

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих
комплексів

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

«12» 06 2026 р.

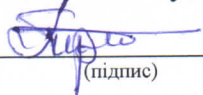
Кваліфікаційна робота

на здобуття рівня вищої освіти

бакалавр

на тему Удосконалення методики проектування
електроприводів суднових механізмів

Виконав: студент 4361 групи

 **Андрій ПИРОЖЕНКО**
(підпис)

Керівник роботи:

Д.Т.Н., професор каф. ЕІС та РК
(посада, науковий ступінь, вчене звання)
 **Яна ВОЛЯНСЬКА**
(підпис)

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра суднових електроенергетичних систем
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електромеханіка та електроенергетика

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

«22» 04 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття рівня вищої освіти бакалавр**

Студенту Пироженко Андрію Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Удосконалення методики проектування електроприводів суднових механізмів

керівник проекту Волянська Я. Б., проф., д.т.н., проф. каф. ЕІС та РК
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « » 2026 року №

2. Строк подання студентом проекту 09 червня 2026 року

3. Вихідні дані до проекту електродвигун МАП 622-4/8/16 потужністю 36кВт; електродвигун МАП 422-4/12 потужністю 10кВт; насос ЭЦН 1100/10.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) огляд суднових ЕП різного призначення; класифікація суднових ЕП; узагальнена методика розрахунку ЕП; приклади розрахунку ЕП по узагальненій методиці; охорона праці.

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

1. Узагальнена методика розрахунку ЕП.
2. Залежності для визначення коефіцієнтів ЕП.
3. Математичний опис групи ЕП у формі кінцевих приростів.
4. Графічні залежності, отримані при розрахунку ЕП ВПМ.
5. Графічні залежності, отримані при розрахунку ЕП.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 15 вересня 2025 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Видача завдання на ДП.	15.09.2025 р.	
2	Рубіжний контроль. Чернові варіанти розділів та розширеного змісту ПЗ	10.02.2026 р.	
3	Рубіжний контроль. Готовий розширений зміст ПЗ, спецрозділів, 1-3 розділи ПЗ. Розрахунки.	27.03.2026 р.	
4	Рубіжний контроль. Чернетка повної пояснювальної записки, презентації та доповіді.	08.05.2026 р.	
5	Кафедральний захист. Готова, зшита ПЗ, підписана студентом, керівником. Готова презентація та доповідь укр. мовою.	05.06.2026 р.	
6	Подання документів на захист.	09.06.2026 р.	
7	Захист ДП	15.06.2026 р. – 27.06.2026 р.	

Здобувач


 (підпис)

Андрій ПИРОЖЕНКО
 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи


 (підпис)

Яна ВОЛЯНСЬКА
 (прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ.....	7
1. Огляд суднових електроприводів різного призначення.....	9
1.1. Класифікація суднових електроприводів.....	9
2. Мета та задачі проекту.....	16
3. Узагальнена методика розрахунку суднових і загальнопромислових електроприводів.....	21
3.1. Загальні положення.....	21
3.2. Вихідні дані для розрахунку конкретних електромеханізмів.....	25
3.3. Розрахунок потужності електродвигуна і елементів передачі. Вибір їх з каталогу.....	28
3.4. Розрахунок і побудова робочих характеристик обраного електродвигуна.....	29
3.5. Розрахунок і побудова характеристики навантаження робочого органу або технологічного об'єкту електроприводу.....	29
3.6. Розрахунок робочого процесу проектованого механізму. Оптимізація заздалегідь прийнятих технічних рішень.....	33
4. Приклади розрахунку суднових електромеханізмів по узагальненій методиці.....	43
4.1. Розрахунок електроприводу якірно-швартовного пристрою.....	43
4.1.1. Початкові дані.....	43
4.1.2. Побудова характеристики навантаження ЕП ЯШП.....	45
4.1.3. Висновки за результатами розрахунку процесу зйомки судна з якоря.....	50
4.2. Розрахунок електроприводу вантажопідйомного пристрою.....	51
4.2.1. Початкові дані.....	51
4.2.2. Визначення передатного відношення редуктора і статичних навантажень на валу електродвигуна.....	52
4.2.3. Побудова механічної і електромеханічної характеристик електродвигуна в відносних одиницях.....	53

4.2.4. Розрахунок перехідних процесів при роботі вантажопідйомного електроприводу.....	55
4.2.5. Висновки за результатами розрахунку електропривода вантажопідйомного пристрою.....	64
4.3. Розрахунок електроприводу вантажного насоса.....	66
4.3.1. Початкові дані.....	66
4.3.2. Визначення потужності приводного електродвигуна і вибір його з каталогу.....	66
4.3.3. Визначення деяких постійних величин.....	66
4.3.4. Побудова робочих характеристик електродвигуна.....	67
4.3.5. Розрахунок робочого процесу відцентрового нагнітача. Оптимізаційний розрахунок.....	67
4.3.6. Аналіз результатів розрахунку. Висновки.....	71
5. Охорона праці.....	73
5.1. Загальні положення.....	74
5.2. Аналіз небезпек і шкідливості при роботі автоматизованого електропривода.....	74
5.3. Розрахунок захисного заземлення автоматизованого електропривода.....	79
5.4. Технологічні заходи щодо запобігання небезпек і шкідливості при роботі електроприводу.....	81
Висновки.....	87
Список використаної літератури.....	88

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення методики проектування електроприводів суднових механізмів. При цьому зроблено огляд суднових електроприводів різного призначення; визначено класифікацію суднових електроприводів і наведено загальну характеристику методик розрахунку електроприводів.

Оригінальною частиною проекту є узагальнена методика розрахунку суднових і загальнопромислових електроприводів. Працездатність розробленої методики підтверджено прикладами розрахунку деяких суднових електроприводів. Крім того, в дипломному проекті розглянуто питання охорони праці.

Ключові слова: електропривод, зрошення, частотне регулювання, насос, керування, автоматизація.

Abstract

This thesis examines methods for improving the design of electric drives for marine machinery. It provides an overview of marine electric drives for various applications, establishes a classification of marine electric drives, and presents a general description of methods for calculating electric drives.

The original part of the project is a generalized method for calculating marine and general-purpose industrial electric drives. The effectiveness of the developed method is confirmed by calculation examples for several marine electric drives. In addition, this thesis addresses occupational safety issues.

Keywords: electric drive, irrigation, frequency control, pump, control, automation.

ВСТУП

В сучасному сільському господарстві оптимізація використання води є критично важливою для ефективного виробництва, особливо на тлі кліматичних змін та обмеженості водних ресурсів. Одним з ключових рішень для цього є впровадження автоматизованих систем зрошення, які забезпечують точне та раціональне подавання води до рослин. Значну роль у таких системах відіграє електричний привід, що гарантує надійну та енергоефективну роботу насосного устаткування.

Використання частотного регулювання в іригаційних системах дає змогу пристосовувати функціонування насосів до мінливих навантажень, що призводить до зменшення споживання електроенергії, підвищення надійності системи та зниження зношування обладнання. В Україні, особливо в південних областях, де водопостачання має вирішальне значення для стабільного збору врожаю, впровадження таких систем є нагальним та економічно обґрунтованим.

В цій роботі представлено методологію проектування електричного приводу для системи зрошення на приватній ділянці, виконано гідравлічні та електротехнічні розрахунки, підібрано насосне обладнання та частотний перетворювач, а також розроблено схеми управління та підключення. Дослідження має практичне значення та може служити основою для подальшого впровадження автоматизованих систем зрошення в агропідприємствах різних масштабів.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АВ – автоматичний вимикач

САК – система автоматичного керування

ВР – верхній рівень

ДК – дистанційне керування

ЕД – електродвигун

ЕП – електропривод

КЗ – коротке замикання

ККД – коефіцієнт корисної дії

МК – місцеве керування

НР – нижній рівень

ПП – плавний пуск

ПЧ – перетворювач частоти

1. ОГЛЯД ТА КРИТЕРІЇ ВІДБОРУ

1.1 Загальні відомості про зрошувальні системи

Кожен провідний аграрій знає, що для отримання високих, стабільних врожаїв і, як результат, гарних прибутків, однією з важливих умов протягом всього процесу вирощування с/г культур є використання зрошувальних систем. Актуальним дане питання є і для України. В нашій країні зрошенню приділяють досить значну увагу, адже велика доля українського бізнесу зосереджена в руках аграріїв. Зрошення є особливо актуальним саме для південних регіонів, що пов'язано з особливостями клімату півдня України. Тут все сприяє якісному вирощуванню сільгоспкультур – і родючі українські чорноземи, і забезпеченість водними ресурсами, і трудящі руки аграріїв [1].

Зрошення земель – найбільш поширений вид сільськогосподарських меліорацій. Застосовується в багатьох районах України, але потреба в ньому не скрізь однакова. Так, у посушливій і сухій зонах для підтримання вологості ґрунту на заданому рівні, необхідні регулярні поливи. Це дозволяє отримувати стабільні врожаї зернових культур, збільшується виробництво овочів, картоплі, цукрових буряків, продукції тваринництва.

В інших зонах достатньо періодичних поливів у посушливі періоди – в міру потреби.

У надмірно вологій і вологій зонах, де зрошують в основному тільки овочеві культури, в окремі роки поливи зовсім не потрібні.

В основу зрошувальних меліорацій покладено гідротехнічні заходи нормування подачі води і перетворення її у ґрунтову вологу.

Зрошення – це штучне поповнення запасів води у недостатньо зволоженому ґрунті для створення в ньому оптимального водно-повітряного і зв'язаних з ним поживного та теплового режимів, сприятливих для росту і розвитку рослин, незалежно від випадання атмосферних опадів

Зволожувальне зрошення застосовують для створення у ґрунті необхідного водного і повітряного режимів.

Удобрювальне зрошення застосовують для внесення в ґрунт добрив з допомогою води, яка, будучи розчинником добрив, транспортує їх в зволожуючий шар ґрунту. Так само застосовується полив стічними водами, а також полив порожніми водами, що містять велику кількість зважених наносів, які відкладаються на зрошуваних землях і удобрюють їх.

Спеціальне зрошення поділяється на ґрунтоочисне і утеплююче.

Ґрунтоочисне зрошення дає змогу звільнити ґрунт від шкідливих солей, знищити шкідників сільськогосподарських культур – польових гризунів, личинок тощо.

Утеплююче зрошення застосовують для зігрівання ґрунту при поливі його водою, більш теплою, ніж сам ґрунт. Це дає подовження вегетаційного періоду рослин, захищає від заморозків [2].

Зрошувальні системи є ключовим фактором у вирішенні проблем з погодними умовами. Зменшення кількості опадів впливає на якість врожаю, що збирається. Інвестиції в зрошувальну техніку дозволять збільшити обсяг врожаю вдвічі за малих трудових витрат. При зміні клімату сільгоспвиробництво стане більш високорентабельним підприємством. Дощувальні машини допоможуть отримати високі та стійкі врожаї овочевих, зернових та технічних культур, багаторічних трав, забезпечуючи якісний полив. Також, зрошувальні системи широко застосовуються на особистих ділянках для газонів біля будинків та городах селян.

На даний час існує велика кількість систем автоматичного дощування та зрошування ділянок. Деякі програмовані системи працюють за обраним часом зрошування, більш досконалі використовують різноманітні сенсори та датчики, наприклад сенсор вологості, рис.1.1[3].



Рисунок 1.1 – ґрунтовий сенсор вологості SenTek

Ґрунтовий сенсор може зібрати і відправити дані не тільки по вологості, але і по мінералізації ґрунту, температурі та ін.. Необхідна інформація по WIFI мережі надходить до автоматичної системи керування, рис. 1.2. [3]



Рисунок 1.2 – Блок автоматичного керування зрошувальною системою

До головних функцій автоматичного керування зрошувальною системою належать:

- головний перемикач увімкнення / вимкнення;
- відсотковий таймер;
- ручний або автоматичний запуск (за напругою);
- напрямок обертання;
- 3-секундна запобіжна зупинка;
- зовнішній вольтметр;
- годинник;

- допоміжний вимикач (наприклад, насос для фергації).

Додаткова опція:

- зупинка та / або запуск натисканням;
- зупинка на температурі ($<3^{\circ}\text{C}$);
- система автоматичного реверсу / автоматичної зупинки;
- кінцевий контроль ґрунту.

Система дощування GARDENA пропонує широкий вибір розкривних дощувачів, компонентів і базових комплектів. Це ідеальне рішення, якщо Ви стомилися вручну поливати власний газон або просто не хочете витратити на це свій вільний час, рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Система дощування GARDENA

Ідеальне рішення для квадратних та прямокутних газонів. Розкривний коливальний дощувач OS 140 від GARDENA [4] чудово підходить для поливу квадратних та прямокутних ділянок площею від 2 до 140 м²

На рисунку 1.4 представлено принципову схему розташування системи автоматичного зрошення на ділянці [5].

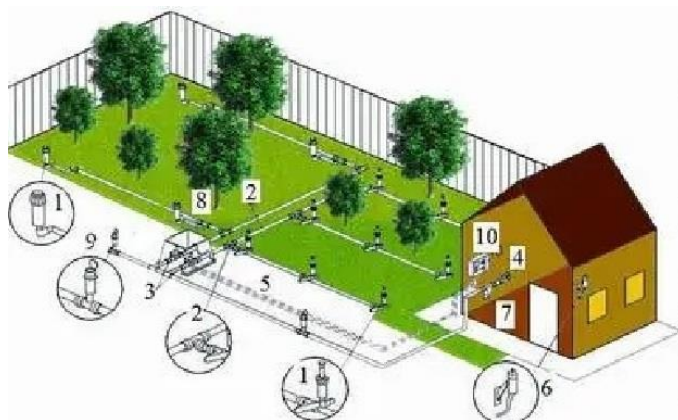


Рисунок 1.4 – Схема розташування системи автоматичного зрошення на ділянці

- 1 - дощувачі: статичні, роторні, імпульсні; 2 - трубопроводи та з'єднувальні фітинги; 3 - електромагнітні клапани; 4 - контролер управління поливом; 5 - електропривід; 6-метеостанції, датчики дощу, датчики вологості ґрунту; 7 - фільтри; 8 – дренажні та анти дренажні клапани; 9 – водозабірні розетки (гідранти); 10 – шарові крани

1.2 Вибір насоса для поливу ділянки

Насос для поливу городу є серцем всієї зрошувальної системи. Він змушує працювати всі складові, подаючи воду в розпилювачі або стрічки крапельного зрошення. Від його правильного вибору залежить функціонування всього іригаційного модуля. При установці невідповідного насоса можуть виникнути всілякі неполадки:

- низький напір;
- різниця тиску в різних ділянках системи;
- нездатність доставити воду до точки дебету;
- перевищення ресурсу роботи механізму;
- невідповідність умов експлуатації.

Кожна з вище перерахованих умов, робить полив неможливим, і здатна призвести до поломки двигуна, що виліється в дорогий ремонт.

Від якості води і джерела, з якого її викачують, залежить який вибрати насос для поливу городу. Одні моделі прекрасно справляються з величезною кількістю різноманітних домішок, інші не переносять найменшої піщинки.

Віддаленість місця викачування від точки видачі, нерівна місцевість і зрошувані площі безпосередньо впливають на потужність пристосування. Чим ці значення більші, тим продуктивніше вибирається апарат.

Поливні шланги і всілякі доповнення до них дуже сильно впливають на загальну продуктивність зрошувального комплексу. Діаметр водопроводу впливає на кількість кубів, які він здатний транспортувати за одиницю часу. У той же час враховують, що чим він ширше, тим потужніший водяний насос для поливу необхідно купувати.

Багато хто на своїх садових наділах вдається до хитрощів. Вони для підтримки високого тиску використовують рукава меншого перетину, що дає можливість доставити її на необхідну відстань. Для тривалого і справного функціонування приладу найкраще дотримуватися заводських інструкцій по експлуатації.

Наявність з'єднувальних фітингів, перехідників, трійників, кутників, хрестів знижує ефективність всього поливального комплексу на двадцять відсотків, що є досить відчутним показником.

Від виду установки для зволоження змінюється потреба в потужності напору. При використанні крапельниць повинен бути невеликим, а при дощуванні повинен бути досить значним [6].

1.2.1 Типи використовуваних для поливу насосів.

На даний момент на ринку України представлений великий вибір насосів, які відрізняються продуктивністю і принципом функціонування. За способом установки їх ділять на:

- поверхневі;
- заглибні.

Перші встановлюються поруч з джерелом, другі занурюються безпосередньо у воду. Вони більш поширені, оскільки мають кращі характеристики.

Поверхневі насоси. Перевага в простоті обслуговування. Всі робочі частини знаходяться на поверхні, що спрощує догляд за ними. У той же час вимагають захисту від вологи. Головним їх недоліком є низька підйомна здатність.

Максимальна глибина споживання не може перевищувати 8 метрів, а подача спокійно досягає 50-ти.

Заборний шланг у них повинен бути виготовлений з міцних матеріалів, що мають ребра жорсткості. В іншому випадку при потраплянні в нього повітря виникає вакуум, в результаті чого стінки подаючої магістралі злипаються, рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – поверхневий насос

Поверхневі насоси користуються величезною популярністю у побуті, особливо у заміських будинках, котеджах та на дачах. Вони застосовуються для поливу, зрошення та підвищення тиску у водопроводі. Установка відбувається поруч із джерелом води, з'єднання здійснюється через шланг, що всмоктує.

Для більшого розуміння, наглядно розглянемо види поверхневих насосів у таблиці 1.1

Таблиця 1.1. За конструкцією поверхневі насоси поділяють на такі:

Назва	Опис	Фото
Відцентровий насос	така модель перекачує воду за рахунок відцентрової сили, яка створюється завдяки обертовим лопастям і колесам. Відцентровий водяний насос для води може бути як поверхневим, так і занурювальним, рис. 1.6. Він має міцну та надійну конструкцію, велику потужність, тому його сфера застосування дуже широка.	 Рисунок 1.6

Вібраційний насос	він нагнітає воду при зворотно-поступальних рухах гнучкою діафрагмою, при цьому діафрагма рухається з великою швидкістю, рис. 1.7. Такий водяний насос для води найчастіше коштує недорого, за місцем установки є занурювальним і використовується при перекачуванні лише чистої води.	 Рисунок 1.7
Вихровий насос	добре згодиться для поливу городу з бочки або цистерни, рис. 1.8. Особливість його конструкції полягає в тому, що вихровий водяний насос сприяє виробництву максимального напору струменя. Так, він при однакових розмірах з відцентровим насосом створює в 4-5 рази більший напір.	 Рисунок 1.8
Напірний насос	такий агрегат найчастіше приєднують до центрального водопроводу, зокрема через те, що він автоматично відключається при випадковій або ж навмисній зупинці води і автоматично запускається при відновленні подачі води, рис. 1.9.	 Рисунок 1.9

Заглибні насоси - це герметичні агрегати, які складаються з двигуна та насосного вузла, укладених у водонепроникний корпус. Весь пристрій розміщено під водою, що дозволяє насосу виштовхувати рідину на поверхню. Тиск,

створюваний насосом, дозволяє рідині протікати через труби або напірні лінії.

Такі насоси можуть використовуватися для подачі рідини з свердловин різних діаметрів і глибин, колодязів, ємностей, водойм. Вони призначені для перекачування чистої води, водопостачання будинків, поливання або зрошення, побутових і технічних потреб.

Обираючи обладнання, краще мати загальну уяву про наявний на ринку асортимент та можливості кожного агрегату, тому коротко розглянемо типи заглибних насосів, у вигляді таблиці 1.2

Таблиця 1.2. Типи заглибних насосів

Назва	Опис	Фото
Садовий (бочковий) насос	Його переважно використовують в саду для поливу дерев, кущів, клумб. Важливою перевагою є те, що водяний насос простий в експлуатації, має малу масу (до 4 кг) і невеликі габарити, рис. 1.10. Принцип роботи садового насоса – кріпильний кронштейн з вимикачем кріпиться на бортік ємності, а сам бочковий насос опускається в воду, після чого включається живлення. Зверніть Вашу увагу на те, що такий тип насосів качає воду з невеликої глибини (1-2 метра), тому його також часто застосовують для відкачування води з басейнів.	 Рисунок 1.10

Колодязний асос	такий агрегат використовують для перекачування води з свердловин і колодязів. У нього проста конструкція, але незважаючи на це, такі моделі мають велику потужність, продуктивність, посилені деталі, вузли, рис1.11.	 Рисунок 1.11
Дренажний насос	цей тип розроблений спеціально для відкачування води із затоплених підвалів, вигрібних ям, басейнів, водойм. Для зрошення грядок чудово підходить система з подрібнювачем, оскільки вона дозволить Вам відкачати холодні стоки. Так, якщо всередину насоса потрапить дрібне сміття, мул, рослинність, листя, встановлений подрібнювач зможе порубати їх на дрібні частинки, після чого видасть разом з водою. У такий спосіб Ви ще й отримаєте рідке органічне добриво.	 Рисунок 1.12

Як занурювальні, так і поверхневі насоси мають певні переваги, які відповідають різним вимогам. Перевага занурювальних насосів полягає в тому, що вони повністю занурені в воду, що усуває необхідність заливки. Заливка — це процес видалення повітря з насоса та всмоктувальної труби для створення всмоктування, і це не потрібно для занурювальних насосів. Крім того, занурювальні насоси часто більш ефективні та можуть працювати з більшою швидкістю потоку, що робить їх ідеальними для застосування у великих обсягах.

Поверхневі насоси, з іншого боку, відносно легші в установці та обслуговуванні порівняно з заглибними. Їх надземне розташування забезпечує зручний доступ, спрощує процеси перевірки, усунення несправностей і ремонту.

Поверхневі насоси також, як правило, мають довший термін служби, оскільки вони не піддаються постійному впливу корозійного середовища, з яким часто стикаються занурювальні насоси.

Хоча обидва типи насосів мають свої переваги, є й недоліки, які слід враховувати. Занурювальні насоси через їх складну конструкцію та можливість занурення під воду, як правило, вимагають більш спеціальних знань і навичок для встановлення та обслуговування. Будь-який ремонт або заміна вимагає витягування насоса з рідини, що збільшує складність і вимагає часу.

Поверхневі насоси можуть мати проблеми із заливкою, особливо якщо повітря потрапляє в систему або якщо насос розташований значно вище джерела води. Необхідність заливки може дещо ускладнити установку та роботу, вимагаючи спочатку заповнити насос рідиною.

З точки зору енергоспоживання, заглибні насоси зазвичай потребують більшої потужності для роботи порівняно з поверхневими. Необхідна додаткова потужність зумовлена опором, який виникає під час штовхання рідини вертикально проти сили тяжіння. Поверхневі насоси не стикаються з цією проблемою, оскільки вони залежать від атмосферного тиску та сили тяжіння для полегшення руху рідини [7].

Різниця між заглибними та поверхневими насосами полягає в їх конструкції, функціонуванні, застосуванні, перевагах і недоліках. Занурювальні насоси повністю занурені в воду і викачують рідини з підводних джерел, тоді як поверхневі насоси працюють над рівнем рідини. Занурювальні насоси ідеально підходять для глибокого застосування та перекачування великих об'ємів, пропонуючи такі переваги, як відсутність потреби в заливці та більш висока ефективність. З іншого боку, поверхневі насоси легше встановлювати та обслуговувати, і вони знаходять застосування в різних житлових, сільськогосподарських та промислових сценаріях.

Розуміння відмінностей і визначення конкретних вимог для кожного застосування має вирішальне значення для вибору відповідного типу насоса.

1.2.2 Основні критерії вибору насосу для поливу.

Вибір насоса справа відповідальна, тому перед покупкою варто оцінити обсяги майбутніх завдань. Насамперед ознайомтеся з можливостями окремого обладнання.

Дуже важливо визначитися з майбутнім джерелом води для зрошувальної системи. Наприклад, це може бути колодязь, свердловина, цистерна та інша ємність з водою, природна водойма (озеро, ставок) тощо. Пам'ятайте, що водяний насос потрібно окремо підбирати для кожної водяної ємності. Враховуйте максимальну глибину забору води і розташування насоса.

Основні критерії при виборі обладнання:

- вибираючи насос для невеликої площі, краще зупиніться на варіанті з простою конструкцією, адже таке обладнання нескладно обслуговувати і у разі поломок Ви навіть зможете його самостійно відремонтувати. Але все ж, ми рекомендуємо при несправності звертатися в сервісний центр;
- потрібно звернути особливу увагу на максимальну відстань від джерела води до крайньої точки поливу, на діаметр перекачуваних частинок та тип поливу насоса.
- використовуйте очищаючий фільтр, щоб на виході отримати максимально чисту воду;
- при покупці особливу увагу зверніть на комплектацію насоса. Найкраще, якщо насос для води поставляється з пульверизатором, який працює в декількох режимах і з шлангом для поливу. Якщо ж вони не входять в комплект поставки рекомендуємо купувати аксесуари від того ж виробника, оскільки так гарантовано не буде протікання;
- якщо ж перед покупкою виконали всі розрахунки по продуктивності, по напору води і продовжуєте сумніватися, який же все-таки краще вибрати водяний насос, рекомендуємо округлити розрахунки в більшу сторону, адже зайвий запас точно не завадить.

Потрібно вибирати тільки такий водяний насос, який є практичним, функціональним та ідеально підходить для поставлених завдань. Вибираючи насос, обов'язково враховуйте його сферу застосування і обсяги робіт [8].

Висновки до розділу 1

В даному розділі бакалаврської роботи представлено загальні відомості про різні типи систем поливу. Сучасні зрошувальні системи обладнані автоматичними програмованими системами управління, що містять таймери та сенсори вологості, мінервалізації ґрунту, температури та інше. Останнім часом багато систем контролюються дистанційно по WiFi мережі за допомогою блоку керування, але існує і досить багато моделей з провідним доступом.. Також деякі системи можна контролювати навіть за допомогою комп'ютера або телефону, що значно спрощує отримання інформації щодо поливу.

В роботі розглянуто типи використовуваних насосів, проведено класифікацію за сферою застосування. Також розглянуто основні переваги і недоліки різних видів насосів. Сформовано основні критерії при виборі насосу для поливу. Вся ця інформація спростить вибір потрібного насосу та позбавить подальших неприємностей при експлуатації.

Можна зробити висновок, що сфера зрошування розвивається в Україні, починають впроваджуватися нові технології, які спрощують життя аграріїв та володарів садових ділянок та городів. Але разом з цим, є і недоліки. Технологічні новинки з'являються в країні повільно, та їх впровадження потребує вкладень великої кількості часу, ресурсів та коштів.

2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКІВ

2.1. Метод проектування зрошувальної системи

Правила проектування однакові для всіх систем, не залежно від марки обладнання. Вони включають:

- Складання дендроплану.
- Визначення зон поливу.
- Визначення типу системи.
- Розподіл обладнання по ділянці.
- Розрахунок діаметрів трубопроводу.
- Специфікація труб і фітінгів.
- Вибір насосу.
- Розрахунок об'єму ємності для води.
- Планування сітки крапельного поливу і гідророзеток.

На рисунку 2.1. представлено загальну принципову схему зрошувальної системи.

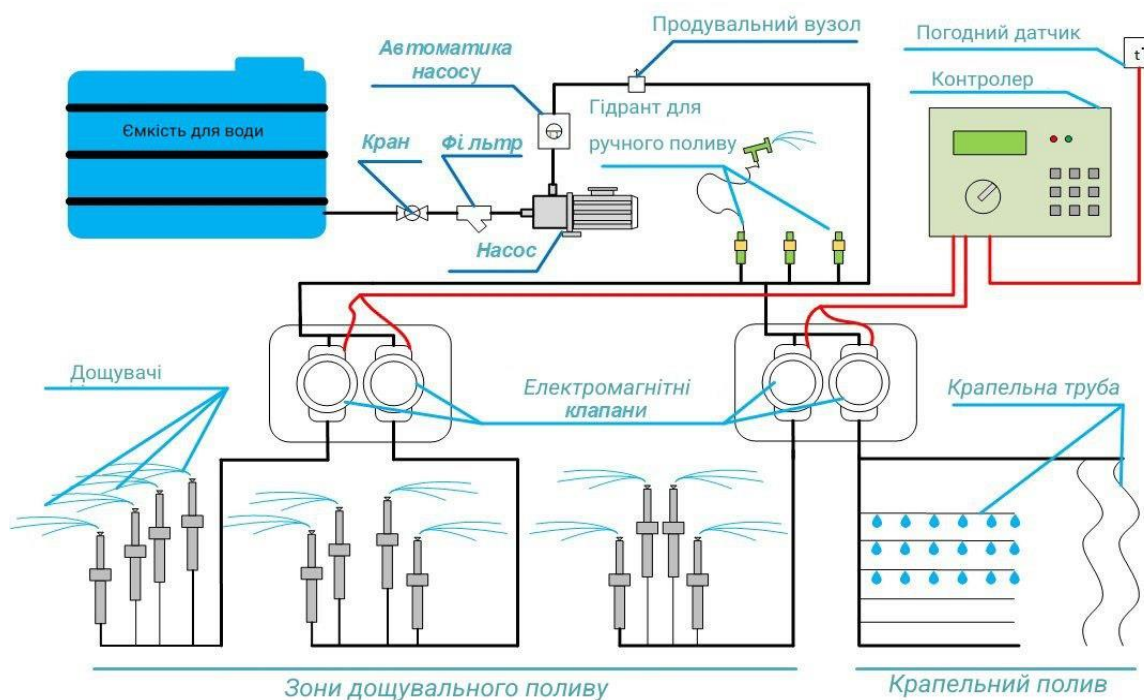


Рисунок 2.1 – Принципова схема зрошувальної системи.

2.1.1 Параметри ділянки для проектування системи зрошення.

Розглянемо ділянку площею 6 соток (600 м²). Для ефективного розрахунку системи зрошення необхідно визначити наступні параметри ділянки:

- Форма ділянки: прямокутна, розміром 20×30 м
- Рельєф: незначний перепад висот до 1,5 м
- Ґрунт: середньосуглинковий, з рН 6,5-7,0
- Джерело води: скважина у північно-західному куті ділянки
- Глибина залягання води: 7 м від поверхні землі
- Зони поливу:
- Газонна частина (350 м²)
- Зона городу з овочевими культурами (180 м²)
- Квітники і декоративні насадження (70 м²)

Види автополиву. Системи автоматичного поливу передбачають приховану підземну прокладку водоводу з виходом точок водорозбору на поверхню в певних, ретельно розрахованих місцях.

Розрізняють три види автополиву:

– Ручний. Гідророзетки стаціонарно розміщені на ділянці в декількох точках, зручних для підключення мобільного шлангу й зрошення максимально можливої площі.

– Крапельний. При рядній посадці культур трубки та стрічки з крапельницями укладаються на поверхні ґрунту, рідше в ґрунті. Надземна система подачі води розкладається на постійній основі на зрошувальний сезон.

– Дощувальний. Монтується стаціонарно одночасно з підземною прокладкою водоводу. Забезпечує суцільний рівномірний полив прилеглої території через регульовані форсунки. Розрізняються дощувачі статичні та роторні.

Розрахунок діаметрів трубопроводу. Для монтажу систем автополиву використовуються труби з ПВХ низького тиску. Виробляються кілька діаметрів труб, кожному з яких відповідає певний електромагнітний клапан, що забезпечує задані витратні характеристики, табл. 2.1

Таблиця 2.1. Розрахунок діаметрів трубопроводу

ТРУБА ПВХ	КЛАПАН	ВИТРАТА ЛГОД
25	3/4"	1800
32	1"	3200
40	1 1/4"	5000
50	1 1/2"	7700
63	2"	12000

Розглянемо окремі домоволодіння площею до 50 соток. Для них на вході встановлюється труба з діаметром, відповідним діаметру вихідного патрубку насоса. В якості магістральних використовуються труби Ø32 мм. Після розведення на окремі зони – труба Ø25 мм. Якщо насос знаходиться далеко від системи автополиву, перші 100 метрів труби краще прокласти Ø40 мм. Це обумовлено природною втратою тиску 1 бар на кожних 100 м.

Визначивши, скільки і яких потрібно дощувачів, слід підрахувати їх сумарну витрату води, яку потім розділити на продуктивність магістральної труби 32 мм. Цей розрахунок покаже, на скільки зон поливу треба розбити ділянку і скільки буде потрібно клапанів. Можна використовувати трубу 25 мм і розбити ділянку на більшу кількість зон поливу.

2.1.2 Розрахунок кількості та розміщення дощувачів GARDENA.

Як було зазначено у першому розділі, розкривний коливальний дощувач GARDENA OS 140 підходить для поливу прямокутних ділянок площею до 140 м². Оскільки загальна площа газону становить 350 м², необхідно використати декілька таких дощувачів.

Розрахунок кількості дощувачів:

Кількість дощувачів = Площа газону / Максимальна площа покриття одним дощувачем

Кількість дощувачів = 350 м² / 140 м² ≈ 2,5 → 3 дощувачі

Для забезпечення рівномірного покриття та уникнення перекриття зон поливу, розміщення дощувачів планується наступним чином:

Дощувач №1: покриття 120 м² (12×10 м) у північній частині газону

Дощувач №2: покриття 120 м² (12×10 м) у центральній частині газону

Дощувач №3: покриття 110 м² (11×10 м) у південній частині газону

Характеристики дощувача GARDENA OS 140:

Регульована дальність поливу: до 15 м

Регульована ширина поливу: до 13 м

Регульований напрямок струменів: від 25° до 360°

Можливість точного регулювання дальності струменів води

Витрата води: 9,5 л/хв

Рекомендований робочий тиск: 2,0-6,0 бар

Розрахунок системи крапельного поливу

Для зон городу (180 м²) та квітників (70 м²) застосовуємо систему крапельного поливу GARDENA. Використовуємо крапельні лінії з відстанню між крапельницями 33 см.

Розрахунок довжини крапельних ліній:

- Для городу: 6 рядів по 30 м = 180 м крапельних ліній
- Для квітників: 5 рядів по 14 м = 70 м крапельних ліній

Загальна довжина крапельних ліній: 250 м

Характеристики крапельних ліній GARDENA:

- Витрата води через одну крапельницю: 2 л/год
- Відстань між крапельницями: 33 см
- Кількість крапельниць на 1 м: 3
- Витрата води на 1 м крапельної лінії: 6 л/год
- Рекомендований робочий тиск: 1,0-3,0 бар

Розрахунок діаметрів трубопроводу

Для монтажу системи зрошення використовуватимуться труби з ПВХ низького тиску. Діаметр труб обирається відповідно до витрати води та відстані від насоса до точок розбору.

Розрахунок довжини трубопроводів системи зрошення:

- Магістральна труба від насосу до першого розгалуження: 15 м
- Відгалуження до зони дощувачів: 25 м
- Відгалуження до зони крапельного поливу: 20 м
- Загальна довжина труб системи зрошення: 60 м

Розрахунок діаметрів труб:

- Магістральна труба: Ø32 мм (для забезпечення достатньої витрати води при мінімальних втратах тиску)
- Відгалуження до дощувачів: Ø25 мм
- Відгалуження до системи крапельного поливу: Ø20 мм

Розрахунок витрати води:

1. Для дощувачів: 3 дощувачі $\times$ 9,5 л/хв = 28,5 л/хв
2. Для крапельних ліній: 250 м $\times$ 6 л/год = 1500 л/год = 25 л/хв
3. Максимальна загальна витрата води: 53,5 л/хв або 3,21 м³/год

Для запобігання одночасній роботі всіх зон, що призвело б до перевантаження системи, поливальна мережа розділена на 3 зони з окремими електромагнітними клапанами:

- Зона 1: Північна частина газону (дощувач №1)
- Зона 2: Центральна та південна частини газону (дощувачі №2 і №3)
- Зона 3: Город та квітники (крапельні лінії)

Максимальна витрата води при роботі однієї зони: 28,5 л/хв або 1,71 м³/год.

2.2 Особливості електромагнітного клапана поливу

Кожна система зрошення має свої унікальні особливості, розрахована на певне навантаження. Її функціональність обов'язково заснована на роботі насосного обладнання, контролерів, датчиків, дощовиків, трубних комунікацій і електромагнітних клапанів. Для пуску / зупинки води в контурі і служить соленоїдний або електроклапан для поливу.

Установка електромагнітних клапанів. Електромагнітні клапани (рис. 2.2.) встановлюються між трубою входу і магістральною трубою. Вони служать кранами, які пропускають і перекривають потоки води до відповідних зон за командою контролера. Їх розміщують в спеціальні вкопані в землю клапанні бокси по одному або групою до 5 штук. Кришка боксу розташовується врівень з ґрунтом і герметично закривається.



Рисунок 2.2 – Бокс з електромагнітними клапанами

Якщо клапанів два і більше, перед ними встановлюється майстер-клапан – електромагнітний клапан, який відповідає за загальну подачу води на систему.

Принцип роботи електромагнітного клапана поливу. Електромеханічний пристрій подачі зрошувального середовища встановлюється між магістральними та зональним контуром поливу, регулює подачу / відключення потоку. Це запірний кран, тільки управління ним відбувається автоматично (при подачі напруги 24 В) або вручну.

Конструктивно електромагнітний клапан для поливу – це діафрагма і соленоїд в міцному корпусі.

Соленоїд чуйно реагує на подачу напруги по дротах від пульта управління системою поливу, виконує механічну дію - втягує поршень. Це провокує порушення вакууму і діафрагма клапана починає пропускати потік води. Коли контролер за заданою програмою поливу припиняє подачу напруги, в клапані всі процеси відбуваються в зворотному порядку, контур замикається.

Докладно каонструкцію електромагнітного клапана представлено на рис.2.4.

на прикладі електромагнітного клапана GARDENA.

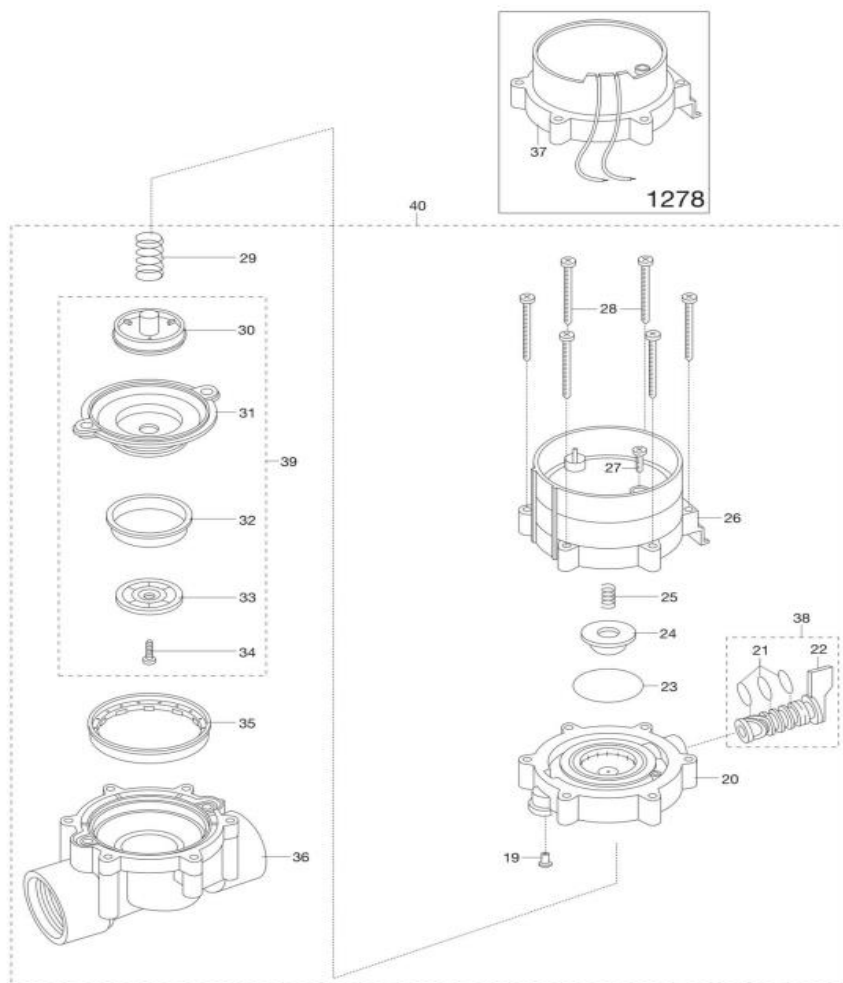


Рисунок 2.4 – Конструкція електромагнітного клапана GARDENA

Варіативність електроклапанів для поливу. Сучасні виробники пропонують придбати різні моделі обладнання. Але їх головна функція залишається незмінною - забезпечувати лінії поливу водою в потрібний проміжок часу.

Важливо при виборі, щоб електромагнітний клапан поливу був адаптований під вхідну магістраль і вихідний контур, тиск. Основні діаметри підключення - 1 "(25 mm), 1,5", 2 ", 3", 3/4 "та ін. Вони відрізняються витратою води, чутливістю до її забруднень, діаметрами підключення[9].

2.3 Вибір насосного обладнання

Основні можливості існуючих методів та методик розрахунку

енергоспоживання відцентрових насосів

На підставі вищевикладеного існуючі на сьогоднішній день методологічні підходи, методи та методики розрахунку аналізу режимів роботи відцентрових насосів СПРВ та СПСВ та енергоспоживання СР за розрахунковий період можна об'єднати у кілька спільних груп.

Група 1. Методи та підходи, засновані на аналізі роботи водопровідних мереж (система розподілу води) та необхідної енергії на подолання всіх опорів за довжиною трубопроводів, фітингів, фасонних частин та водопровідної арматури при транспортування розрахункової кількості води. Тип, марки, режими роботи та способи регулювання насосного обладнання у розрахунках не враховуються. Дозволяють зробити дуже приблизний розрахунок енергоспоживання СПРВ та СПСВ.

Група 2. Методи та підходи, що дозволяють розглянути та аналізувати окремі режими роботи відцентрового насоса в складі СР. Як правило, розрахунок зводиться до визначення споживаної потужності в кожному з розглянутих режимів при тому чи іншому способі регулювання. Споживана енергія за розрахунковий період виражається як сума споживаних потужностей у всіх можливих режимах роботи за розрахунковий період. Використання таких підходів пов'язано з високою трудомісткістю навіть при застосуванні сучасної обчислювальної техніки через необхідність ручної підготовки великого обсягу (за кількістю розрахункових режимів) вихідної інформації.

Група 3. Методики, що дозволяють розрахувати та проаналізувати енергоспоживання НС СПРВ або СПСВ за розрахунковий період. Через ряд допусків і спрощень мають невисоку точність розрахунків (похибка 15-20%). Через особливості математичних підходів не дозволяють враховувати в розрахунках порядок зміни робочих насосних агрегатів, використання різнотипних насосних агрегатів, комбіновані способи регулювання. За цим причини придатні лише для загальної укрупненої оцінки енергоефективності базових рішень щодо впровадження сучасних способів та алгоритмів управління відцентровими насосами.

Виходячи з широкого застосування регульованого приводу на основі ПШТ, високої потенційної енергоефективності від його застосування на відцентрових насосах СПРВ та СПСВ жодна з вище перерахованих груп не може задовольнити потребу в оцінці та аналізі режимів роботи відцентрових насосів з ЧРЕП. Для обґрунтованого вибору способу регулювання недостатньо визначити потенційну економію енергії від тих чи інших заходів. Через те, що при частотному регулюванні режимні точки насосів переміщуються не тільки за номінальною характеристикою насоса, а по всій робочій області СПРВ, необхідно мати можливість:

- відстежувати дотримання допустимих меж роботи насосного обладнання, що визначаються виробником;
- відстежувати та аналізувати зміну режимів роботи насосного обладнання при зміні порядку включення/вимкнення насосних агрегатів при паралельній роботі;
- максимально скорочувати використання ручної праці з максимальною цифровізацією процесу розрахунків;
- оцінювати зміну екологічного навантаження на навколишнє середовище в результаті впровадження тих чи інших рішень щодо регулювання режимів роботи відцентрових насосів.

Для цього необхідна розробка відповідних методичних засад технологічної, економічної та екологічної оптимізації режимів роботи насосів, обладнаних частотно-регульованим електроприводом, систем подачі та розподілу.

2.3.1 Розрахунок гідравлічних параметрів системи зрошення.

Згідно з методикою, для коректного розрахунку електроприводу центробіжного насосу необхідно спочатку визначити гідравлічні параметри системи.

Розрахунок витрати води для зон поливу

Як було розраховано вище, витрата води для різних зон становить:

1. Зона газону: 28,5 л/хв (0,475 л/с або 1,71 м³/год)

2. Зони крапельного поливу: 25 л/хв (0,417 л/с або 1,5 м³/год)
3. Максимальна витрата при одночасній роботі всіх зон: 53,5 л/хв (0,892 л/с або 3,21 м³/год)

Розрахунок необхідного напору насоса

Необхідний напір насоса розраховується за формулою:

$$H = H_{\text{вс}} + H_{\text{под}} + H_{\text{втр}} + H_{\text{роб}} + H_{\text{зап}}$$

де:

- $H_{\text{вс}}$ — геометрична висота всмоктування, м
- $H_{\text{под}}$ — геометрична висота подачі, м
- $H_{\text{втр}}$ — втрати напору в трубопроводі, м
- $H_{\text{роб}}$ — необхідний робочий тиск у системі, м
- $H_{\text{зап}}$ — запас напору, м

Для нашої системи:

Геометрична висота всмоктування: 7 м

1. Геометрична висота подачі: 1,5 м
2. Втрати напору в трубопроводі розраховуємо за формулою Дарсі-Вейсбаха:

$$\Delta h = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

де:

- λ — коефіцієнт гідравлічного тертя
 - L — довжина трубопроводу, м
 - D — внутрішній діаметр труби, м
 - V — швидкість руху води, м/с
 - g — прискорення вільного падіння, 9,81 м/с²
3. Необхідний робочий тиск для дощувачів: 3 бар = 30 м
 4. Запас напору: 3 м.

2.3.2 Розрахунок потужності насосного агрегату.

Необхідна потужність електроприводу центробіжного насоса розраховується за формулою:

$$P_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{гидр}}}{\eta} = \frac{(\rho \cdot g \cdot Q \cdot H)}{\eta}$$

де:

- Q – витрата рідини, м³/с,
- H – повний напір насоса, м,
- ρ – густина рідини, що перекачується, кг/м³ (для води зазвичай приймається 1000 кг/м³),
- g – прискорення вільного падіння (9,81 м/с²),
- η – коефіцієнт корисної дії (ККД) насоса.

2.3.3 Аналіз режимів роботи центробіжного насоса.

Для центробіжних насосів характерна залежність напору (H), потужності (P) і ККД (η) від подачі (Q). Робоча точка насоса визначається перетином характеристики системи з характеристикою насоса.

Характеристика системи трубопроводів описується формулою:

$$H_{\text{г}} = H_{\text{г}}^{\text{ст}} + \frac{Q}{\Delta q} + S \cdot Q^2,$$

де:

- $H_{\text{г}}$ – статический напор, обусловленный разницей отметок источника и приемника воды;
- $S \cdot Q^2$ – динамический напор, обусловленный потерями напора в трубопроводах и местных сопротивлениях водоразборной сети при расходе $Q_{\text{тр}}$;
- S – коэффициент гидравлического сопротивления водоразборной сети, принимается постоянным во всем диапазоне водопотребления.

Робоча точка насосного агрегату повинна відповідати максимальному ККД. Для поверхневого відцентрового насоса потужністю кВт оптимальна робоча точка знаходиться при подачі м³/год і напорі м.

З асортименту насосів GARDENA для даних умов оптимально підходить поверхневий насос GARDENA 6000/6 із наступними характеристиками:

- Потужність: 1,3 кВт

- Максимальний напір: 55 м
- Максимальна висота всмоктування: 8 м
- Максимальна продуктивність: 6000 л/год
- Робочий тиск: 5,5 бар
- Кількість виходів: 2
- Діаметр підключення: 33,3 мм (G1") [10].

2.3.4 Енергоефективність роботи насосного агрегату.

Відповідно до методики Еловика, енергоефективність насосного агрегату визначається як відношення корисної гідравлічної потужності до споживаної електричної потужності:

$$EE = \frac{P_{\text{гiдр}}}{P_{\text{ел}}}$$

де:

- $P_{\text{гiдр}}$ — гідравлічна потужність, Вт
- $P_{\text{ел}}$ — споживана електрична потужність, Вт

Для підвищення енергоефективності системи зрошення рекомендується впровадження частотного регулювання обертів насосного агрегату, що дозволяє підтримувати оптимальний режим роботи при різних витратах води. При частотному регулюванні споживана потужність насосного агрегату змінюється пропорційно кубу швидкості обертання:

$$\frac{P}{P_{\text{ном}}} = \left(\frac{n}{n_{\text{ном}}} \right)^3$$

де:

- $P_{\text{ном}}$ — потужність при номінальній частоті обертання, кВт
- P — потужність при змінній частоті обертання, кВт
- $n_{\text{ном}}$ — номінальна частота обертання, об/хв
- n — змінена частота обертання, об/хв

Застосування частотного регулювання дозволяє знизити енергоспоживання насосного агрегату на % порівняно з нерегульованим приводом, що особливо актуально при різних режимах роботи системи зрошення.

2.4 Система автоматичного управління поливом

Для автоматизації роботи системи зрошення обрано блок керування GARDENA Classic 4030, рис. 2.5, що забезпечує керування до 4 електромагнітними клапанами, що цілком достатньо для розробленої системи з 3 зонами поливу.

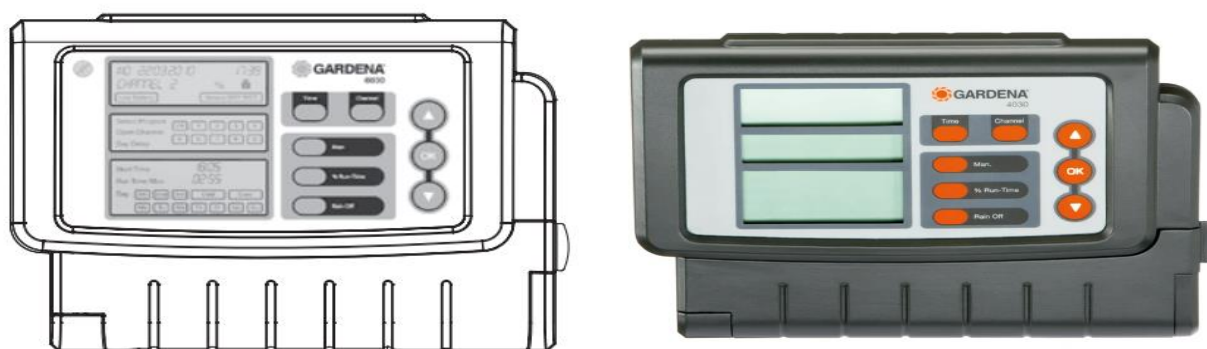


Рисунок 2.5. Блок керування GARDENA Classic 4030

Для індивідуального, автоматичного та водозберігаючого поливу Classic 4030 від GARDENA пропонує багато варіантів поливу.

Характеристики блоку керування GARDENA Classic 4030:

- Кількість підключених клапанів: до 4
- Кількість програм поливу на клапан: 3
- Тривалість поливу: від 1 хв до 3 год 59 хв
- Частота поливу: щодня, вибрані дні тижня, через день
- Підключення датчика дощу: так
- Живлення: 230 В / 24 В
- Керування насосом: через реле GARDENA 1273-20

Електромагнітні клапани GARDENA 24 В встановлюються на кожній із трьох зон поливу:

- Клапан №1: зона газону (північна частина)
- Клапан №2: зона газону (центральна і південна частини)

- Клапан №3: зона городу та квітників

Клапани розміщуються у спеціальних захисних боксах, вкопаних у землю. Для додаткового захисту від перепадів тиску в системі встановлюється редуктор тиску GARDENA, що забезпечує постійний тиск у системі на рівні 3 бар.

На рисунку 2.6 наведено приклад підключення 2 клапанів у коробці для клапанів до блоку керування поливом 4030/6030. Оскільки блок керування поливом видає для включення клапанів 24 В AC (змінний струм), то не має значення, який із обох кабелів клапана буде підключений до С.

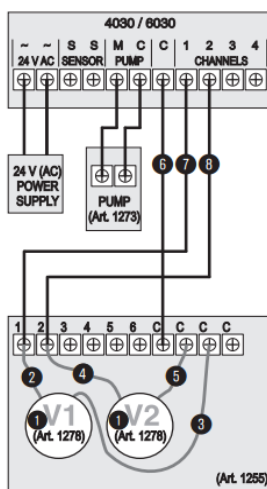


Рисунок 2.6 Підключення 2 клапанів у коробці для клапанів до блоку керування поливом 4030

Маркування клапанів:

Клапани потрібно позначити (1 – 6), щоб канали (CHANNELS 1, CHANNELS 2, ...) блоку управління поливом були однозначно пов'язані з клапанами.

Підключення клапанів до коробки для клапанів:

1. Приєднати кабель клапана V1 до затискача кабелю 1 коробки для клапанів.
2. Другий кабель від клапана V1 приєднати до затискача С коробки для клапанів (всі 4 кабельні затискачі С з'єднані між собою та рівнозначні).
3. Приєднати кабель клапана V2 до затискача кабелю 2 коробки для клапанів.
4. Приєднати другий кабель клапана V2 до затискача С коробки для клапанів. Інші клапани приєднуються аналогічно V1 та V2.

Підключення блоку управління поливом до коробки клапанів:

5. З'єднати затискач С блоку управління поливом із затискачем С коробки для клапанів (обидва затискачі С з'єднані між собою та рівнозначні).

6. З'єднати затискач каналу 1 CHANNELS 1 із затискачем 1 коробки

7. Для клапанів.

8. З'єднати затискач каналу 2 CHANNELS 2 із затискачем 2 коробки для клапанів.

Інші клапани приєднуються аналогічно каналам CHANNELS 1 та CHANNELS 2.

Схему електроживлення системи автополиву представлено на рис.2.7.

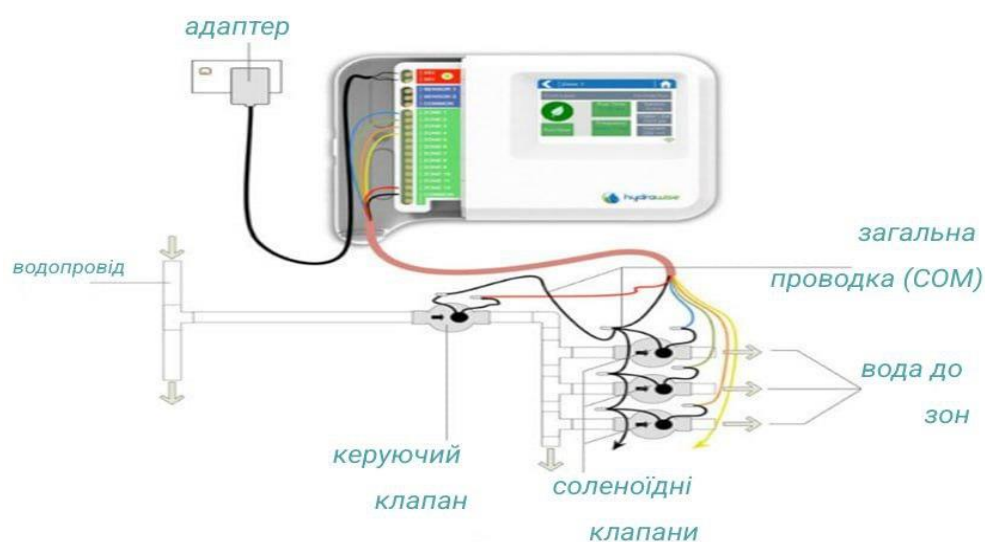


Рисунок 2.7 Схema електроживлення системи автополиву

Опис роботи схеми.

Від контролера на електромагнітні клапани подається робоча напруга 24В.

Керуючий струм на один клапан становить 0,1А.

Перетин живлячого клапан дроту 0,75 мм².

При довжині електричних комунікацій понад 100 м використовується дріт перетином 1,5 мм².

Для груп клапанів монтується кабель з числом керуючих жил, рівним кількості клапанів, плюс одна загальна жила.

Прокладка кабелів просто неба здійснюється в гофротрубах або трубах ПВХ.

Прокладка кабелів в землі виконується в трубах ПВХ.

Електронасос живиться від окремої точки 220В, вмикається і вимикається за командою контролера рис.2. 8.

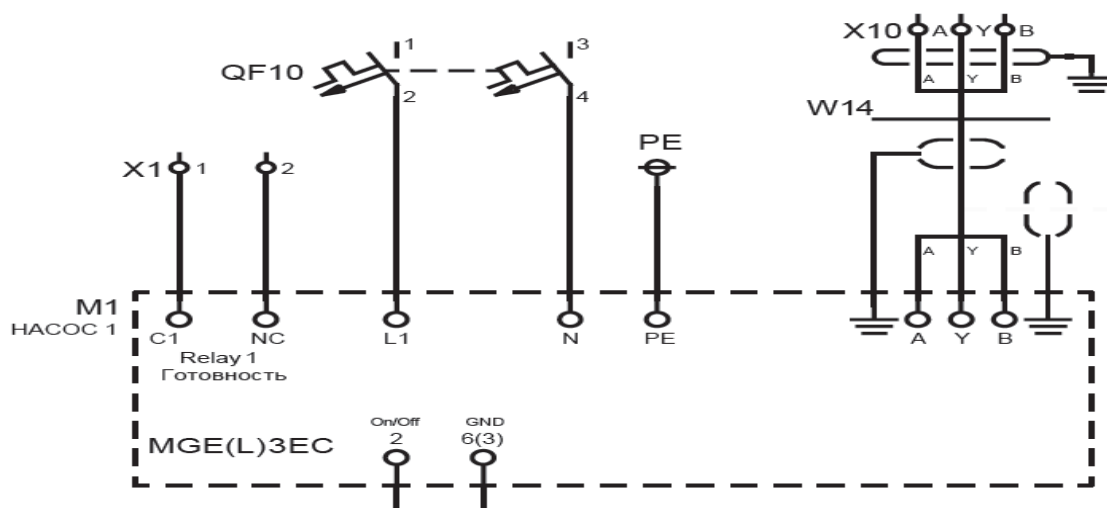


Рисунок 2. 8 – Підключення насосів за схемою: через перетворювачі частоти на насосах 1х220В

Опис роботи системи зрошення

Система зрошення працює за наступним алгоритмом:

1. Блок керування подає сигнал на реле насоса і відповідний електромагнітний клапан зони, що підлягає поливу згідно з заданою програмою.
2. Реле GARDENA активує насос, який починає подавати воду до системи зрошення.
3. Електромагнітний клапан відкривається, забезпечуючи подачу води до конкретної зони.
4. Після закінчення заданого часу поливу блок керування закриває електромагнітний клапан.
5. Якщо за програмою необхідно полити наступну зону, блок керування відкриває відповідний клапан.
6. Після завершення всіх циклів поливу блок керування вимикає сигнал на реле насоса, і насос зупиняється.

Додатково система оснащена датчиком дощу GARDENA, який запобігає активації поливу під час або після природних опадів, що дозволяє економити воду та запобігає перезволоженню ґрунту [9]

Висновки до розділу 2

У даному розділі розроблено методику розрахунку та проектування системи зрошення для ділянки площею 6 соток з використанням обладнання GARDENA. Відповідно до особливостей ділянки та потреб різних зон поливу, обрано комбіновану систему з дощувачами для газону та крапельним поливом для городу і квітників.

Розраховано необхідну кількість дощувачів GARDENA OS 140 (3 шт.) та довжину крапельних ліній (250 м), спроектовано схему трубопроводів з оптимальними діаметрами для забезпечення ефективної роботи системи. На основі методики проведено гідравлічний розрахунок системи та обґрунтовано вибір поверхневого насоса GARDENA 6000/6 потужністю 1,3 кВт, здатного забезпечити необхідний напір м для стабільної роботи системи зрошення.

Запропоновано використання частотного регулювання для підвищення енергоефективності роботи насосного агрегату, що дозволить знизити енергоспоживання на 25-40%. Для автоматизації процесу поливу обрано блок керування GARDENA Classic 4030 з можливістю підключення до 4 зон, що забезпечує гнучке програмування режимів поливу та економію води завдяки інтеграції з датчиком дощу.

В даному розділі роботи було розглянуто метод проектування зрошувальної мережі для власної ділянки огороду.

Побудовано принципову схему зрошувальної системи, що включає насос, ємність для води, електромагнітні клапани розподілу води та систему автоматичного керування. Наведено технічні характеристики контролеру системи керування. описано функціональні можливості та принцип роботи системи управління. Наведено електричну принципову схему підключення насосу через перетворювач частоти. Також представлено схему підключення клапанів.

3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СИСТЕМИ ЗРОШУВАННЯ

3.1. Особливості частотного керування відцентровим двигуном в системі зрошування

3.1.1. Вибір перетворювача частоти за функціональними можливостями.

Найкращим рішенням для керування відцентровим насосом є встановлення перетворювача частоти CUE. CUE є серією перетворювачів частоти для регулювання швидкості обертання електродвигунів широкого ряду насосів. CUE можна використовувати як у нових, так і вже існуючих установках, за умови, що насос та двигун підходять для експлуатації із перетворювачами частоти.

Вибір двигуна за потужністю представлено на рисунку 3.1.

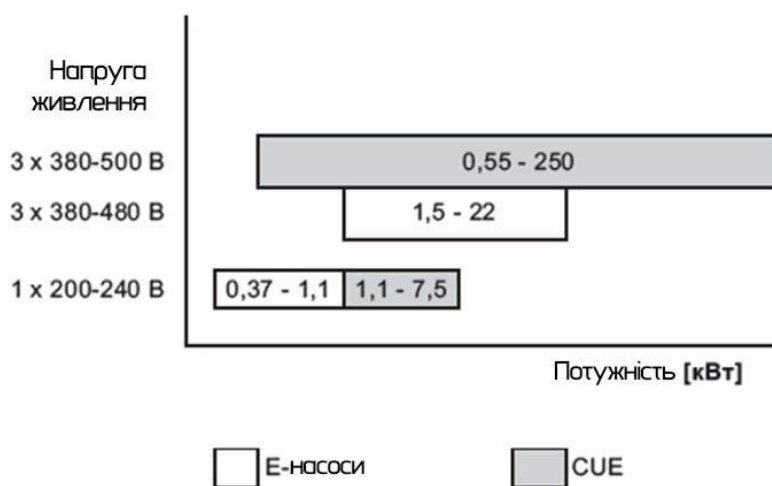


Рисунок 3.1 – Схема вибору двигуна за потужністю

Перетворювачі CUE мають великий набір функцій:

Режими керування для відцентрових насосів.

Розімкнений контур:

Частота обертання підтримується на заданому значенні в діапазоні між мінімальною та максимальною частотою обертання.

Пропорційне регулювання перепаду тиску:

Величина уставки по перепаду тиску насоса зменшується при зниженні

витрати та збільшується у разі підвищення витрати.

Постійний перепад тиску:

Перепад тиску підтримується на постійному рівні, незалежно від витрати.

Постійний тиск:

Тиск підтримується постійним, незалежно від витрати.

Постійний рівень:

Рівень рідини, що перекачується підтримується постійним, незалежно від витрати.

Перевірка напряму обертання.

Під час роботи майстра першого пуску, при підключеному датчику тиску (витратомірі), CUE автоматично визначає та встановлює правильний напрямок обертання без необхідності внесення змін до кабельних з'єднання.

Захист від «сухого» ходу.

Щоб захистити насос, виберіть функцію захисту від «сухого» ходу, попередньо підключивши до CUE зовнішній датчик чи реле тиску, щоб можна було визначати недостатній тиск на вході або нестачу води.

Функція зупинки за низького значення витрати.

У режимі керування постійного тиску (напору) або постійному рівню функція зупинка використовується для чергування між роботою в режимі увімк./вимк. при низькій витраті та безперервним режимом роботи при високому витрати. Ця функція захищає насос та дозволяє економити електроенергію.

Контроль мастила підшипників електродвигуна.

Коли функція контролю підшипників активована, на дисплеї з'являється попереджувальний сигнал, якщо необхідно замінити підшипники двигуна або замінити їх мастило.

Входи та виходи.

CUE оснащений кількома входами та виходами:

підключення RS-485 GENIbus

один аналоговий вхід 0-10 В, 0/4-20 мА

зовнішнє встановлене значення

один аналоговий вхід 0-10 В, 0/4-20 мА

вхід датчика, датчик зворотного зв'язку

один аналоговий вихід 0-20 мА

6 цифрових входів

два входи можуть бути змінені на цифрові виходи – всі цифрові входи та виходи є програмованими.

два сигнальні реле (C/NO/NC)

програмовані.

Вихідні фільтри.

Вихідні фільтри використовуються в першу чергу для захисту електродвигуна від перенапруги та підвищення робочої температури. Рекомендується обов'язково застосовувати при довжині кабелю до електродвигуна більше 20 м. Однак їх також можна використовувати для зниження рівня акустичного шуму двигуна при довжинах кабелю менше ніж 20 м.

Як приладдя для насосу CUE постачає два типи вихідних фільтрів:

Фільтри $\frac{dU}{dt}$ мають середній рівень фільтрації, що застосовуються при довжинах кабелю до електродвигуна не більше 150 м,

синусні фільтри мають високий рівень фільтрації, що застосовуються при довжинах кабелю до електродвигуна трохи більше 300 м.

Області застосування

CUE є багатофункціональним перетворювач частоти, придатний для використання в цілій низці застосувань, де потрібна надійна та економічно ефективна робота насосного обладнання.

CUE використовується у п'яти основних областях застосування:

подачі підземних вод у системи водопостачання;

зрошення у садівництві та сільському господарстві;

осушення.

Типові режими управління:

по постійному тиску (напору), з постійною витратою або постійним рівнем.

Габарити шафи для CUE визначаються за нею корпусу. У таблиці 3.1

представлено співвідношення між потужністю (P2), живленням від мережі (V) та ступенем захисту (IP).

Таблиця 3.1.

Стандартна потужність на валу P2	Мережеве електроживлення і клас захисту корпусу		
	IP20	IP21	IP55
[кВт]			
0,55			
0,75			
1,1	*		*
1,5		*	*
2,2		*	*
3		*	*

Доступні режими роботи CUE:

Норм.

Зупинка;

Мін. характеристика;

Макс. характеристика;

Власна характеристика.

Режими роботи встановлюються на панелі керування за допомогою меню.

Режими роботи можна ставити без зміни встановленого значення.

Норм.

Насос працює у вибраному режимі керування. Режими управління – різні способи регулювання частоти обертання насоса, коли встановлено Нормальний режим роботи.

Зупинка.

Насос вимкнено користувачем.

Мін. характеристика.

Насос працює з мінімальною встановленою частотою обертання. рис. 3.2.

Цей режим можна використовувати, наприклад, у періоди, коли потрібно дуже маленькі витрати.

Макс. характеристика.

Насос працює з максимальною встановленою частотою обертання. рис.3.2.

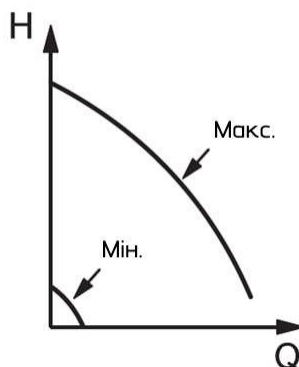


Рисунок 3.2 – Максимальна та мінімальна характеристики
Власна характеристика.

Насос працює з частотою обертання, встановленою користувачем.

3.1.2. Режими керування частотного перетворювача.

CUE має вбудований PID-регулятор, забезпечує управління по замкнутому контуру тим параметром, який необхідно регулювати. CUE можна також настроїти на управління по розімкнутому контуру, якщо потрібно безпосередньо задавати бажану частоту обертання насос. Режими управління встановлюються на панелі управління у майстрі першого пуску, зміни вносяться за допомогою меню. Управління за розімкнутим контуром зазвичай використовується без датчика. Для всіх інших режимів керування потрібен датчик.

Розімкнений контур, постійна характеристика.

Частота обертання підтримується на заданому значенні в діапазоні між мінімальною та максимальною характеристикою. рис. 3.3.

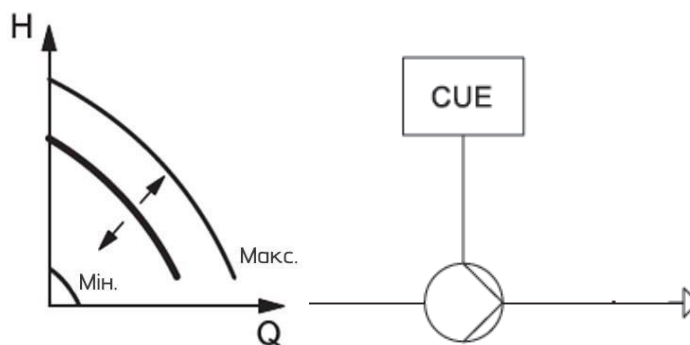


Рисунок 3.3 – Розімкнений контур, постійна характеристика

У режимі керування розімкненим контуром встановлене значення

встановлено в % від номінальної частоти обертання. Діапазон установки продуктивності знаходиться між мінімальною та максимальною характеристиками. Робота з постійною характеристикою може використовуватись, наприклад, для насосів без підключеного датчика.

Цей режим керування також зазвичай використовується в системах централізованого управління, наприклад, Control MPC, або з іншими зовнішніми контролерами.

Постійний тиск

Тиск на виході підтримується постійним, незалежно від витрати. рис. 3.4.

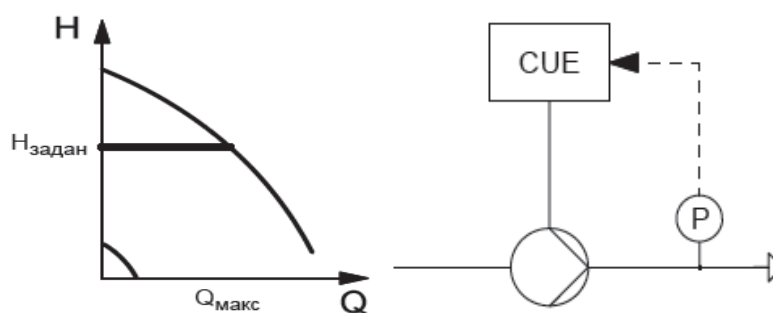


Рисунок 3.4 – Постійний тиск

Насос регулюється відповідно до тиску, виміряним за насосом. Тобто насос забезпечує постійний тиск у діапазоні від 0 до $Q_{\text{макс}}$, представлене горизонтальною лінією у діаграмі QH.

Постійний тиск з функцією зупинки

Тиск на виході підтримується постійним при високій витраті ($Q > Q_{\text{мін}}$). Робота в режимі увім/вимк при низькій витраті. рис. 3.5.

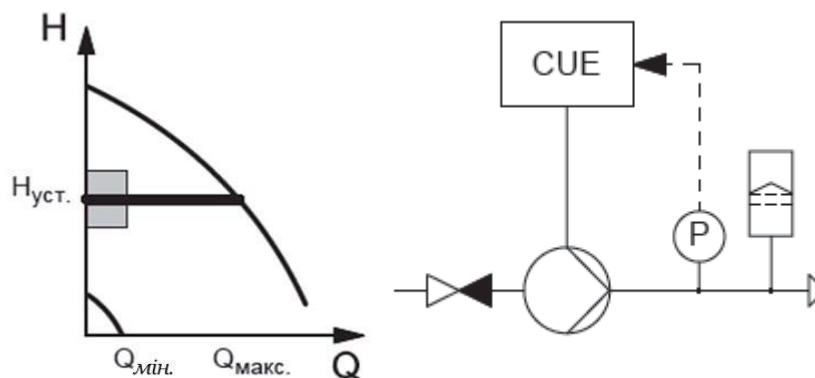


Рисунок 3.5 – Постійний тиск з функцією зупинки

Насос регулюється відповідно до тиску, виміряним за насосом. Тобто насос забезпечує постійний тиск у діапазоні від $Q_{\min}$ до $Q_{\max}$, представлене горизонтальною лінією в діаграмі QH. Функція зупинки є активованою за замовчуванням для постійного тиску, але її можна вимкнути у параметрі 200-19 «Функція зупинки». Метою функції зупинки є відключення насоса при виявленні низького або нульового витрати. При виявленні низької витрати насос працює в режимі увімк/вимк. За наявності витрати насос продовжить роботу відповідно із встановленим значенням. рис. 3.6.

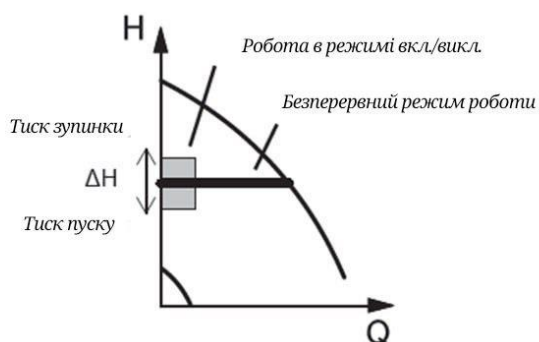


Рисунок 3.6 – Постійний тиск із функцією зупинки: різниця між значеннями тиску пуску та зупинки (ΔH)

Низька витрата може бути виявлена у різний спосіб:
 реєстрацією мінімального граничного значення витрати;
 за допомогою реле витрати, підключеного до цифрового входу.

Функція реєстрації мінімального граничного значення витрати контролює його шляхом періодичного короткочасного зниження частоти обертання. Якщо зміна тиску мізерно або його взагалі немає, це вважається падінням витрати до граничної мінімальної значення. Якщо реле витрати реєструє низьке значення витрати, активується цифровий вхід.

Цю функцію можна використовувати тільки якщо система включає наступні компоненти:

- датчик тиску;
- зворотній клапан;
- мембранний бак.

Зворотний клапан необхідно завжди встановлювати перед датчиком тиску.
рис. 3.7 .

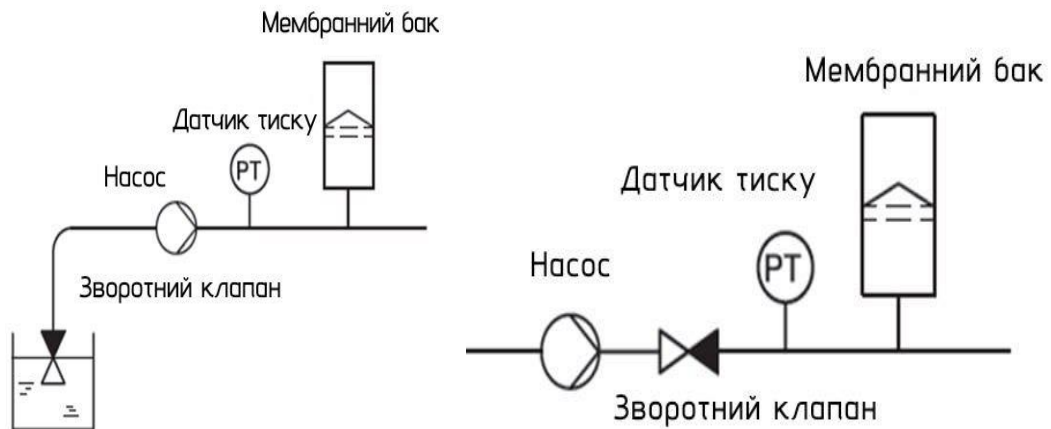


Рисунок 3. 7 – Розташування зворотного клапана та датчика тиску в системі, що передбачає всмоктування або роботу з негативним тиском на вході

Для функції зупинки необхідний мембранний гідробак певного мінімального об'єму. Бак повинен бути встановлений якомога ближче до насоса відразу ж за ним, а попереднє тиск має бути 0,7 x фактичний встановлене значення.

Постійний перепад тиску, насос.

Перепад тиску насоса підтримується постійним, незалежно від витрати. рис. 3.8. Насос регулюється відповідно до перепаду тиску, виміряним у насосі. Тобто система з насосом забезпечує постійний перепад тиску в діапазоні Q від 0 до $Q_{\text{макс}}$ представлений горизонтальною лінією у діаграмі QH .

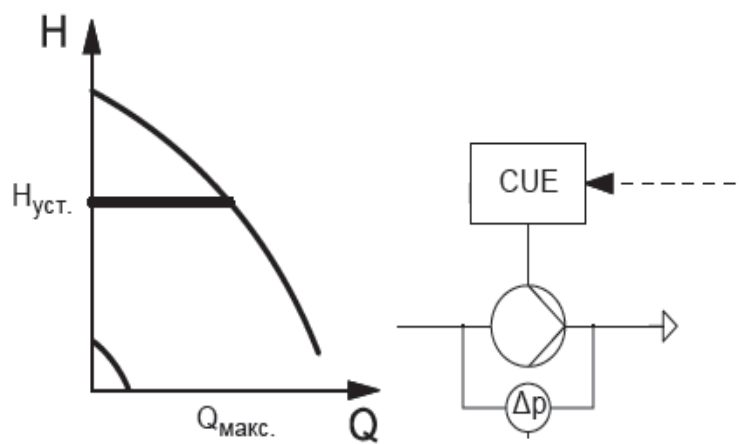


Рисунок 3.8 – Постійний перепад тиску, насос

Постійний перепад тиску, система.

Перепад тиску системи підтримується постійним, незалежно від витрати. рис. 3.9.

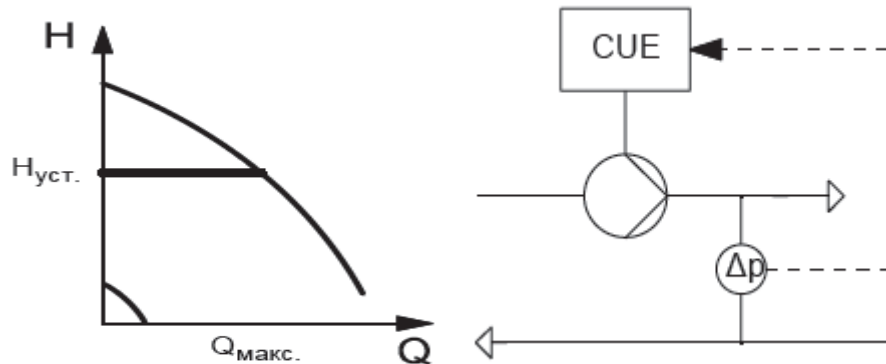


Рисунок 3.9 – Постійний перепад тиску, система

Насос регулюється відповідно до перепаду тиску, виміряним у системі. Тобто насос забезпечує постійний перепад тиску системи в діапазоні Q від 0 до $Q_{\text{макс}}$, представлений горизонтальною лінією у діаграмі QH .

Пропорційний перепад тиску

Перепад тиску насоса зменшується при зниженні витрати та збільшується при підвищенні витрати. рис. 3.10.

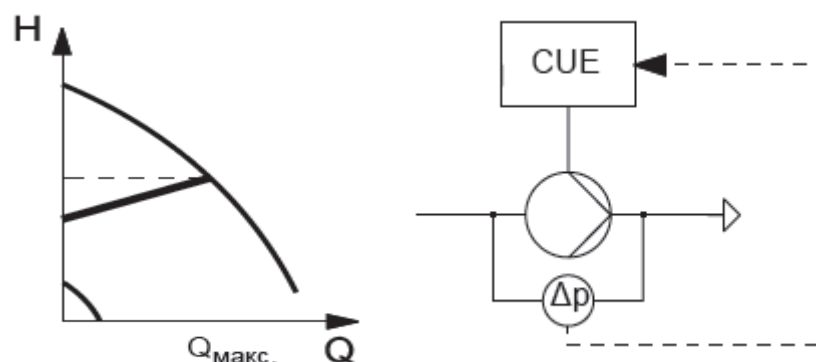


Рисунок 3.10 – Пропорційний перепад тиску

Насос регулюється відповідно до перепаду тиску, виміряним у насосі. Тобто, насосна система забезпечує перепад тиску в діапазоні Q від 0 до $Q_{\text{макс}}$,

представлений похилою лінією у діаграмі QH.

Можна вибрати пропорційне регулювання перепаду тиску з однією з наступних залежностей:

лінійний, за замовчуванням;

квадратичний.

Якщо вибрано параболічну залежність, перепад тиску насоса буде зменшуватися по параболічній кривій при зниженні витрати та збільшуватися у разі підвищення витрати.

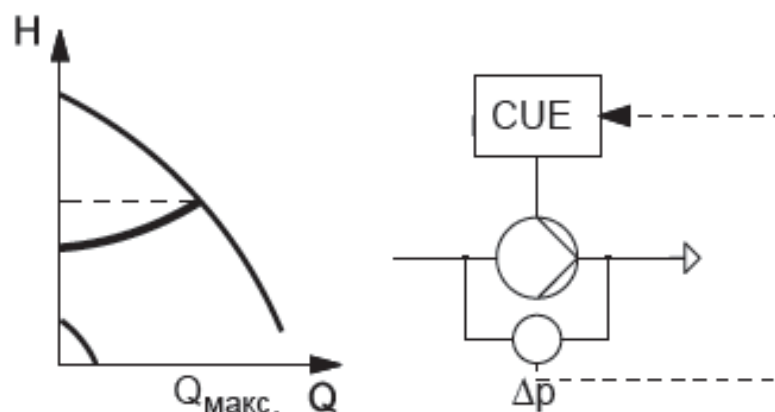


Рисунок 3.11 – Перепад тиску, параболічна крива

Насос регулюється відповідно до перепаду тиску, виміряним у насосі. Тобто система з насосом забезпечує перепад тиску з компенсацією витрати в діапазоні Q від 0 до $Q_{\text{макс}}$ представлений параболічною кривою в діаграмі QH.

Постійна витрата води

Витрата підтримується постійним, незалежно від напору. рис. 3.11.

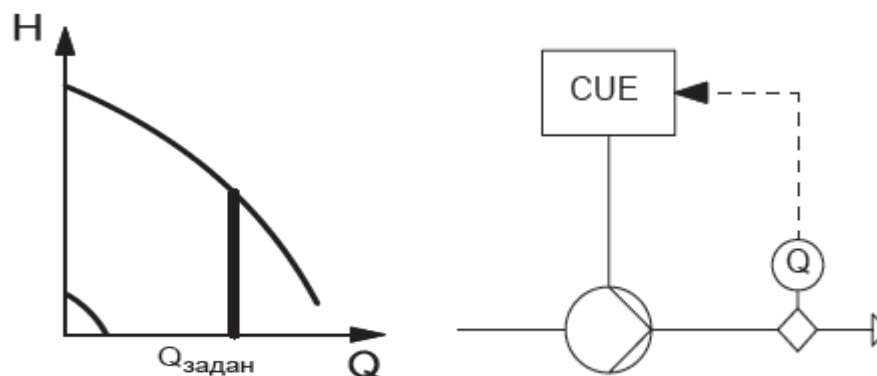


Рисунок 3.11 – Постійна витрата води

Постійний рівень з функцією зупинки.

Рівень рідкого середовища підтримується постійним при великій витраті. Робота у режимі увімк./вимк. при низькій витраті. рис. 3.12.

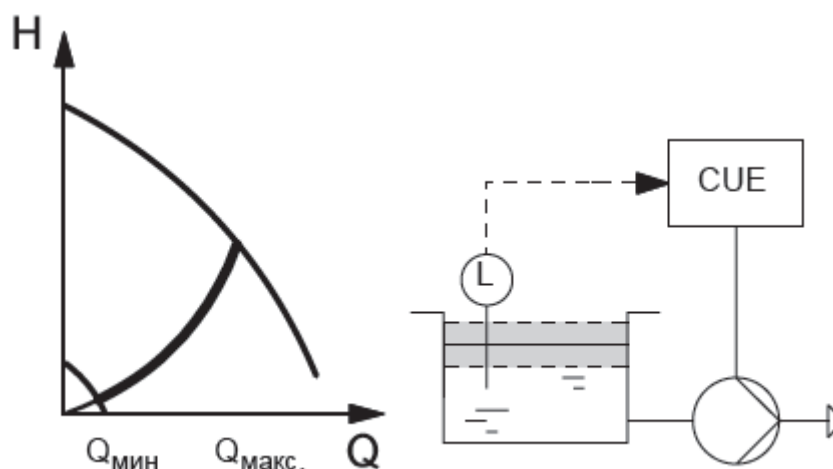


Рисунок 3.12 – Постійний рівень з функцією зупинки

Насос регулюється для забезпечення постійного рівня рідкого середовища. Тобто насос забезпечує постійний рівень у діапазоні Q від $Q_{\min}$ до $Q_{\max}$, представлений параболічною лінією в діаграмі QH . За замовчуванням ця функція є функцією випорожнення.

Метою функції зупинки є відключення насоса при виявленні низького або нульового витрати. При виявленні низької витрати насос працює в режимі увімк./вимк. За наявності витрати насос продовжить роботу відповідно із встановленим значенням.

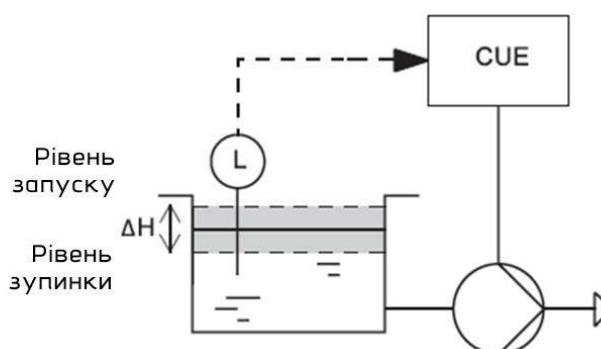


Рисунок 3.13 – Різниця між рівнями пуску та зупинки (ΔH)

Низька витрата може бути виявлена двома у різний спосіб:
реєстрацією мінімального граничного значення витрати;
за допомогою реле витрати, підключеного до цифрового входу.

Функція реєстрації мінімального граничного значення витрати контролює його шляхом періодичного виміру частоти обертання та потужності.

Якщо реле витрати реєструє низьке значення витрати, активується цифровий вхід. Налаштувати систему на роботу за постійним рівнем з функцією зупинки можливо тільки якщо система включає датчик рівня[11].

3.1.3. Налаштування PID контролеру.

Контролер CUE має вбудований PID регулятор для регулювання частоти обертання насосів. Заводське налаштування коефіцієнта посилення (K_p) та час інтегрування (T_i) автоматично коригуються до рекомендованих налаштувань, виходячи з вибраного режиму керування. Дані значення можна легко змінити на панелі управління.

Контролер може працювати як у нормальному, так та у зворотному режимі. Режим вибирається у параметрі «Нормальний/зворотний режим управління PID».

Нормальний режим.

Нормальний режим використовується в системах, у яких підвищення робочої характеристики насоса призводить до збільшення значення, виміряний на датчику зворотного зв'язку. Це відноситься до більшості областей застосування CUE.

Зворотний режим.

Зворотний режим використовується в системах, у яких підвищення робочої характеристики насоса призводить до зниження значення, виміряний на датчику зворотного зв'язку. Даний режим зазвичай використовується для роботи при постійному рівні (опорожнення бака) та для роботи при постійній температурі в системах охолодження.

Негативне значення K_p відповідає зворотний режим.

Контролер PID порівнює необхідне встановлене значення ($P_{уст}$) із фактичним значенням (P), виміряним датчиком (P). рис. 3.14.

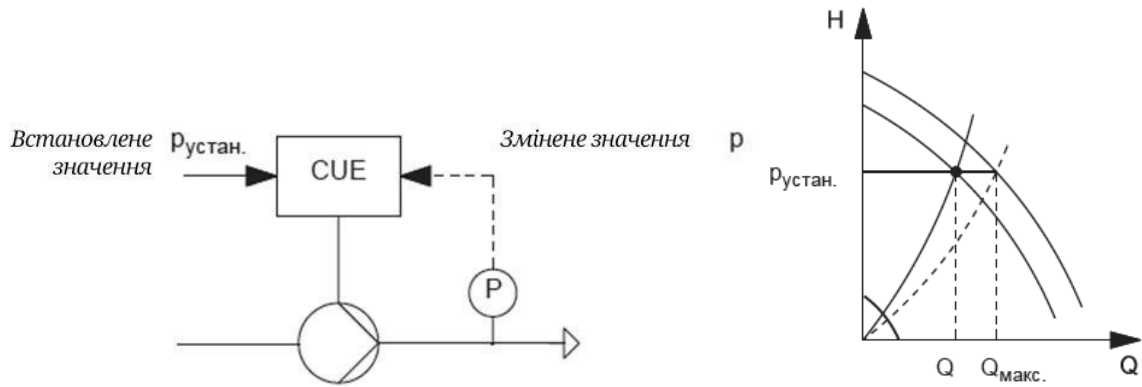
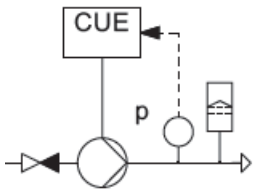
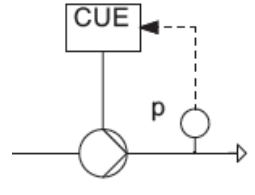
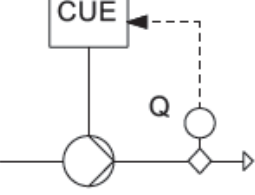
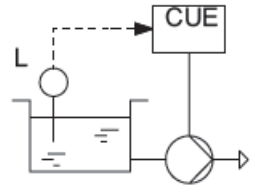


Рисунок 3.14 – Регулювання постійного тиску

Якщо виміряне значення вище за потрібне встановленого значення, контролер PID буде знижувати частоту обертання та продуктивність насоса, доки виміряне значення не стане рівним необхідному значенню, табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Рекомендовані налаштування контролера

Тип системи	K_p	T_i
	0,2	0,5
	0,2	0,5
	0,2	0,5
	-2,5	100

Обертальний момент насоса.

CUE може забезпечувати крутний момент для різних характеристик навантаження, постійний та регульований обертальні моменти, а також функцію автоматичної оптимізації електроспоживання.

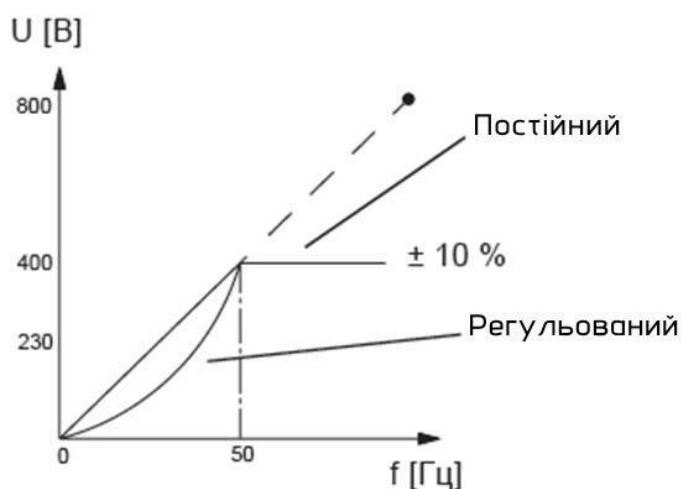


Рисунок 3.15 – Регулювання за характеристикою U/f (Ідеальне)

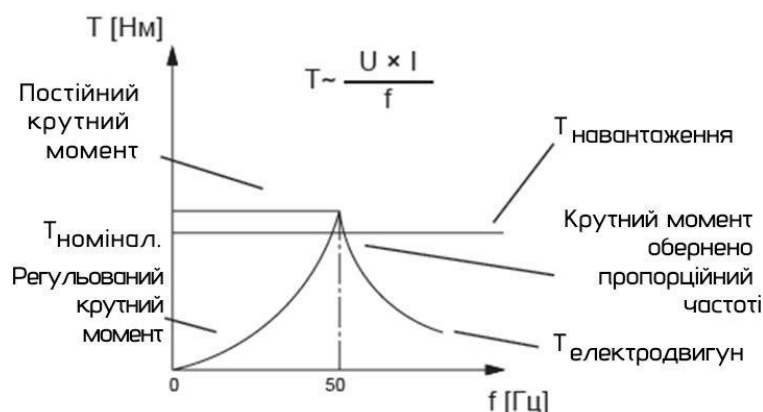


Рисунок 3.16 – Регулювання за характеристикою T/n (Ідеальне)

Для відцентрових насосів крутний момент зазвичай встановлюється в режим регульованого моменту, що крутить, в якому він забезпечує напругу, оптимізована для квадрата характеристики навантаження від крутного моменту двигуна.

CUE може бути налаштований для оптимального енергозберігаючого регулювання частоти обертання відцентрових насосів, де він забезпечує напругу, оптимізоване для характеристики навантаження від крутного моменту двигуна, при цьому функція АОЕ (автоматична оптимізація енергоспоживання) точно адаптує напруга до поточних умов навантаження, знижуючи енергоспоживання та чутний

шум від двигуна.

Для досягнення оптимальної продуктивності правильно встановіть коефіцієнт потужності електродвигуна.

Автоматичне зниження номінального значення вихідного струму.

Ця функція призначена для запобігання аварійному зупинці при перевантаженні.

У деяких насосних системах буває неможливо підібрати CUE для забезпечення струму, необхідного у всіх точках експлуатаційної Показники QH. У цих точках для насосу потрібен струм, що перевищує номінальний струм перетворювач частоти. Зазвичай CUE може видавати 110% від свого номінального струму безперервно протягом 60 секунд. Якщо перевантаження не зникає, CUE зазвичай дає аварійний сигнал.

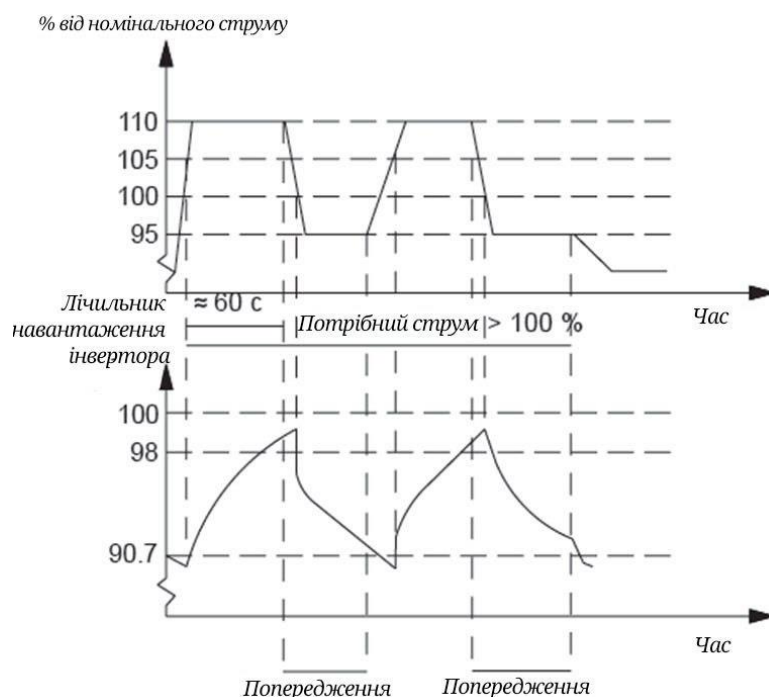


Рисунок 3.17 – Вихідний струм за умов навантаження

CUE автоматично знижує частоту обертання насоса доти, доки вихідний струм не досягне рівня нижче 100% від номінального значення струму. CUE оцінює навантаження в силовій частині з за допомогою лічильника навантаження інвертора, який видає попередження при досягненні рівня 98 %, та здійснює

скидання попередження на рівні 90%. При значенні 100% CUE видає аварійний сигнал.

Регулювання під час пуску.

Затримка запуску.

Затримка пуску після включення живлення – це пауза між подачею живлення та пуском насоса.

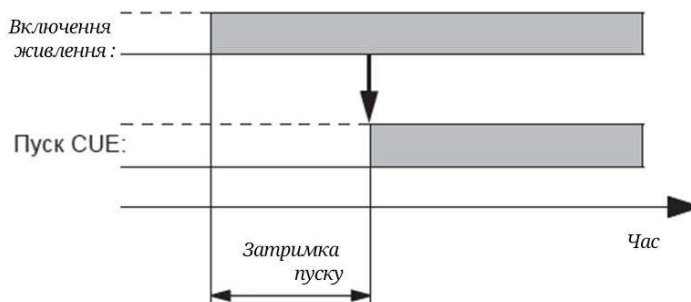


Рисунок 3.18 – Затримка запуску після включення живлення

Метою є забезпечення включення обладнання дистанційного керування до пуску насоса. Затримка пуску вимикається, якщо через GENIbus надходить дистанційна команда.

Запуск із підхопленням.

Ця функція дозволяє підхопити електродвигун, що вільно обертається через відключення мережі. Це запобігає сильному споживання струму від CUE за рахунок пуску при двигуні, що обертається[12].

3.2. Вибір насоса для системи зрошування

При виборі необхідно звернути увагу на такі параметри насоса:

Потужність мотора. Це найважливіший показник, який визначає продуктивність обладнання. Знаючи потужність двигуна можна розрахувати скільки води за годину роботи зможе перекачати водяний насос. Отже, скільки потрібно води для городу площею 600 квадратних метрів (6 соток). Оскільки на один квадратний метр в спекотну літню пору рекомендується лити 6 літрів води, значить на 600 кв. м. нам знадобиться 3600 літрів води:

$$600 \cdot 6 = 3600 \text{ л.}$$

Такий показник продуктивності забезпечує мотор на $P = 1-1,5 \text{ кВт}$.



Рисунок 3. 19 – Підбір CUE на підставі максимального струму електродвигуна

CUE на підставі максимального струму електродвигуна, рис. 3.20.

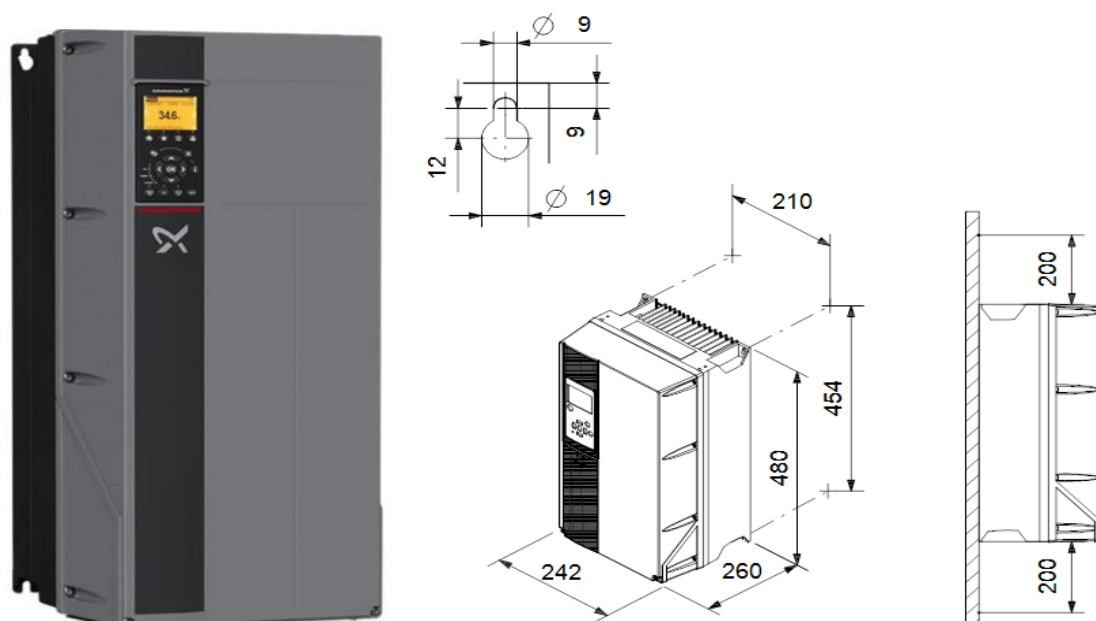


Рисунок 3.20 – Габаритні та пастановні розміри Grundfos CUE

Технічні дані:

Safety function None

RFI filter type EN 61800-3 C1

Coating grade IEC721 3-3 3C2

Сертифікати CE, CULUS, C-TICK

Кабельний ввід Standard cable entry

Діапазон температури довкілля 0 .. 45 °C

Відносна вологість 5-95 %

Змонтований на Стіна

Номінальна потужність – P2 1.5 кВт

Частота мережі живлення 50 / 60 Гц

Номінальна напруга 1 х 220-240 В

Номінальний струм 7,5 А Максимальне споживання струму 7,5 А

ККД за максимального навантаження 96 %

Клас захисту (ІЕС 34-5) IP55 Вбудований захист електродвигуна Так

Тепловий захист зовнішній

Довжина кабелю 150/300 м

Вага нетто 23 кг брутто 23,2 кг

Grundfos CUE компоненти та схема електричних з'єднань, рис. 3.21.

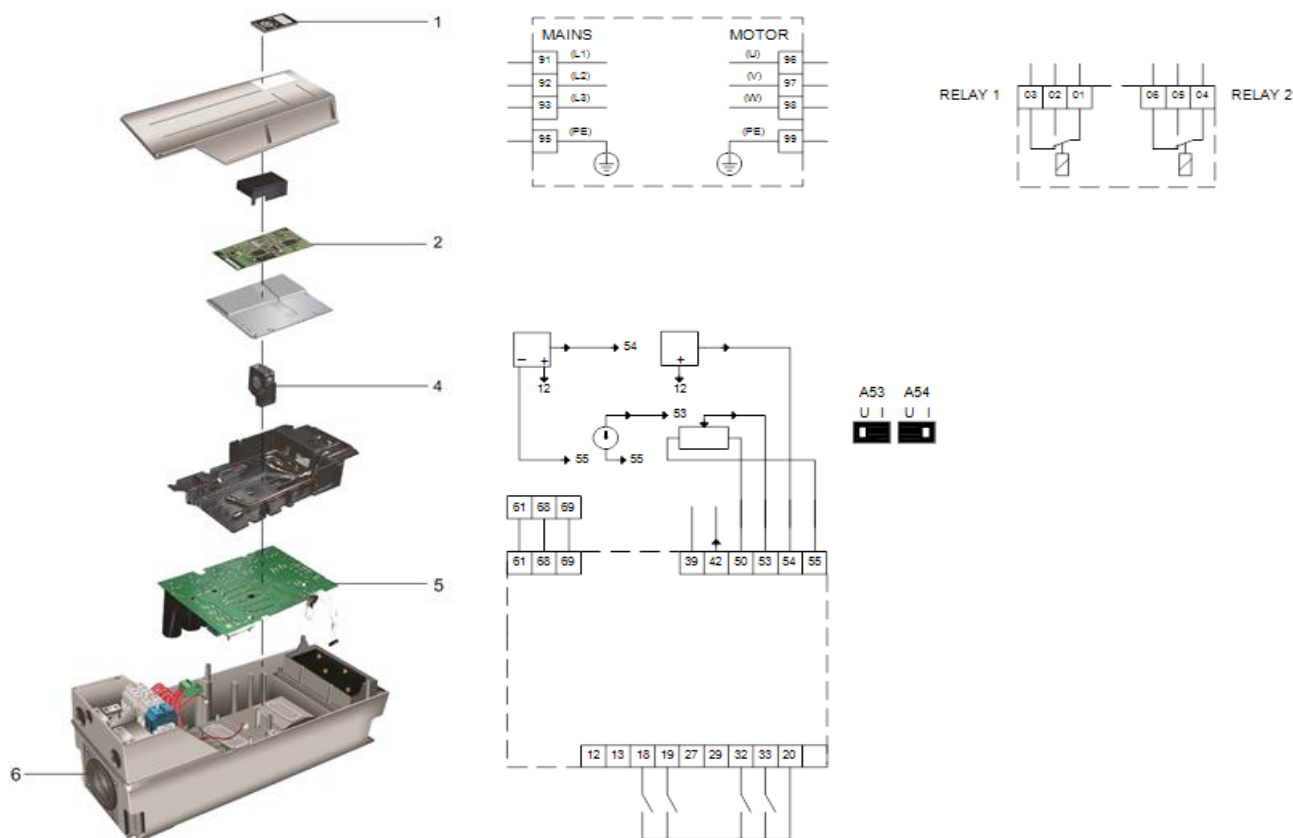


Рисунок 3.21 – Компоненти та схема електричних з'єднань

Grundfos CUE 1X200-240V IP55 1,5KW

1 – панель керування, 2 – плата керування, 4 – вентилятор внутрішній, 5 – силова плата, 6– вентилятор основний

Нanip – це максимальна висота подачі води. Побутовий водяний насос має

напір в 25-30 метрів. Відцентровий насос подає воду на відстань 70 метрів і далі. Так, він добре підходить для фермерських угідь.

Ступінь забруднення води. В інструкції з експлуатації завжди написано для якої води той чи інший водяний насос підходить. Насос для чистої води на вході обладнаний дрібним фільтром-ситом, а його внутрішні деталі слабші тих, які встановлені в дренажному насосі[13].

3.3. Вибір насоса для поливу по потужності

В першу чергу визначаються з культурою, яку будуть поливати. У різних рослин потреба в водозабезпеченні відрізняється в широких межах. Для прикладу візьмемо усереднену цифру, яка дорівнює 6 літрів на добу на метр квадратний, а територію поливу рівною 600 квадратам.

Маючи ввідні дані зробимо розрахунок:

$$- \quad 6 \cdot 600 = 3600 \text{л.}$$

Щоб забезпечити нормальний ріст і розвиток рослин на ділянці, їм потрібно 3600 літрів води. Так само враховується час, який готові приділити поливу. Якщо ґрунт повинен бути зволожений за годину, то вибирається пристрій з потужністю 4 куба, якщо на зазначений процес можна витратити більше часу або стоїть автоматична система управління, то водяний насос для поливу може бути слабшим. Його продуктивність позначається на упаковці латинською буквою Q – один куб води = 1000 літрів.

Наступний етап полягає в прорахунку зазначених в попередньому розділі факторів. При проведенні розрахунків враховують, що 1 м висоти підйомної води дорівнює 10 м на площині для рукава перетином в один дюйм. Так, 20 метрів по вертикалі можна порівняти з 200 по горизонталі.

Послідовність розрахунків:

– допустимо, що для поливу використовується скважина в яку опущений збірний кінець насосу. Глибина h становить 7 м, а від грядок він віддалений на 40 метрів. Значить підсумовуємо:

$$h = 7 + 40 = 47 \text{ м.}$$

– також враховуємо, що шланг не монолітний, а подовжений за допомогою сполучних фітингів до потрібного показника. До того ж тертя знижує швидкість руху всередині магістралі. Це можна порівняти зі зменшенням його довжини на 20%. Перемножуємо:

$$- \quad \Delta h = 47 \cdot 0,2 = 9,4.$$

– це значення додається до тих 7 м в свердловині. Отримуємо:

$$- \quad \Delta h' = h + \Delta h = 7 + 9,4 = 16,4.$$

– для усунення роботи насоса з перевантаженням додають ще 10 метрів.

Зробимо калькуляцію:

$$- \quad 16,4 + 4 + 10 = 30,4,$$

де: $\Delta h' = 16,4$ – сумарна довжина рукава в свердловині і втрати на тертя води в системі;

$l_r = l_v \cdot 10 = 4 \cdot 10 = 40$ – метрів на горизонтальній поверхні, які дорівнюють чотирьом по вертикалі;

$l' = 10$ – додаткова довжина для зниження ймовірності перевантажень насоса під час роботи.

Підрахувавши всі показники з'ясувалося, що:

$$- \quad \Delta h' + l_r + l' = 30,4 \text{ м,}$$

необхідний апарат здатний піднімати воду на висоту не менше 31 метрів. У характеристиках до приладу цей параметр позначається латинською буквою Н.

Вхідні дані: тип – поверхневий насос; потужність – 1-1,5 кВт; здатність підйому воду на висоту не менше 31 метрів; Висота всмоктування не менше 7 м.

Відцентровий поверхневий насос GARDENA 6000/6 призначений для перекачування води; поливу городів, садів, газонів; подачі води з відкритих водойм (річок, озер, ставків), колодязів, резервуарів, свердловин, а також для подачі води з магістральних водопроводів із недостатнім тиском.

Електронасос GARDENA 6000/6 спільно з гідроакумулятором та системою автоматики може використовуватися в системах водопостачання будівель, рис. 3.22.



Рисунок 3.22 – Відцентрові поверхневі насоси GARDENA 6000/6

Відцентровий насос GARDENA 6000/6. Насос відцентровий поверхневий GARDENA 6000/6 є моноблоком, що складається з електродвигуна і насосної частини. З'єднання насоса з мережею живлення здійснюється за допомогою проводу з вилкою, що має заземлюючий контакт, і розетки із заземлюючим контактом, яка входить до комплекту поставки. У насосі встановлено пристрій ущільнювальний (торцеве ущільнення) з ресурсом на весь термін служби електронасоса. У насосі використані підшипники закритого типу (поповнення мастила не потрібно).

Для герметизації насосної камери застосовано ущільнювальне гумове кільце. Для захисту двигуна при аварійних режимах роботи насос має вбудований термічний запобіжник, який автоматично вимикає насос при перегріві та вмикає його після охолодження. Конструкцією насоса передбачено заливний отвір, закритий пробкою, та ергономічна ручка для перенесення.

В таблиці 3.3. представлено технічні характеристики обраного насосу.

Таблиця 3.3. Технічні характеристики насосу GARDENA 6000/6

Характеристика	Значення
Виробник:	GARDENA
Тип:	поверхневий відцентровий насос

Живлення:	мережа 220V 50Гц
Потужність двигуна, кВт:	1,3
Режим роботи	тривалий
Характеристики системи нагнітання/всмоктування	
Максимальна продуктивність, л/год:	6000
Висота нагнітання, м:	55
Висота всмоктування, м:	8
Тип всмоктування (для поверхневих насосів):	самовсмоктувальний
Максимальний тиск, бар:	5,5
Наявність вбудованого фільтра:	Так
Наявність запобіжника від сухого ходу:	Так

Умови експлуатації насоса:

- температура води, що перекачується - 1-35°C
- температура повітря - 1-45°C
- не допускається занурення насоса у воду.

Електронасос є моноблоком, що складається з електродвигуна і насосної частини, рис. 3.23.

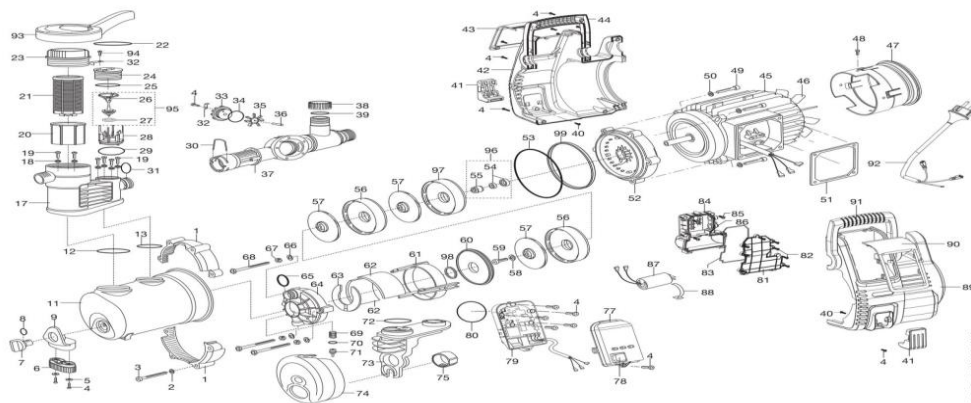


Рисунок 3.23 – Електронасос:

Таблиця 3.4. Габаритні та пастановні розміри електронасоса

Виконання	$H_{\max}$	L	L1	12	b	b1	b2	b3	h	h1	h2	G	Маса, кг
GARDENA 6000/6	320	340	90	12	260	80	140	10	500	90	110	10	15,2

Корпус насоса виготовлено з високоякісного, міцного та стійкого до корозії пластику. Вбудований великий фільтр попереднього очищення захищає насос від забруднення та подовжує термін його служби. Для захисту від сухого ходу насос оснащено спеціальною системою безпеки, яка автоматично відключає пристрій при відсутності води. У конструкції насоса передбачено дві окремі камери водяного контуру, які повністю ізольовані від електроніки, що забезпечує додатковий захист від протікання.

З'єднання електронасоса з мережею живлення здійснюється за допомогою шнура живлення з вилкою, що має заземлюючий контакт. У електронасосі встановлено пристрій ущільнювальний (торцеве ущільнення) з ресурсом на весь термін служби насоса. В електронасосі використані підшипники закритого типу (поповнення мастила не потрібно). Для герметизації насосної камери застосовано гумове ущільнювальне кільце.

Для захисту насоса при аварійних режимах роботи в обмотку статора вбудований термовимикач, що вимикає насос при перегріві і автоматично вмикається при охолодженні статора.

Встановлення електронасоса представлено на рис. 3.24.

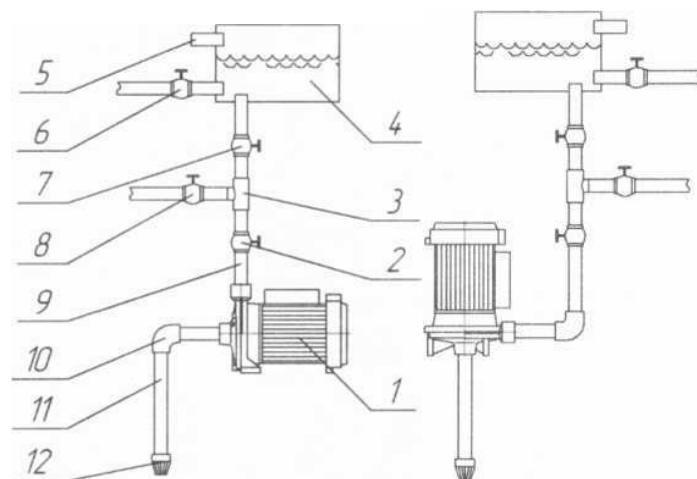


Рисунок 3.24 – Орієнтовна схема водопостачання:

1 – електронасос, 2; 6; 7; 8 – вентилі, 3 – трійник, 4 – бак водонапірний, 5 – труба сигнальна, 9 – напірний трубопровід, 10 – куточок, 11 – всмоктуєчий трубопровід, 12 – зворотний клапан

Для підвищення зручності користування електронасосом доцільно встановити систему водопостачання за схемою, що рекомендується рис. 3.24. При цьому необхідно забезпечити вільне надходження повітря до корпусу насоса, відстань до стінки не менше 50 мм.

Перед установкою електронасоса здійснити пробний запуск на 5...10 с, потім закріпити його до основи за допомогою болтів М8 х 50.

Головна умова успішного запуску та роботи електронасоса - забезпечення герметичності всіх елементів, що стикаються, на всмоктуванні.

При встановленні електронасоса над водою необхідно мати на увазі, що відстань від рівня води до електронасоса не повинна перевищувати 8 м (рис. 3.25).

У разі установки електронасоса не над водоймою, а в деякому віддаленні, відстань від забірного патрубку до електронасоса по горизонталі не повинна перевищувати 3 м.

При установці електронасоса для подачі води зі свердловини діаметр обсадної труби має бути не менше 50 мм.

Запуск електронасоса може бути здійснений лише за умови повного заповнення водою всмоктуючого трубопроводу та насосної частини.

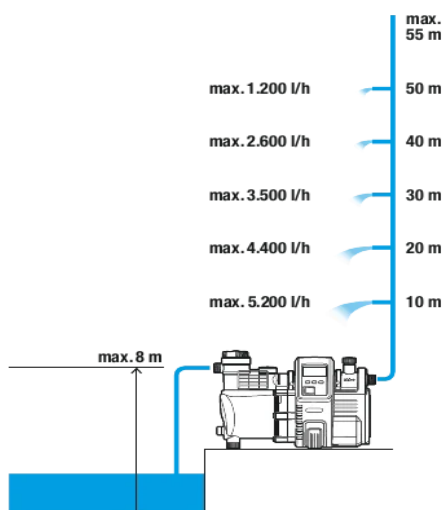


Рисунок 3.25 – Схема встановлення електронасоса над поверхнею води:

Для цього використовуйте заливний отвір при горизонтальному розташуванні електронасоса. Воду заливати до припинення виділення бульбашок повітря та закрутити пробку[10].

Технічне обслуговування

Для забезпечення тривалої, нормальної експлуатації електронасоса необхідно суворо дотримуватись вимог, викладених у цьому посібнику.

У разі зупинки працюючого електронасоса через спрацювання термічного захисту, а також при випадковому зникненні напруги в мережі живлення, включення електронасоса при відсутності перевантажень і появи напруги в мережі відбувається автоматично.

При зникненні напруги в мережі живлення рекомендується електронасос відключити і здійснити повторний запуск.

Для запобігання зносу ущільнення та поломки насоса, забороняється робота електронасоса без води.

Якщо електронасос працює у колодязі, то після закінчення роботи його необхідно підняти з колодязі, щоб не відсиріла обмотка.

У разі тривалої бездіяльності, а також у зимовий період електронасос необхідно зняти з установки, просушити та зберігати у сухому приміщенні при температурі від 5 до 35°C, змастивши незабарвлені поверхні антикорозійним мастилом.

У разі несправності електронасоса слід звернутися до авторизованого сервісного центру.

В таблиці 3.5 представлено можливі несправності і методи їх усунення.

Таблиця 3.5. Можливі несправності і методи їх усунення

№	Можлива несправність	Імовірна причина	Метод усунення
1	При заливці насоса вода не затримується у всмоктувальному трубопроводі	Несправний зворотний клапан	Очистити контактні поверхні кільця та корпусу або замінити кільце
2	Насос не всмоктує воду	Насос не залитий водою. Висота всмоктування понад 8 м. У всмоктуваль-	Залити водою. Зменшити висоту всмоктування. Усунути підсмук-

		ному трубопроводі підсмоктується повітря. Засмічений клапан	тування у з'єднаннях всмоктуючого трубопроводу. Очистити клапан
3	Насос не забезпечує висоту всмоктування	Підсмоктування повітря через всмоктуючий трубопровід	Усунути підсмоктування через трубопровід
4	Насос працює з малою об'ємною подачею	Невелика кількість обертів двигуна, велике падіння напруги в мережі. Великий опір напірного патрубку, засмічений трубопровід або має різкі вигини	Досягти стабільної напруги в мережі. Зменшити опір або замінити трубопровід
5	Насос не запускається	Немає напруги у мережі. Відкладення солей після стоянки. Спрацював захист від сухого ходу	Відновити напругу, перевірити запобіжники, усунути обрив дроту. Провернути робоче колесо. Перевірити наявність води в системі
6	Насос часто зупиняється через спрацювання термозахисту	Насос не захищений від прямого сонячного проміння. Температура рідини, що перекачується, перевищує допустимі межі	Поставити навіс. Дотримуватись рекомендованих температурних режимів

Якщо електронасос був в експлуатації, перед зберіганням з нього слід ретельно злити залишки води з насосної частини і просушити. Електронасос при зберіганні не потребує спеціальної консервації. Зберігання електронасоса допускається при температурі від 5 до 35°C у сухому та чистому приміщенні на відстані не менше 1 м від опалювальних пристроїв. У приміщенні має бути пар

кислот, лугів, агресивних газів. Не допускається зберігання електронасоса під впливом прямих сонячних променів.

Транспортування та зберігання у заводській упаковці допускається висотою не більше ніж у 4 ряди по висоті.

Виріб, його окремі вузли та упаковка повинні утилізуватися відповідно до вимог екології та місцевого законодавства, використовуйте сертифіковані служби утилізації.

Розрахунок заземлення. Розроблюваний контур заземлення складається з шести одиничних заземлювачів, з'єднаних паралельно. Параметри одного заземлювача – сталевий рівнополичний кутник довжиною 4,0 м з розміром полки 0,05 м. Поодинокі заземлювачі з'єднані паралельно сталевою смугою 50x4 мм. Ґрунт в місці установки заземлювачів – супісок.

Розрахунок опору одиночного вертикального заземлювача:

$$R_{\text{ов}} = \left(\frac{\rho}{2\pi L} \right) \left(\ln \left(\frac{2L}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\ln(4t + L)}{(4t - L)} \right), \text{Ом},$$

де: ρ – питомий опір ґрунту, Ом·м;

π – число Пі (3,14);

L – довжина одиничного заземлювача;

d – ширина полиці одиничного заземлювача;

t – заглиблення заземлювача.

Таким чином:

$$R_{\text{ов}} = \left(\frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} \right) \left(\ln \left(\frac{2 \cdot 4}{0,05} \right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\ln(4 \cdot 0,6 + 4)}{(4 \cdot 0,6 - 4)} \right) = 30,30 \text{ Ом}.$$

Розрахунок опору горизонтального заземлювача у вигляді витягнутої металеві смуги виконується за формулою:

$$R = \left(\frac{\rho}{\pi L} \right) \cdot K_2 \cdot \frac{\ln(1.5L)}{(\sqrt{bh})}, \text{Ом},$$

де: ρ – питомий опір ґрунту, Ом·м;

π – число Пі (3,14);

L – довжина горизонтального заземлювача, м;

K_2 – коефіцієнт використання сполучної смуги;

b – ширина смуги, м;

h – глибина прокладки смуги, м.

$$R = \left(\frac{150}{3,14 \cdot 4} \right) \cdot 0,7 \cdot \frac{\ln(1,5 \cdot 4)}{(\sqrt{0,05 \cdot 0,5})} = 30,40 \text{ Ом.}$$

Повний опір двох одиничних заземлювачів, з'єднаних паралельно горизонтальним заземлювачем виконуємо за формулою:

$$R_{\text{ог}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{(n_1 \cdot R_2 + n_2 \cdot n \cdot R_1)}, \text{ Ом,}$$

де: R_1 – опір горизонтального заземлювача, Ом;

R_2 – опір вертикального заземлювача, Ом;

n – число вертикальних заземлювачів;

n_1 – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів;

n_2 – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів.

$$R_{\text{ог}} = \frac{30,40 \cdot 30,30}{(0,7 \cdot 30,30 + 0,85 \cdot 6 \cdot 30,40)} = 5,22 \text{ Ом.}$$

При питомому опорі ґрунту $\rho > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ згідно п 1.7.96 ПУЕ допускається збільшувати значення, вказані в п 1.7.92 (4 Ом) і п 1.7.95 в $0,01 \cdot \rho$ раз, але не більше ніж у 10 разів.

Таким чином отримуємо:

$$4 \cdot 0,01 \cdot \rho = 4 \cdot 0,01 \cdot 150 = 6 \text{ Ом}$$

Висновок: запроектований контур заземлення відповідає вимогам ПУЕ.

Розрахунок блискавкозахисту. Розрахунок блискавкозахисту для АСК виконується згідно РД 34.21.122-87.

Тип зони захисту - Б.

Категорія блискавкозахисту - III.

Конструкція громовідводу - стрижневий блискавковідвід висотою не менше 0,2 м і діаметром 8 мм, встановлений на опорі кріплення самонесучого ізолюваного проводу (СІП) методом зварювання.

Висоту одиночного стрижневого блискавковідводу розраховуємо за формулою:

$$- \quad h = \frac{(r_x + 1,63 h_x)}{1,5}, \text{ м,}$$

де: r_x - радіус захисту по висоті споруди;

h_x - висота споруди, що захищається.

$$- \quad h = \frac{(2,5 + 1,63 \cdot 2,5)}{1,5} = 4,38 \text{ м}$$

Таким чином, в результаті розрахунків отримано, що верхня точка блискавковідводу повинна знаходитися над рівнем землі не нижче 4,38 м.

Нижче наведено перевірку правильності формул, що використовуються для розрахунку гідравлічної потужності насоса, а також приклад обчислень для заданих параметрів системи зрошення.

Методика розрахунку режимних характеристик за Еловицом

За методикою Еловица паспортні характеристики відцентрового насоса апроксимують поліномом (зазвичай другого- або третього ступеня). Наприклад, напір насоса можна описати наступним рівнянням:

$$H_{\text{нас}} = a_0 + a_1 \cdot Q + a_2 \cdot Q^2$$

де: $H_{\text{нас}}$ - напір насоса (м);

Q - подача (наприклад, м³/год або л/хв);

a_0, a_1, a_2 - коефіцієнти апроксимації, які визначаються шляхом аналізу паспортних характеристик конкретного насоса.

Аналогічну апроксимацію можна зробити для споживаної потужності:

$$N = b_0 + b_1 \cdot Q + b_2 \cdot Q^2$$

Перевірка формули для розрахунку гідравлічної потужності

Класична формула для гідравлічної потужності має вигляд

$$P_{\text{гидр}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

де:

- ρ – густина рідини, (для води 1000 кг/м³),
- g – прискорення вільного падіння ($\approx 9,81$ м/с²),
- Q – об'ємна витрата, м³/с,
- H – напір (або висота підйому), м.

Формула дає результат у ватах. Це стандартне визначення гідравлічної потужності, яке враховує суто гідравлічні умови (напір, витрата, густину рідини).

Для практичних розрахунків слід враховувати, що реальна електрична потужність, яку має подати насосний агрегат, більшої величини через внутрішні втрати. Тобто, якщо η – коефіцієнт корисної дії (ККД) насоса, то

$$P_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{гидр}}}{\eta} = \frac{(\rho \cdot g \cdot Q \cdot H)}{\eta}$$

Розрахунок параметрів для даної системи зрошення

Витрата води за зонами поливу

Згідно з наведеними даними:

1. Зона газону: 28,5 л/хв переведемо в м³/год:

$$\frac{28,5 \text{ л/хв}}{60} = 1710 \text{ л/год} = 1,71 \text{ м}^3/\text{год}$$

А в м³/с:

$$Q_1 = \frac{1,71}{3600} = 0,000475 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. Зони крапельного поливу: 25 л/хв

$$\frac{25 \text{ л/хв}}{60} = 1500 \text{ л/год} = 1,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

А в м³/с:

$$Q_2 = \frac{1,5}{3600} = 0,000417 \text{ м}^3/\text{с}$$

3. При одночасній роботі всіх зон: 53,5 л/хв

$$\frac{53,5 \text{ л/хв}}{60} = 3210 \text{ л/год} = 3,21 \text{ м}^3/\text{год}$$

В м³/с:

$$Q_{\text{макс}} = \frac{3,21}{3600} = 0,0008925 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розрахунок необхідного напору насоса

Нехай потрібний загальний напір обчислюється як сума:

$$H = H_{\text{вс}} + H_{\text{под}} + H_{\text{втр}} + H_{\text{роб}} + H_{\text{зап}}$$

де: $H_{\text{вс}}$ - геометрична висота всмоктування: 7 м.

$H_{\text{под}}$ - геометрична висота подачі: 1,5 м.

$H_{\text{втр}}$ - втрати напору в трубопроводі (за Дарсі-Вейсбаха). Якщо використати типові дані (наприклад, невеликий опір протягом 60 м труби), можна припустити, що $H_{\text{втр}} = 3$ м (ці дані можуть змінюватися залежно від конфігурації мережі).

$H_{\text{роб}}$ - робочий тиск для дощувачів: 3 бар = 30 м.

$H_{\text{зап}}$ - запас напору: 3 м.

Таким чином, якщо взяти $H_{\text{втр}} = 3$ м, то:

$$H = 7 + 1,5 + 3 + 30 + 3 = 44,5 \text{ м}$$

Розрахунок гідравлічної потужності насоса

Використовуємо формулу:

$$P_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{гідр}}}{\eta} = \frac{(\rho \cdot g \cdot Q \cdot H)}{\eta}$$

Припустимо, що для розрахунку береться максимальна витрата (при одночасній роботі): $Q_{\text{макс}} = 3,21 \text{ м}^3/\text{год}$.

Спершу переведемо витрату у $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q = \frac{3,21}{3600} = 0,0008925 \text{ м}^3/\text{с}$$

Підставляємо:

$$P_{\text{ел}} = \frac{(1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0008925 \cdot 44,5)}{0,6}$$

Обчислимо крок за кроком:

$$1. 1000 \cdot 9,81 = 9810$$

$$2. 9810 \cdot 0,0008925 = 8,762 \text{ Вт/м}$$

$$3. 8,762 \cdot 44,5 = 389,8 \text{ Вт}$$

$$4. \frac{389,8}{0,6} = 650 \text{ Вт}$$

Таким чином, $P_{\text{ел}} = 650 \text{ Вт}$.

Розрахунок потрібної електричної потужності із урахуванням ефективності

Якщо КПД насоса $\eta = 0,6$ (60%), тоді:

$$P_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{гидр}}}{\eta} = \frac{389,8}{0.6} = 650 \text{ Вт}$$

У даному прикладі розрахована потужність становить близько 650 Вт. Однак у практичних умовах при пускових моментах, коливаннях в режимах роботи та запасах для зневоднення системи обирають агрегат із потужністю у діапазоні 1–1,5 кВт. Тому, за проектними даними, обрана потужність у 1,3 кВт відповідає не лише номінальним умовам, але й забезпечує достатній запас для змінних режимів роботи.

Розрахунок ефекту частотного регулювання (закон подібності)

При використанні частотного перетворювача CUE режим роботи насоса змінюється за законами подібності:

- Для подачі:

$$\frac{Q}{Q_{\text{ном}}} = \frac{n}{n_{\text{ном}}}$$

- Для напору:

$$\frac{H}{H_{\text{ном}}} = \left(\frac{n}{n_{\text{ном}}} \right)^2$$

- Для потужності:

$$\frac{P}{P_{\text{ном}}} = \left(\frac{n}{n_{\text{ном}}} \right)^3$$

Якщо насос при номінальній частоті $n_{\text{ном}} = 3000$ об/хв дає $Q_{\text{ном}} = 6000$ л/год та $H_{\text{ном}} = 34$ м, а при потребі зрошення необхідно отримати $Q = 3600$ л/год, тоді:

1. Частота обертання:

$$\frac{3600}{6000} = 0.6$$

$$n = 0.6 \cdot 3000 = 1800 \text{ об/хв}$$

2. Напір насоса при змінній частоті:

$$H = 34 \cdot 0.6^2 = 34 \cdot 0.36 = 12,24 \text{ м}$$

Цей приклад демонструє, як частотне регулювання дозволяє працювати в оптимальному режимі для певного водоспоживання та зменшувати

енергоспоживання, адже споживана потужність при зменшенні частоти падає за кубічним законом.

Енергоефективність насосного агрегату

Енергоефективність (ЕЕ) визначається як відношення корисної гідравлічної потужності до споживаної електричної потужності:

$$EE = \frac{P_{\text{гiдр}}}{P_{\text{ел}}}$$

За розрахунками:

- $P_{\text{гiдр}} = 389.8 \text{ Вт}$

- $P_{\text{ел}} = 650 \text{ Вт}$

Тоді:

$$EE = \frac{389.8}{650} = 0,60 \text{ (60\%)}$$

При використанні частотного регулювання, за законом кубу частоти, зменшення потужності може значно знизити енергоспоживання системи при роботі зниженою подачею.

Висновок до розділу 3

В даному розділі роботи проведено вибір перетворювача частоти за функціональними можливостями для зрошувальної системи. Обрано та налаштовано основні режими керування частотного перетворювача на базі інтегрованого PID контролеру. Розглянуто питання автоматичного зниження номінального значення вихідного струму, також, захист від «сухої роботи» та змушеної зупинки насоса.

Проведено розрахунок насосу зрошувальної системи за потужністю. Обрано відцентровий поверхневий насос GARDENA 6000/6. наведено схему підключення насосу до системи водопостачання. Виконано розрахунок заземлення станції керування та блискавкозахист.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Охорона праці й техніка безпеки при роботі з електроустановками

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а відтак і кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки. Тому питання електробезпеки набувають особливої ваги[14].

В даний час навряд чи знайдеться професія, місце на виробництві або в побуті, де б ми не зустрічалися з електрикою. І саме тому дуже важливе значення має електробезпека, тобто захист людини, що користується електроприладами, що обслуговує електрообладнання від ураження електричним струмом. Особливої актуальності набуває дана проблема через те, що людина не має органів сприйняття електрики на відстані і тому вона є істотно потенційною небезпекою.

Проведення робіт в електроустановках регламентується нормативно-правовими актами з охорони праці та нормативними документами з технічної експлуатації. До вказаних нормативно-правових актів з охорони праці відносяться НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», що встановлюють заходи безпеки при експлуатації, будівництві та монтажі електроустановок споживачів та НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок», що встановлюють заходи безпеки при експлуатації, будівництві та монтажі електроустановок Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Ці нормативно-правові акти схожі, проте деякі розділи в них все ж таки містять суттєві відмінності в організації робіт з обслуговування електроустановок[15].

Усі засоби і заходи електробезпеки прийнято поділяти на три групи: технічні, організаційні та електрозахисні.

Технічні засоби і заходи з електробезпеки реалізуються в конструкції електроустановок при їх розробці, виготовленні і монтажі відповідно до чинних нормативів. За своїми функціями технічні засоби і заходи електробезпеки поділяються на дві групи:

- технічні заходи та засоби електробезпеки, що використовуються за нормального режиму роботи електроустановок;
- технічні заходи та засоби електробезпеки, що використовуються за аварійних режимів роботи електроустановок.

До основних технічних засобів і заходів першої групи відносяться:

- захист від випадкового доторкання до струмовідних частин;
- блокувальні пристрої; · засоби орієнтації та сигналізації;
- захисне розділення електричних мереж;
- застосування малої напруги;
- компенсація ємнісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

Залежно від призначення, умов експлуатації та конструкції в електроустановках можуть застосовуватись одночасно декілька з перелічених технічних засобів і заходів.

Технічні заходи електробезпеки, що використовуються за аварійних режимів роботи електроустановок включають:

- захисне заземлення;
- занулення;
- захисне відключення.

Електрозахисні засоби – це технічні вироби, що не є конструктивними елементами електроустановок і застосовуються під час виконання робіт в електроустановках з метою запобігання електротравм[16].

Електрозахисні засоби поділяються на ізолюючі (ізолюючі штанги, кліщі, накладки, діелектричні рукавички, тощо), огорожуючі (огороження, щитки, ширми, плакати) та запобіжні (окуляри, каски, запобіжні пояси, рукавиці для захисту рук)[17]

Організаційні заходи і засоби щодо попередження електротравм регламентуються НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Вони включають професійний відбір, професійну підготовку, навчання і перевірку знань працівників з питань електробезпеки,

організацію безпечного виконання та нагляду за роботами в електроустановках, обмеження доступу в електроустановки, огляд, профілактичні, протиаварійні, приймально-здавальні випробування електроустановок, опосвідчення діючих електроустановок тощо[16].

Обслуговування діючих електроустановок, проведення в них оперативних перемикань, організація та проведення ремонтних, монтажних та налагоджувальних робіт здійснюється спеціально підготовленим електротехнічним персоналом.

Усі роботи в діючих електроустановках щодо заходів безпеки поділяються на 3 категорії:

- при повному знятті напруги роботи, що виконуються на повністю відключеному устаткуванні, при цьому немає незачиненого входу в сусіднє приміщення, де є установки під напругою;
- з частковим зняттям напруги з установки - роботи, що виконуються у приміщенні або на відкритій електроустановці, де відключені не всі струмопровідні частини, або є незачинений вхід до сусіднього приміщення, в якому ця напруга не знята;
- без зняття напруги - роботи, що за своїм характером не вимагають відключення обладнання та апаратури, що виконуються в умовах, за яких випадковий дотик до невідключених струмопровідних частин, неключний (наприклад, роботи, що проводяться на кожухах та станинах обладнання).

Основні ризики при роботі з електроустановками включають електричний удар, опіки, пожежі та вибухи. Електричний удар може спричинити серйозні пошкодження органів та тканин, а також може призвести до смерті. Пожежі та вибухи, спричинені короткими замиканнями чи перевантаженнями, можуть призвести до значної матеріальної шкоди та загрожувати життю людей.

4.2 Пожежна безпека

Безпека обладнання забезпечується наступними методами:

- добором принципів дії, джерел енергії та параметрів робочих процесів;
- мінімізацією кількості енергії, що споживається чи накопичується;
- застосуванням вмонтованих у конструкцію засобів захисту та інформації про можливі небезпечні ситуації;
- застосуванням засобів автоматизації, дистанційного керування та контролю;
- дотриманням ергономічних вимог, обмеженням фізичних і нервово-психологічних навантажень.

Обладнання під час роботи, повинно відповідати вимогам безпеки на протязі усього періоду експлуатації.

Матеріали конструкції обладнання не повинні зумовлювати утворення небезпечних чи шкідливих факторів щодо дії на організм працівників, а навантаження, що виникають під час роботи в окремих елементах обладнання, не повинні сягати небезпечних величин.

Небезпечні зони обладнання (рухомі вузли, елементи з високою температурою, струмовідні елементи електрообладнання), як потенційні джерела травмонебезпеки, повинні бути огорожені, теплоізовані або розміщені у недосяжних місцях чи екрановані (ДСТУ 2894-94; ПУЕ-2017).

Обладнання повинно бути пожежовибухобезпечним у передбачених умовах експлуатації та не накопичувати зарядів статичної електрики у небезпечних кількостях (ДСТУ EN 50014-200).

Якщо обладнання є джерелом шуму, ультра- та інфразвуку, вібрації, то його слід виконувати таким чином, щоб параметри перерахованих шкідливих факторів не перевищували меж, встановлених відповідними чинними нормативами

Однією із основних складових безпеки будь-якого обладнання є конструкція робочого місця, його розміри, взаємне розміщення органів управління, засобів відображення інформації, допоміжного обладнання тощо. Система управління обладнанням має забезпечувати надійне і безпечне його функціонування на всіх режимах роботи.

Засоби захисту, що входять у конструкцію обладнання, повинні:

- забезпечувати можливість контролю їх функціонування;
- виконувати своє призначення безперервно у процесі роботи обладнання;
- діяти до повної нормалізації відповідного небезпечного чи шкідливого фактора, що спричинив спрацювання захисту;
- зберігати функціонування у випадку виходу із ладу інших засобів захисту.

У разі виявлення ознак пожежі людина, яка її помітила, повинна:

- негайно повідомити про це засобами зв'язку органи ДСНС та вказати при цьому місце виникнення пожежі, кількість поверхів у будівлі, наявність людей, а також своє прізвище;
- повідомити про пожежу власника;
- організувати оповіщення людей про пожежу;
- вжити заходів щодо евакуації людей та матеріальних цінностей.
- вжити заходів щодо гасіння пожежі з використанням наявних засобів пожежогасіння (вогнегасників та інших засобів пожежогасіння).
- вимкнути у разі необхідності струмоприймачі та вентиляцію[18].

4.3 Перша допомога при ураженні електричним струмом

Аналіз виробничого травматизму показує, що кількість травм, які спричинені дією електричного струму є незначною і складає близько 1%, однак із загальної кількості смертельних нещасних випадків частка електротравм вже складає 20—40% і займає одне з перших місць. Найбільша кількість випадків електротравматизму, в тому числі із смертельними наслідками, має місце при експлуатації електроустановок напругою до 1000 В, що пов'язано з їх значним поширенням і відносною доступністю практично для кожного.

Заходи першої допомоги залежать від стану потерпілого після визволення його від електричного струму. Для визначення стану необхідно вжити таких заходів:

- покласти потерпілого спиною на тверду поверхню;
- перевірити наявність у потерпілого дихання;

- перевірити наявність у потерпілого пульсу на сонній артерії;
- з'ясувати стан зіниці, широка зіниця вказує на погіршення кровопостачання.

У всіх випадках ураження електричним струмом виклик лікаря є обов'язковим незалежно від стану потерпілого.

Якщо потерпілий знаходиться при свідомості, його треба покласти у зручне положення і до прибуття лікаря забезпечити спокій, обов'язково спостерігаючи за диханням і пульсом. Не можна дозволяти потерпілому рухатись, продовжувати роботу. Якщо лікаря швидко викликати не можна, необхідно терміново доставити потерпілого у медичний пункт.

Якщо потерпілий знаходиться у непритомному стані, його необхідно покласти, розстебнути одяг, забезпечити приплив свіжого повітря, дати понюхати нашатирний спирт, бризнути на нього водою і забезпечити спокій. У той же час потрібно викликати лікаря. Якщо потерпілий дихає погано, рідко і судомно, йому необхідно робити штучне дихання і непрямий масаж серця.

У разі відсутності в потерпілого ознак життя не можна вважати його померлим. Якщо в такому стані потерпілому не буде надано негайну першу допомогу у вигляді штучного дихання і зовнішнього масажу серця, то настане смерть. Оживлення організму, ураженого електричним струмом, може бути проведено кількома способами. Всі вони базуються на штучному диханні. Починати штучне дихання слід негайно після вивільнення потерпілого від електричного струму і проводити безперервно до досягнення позитивного результату. Штучне дихання необхідно робити безперервно, до прибуття лікаря.

Переносити потерпілого до іншого місця треба тільки в тих випадках, коли йому, чи особі, яка надає допомогу, продовжує загрожувати небезпека.

Ураженого електричним струмом можна визнати померлим тільки за наявності видимих тяжких зовнішніх ушкоджень: роздроблення черепа у разі падіння чи обпалення всього тіла. В інших випадках констатує смерть лише в лікарні[19].

5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Обґрунтування необхідності розгляду питань з охорони навколишнього середовища

Проблема гармонізації відносин суспільства і природи, охорони навколишнього середовища набула глобального значення. Виникла потреба розробки ефективних міжнародних механізмів, які забезпечували б розумне використання ресурсів планети, їхню охорону, сприяли б збереженню екологічної рівноваги.

Основні групи екологічних проблем.

Атмосферні (забруднення атмосфери: радіологічне, хімічне, механічне, теплове)

Водні (виснаження і забруднення поверхневих і підземних вод, забруднення морів і океанів)Геолого-геоморфологічні (інтенсифікація несприятливих геолого-геоморфологічних процесів, порушення рельєфу і геологічної будови)

Грунтові (забруднення ґрунтів, ерозія, дефляція, вторинне засолення, заболочування і ін.)Біотичні (зменшення рослинності, деградація лісів, пасовищна (екологія)дигресія, скорочення видової різноманітності і ін.)

Комплексні (ландшафтні) — опустелювання, зниження біорізноманітності, порушення режиму природоохоронних органів

Екологічна проблематика все частіше виходить на перше місце в міжнародних відносинах. Так, переважна більшість міжнародних екологічних документів передбачає такі основні завдання:

- встановлення пріоритетів для майбутньої діяльності з розробки правових норм у галузі охорони навколишнього середовища;
- прийняття міжнародних стандартів у галузі охорони навколишнього середовища;
- усунення корінних причин деградації навколишнього середовища;
- екологічний моніторинг і оцінка стану навколишнього середовища;

- прогнозування та розробка цільових механізмів збереження, відновлення і охорони навколишнього середовища[20].

5.2 Енергоефективність виробу

Енергоефективність — це використання меншої кількості енергії для досягнення того ж результату. Або ж, як визначає її закон, «кількісне співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та витраченою енергією на вході»

Варто розуміти, що енергія не береться нізвідки – в Україні вона виробляється переважно із викопного палива. Половину електроенергії постачають атомні електростанції, які в процесі роботи продукують тони радіоактивних відходів. Ще третина та більша частина тепла для опалення – результат спалювання викопного палива, що забруднює повітря і посилює зміну клімату. Тож чим менше енергії ми споживаємо, тим менше шкоди довкіллю завдаємо і тим легше буде поступово заміщувати брудне паливо більш чистими та безпечними відновлюваними джерелами енергії (сонце, вітер, біомаса тощо)

По-друге, економія ресурсів – це ще й економія коштів

По-третє, енергоефективність – це одна із основ енергетичної політики ЄС, адже там активно націлені на зменшення свого впливу на довкілля та клімат. І Україна прагне найвищих стандартів ефективності.

На особистому рівні кожен та кожна з нас може знайти простір для енергоефективності. Найпростіше це побачити на прикладі побутової техніки – уся вона має маркування класу енергоефективності. Чим він вищий – тим менше енергії той чи інший пристрій споживає для виконання тієї самої роботи, що й інший прилад із нижчим класом. Та навіть зі старою технікою можна поводитися ефективніше, використовуючи за правилами і лише для потреби[21].

При виборі будь якого виробу потрібно враховувати клас енергоефективності виробу.

Енергетичні етикетки (або «енергетичний паспорт» обладнання) надають корисну інформацію для покупців, коли вони обирають вироби між різними моделями чи виробниками. Таким чином, навіть не знаючи таких параметрів, як різниця ККД за вищою тепловою згоряння та ККД за нижчою, чи значення COP, а також впливу на нього значень параметру A_x / W_y (де x та y – температура відповідних середовищ) у теплових насосах. Тільки подивившись на цю наклейку, пересічний споживач одразу зрозуміє, наскільки те чи інше обладнання є сучасним, енергоефективним, потужним, шумним, економічним в процесі експлуатації приладу та інше. На етикетці обладнання поділяється на різні класи ефективності від A до G, де клас A – найбільш енергоефективний, а G – найменш ефективний. Найкращий наразі клас енергоефективності A+++[22].

5.3 Утилізація

Електронні пристрої стали невіддільною частиною нашого життя. Вони полегшують комунікацію, надають доступ до інформації та розваг, а швидке «старіння» гаджетів ще до виходу з ладу та поява нових моделей на прилавках заохочують нас постійно замінювати старі пристрої на нові. Проте мало хто задумується про подальшу долю старих гаджетів.

Правильні утилізація та перероблення електроніки мають велике значення для збереження навколишнього середовища та ресурсів планети. Коли електронні пристрої просто викидаються на звалище, то стають бомбою уповільненої дії, катастрофічно забруднюючи середовище. Чимало електронних пристроїв містять токсичні речовини: ртуть, свинець, кадмій, які, лежачи на сміттєвих купах, потрапляють у ґрунт і воду, зрештою шкодячи екосистемі й здоров'ю людей[23].

Викидати зламану техніку у сміттєвий бак – не найкращий варіант для нашого довкілля. Електронні відходи є великою екологічною проблемою у світі. Щороку утилізується величезна кількість застарілих або зламаних електронних пристроїв. Замість того, щоб викидати їх на смітник, чудовим рішенням є переробка старої електроніки, що дозволить повторно використовувати або

перепрофілювати матеріали з наявних продуктів. Є багато товарів, які зараз виготовляються з перероблених ресурсів. Правильна утилізація електронних відходів – один з найкращих способів зменшити наш вплив на навколишнє середовище.

Збереження ресурсів: багато компонентів техніки містять цінні рідкі метали, дорогоцінні камені та інші матеріали, які можуть бути відновлені та використані для виробництва нової техніки.

Запобігання незаконному експорту електронного сміття: незаконний експорт електронного сміття в країни з недостатнім рівнем захисту навколишнього середовища може призвести до викидання токсичних речовин та небезпечних відходів. Правильна утилізація техніки забезпечує контрольований процес обробки відходів та запобігає незаконному експорту електронного сміття.

Дотримання законодавства: в багатьох країнах існують законодавчі вимоги щодо утилізації електронної техніки, включаючи заборону неправильної утилізації.

Зниження забруднення: неправильна утилізація може призвести до викидів шкідливих речовин в атмосферу, ґрунт або водойми, що негативно впливає на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Заощадження енергії: виробництво електронної техніки потребує значної кількості енергії та води. Використання відновлених або перероблених матеріалів зі старої техніки може допомогти знизити цю потребу, забезпечуючи більш ефективне використання ресурсів.

Зниження ціни на виробництво: використовуючи деталі повторно можна знизити ціну на виробництво, адже можна не виготовляти нові матеріали.

Переробка електронної техніки – складний процес, що включає сортування, подрібнення та вилучення корисних компонентів для подальшого використання. Отримана вторинна сировина може бути використана для виробництва нової техніки. Така переробка зменшує обсяг відходів на смітниках та мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище[24].

ВИСНОВОК

В бакалаврській роботі, присвяченій темі "Електропривод насосного агрегату", виконано всебічне дослідження як теоретичних, так і практичних аспектів створення ефективної, енергоощадної та автоматизованої системи поливу земельної ділянки. Робота відповідає сучасним вимогам до проектування електромеханічних систем у сільському господарстві та демонструє міждисциплінарний підхід до вирішення питань водозабезпечення.

У першому розділі здійснено аналіз існуючих типів зрошувальних систем, їх класифікацію та визначено основні переваги. Визначено типові конструктивні схеми, проаналізовано функціональні можливості сучасних автоматизованих систем, а також визначено вимоги до насосного обладнання. З'ясовано, що найкращим варіантом для умов конкретної ділянки є використання поверхневого відцентрового насоса з частотним регулюванням, що забезпечує оптимальний напір та високу енергоефективність.

У другому розділі детально описано методику проектування системи зрошення, включаючи аналіз рельєфу місцевості, гідравлічні характеристики, вибір і розміщення дощувачів та трубопроводів. Визначено потреби в поливі для різних зон ділянки, таких як газон, город і декоративні насадження, розраховано необхідну кількість дощувачів GARDENA OS 140 і довжину крапельного поливу. Приведено формули розрахунку витрат води, втрат напору та загальної продуктивності системи, що стало основою для вибору насосного агрегату з відповідними параметрами.

У третьому розділі обґрунтовано використання частотно-регульованого електроприводу для автоматизації роботи насосного обладнання. Проведено вибір перетворювача частоти, враховуючи режими роботи, необхідний рівень енергоефективності та відповідність вимогам щодо надійності. Розроблено алгоритм роботи системи в автоматичному режимі з урахуванням специфічних потреб різних зон поливу та потреб у воді.

В роботі наведено електричну принципову схему підключення насоса через перетворювач частоти, що забезпечує плавний пуск, точне налаштування швидкості обертання та легку інтеграцію з системою керування. Описано функціональні можливості контролера GARDENA 4030, що дозволяє реалізувати погодинне програмування поливу, а також підключати датчики вологості ґрунту та опадів.

Окремий розділ присвячений заходам з охорони праці та екологічної безпеки. Надано конкретні рекомендації щодо безпечної експлуатації електрообладнання, проектування системи заземлення та блискавкозахисту. Також розглянуто питання утилізації електронного обладнання відповідно до вимог екологічного законодавства України.

Розроблена система зрошення має потенціал для успішної адаптації як у приватному секторі, так і у фермерських господарствах та агропідприємствах, забезпечуючи раціональне використання водних ресурсів, зменшення споживання електроенергії та скорочення витрат на ручну працю. Запропоновані технічні рішення базуються на доступних компонентах та легко масштабуються для земельних ділянок різної площі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. АМАКО group of companies. (2022). Отримано з: <https://amacoint.com/ua>
2. Загальні відомості про зрошення і зрошувальні системи. Отримано з <https://vseosvita.ua/library/embed/0100d3r0-e1ec.docx.html>
3. Журнал «Агроном», від 26.07.2020. Отримано з: <https://www.agronom.com.ua/suchasni-systemy-zroshuvannya/>
4. Продукти для садівництва GARDENA. Отримано з: <https://www.gardena.com/ua/>
5. Системи автоматичного поливу від Oasis Home. Отримано з <https://oasishome.kiev.ua/uk/services/avtomaticheskij-poliv-gazonov/>.
6. Вибір насосу для поливу Sunmix. Отримано з: <https://sanmix.net.ua/ua/kak-vibrat-nasos-dlja-poliva-ogoroda-obzor-nasosov-i-poleznie-soveti>.
7. Різниця між заглибним і поверхневим насосом. Отримано з: <https://ua.hannerpump.com/info/what-is-the-difference-between-a-submersible-a-91358335.html>
8. Насос для поливу: вибір і рекомендації. Отримано з: <https://kwitka.com.ua/solomiya/nasos-dlya-poliva-vybor-i-rekomendacii>.
9. Клапан для поливу GARDENA. Отримано з: <https://www.gardena.com/ua/produkcija/polyv/sprynklernasystemapolyvu/kl%D0%B0p%D0%B0n-dlja-p%D0%BElyv%D1%83-24v/900904201.html>
10. Насос автоматичний GARDENA. Отримано з: <https://www.gardena.com/ua/produkcija/nasosy/nasosnistancii/n%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D0%B0vt%D0%BE%D0%B0tycnyj60006/967296501.html>
11. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. (2021). Частотне керування асинхронним приводом: Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни „Основи електропривода”. Ніжин.: 2011. – 98 с.
12. Лавриєнко, Ю. М., Синявський О. Ю. (2010). Основи електроприводу. – К.: 2010, 409с.
13. Перетворювач частоти. Отримано з:

<https://productselection.grundfos.com/ua/products/cue-1/cue/cue-1x200-240v-ip55-15kw99616619?pumpsystemid=2675694604&tab=variant-drawings>

14. Електробезпека. Отримано з: <http://ztec.com.ua/ztec/e-lib/Охорона%20праці/Тема%2017%20Електробезпека.pdf>

15. Безпечне виконання робіт на електроустановках. Отримано з: <https://oppb.com.ua/articles/vse-pro-bezpechne-vykonannya-robit-v-elektroustanovkah>

16. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

17. Гадзюк М.П. Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів – К каравела, 2004 – 408 с

18. Безпека обладнання. Отримано з: https://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/08/Lekc_5_BGD_CZ_2021.pdf

19. Перша допомога при ураженні електричним струмом. Отримано з: <https://bozhedarivska-selrada.gov.ua/news/1576497483/>

20. Екологічні проблеми. Отримано з: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-spivpracya-ukra-ni-z-inshimi-kra-nami-u-spravi-ohoroni-prirodi-414174.html#:~:text=Проблема%20гармонізації%20відносин%20суспільства%20і,сприяли%206%20збереженню%20екологічної%20рівноваги.>

21. Енергоефективність. Отримано з: https://ecoaction.org.ua/shcho-take-ee.html?gad_source=1&gad_campaignid=15339288868&gclid=Cj0KCQjwxDXBBhDEARIsAAUkP6jJWfgDRAYVa21nIyK72RjEfDk07fK7g-eSjmJeqeC2tcef4dnjuMYaApH_EALw_wcB

22. Енергетичне маркування виробів. Отримано з: <https://aw-therm.com.ua/energetichne-markuvannya-virobiv-ta-ekodizajn/>

23. Утилізація. Отримано з: <https://kosmotech.com.ua/yak-vidpovidalno-utyлизувaty-elektrotehniku-kilka-lajfhakiv-i-vazhlyvyh-pravyl/>

24. Утилізація електронних відходів. Отримано з: <https://ecoburougcc.org.ua/index.php/ekologija-zhittja/utilizatsija/7379-pravyl-na-utyлизatsiia-elektronnykh-vidkhodiv-vybir-na-koryst-dovkillia>