш актуальнішою темою, і тому давайте розглянемо не менш актуальне питання, це питання охорони праці, яке охоплює багато різних аспектів безпеки як під час монтажу панелей, експлуатації, так і їх обслуговування.

Монтаж сонячних панелей зазвичай включає виконання робіт на висоті, електричні монтажні роботи та роботу з важким обладнанням. Відповідно, це створює деякі ризики, які ми повинні мінімізувати завдяки дотриманню різних норм і правил чинних нормативних документів.

Безпека на висоті: працівники повинні проходити навчання, постійний інструктаж з техніки безпеки, мати гарну фізичну форму, та отримувати допуск при роботі на висоті. Також необхідно пам'ятати про використання засобів індивідуального захисту, таких як: спеціальне взуття, кігті, страхувальні пояси, ізольовані рукавиці, каски та інше. На робочому місці мають бути надійні сходи, платформи, бар'єри, все що може запобігти падінню чи отриманню різних травм.

Електрична безпека: під час монтажу потрібно дотримуватися правил безпеки, оскільки панелі генерують електричний струм навіть в умовах низької освітленості. Важливо вимкнути джерела живлення та дотримуватися стандартів електробезпеки при підключенні до електричної мережі. Перед підключенням панелей до електромережі необхідно перевірити справність всіх з'єднань, заземлення та захисних пристроїв [20].

Для монтажу використовуються спеціалізовані інструменти. Дуже важливо, щоб працівники знали, як ними користуватися, та дотримувалися інструкцій щодо їх безпечного використання.

Безпека при обслуговуванні: під час технічного обслуговування потрібно пам'ятати про електричну небезпеку, особливо якщо панелі працюють під високою напругою. Обслуговування повинні здійснювати тільки кваліфіковані спеціалісти. Під час експлуатаційних робіт щодо сонячних панелей необхідно майже постійно слідкувати за проведенням технічного огляду для виявлення можливих пошкоджень або зносу. Це дозволяє уникнути аварійних ситуацій та забезпечити довготривалий робочий процес установки. Під час виникнення або появи екстремальних погодних умов, таких як: гроза чи сильний вітер, слід дотримуватися заходів безпеки та уникати контактів із системою. Виконання цих заходів з охорони праці допомагає запобігти травмам та зберегти здоров'я працівників.

Хоча сонячні панелі не є джерелом небезпечного випромінювання, але все ж таки вони експлуатуються під впливом сонячних променів, тому у працівників створюються ризики перегріву та опіків. Тому важливо забезпечити працівників спеціальним одягом і засобами захисту від сонця головними уборами.

Застарілі або пошкоджені сонячні панелі повинні утилізуватися відповідно до екологічних стандартів. Процес утилізації може включати розбирання та безпечне видалення небезпечних матеріалів, таких як свинець або інші важкі метали, що можуть бути присутні в панелях.

## **4.2 Небезпечні шкідливі фактори водопостачання**

Під час експлуатації споруд та водопровідних мереж у сільському господарстві можуть виникати шкідливі виробничі фактори, які впливають на безпеку та ефективність роботи. Серед них ми можемо виділити хімічні та біологічні фактори. До хімічних небезпечних факторів віднесемо:

-забруднення води: вода, що надходить у водопровідні системи, може містити хімічні забрудники, такі як: промислові відходи, пестициди чи важкі метали, які

можуть потрапляти в організм людини через споживання води або контакт з нею. Все це може спричинити отруєння чи інші серйозні проблеми зі здоров'ям. - хлорування води: процес хлорування є необхідним для дезінфекції води, але в той же час є небезпечним для здоров'я. Робітники, які працюють з хлором, можуть зазнати впливу на дихальні шляхи, шкіру або очі, що може призвести до хімічних опіків або отруєнь [20].

До біологічних небезпечних факторів ми віднесемо наявність шкідливих бактерій, вірусів чи паразитів у воді. Це є однією з основних небезпек для здоров'я людини. Такі мікробіологічні забруднення води можуть спричинити інфекційні захворювання, такі як: холера, дизентерія, тиф та інші.

### **4.3 Шум і вібрація**

Шум є одним із найбільш поширених негативних факторів виробничого середовища. Він виникає через вібрацію різних об'єктів і основним джерелом є технологічне обладнання насосних станцій водопровідного господарства. Високий рівень шуму, який виникає під час роботи насосного обладнання, може призвести до порушень слуху, зниження концентрації уваги та підвищення стомлюваності. Довготривале перебування в умовах підвищеного шуму без належного захисту може викликати серйозні проблеми зі слухом, такі як шум у вухах або навіть тимчасову або постійну втрату слуху. Вплив шуму на організм може бути як локальним, так і загальним.

Постійний вплив вібрацій на працівників спричиняє захворювання опорно-рухової системи, включаючи порушення кровообігу в кінцівках, запалення суглобів та м'язів, а також розвиток тунельного синдрому. Вібрація також може викликати загальну втому, що знижує продуктивність праці та збільшує ймовірність травм.

Для зменшення цих ризиків від шуму та вібрацій важливо впроваджувати заходи з охорони праці, такі як використання засобів індивідуального захисту: шумозахисні навушники, звукоізолюючі кожухи та ін. Також необхідне

регулярне технічне обслуговування обладнання і забезпечення належного робочого середовища: встановлення звукоізолюючих кабін, віброізолюючі матеріали під обладнання або монтаж амортизаторів і шумопоглинальних матеріалів [20].

#### **4.4 Мікроклімат**

Мікроклімат в приміщенні насосної станції — це сукупність температурних, вологісних, повітряних та інших факторів, які впливають на комфорт та безпеку працівників, а також на ефективність роботи обладнання. Створення і підтримка оптимального мікроклімату є необхідною умовою для забезпечення належних умов праці та технічної експлуатації системи. Дуже важливо підтримувати температуру в приміщеннях, щоб вона була комфортною як для працівників так і оптимальною для технічного обладнання. Висока температура може спричиняти перегрів насосів, а низька - викликати труднощі у роботі механізмів.

Згідно з нормативами, температура повітря в таких приміщеннях зазвичай має бути в межах 18–22°C, хоча точні вимоги можуть варіюватися залежно від специфіки роботи станції та кліматичних умов. Оптимальний рівень вологості в таких приміщеннях зазвичай знаходиться в межах 40-60%.

Для забезпечення оптимальних температурних і вологісних умов необхідно встановлювати ефективні вентиляційні, кондиціонувальні системи для забезпечення комфортного температурного режиму і потрібної циркуляції повітря. Також великою допомогою буде встановлення датчиків для контролю температури та вологості, що дозволить вчасно виявляти відхилення від норм і коригувати умови праці [20].

#### **4.5 Пожежна безпека**

Пожежна безпека в роботі насосної станції з сонячними панелями є не аби яким важливим аспектом, оскільки поєднання електричних і механічних

систем, таких як насосні установки та сонячні панелі, створює потенційні ризики загорянь. Для забезпечення безпеки потрібно враховувати специфічні особливості цих технологій і вжити низку заходів для мінімізації ризиків [20].

Основні ризики пожежної безпеки на насосній станції з сонячними панелями:

- Коротке замикання в електричних лініях та панелях, сонячні панелі генерують електричний струм, якщо відбудеться коротке замикання в кабелях або інших електричних компонентах (інверторах, батареях тощо), то це може стати причиною загоряння. Особливо небезпечні такі ситуації в умовах високої температури чи дощів, коли панелі можуть бути частково вологими.

- Перегрів обладнання. За високої температури повітря відбувається перегрів електричних елементів, що підключають сонячні панелі. Це також може викликати загоряння або пожежу.

- Механічні пошкодження панелей.

- Акумуляторні пристрої, які використовуються для зберігання енергії, у разі неправильного підключення, перевантаження, пошкодження або старіння можуть стати джерелом небезпеки. Несправність в акумуляторах, зокрема при заряджанні або розряджанні, може призвести до перегріву чи навіть вибуху.

- Невідповідність стандартам монтажу. Неналежно виконаний монтаж сонячних панелей, погано заізолювані проводи, використання обладнання, що не відповідає технічним вимогам, можуть створити умови для виникнення і розвитку вогню [20].

Тому щоб запобігти ймовірному виникненню пожежі, треба дотримуватись всезагальних правил. А саме: під час монтажу потрібно використовувати матеріали з високою термостійкістю та вогнестійкими ізоляціями; всі електричні системи повинні бути правильно змонтовані; ізолювані і відповідати технічним вимогам; проводка та кабелі повинні бути встановлені згідно з нормами пожежної безпеки; для запобігання перегріву обладнання потрібно використовувати системи охолодження та вентиляції, це стосується як сонячних панелей, так і інверторів, а також сюди входять

аккумуляторні батареї, насосні станції; регулярний моніторинг стану електричних і механічних частин обладнання, оскільки сонячні панелі і насосні установки часто працюють в умовах змінних погодних умов (сніг, дощ, температура). Все це, і пожежно-технічний інструктаж працівників мінімізує ризики виникнення пожежі.

#### **Висновки до розділу 4**

Монтаж, експлуатація та обслуговування як сонячних панелей, так і насосних станцій потребують дотримання норм охорони праці для забезпечення безпеки працівників. Основними аспектами є:

- Захист від падіння при роботі на висоті.
- Електробезпека під час підключення та технічного обслуговування.
- Захист від шуму, вібрацій та несприятливих мікрокліматичних умов.
- Запобігання ризикам пожежі через короткі замикання або перегрів.

Дотримання цих заходів мінімізує ризики травм, аварій та збоїв у роботі системи.

## 5. ЕКОЛОГІЯ

### 5.1. Захист навколишнього середовища

Використання сонячних панелей на насосних станціях є важливим елементом сучасної енергетики, який відкриває широкі можливості для зменшення негативного впливу на довкілля. Вони виступають частиною глобального переходу до відновлюваних джерел енергії, що допомагає скоротити викиди парникових газів, зберегти природні ресурси та покращити загальний стан екології. Водночас впровадження сонячних панелей потребує врахування екологічних аспектів, пов'язаних із їх виробництвом, використанням і подальшою утилізацією.

І так, радіація, яка генерується сонячними панелями надає можливість насосним станціям стати менш залежними від традиційних джерел енергії, це є пріоритетно значущим щодо сучасного розвитку сільського господарства, а особливо населення [21].

Сонячні панелі, на відміну від інших видів енергетичних установок, не вимагають потребують розходу води щодо виробництва енергії. Це особливо важливо для насосних станцій, де водопостачання є критично важливим, і де економія води може мати велике значення для сільськогосподарських процесів.

Також перевагою є те, що установка панелей не потребує значного порушення екосистеми і вони не викликають забруднення ґрунтів, водних ресурсів або повітря [21].

Збалансований підхід щодо встановлення сонячних батарей та відповідно вдосконалення технологій переробки (переробка скла та пластмаси, що використовуються в конструкціях панелей, для зменшення обсягу електронних відходів), мінімізацію використання земель та уважність до місцевих екосистем, дозволить максимально ефективно використовувати сонячну енергію з мінімальним екологічним впливом[21].

### Висновок до розділу 5

Використання сонячних панелей на насосних станціях знижує залежність від традиційної енергетики, зменшує викиди парникових газів і мінімізує вплив на навколишнє середовище. Сонячні панелі дозволяють економити водні ресурси, не забруднюють ґрунт і воду, а також сприяють збереженню екосистем. Утилізація панелей повинна враховувати екологічні норми для зменшення електронних відходів.

## 6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Автоматизація водопостачання з використанням гібридної сонячної станції

Економічне обґрунтування є ключовою частиною дипломної (магістерської) роботи, що дозволяє оцінити доцільність впровадження системи автоматизації водопостачання з використанням гібридної сонячної станції. У даному розділі наведені розрахунки витрат, експлуатаційних витрат, економії на енергоресурсах та терміну окупності системи [22].

### 6.2 Витрати на обладнання

Орієнтовні витрати на обладнання для системи автоматизації водопостачання:

Назва обладнання	Кількість	Вартість (грн)
Сонячні панелі (450 Вт)	10 шт.	83053,24
Інвертор (5 кВт)	1 шт.	33221,29
Акумулятори (100 Ah)	4 шт.	99663,88
Насос Grundfos	1 шт.	29068,63
Контролер тиску	1 шт.	4152,66
Монтажні роботи	-	41526,62

Загальна сума витрат: 290686,32 грн.

### 6.3. Експлуатаційні витрати

Щорічні витрати на обслуговування системи включають:

Стаття витрат	Періодичність	Щорічна вартість (грн)
Обслуговування системи	Щорічно	4152,66
Заміна акумуляторів (кожні)	1 раз на 5 років	19932,78

5 років)		
----------	--	--

Загальна щорічна сума витрат: 24085,44 грн.

#### 6.4. Економія та термін окупності

Система дозволяє зменшити витрати на енергоресурси. Розрахунок терміну окупності проводиться за формулою:

$$T = C_{\text{загальні}} / S_{\text{щорічна економія}}, \text{ де:}$$

$T$  - термін окупності (роки),

$C$  загальні - загальні витрати (грн),

$S_{\text{щорічна економія}}$  - щорічна економія (грн).

Розрахунок:  $T = 290686,32 \text{ грн} / 25746,50 \text{ грн} \approx 11,3 \text{ років}$ .

Для визначення необхідної потужності системи використовується формула:

$$P = E / (H \cdot \eta),$$

де:  $P$  - потужність системи (Вт),

$E$  - річне споживання енергії (кВт·год),

$H$  - середньорічна сонячна інсоляція (години),

$\eta$  - коефіцієнт ефективності системи.

Субсидії та державна підтримка в Україні передбачають можливості отримання грантів, пільг, лізингових програм для сонячних електростанцій та часткове відшкодування витрат [22]. Діють державні ініціативи, зокрема програма «Зелений тариф», яка стимулює розвиток СЕС.

#### Висновок до економічної частини

Автоматизація насосної станції із впровадженням сонячної гібридної установки є економічно доцільним рішенням, яке дозволяє суттєво знизити витратність щодо електричної енергії у зв'язку з ВДЕ. Первонаціальні інвестиційні вклади при встановленні сонячних батарей, інверторів, акумуляторів та матеріалів, моніторингу круглодобово можуть бути значними, довгострокова економія на оплаті за електроенергію компенсує ці витрати.

Основними перевагами такого підходу є: зменшення залежності від централізованих електромереж; використання чистої енергії, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку; завдяки автоматизації насосів забезпечується оптимальний режим їх роботи, що знижує знос і витрати на обслуговування; система контролю й моніторингу дозволяє вчасно реагувати на збої, що знижує ризик поломок

Таким чином, автоматизація насосної станції з використанням сонячної енергії не тільки підвищує ефективність водопостачання, але й забезпечує значну економічну вигоду в перспективі. Система дозволяє зменшити витрати на енергоресурси. За досліджуваними економічними розрахунками термін окупності складає 11,3 роки.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

У дипломній роботі розглянуто тему моніторингу та автоматизації насосної станції з інтеграцією сонячної гібридної установки. Проведено аналіз технічних рішень, економічної доцільності, а також екологічних переваг застосування сучасних технологій автоматизації в системах водопостачання.

Основними результатами дослідження є:

**Технічна ефективність:** Запропонована система автоматизації забезпечує стабільну та безперебійну роботу насосної станції. Інтеграція датчиків, контролерів та систем моніторингу дозволяє автоматизувати контроль рівня води, тиску, витрат енергії, а також оперативно реагувати на аварійні ситуації.

**Енергетична автономність:** Впровадження сонячної гібридної установки – це зниження залежності щодо традиційного використання електричної енергії. Поєднання роботи сонячних панелей, акумуляторів та електромережі забезпечує оптимальне використання енергії, особливо у віддалених районах із нестабільним електропостачанням.

**Економічна доцільність:** Розрахунки показали, що початкові витрати на встановлення сонячних панелей і системи автоматизації окупаються завдяки зменшенню енергоспоживання. Тривалий термін служби обладнання та зниження експлуатаційних витрат сприяють отриманню значного економічного ефекту в довгостроковій перспективі.

**Екологічна відповідальність:** Застосування ВД енергії приводить зменшення викидів парникових газів та загального впливу на навколишнє середовище, що відповідає сучасним концепціям сталого розвитку.

**Практична цінність:** Розроблена система може бути впроваджена для автоматизації насосних станцій у приватних домогосподарствах, комунальному господарстві або промисловості. Особливо актуальною вона є для регіонів із недостатнім електропостачанням або високими витратами на електроенергію.

Автоматизація насосної станції з використанням сонячної гібридної установки є сучасним, енергоефективним та екологічно безпечним рішенням

для забезпечення безперебійного водопостачання. Запропоновані в роботі технічні та економічні рішення (термін окупності складає 11,3 роки) можуть бути базою для подальшого впровадження таких систем, сприяючи розвитку відновлюваної енергетики та оптимізації водопостачання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурячок Т. О. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі / Т.О. Бурячок, В.Н. Клименко, Ю.О. Ландау, І.Я. Сігал]. – Київ: [б. в.], 2013. – 391 с.
2. Білорус О. Г. Глобальна перспектива і сталий розвиток: (Системні маркетинг. докл.) / О. Г. Білорус, Ю. М. Мацейко. – К.: МАУП, 2005. – 492 с.
3. Халатов А. А. Енергетика України: сучасний стан і найближчі перспективи / А. А. Халатов. – Вісн. НАН України, 2016. – № 6. – С.53-61.
4. Вітроенергетика України: підсумки 2015 року [Електронний ресурс] – 2015. / GREENenergyefficiency. Режим доступу: <http://energefficiency.in.ua/stati/vozobnovlyаемaya-energiya/85-vitroenergetika-ukrajini-pidsumki-2015-roku.html>.
5. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства. Лісостеп. Київ – 2004. 2 томи.
6. Забарний Г.М. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України / Г.М. Забарний, А. В. Шурчков. – К., 2002.
7. Орлов В.О., Тугай Я.А., Орлова А.М. "Водопостачання та водовідведення: підручник". Київ: Видавництво "Знання", 2011. – 359 с.
8. Орлов В.О., Мартинов С.Ю., Зошук А.М. "Проектування станцій прояснення та знебарвлення води: навчальний посібник". Київ: Видавництво КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020, 252 с.
9. Проектування систем водовідведення, очищення та утилізації стічних вод в малих населених пунктах та сільській місцевості [Текст]: монографія / [Гіроль М. М. та ін.]; за заг. ред. Гіроля М. М. і Проценка С. Б.; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. - Рівне : НУВГП, 2013. - 73 с.: - ISBN 978-966-327-246-7
10. Чуб І. М. Ч-81. Масообмінні процеси водопідготовки: навч. посібник / І. М. Чуб: Харків. нац. ун-т міськ. гос-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ, 2019. – 161 с.

11. Срібнюк С.М. "Насоси і насосні установки: навчальний посібник". Київ: Центр учбової літератури, 2022. – 312 с.
12. Герасимов Г.Г. "Гідравлічні та аеродинамічні машини: насоси, вентилятори, газодуви, компресори: підручник". Київ: Видавництво "Центр учбової літератури", 2008. – 312 с.
13. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / Кудря С.О. – Підручник. – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012. – 495 с
14. Smith, J., & Wang, L. "Renewable Energy Integration in Automated Water Supply Systems: A Comprehensive Review." *Journal of Sustainable Energy Systems*, 2021, 120 p.
15. Garcia, M., & Müller, T. "Design and Implementation of Autonomous Water Supply Systems Using Solar and Wind Energy." *International Journal of Renewable Energy Research*, 2020, 115 p.
16. Chen, H., & Zhang, Y. "Hybrid Renewable Energy Solutions for Rural Water Supply Automation in China." *Energy Procedia*, 2019, 98 p.
17. Lopez, R., & Svensson, P. "Innovations in Off-Grid Water Supply Systems Utilizing Alternative Energy Sources." *Water Resources Management*, 2022, 140 p.
18. Kumar, S., & Patel, A. "Performance Analysis of Automated Water Distribution Networks Powered by Renewable Energy." *Journal of Water Supply: Research and Technology*, 2021, 101 p.
19. Яценко Л.В. Визначення ефективності застосування комбінованих енергосистем на основі відновлюваних джерел енергії. // Технічна електродинаміка, ч. 1, Київ, 1999
20. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок, 2000 - 144с
21. Корсак К.В. Основи екології / К. В. Корсак, О. В. Плахотнік. – К.: МАУП, 2000. – 238 с.
22. Мущинська Н. Ю. Збалансований розвиток регіону: теоретичний аспект [Електронний ресурс] / Н. Ю. Мущинська. – Електронне наукове фахове

видання «Ефективна економіка». Режим доступу: <http://www.economy.наука.com.ua/?op=1&z=3383>.

## ПРИНЦИП РОБОТИ СХЕМИ

Ця схема представляє паралельне підключення трьох інверторів (6 кВт x 3) у трифазній системі (220V/110V). Вона призначена для живлення навантаження з використанням акумуляторних батарей (ВАТ), сонячних панелей (PV), генератора та електромережі.

### Основні компоненти схеми

1. **Головний (Master) інвертор 1**
  - Керує загальною роботою системи.
  - Підключається до акумуляторної батареї (ВАТ) та сонячних панелей (PV).
  - Формує вихідну напругу для навантаження.
  - З'єднується з підпорядкованими (Slave) інверторами для балансування навантаження.
2. **Підпорядковані (Slave) інвертори 2 та 3**
  - Також підключені до ВАТ і PV.
  - Працюють разом із головним інвертором для рівномірного розподілу навантаження.
  - Передають вихідну напругу в комутаційні коробки.
3. **Utility Combiner Box (Комбінатор електромережі)**
  - Приймає вхідну напругу від інверторів.
  - Дозволяє перемикання між електромережею та альтернативними джерелами живлення.
4. **Load Combiner Box (Комбінатор навантаження)**
  - Збирає вихідну напругу від усіх інверторів та передає її на навантаження.
  - Балансує навантаження між фазами.
5. **Generator Combiner Box (Комбінатор генератора)**
  - Приймає напругу від генератора.
  - Дозволяє перемикання між генератором та мережею.
6. **Utility Meter (Лічильник електроенергії)**
  - Вимірює споживану електроенергію.
  - Відображає параметри мережі.
7. **Manual Bypass Switch (Ручний байпасний перемикач)**
  - Дозволяє перемикатися між живленням від інверторів та електромережі.
  - Використовується для аварійного переходу на резервне живлення.

## ПРИНЦИП РОБОТИ СХЕМИ

## 1. Живлення від сонячних панелей (PV)

- Сонячні панелі генерують постійну напругу.
- PV-інвертори перетворюють постійний струм у змінний (AC).
- Навантаження живиться від інверторів.

## 2. Робота від акумуляторних батарей (BAT)

- Якщо PV-енергії недостатньо, інвертори переключаються на живлення від БАТ.
- Батареї забезпечують безперебійне електропостачання.

## 3. Перемикання на електромережу (Utility)

- Якщо батареї розряджені, навантаження перемикається на електромережу через Utility Combiner Box.
- Лічильник відображає споживану електроенергію.

## 4. Використання генератора (Generator)

- У разі відключення мережі активується резервний генератор.
- Перемикання здійснюється через Generator Combiner Box.

## 5. Балансування навантаження

- Load Combiner Box розподіляє навантаження між трьома фазами.
- Master і Slave інвертори узгоджують свою роботу через комунікаційну шину.

### *Важливі зауваження*

*Неможливо підключати спільний вхід PV для всіх інверторів!*

*CAN-резистори мають бути увімкнені лише для першого та останнього інвертора у ланцюзі!*

*Байпасний перемикач дозволяє миттєво переключитися між мережею та альтернативними джерелами.*

Ця система забезпечує **гнучке резервне живлення**, оптимізує використання енергії та дозволяє працювати автономно.

## ПРИНЦИП РОБОТИ СХЕМИ

Ця електрична схема зображує систему автоматичного керування насосною станцією, яка працює від трифазної мережі 380 В:

### 1. Живлення та захист:

- Напруга 380 В подається через автоматичні вимикачі (QF1, QF2) і трансформатор ZL1, який забезпечує живлення низьковольтних ланцюгів керування.
- Запобіжники FV1, FV2, FV3 захищають електродвигун та інші компоненти.

### 2. Контрольні та керуючі елементи:

- Контактор KM1.1 вмикає і вимикає живлення електродвигуна насоса.
- Реле контролю фаз (A1) перевіряє правильність чергування фаз і відключає систему при аварійних умовах.
- Датчик рівня води (PV1) керує вмиканням та вимкненням насоса залежно від рівня води в резервуарі.

### 3. Автоматизація процесу:

- Кнопки керування (SB1, SB2) дозволяють вручну запускати та зупиняти насос.
- Реле часу (K3.1, K3.2) використовується для автоматичного відключення або захисту насоса від перегріву чи сухого ходу.
- Індикаційні лампи (HL1, HL2) сигналізують про роботу або аварію насоса.

### 4. Виконавча частина:

- Контактори K1, K2 комутують живлення на двигун насоса, забезпечуючи його роботу.
- Вхідні сигнали від датчиків рівня, тиску і температури визначають режим роботи насоса.

## ВИСНОВОК

Система працює в автоматичному режимі, вмикаючи насос при низькому рівні води та вимикаючи при досягненні необхідного рівня. Захисні пристрої та контролери запобігають аваріям, підвищуючи надійність експлуатації.