

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра “Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент”

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
канд. техн. наук., професор
_____Петро ПЛЄШКОВ
“ ____ ” _____2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої
освіти
на тему
“ Енергоефективна система автоматичного
керування станцією підкачування води житлового
комплексу ”

Виконав здобувач вищої освіти
2 курсу магістратури, групи ЕЕ-22М
ОПП «Електротехнічні системи
електроспоживання»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____Станіслав ФОМЕНКО
« ____ » _____2023 р.
Керівник роботи
канд. техн. наук, доцент
_____Василь ЗІНЗУРА
« ____ » _____2023 р.
Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Плешков П.Г.

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Фоменка Станіслава Євгенійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Енергоефективна система автоматичного керування станцією підкачування води житлового комплексу

Energy-efficient automatic control system

of the water pumping station of the residential complex

2. Керівник роботи (проекту) Зінзура Василь Васильович, канд. техн. наук., доц.

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 28.12.2023 р

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) Метою роботи є розробка енергоефективної автоматизованої системи водопостачання житлового комплексу. Завдання роботи: 1. Провести аналітичний огляд існуючих систем водозабезпечення житлових комплексів. 2. Провести аналіз сучасних систем автоматизації процесу водопостачання в умовах житлового комплексу. 3. Провести синтез енергоефективної системи автоматичного керування насосною станцією, що забезпечує водопостачання житлового комплексу. 4. Розробити комп'ютерну модель та з її допомогою дослідити режими роботи насосної станції, що забезпечує водопостачання житлового комплексу.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н, доц. Савеленко І.В.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
<i>1</i>	<i>Вступ</i>	<i>10.10.2023</i>	
<i>2</i>	<i>Аналіз сучасних системи водопостачання житлових комплексів</i>	<i>13.10.2023</i>	
<i>3</i>	<i>Теоретичне дослідження системи автоматичного керування станцією підкачування води житлового комплексу</i>	<i>30.10.2023</i>	
<i>4</i>	<i>Комп'ютерне імітаційне моделювання системи автоматичного керування станцією підкачування води житлового комплексу</i>	<i>15.11.2023</i>	
<i>5</i>	<i>Охорона праці</i>	<i>30.11.2023</i>	
<i>7</i>	<i>Висновки</i>	<i>07.12.2023</i>	
<i>8</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>11.12.2023</i>	
<i>9</i>	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>14.12.2023</i>	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2023 р.

Підпис керівника _____

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

АНОТАЦІЯ

Фоменко С. А. Енергоефективна система автоматичного керування станцією підкачування води житлового комплексу

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – ОПП «Електротехнічні системи електроспоживання». – Центральноукраїнський національний технічний університет. – м. Кропивницький, 2023 р.

Метою роботи є розробка енергоефективної автоматизованої системи водопостачання житлового комплексу.

Аналіз сучасних автономних систем водопостачання житлових комплексів показав, що в якості джерела водопостачання найбільш доцільно застосовувати глибинну свердловину, яка, як правило, є частиною водозабірної системи, що включає в себе занурювальні насоси, резервуари для збору води, прилади для вимірювання рівня води, насоси для циркуляції води, автоматичну систему управління.

Синтезована система автоматичного керування частотно-регульованим електроприводом автоматичної насосної станції дала змогу розробити комп'ютерну імітаційну модель, з допомогою якої було проведено дослідження системи водопостачання житлового комплексу.

Комп'ютерне моделювання системи керування насосним агрегатом у середовищі MATLAB показало правильність вибору структурної схеми насосного агрегату, а основним показником якості перехідного процесу є правильність синтезу регулятора тиску.

Ключові слова: система автоматичного керування, система водопостачання, відцентровий насос

THE SUMMARY

Fomenko S. A. Energy-efficient automatic control system of the water pumping station of the residential complex

Specialty 141 – "Electric power, electrical engineering and electromechanics". – "Electrical power consumption systems". – Central Ukrainian National Technical University. – Kropyvnytskyi, 2023

The purpose of the work is to develop an energy-efficient automated water supply system for a residential complex.

The analysis of modern autonomous water supply systems of residential complexes showed that it is most appropriate to use a deep well as a source of water supply, which, as a rule, is part of a water intake complex, which includes submersible pumps, water collection tanks, devices for measuring the water level, pumps for water circulation, automatic control system.

The synthesized system of automatic control of the frequency-regulated electric drive of the automatic pumping station made it possible to develop a computer simulation model, which was used to study the water supply system of the residential complex.

Computer modeling of the pump unit control system in the MATLAB environment showed the correct selection of the structural diagram of the pump unit, and the main indicator of the quality of the transition process is the correctness of the synthesis of the pressure regulator.

Keywords: automatic control system, water supply system, centrifugal pump

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ.....	10
1.1 Аналіз процесу облаштування побутових глибоких свердловин	10
1.2 Характеристики автономних систем водопостачання в житлових комплексах	11
1.3 Аналіз сучасних систем водопостачання житлових комплексів.....	13
1.4 Аналітичний огляд сучасних насосних агрегатів для водопостачання житлових комплексів.....	18
Висновки до розділу	38
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СТАНЦІЄЮ ПІДКАЧУВАННЯ ВОДИ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ.....	39
2.1 Аналіз компонентів енергоефективної системи автоматичного керування насосної установки	39
2.2 Вибір типу електроприводу енергоефективної насосної установки	63
2.3 Синтез системи автоматичного керування насосною станцією.....	70
Висновки до розділу	76
РОЗДІЛ 3. КОМП'ЮТЕРНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СТАНЦІЄЮ ПІДКАЧУВАННЯ ВОДИ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ.....	77
3.1 Розробка комп'ютерної імітаційної моделі насосної установки.....	77
3.2 Результати комп'ютерного моделювання САК насосної установки.....	80
Висновки до розділу	83
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89

ВСТУП

Актуальність теми. Будь-яка автономна система водопостачання включає джерело води та розгалужену мережу трубопроводів. Для індивідуальних будинків найпоширенішими системами забору води є криниці та свердловини. Система трубопроводів містить насосне обладнання для подачі води, пристрої керування для регулювання подачі та розгалужену мережу труб, що транспортують воду. За потреби, якщо якість води не відповідає санітарно-гігієнічним нормам, можна встановити фільтри та очисні споруди для доочищення води. Головною метою таких автономних систем є забезпечення сталого водопостачання та створення комфортних умов користування водою для мешканців будинку.

Системи автономного водопостачання мають низку переваг порівняно із централізованими міськими мережами. Зокрема, вони дозволяють регулювати якість та тиск подачі води, оптимізувати витрати на обслуговування системи, а також знижують залежність від зовнішніх постачальників послуг водопостачання. Проте автономні системи вимагають регулярного моніторингу та своєчасного проведення профілактичних і ремонтних робіт для безперебійної подачі якісної питної води.

Мета й завдання дослідження . Мета дослідження – розробка енергоефективної автоматизованої системи водопостачання житлового комплексу.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Провести аналітичний огляд існуючих систем водозабезпечення житлових комплексів.
2. Провести аналіз сучасних систем автоматизації процесу водопостачання в умовах житлового комплексу.

3. Провести синтез енергоефективної системи автоматичного керування насосною станцією, що забезпечує водопостачання житлового комплексу.

4. Розробити комп'ютерну модель та з її допомогою дослідити режими роботи насосної станції, що забезпечує водопостачання житлового комплексу.

Завдання дослідження – провести технологічний розрахунок, обрати систему водопостачання за заданими параметрами, обрати технологічне обладнання, побудувати структурну та функціональну схеми, змодельовати технологічні режими системи автоматичного управління, отримати графіки перехідних процесів.

Об'єкт дослідження - автоматизований електропривод системи водопостачання житлового комплексу.

Предмет дослідження - автоматизована система керування електроприводом системи водопостачання житлового комплексу.

Методи дослідження. В роботі використовувались методи теорії автоматичного керування, методи синтезу систем автоматичного керування, методи комп'ютерного моделювання

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці енергоефективної системи водопостачання житлового комплексу з плавним регулюванням, що дає змогу не лише зменшити споживання електроенергії, але і підвищити якість її роботи за рахунок уникнення гідроударів

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблена в роботі система автоматичного керування насосної станції може бути використана при проектуванні систем водопостачання житлових комплексів;

- розроблена комп'ютерна модель насосної станції житлового комплексу дає змогу проводити дослідження режимів роботи системи водопостачання житлового комплексу.

Структура роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг роботи складає 90 сторінок. Основна частина викладена на 83 сторінках друкованого тексту, містить 23 рисунки. Список використаних джерел містить 11 джерел та викладений на 2 сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Мешкаючи за містом, людина отримує чисте повітря, власну ділянку, і відсутність сусідів за стінами. Ще кілька років тому життя за містом означало відсутність зручностей, таких як проблеми з водою та каналізацією. Сьогодні вирішити проблему з власним водопостачанням у передмісті не складає труднощів.

Існує кілька способів водопостачання житлових масивів і селищ: по-перше, шляхом забору води з найближчої водойми; по-друге, за допомогою неглибоких свердловин. Однак головним недоліком обох способів є низька якість і забрудненість води. У цьому випадку найкращим варіантом є копання артезіанських свердловин.

1.1 Аналіз процесу облаштування побутових глибоких свердловин

Всі роботи з буріння та облаштування глибоких свердловин в селах і селищах починаються з проектування артезіанської свердловини. На початковому етапі оцінюється кількість котеджів або будинків і їх потреби у воді. Потім досліджуються гідрогеологічні умови населеного пункту. Для цього проводяться спеціальні вишукування, які дають необхідну інформацію для проекту свердловинного водозабору:

- глибина залягання водоносного горизонту;
- хімічний склад води;
- необхідні для установки фільтри;
- типи свердловин.

Другим етапом підготовки автономної системи водозабору є підготовка ескізного проекту свердловини, який включає в себе наступні документи:

- технічні умови;
- технічне завдання.

Обґрунтування умов приєднання свердловини до свердловини-колодязя.

Бурові роботи неможливі без правильного оформлення дозволу на буріння свердловини. Професійно підготовлений проект буріння артезіанської свердловини дозволяє точно розрахувати всі наступні етапи робіт. Наявність проектного досвіду свердловини, підготовленого фахівцем з великим досвідом, гарантує зведення витрат до мінімуму і проведення якісних бурових і монтажних робіт.

1.2 Характеристики автономних систем водопостачання в житлових комплексах

Для забезпечення водопостачання в населених пунктах, де споживання води перевищує 300 м³/добу, необхідне буріння свердловин промислового призначення. Як правило, продуктивність таких свердловин становить до 6000 м³/добу, що може покрити всі потреби населеного пункту в питній і технічній воді. При дотриманні рекомендацій з експлуатації свердловин, своєчасної діагностики та регулярного технічного обслуговування, глибокі свердловини можуть служити десятиліттями. Промислові свердловини є частиною водозабірної комплексу, що включає в себе:

- занурювальні насоси;
- резервуари для збору води;
- прилади для вимірювання рівня води;
- насоси для циркуляції води;
- автоматична система управління.

При великих обсягах водоспоживання, як правило, проектують децентралізовані водозабірні вузли, що складаються з двох або більше пунктів з незалежними геологічними свердловинами.

Зазвичай водонапірні башти встановлюються в житлових районах для забезпечення безперебійного централізованого водопостачання. Кожна свердловина обладнана насосом, який перекачує воду в спеціальний резервуар для зберігання води (водонапірну башту). Коли резервуари заповнюються водою, спрацьовує автоматичний контроль рівня води, і насоси вимикаються. Коли рівень води падає, автоматика знову вмикає насоси для підтримання необхідного тиску в системі. Щоб запобігти використанню промислових насосів, які можуть спричинити гідравлічні удари в системі, накопичувальний бак оснащений насосом другого ступеня.

Якщо немає можливості встановити бак-акумулятор, використовується частотний перетворювач. Основна функція частотного перетворювача – регулювання швидкості обертання двигуна насоса. Коли споживання води низьке, частотний перетворювач знижує напругу насоса, а коли споживання води високе, насос працює на повну потужність. Головною метою при проектуванні систем водопостачання та водовідведення в котеджних містечках має бути пріоритет комфорту людей, які там проживають. Правила побудови мережі повинні визначати не тільки успішність роботи системи в цілому, а й безпеку і здоров'я місцевого населення в селищі.

Котеджі можуть бути побудовані в будь-якому місці за межами або всередині міста і спроектовані так, щоб бути зручними для життя. Велика кількість споживачів означає, що необхідна потужна мережа, яка повинна бути розгалуженою, складною і здатною витримувати великі навантаження. Ця умова є важливою відмінністю при проектуванні системи водопостачання та водовідведення будівлі.

Приймаючи систему водопостачання, вона повинна бути здатна вирішувати наступні питання.

Розташування значних джерел водозабору (водопроводів, що йдуть від населених пунктів або свердловин):

- Прогнозування споживання води.

- Проектування та планування мережі водопостачання.
- Підбір обладнання для водоочищення та водопідготовки.
- Вибір насосних станцій з перекачувальними насосами або аналогічними функціями.
- Підбір матеріалів, обладнання та резервуарів для тимчасового зберігання води.

Проектування системи водовідведення, враховуючи наступне:

- ухил, глибину і діаметр при прокладанні найбільш підходящих для цієї мережі трубопроводів.
- розробка плану каналізаційної мережі
- вибір систем для очищення або утилізації стічних вод;
- вибір місця розташування споруд і мереж з урахуванням критеріїв віддаленості від інших об'єктів;
- підбір споруд, необхідних для відкачування води з стоків, якщо це необхідно.

1.3 Аналіз сучасних систем водопостачання житлових комплексів

Системи водопостачання включають в себе комплекс споруд, завданням яких є очищення, забір і подача води споживачам.

Спочатку необхідно знайти джерело води, в тому числі питної: магістральний водопровід, підведений до населеного пункту комунальні свердловини, з яких б'ють підземні води. Якщо поблизу є водогін, вони можуть підключитися до нього, і це найпростіший спосіб, але він вимагає документації (дозвіл від водоканалу). У них тут проходить труба, яка вже стара. Ця труба вже стара і не може вмістити більше споживачів. Тиск на споживачів також зменшиться. Вода, яка надходить у мережу, є якісною, але після проходження через старі труби вона стає менш чистою і непридатною для споживання без очищення.

Свердловини глибиною понад 100 метрів найкраще підходять для забезпечення водою мешканців наших міст. Чому саме артезіанська вода? Вода максимально захищена від різних домішок, забруднювачів і шкідливих для людського організму речовин. Вона захищена шаром вапняку і водонепроникним шаром. У цьому світлі можна зробити висновок, що така вода є найбільш привабливою. Такі свердловини можуть легко забезпечувати цілі мікрорайони і громади, особливо в садівництві. Термін служби таких джерел води сягає в середньому від 30 до 50 років. Всі перераховані вище переваги роблять цю воду найбільш конкурентоспроможною.

Залежно від типу населеного пункту, вода може подаватися з джерел за допомогою простих або складних систем:

- можуть використовуватися занурювальні насоси (з автоматичним або ручним керуванням);
- резервуари для води або водонапірні башти: вода закачується для регулювання водопостачання.
- насосні станції – в цьому випадку водонапірні башти не використовуються.

Оптимальною системою забору води є технологія водозабірною вузла, який являє собою складну конструкцію, що містить такі елементи:

- занурювальні насоси;
- зберігання води в пожежному резервуарі
- господарсько-побутова (питна) вода в резервуарах;
- контрольно-вимірювальні прилади та автоматика;
- другий підкачувальний насос з частотним регулюванням;
- устаткування для водопідготовки;
- пожежні насоси;
- облік споживання води;
- трубопроводи, запірні та регулююча арматура;
- автономна електростанція (за потреби).

Вода, що закачується занурювальним насосом зі свердловини в накопичувальний бак, за допомогою другого насоса перекачування направляється на станцію водопідготовки. Після проходження через водоочисну станцію вода очищується і подається кінцевому споживачеві.

Якщо у людей є вибір, як альтернативу другій насосній станції можна використовувати водонапірну башту. Насоси подають воду зі свердловини до водонапірної башти, а коли башта повністю заповнюється, автоматика вимикає насоси. Вода подається споживачам до тих пір, поки в резервуарі не залишиться мінімальний об'єм води. Як тільки рівень води досягає мінімальної позначки, вмикається датчик і починають працювати насоси. Таким чином, вода з башти подається в пікові періоди, а при перевищенні цього рівня починається рекуперація. Таким чином вирівнюються графіки потоку і тиску.

Фактори, що вимагають встановлення водонапірних башт:

- велика кількість споживачів;
- перебої в електропостачанні;
- необхідність створення запасів води.

Недоліки водонапірних башт:

- витрати на будівництво;
- проблеми із замерзанням води у башті взимку;
- менший напір води у віддалені райони з високим споживанням у пікові періоди.

Обладнання підбирається індивідуально для кожного випадку за такими критеріями, як доцільність, кількість та якість.

При виборі місця розташування водонапірної башти слід пам'ятати, що необхідно створити санітарно-захисну зону, яка включає три пояси:

1. Пояс не повинен включати споруди, які не є необхідними для водозабірної мережі;
2. Бактеріологічний захист;

3. Захист від хімічних речовин.

Іншими словами, зони санітарної охорони не повинні бути сусідами з різними виробництвами, які можуть завдати шкоди воді.

Каналізаційні системи в котеджних селищах

Сьогодні технології дозволяють створити високий рівень комфорту в котеджах. Все рідше на вулицях заміських будинків можна побачити вигрібні ями і туалети в стилі «шпаківні». Сучасні системи каналізації в котеджах збирають побутові стоки, відводять їх на очисні споруди та утилізують.

Існує три варіанти для сільських каналізаційних систем:

- підключення до централізованої регіональної мережі;
- побудувати незалежну каналізаційну систему для кожного будинку;
- побудувати загальну каналізаційну мережу для всього селища.

Підключення до централізованої регіональної мережі водопостачання вимагає прокладання трубопроводів поблизу. Прокладати каналізацію у віддалені райони не рекомендується через високі витрати. Підключення до централізованої мережі також може бути неможливим через неспроможність прийняти великі обсяги стічних вод з населених пунктів. Тому цей варіант дуже рідко зустрічається в сільській місцевості.

Автономні каналізаційні системи можуть використовуватися в індивідуальних будинках:

- вигрібні ями – підходять для будинків, які не призначені для постійного проживання і потребують відкачування асенізаційною машиною кілька разів на рік;
- септики – очищають стічні води активним мулом, а потім відводять рідину під землю, якщо дозволяють умови (тип ґрунту, відсутність водойм поблизу);
- очищена вода прозора і може використовуватися для поливу та технічних цілей.

Загальна сільська каналізаційна система об'єднує стічні води з усіх будівель в єдину каналізаційну мережу і відправляє стічні води на загальні очисні споруди. Будівництво такої системи набагато економічніше і має багато переваг у порівнянні з будівництвом окремих каналізаційних систем для кожного котеджу:

- зменшення площі, що відводиться під установку очисних споруд і санітарно-захисних зон;
- висока надійність системи, що досягається за рахунок декількох ліній (частина з яких відключається на час ремонту);
- легше обслуговування всієї очисної системи.

Система водовідведення в цьому населеному пункті складається з наступних елементів:

- каналізаційні трубопроводи та колодязі;
- каналізаційні насосні станції (за необхідності);
- очисні споруди.

При будівництві каналізаційної системи слід враховувати такі фактори, як тип ґрунту, глибина промерзання, топографічні особливості, потенційний скид очищених вод і кількість відкритого простору.

Там, де неможливо перекачувати стічні води самопливом, наприклад, там, де складний рельєф місцевості, встановлюють каналізаційні насосні станції. Це передбачає примусове перекачування стічних вод, але при цьому споживає електроенергію, а отже, призводить до додаткових витрат. Тому в деяких випадках замість будівництва одних очисних споруд було б вигідно побудувати дві, що потребувало б будівництва ще однієї каналізаційної насосної станції. При цьому слід враховувати, що площа, відведена під санітарно-захисну зону очисних споруд, буде більшою.

Стічні води на очисних спорудах скидаються в ґрунт (за допомогою дренажної системи) після різних етапів очищення (груба механічна очистка, бактеріальна очистка, відстоювання та доочищення). Якщо вода повністю

зnezаражена, вона також може бути скинута у водойму, в цьому випадку додається ще один етап очищення.

Незалежно від того, чи є свердловина, чи ні, існує вимога щодо глибини 8 метрів від поверхні землі до рівня ґрунтових вод. Якщо рівень ґрунтових вод високий, не обов'язково використовувати занурювальний насос, але стаціонарний або переносний водяний насос, який забирає воду зі шланга, опущеного в свердловину, піднімає воду поверхнево. Поверхневі водяні насоси набагато дешевші за занурювальні, не вимагають стільки уваги і не змушують господарів страждати від холодів. Взимку такі насоси можна просто занести в будинок або зберігати на ділянці.

Якщо глибина до поверхні води не перевищує 8 метрів, можна використовувати поверхневий насос згідно з основними фізичними законами (9,81 метра в абсолютному вираженні, але на практиці береться цифра 8, щоб врахувати похибки обладнання, атмосферний тиск і т.д.). Якщо глибина близька до 9 метрів, поверхневі насоси можна розмістити під землею і провести підготовку до риття насосів (колодязів) під землею. Якщо глибина огорожі становить 8 метрів, шляхом її поглиблення проблема вирішується. У випадку таких колодязів насос також можна залишити на місці на зиму, зробивши теплу кришку колодязя. Однак найпростіше рішення – купити і встановити занурювальний насос.

1.4 Аналітичний огляд сучасних насосних агрегатів для водопостачання житлових комплексів

У сучасній техніці лопатеві гідромашини для переміщення рідин і газів представлені двома основними типами: відцентровими (динамічними) насосами і осьовими насосами або вентиляторами. До лопатевих насосів також відносять вихрові насоси.

Лопатеві гідромашини вдосконалюються в напрямку збільшення одиничної потужності агрегату, а максимальна уніфікація, тобто гомогенізація конструкції, дає можливість зменшити кількість ступенів для створення компактних і економічних машин.

Насоси – це переважно пристрої для нагнітання та переміщення рідин під тиском. Зазвичай вони перекачують однорідні рідини (вода, нафтопродукти), але можуть також перекачувати двофазні середовища і гази.

За принципом дії насоси поділяються на динамічні та об'ємні. У динамічних насосах рідина переміщується під дією камери постійного об'єму, з'єднаної з входом і виходом.

В об'ємних насосах переміщення рідини відбувається за рахунок всмоктування і витіснення рідини, оскільки об'єм в робочій порожнині періодично змінюється за рахунок руху поршня, діафрагми і пластини. До динамічних насосів відносяться лопатеві та струминні насоси, а до об'ємних – поршневі та роторно-лопатеві насоси.

Робота насоса характеризується наступними величинами.

Об'ємна подача – Q , [м³/с] – об'єм рідини, що нагнітається в напірний трубопровід за одиницю часу.

Тиск (питома робота) – H , [Дж/кг] – повна кількість енергії, що надається 1 кг робочого середовища в насосі. Виражений в метрах, він вказує на висоту, на яку насос може підняти рідину.

Кількість обертів (для насосів з обертовим ротором) – n [об/хв].

Стан всмоктуваного середовища: (температура і тиск), середня густина – [кг/м³].

Потужність P [Вт] – повна енергія, що підводиться до насоса за одиницю часу.

Коефіцієнт корисної дії – відношення повної енергії, що підводиться до насоса, до енергії рідини, що перекачується.

Лопатеві насоси (і відцентрові насоси) є основним типом насосів з точки зору продуктивності і універсальності, а також їх поширеності (не менше 75% промислових насосів). Найменші з них можна переносити вручну, а найбільші можуть досягати декількох метрів у діаметрі. В основі роботи цих насосів лежить загальний принцип силової взаємодії між робочим колесом і навколишнім потоком рідини. Потужність відцентрових насосів може коливатися від одного кіловата до тисяч кіловатів.

Відцентрові насоси є найпоширенішими насосами і призначені для перекачування холодної та гарячої води, в'язких і агресивних рідин (кислот і лугів), стічних вод, водно-ґрунтових сумішей, золи і шлаку, торфу і подрібненого вугілля. Робота відцентрового насоса заснована на передачі кінетичної енергії від робочого колеса, що обертається, до частинок рідини між лопатями.

Він заснований на передачі кінетичної енергії частинкам рідини між лопатями. Завдяки відцентровим ефектам, що виникають при цьому, частинки, що подаються від крильчатки, переміщуються в корпус насоса, а на їх місці з'являються нові частинки завдяки подальшому впливу тиску повітря, забезпечуючи таким чином безперервну роботу насоса.

Основним параметром насоса є кількість рідини, що переміщується за одиницю часу, тобто подача Q . Для більшості насосів найважливішими технічними параметрами є розрахунковий тиск P або відповідний напір H , споживана потужність N і ККД η .

Основний робочий орган відцентрового насоса вільно обертається в колесі корпусу 1, який встановлений на валу 2, а робоче колесо закріплене на валу за допомогою гайкового ключа. Робоче колесо складається з двох дисків (переднього 3 і заднього 4), які розташовані на однаковій відстані один від одного. Між дисками знаходяться плавно зігнуті в напрямку, протилежному напрямку обертання колеса, лопаті 5, які їх об'єднують.

Внутрішня поверхня диска і поверхня лопаті утворюють так званий колесо-лопатевий канал, який під час роботи заповнюється рідиною, що перекачується.

Вал ротора, на якому змонтовані деталі, що обертаються, обертається в підшипнику 6. Між обертовою і нерухомою частинами може бути встановлено ущільнення 7 для зменшення витoku з насоса і ущільнення 8 для зменшення циркуляції в насосі. При обертанні колеса і переміщенні зі швидкістю v через кожну частину рідини (масою m) в міжлопатевому каналі на відстані r від осі вала діють відцентрові сили.

Під дією цієї сили рідина виштовхується з робочого колеса, в результаті чого в центрі колеса утворюється вакуум, а на його периферії – високий тиск. Для того, щоб рідина безперервно рухалася через насос, вона повинна подаватися в робоче колесо і виводитися з нього. Рідина надходить по всмоктуючому трубопроводу (подача 9) через отвір на диску переднього робочого колеса. Рідина рухається по всмоктувальній лінії за рахунок перепаду тиску на вільній поверхні рідини у всмоктувальному резервуарі (атмосфера) і в центрі колеса (вакуум). Розширювальна спіральна камера (равликоподібна) служить для видалення рідини з корпусу насоса і заповнюється рідиною, що викидається з робочого колеса. Спіральна камера (патрубок 10) переходить у короткий дифузор, що утворює нагнітальний патрубок 11, який зазвичай з'єднаний з нагнітальним трубопроводом.

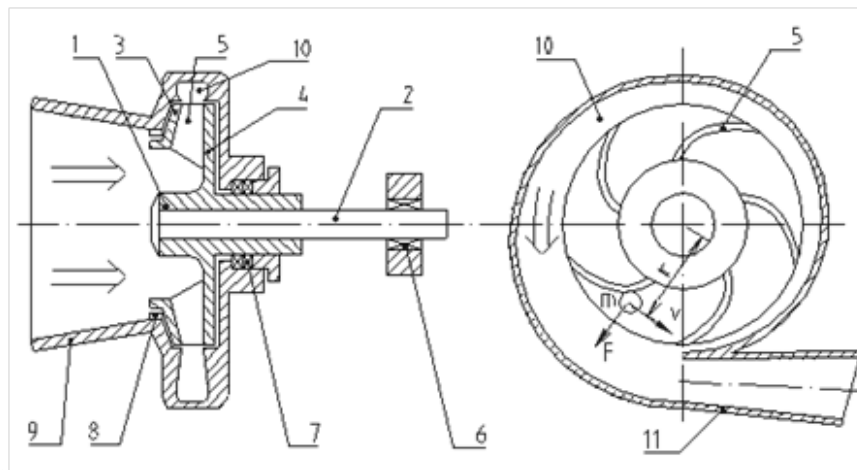


Рис. 1.1 Схема відцентрового насоса

Відцентрові насоси повинні бути обладнані наступною арматурою та пристроями:

- всмоктувальний зворотний клапан з сітчастим фільтром повинен бути сконструйований таким чином, щоб його можна було утримувати біля відсіку в корпусі та всмоктувальній трубі водяного насоса перед запуском;

- сітчастий фільтр використовується для затримання великих зважених часток у воді;

- вентиль на всмоктувальній трубі, розташований поруч з насосом;

- вакуумметр для вимірювання розрідження на стороні всмоктування.

Вакуумметр встановлюється в трубі між клапаном і корпусом насоса;

- клапан для випуску повітря в разі затоплення (розташований у верхній частині корпусу);

- зворотний клапан у нагнітальному трубопроводі запобігає зворотному потоку води через насос при паралельній роботі інших насосів;

- засувки, встановлені на напірному трубопроводі для запуску, зупинки та регулювання продуктивності і тиску насоса;

- манометри на напірній трубі для вимірювання тиску, що створюється насосом;

- запобіжні клапани (не показані), встановлені на нагнітальному трубопроводі після клапана для захисту насоса, нагнітального трубопроводу та трубопроводів від гідравлічних ударів;

- обладнання насосної камери.

Насосні агрегати можуть оснащуватися різними пристроями автоматики, так як вони часто входять в основний комплект обладнання для регулювання режиму роботи для різних цілей.

Класифікація відцентрових насосів.

- кількість коліс (одноступінчасті (одноколісні), багатоступінчасті (багатоколісні), крім того одноколісні насоси виготовляються з консольним розташуванням вала;

- тиск [низький тиск до 2 кгс/см² (0,2 Мпа), середній тиск 2-6 кгс/см² (0,2-0,6 Мпа), високий тиск 6 кгс/см² 0,6 Мпа і вище] Тиск насоса вимірюється в метрах стовпа рідини;

- спосіб підведення води до робочого колеса [одностороннє підведення води до робочого колеса, обидва бокові всмоктувальні патрубки (подвійне всмоктування)];

- положення вала (горизонтальне, вертикальне);

- розташування патрубків обсадної труби (горизонтальний патрубок обсадної труби, вертикальний патрубок обсадної труби);

- спосіб нагнітання рідини з робочого колеса в спіральний канал корпусу (спіральний і турбінний). У випадку спіральних насосів рідина нагнітається безпосередньо в спіральний канал. У випадку турбін рідина проходить через спеціальний направляючий пристрій (нерухоме колесо з лопатями), перш ніж потрапити в спіральний канал;

- швидкість обертання робочого колеса (низька, нормальна або висока);

- тип рідини (вода, стічні води, кислотно-лужні, масляні, всмоктувальні тощо);

- спосіб з'єднання з двигуном [привід (редуктор або шків), пряме з'єднання з двигуном за допомогою муфти]. Насоси зі шківним приводом в даний час зустрічаються рідко.

Одна важлива практична особливість відцентрових робочих коліс і ряд інших. Насос має частоту обертання n_s , обертів за хвилину такого робочого колеса, яке є геометрично подібним, як було розглянуто, і при витраті $Q = 75$ л/с створюється напір $H = 1$ м.

Для створення високих тисків використовують багатоступеневі насоси, де рідина проходить послідовно через кілька робочих коліс і отримує відповідну енергію від кожного робочого колеса. Найважливішою особливістю відцентрових насосів є те, що тиск, продуктивність, ККД і допустимий тиск всмоктування безпосередньо залежать від швидкості потоку,

яка представлена на графіку, що називається характеристикою для кожного типу насоса. Коефіцієнт корисної дії відцентрових насосів досягає максимального значення в певному режимі роботи, а потім зменшується зі збільшенням швидкості потоку.

Найбільші відцентрові насоси в країні можуть подавати до 65 000 м³/год води при напорі 18,5 м, споживаній потужності 7,5 МВт і максимальному ККД 88-92%. У США для насосної станції Grand Coulee був побудований вертикальний одноступінчастий відцентровий насос з подачею 138 000 м³/год, напором 95 м і потужністю 48 МВт.

Винахід насоса сягає корінням в античні часи. Перший пожежний насос, винайдений давньогрецьким механіком Ктесибієм, був описаний у 1 столітті. Давньогрецький вчений Гераній Александрійський описав пожежний насос у своїй праці «Пневматика», а Вітрувій – у праці «Про архітектуру». До цього прості дерев'яні насоси з наскрізними поршнями, ймовірно, використовувалися для викачування води з колодязів. Пізніше, у зв'язку зі зростанням попиту на воду і необхідністю збільшення обсягів її постачання, насоси поступово витіснили насосні машини, особливо після появи парового двигуна. Вимоги до насосів та умови їх експлуатації у міру урізноманітнення сфер застосування поряд з поршневыми насосами розроблялися роторні насоси, а також різні пристрої для перекачування рідин під тиском. Таким чином, історично склалися три напрямки розвитку: поршневі насоси, роторні насоси і насоси з нерухомим робочим колесом.

Перший вихровий насос, який отримав назву відцентровий самовсмоктуючий насос, був запропонований в Німеччині в 1920 році інженером С. Хіншем. Різноманітність.

Ідея використання відцентрової сили для подачі рідини виникла ще в 15 столітті. Навіть Леонардо да Вінчі I, очевидно, досяг незалежності від неї на початку 17 століття. Французький інженер Бренсон побудував найпростіший відцентровий насос для водопостачання. Відцентровий насос зі спіральним

корпусом і чотирилопатеvim робочим колесом запропонував французький вчений Д. Папен, який удосконалив раніше відому конструкцію нагнітача Гессе. Наприкінці 19 століття, з появою швидкісних теплових, а потім і електричних двигунів, відцентрові насоси стали популярними! У 1838 році російський інженер А. Саблуков на основі створення вентилятора виготовив одноступінчастий відцентровий насос; у 1846 році американський інженер Джонсон запропонував багатоступінчастий горизонтальний насос, а в 1851 році аналогічний насос був побудований в Англії за патентом Гінна (Guy 1899). У) інженер В.А. Пшотечніков розробив вертикальний багатоступінчастий насос для свердловин глибиною до 250 м. Цей насос, побудований в Парижі на основі насоса Фарка, призначався для московського водопроводу, з подачею 200 м³/год і ККД до 70%. У Росії перші відцентрові насоси були введені в експлуатацію на Московському заводі в 1880 році; насоси Л. Ейлера, О. Рейнольдса і Є. Жуковського та роботи С. Чаплигіна і К. Пфлейдера відіграли важливу роль у розвитку теорії і вдосконаленні конструкції відцентрових і осьових насосів.

Для забезпечення енергетичних циклів теплової енергетики використовують понад 20 типів насосів. Насосне обладнання на теплових електростанціях є найважливішим з усього допоміжного обладнання.

Розглядаючи призначення насосів як основну ознаку, їх можна розділити на дві групи.

Циркуляційні насоси використовуються для охолодження обладнання та інших технічних цілей; електричні насоси, такі як ЦНС, часто застосовуються в трубопроводах при роботі в лініях автоматичних систем гарячого водопостачання.

Відцентрові насоси для циркуляції води мають низький рівень шуму і призначені для нагріву води. В основі насосів лежить компактна моноблочна конструкція з короткозамкненим асинхронним двигуном. Вал безмасляного пропульсивного двигуна встановлений на кронштейні. Ротор двигуна з

радіальними підшипниками обертається безпосередньо у воді насоса, а також використовується для змащення та охолодження.

Насоси монтуються безпосередньо на трубопроводі, що робить їх дуже простими в монтажі та експлуатації, а також дозволяє виконувати спеціальні нестандартні завдання. Залежно від розміру насоса, він приєднується до трубопроводу за допомогою імпульсного з'єднання або фланцевого з'єднання. Насоси ЕССК використовуються для подачі води з максимальною температурою 100°C в теплову мережу.

Головні насоси призначені для мереж централізованого теплопостачання. Вони встановлюються безпосередньо на електростанціях або на насосних станціях між електростанціями. Залежно від режиму опалення в мережі, насоси повинні надійно працювати навіть при великих витратах і великих змінах температури води. Насоси та електродвигуни зазвичай встановлюються на окремих фундаментах.

Насоси з кольорових металів призначені для подачі води від розширювача до живильного насоса турбіни з необхідним тиском для запобігання кавітації живильного насоса.

Насоси зазвичай вибирають з каталогу, що містить насосне обладнання з коротким описом призначення і типорозміру насоса, коротким описом конструкції, технічними та ілюстративними характеристиками, фотографіями поширених типів насосів і приєднувальними розмірами.

Щороку виробники насосів пропонують нові моделі насосів з різними якісними, технічними та експлуатаційними характеристиками і цінами.

Сучасні моделі насосного обладнання відрізняються надзвичайною ефективністю, високою якістю, міцністю, надійністю і, як наслідок, тривалим терміном служби. Сучасні насоси широко застосовуються в найрізноманітніших галузях промисловості. Однак найчастіше вони зустрічаються в промисловому секторі.

Серед останніх розробок та інновацій – особливо популярні пісочні відцентрові насоси. Вони відрізняються високою якістю та ефективністю.

На сьогоднішній день сучасні виробники представили два основних типи відцентрових пісочних насосів: вертикальні і горизонтальні.

Вертикальні відцентрові насоси для піску характеризуються наявністю бокового входу.

Основним завданням відцентрових насосів для піску є перекачування гідросуміші. Вони транспортують воду, яка може містити пісок, подрібнену руду, різні тверді включення та інші речовини промислового походження.

Радіальні вентилятори, особливо високого тиску, за своєю конструкцією можуть нагадувати насоси. Однак корпус насоса відливають або кують через високий тиск, тоді як вентилятори майже завжди зварюють або клепають зі сталевих пластин, що спрощує конструкцію вентилятора.

Робоче колесо впливає на потік, перетворюючи механічну енергію в енергію рідини або газу в напрямку руху від центру робочого колеса до окружності. На кінці робочого колеса рідина або газ потрапляє в спіральний вихідний патрубок (равлик), що веде до напірної (вихідної) труби (дифузора), де більша частина кінетичної енергії потоку перетворюється в потенційну енергію (тиск). Це зменшує швидкість потоку, а отже, гідравлічні втрати в гідравлічній машині і підвищує тиск рідини або газу. Це особливо важливо для насосів, які підвищують тиск, щоб перекачувати рідину на певну висоту.

Коли робоче колесо насоса або вентилятора обертається, на вході потоку на лопатях робочого колеса створюється область зниженого тиску (вакууму). В результаті рідина або газ безперервно подається від джерела подачі до лопатей колеса під атмосферним тиском. Останнє не стосується часу запуску насоса. Це пов'язано з тим, що розрідження в корпусі недостатнє для підйому рідини з джерела подачі через потік рідини через зазор і низькі відцентрові сили. Відцентрові насоси не можуть самовсмоктуватися під час запуску. Тому

перед запуском необхідно попередньо заповнити рідиною всмоктувальну лінію і корпус насоса або подати в насос рідину під тиском.

Осьові насоси і вентилятори мають гвинтові робочі колеса, на відміну від відцентрових, де потік рідини або газу рухається під дією лопатей уздовж корпусу, тобто в осьовому напрямку. Відцентрові сили не впливають на тиск в машині.

В результаті осьовий тиск насоса і вентилятора відносно невеликий, але вхідний – великий і має багато інших важливих переваг. Основною перевагою лопатевих гідромашин у порівнянні з об'ємними машинами є те, що їх можна безпосередньо підключати до сучасних високошвидкісних двигунів. Крім того, вони мають просту конструкцію, відносно легку вагу і невеликі габаритні розміри. Відсутні значні пульсації в подачі рідини і газу, а також змішування з маслом. Лопатева гідравліка не чутлива до забруднених рідин або газів.

Лопатеві насоси і вентилятори класифікуються за низкою ознак. Насоси класифікуються в першу чергу за способом відведення рідини від робочого колеса за допомогою спіралі і зсуву. У спіральних насосах рідина виводиться безпосередньо з робочого колеса в спіральний (напівспіральний) вихідний отвір, тоді як в секційних насосах рідина спочатку поміщається в кожен секцію насоса і потрапляє на лопаті направляючого пристрою², встановленого безпосередньо за кермом.

Залежно від кількості коліс або секцій, насоси можна розділити на одноступінчасті та багатоступінчасті. Сюди відносяться насоси з послідовно з'єднаними колесами. Якщо колеса з'єднані паралельно, насос називається багатоступеневим; якщо два колеса з'єднані паралельно, утворюючи одне, він називається робочим колесом з подвійним всмоктуванням.

За розташуванням валу насоси поділяються на горизонтальні і вертикальні, а за способом з'єднання з двигуном – на привідні (зі шківками або редуктором), безпосередньо з'єднані з двигуном, моноблочні і фланцеві. У моноблочних типах робоче колесо встановлюється на подовженому кінці валу

двигуна. Залежно від типу перекачуваної рідини насоси бувають водяні, стічні, днопоглиблювальні, гірничодобувні, енергетичні, морські тощо. [1]

Насоси також бувають низьконапірні (напір до 20 м), середньонапірні (20 ... 60 м) і високого тиску (>60 м). Сучасні серійні насоси здатні створювати напір до 120 м, а сумарний напір послідовно з'єднаних коліс може досягати 2000 м.

Відцентрові консольні насоси є найширшим класом насосів і випускаються в трьох типах: К – з окремою опорою, КМ – інтегровані і ЕКМ – фланцеві.

Ці насоси використовуються для перекачування чистої води і нейтральних рідин до 353 К. Якщо прийняти вагу насоса К за 100%, то насос КМ важить 60%, а насос ЕКМ – лише 45%. Насос К має муфту для підключення до електродвигуна і шківів.

Насос складається з робочого колеса, вала і спірального корпусу, а муфта є вертикальною. Рідина подається в робоче колесо через осьовий вхід. Вхідний патрубок, робоче колесо і спіральний клапан утворюють проточну частину насоса. Спіральний клапан входить в напірну лінію, де динамічний або високошвидкісний тиск перетворюється в статичний або манометричний. Напірна лінія розташована під кутом 90, 180 або 270 до валу насоса. Підшипники розміщені в масляній ванні. Передня кришка корпусу насоса відлита разом з всмоктувальною трубою, що дозволяє отримати доступ до робочого колеса без демонтажу всього насоса.

Робоче колесо складається з веденого і ведучого дисків, з'єднаних між собою просторовою або циліндричною шпонкою. Для компенсації осьових зусиль, що виникають внаслідок різниці площ ведучого і веденого дисків, передній (задній) диск був забезпечений розвантажувальним отвором.

У першому випадку занурювальні насоси використовуються для збору ґрунтових вод. Для свердловин, що входять у водоносні горизонти, зазвичай використовують 4-дюймові насоси. Для свердловин використовується

підвісний поверхневий насос, зазвичай у підвалі будинку. Інші ключові елементи включають: зворотні клапани – гідравлічні елементи, які дозволяють воді текти тільки в одному напрямку. Манометр – пристрій, який може вимірювати тиск у системі в точці встановлення. Реле тиску – це «мозок» системи водопостачання, пристрій, який автоматично вмикає насос, коли вода використовується, і автоматично вимикає його, коли вода не потрібна. Гідроаккумулятор – це резервуар для води, вкритий еластичною мембраною, одна частина якого містить воду, а інша – стиснене повітря. Він призначений для зберігання певної кількості води під тиском. Він забезпечує тиск у системі, коли насос вимкнений.

Сьогодні, однак, сучасні індивідуальні будівлі вже не вважаються індивідуальними будинками. На околицях великих міст формуються котеджні селища, які повинні бути обладнані всіма зручностями цивілізації, включаючи холодну воду. Для цього до забудованої території централізовано підводять електрику, газ, воду і каналізацію.

Більшість будинків заввишки три-чотири поверхи, з ванною кімнатою на кожному поверсі.

Є дві ванні кімнати, туалет, кухня, протипожежна сітка, басейн і автоматична система поливу. Все це є споживачами холодної води. Розглянемо внутрішню систему водопостачання такого будинку.

Внутрішні системи водопостачання (питна вода, технічна вода, протипожежна вода) включають в себе вводи в будівлі, лічильники води, розподільчі мережі, стояки, санітарні вставки, водопровідну арматуру, змішувальні клапани, запірну арматуру та регулювальні клапани [3].

Вводи – це труби, які з'єднують зовнішню водопровідну мережу з водолічильником, встановленим у будівлі або спеціальному обладнанні (наприклад, центральному тепловому пункті, бойлері, насосі тощо).

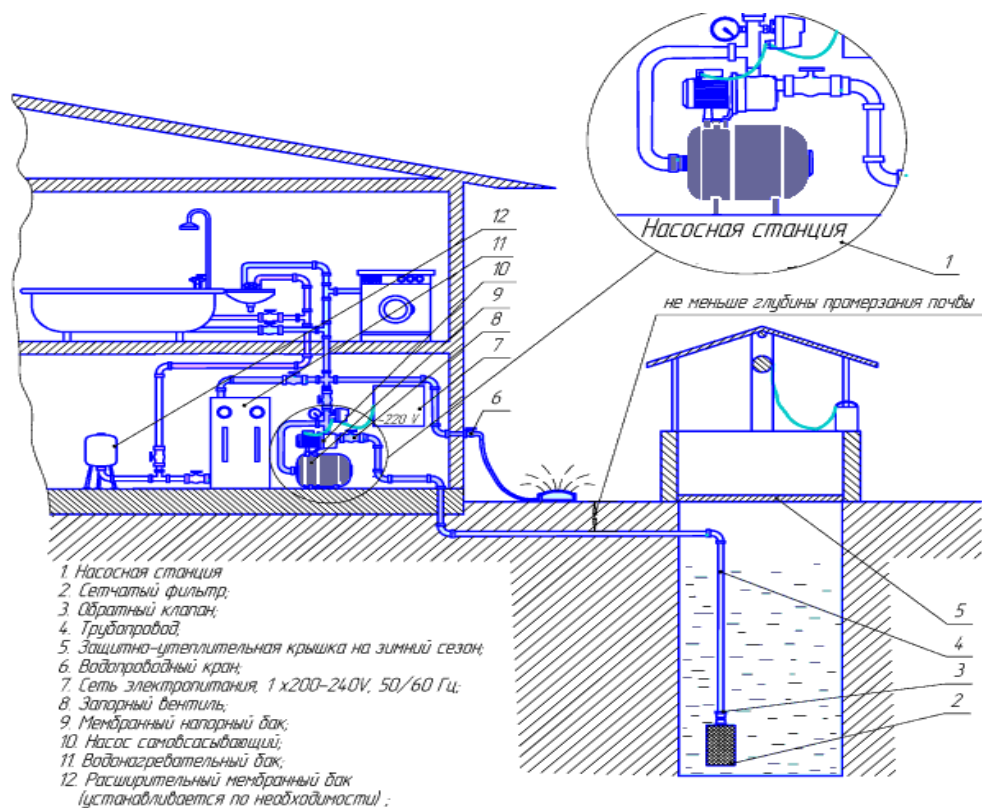


Рис. 1.2. Планування водопостачання на основі свердловинних насосів і систем автоматичного керування насосами.



Рис. 1.3 Зовнішній вигляд насосного агрегату



Рис. 1.4. Зовнішній вигляд будівлі насосної станції котеджного містечка.

Водомірні вузли використовуються для вимірювання кількості води, що подається в будівлю, і складаються з водолічильника та запірної арматури, необхідної для його перекриття.

Установки підвищення тиску підвищують тиск у домашній водопровідній мережі, коли гарантований тиск у муніципальній водопровідній мережі недостатній для забезпечення водою всіх великих побутових споживачів води.

Резервні та контрольні баки забезпечують запас води в системі, необхідний для безперервного водопостачання споживачів у разі аварії або якщо режим подачі води із зовнішньої мережі не сумісний з режимом водоспоживання в будівлі. Резервуари можуть бути виконані у вигляді водяних баків, розташованих у найвищій точці будівлі, або гідравлічних баків, розташованих внизу будівлі або під землею.

Водопровідна мережа розподіляє воду між споживачами. При водопостачанні групи будівель, що живляться від одного водорозбору, водопровідну мережу внутрішнього водопроводу можна розділити на внутрішньоквартальну мережу і квартальну (внутрішньо будинкову) мережу. Внутрішня мережа розподіляє воду між окремими споживачами в одній будівлі. Квартальна мережа подає воду від вузлів обліку до внутрішньої мережі окремих будівель.

Водорозбірна арматура регулює кількість води, що подається споживачам. Кількість елементів у кожній системі та їх взаємне розташування (схема внутрішнього водопроводу) визначається вимогою безперебійної подачі води і співвідношенням тисків, необхідних для надійної роботи внутрішнього водопроводу будівлі.

Залежно від призначення внутрішній водопровід будівлі можна розділити на господарсько-питний, виробничий і протипожежний.

Виробничі мережі забезпечують водою технічні процеси. Кількість необхідної води надзвичайно різноманітна і визначається виробничим процесом. Наприклад, питна вода використовується в харчовій промисловості, де вода необхідна для виробництва продуктів харчування (наприклад, хлібопекарні, консервні заводи, м'ясокомбінати).

Протипожежні мережі забезпечують водою для гасіння та запобігання поширенню вогню, якщо в будівлі виникає пожежа.

Поеднання всіх типів внутрішніх систем водопостачання в економічній та промисловій системі протипожежного захисту вважається найбільш економічно ефективним. Однак через дефіцит і відносно високу вартість питної води, великі обсяги води, що споживаються на виробництві, різний необхідний тиск і багато інших факторів, часто економічно вигідніше використовувати незалежні системи.

У практиці проектування і будівництва внутрішніх систем водопостачання поширені такі комбінації водопровідних мереж:

господарсько-питний і протипожежний, господарсько-питний і протипожежний та виробничий, господарсько-питний і протипожежний, виробничий і протипожежний та господарсько-питний на всі потреби, виробничий і протипожежний.

Залежно від величини вільного напору H_c в зовнішній мережі, необхідного напору H в будівлі і способу водоспоживання застосовуються наступні системи внутрішнього водопостачання.

На ринку насосів домінує імпортна продукція, частка якої в останні роки становить 58-63%. Кілька тисяч компаній постачають насосне обладнання. Grundfos та Willo наразі є найбільшими імпортерами насосів, інші споживачі імпортують близько 90% (66% з яких виробляються в Китаї). Зараз існує понад 100 конкуруючих виробників; спадщиною початку 2000-х років є кілька великих компаній, що спеціалізуються на виробництві насосного обладнання та компонентів на його основі (HMS Group, Limera, Borets). Факторами, що визначають вибір продукції на ринку насосного обладнання, є:

- ціна
- впізнаваність бренду;
- репутація виробника
- надійність насосного обладнання
- придатність до використання в певних технічних умовах;
- наявність післяпродажного обслуговування.

У масовому сегменті (побутові та домашні насоси) ціновий фактор має першорядне значення. Саме тому на ринку представлено так багато насосних пристроїв. Бренд і репутація на ринку (позиції Grundfos, Wilo і Zyrem). На думку учасників ринку, наразі існує потреба в комплексних рішеннях, які включають проектування, виробництво, постачання, монтаж, пусконаладжувальні роботи та обслуговування насосного обладнання. На ринку промислових насосів надійність обладнання та сфера його застосування є специфічними факторами вибору (перекачування в'язких, токсичних або

хімічно активних рідин). Наша продукція повністю адаптована до технічних вимог замовника, встановлених на рівні проектної документації.

Для того, щоб забезпечити передбачений аварійний режим роботи при зміні умов експлуатації, необхідно відрегулювати режим роботи насосного агрегату. Це завдання можна розділити на два напрямки: регулювання гідравлічного режиму роботи насоса і регулювання енергоефективності електричного аварійного приводу.

Для відцентрових насосних агрегатів застосовують такі способи регулювання подачі і тиску рідини:

- трубні дроселі;
- перепуск частини потоку рідини з виходу насоса на вхід;
- відключенням і підключенням насосів (ступінчасте регулювання);

Зміна швидкості обертання робочого колеса насоса.

Дроселі на трубопроводах є дуже поширеним методом регулювання тиску і витрати рідини. Регулюючим елементом в даному випадку є механічний пристрій у вигляді засувки, дросельної заслінки, шибера або діафрагми, який розміщується на нагнітальній лінії насоса і переміщення якого змінює прохідний перетин лінії.

Незважаючи на простоту цього методу регулювання, він має низку недоліків. Одним з них є знижена ефективність в аварійних ситуаціях, особливо при управлінні глибокими потоками. Це пов'язано з тим, що енергія, яка витрачається на подолання додаткового опору регулюючого пристрою, перетворюється на теплові втрати, що визначає низьку енергоефективність цього методу. Крім того, підвищений тиск на виході насоса при закритому клапані призводить до скорочення терміну служби ущільнень і запірних пристроїв і збільшення витоку рідини через шви і зазори. Ще одним недоліком цього методу є можливість однозонного регулювання в бік зменшення подачі або тиску в насосному агрегаті.

Байпасне регулювання тиску засноване на перенаправленні частини потоку рідини з виходу насоса на вхід насоса через вихідний отвір клапана. При цьому енергія, що витрачається на циркуляцію рідини в холостому контурі, не виробляє корисної роботи і знижує ефективність роботи обладнання, особливо під час прецизійного контролю. Як і в попередньому способі, потік в режимі очікування регулюється тільки в бік зменшення.

Поступове регулювання подачі електроенергії на насосну станцію здійснюється шляхом підключення або відключення насоса або групи насосів. Цей спосіб простий в експлуатації, оскільки не потребує додаткового моніторингу. Однак він не забезпечує постійного та якісного підтримання тиску при зміні споживання рідини, а часті пуски двигунів скорочують термін служби обладнання та вимагають будівництва проміжних сховищ для компенсації аварійних коливань. Крім того, загальна ефективність аварійної системи також знижується, оскільки електроприводи працюють неоптимально.

Ці характеристики зменшують кількість аварійних ситуацій, в яких застосовуються описані вище методи керування.

Змінюючи швидкість обертання робочого колеса насосного агрегату, можна безперервно регулювати аварійну потужність з меншим споживанням енергії, ніж у минулому. Однак це вимагає більших витрат на блок керування, особливо в установках, що використовують потужність вище середньої, і погіршує електромагнітну сумісність з електромережею. Однак зниження вартості регульованих приводів робить цей метод найбільш перспективним.

Кілька методів керування можна комбінувати. Одним з найпоширеніших варіантів керування є поєднання ступеневого регулювання зі зміною швидкості обертання робочого колеса насосного агрегату, що досягається за допомогою частотно-регульованих приводів. Згідно з рекомендаціями, один насосний агрегат в групі з двох-трьох робочих агрегатів повинен бути обладнаний регульованим електроприводом.

Для регулювання енергоефективності аварійних установок необхідно підібрати оптимальний режим енергоспоживання при роботі насосів та їх взаємній дії. Одне з рішень цієї проблеми описано в літературі.

Відповідно до вимог норм для станцій всіх призначень слід проектувати управління без постійного обслуговуючого персоналу: автоматичне – за технологічними параметрами (рівень води в резервуарі, тиск або витрата води в мережі); дистанційне (телемеханічне) – з диспетчерського пункту, локальне – співробітники регулярно приходять на пункт управління або при постійній присутності обслуговуючого персоналу для передачі необхідних сигналів на пункт.

Управління регульованим електроприводом повинно, як правило, здійснюватися автоматично за тиском в точці індикації мережі, витратою води, що подається в мережу, і рівнем води в баку.

У разі аварійної ситуації необхідно надійно вимірювати тиск в системі водопостачання під тиском і в кожному насосному агрегаті, витрату води в системі водопостачання під тиском, рівень води в дренажному прямку і вакуумному котлі, температуру підшипників агрегату (за необхідності) і рівень аварійного затоплення. (Зал рівня фундаменту електроприводів). Для насосних агрегатів потужністю 100 кВт і більше необхідно регулярно вимірювати ефективність з похибкою 3%.

Також слід передбачити місцевий контроль для автоматичного або дистанційного (телемеханічного) управління.

На насосних станціях повинні бути автоматизовані такі допоміжні процеси: очищення обертової решітки за заданою програмою; перекачування стічних вод через регульований час або перепад висот, рівень води в прямку; електричне опалення та вентиляція при кімнатній температурі.

Висновки до розділу

1. Аналіз сучасних автономних систем водопостачання житлових комплексів показав, що в якості джерела водопостачання найбільш доцільно застосовувати глибинну свердловину, яка, як правило, є частиною водозабірної комплексу, що включає в себе занурювальні насоси, резервуари для збору води, прилади для вимірювання рівня води, насоси для циркуляції води, автоматичну систему управління.

2. Проведений аналіз сучасних насосних агрегатів показав, що для систем автономного водозабезпечення житлових комплексів найбільш доцільно застосовувати відцентрові насоси.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СТАНЦІЄЮ ПІДКАЧУВАННЯ ВОДИ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

2.1 Аналіз компонентів енергоефективної системи автоматичного керування насосної установки

Проект стосується асинхронного електроприводу для відцентрових насосів. Основними елементами системи є насос, електродвигун, датчик тиску та блок керування. З огляду на наш досвід, найцікавішою частиною системи є пристрій, що регулює швидкість обертання електродвигуна.

Відцентрові насоси в основному призначені для насосних станцій. Насоси загального призначення зазвичай використовуються на водопровідних станціях і можуть перекачувати воду при температурі до 85°C, з вмістом твердих частинок до 3 г/л і розміром 0,1-0,2 мм або менше.

Горизонтальні насоси з подвійним входом типу D найчастіше встановлюються на насосних станціях і являють собою консольні насоси типу К для подачі 0,08 м³/с.

Вертикальні відцентрові насоси типу В часто використовуються в заглибних насосних станціях¹ на насосних станціях, де потрібна їх конструкція в умовах низького рівня ґрунтових вод. Це дозволяє зменшити площу машинного відділення, зменшити конструкцію і поліпшити умови експлуатації електродвигуна.

Осьові насоси доступні для високих витрат (>1 м³/с) і напорів від 4 до 25 м. Насоси SD (динамічні стічні води) або SDV (такі ж, вертикальні) зазвичай встановлюються на каналізаційних насосних станціях для стічних вод з рН 6-8,5, щільністю нижче 1050 кг/м³, температурою нижче 80°C і

вмістом абразивних частинок нижче 1% об'ємних одиниць. Вони призначені для перекачування стічних вод. У деяких випадках занурювальні насоси типу Гр і ГРУ можуть використовуватися в насосних станціях в системах водовідведення. Робочі характеристики цих насосів визначаються такими ключовими параметрами, як подача, напір, ККД насоса, потужність, допустимий вакуумний напір на всмоктуванні і допустимий кавітаційний напір. Важливими характеристиками насосного агрегату є частота обертання робочого колеса і напруга приводного двигуна.

Параметри відцентрових і осьових насосів змінюються навіть при постійній частоті обертання робочого колеса і залежать від джерела живлення. Графік основних параметрів насосів і подач. На графіках часто показують характеристики для менших діаметрів робочого колеса (в обертах). Точка характеристики, що відповідає максимальному значенню ККД, називається оптимальною робочою точкою. Відповідні витрата і тиск називаються оптимальними параметрами насоса і включаються в позначення насоса з 1977 року.

Точка, що відповідає фактичній роботі насоса (робоча точка), не обов'язково відповідає оптимальній точці, але повинна бути якомога ближче до неї. Робоча ділянка, на якій повинна знаходитися робоча точка насоса, часто визначається на основі зниження ККД, допустимого з точки зору продуктивності. Характеристики насосів зазвичай надаються виробником для чистої води при глобальній температурі на рівні моря 20°C і нормальному атмосферному тиску.

Відцентрові насоси

Це горизонтальні одноступінчасті насоси з однонаправленим всмоктуванням з кронштейном на кінці валу насоса. Нагнітальний патрубок можна повертати на 90°, 180° або 270° залежно від розташування. Мاستило для підшипників рідке.

На ринку є дві версії поличних насосів:

Безмоторний насос К з'єднаний з двигуном за допомогою гнучкої муфти і КМ, який має моноблочну конструкцію.

Після букв К або КМ в чисельнику вказана подача м³/год, а в знаменнику – тиск м, наприклад, К-160/30.

Відцентрові насоси з двостороннім підведенням води до робочого колеса, тип D.

Насоси цього типу є горизонтальними одноступінчастими насосами з напівспіральним підведенням живильної води. Корпус насоса виготовлений з чавуну і має горизонтальну муфту на осьовій поверхні.

Корпус насоса виготовлений з чавуну і має горизонтальну муфту в площині осі вала, що дозволяє демонтувати і ремонтувати насос без демонтажу трубопроводу. Далі йдуть 2-значні номери, наприклад, D3200-75.

Відцентрові насоси з вертикальним валом типу В.

За конструкцією ці насоси нагадують вертикально розташовані консолі. Приводний електродвигун насоса встановлений на балці над насосом, що зменшує необхідну площу в машинному відділенні.

Підшипники насосів типу В мають гумові або ліпофільні язички і змащуються водою, що перекачується. Якщо перекачується забруднена вода, підшипники необхідно змащувати технічно чистою водою зі спеціальної системи водопостачання. Насоси типу В з подачею до 4 м³/с мають спеціальні ніжки на корпусі і встановлюються на фундаментній плиті, закріпленій на бетонній підлозі насосної станції. Для більш потужних насосів половина корпусу заповнюється бетоном. Для насосів з подачею води до 4 м³ /с лінія подачі здійснюється через чавунне всмоктувальне коліно, для інших насосів – через бетонну всмоктувальну лінію. Вода відводиться через горизонтально розташований напірний патрубок до випускного отвору; цифра перед символом В вказує на діаметр патрубку напірної труби в мм і означає наступні два числа:

- Перше: витрата, м³ / с.

- Друге: напір, м.
- SD Динамічні насоси для стічних вод.

Відцентрові насоси з одностороннім робочим колесом (ГОСТ 11379-80). Ці насоси доступні в горизонтальному і вертикальному одноступінчатому, напівзануреному і двоступінчастому виконанні. Як і у консольних насосів, напірний патрубок насоса може повертатися на 90° в обох напрямках. Для охолодження і гідравлічного ущільнення Epsilon до цих насосів подається технічна вода з тиском на 2-3 м вище, ніж тиск, що створюється насосом. Сервісні насоси постачаються з надлишковим робочим тиском.

Конструкція горизонтальних і вертикальних одноступінчастих насосів серії SD аналогічна конструкції насосів К і В. Позначення насосів Р і В відносяться до напівзанурювальних або вертикальних насосів, цифри означають подачу в м³/год, а знаменник – напір в м.

Наприклад, горизонтальний двоступеневий насос з подачею 540 м/год і напором 95 м називається SD 540/95-2. Вертикальні насоси SDV використовуються для перекачування великих об'ємів стічних вод.

Занурювальні насоси.

При необхідності ці насоси можуть бути встановлені в насосній станції системи водовідведення.

Занурювальні насоси типу Гр є одноступінчастими відцентровими консольними насосами і за конструкцією схожі на насоси типу К. Занурювальні насоси призначені для перекачування змішаних рідин (шламів), що містять нерухомі частинки ґрунту. Характер рідини визначає елементи конструкції, які зменшують знос насоса (великі зазори, спрощені профілі лопатей робочого колеса, менша кількість лопатей робочого колеса). Ці характеристики призводять до зниження ефективності, причому занурювальні насоси менш ефективні, ніж насоси типу К і СД.

Динамічні характеристики ґрунтових насосів ГРУ зі збільшеною продуктивністю дещо гірші, ніж у Гр. При цьому чиста вода, що подається для

охолодження і герметизації, використовується для очищення простору між робочим колесом і кришкою насоса. Тиск води, що використовується, повинен бути на 5-10 м вище, ніж тиск, що створюється насосом.

Насосні схеми питного водопостачання передбачають наявність резервуарів для зберігання води, які визначаються за об'ємом (рис. 2.1). Резервуари для зберігання води або водонапірні башти створюють необхідний тиск і подачу води в мережу для регулювання роботи насосів. Z

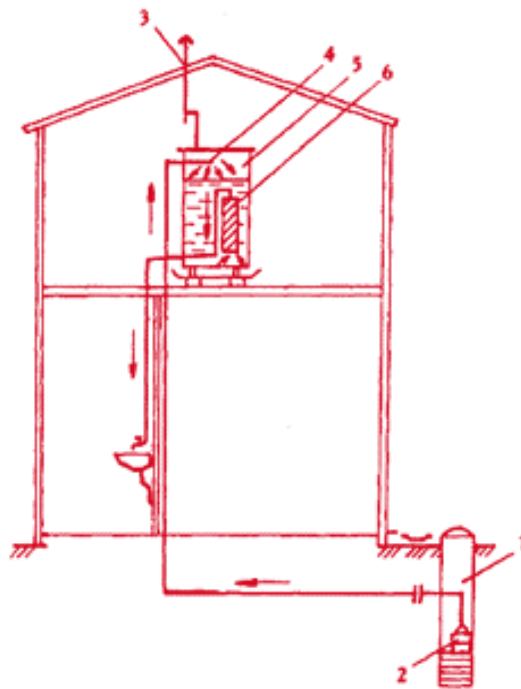


Рис. 2.1. Установка накопичувальної ємності

- 1 – свердловина;
- 2 – насос;
- 3 – витяжна труба;
- 4 – розпилювач;
- 5 – накопичувальний бак;
- 6 – фільтр

Осьові насоси призначені насамперед для перекачування великих об'ємів рідини. Їх робота заснована на передачі енергії, якої зазнає рідина при притисканні до передньої поверхні лопатей робочого колеса, що обертається.

Частинки рідини, що подається, мають криволінійну траєкторію, але після проходження через комутатор починають рухатися вздовж входу і виходу насоса, переважно вздовж осі (звідси і назва).

Існує два основних типи осьових насосів: жорсткі лопатеві насоси з лопатями, прикріпленими до втулки робочого колеса, яка називається гвинтом, і пластинчасті насоси з механізмом зміни кута нахилу лопатей. Обидва типи насосів зазвичай бувають одноступінчастими і рідше – двоступінчастими.

Осьові насоси характеризуються конструкцією і роботою робочого колеса. Робоче колесо складається з втулки, на якій закріплено кілька лопатей, відповідним чином вигнутих лопатей, передні кромки яких закручені вздовж потоку. Обертання робочого колеса змушує профіль лопатей рухатися через рідину, і в міру того, як швидкість потоку змінюється уздовж нижньої і верхньої поверхонь профілю, тиск над і під профілем повинен збільшуватися або зменшуватися. Це створює тиск насоса.

Насоси розрізняються за кількома ознаками:

- За характером сил, що діють в насосі: об'ємні насоси, де переважають сили стиснення, і динамічні насоси, де переважають сили інерції;
- За характером з'єднання робочої камери з входом і виходом насоса: з циклічним (об'ємні насоси) і постійним (насоси з електроприводом) з'єднанням з входом і виходом.

Об'ємні насоси використовуються для перекачування в'язких рідин. У цих насосах відбувається тільки одне перетворення енергії: енергія двигуна безпосередньо перетворюється в енергію рідини (механічна $\Rightarrow$ рух + положення). Це насоси високого тиску і вони чутливі до забруднення рідини. Процес роботи об'ємних насосів незбалансований (висока вібрація) і тому вимагає міцного фундаменту. Ці насоси також характеризуються нерівномірною подачею потужності. Основною перевагою цих насосів є можливість сухого всмоктування (самовсмоктування).

Динамічні насоси характеризуються подвійним перетворенням енергії (перший етап: механічна $\Rightarrow$ кінетична + потенційна, другий етап: кінетична $\Rightarrow$ потенційна).

- випарна установка;
- реакторні циркуляційні системи заправні станції;
- кристалізаційні установки.
- водопідготовка.

Різні галузі промисловості:

- целюлозно-паперова промисловість
- цукрова промисловість.
- виробництво солі;
- Очищення стічних вод;
- виробництво фосфорної кислоти
- виробництво меламіну.
- хімічні підприємства.

Забруднені рідини можуть перекачуватися динамічними насосами з рівномірною подачею і збалансованим робочим процесом. На відміну від об'ємних насосів, вони не мають можливості самовсмоктування.

Основні сфери застосування осьових насосів.

Осьові насоси використовуються для циркуляції води на теплових і атомних електростанціях, в іригаційних системах та інших галузях народного господарства.

Осьові насоси, які називають лопатевими, мають на робочому колесі ряд лопатей, які закручують потік паралельно валу:

Після встановлення робочого колеса встановлюється направляючий пристрій з нерухомими лопатями, який врівноважує потік і спрямовує його до напірної труби або на наступну сходинку. Направляючий пристрій відповідає за перетворення кінетичної енергії потоку в енергію позиційного тиску.

Вал насоса з прикріпленим робочим колесом проходить через направляючу втулку і оснащений підшипниками.

Вся проточна частина насоса знаходиться в циліндричному корпусі 3, який по суті є продовженням труби. Насос вбудовується в трубопровід і є його невід'ємною частиною. Для виведення вала нагнітання насоса передбачено напірний патрубок.

В осьових насосах потік рідини рухається паралельно валу, а лопаті одночасно здійснюють обертальний рух по колу валу насоса. Оскільки відсутній радіальний рух рідини, виключається можливість виникнення відцентрових сил. Підвищення тиску відбувається за рахунок гідродинамічного впливу лопатей на рідину і перетворення кінетичної енергії при розкручуванні потоку в направляючій системі. Таким чином, принцип роботи осьових насосів заснований на потужній взаємодії лопатей з потоком рідини і використанні дифузійних елементів.

Перетворення енергії в осьових насосах відбувається за рахунок взаємодії між потоком рідини і рухомими лопатями, де рідина бере участь як в поступальному русі вздовж осі обертання робочого колеса, так і в обертальному русі навколо тієї ж осі. Ці два рухи утворюють абсолютний потік, подібний до руху по гвинтовій поверхні. У цьому осесиметричному русі осьовий насос розташований в циліндричній трубі, яка є продовженням труби. Насос монтується на трубі, прохідним перетином якої є простір, укладений між корпусом 1, гвинтовим робочим колесом 2 і нерухомими лопатками 3.

Вал насоса 4 проходить під напрямними лопатками 3 і зазвичай встановлюється на підшипниках. Коли рідина проходить між обертовими лопатями робочого колеса, робоче колесо передає енергію потоку рідини, змушуючи його обертатися. Щоб зменшити втрати кінетичної енергії через завихрення потоку і усунути обертальний рух, на виході з насоса встановлені нерухомі напрямні лопатки, які випрямляють потік і вирівнюють його з віссю напірної труби. Теорія осьових насосів заснована на ряді обтічних законів

підйому і опору (теорія решітчастого профілю). Показано схему робочого колеса осьового насоса і вид в плані швидкості рідини в проточній частині насоса. Рідина, що надходить в насос з осьовою швидкістю, потрапляє на робоче колесо, яке обертається з кутовою швидкістю Ω . Крім того, рухаючись між лопатями, що обертаються, частинки рідини беруть участь у відносному русі вздовж міжлопатевого каналу зі швидкістю і в переносному (окружному) русі зі швидкістю. Таким чином, абсолютна швидкість потоку рідини на вході в робоче колесо дорівнює абсолютній швидкості потоку рідини на виході з робочого колеса. Після виходу з робочого колеса з абсолютною швидкістю c_2 рідина потрапляє на лопатки направляючих лопаток, і абсолютна швидкість змінюється від c_2 до c_z вздовж вигнутих лопаток. Паралелограм швидкості в проточній частині осьового насоса можна замінити трикутником швидкості, а циліндричний переріз лопатей робочого колеса радіусом r – розгорткою в площині. Розгортка в площині циліндричного перерізу стає нескінченною сіткою профілів. Рідина, що обтікає лопаті, встановлені під кутом, розділяється на дві частини перед кожною лопаттю і знову змикається на вихідній кромці лопаті. За той самий проміжок часу частинки рідини вздовж задньої поверхні лопаті проходять більшу відстань до точки зближення біфуркації, ніж частинки, що рухаються вздовж передньої (робочої) поверхні, тому швидкості рідини в точці біфуркації потоку між лопатями є різними.

Вихрові насоси мають високу самовсмоктувальну здатність і можуть запускатися без заповнення всмоктувального трубопроводу перекачуванням середовищем, поки воно є в корпусі насоса. Тому вони застосовуються для перекачування рідин, що легко випаровуються, і крапель, насичених газами, і використовуються в комбінації з відцентровими насосами. Відцентрові насоси бувають двох типів: закриті та відкриті. У закритих вихрових насосах частинки рідини з комірок, розташованих по периферії робочого колеса, під дією відцентрових сил потрапляють в проточний канал корпусу насоса, передають частину своєї кінетичної енергії середовищу, що знаходиться в

ньому, а потім повертаються в інший проточний канал. Осередки. За допомогою спірального вихрового руху кожна частинка за час свого перебування в насосі кілька разів відвідує роторну комірку і отримує від неї енергію. В результаті такої багатоступеневої дії відцентрові насоси створюють в три-сім разів більший тиск, але з меншою ефективністю (в два-три рази), ніж відцентрові насоси того ж розміру і швидкості обертання. У відкритих вихрових насосах рідина подається впритул до валу насоса, проходить між лопатями робочого колеса і відводиться з відкритого (безперешкодного) периферійного потоку на вихідному патрубку в корпусі. У зарубіжній літературі вихрові насоси називають фрикційними, регенеративними, турбулентними або самовсмоктувальними насосами.

Робота поршневого насоса складається з двох послідовних процесів: всмоктування і нагнітання. Процес всмоктування – це поршневий процес, за допомогою якого рідина або газ надходить у циліндр, тоді як процес нагнітання – це процес, за допомогою якого рідина або газ виштовхується з циліндра.

Для ілюстрації принципу роботи поршневих насосів див. рис. 1 а. 1, а. У насосі, що працює на холостому ходу, тиск під поршнем і у всмоктувальному трубопроводі однаковий. Коли поршень рухається вгору (хід всмоктування), об'єм циліндра під поршнем збільшується, а разом з ним збільшується і об'єм повітря в циліндрі. Тиск падає, і під поршнем створюється розрідження. Якщо знизу нагнітається газ або вода під тиском, що перевищує тиск в циліндрі під поршнем насоса, всмоктувальний клапан відкривається. Вода або газ надходить через клапан в циліндр насоса і намагається заповнити весь об'єм, представлений поршнем. Нагнітальний клапан в цей час закритий, оскільки тиск зверху вищий, ніж тиск знизу.

Хід поршня за конструкцією обмежений в обох напрямках. З цієї причини було введено поняття верхньої і нижньої точок поршня (ліва і права крайні точки, відповідно, при горизонтальному положенні циліндра).

Як тільки поршень насоса досягає верхньої кінцевої точки і опускається, всмоктування закінчується і починається такт нагнітання. Поршень виштовхує газ або рідину, що знаходиться під ним, і тиск в циліндрі підвищується. Підвищення тиску в циліндрі призводить до закриття всмоктувального клапана і відкриття нагнітального клапана. Рідина або газ виштовхується з циліндра насоса.

Коли поршень досягає найнижчої точки і знову піднімається, вищеописаний процес повторюється, і рідина або газ відкачується. Таким чином, потужність, споживана насосом, використовується для створення вакууму в циліндрі під час ходу всмоктування і для виштовхування необхідного тиску рідини або газу з циліндра в трубопровід під час ходу нагнітання.

Залежно від кратності дії розрізняють насоси одинарної, диференціальної, подвійної та багаторазової дії.

Насоси односторонньої дії – це насоси, в яких два ходи поршня або один оберт вала використовуються для здійснення одного всмоктування і одного нагнітання. Принципова схема такого насоса показана на рис. 1 а. Насоси одинарної дії мають найбільш нерівномірне всмоктування і нагнітання порівняно з іншими поршневыми насосами.

Диференціальні насоси забезпечують більш рівномірне всмоктування і нагнітання. На рис. 1 б показана схема насоса з вирівняною подачею рідини на стороні нагнітання. Насос має дві групи нагнітальних клапанів і поршковий шток з площею поперечного перерізу, що дорівнює половині площі поршня.

Всмоктування відбувається за один хід, коли поршень рухається вгору, а нагнітання відбувається при кожному ході поршня. Коли поршень рухається вниз, половина води в циліндрі витісняється через верхній клапан в напірну трубу. Інша половина потрапляє в порожнину циліндра над поршнем.

Коли поршень рухається вгору, рідина всмоктується в порожнину циліндра знизу і виштовхується з верхньої порожнини, коли нижній

нагнітальний клапан закривається. Це призводить до більш рівномірного потоку рідини в порівнянні з насосами односторонньої дії.

Якщо потрібен рівномірний потік рідини на стороні всмоктування, конструкція всмоктувальної частини насоса аналогічна конструкції нагнітальної частини.

Насоси подвійної дії виготовляються як одноциліндрові насоси або як комбінація двох насосів одинарної дії. Обидві порожнини циліндра приводяться в дію, і кожна з них має власні всмоктувальні та нагнітальні клапани. Це означає, що за один хід поршня насос виконує дві операції.

Насоси багаторазової дії поєднують в собі кілька насосів одинарної або подвійної дії в одному агрегаті.

За способом з'єднання з двигуном розрізняють насоси з приводом і насоси прямої дії.

Приводні насоси – це насоси, в яких поршневий шток або шатун з'єднаний з двигуном за допомогою балансира, ексцентрикового або первинного пристрою. Насоси можуть приводитися в дію різними способами.

У насосах з прямим приводом паровий двигун є єдиним джерелом приводу, а шток парового поршня і шток гідравлічного поршня з'єднані загальною муфтою. Таким чином, тиск пари передається безпосередньо на гідравлічний поршень через шток.

Горизонтальні, похилі та вертикальні насоси розрізняють за положенням валу циліндра.

Класифікація насосів може бути більш детальною, і класифікацію можна продовжити, використовуючи такі ознаки, як кількість водяних або парових циліндрів, тип рідини, тиск і продуктивність.

Шестеренні (зубчасті) насоси складаються з двох шестерень, розташованих в корпусі. Одна з шестерень приводиться в рух електродвигуном, розташованим на тому ж валу, в той час як друга шестерня отримує обертання від першої шестерні завдяки тісному зачепленню зубів. Під

час роботи рідина захоплюється зубами колеса і притискається до стінки корпусу, рухаючись від сторони всмоктування до сторони нагнітання. Оскільки зуби щільно зачеплені, потік рідини в зворотному напрямку дуже малий.

Кількість зубців може бути зменшена до двох, а обертовий елемент перетворюється на вісімку.

У такому нагнітачі, на відміну від шестеренного насоса, немає шестерень, тому для обох «вісімок» необхідно передбачити моторний привід.

Перевагами цього типу нагнітачів є компактність, простота конструкції, відсутність клапанів, можливість використання для приводу швидкохідних електродвигунів, незалежне живлення від протитиску мережі, реверсивність, високий тиск (5 Мпа для полюсних і штангових насосів, насосів «вісімки 0,5 Мпа у випадку насосів «фігура 8»). Основними недоліками є швидкий знос робочого органу, низька подача і відносно низький ККД (до 0,75%).

Зовнішні шестеренні насоси:

Шестеренні насоси є одними з найстаріших представників роторних гідромашин із зубчастими передачами.

За характером процесу витіснення ці насоси відносяться до класу роторних обертових машин, де витіснена рідина передається з порожнини всмоктування насоса в порожнину нагнітання в площині, перпендикулярній до осі обертання. У цьому випадку витискувач здійснює тільки обертальний рух.

Шестеренні насоси випускаються з внутрішнім або зовнішнім зачепленням. Найпоширенішим шестеренним насосом є насос із зовнішнім зачепленням. Такі насоси складаються з пари затиснутих однакових циліндричних шестерень, які називаються приводом і шестернею, в герметичному корпусі, який називається статором. Коли шестерні обертаються в напрямку стрілок, рідина, що міститься в порожнинах зубів, перекачується з порожнини всмоктування в порожнину нагнітання (показана заштрихованою). При обертанні шестерень зубці a_1 і a_2 витісняють більший

ніж об'єм рідини, що може міститися в просторі, звільненому зачепленими зубцями b_1 і b_2 . Різниця в об'ємі рідини під тиском p_2 нагнітається в напірну лінію насоса.

Шестеренні насоси з шестернями зовнішнього зачеплення прості за конструкцією і надійні, мають малі габарити і масу. Найчастіше застосовуються насоси, що складаються з пари прямозубих шестерень з однаковим числом зубів евольвентного профілю. Для збільшення подачі іноді вживаються насоси з трьома і більше шестернями, розміщеними навколо центральної провідної шестерні. Для підвищення тиску рідини застосовують багатоступінчасті шестеренні насоси. Подача кожному наступному рівні цих насосів менше подачі попередньої. Для відведення надлишку рідини кожен ступінь має перепускний клапан, відрегульований на відповідний максимально допустимий тиск. Максимальний тиск, що розвивається цими насосами, зазвичай 10 Мпа (100 а) і рідше 20 Мпа (200 а). Для наближеного розрахунку хвилинної подачі насосів з двома однаковими шестернями можна користуватися формулою.

$$Q = \eta_0 \pi A (D_g - A) b n,$$

де η_0 – об'ємний ККД насоса, що залежить від конструкції, технології виготовлення і тиску насоса і що дорівнює 0,7-0,95; A – відстань між центрами шестерень, рівне діаметру початкової окружності D ; D_g – діаметр окружності головок зубів; b – ширина шестерень; n – частота обертання ротора, об / хв.

Шестеренні насоси з шестернями внутрішнього зачеплення застосовують при невеликих тисках (до 7 Мпа)

Вони відрізняються компактністю і малими габаритами в порівнянні з насосами зовнішнього зачеплення. При тій же подачі рідини, що заповнює межзубові западини шестерень, переноситься в порожнину нагнітання, де видавлюється через радіальні свердління в денцях западин зовнішньої

(кільцевий) шестерні. Провідною шестернею є шестерня з внутрішніми зубами, пов'язана з приводним валом. Ця шестерня посаджена на своїй зовнішній поверхні в підшипник ковзання. Для відділення порожнин всмоктування і нагнітання в насосах, представлених на малюнках, застосований серпоподібний розділовий елемент с. При розвороті цього елемента на 180° відбувається реверсування подачі (на малюнку напрямки руху рідини вказано стрілками).

Шибєрний пластинчастий насос. Для перекачування середовищ, що мають властивість ставати більш в'язкими і густими при зниженні температури, оптимально підходить насос шибєрний (або, як його ще називають, пластинчастий). Конструктивною особливістю шибєрних насосів, що і дозволяє їм забезпечувати постійну ступінь в'язкості середовища, що перекачується, є наявність в їх корпусі спеціальної сорочки. Теплоносій, який подається ззовні і циркулює у внутрішніх порожнинах такої сорочки, обігріває транспортується через насос середу, не даючи їй загустіти.

Шибєрні насоси для харчової промисловості

Завдяки своїм конструктивним особливостям шибєрні насоси використовуються для перекачування різних типів робочих середовищ: абразивних частинок та інших видів нерозчинних домішок, слизу, що містить клеї і смоли. Цей тип насосного пристрою відрізняється підвищеною потужністю всмоктування і здатністю працювати з однаковим зусиллям в обох напрямках.

Конструкція золотникового насоса виглядає наступним чином:

- корпус з двома патрубками (всмоктувальним і нагнітальним);
- приводний двигун (зазвичай асинхронний);
- вал (ротор) з пластинами, що обертаються в корпусі по ексцентриковій доріжці (виконавча пластина розміщується в спеціальному пазу в роторі і, крім того, поверхня цього конструктивного елемента виконана з канавками під різним кутом нахилу, що ведуть до поверхні вала).

Основні компоненти лопатевих насосів.

Пластинчасті насоси можна умовно розділити на односторонньої і двосторонньої дії, основною конструктивною відмінністю яких є форма поперечного перерізу статора, навколо якого обертається ротор.

Принцип роботи пластинчастих (або шибєрних) насосів односторонньої та двосторонньої дії можна пояснити наступним чином.

При обертанні ротора пластини, які можуть вільно переміщатися в радіальному напрямку в канавці сідла, під дією відцентрових сил виштовхуються з канавки сідла.

Край видавленої пластини прилягає до внутрішньої стінки статора і починає ковзати по внутрішній стінці, переміщуючи перекачуване середовище.

Принцип роботи пластинчастого насосу.

Залежно від способу управління шибєрним насосом, такі пристрої класифікуються як регульовані насоси:

- пряме управління;
- непрямого регулювання.

Пластинчасті насоси подвійної дії або насоси подвійної дії.

Основною характеристикою пластинчастих насосів подвійної дії є еліптичний переріз статора. Кожна пластина ротора, яка рухається по внутрішній поверхні такого статора, робить два ходи за один оберт вала. Лопатєві насоси подвійної дії працюють за наступним алгоритмом.

Зовнішня поверхня ротора, овальна внутрішня поверхня статора, дві сусідні пластини, бічні диски та інші елементи утворюють тимчасову робочу камеру (в яку подається транспортне середовище і згодом виштовхується в напірний трубопровід). При цьому тимчасова робоча камера мінімального об'єму утворюється в місці розташування внутрішньої порожнини шибєрного насоса, де зазор між ротором і нерухомою частиною електродвигуна мінімальний.

Висока герметичність тимчасової робочої камери забезпечується за рахунок того, що пластина ковзає своїм краєм по внутрішній поверхні статора і щільно притискається до нього.

Після того, як пластина проходить через зону найменшого зазору між ротором і статором, об'єм тимчасової робочої камери збільшується. Це викликає різке падіння тиску в камері і створює зону розрідження повітря. Коли бічний диск на внутрішній поверхні статора проходить через певну зону, його щілина з'єднується з лінією всмоктування і тимчасова робоча камера заповнюється перекачуванням середовищем.

Коли тимчасова робоча камера, вже заповнена рідиною, що перекачується, проходить наступну ділянку, де зазор між ротором і статором мінімальний, тиск робочого середовища збільшується і допомагає виштовхнути робоче середовище в щілину другого бічного диска, з'єданого з нагнітальною лінією.

Таким чином, завдяки еліптичній формі поперечного перерізу статора, вищевказаний процес відбувається двічі за один оберт валу ротора.

Принцип роботи пластинчастих насосів подвійної дії.

Сила, що притискає торці робочих пластин до внутрішньої поверхні статора, виникає під впливом тиску рідини, що чиниться на задню поверхню цих елементів. Силу, що притискає робочу пластину до внутрішньої поверхні статора під час ковзання, можна розрахувати, помноживши тиск рідини, що діє на задню поверхню робочої пластини, на площу її торця. При перекачуванні погано змащених рідин при певних тисках можуть виникати ситуації, коли між торцем пластини і внутрішньою стінкою статора утворюється тонка плівка робочого середовища. Експлуатація пластинчастого насоса в таких умовах призведе до збільшення зносу робочого елемента.

Якщо пластинчасті насоси використовуються для перекачування рідин, що надходять у всмоктувальний патрубок під тиском понад 150 бар, для вирішення таких завдань підбираються моделі насосного обладнання з

подвійними пластинами. У таких випадках рідина, що перекачується, подається через отвір в задньому торці пластинчастого насоса і потрапляє в простір між здвоєними пластинами, компенсуючи таким чином надлишковий тиск рідини на робоче колесо.

Агрегати одинарної дії.

Поперечний переріз ротора пластинчастих насосів односторонньої дії – циліндричний. Тимчасова зміна об'єму робочої камери (необхідна умова ефективної роботи лопатевих насосних пристроїв) забезпечується обертальним рухом ротора по ексцентричній траєкторії відносно нерухомої частини двигуна. Принцип роботи золотникових насосів одинарної та подвійної дії однаковий, незважаючи на конструктивні відмінності.

Регульована гідравліка.

Регульовані пластинчасті насоси дозволяють змінювати положення кільця статора. Відносне просторове положення статора і ротора, що обертається всередині нього, регулюється трьома гвинтами в конструкції насоса наступним чином.

Ексцентриситет ротора можна змінювати за допомогою гвинта обмеження потоку. Це дає змогу регулювати швидкість нагнітання шибєрного насоса.

Гвинт позиціонування статора використовується для зміни просторового положення статора у вертикальній площині. Цей параметр визначає динамічні характеристики насоса і рівень шуму під час роботи.

Гвинт регулювання максимального тиску дозволяє контролювати цей параметр, змінюючи стиснення спеціальної пружини.

Принцип роботи регульованого золотникового (пластинчастого) насоса полягає в наступному.

Тиск гідравлічного масла насоса діє на внутрішню стінку статора і через неї на регульовальну пружину в залежності від величини опору рідини в гідравлічній системі. Поки величина цього тиску менша за опір пружини,

обмотувальне кільце знаходиться в ексцентричному положенні по відношенню до ротора.

Зі збільшенням тиску гідравлічного середовища в гідросистемі зростає і ступінь впливу на стінки нерухомої частини двигуна і на регулюючу пружину.

Як тільки тиск гідравлічної рідини перевищує протитиск пружин, обмотувальне кільце починає переміщатися з ексцентричного положення в концентричне. При цьому зменшується тимчасовий робочий об'єм камери золотникового насоса і, відповідно, тиск рідини, що подається в напірну лінію. Якщо тиск рідини, що надходить у всмоктувальний патрубок, буде збільшуватися далі, то тиск робочого середовища в нагнітальному трубопроводі може наблизитися до нуля (нульовий хід). Однак навіть в цій ситуації насос все одно буде подавати в напірну лінію перекачувану рідину, об'єм якої дорівнює внутрішньому витоку обладнання. Величина тиску рідини в лінії подачі, яка робить можливим вищевказану ситуацію, залежить від ступеня стиснення регулюючої пружини.

Принцип дії регулятора тиску.

Насоси з нульовим ходом у варіанті з регульованим золотниковим затвором оснащені дренажною системою. Вона служить для відведення всіх внутрішніх витоків із зони високого тиску робочої камери пристрою. Наявність такої системи в конструкції шибєрного насоса забезпечує ефективне відведення тепла і мастила від тертьових елементів обладнання. Регульовані пластинчасті насоси з непрямым приводом

Принцип роботи регульованого пластинчато-роторного насоса з непрямым приводом майже ідентичний принципу роботи насоса з прямим приводом. Основна відмінність полягає в типі використовуваного механізму управління. Якщо в пластинчастих насосах прямої дії таким механізмом є пружина або дві пружини одночасно, то в регульованих насосних пристроях непрямої дії для цієї мети використовується поршень, який знаходиться під

постійним тиском і таким чином забезпечує необхідне просторове положення статора.

Конструкція регульованих пластинчастих насосів непрямой дії.

Принцип роботи цього типу пластинчастих насосів полягає в наступному.

Максимальний ексцентриситет статора при запуску пластинчастого насоса забезпечується регулюючою пружиною, яка діє з протилежного боку, на поршень більшого діаметру.

Тиск рідини, що надходить у насос із всмоктувальної лінії, діє як на поршень меншого, так і на поршень більшого діаметру, для чого використовуються спеціальні регулятори.

Поки тиск рідини, що діє на обидва поршні, однаковий, статор знаходиться в максимально можливій точці ексцентриситету, що забезпечується різницею діаметрів з'єднаних поршнів. При зміні тиску в бік збільшення або зменшення положення статора відносно ротора пластинчастого насоса починає автоматично змінюватися.

Струминні насоси використовуються в найширшому діапазоні застосувань і бувають найрізноманітніших конструкцій. Існує три основних типи застосування струминних насосів: перетворення робочої рідини з потенційної енергії в кінетичну (в конічному соплі), обмін імпульсом між частинками робочої рідини і живильним середовищем (в камері змішування) і перетворення суміші робочої рідини і транспортної рідини з кінетичної енергії в потенційну (в дифузорі). Це створює розрідження в камері змішування і забезпечує всмоктування транспортного середовища. Тиск суміші робочої та транспортної рідини значно зростає завдяки зменшенню швидкості руху, що дозволяє здійснити нагнітання. Струминні насоси прості за конструкцією, надійні і довговічні в експлуатації, але їх ККД не перевищує 30 %.

Сфери застосування Конструктивні особливості та принцип дії різних насосів визначають діапазон подач і напорів, для яких бажано

використовувати той чи інший тип насоса. Застосування трьох основних типів насосів характеризується наступними даними: діапазон подач і напорів насоса визначається конструктивними особливостями насоса і принципом його роботи. Розглядаючи застосування насосних систем під тиском, слід також пам'ятати, що в 19 столітті, особливо у Великобританії, насоси використовувалися як гідроелектрогенератори (ще до впровадження електроприводу). Ця енергія передавалася від центральних електростанцій (поршневих насосів і парових двигунів) до промислових підприємств і споживачів по спеціальних водопроводах високого тиску. З початку 20 століття відцентрові та роторні насоси були основним елементом, разом з гідравлічними двигунами, гідравлічних трансмісій машин і систем гідроприводу у гідроенергетиці використовуються як гідроелектрогенератори.

Резервуари для зберігання води встановлюються для забезпечення водою кількох будівель. Водонапірна башта складається з резервуара для води, баштової шахти, укриття та підвідних і відвідних трубопроводів. Шахти башт будують з монолітного бетону, збірного залізобетону, цегли, металу або дерева. Сьогодні вежі, що виготовляються промисловим способом, дуже часто виготовляються з металу. Вони встановлюються на бетонних або залізобетонних фундаментах. Резервуари виготовляються з металу (зазвичай круглі). Місткість резервуара залежить від характеру і форми водоспоживання та роботи насосної системи. Місткість резервуара повинна бути достатньою для збору надлишкової води, що подається насосами в періоди низького водоспоживання, і для компенсації дефіциту, коли водоспоживання перевищує подачу води насосами в періоди високого водоспоживання. Кришки башт призначені для захисту башт від атмосферних впливів. Зазвичай вони виготовляються з легкої каркасної конструкції. Кришка повинна захищати воду в баку від замерзання взимку. Гідроколони – це порожнисті металеві циліндри, виготовлені зі сталевих пластин, закріплених арматурними розтяжками. Циліндр заповнений водою, причому верхня частина є

регулюючою ємністю звичайного напірного бака, а нижня – опорним стовбуром, який виконує роль резервного резервуара.

Бак для води встановлюється на спеціальній опорній конструкції, яка витримує розрахункові навантаження. Це пов'язано з тим, що накопичення води в резервуарах вимагає регулярного очищення та дезінфекції. Крім того, наявність резервуарів для води на горищах будинків збільшує навантаження на конструктивні елементи. Будівництво водонапірних башт в індивідуальних будинках є економічно недоцільним.

Сучасні технології пропонують дещо інший варіант комплектації системи водопостачання в індивідуальних будинках наступним обладнанням:

- Насоси (занурювальні або самовсмоктувальні);
- Автоматизація управління
- Акумуляторні баки
- Автоматика безпеки.
- Системи очищення води.

Занурювальні насоси зазвичай постачаються разом з баками-акумуляторами та автоматикою управління. Накопичувальний бак – це сталева ємність із внутрішньою мембраною, яка розділяє ємність на дві частини. Після встановлення системи та підключення до електромережі насос вмикається і починає перекачувати воду у водяну камеру. Кількість повітря в повітряній камері зменшується пропорційно кількості води, що надходить, а тиск в баку-акумуляторі зростає. Якщо тиск в баку-акумуляторі перевищує тиск відключення насоса, встановлений на реле тиску, насос вимикається і залишається вимкненим до тих пір, поки тиск в системі не знизиться за рахунок сепарації води (вода подається безпосередньо з баку-акумулятора до споживача). Після цього насос знову вмикається. Для продовження терміну служби насоса і накопичувального бака необхідно дотримуватися наступного правила: якщо продуктивність насоса становить 1 кубічний метр на годину, то накопичувальний бак повинен мати ємність 50 літрів.

Основна перевага накопичувальних баків полягає в тому, що їх можна встановлювати практично будь-де, від колодязів до горищ. На відміну від резервуарів для зберігання води, які потрібно встановлювати в найвищій точці, баки для зберігання води не дуже великі. Наприклад, 100-літровий бак має діаметр 50 см і висоту близько 1 метра. Такі насосні станції встановлюються на поверхні, зазвичай у приміщенні, а до джерела води підводиться всмоктувальна труба із зворотним клапаном. Зазвичай їх використовують для забору води з колодязів або неглибоких свердловин. Напірна автоматика контролює роботу насоса і вмикає та вимикає його при заборі води або без нього. Автоматика безпеки служить для захисту насоса від сухого ходу і стрибків напруги. Тиск води, заданий контролером, автоматично підтримується вбудованим частотним перетворювачем. Таке оснащення створює максимальну зручність, оскільки немає необхідності вмикати насос, коли потрібен водозабір.

Серед насосів великою популярністю користується обладнання німецької компанії GRUNDFOS, яке являє собою систему водопостачання з використанням насосного обладнання різної потужності для всіх джерел води. Після встановлення обладнання залишається лише відкрити крани і забути про постійну економію перекачуваної води. Станція забезпечує централізоване водопостачання без участі споживача.



Рис. 2.2. Загальний вигляд насосної станції Grundfos

Для власників будинків і котеджів випущена унікальна станція водопостачання MG, яка об'єднує в одному компактному блоці самовсмоктуючий насос, мембранний напірний бак, блок управління і пристрій захисту. Хоча основне призначення цієї станції – водопостачання індивідуальних будинків, такі станції можна використовувати скрізь, де потрібно перекачувати воду в компактному, легко встановленому агрегаті MG ідеально підходить для створення додаткового тиску при перекачуванні води з резервуара або водопровідної мережі MG – це Станції виготовлені з корозійностійких матеріалів і за потреби можуть бути встановлені на відкритому повітрі: MG включає в себе все необхідне для автоматичної роботи, тому немає необхідності підбирати окремі компоненти (наприклад, мембранні баки, пристрої захисту та управління). Просто відкрийте кран, і насос автоматично вмикається та вимикається. Це гарантує, що тиск в напірному трубопроводі залишається постійним. Вбудований зворотний клапан запобігає проливанню води. Режим роботи станції відображається за

допомогою світлодіодів на зручній панелі управління. Станція займає мало місця, швидко та легко встановлюється.



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд панелі керування насосної станції MG

2.2 Вибір типу електроприводу енергоефективної насосної установки

В електроприводах змінного струму частотний метод є перспективним способом регулювання швидкості двигуна в широкому діапазоні. Це пов'язано з тим, що від простого і надійного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором можна отримати всі механічні властивості, необхідні для технології виробництва, в тому числі високі швидкості, з низькими втратами потужності на перетворення.

При регулюванні швидкості асинхронного двигуна частотним керуванням необхідно змінювати частоту f_1 і напругу U_1 джерела живлення, щоб запобігти насиченню магнітної системи і забезпечити постійну перевантажувальну здатність двигуна.

Магнітний потік двигуна при нехтуванні падінням напруги в обмотці статора визначається за наступним рівнянням:

$$\Phi = U_1 / (4,44 \cdot W_1 \cdot K_{w1} \cdot f_1) \quad (2.1)$$

Щоб зменшити питомі габарити на одиницю потужності двигуна, під час проектування номінальний потік Φ_n встановлюється близьким до потоку насичення. Тому збільшення потоку відносно номінального призводить до насичення магнітної системи двигуна. Номінальний магнітний потік відповідає номінальній (паспортній) частоті f_{1n} і напрузі живлення U_{1n} .

Якщо частота обертання регулюється зміною частоти f_1 , то згідно з (2.1) її можна збільшувати тільки по відношенню до номінальної частоти f_{1n} , щоб запобігти насиченню магнітопроводу двигуна.

Зі збільшенням частоти синхронна швидкість ω_c пропорційно зростає.

$$\omega_c = \frac{2\pi f_1}{p} \quad (2.2)$$

Зменшення пропорційно квадрату частоти критичного моменту M_k .

$$M_k = \pm \frac{3U_1^2}{2\omega_c \left[\pm R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_K^2} \right]} \quad (2.3)$$

Оскільки швидкість синхронізації та індуктивний опір обмоток статора і ротора залежать від частоти

$$\begin{aligned} X_1 &= 2\pi f_1 L_1 \\ X_2' &= 2\pi f_1 s L_2' \end{aligned} \quad (2.4)$$

Жорсткість механічних властивостей в робочому діапазоні залишається незмінною, оскільки пропорційне збільшення синхронної швидкості відповідає пропорційному зменшенню критичного ковзання. Сімейство штучних механічних властивостей показано на рис. 2.4.

Перевага цього методу полягає в тому, що швидкість можна плавно змінювати без зміни жорсткості характеристик. Недоліком є те, що знижується перевантажувальна здатність двигуна і можна керувати лише швидкістю, що перевищує номінальну.

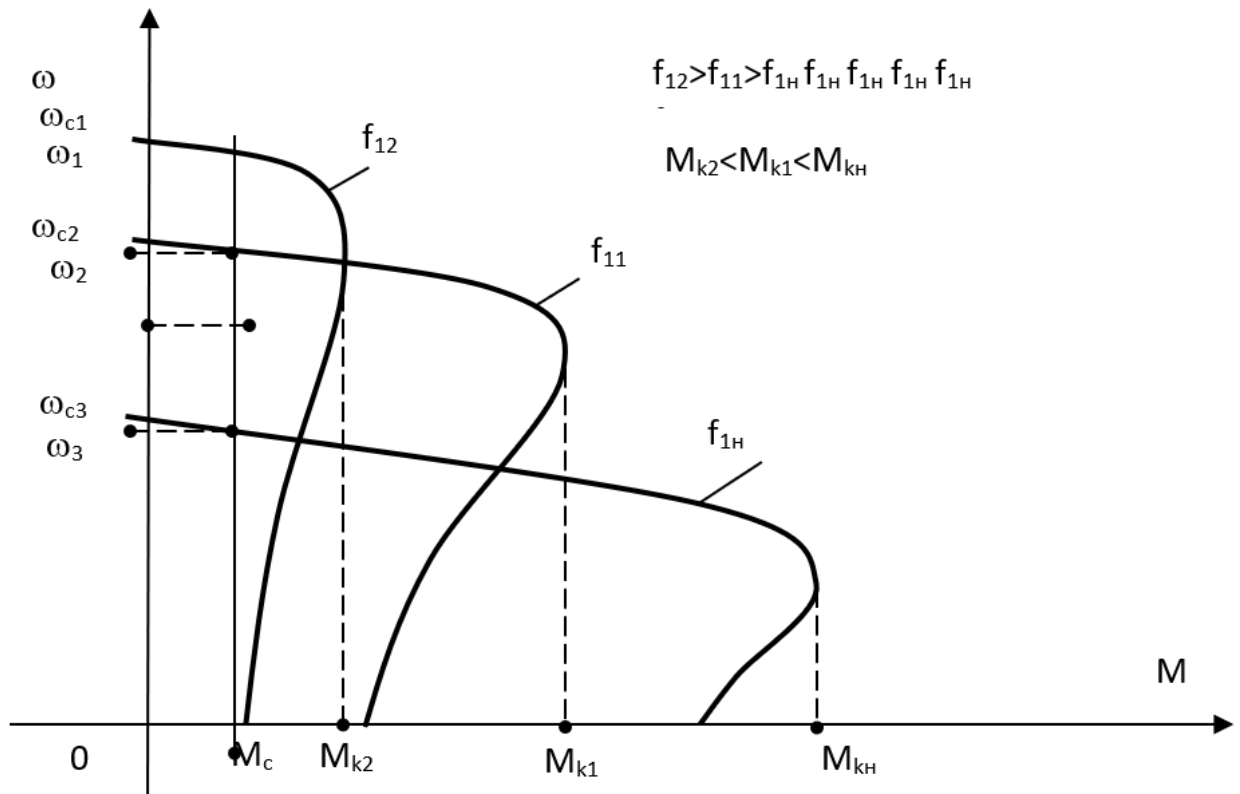


Рис. 2.4. Сімейство штучних механічних характеристик

Якщо ігнорувати активний електричний опір статора R_1 , то граничний момент двигуна дорівнює квадрату напруги і частоти статора.

$$M_k = K \frac{U_1^2}{f_1^2}, \quad (2.5)$$

Основний закон регулювання частоти обертання асинхронних двигунів, також відомий як закон Костенка, полягає в наступному.

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_{1н}}{f_{1н}} = const, \quad (2.6)$$

Відповідно до цього методу, частота змінюється пропорційно до зміни напруги. Це гарантує постійне значення критичного моменту і постійний номінальний потік у широкому діапазоні регулювання швидкості від нуля до максимуму. У багатьох випадках максимальна швидкість – це номінальна швидкість, що відповідає номінальній напрузі статора. Якщо напруга підвищується вище номінальної

Будь-яке підвищення напруги понад номінальну обмежується електричним опором ізоляції обмотки.

На рисунку 2.3 показано сімейство штучних характеристик машини з паралельно працюючими секціями.

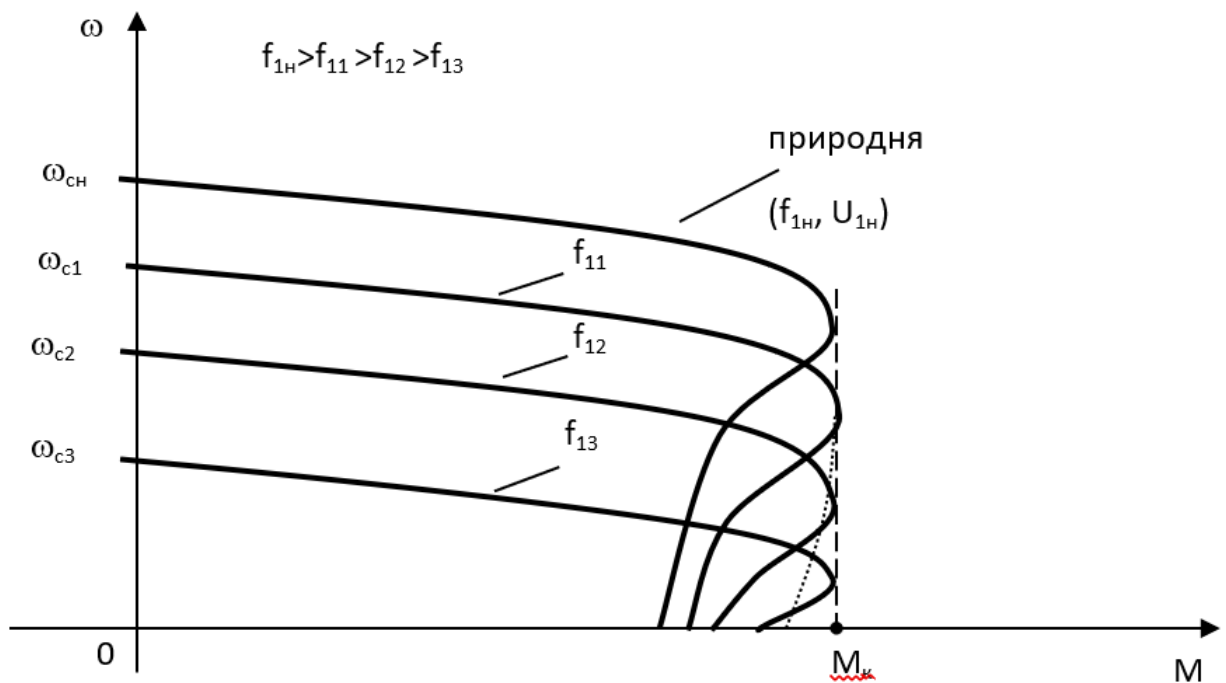


Рис. 2.5. Сімейство штучних характеристик машини з паралельно працюючими секціями

На низьких швидкостях падіння напруги в колі статора, яке ігнорується при виведенні закону керування, стає рівним напрузі живлення статора, що призводить до зниження критичного моменту (ламана лінія на рис. (2.5)). Щоб компенсувати цей недолік на низьких швидкостях, напруга повинна бути меншою, ніж за законом (2.3), або необхідно використовувати замкнену систему керування, щоб підтримувати співвідношення струму до частоти статора постійним, щоб магнітний потік не змінювався відповідно до (2.4). Крім того, при запуску двигуна, тобто коли частота близька до нуля, необхідне початкове значення напруги U_{10} для створення магнітного потоку i , відповідно, моменту двигуна. Для цього пуск ініціюється на початковій частоті $f_{10} = 3 - 5$ Гц, при цьому відповідне значення напруги, або його відсоток, дещо збільшується (рис. 3.5). В останньому випадку значення U_{10} може встановлюватися вручну або автоматично, з урахуванням значення динамічного моменту для створення заданого прискорення двигуна.

Для реалізації такої схеми керування найчастіше використовується перетворювач частоти з ланкою постійного струму, що складається з керуючого випрямляча (КР), фільтра (Ф), автономного інвертора (АІ) та системи керування випрямлячем (СК), інвертором (СІ) і всім електроприводом (ЕП). Напруга статора U_1 змінюється U_W , а частота f_1 – АІ, причому для малих потужностей замість керованого випрямляча використовується некерований випрямляч, а АІ з системою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) регулює напругу і частоту одночасно. АД може бути як джерелом напруги, так і джерелом струму, що дозволяє створювати замкнуті контури електроприводу. Існують різні типи контурних систем регулювання швидкості асинхронного двигуна.

Ця система частотно-швидкісного регулювання асинхронного двигуна є основною. Її перевагою є плавна зміна швидкості від нульової до максимальної (номінальної) без зміни механічних властивостей і

перевантажувальної жорсткості двигуна. Діапазон регулювання становить від 5 до 10 для розімкнутих систем і понад 1000 для замкнутих систем. Це так зване «регулювання першої зони з постійним моментом двигуна». Недоліком є відносна складність і підвищена вартість перетворювачів частоти.

Для поточних механізмів (вентилятори, насоси тощо), де статичний момент пропорційний квадрату швидкості, найбільш економічним законом керування є степеневий закон. $M_c \cong \omega^2$

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \frac{U_{1н}}{f_{1н}^2} = const, \quad (2.7)$$

Коли граничний момент двигуна зменшується пропорційно квадрату швидкості, відтворюються статичні характеристики моменту, а споживання потоку та реактивної енергії зменшується $M_k \cong \omega^2$ (рис. 2.6).

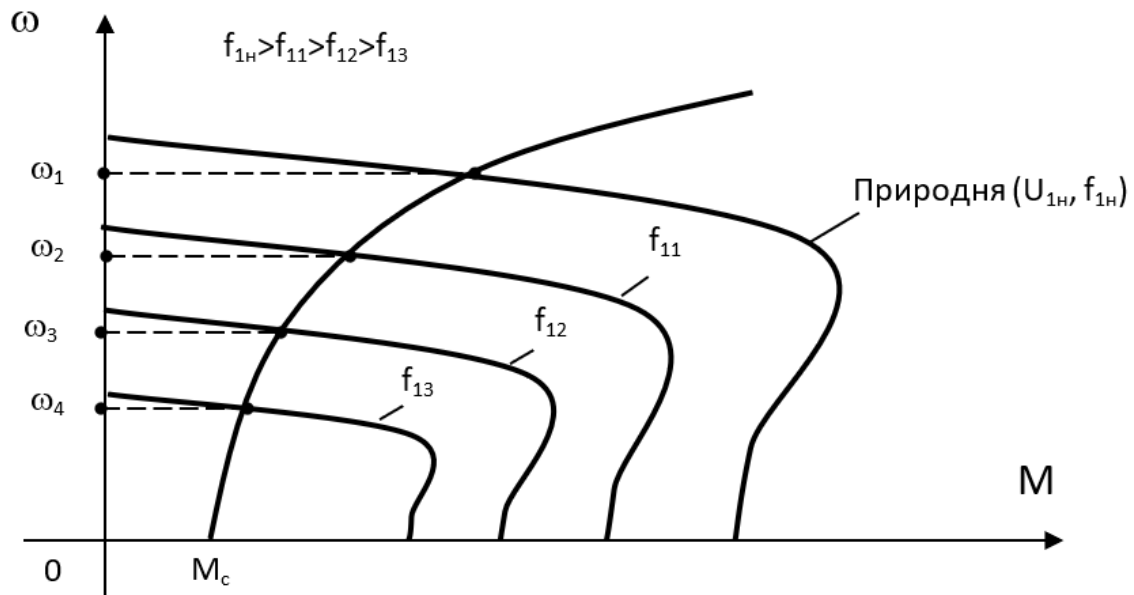


Рис 2.6. Механічні характеристики двигуна та навантаження

При використанні повної потужності двигуна для регулювання швидкості послабте магнітний потік і зменшіть критичний момент.

Послабте магнітний потік і зменшіть критичний момент двигуна.

Застосовується закон керування:

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \frac{U_{1H}}{\sqrt{f_{1H}}} = const, \quad (2.8)$$

При цьому крутний момент двигуна змінюється обернено пропорційно, а синхронна швидкість пропорційна частоті, так що потужність як їх добуток залишається незмінною. Серія штучних механічних характеристик показана на рисунку 2.7. Напруга не збільшується вище номінальної напруги і не змінюється при подальшому збільшенні частоти.

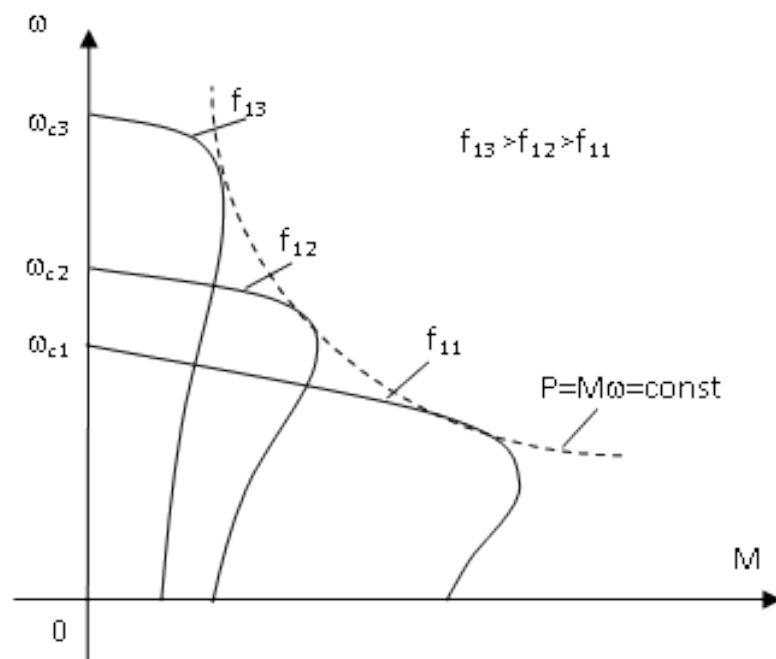


Рис 2.7. Серія штучних механічних характеристик

Частотне – найпоширеніший метод регулювання швидкості асинхронних двигунів, де враховується частота.

2.3 Синтез системи автоматичного керування насосною станцією

Принцип підпорядкованого керування зараз широко використовується в електроприводах для побудови систем керування. Він полягає в тому, що система розбивається на кілька контурів, кожен з яких має одну велику постійну часу.

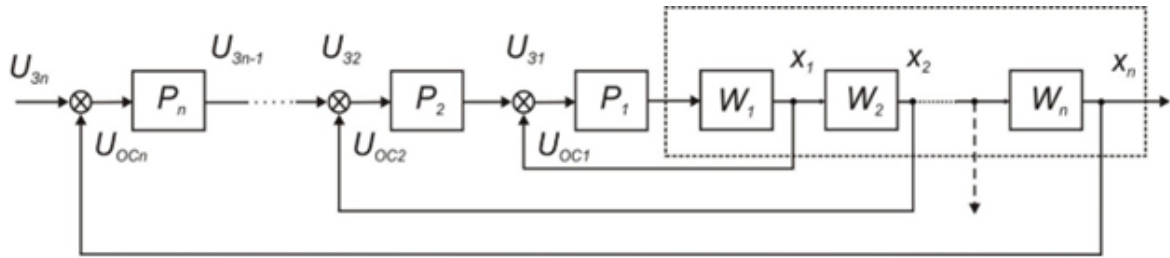


Рис. 2.8. Блок-схема підпорядкованої системи керування координатами

Завдання кожного контуру - компенсувати цю постійну часу і передати контуру задані статичні та динамічні характеристики відповідно до налаштувань. Оптимізація починається з внутрішнього контуру і переходить до зовнішнього. Під час процесу оптимізації підбираються параметри послідовних ланок корекції, які називаються регуляторами. Тому цю систему також називають системою послідовної корекції. У цій системі вихідний сигнал регулятора кожного контуру є сигналом завдання для внутрішніх нижчих контурів. Такий принцип керування означає, що продуктивність кожного наступного контуру зменшується порівняно з попереднім контуром. Тому не рекомендується використовувати більше трьох підпорядкованих контурів.

Перевагами підпорядкованої системи керування є можливість обмеження проміжних координат керування шляхом обмеження напруги регулятора та "передбачуваність" перехідного процесу, який завжди має однаковий вигляд для заданої конфігурації схеми.

Система не потребує дослідження стійкості в процесі синтезу, оскільки динамічні характеристики режиму задані заздалегідь.

Представлено проєкт системи керування на основі перетворювача частоти з матрицею стабілітронів з Y-подібним випрямлячем і IGBT-транзисторами, що використовує скалярну ШІМ-модуляцію.

Складання структурної схеми.

Проектована система є одноконтурною системою регулювання з одним зовнішнім контуром (контуром тиску).

Зовнішнім контуром є контур тиску.

Блок-схема розробленої системи показана на рисунку 2.9.

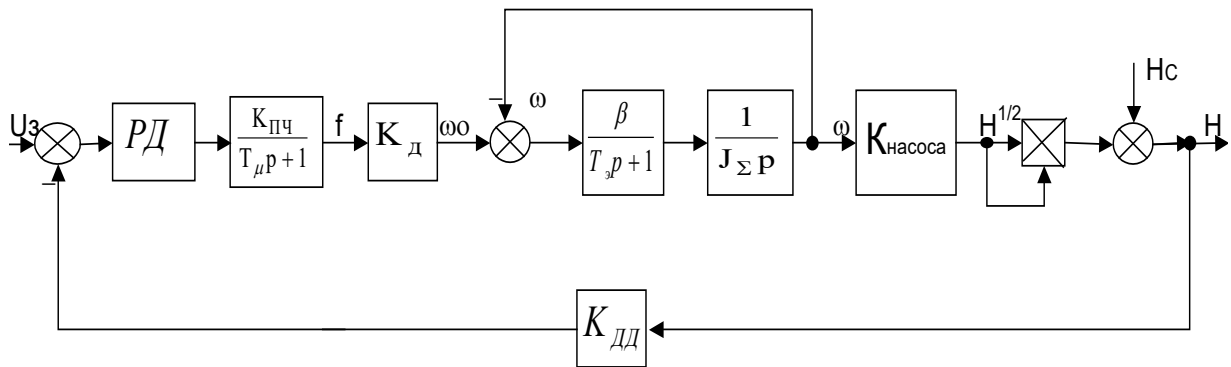


Рис. 2.9 Структурна схема електромеханічної системи.

Співвідношення швидкостей асинхронних двигунів:

$$K_{\text{д}} = \frac{2\pi}{p}, \quad (2.9)$$

Поточний коефіцієнт зворотного зв'язку: за ступом

$$K_{\text{ДД}} = \frac{U_3}{H_H}, \quad (2.10)$$

Розрахунок параметрів передавальної функції об'єкта керування

Загалом, об'єкти управління описуються наступною функціональною схемою (рис 2.10).

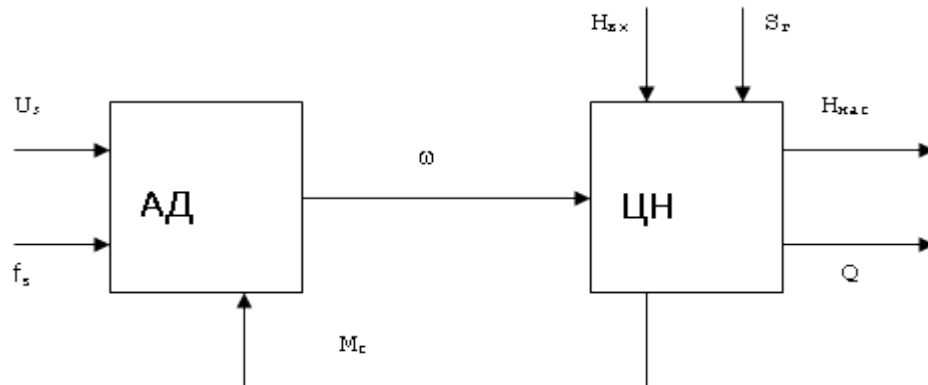


Рис. 2.10. Функціональна схема насосного агрегату.

Відомо, що навантаження на механізми вентиляторного типу, такі як відцентрові насоси, осьові насоси і вентилятори, називається навантаженням від вентилятора. Статичний момент таких механізмів залежить від швидкості обертання робочого колеса другого ступеня. Для виведення залежності крутного моменту на валу двигуна від частоти обертання необхідні математичні формули для характеристик насоса і трубопроводу.

Основними параметрами насоса є напір і подача.

Подача Q - це об'єм рідини, що перекачується насосом за одиницю часу.

Напір H визначається як різниця енергії (питома енергія), що міститься в 1 кг рідини на ділянці від входу до виходу насоса.

Диференціальне рівняння, що описує насос [14], має наступний вигляд.

$$\frac{m}{\rho g} \dot{Q} + s^2 (a + a_\phi) Q^2 = s^2 \frac{H_{0H}}{\omega_H^2} \omega^2 + s^2 H_{cm}, \quad (2.11)$$

За цією формулою можна побудувати наступну схему рис. 2.11

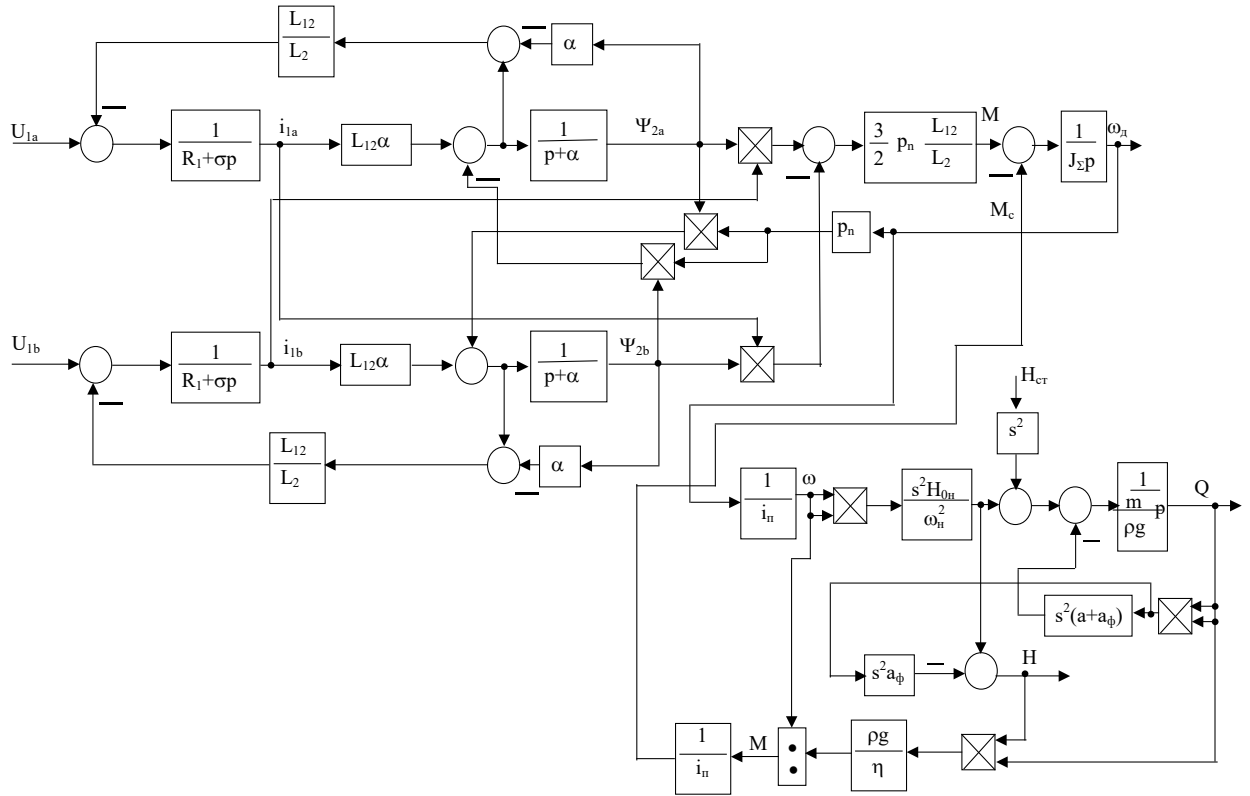


Рис. 2.11. Структурна схема моделі насосного агрегату

Наведена вище схема є не виправдано громіздкою і вимагає врахування багатьох параметрів досліджуваної рідини механічним способом. Для вирішення задачі автоматизації бажано лінеаризувати цю схему, використовуючи подібність (5.3).

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} \quad (2.12)$$

$$Q_2 = Q_H, H_2 = H_H, \omega_2 = \omega_H;$$

$$Q_1 = Q^*, H_1 = H^*, \omega_1 = \omega^*;$$

Тоді рівняння набуває вигляду:

$$\begin{aligned}\frac{Q_*}{Q_H} &= \frac{\omega_*}{\omega_H} \\ \frac{H_*}{H_H} &= \frac{\omega_*^2}{\omega_H^2}\end{aligned}\quad (2.13)$$

Нехай напір насоса і витрата виражені через частоту обертання валу двигуна:

$$Q_* = \frac{Q_H}{\omega_H} \omega_* = k_1 \omega_* \quad (2.14)$$

$$H_* = \frac{H_H}{\omega_H^2} \omega_*^2 = k_2 \omega_*^2 \quad (2.15)$$

Припускаючи, що жорсткість механічних властивостей двигуна достатньо висока, що інерційність електромагнітного кола перетворювача частоти і двигуна не враховується, що постійна часу на порядок менша за постійну часу технічного об'єкта і що зв'язок між об'єктом і електроприводом через M_c не враховується, структурна схема при регулюванні H може бути лінеаризована в околі номінальної точки і набуває вигляду (рисунок 4.4) і може бути спрощена до вигляду

Знаходження коренів рівняння :

$$\sqrt{H_*} = k_{насоса} \omega_* \quad (2.16)$$

де $k_{насоса} = \sqrt{\frac{H_H}{\omega_H^2}}$ - постійний коефіцієнт.

Насоси та гідравлічні мережі є інерційними ланками, які можуть бути представлені ациклічними ланками першого порядку [14]:

$$W_{нас}(p) = \frac{\kappa_{нас}(\omega)}{T_{нас}p + 1}, \quad (2.17)$$

де $\kappa_{нас}$ - коефіцієнт перетворення насоса

$T_{нас}$ - постійна часу насоса

Насос є нелінійною складною системою, і ми працюємо в межах невеликих відхилень, тому лінеаризуємо його коефіцієнт передачі.

$T_{нас} \approx 0,001$ с [14]. Тому при синтезі системи можна знехтувати цими малими сталими часу і розглядати насос як безінерційну ланку:

$$W_{нас}(p) = \kappa_{нас}$$

Модель насоса показана на рисунку 2.12.

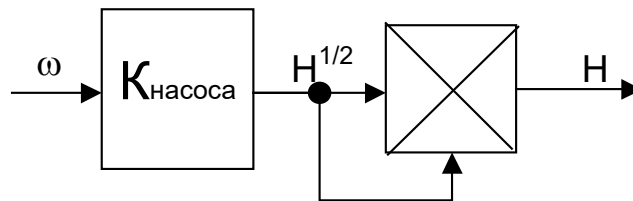


Рис. 2.12 Модель насоса

Структурна схема САК насосного агрегату буде виглядати так, як показано на рисунку 2.13.

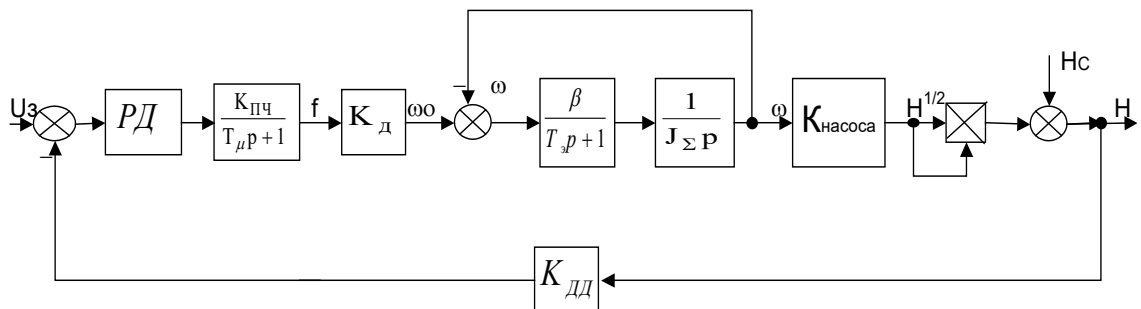


Рис. 2.13. Блок-схема системи автоматичного керування насосом

Коефіцієнт передачі асинхронного двигуна:

$$K_{\text{д}} = \frac{2\pi}{p}, \quad (2.18)$$

Поточний коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом:

$$K_{\text{дд}} = \frac{U_3}{H_{\text{н}}}, \quad (2.19)$$

При моделюванні системи враховано вплив постійної часу насоса на перехідні параметри системи.

Висновки до розділу

1. Проведені дослідження показали, що для водопостачання житлового комплексу найбільш доцільно застосовувати відцентровий насос.
2. В якості електроприводу насосної установки найбільш доцільно використовувати частотно-регульований асинхронний електропривід.
3. Для стабілізації рівня води в системі водозабезпечення житлового комплексу найбільш доцільно застосувати систему автоматичного керування зі зворотним зв'язком

РОЗДІЛ 3

КОМП'ЮТЕРНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СТАНЦІЄЮ ПІДКАЧУВАННЯ ВОДИ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

3.1 Розробка комп'ютерної імітаційної моделі насосної установки

Для моделювання системи керування насосним агрегатом використовується програма SIMULINK з пакету прикладних програм MATLAB 7.1.

Слід зазначити, що в реальних умовах експлуатації пуск насосного агрегату, тобто зміна тиску в мережі споживача, відбувається не раптово, а досить плавно і протягом тривалого періоду часу. Метою даного розділу є дослідження роботи установки в критичних режимах роботи та перевірка правильності синтезу регулятора. Дослідження перехідних процесів в системах зі стабілізацією тиску проводиться з використанням спрощеної моделі тиску та з урахуванням сталої часу насоса. Для дослідження динаміки системи розроблено модель насосного агрегату в середовищі Simulink, яка може моделюватися як з урахуванням, так і без урахування обмежень регулятора тиску і може подавати на входи системи різні типи завдань.

Метою даного дослідження є проведення імітаційного моделювання системи керування частотно-регульованим електроприводом насосного агрегату насосної станції котеджного містечка. Для цього необхідно налаштувати регулятор тиску та отримати перехідні діаграми при різних значеннях тиску в системі.

Перетворювачі частоти зазвичай використовуються для плавного регулювання швидкості асинхронних або синхронних двигунів шляхом створення напруги заданої частоти на виході перетворювача. У найпростішому випадку частота і напруга регулюються відповідно до заданої

характеристики $U/f=\text{const}$; в більш складних перетворювачах здійснюється так зване векторне керування. Перетворювачі частоти складаються з випрямляча (моста постійного струму), який перетворює змінний струм у постійний, ланки постійного струму з фільтром та інвертора, який працює за принципом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Інвертор перетворює постійний струм в змінний струм необхідної частоти та амплітуди. Вихідні силові тиристори GTO (Gate Turn Off) або IGBT (біполярні транзистори з ізольованим затвором) забезпечують струм, необхідний для живлення електродвигуна.

Структурна схема моделі АСУ насосного агрегату показана на рисунку 3.1

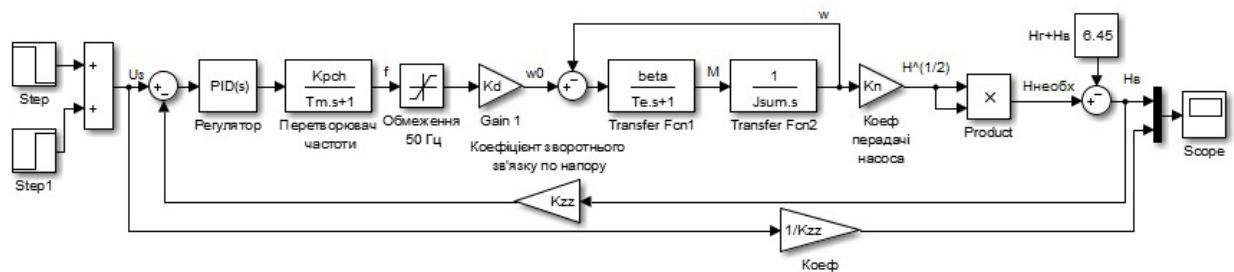


Рис. 3.1: Блок-схема системи керування додатковим водяним приводом.

Система отримує сигнал на встановлення тиску, який змінюється з кроком. Система є одноконтурною, регульованим параметром є тиск і застосовується негативний зворотний зв'язок. Регулятор тиску - це пропорційно-інтегрально-похідний (ПІД) регулятор, що регулюється за методом Циглера-Ніколса. Система складається з моделі задачі, ПІД-регулятора, частотного перетворювача, асинхронного двигуна та відцентрового насоса. Модель враховує втрати в трубопроводі та втрати, спричинені перепадом висот між насосною установкою та найвищим елементом системи у випадку двоповерхової будівлі. На вихідний осцилограф подається вихідний сигнал системи (напір) і масштабований сигнал уставки (помножений на зворотний коефіцієнт зворотного зв'язку). Вихід перетворювача обмежений діапазоном 0-50 Гц.

На рисунку 3.2 показано М-файли зібраної моделі.

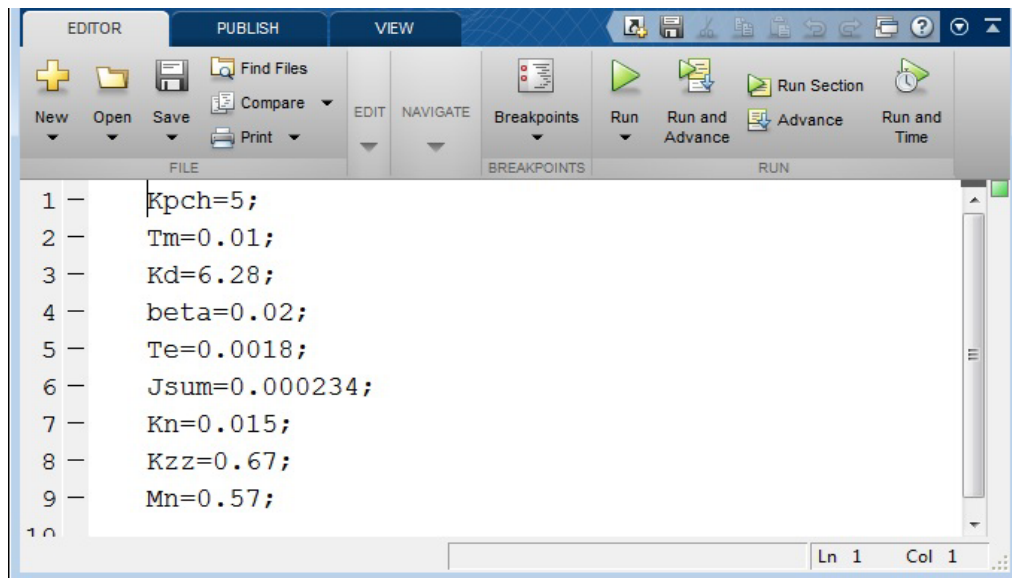


Рис. 3.2. М-файл моделі

На рисунку 3.2 показано реакцію системи на ступінчастий вхідний сигнал.

Оскільки контрольованою величиною є тиск, вхід системи - це ступінчаста напруга уставки, а вихід системи - це сигнал від датчика тиску в трубопроводі.

Витрата $q = 0.5 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 1.8 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0.0005 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$. З запасом по табл 2 візьмемо витрати $1.77 \frac{\text{м}}{100 \text{ м труби}}$. Приймаємо довжину трубопроводу 25 м. Витрати $N_{\text{вitr}} = 25 * 1.77 / 100 = 0.4425 = 0.45 \text{ м}$.

Звідси: $N_{\text{необх}} = N_{\text{вitr}} + N_{\text{гео}} + N_{\text{вільне}} = 0.45 + 6 + 15 = 21.45 \text{ м}$.

Маємо данні для насосу: $H = 21.45 \text{ м}$, $Q = 1.8 \text{ м}^3/\text{ч}$

Потужність корисна насоса $N_{\text{п}} = 115 \text{ Вт}$

Потужність двигуна $P_{\text{д}} = 165 \text{ Вт}$

Беремо АИР56А2 (0.18 кВт)

$$\omega_0 = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$\omega_{\text{н}} = 282 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{д}}}{\omega_{\text{н}}} = 0.57 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\text{Жорсткість мех характ } \beta = \left| \frac{M_H}{\omega_H - \omega_0} \right| = 0.02$$

ПД регулятор настроєний методом Зиглера-Никольса: $K_P = 0.8$, $K_I = 57$, $K_D = 0.01$.

Вихід ПЧ має блок насичення, який обмежує вихід перетворювача до 50 Гц. Це означає, що якщо на виході ПЧ є сигнал вище 50 Гц, то на виході насичення буде 50 Гц. Це обмежує ПЧ, і двигун не може працювати при більш високій частоті напруги.

3.2 Результати комп'ютерного моделювання САК насосної установки

Перехідні процеси в секундах показані на рис. 3.3.

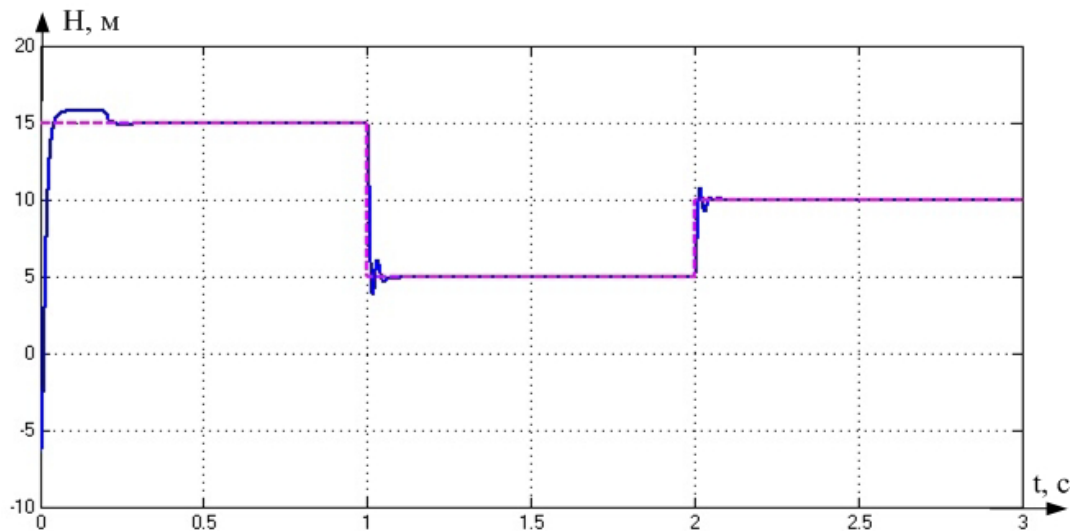


Рис. 3.3: Динамічна реакція системи на ступінчасті вхідні сигнали

Графік перехідного процесу, отриманий в результаті моделювання, спочатку показує дещо від'ємне значення напіру. Ця помилка моделювання пов'язана з втратою напіру в системі. В реальності такий перехідний процес на практиці не відбувається, оскільки початковий запуск насоса відбувається при заповненому водою всмоктувальному патрубку, після чого вода, що

залишилася в трубопроводі, подається зворотним клапаном. На практиці такого перехідного процесу не відбувається, як показано на рис. 2.

На рис. 3.4. показана помилка регулювання e , тобто різниця між сигналом завдання і зворотного зв'язку, а також вихідна напруга $U_{\text{рег}}$ ПІД-регулятора.

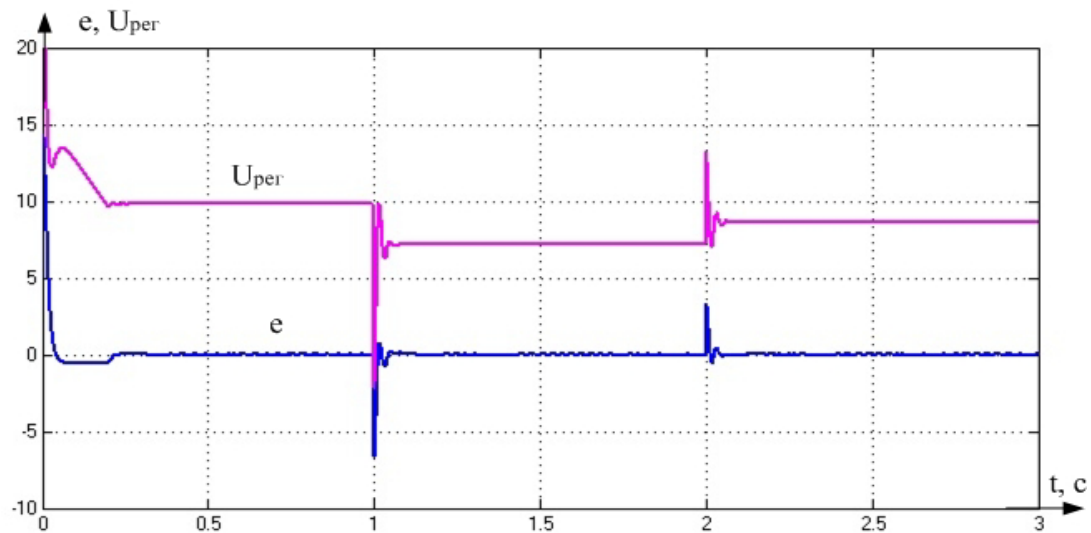


Рис. 3.4: Зміна в часі похибки e та керуючої напруги на виході регулятора $U_{\text{рег}}$.

На рисунку 3.5 показано значення частоти напруги на виході перетворювача частоти.

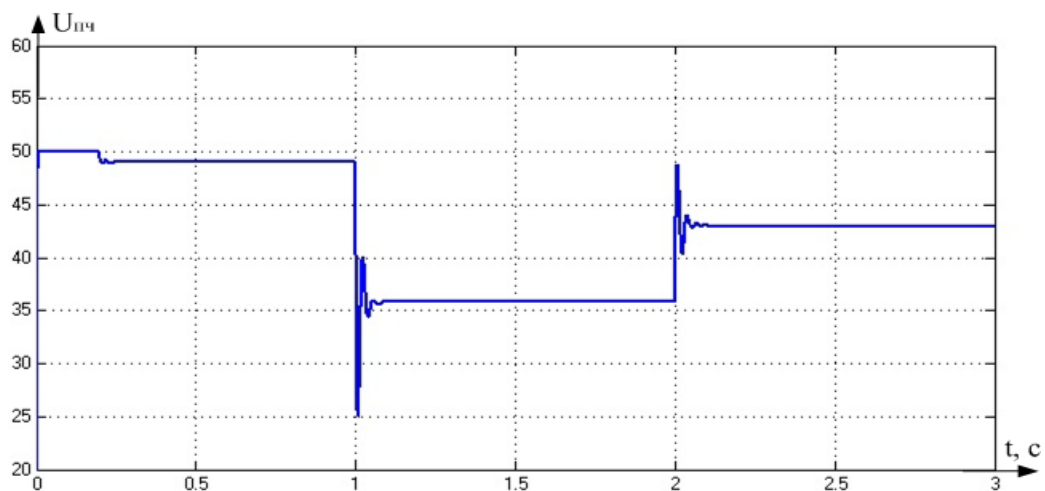


Рис. 3.5: Частота напруги на виходах перетворювача частоти

На рис. 3.6 показана кутова швидкість обертання валу асинхронного двигуна і пов'язана з нею кутова швидкість обертання робочого колеса відцентрового насоса в часі.

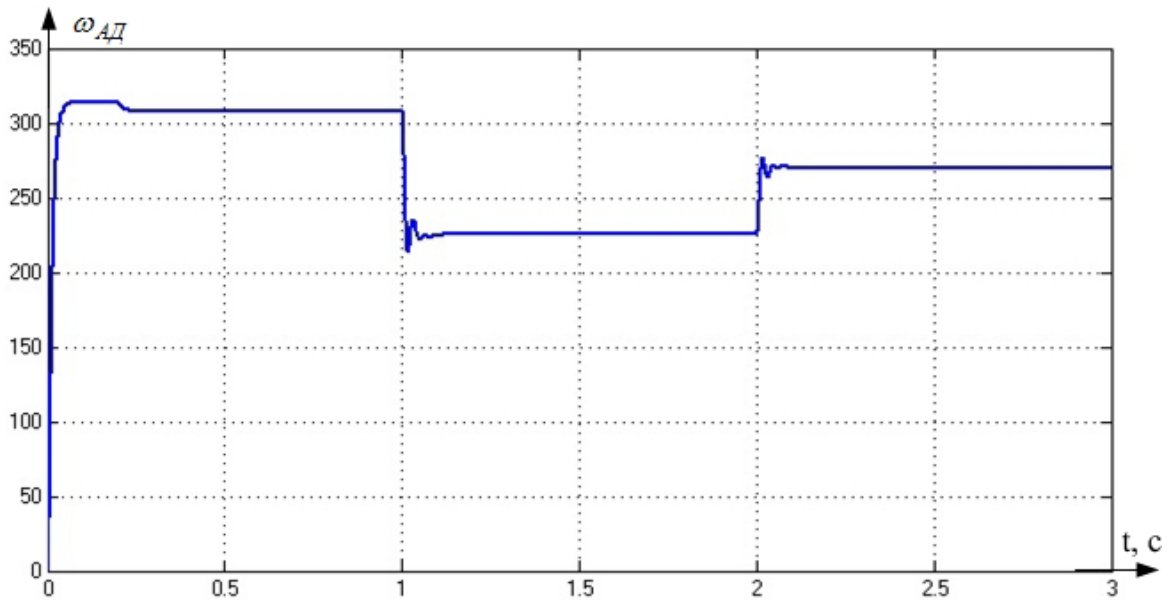


Рис. 3.6: Зміна в часі кутової швидкості обертання валу двигуна

На рисунку 3.7. показані значення напору, необхідні для трубопроводів системи водопостачання.

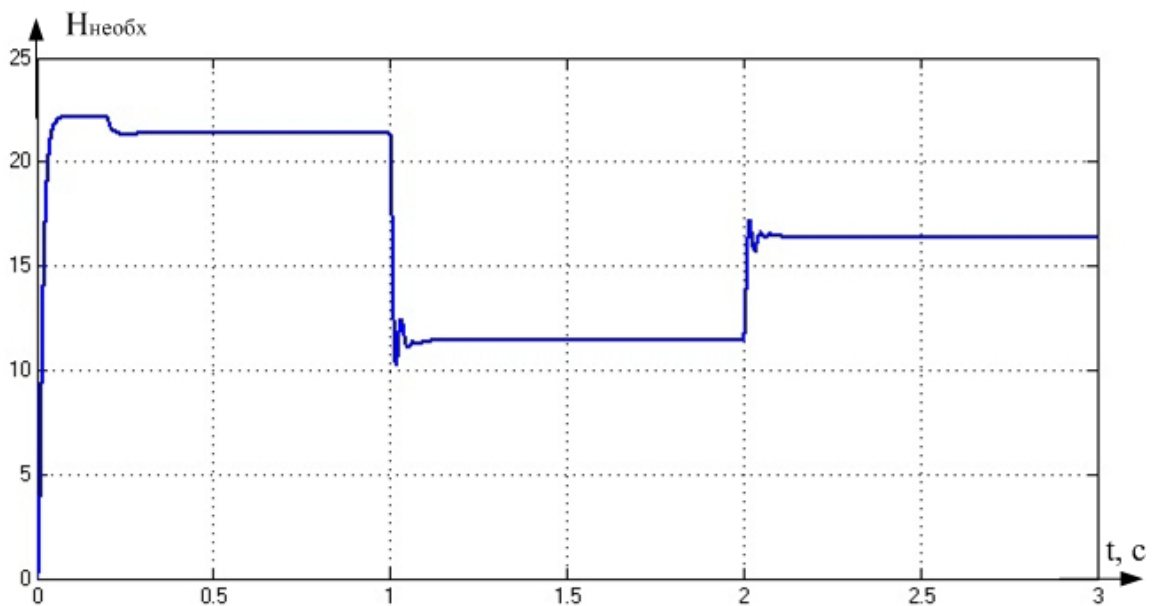


Рис. 3.7: Вимоги до тиску в системах постачання

На рисунку 3.3.8. крупним планом показано процес переходу до оцінки якості управління.

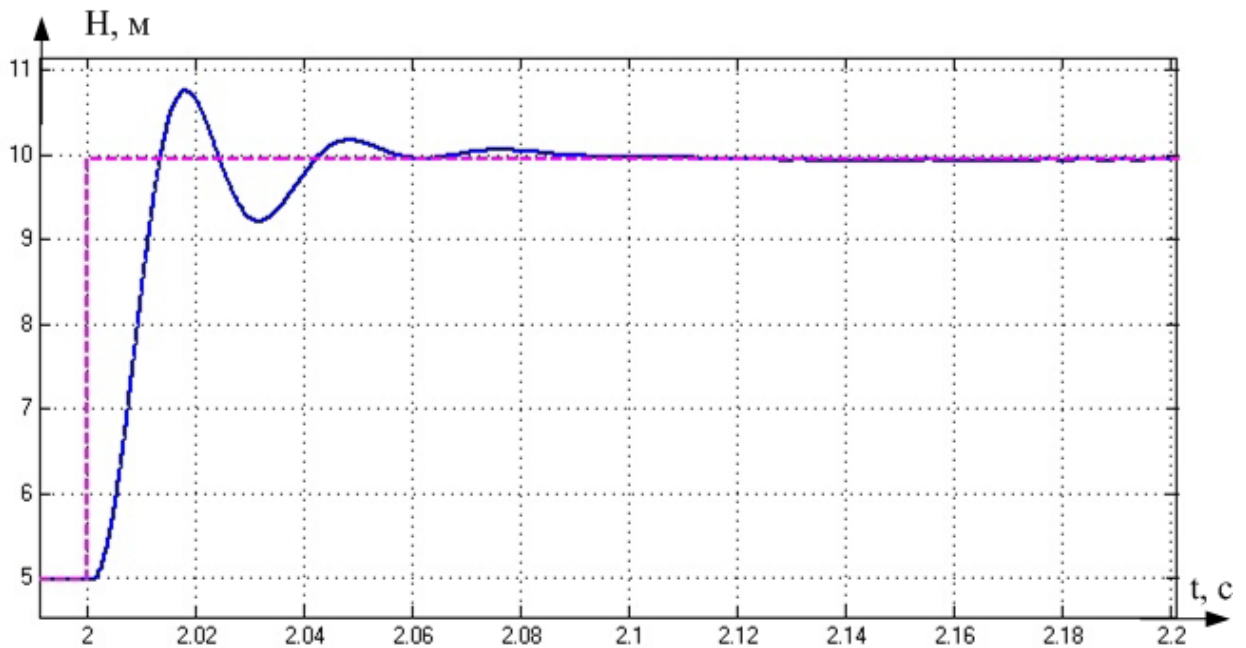


Рис. 3.8. Перехідний процес – реакція системи на ступінчатий вплив.

Під час перехідного процесу спостерігалися затухаючі коливання з перерегулюванням 14% і часом регулювання 0,05 с. ПІД-регулятор був налаштований за методом Циглера-Ніколса. Оскільки важливо уникати гідравлічних ударів у системі живильної води, тобто раптових стрибків тиску, часом перехідного процесу можна пожертвувати, щоб отримати неперіодичні перехідні процеси. Для цього необхідно дещо зменшити коефіцієнт пропорційності PID-регулятора.

Висновки до розділу

1. Моделювання системи керування насосним агрегатом у середовищі SIMULINK пакета прикладних програм MATLAB 7.1 показало правильність вибору структурної схеми насосного агрегату, а основним показником якості перехідного процесу є правильність синтезу регулятора тиску.

2. Досліджено спосіб водопостачання будинків у котеджному містечку та систему частотно-регульованого електроприводу автоматичної насосної станції.

3. Проведено імітаційне моделювання системи керування частотно-регульованим електроприводом насосного агрегату насосної станції котеджного містечка з використанням ПД-регулятора тиску за методом Циглера-Ніколса.

4. Отримано перехідні діаграми для різних значень тиску в системі. Розраховано значення параметрів перехідного процесу (перерегулювання та час регулювання). Можна зробити висновок, що для системи керування насосним агрегатом важливо підтримувати заданий тиск і не допускати гідравлічних ударів, тобто різких стрибків тиску. Тому аперіодичні перехідні процеси є кращими за коливальні перехідні процеси. Для отримання ациклічного процесу коефіцієнт пропорційності ПД-регулятора потрібно трохи зменшити.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Насосні установки є невід'ємною частиною багатьох систем життєзабезпечення, зокрема систем водопостачання та водовідведення. Водночас вони становлять потенційну небезпеку ураження електричним струмом.

Для забезпечення електробезпеки під час експлуатації насосних установок необхідно дотримуватися таких основних вимог:

1. Регулярно перевіряти надійність заземлення та ізоляції струмоведучих частин обладнання. Опір заземлення має бути не більше 4 Ом.
2. Використовувати запобіжники та автоматичні вимикачі для захисту електромереж. Рекомендовано встановлювати пристрої захисного вимикання (ПЗВ).
3. Регулярно очищати обладнання та приміщення насосної станції від пилу і бруду. Це дозволить уникнути накопичення статичної електрики.
4. Періодично, не рідше 1 разу на рік, проводити інструктажі з електробезпеки для персоналу, який обслуговує насосні установки.
5. Встановити попереджувальні знаки та написи біля неізольованих струмоведучих частин обладнання. Обов'язково вказати номінальну напругу.

Крім того, всі працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту – діелектричними рукавицями, калошами, килимками. Дотримання цих основних правил та заходів дозволить значно зменшити ризик ураження електричним струмом та запобігти нещасним випадкам під час експлуатації насосних установок.

Перевірку опору ізоляції слід проводити за допомогою мегомметра на напругу 500-1000 В. Опір ізоляції має становити не менше 0,5 МОм. За

наявності ознак зволоження ізоляції, її опір може знижуватись, що вимагає негайного технічного обслуговування та сушіння ізоляції.

Опір заземлення вимірюється за допомогою приладу і не повинен перевищувати 4 Ом. Для надійного заземлення слід використовувати сталеві смугові або круглі заземлювачі, занурені у вологий ґрунт на глибину не менше 2,5 метрів. З'єднання елементів заземлювача та приєднання до них заземлювальних провідників має бути виконано за допомогою болтових з'єднань для забезпечення надійного контакту.

Дотримання цих вимог щодо справності ізоляції та опору заземлення є запорукою електробезпеки всієї насосної установки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасних автономних систем водопостачання житлових комплексів показав, що в якості джерела водопостачання найбільш доцільно застосовувати глибинну свердловину, яка, як правило, є частиною водозабірної комплексу, що включає в себе занурювальні насоси, резервуари для збору води, прилади для вимірювання рівня води, насоси для циркуляції води, автоматичну систему управління.

2. Проведений аналіз сучасних насосних агрегатів показав, що для систем автономного водозабезпечення житлових комплексів найбільш доцільно застосовувати відцентрові насоси.

3. В якості електроприводу насосної установки найбільш доцільно використовувати частотно-регульований асинхронний електропривід.

4. Для стабілізації рівня води в системі водозабезпечення житлового комплексу найбільш доцільно застосувати систему автоматичного керування зі зворотним зв'язком

5. Синтезована система автоматичного керування частотно-регульованим електроприводом автоматичної насосної станції дала змогу розробити комп'ютерну імітаційну модель, з допомогою якої було проведено дослідження системи водопостачання житлового комплексу.

6. Комп'ютерне моделювання системи керування насосним агрегатом у середовищі MATLAB показало правильність вибору структурної схеми насосного агрегату, а основним показником якості перехідного процесу є правильність синтезу регулятора тиску.

7. Проведено імітаційне моделювання системи керування частотно-регульованим електроприводом насосного агрегату насосної станції котеджного містечка з використанням ПД-регулятора тиску за методом Циглера-Ніколса.

Отримано перехідні діаграми для різних значень тиску в системі. Розраховано значення параметрів перехідного процесу (перерегулювання та час регулювання). Можна зробити висновок, що для системи керування насосним агрегатом важливо підтримувати заданий тиск і не допускати гідравлічних ударів, тобто різких стрибків тиску. Тому аперіодичні перехідні процеси є кращими за коливальні перехідні процеси. Для отримання ациклічного процесу коефіцієнт пропорційності ПД-регулятора потрібно трохи зменшити.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота магістра : метод. рекомендації до змісту, структури та оформлення кваліфікаційної роб. : для студ. спец. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. П. Г. Плешков, К. Г. Петрова, Н. Ю. Гарасьова та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 74 с.
2. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання : навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.
3. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньо-професійними програмами «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Енергетичний менеджмент» / [П. Г. Плешков, Н. Ю. Гарасьова, А. І. Котиш] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2017 - 48 с.
4. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
5. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.]; Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Черкаси: Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
6. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря

Сікорського, 2020. – 144 с.

7. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., – К.: Либідь, 2007. - 656 с.

8. Åström K.J., Hägglund T. Advanced PID control. – ISA (The Instrumentation, System, and Automation Society) , 2006. — 460 p.

9. Astrom K.J. Advanced PID Control [Текст] / Astrom K.J., Hagglund T. - Instrumentation, Systems, and Automation Society, USA, 2006. – 250 p.

10. Автоматизований електропривод ч. 2 [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В.І. Теряєв. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 204 с.

11. Електропривод робочих машин : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 290 с