

Пиляк Назарій Володимирович

Стахів Володимир Андрійович

Розробка та дослідження автоматизованої системи керування
фільтрувальною установкою

Automated system development and study for a filtrating unit control

Керівник: доц. Чихіра І.В.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини роботи становить ___ слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає ___ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – ___ друкованих сторінок формату А4.

Робота складається з шести розділів, в яких нараховується ___ рисунків та ___ таблиць з даними.

В роботі використано ___ літературних джерел.

В роботі було розроблено автоматизовану систему керування очисними фільтрами для системи підготовки та очищення води. Було розроблено прототип системи на базі ПЛК Arduino, що дозволило при незначних капіталовкладеннях вивчити основні особливості процесу керування.

В результаті проведених досліджень була запропонована та реалізована система автоматизованого очищення води. Систему очищення води реалізували з використання компонентів WSN (wireless sensing networks). Керована насосна система була повністю розроблена на системі ПЛК з датчиками. Було розроблено алгоритм для розрахунку необхідних доз від очисних та дезінфекційних хімічних матеріалів відповідно до показань датчиків швидкості потоку, рН, каламутності та хлору, які можуть дозуватися в режимі реального часу.

Ключові слова: ТИСК, ТЕМПЕРАТУРА, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЕР, РІВЕНЬ, ВИТРАТА.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	6
1.1. Вивчення об'єкту автоматизації для створення системи керування.....	6
1.2 Огляд системи водопідготовки.	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1 Конструкція фільтраційної установки.	14
2.2. Опис засобів автоматизованого контролю.	18
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	26
3.1. Опис обраних компонентів та налаштувань системи	26
3.2. Реалізація алгоритму роботи системи керування.....	31
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	40
4.1. результати досліджень автоматизованої системи та їх аналіз.....	40
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	47
5.1. Перспективи використання бездротових сенсорних мереж	47
5.2 Застосування бездротових сенсорних мереж в системах очищення води.....	51
5.3. Отримані результати моделювання.....	63
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	69
6.1 Організація охорони праці при експлуатації системи	69
6.2 Розрахунок заземлення	71
6.3. Розрахунок стійкості об'єкта до вибуху газо-повітряної суміші	74
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	76
БІБЛІОГРАФІЯ.....	77

ВСТУП

У сучасному світі існує постійна потреба в автоматизованих системах і пристроях. З підвищенням рівня життя виникає відчуття невідкладності розробки схем і комп'ютерних програм, які б полегшили виробництво та життєдіяльність людей, замінили ручну працю. З розвитком технологій, що призвів до багатьох великих відкриттів, наше повсякденне життя змінилося до такої міри, що ми більше не маємо терпіння робити що-небудь вручну. Наприклад, коли хтось загубив свій мобільний телефон, перше, що потрібно зробити, це попросити когось зателефонувати на нього, ніж шукати його вручну. Ось так люди зараз запрограмовані робити речі простим способом. Часто люди, як правило, переживають важкі часи, намагаючись очистити питну або технологічну воду. Деяким доводиться робити це вручну, що займає багато часу. Також це може призвести до втрат при розливі води, оскільки людську помилку неможливо повністю усунути, і це може спричинити проблеми для кінцевих споживачів, наприклад, якщо це вода для пиття, може вироблятися забруднена вода, що призводить до небезпеки для життя людей. Для виробничих заводів помилки в обробці води для процесу водоочистки можуть бути дуже дорогими.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Вивчення об'єкту автоматизації для створення системи керування

У роботі буде розглянуто реалізацію системи управління фільтраційною установкою на основі піщаного гравітаційного фільтру. Їх можна автоматизувати відповідно до ваших вимог. Будь то промисловий чи побутовий фільтр. Ця робота в основному зосереджена на автоматизації пісочних гравітаційних фільтрів у галузях з використанням вимірюваних змінних параметрів, таких як потік і рівень. керування буде базуватися в основному на моніторингу рівня фільтрувального бака в порівнянні з потоками на виході та на вході. Вхідний і вихідний потік регулюються, щоб підтримувати певний рівень, після якого фільтрувальний резервуар вважатиметься затопленим. При контрольованому потоці певні рівні в баці фільтра сигналізують про засмічення фільтрів, які потребують очищення за допомогою процесу зворотного промивання. Цей процес вимагає запуску та зупинки насосів та повітродувки, отже, використовуючи датчики та контролери, систему можна автоматизувати.

Систему автоматизації розглянемо на прикладі теплоелектростанції. В нашому випадку насосна станція складається з 6 насосів з низьким підйомом, які забирають воду безпосередньо з річки та перекачують її в відстійники, розташовані приблизно за кілометр від річки. З відстійників також є 6 насосів високого підйому, які відповідають за перекачування води у водосховища електростанції, які знаходяться у вищій точці від станції. Сира вода використовується для охолодження пари, а з іншого боку відпрацьовану воду потрібно очищати. Вода з резервуарів надходить до охолоджуючої установки та станції очищення води через гравітаційні фільтри, оскільки резервуари

стратегічно розташовані у вищій точці від електростанції через відкриття деяких клапанів відповідно до потреби в сирій воді на електростанції.

Існує величезний попит на очищену воду, яка проходить процес очищення, який починається з видалення твердих предметів, таких як водорості та відходи тваринного походження, у відстійник. Потім вона проходить через піщані фільтри, які видаляють будь-який вид бруду та інших зважених речовин, щоб отримати чисту воду, яка зберігається в резервуарах з фільтрованою водою, перш ніж вона буде додатково очищена для конкретних цілей, які варіюються від парової до питної води. До цього рівня процес фільтрації здійснювався вручну. Метою роботи було автоматизувати ці процеси та розглянути додатково систему забору питної води з водо-ресурсів, призначеної для пиття.

Об'єкт такого типу легко піддається автоматизації, простим додаванням деяких керуючих пристроїв, таких як датчики рівня та регулюючі клапани, керовані через систему керування SCADA (Supervisory Control. and Data Acquisition) і ПЛК (програмовані логічні контролери). Тому

Така система на електростанції завершить автоматизацію процесів очисних станцій і спростить життя операторів станції. Їм не доведеться цілий день перевіряти рівень в баках, відкривати і закривати клапани, запускати і зупиняти насоси вручну. Таку систему можна впровадити в будь-який процес очищення води, починаючи від побутових заводів і закінчуючи великими промисловими підприємствами.

Відповідно до вище сказаного необхідно вирішити наступні завдання:

- Розробити засоби керування автоматизованою системою гравітаційної фільтрації піску, яка відповідатиме вже існуючим конструкціям водоочисних станцій на електростанції
- Інтегрувати керуючі змінні, такі як витрата, рівень, температура та тиск для автоматизації системи очищення води.

- забезпечити внесення поправок та змін в процес без повної зупинки системи

- забезпечити контроль обмеження розливу води через перетікання.
- Підвищити ефективність роботи об'єкту.
- Зробити об'єкт керування зручним для операторів заводу.

Фільтрація — це метод відділення твердих речовин від рідин, таких як вода, в якій рідина проходить через пористе середовище для видалення колоїдних або зважених домішок. Піщані гравітаційні фільтри є найпоширенішим типом фільтрів, які використовуються для фільтрації води.

Вони складаються з шарів зернистого матеріалу (піску та гравію) різного розміру, з гравієм, який більш грубий у нижній частині фільтра, і піску з більш дрібними гранулами у верхній частині. Ця установка дозволяє воді опускатися через фільтр під дією сили тяжіння, усуваючи домішки, коли вода подається зверху фільтра. Фільтрація проходить через чотири основні механізми: сегментація, перехоплення, дифузія та інерція.

Автоматизація — це використання машин для виконання завдань або робіт, які колись виконували люди. Контролер – це пристрій, у якому раніше використовувалися механічні, гідравлічні, пневматичні або електронні методи, часто в комбінації, але в сучасні дні є у формі мікропроцесора або комп'ютера, який контролює та фізично змінює умови роботи даної динамічної системи.

Застосовуючи принципи автоматизації, контролери для гравітаційної фільтрації (які входять до сфери прикладної фізики та приладобудування), цей проект вирішує проблему процесів очищення води в таких областях, де є необхідність очищення води.

1.2 Огляд системи водопідготовки.

Перелік основних термінів, які використовуються в роботі:

Освітлювач – пристрій, де сира вода спочатку збирається та змішується з хімічними речовинами для видалення зважених речовин до того, як вода потрапить у фільтри.

Впускний клапан відстійника - клапан, який відкривається для пропуску сирі води в освітлювач.

Засувки фільтра/впускні клапани – деякі клапани лопатного типу, які використовуються для ізоляції фільтра від припливу освітленої води.

Фільтр – резервуар, який сконструйований з фільтруючим середовищем, де освітлена вода збирається і дає можливість опуститися через середовище і під дією сили тяжіння перетікати в наступний резервуар, залишаючи небажані забруднення у вигляді бруду та інших зважених речовин.

Фільтраційне середовище – пісок різної текстури, який використовується для фільтрації, зазвичай упакований стратегічно так, що більш грубий знаходиться внизу, а дрібніший – угорі.

Випускний клапан фільтра – регулюючий клапан, який дозволяє воді витікати з фільтра в резервуари для фільтрованої води.

Резервуари з фільтрованою водою – резервуари, які служать для зберігання фільтрованої води.

Резервуар зворотного промивання – резервуар, який з'єднаний каскадом із резервуарами для фільтрованої води для подачі води під час процесу зворотного промивання.

Насоси зворотного промивання – електричні водяні насоси, які використовуються для перекачування води назад у фільтри під час зворотного промивання.

Впускні клапани зворотного промивання – клапани до кожного фільтра, які пропускають воду з насосів зворотного промивання.

Компресор повітродувки – джерело стисненого повітря, що використовується для зворотного промивання.

Повітродувний клапан – клапан, який відкриває стиснене повітря для зворотного промивання у фільтр.

Піщані фільтри - сконструйовані шари піску або будь-якого іншого відповідного гранульованого матеріалу, який може пропускати воду, видаляючи зважені речовини.



Рисунок 1.1 –загальний вигляд гравітаційних фільтрів на об’єкті управління

У поточній установці необроблена вода безперервно подається в установку відстійника з попередньо встановленою швидкістю потоку, яка

вважається найкращою відповідно до досвіду операторів. Дозування хімікатів у відстійнику також виконується вручну, але було помічено, що за допомогою онлайн-аналізаторів його також можна легко автоматизувати. Недоліком цієї попередньо встановленої швидкості потоку в відстійник є те, що вона не контролюється. Зображення нижче показують вид зверху та вид знизу, де є впускний клапан відстійника.



Рисунок 1.2 - Вид зверху блоку освітлювача

Вода з освітлювача тече в гравітаційні фільтри через деякі пневматичні засувки (впускні клапани фільтра), які в основному призначені для визначення того, який фільтр є в експлуатації, оскільки вони або закриті, або повністю відкриті. Коли вода опускається в пісок у гравітаційних фільтрах, швидкість фільтрації визначається площею фільтрів під дренажною системою, тобто загальною площею дренажних отворів, глибиною фільтра та кількістю фільтрів.



Рисунок 1.3 - Нижня частина освітлювача та вхідного клапана освітлювача.

Це означає, що оператори заводу в поточній установці повинні відкривати та закривати випускний клапан фільтра вручну, коли рівень фільтрованої води заповнений. Вихідний потік фільтра не контролюється.

Оскільки вода фільтрується через пісок, бруд та інші частинки, які могли пройти через відстійник, мають тенденцію закупорювати фільтри, що спричиняє підвищення рівня води в освітлювачі незалежно від положення вихідного клапана фільтра. У таких випадках оператор заводу припиняє процес фільтрації та ініціює процес зворотного промивання, який включає в себе запуск насосів зворотного промивання, які забирають фільтровану воду з резервуара зворотного промивання, який об'єднаний каскадом із резервуаром для фільтрованої води.

Одночасно вони запускають повітродувки з насосами зворотного промивання і, таким чином, процес зворотного промивання.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд фільтру.

Під час цього процесу матеріал, що засмічується, відкидається назад, і коли рівень у баку фільтра підвищується через вхідний отвір зворотного промивання, відкривається зливний клапан, щоб брудна вода могла витікати до брудних стоків. Процес зворотного промивання має відбуватися до тих пір, поки вода не стане помітно чистою. Після цього оператор заводу знову ініціює процес фільтрації, зупиняючи повітродувку та насоси зворотної промивки. Можна чітко побачити, що без автоматизації заводу цей процес фільтрації та зворотного промивання може бути виснажливим і нудним для операторів, оскільки їм потрібно постійно стежити за рівнями, щоб уникнути надмірного розливу та втрати води в брудні каналізації в разі, якщо фільтруючі резервуари затоплюються без контролю. Однак аналіз показує, що за поточного налаштування без будь-яких серйозних структурних змін на установці, ці процеси, тобто процеси фільтрації та зворотного промивання, можна легко автоматизувати.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Конструкція фільтраційної установки.

Для досягнення і підтримки рівнів і потоку, рівномірних в автоматизованій системі, фільтр повинен бути сконструйований таким чином, щоб швидкість фільтрації підтримувала потребу у воді на підприємстві або кінцевих споживачах.

Необхідно враховувати наступні параметри:

- Розробити швидкий пісочний фільтр для очищення – розмір самого фільтра.
- Необхідна кількість води для зворотного промивання.
- Час зворотного промивання на добу.
- Швидкість фільтрації.
- Кількість необхідних фільтрів.
- Довжина/ширина фільтрів.
- Глибина фільтрації.

За допомогою математичних розрахунків конструктори можуть визначити правильний розмір фільтрів, щоб отримати площу фільтра та системи дренажу, тобто загальну площу необхідних отворів і площу колектора. В даній роботі такий розрахунок проводити не будемо в силу великого об'єму матеріалу. При потреба автори можуть провести такі розрахунки.

Також для моделювання об'єкту автоматизації можна використати автономний піщаний гравітаційний фільтр.

Ця система, є моделлю практично без експлуатаційних витрат. Він є повністю автоматичним і повністю автономним і працює без приладів, насосів зворотного промивання тощо. Система призначена для зворотного

промивання, коли виникає необхідність, і запускається автоматично без участі людини. Ці фільтри можуть працювати тривалий час без будь-якого обслуговування оператора або будь-якого обслуговування. Фільтрація у фільтрі AGF також є чудовою, оскільки використовуються консервативні оцінки разом із рівномірною швидкістю зворотного промивання та об'ємом, що гарантує, що шар піску, який підлягає промиванню, завжди підтримується в оптимальному стані.

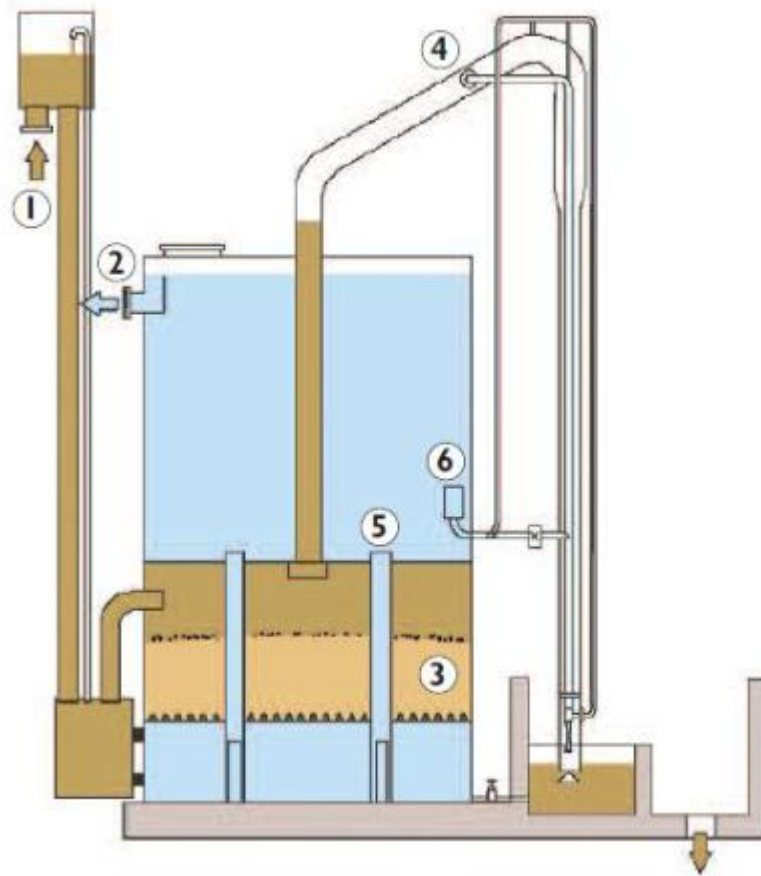


Рисунок 2.1 - Автономний гравітаційний піщаний фільтр (AGF):

На рисунку зображено наступні процеси:

1. Неочищена вода пропускається до фільтра через набірний бак, після чого вона подається в центральну зону фільтрації, де затримуються забруднювачі.

2. Відфільтрована вода потім опускається в нижню зону збору фільтрату, звідки по ряду труб передається її у верхній резервуар зворотного промивання.

3. У міру накопичення забруднювачів (завислих речовин) у піщаному шарі розвивається перепад тиску, що викликає підвищення рівня стовпа води в трубі зворотного промивання.

4. При вбудованому максимальному рівні води потік води відбувається через -просту систему евакуації, яка ініціює зворотний промив - протягом - короткочасного періоду.

5. Фіксований об'єм фільтрованої промивної води, яка зберігається в установці, повертається під піщаний шар, який розширюється, а забруднення видаляються через трубу зворотного промивання для зливу.

6. Зворотне промивання припиняється, коли відсік для зберігання зворотного промивання вичерпується.

Після завершення зворотного промивання фільтр повертається до режиму фільтрації, заповнює себе знову і знову встановлюється робочий потік.

Схема водоочисної споруди приведена на рис. 2.2

Починаючи з припливу відстійника, для входу відстійника потрібен регулюючий клапан, який буде керуватися рівнем фільтрувального бака для води. Клапан повністю відкритий, коли резервуар для фільтрованої води порожній, і буде повністю закритий, коли резервуар для фільтрованої води буде заповнений. Таким чином, положення впускного клапана відстійника встановлюється обернено пропорційним рівню резервуара з фільтрованою водою.

Також впускний клапан відстійника автоматично повністю закриється під час процесу зворотного промивання. Для входу фільтра оператор вибере робочий фільтр, таким чином відкривши засувки/лопати, які будуть відкриватися і подавати воду у фільтри з тією ж швидкістю, що і вхідний

отвір освітлювача, оскільки вихід з освітлювача є просто переповненням через приплив із фільтра. впускний клапан і, отже, цей перелив є припливом до фільтрів.

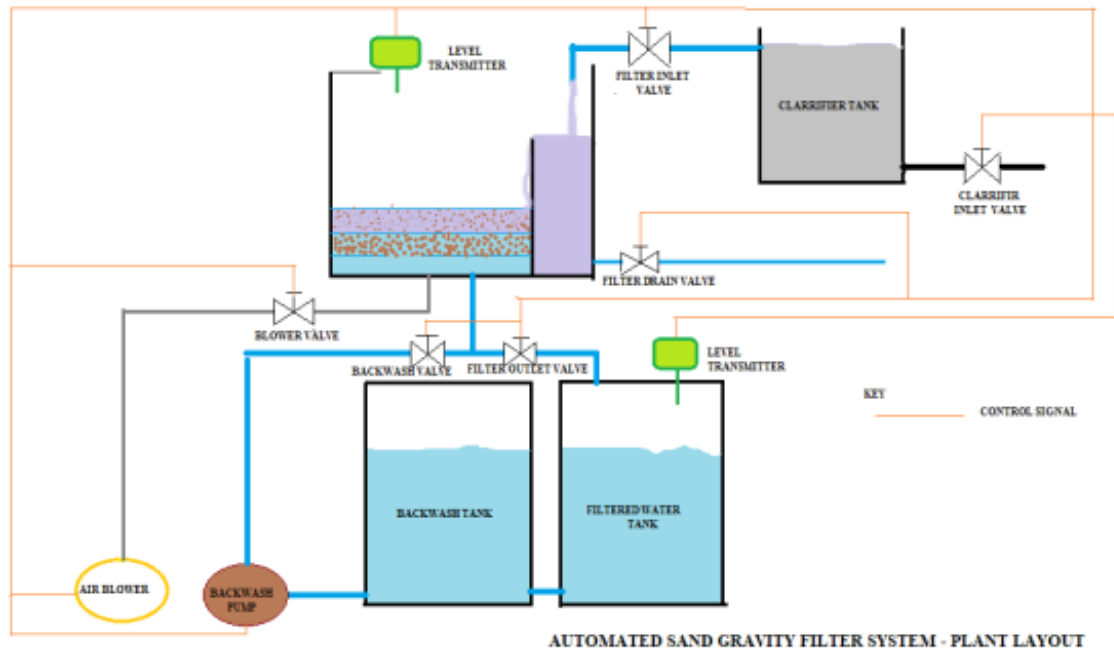


Рисунок 2.2 – Схема досліджуваної установки.

Швидкість потоку в резервуар для фільтрованої води з фільтрів визначається глибиною фільтра, площею фільтрації, системою нижнього дренажу та фільтраційним середовищем. Для контролю рівня води у фільтрі положення вихідного клапана фільтра програмується так, щоб воно було прямо пропорційним рівню того самого фільтра. Іншими словами, вихідний клапан фільтра регулює потік гравітаційного фільтра.

Коли рівень фільтра підвищується до дуже високого рівня, це буде ознакою засмічення фільтра через бруд та інші фільтровані речовини. Контролер негайно розпочне процес зворотного промивання, закривши впускний клапан фільтра, запустивши насоси зворотного промивання та компресори повітродувки. Коли насоси фільтрованої води та компресори повітродувки запускаються, впускні клапани зворотної промивки та повітряні клапани відкриваються відповідно. Оскільки насоси зворотної

промивки будуть перекачувати воду назад у фільтри, рівень буде підвищуватися, доки вода не перелляється в зливний клапан, який відкриється і виштовхне брудну воду в брудні стоки.

Процес зворотного промивання розрахований на те, щоб вода у фільтрі зрештою стала чистою. Після завершення процесу зворотного промивання насоси зворотного промивання та компресори повітрорудовок негайно зупиняються, миттєво закриваючи вхідний отвір зворотного промивання та повітряні клапани. У цей момент, оскільки рівень фільтра був би дуже високим, випускний клапан фільтра відкривається повністю, і, таким чином, це призведе до швидкої фільтрації, що знизить рівень фільтра, оскільки фільтр також буде чистим.

З іншого боку, коли процес зворотного промивання припиняється, фільтрація починається з впускного клапана відстійника, який контролюється рівнем фільтрованої води в баках. Цикл триватиме й триватиме до тих пір, поки резервуари не будуть заповнені, тобто якщо буде менше попиту з резервуарів фільтрованої води до кінцевих споживачів або подальшої обробки води. Коли резервуари з фільтрованою водою заповнені, впускний клапан відстійника буде повністю закритий, зупинивши перелив з відстійника, який також є припливом у фільтри.

2.2. Опис засобів автоматизованого контролю.

Можуть використовуватися різні типи методів вимірювання рівня, але для цієї мети методика, яка буде використовуватися, повинна мати можливість мати керуючий вихід на наші регулюючі клапани, а також ініціювати запуск та зупинку насосів зворотної промивки та повітрорудовок.

Початкова установка використовувала зонди провідності з контролерами Imdex, які просто дають дискретні виходи на різних рівнях, тобто для низьких, дуже низьких, високих і дуже високих рівнів. Це має

можливість просто запускати та зупиняти пристрої, але ніколи не дасть сигнал керуючим клапанам. Недоліком також є те, що датчики безпосередньо контактують з процесом, тому вони потребують постійного очищення, оскільки скупчення бруду на них вплине на чутливість.

При перемиканні високого струму контакти контролера також можуть бути пошкоджені, тому поряд із ланцюгом керування має бути включена схема додаткової високої напруги. Нижче наведено деякі типові установки регуляторів рівня провідності.

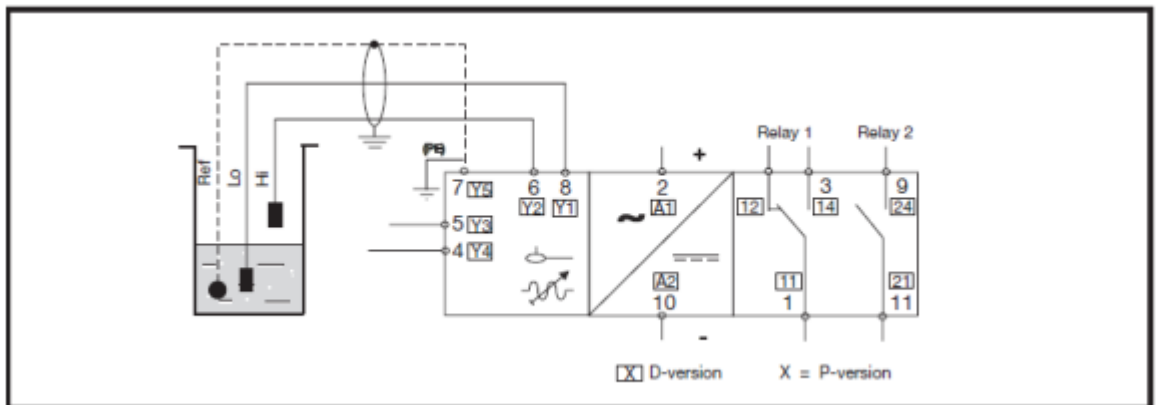


Рисунок 2.3 – 3 рівневий давач рівня.

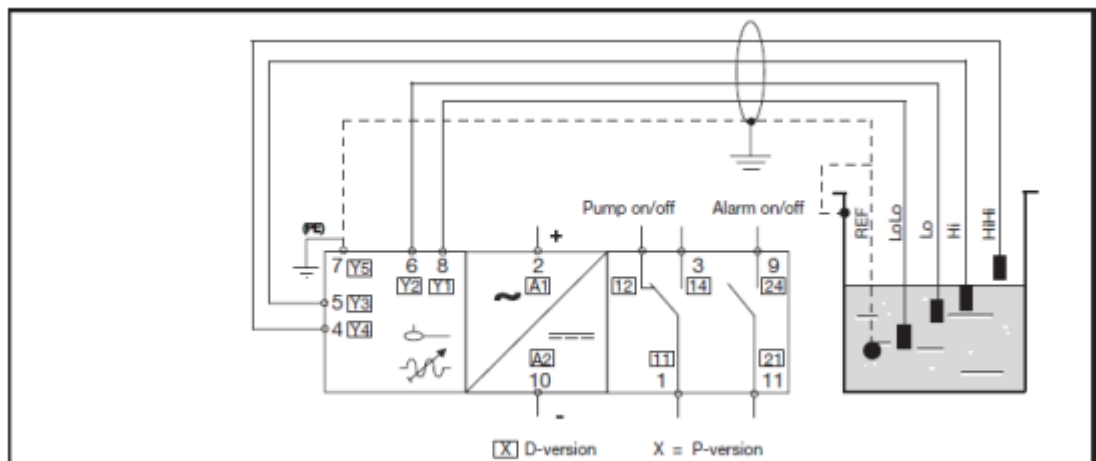


Рисунок 2.4 – 5 рівневий давач рівня.

Пневматичні контролери рівня.

Цей тип контролера, який можна використовувати з пневматичними регулюючими клапанами, і цей тип контролерів можна використовувати для

вхідних і вихідних клапанів відстійника. Однак основним недоліком є те, що контрольне повітря може легко накопичувати вологу, і, отже, може викликати вихід з ладу контролерів. У зв'язку з цим поряд з керуючими повітряними компресорами необхідно встановлювати ефективні осушувачі повітря.

В ідеалі вихід (контрольне повітря) регулятора рівня буде змінюватися залежно від рівня. Залежно від типу регулюючого клапана, чи це повітря для відкриття чи повітря для закриття, налаштування буде прямо чи опосередковано пропорційно рівню. Для клапанів, що відкривають повітря, при зниженні рівня вихід контрольного повітря з регулятора рівня також збільшується, що спричиняє подальше відкриття підпружиненого регулюючого клапана, і, таким чином, для клапанів керування повітрям для закриття, вихід контролера буде налаштований на збільшення з рівнем.

Контролер/передавач отримує зміну рівня рідини, рівня інтерфейсу рідини до рідини або щільності від зміни виштовхуючої сили, яку рідина діє на витискувач давача. Витискний механізм за допомогою механічного зв'язку надає обертальний рух валу крутної трубки. Цей обертальний рух розташовує заслонку відповідно до рівня витискача; форсунка посиляє пневматичний сигнал на регулюючий клапан.

З чистим повітрям з достатньою кількістю осушувачів цей тип контролю може бути застосовний до нашого заводу, навіть якщо йому також потрібно більше ліній повітряних імпульсів залежно від відстані між контрольованим рівнем і регулюючим клапаном. Цей тип контролера в основному використовується для керування клапанами, але для нашого застосування, коли нам потрібно запускати та зупиняти машини, що стосуються контрольованого рівня, після ретельного аналізу може бути включений реле тиску, але деякі інші параметри керування необхідні для нашої системи, як-от час роботи не може бути включеним.



Рисунок 2.5 – Типовий пневматичний поплавковий регулятор рівня

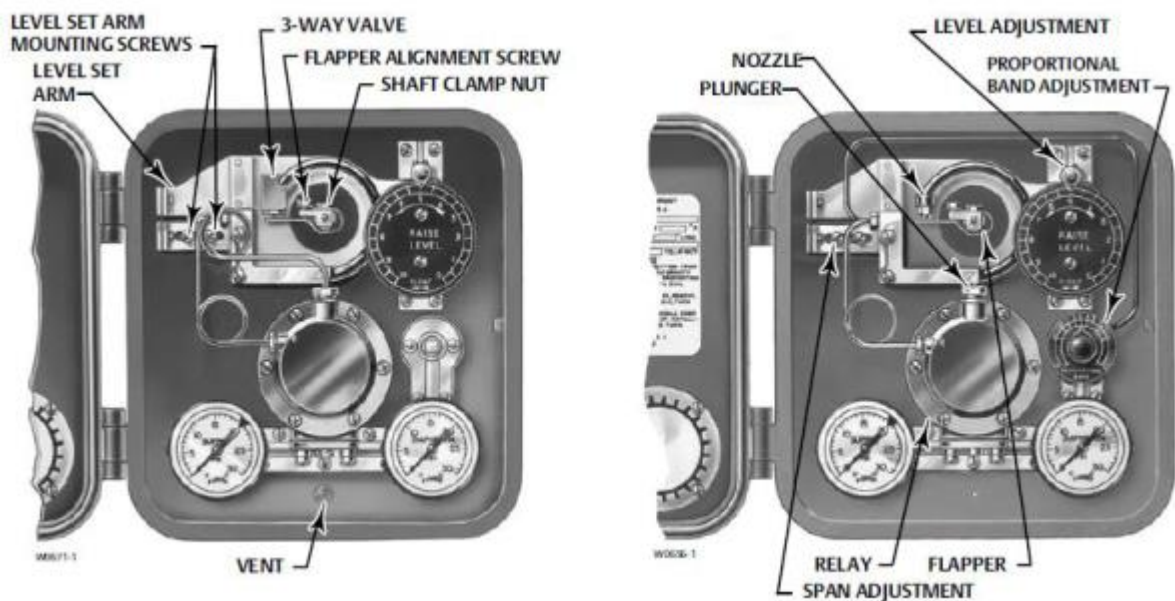


Рисунок 2.6 – внутрішній чи пневматичний регулятор рівня

Або в схеми керування потрібно додати більше компонентів, таких як таймери.

Контролер рівня Prosonic.

Це єдиний тип контролера з можливостями багатьох типів контролерів все в одному і має перевагу, що він не контактує з процесом. Він має аналоговий сигнал у формі 4-20 мА і може бути декодований контролером відповідно до встановлених параметрів, щоб дати фактичний рівень і далі керувати нашим регулюючим клапаном.

У цьому випадку регулюючий клапан буде електричним замість пневматичного. Для нашого заводу контролером є PLC (Programmable Logic Controller) і система SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), яка вже використовується для інших систем і процесів.

Контролер рівня Prosonic також має вбудовану функцію керування вимкненням, здатну керувати до п'яти різних пристроїв у вимкненому режимі, керованих на різних рівнях залежно від типу контролера.

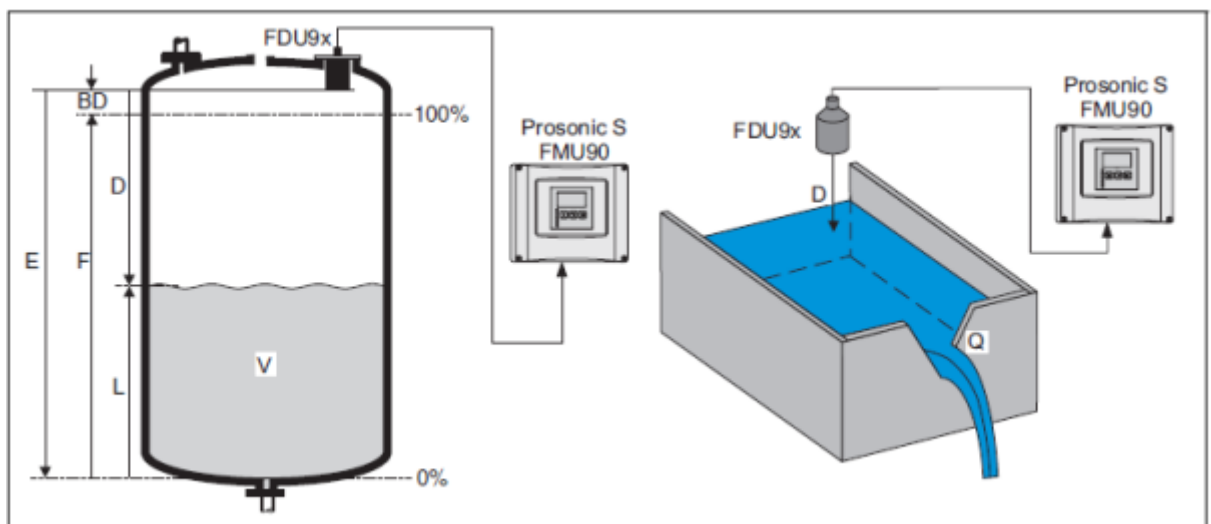


Рисунок 2.7 – Блок-схема керування рівнем Prosonic:

BD: відстань блокування; D: відстань від мембрани датчика до поверхні рідини; E: порожня відстань F: проміжок (повна відстань); L: рівень; V: об'єм (або маса); Q: потік.

Давач передає ультразвукові імпульси в напрямку поверхні продукту. Там вони відбиваються назад і сприймаються датчиком. Передавач Prosonic S вимірює час (t) між передачею і прийомом імпульсу. На основі t (і швидкості

звучу [с]) він обчислює відстань (D) від мембрани датчика до поверхні продукту:

$$D = c \times \frac{t}{2} \quad (2.1)$$

де: D — відстань між датчиком і поверхнею вимірної поверхні, c — швидкість сигналу, t - час, за який сигнал повертається до датчика.

Регулюючий клапан.

Регулюючий клапан є однією з найважливіших частин контуру керування. Він маніпулює рідиною, що протікає, щоб компенсувати порушення навантаження та утримує регульовану змінну процесу (у нашому випадку) якомога ближче до бажаної заданої точки. Аналоговий вихід від регулятора рівня Prosonic стає вхідним сигналом для керованого електричним клапаном. У разі пневматичного регулятора рівня клапан зазвичай підпружинений, а вихід регулятора і жорсткість пружини калібруються відповідно. Отже, якщо клапан переведено в автоматичний режим, він почне керувати потоком автоматично відповідно до контрольованого рівня в результаті виходу контролера, тобто струму для електричних клапанів і керуючого повітря в пневматичних клапанах).

Система керування

На рис 2.8 наведено типову схему ПЛК, яка підходить для управління нашим процесом.

У середині контролера знаходиться центральний процесор (ЦП), пам'ять і сеанс програмування.

Отже, ПЛК складається з п'яти основних компонентів, а саме: блок живлення, пам'ять, центральний процесор (ЦП), логічний блок, інтерфейс вводу-виводу та блок програмування.

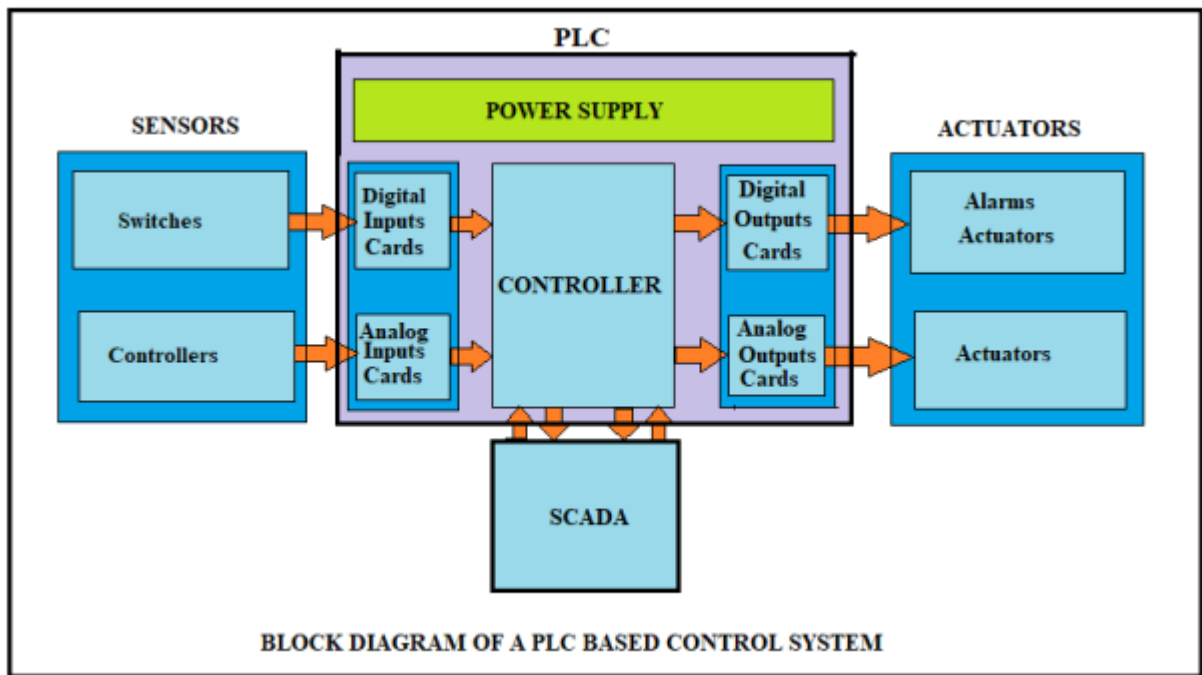


Рисунок 2.8 – Система керування на основі ПЛК

Дискретні входи контролера включають кнопки, селекторні перемикачі, джойстики, релейні контакти, реле тиску, перемикачі рівня, контакти стартера, температурні вимикачі, вимикачі потоку, кінцеві вимикачі, фотоелектричні вимикачі та перемикачі наближення.

Цифрові виходи включають світлову індикацію, реле, соленоїди, стартери, сигналізатори, клапани, нагрівальні елементи, двигуни.

Аналогові входи та виходи – використовуються в складних системах, які потребують даних. Приклади аналогових входів включають потенціометри, датчики температури, датчики рівня, датчики тиску, датчики вологості, кодери, зчитувачі штрих-кодів, перетворювачі швидкості вітру, тоді як аналогові виходи включають аналогові лічильники, цифрові лічильники, крокові двигуни (сигнали), виходи змінної напруги та змінні струмові виходи.

Впровадження автоматизованої системи на базі ПЛК усуває багато жорстких дротових компонентів, таких як реле та інші невеликі додаткові

пристрої. В основному програма написана відповідно до специфікацій заводу, що визначають входи та виходи контролера та всі робочі параметри.

Кожен контролер має свою мову програмування. Як згадувалося раніше, ця частина водоочисної установки вже автоматизована, на заводі вже використовується програмований логічний контролер (ПЛК), і він має додаткові/запасні модулі введення/виводу, які можна використовувати для нашого управління. В

се, що потрібно, це змінити вже існуючу програму та додати програму для гравітаційних фільтрів. Тим не менш, для безперервної роботи заводу можна придбати автономний PLC.

ПЛК можуть бути пов'язані з бездротовими датчиками SMART.

Фільтрування відбувається в три фази: а) період зворотного промивання, коли ефективність фільтра підвищується; б) період максимальної ефективності, тобто незабаром після фільтрації; в) період засмічення та погіршення ефективності фільтра, що визначається наявним напором. Перша фаза відбувається після запуску або запуску насосів і повітродувок, які також необхідно зупинити. Також весь процес включає відкриття та закриття клапанів. В результаті виникає велика потреба в автоматизації.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Опис обраних компонентів та налаштувань системи

У цьому розділі досліджуються методи, які використовуються для створення системи автоматизації, тобто вибір заданих датчиків та обладнання, що використовуються в існуючому проєкті. Використані компоненти та матеріали імітують справжню роботу системи. Проблема з точним обладнанням заводу полягала в розмірі елементів і сумісності з місцем встановлення

Оскільки наш проєкт в основному зосереджений на автоматизації фільтраційної установки, ми намагалися максимально використати наявні ресурси для створення прототипу, який чітко проілюструє, яким буде фактичний проєкт. Налаштування показано на рис. 3.1, де видно, що воно починається від впускного клапана відстійника до системи зворотного промивання.

Для всіх клапанів використовувалися електромагнітні клапани 12 В постійного струму, отже, аналогових елементів керування клапанами не буде, тобто вони просто відкриваються і закриваються. Для резервуарів були використані прості відра, для промивного насоса – невеликий водяний насос 12 В постійного струму з продуктивністю 5 л/хв, а для повітродувки ми використовували простий компресор 12 В постійного струму.

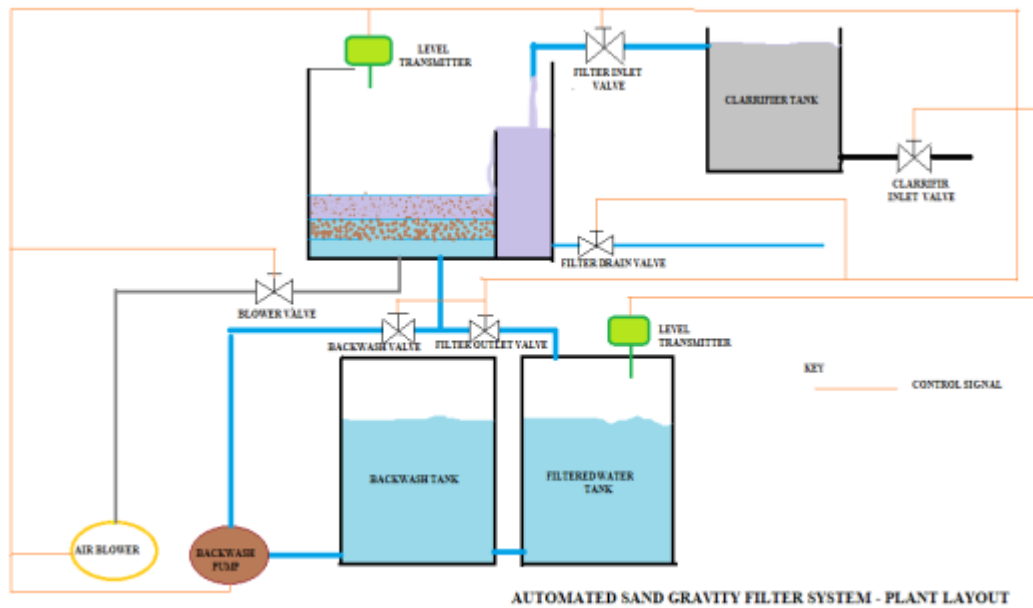


Рисунок 3.1 – Схема установки.

У системі трубопроводів використовуються пластикові імпульсні лінії діаметром $\frac{1}{4}$ дюйма, з'єднані через фітинги $\frac{1}{4}$ дюйма, що відповідають електромагнітним клапанам. Що стосується контролю рівня та вимірювання ультразвукових датчиків, було використано сумісні з керуванням Arduino. Замість ПЛК був використаний контролер Arduino, оскільки для реалізації прототипу та проведення досліджень він є найбільш економічно вигідним по співвідношенню якість-ціна. Для відображення використовувався LCD-дисплей 16x2.



Рисунок 3.2 – Електромагнітний клапан 12 В постійного струму з підключеннями.



Рисунок 3.3 – Електромагнітний клапан 12 В постійного струму зі з'єднаннями.

Електромагнітний клапан (SOV - Solenoid Valve with connections). Електромагнітний клапан – це електромагнітний клапан, який використовується для керування потоком газів або рідини. При подачі електричного поля положення клапана змінюється на закрите або відкрите залежно від його нормального стану. У цьому випадку використовуються нормально замкнені SOV 12 В постійного струму. Це означає, що при подачі

сигналу 12 В постійного струму на котушку SOV клапан відкривається і вимикається при вимкненні напруги. Існує дуже багато типів електромагнітних клапанів, класифікованих з точки зору використовуваної напруги (постійного чи змінного струму), кількості способів їх роботи (1-2, 3-2, 5-2), дії (односторонній або подвійний). діючий), нормальний (нормально закритий або нормально відкритий) і керований змінний (рідини або газу або обидва).

На рис. 3.2 показано електромагнітний клапан 12 В постійного струму, 1-2, нормально закритий, водяний і повітряний електромагнітний клапан, а на рис. 3.3 показаний 1-2-ходовий нормально закритий водяний клапан.

Вони також відрізняються в залежності від виробників. Клапан на рис. 3.2 може використовуватися як для керування водою, так і для повітря, тому він був використаний для клапанів впуску повітря, зворотного промивання та випуску фільтра.

Хоча клапан на рис. 3.3 призначений виключно для контролю води, тому він використовувався як зливний клапан.

Електричний водяний насос.

Водяні насоси також бувають різних розмірів і номіналів. На рис. 3.4 показано занурювальний водяний насос 12 В постійного струму 280 л/год безщеткового двигуна, який використовується в цьому проекті. Це пристрій з низьким енергоспоживанням, але з високою ефективністю. Може піднімати до 5 м. Його розмір дуже підходить для такого невеликого проекту.

Повітряний компресор.

На рис. 3.5 вище показано зображення компресора, який в кінцевому підсумку був використаний у цьому проекті після того, як замовлений менший компресор все ще згинається. Компресор виконує функцію повітродувки, але, однак, він ускладнив нашу схему, оскільки споживає більший струм, ніж будь-який інший пристрій у цьому проекті. В результаті виникло реле більшого струму.



Рисунок 3.4 – Монтаж насоса 12 В постійного струму.



Малюнок 3.5 – Повітряний компресор

3.2. Реалізація алгоритму роботи системи керування.

Робота з наведеними вище налаштуваннями автоматизованого принципу полягає в наступному:

- Впускний клапан відстійника відкривається до тих пір, поки рівень у резервуарі з фільтрованою водою не високий, тобто на відстані 25 см від датчика рівня в резервуарі з фільтрованою водою відповідно до прототипу. а також процес зворотного промивання не повинен ініціюватися. Після активації високого рівня або зворотного промивання впускний клапан відстійника миттєво закривається, щоб зупинити процес фільтрації.

- Впускний клапан фільтра залишається відкритим до тих пір, поки вхідний клапан очисника відкритий під час процесу фільтрації.

- Випускний клапан фільтра також відкривається до тих пір, поки відкритий впускний клапан відстійника.

- Як тільки датчик рівня в баку фільтра досягає дуже високого заданого рівня, процес фільтрації миттєво припиняється і починається процес зворотного промивання. Примітка: причиною підвищення рівня води в баку фільтра є засмічення піщаних фільтрів накопиченням бруду. Таким чином, процес зворотного промивання полягає у вимиванні бруду за допомогою чистої води з резервуара для зворотної промивки, який каскадом зливається з резервуаром для фільтрованої води.

- Під час процесу зворотного промивання всі клапани, пов'язані з фільтрацією, тобто вхідний клапан відстійника, вхідний і вихідний клапани фільтра, закриті.

- Процес зворотного промивання ініціює запуск компресора повітродувки та насоса зворотного промивання.

- Впускний клапан зворотного промивання відкривається одночасно із запуском насоса зворотного промивання, тоді як повітряний клапан відкривається із запуском компресора повітряної повітродувки.

- Зливний клапан фільтра відкривається під час зворотного промивання, так що бруд і брудна вода потрапляють до брудних стоків.
- Процес зворотного промивання розрахований на приблизно 2 хвилини, після чого процес фільтрації починається знову.

Вищезазначений процес фільтрації та зворотного промивання відбувається автоматично без значної участі людини, виключно залежно від ультразвукових датчиків, які посилають сигнали на мікроконтролер, який є двигуном управління системою.

Далі йде схема керування, ланцюг живлення та програма Arduino для налаштувань вище. У мові програмування для Arduino немає визначення для компресора або повітродувки, тому компресор був запрограмований на паралельну роботу з насосом.

Принципова схема ланцюга керування приведена на рис. 3.6.

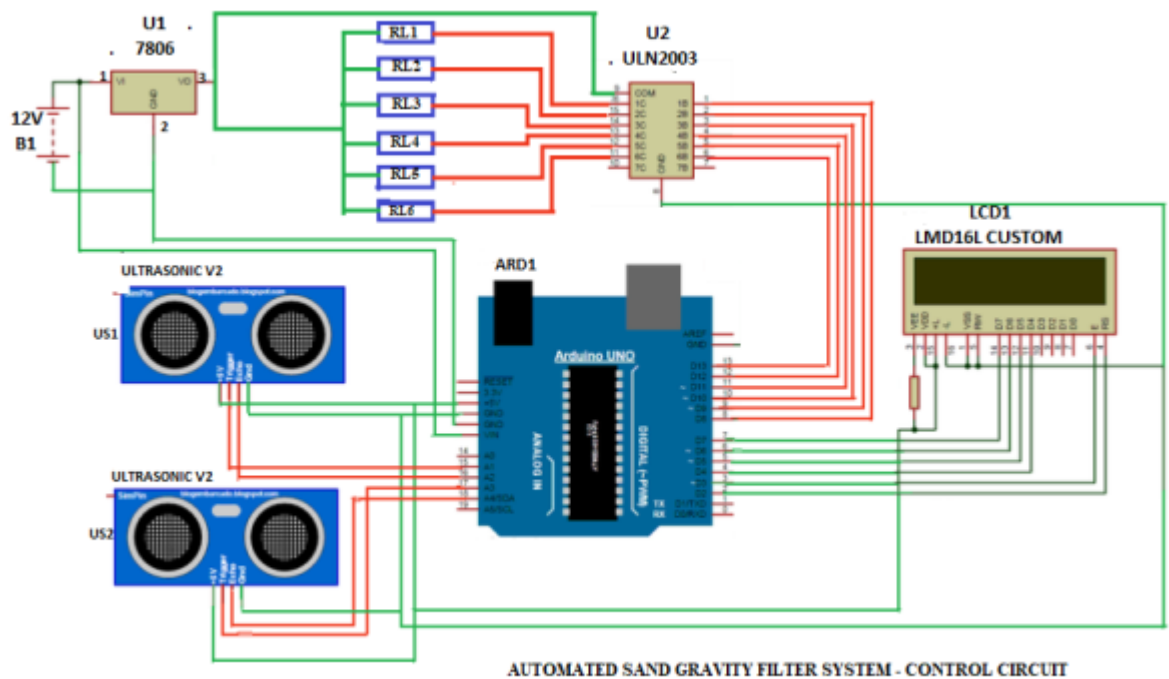


Рисунок 3.6 – Схема ланцюга керування для повної системи.

Схема керування силовим ланцюгом приведена на рис. 3.7.

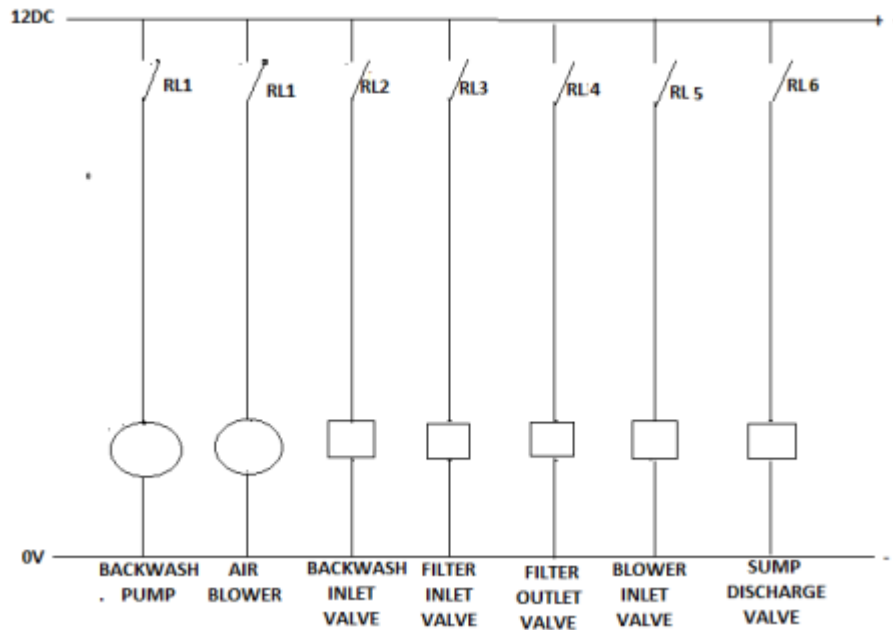


Рисунок 3.7 – Силовий ланцюг для повної системи.

Через те, що місце проведення презентації не дозволяє зробити багато динамічних речей для прототипу, наприклад, немає джерела проточної води, два каскадні резервуари у формі для резервуара з фільтрованою водою і резервуар для води для зворотного промивання не були потрібними, оскільки один резервуар буде служити для збору відфільтрованої води і, в свою чергу, для подачі води зворотного промивання. Отже, фактична остаточна установка така, як показано на рис. 3.8.

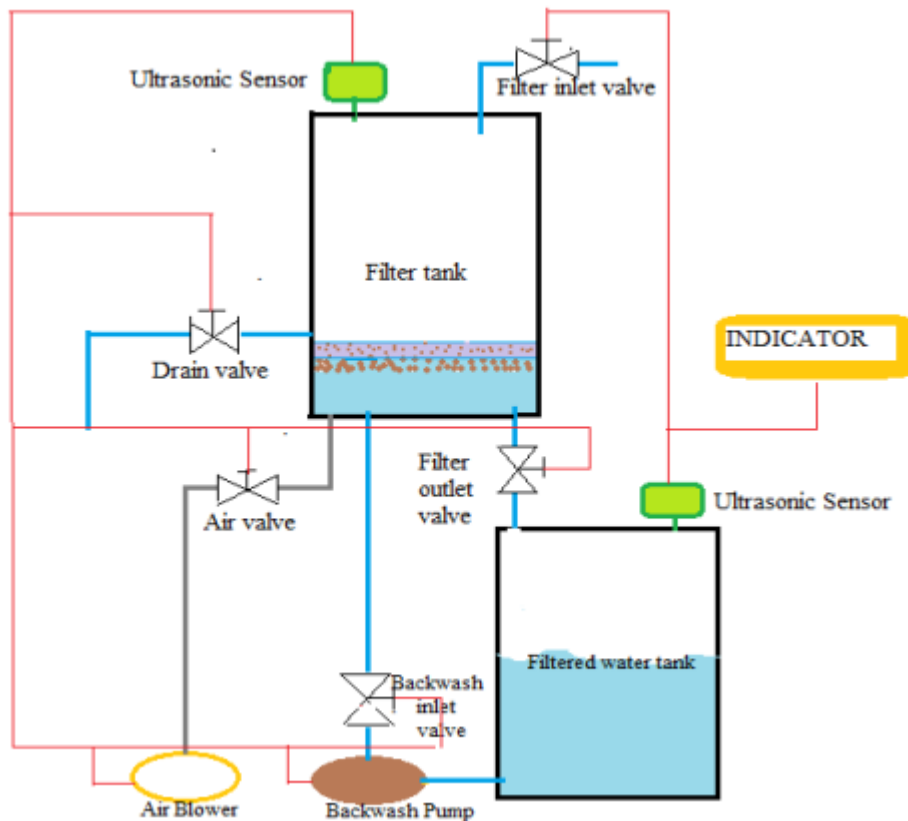


Рисунок 3.8 – Остаточна схема прототипу.

Червоні лінії вказують на контрольний сигнал від ультразвукових датчиків рівня.

Нове налаштування майже подібне до попереднього, тому принцип роботи системи майже не змінився. Ультразвукові датчики рівня посилають свій сигнал на контролер Arduino, який, у свою чергу, видає вихідні сигнали відповідно до програмного коду:

- Впускний клапан фільтра відкривається до тих пір, поки рівень у резервуарі фільтрованої води не високий, тому фільтрація триватиме.
- Випускний клапан фільтра також залишатиметься відкритим, доки процес зворотного промивання не триває.
- Зворотне промивання починається через високий рівень у баку фільтра, що буде ознакою засмічення фільтрів.

- У момент, коли починається зворотна промивка, випускний клапан фільтра закривається, насос зворотного промивання запускається, впускний клапан зворотного промивання відкривається, запускається компресор повітродувки, відкривається повітряний клапан, відкривається зливний клапан фільтра, а впускний клапан фільтра закривається.

- Процес зворотного промивання фіксується таким чином, що він виконується протягом встановленого часу і зупиняється після ефективного зворотного промивання системи.

- Це означає, що повітродувка працює менший час, щоб перемішувати бруд, а зворотна промивка продовжує працювати, щоб змити брудну воду через зливний клапан.

Схема схеми керування приведена на рис. 3.9, а фактичний прототип – на рис. 3.10.

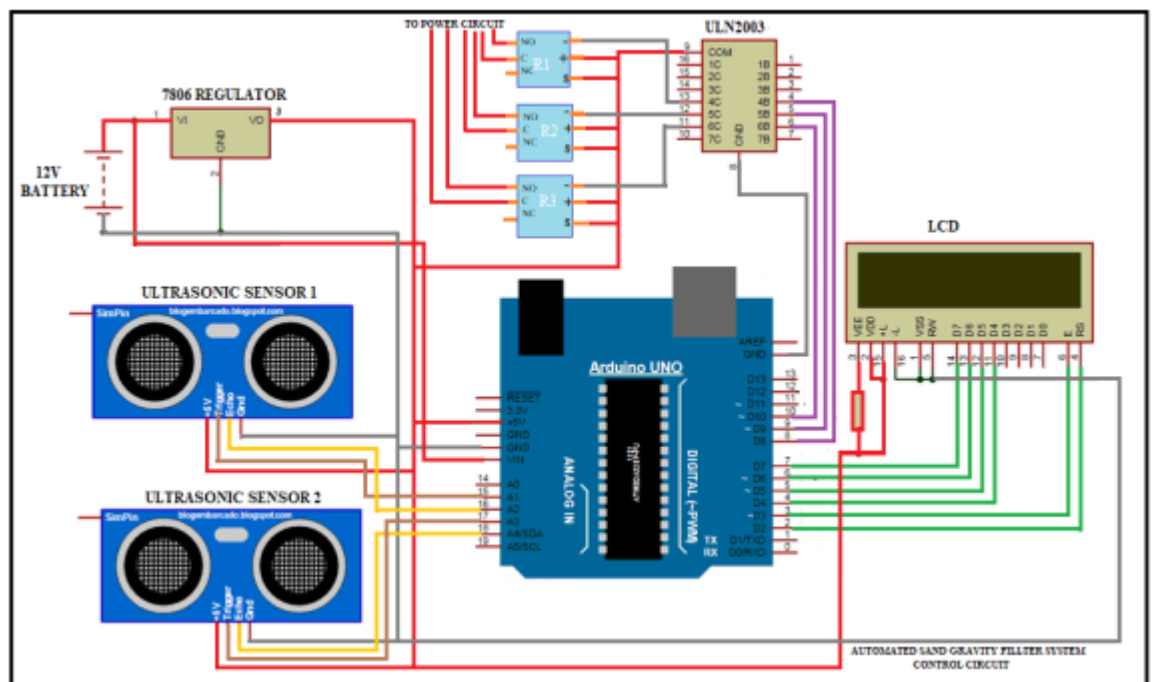


Рисунок 3.9 – Узагальнена схема керування.

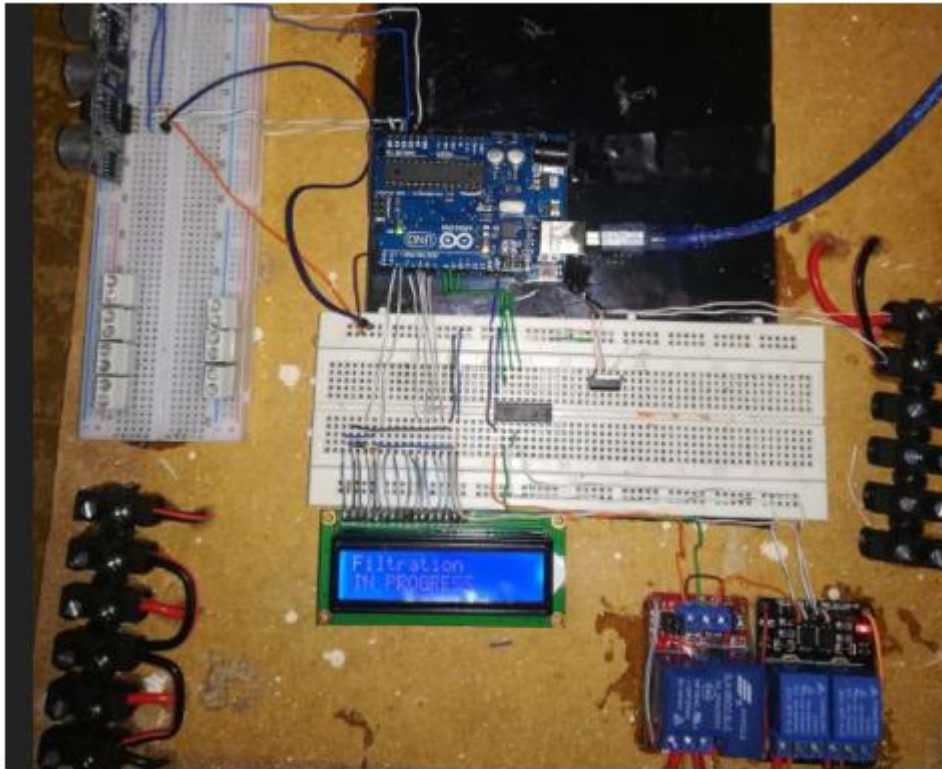


Рисунок 3.10 – Фактичний прототип системи керування.

Схема ланцюга живлення приведена на рис. 3.7. Спочатку, коли схему тестували, реле підключалося безпосередньо від виходів Arduino. Однак під час вмикання електромагнітних клапанів, насоса і компресора на контактах реле протікає великий струм, і цей високий струм заважає сигналу в котушках реле, перериваючи роботу всієї системи управління. Шляхом досліджень було отримано спосіб блокування високострумових перешкод. Існує ряд компонентів, які можна використовувати, але дослідження показало, що IC UNL 2003 є найкращим і найпростішим для включення в систему. ULN2003 — це клас інтегральних схем (IC) з високовольтними, сильнострумовими масивами Дарлінгтона, кожна з яких містить сім пар Дарлінгтона з відкритим колектором із загальними випромінювачами. Кожен канал розрахований на 500 мА і може витримувати піковий струм 600 мА. Подавлюючі діоди включені для керування індуктивним навантаженням, а

входи закріплені навпроти виходів, щоб спростити компонування плати. Конфігурація контактів наведена на рис. 3.11.

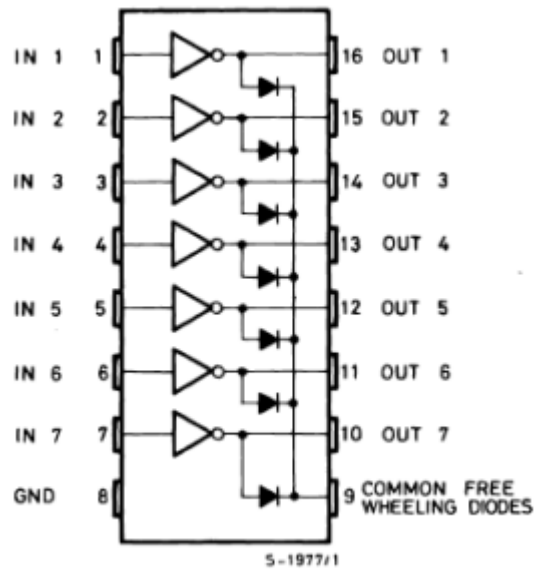


Рисунок 3.11 - Конфігурація контактів ULN2003.

Далі наводиться принципова діаграма для кожного із семи драйверів. подається до будь-якого драйвера як його вхід, коли він залишає драйвер як вихід, він був би інвертований. Отже, вихід драйвера йде на мінус реле. У разі будь-якого зворотного струму драйвер блокує його. Таким чином, цю мікросхему можна використовувати для керування до 7 реле. Схема під'єднання кожного реле наведена на рис. 3.12.

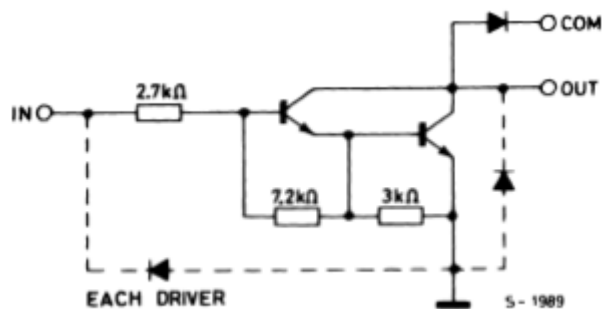


Рисунок 3.12 – Схема під'єднань драйвері моторів.

Для живлення компонентів використано джерело живлення 12 В постійного струму, оскільки всі наші прилади використовують однакову напругу 12 В постійного струму. Однак наша схема управління використовує 5 В постійного струму, тому був використаний регулятор напруги 7806. Оскільки від того ж джерела живлення 12 В ми будемо працювати інші вихідні пристрої, які можуть викликати коливання напруги під час увімкнення та вимкнення, регулятор 7806 здатний підтримувати стабільну рівномірну вихідну напругу 6 В на ланцюг керування.

Ультразвуковий давач.

Це давач, який використовується для керування. Він вимірює відстані між давачем і рівнем, який використовується як наш рівень і є вхідним сигналом для контролера Arduino. Модуль ультразвукового датчика використовує явище відлуння звуку. Для запуску модуля надсилається імпульс приблизно на час 10 мкс. Після цього модуль миттєво посилає 8 циклів ультразвукового сигналу 40 кГц і перевіряє його відлуння. Сигнал повертається назад і вловлюється приймачем після удару по цільовому об'єкту. Для обчислення відстані, яку проходить імпульс, використовується наступна формула 2.1

Arduino є основним контролером системи, і, як згадувалося раніше, це мозок схеми, оскільки він приймає вхідні сигнали від датчиків (у даному випадку ультразвукових датчиків рівня) і використовує запрограмований код для видачі сигналів на вихідні контакти, які використовуються для керування наші вихідні пристрої. РК-дисплей використовується для відображення, в цьому випадку Arduino кодується, щоб дати оператору візуальне відображення процесу, що виконується, і рівня в резервуарі з фільтрованою водою

Реле.

Реле використовуються як механізми перемикання наших вихідних пристроїв. Кожне реле має нормально відкритий і нормально замкнутий

контакт. Нормально розімкнутий контакт замикається, коли вихідний сигнал 5 В надходить від контролера для живлення котушки реле. З нормально тісним контактом відбувається навпаки. Однак котушки реле можуть обробляти до обмеженої кількості струму, отже, для пристроїв з більшим струмом, таких як компресор у цьому випадку, реле на основі Arduino можна використовувати для включення реле з більш високим номінальним струмом, яке в свою чергу вмикає вихід.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1. Результати досліджень автоматизованої системи та їх аналіз.

У цьому розділі розглядаються результати дослідження на основі результатів прототипу. Вимірювання проводилися за допомогою ультразвукових датчиків, розташованих на верхній частині двох резервуарів і зчитування на РК-дисплеї через контролер Arduino. Потік був визначений на основі часу, необхідного для фільтрації води, спостерігаючи за рівнями в обох резервуарах. Перед зворотним промиванням було проведено ряд випробувань, щоб спостерігати за змінами швидкості фільтрації, і після того, як установка була автоматизована, щоб побачити реакцію, оскільки швидкість знижена через засмічення фільтрів зваженою речовиною від використаної брудної води. В основі результатів та аналізу лежить швидкість фільтрації та час зворотного промивання.

Швидкість фільтрації в спільності під дренажною системою.

Під час проектування прототипу спостерігали швидкість фільтрації за допомогою системи під дренажом.

Як показано на рис. 4.1, дренаж визначається кількістю та розміром дренажних отворів, розміром зливного клапана та основи фільтра. розмір. Оскільки розмір використовуваного клапана (магнітного клапана) і площа основи фіксований, єдиним змінним параметром тут була кількість і розмір дренажних отворів. Спочатку розмір дренажних отворів визначається розміром фільтруючого середовища в основі (нагадаємо, що середовище з більшими гранулами знаходиться в основі), щоб ми не викидали пісок у збірну камеру. Тому розмір отворів був зафіксований, і ми могли варіювати їх кількість.

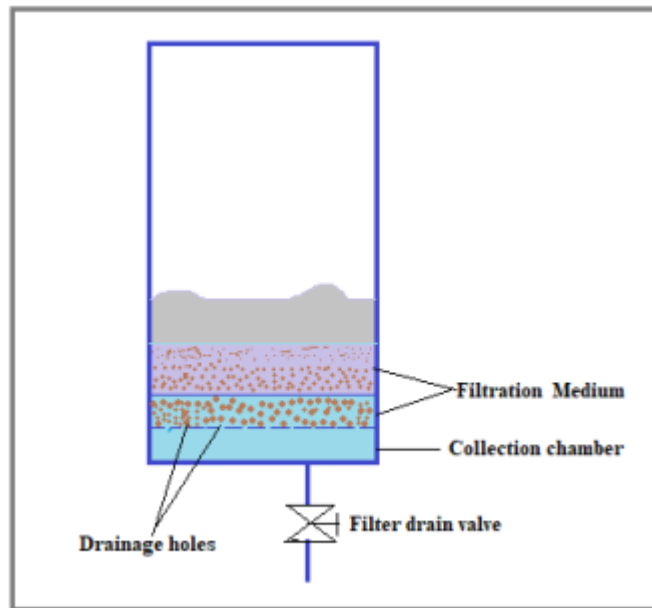


Рисунок 4.1 – Ілюстрація фільтра під дренажною системою.

Кількість було збільшено з 10 до 55 із кроками 10 і 5. Задовільні результати були отримані при 50, але 5 було додано лише для очищення ядра вище вибраної швидкості. Нижче наведена таблиця результатів, що показує кількість отворів щодо рівня відповідно до датчиків Prosonic, в см.



Рисунок 4.2 – Наочний вигляд процесу фільтрації

Таблиця 4.1

Результати досліджень потоку від кількості вихідних отворів.

Показання індикатора	Кількість отворів	Швидкість за хвилину (см)
31	10	3
29	20	5
26	30	8
23	40	11
21	50	13
19	55	15

Таким чином, випробування проводилися протягом 2 хвилин із постійним потоком фільтра на вході з використанням чистої чистої води, обернено підйому.

Залежність швидкості фільтрації від рівня у фільтрі.

Система використовує гравітаційний механізм, отже, рівень води у фільтрі також відіграє роль у швидкості фільтрації. Таким чином, це було досягнуто шляхом підтримки різних рівнів у баку фільтра. Нижче наведено результати.

Таблиця 4.2

Швидкість фільтрації відносно рівня в резервуарі фільтра.

Покази індикатора (см)	Бак фільтра Рівень	Швидкість фільтрації за хвилину (см)
19	20	15
16	25	18
14	30	20
12	32	21

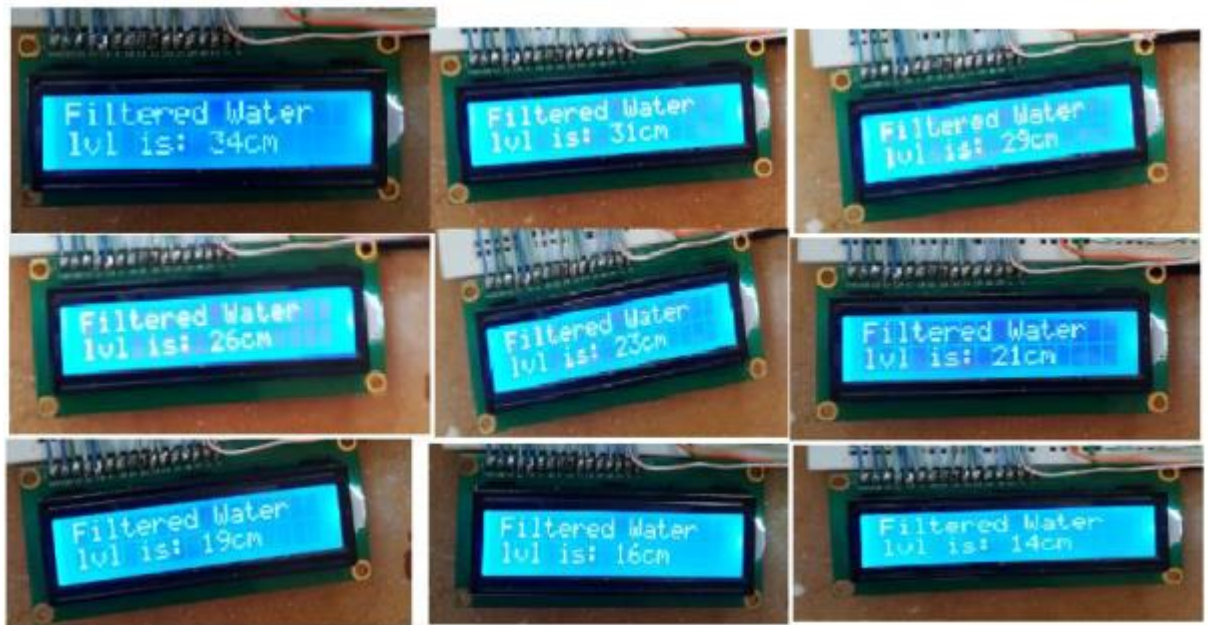


Рисунок 4.3 – Знімки екрана фактичних результатів для наведених вище таблиць.

Швидкість фільтрації залежно від якості води.

Далі слід було перевірити вплив якості води. Якість води при заборі змінюється залежно від сезону. Під час дощів вода каламутна, що впливає на швидкість фільтрації, а також на частоту зворотного промивання, оскільки фільтри забиваються частіше. Хоча протягом посушливих періодів вода прозора, а частота зворотного промивання низька. При використанні чистої води швидкість фільтрації залишалася постійною при незмінній швидкості заповнення фільтра протягом тривалого часу, але коли воду змінювали на каламутну, швидкість фільтрації знижувалася в геометричній прогресії. Це призводить до підвищення рівня в баку фільтра навіть при постійній швидкості заповнення на вході фільтра. Таким чином, виникає необхідність зворотного промивання, яке має запускатися автоматично.

Тривалість та частота промивки .

Частота зворотного промивання, як зазначено в попередньому результаті, визначається якістю води. Чим брудніша вода, тим більше частота зворотного промивання фільтра для безперервної роботи. Коли вода не каламутна або містить менше зважених речовин, то це означає довший час фільтрації перед зворотним промиванням і збільшення запасів води для наступного етапу обробки та кінцевих споживачів. Тривалість зворотного промивання може бути визначена швидкістю відкачування насоса зворотного промивання та потужністю впускного клапана зворотного промивання, оскільки це вода, яка використовується для змивання бруду та зважених речовин через дренаж. Тим не менш, тривалість зворотного промивання має бути достатньо тривалою, щоб фільтраційне середовище залишилося чистим, а також достатньо короткою, щоб зберегти фільтровану воду.

Тиск зворотнього промивання.

Під час зворотного промивання іншим важливим фактором був тиск води зворотного промивання та повітря вентилятора у фільтр. Коли вони налаштовані на занадто малу кількість, вони не можуть розбурхати осілий бруд, отже, не виконують своєї мети, а незначне збільшення від цього може досягти рівня, коли вони можуть хвилювати, але може зайняти більше часу. Коли тиск встановлено занадто високим, існує небезпека продування або здуття фільтраційного середовища (піску) брудною водою. Оскільки повітря і вода для зворотного промивання подаються знизу, вага гранул фільтраційного середовища внаслідок сили тяжіння повинна підтримувати тиск води для зворотного промивання та повітродувки. Тому ці тиски повинні бути достатньо високими, щоб змішувати забруднення і досягти очищення фільтра протягом визначеного часу, в той час як вони повинні підтримуватися досить низькими, щоб не здувати фільтраційне середовище.

Відновлення середовища промивки.

Після безперервної роботи системи дослідник помітив, що з часом фільтраційне середовище (пісок) вичерпується і потребує оновлення. Деякі з більш дрібних гранул піску змиваються брудною водою під час зворотного промивання, а частина витікає в камеру збору фільтра, що означає, що фільтраційне середовище якимось чином перемішується. Протягом певного часу фільтраційне середовище необхідно оновлювати, а також очищати камеру збору. Під час цього процесу поновлення потрібен додатковий пісок, щоб замінити випарений пісок.

Швидкість фільтрації піщаного гравітаційного фільтра сильно залежить від системи дренажу, тобто чим більше отворів, тим вище швидкість фільтрації і чим вище рівень у фільтрувальному баку, тим вище швидкість фільтрації. Чим чистіше живильна вода, тим довший період фільтрації перед зворотним промиванням і довший термін служби фільтруючого середовища до його відновлення.

Після успішної роботи з прототипом з використанням дизайну і налаштування стало зрозуміло, що модель можна легко реалізувати на виробництві та багатьох інших установках з подібними моделями. Цей прототип дуже добре продемонстрував автоматизовану систему гравітаційної фільтрації піску з лише однією контрольною змінною вимірювання – рівнем. Пуск і зупинка насосів і компресорів вручну не відбувалися. Все було засновано на сигналах датчиків рівня і програмі на контролері.

Сигнали витрати, температури та тиску повинні бути включені в ланцюг управління разом із сигналами рівня. Нам потрібно стежити за тиском повітродувки і потужністю насоса зворотного промивання. Також нам потрібно знати наші швидкості потоку, щоб ми могли добре проаналізувати нашу систему. Нам потрібно контролювати тиск повітродувки та зворотного промивання з причин, зазначених вище, а для насоса ми повинні переконатися, що тиск всмоктування та нагнітання є нормальними, щоб захистити насос від всмоктування повітря, що може

спричинити повітряні пробки та кавітацію. насос. Контроль температури буде використовуватися для захисту підшипників повітродувки насоса, тому в систему також необхідно включити регулятори температури. Справжня установка може легко розмістити всі ці контури керування за допомогою ПЛК, який також має можливість надавати як дискретні (цифрові), так і безперервні (аналогові) виходи.

Реалізація глобальної систем водоочищення приведена в наступному розділі.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Перспективи використання бездротових сенсорних мереж

У зв'язку зі стрімким зростанням населення, потреба в належній гігієні питної води постійно зростає. Тому у більшій мірі стало необхідним використовувати адаптивні автоматизовані системи для контролю за виробництвом очищення води для досягнення необхідного стану її якості води з точки зору забезпечення оптимального здоров'я населення. Великі міста щораз більше потребують водних ресурсів. Тому дослідження автоматизованих систем, які керують цим процесом є актуальною задачею на сьогоднішній час.

За складністю процесу і великими відстаннями, у роботі було вивчено кілька типів систем для реалізації очищення води. Зокрема досить перспективним є використання так званих автоматизованих систем на основі бездротових сенсорних мереж (WSN - wireless sensing networks), що застосовуються у процесі водоочищення. Бездротові автоматичні системи використовуються для управління процесів виробництва води та підвищення їх ефективності до максимального рівня, поряд з мінімальною вартістю.

Тому важливо, щоб автоматизована система працювала професійно, щоб отримати максимальний прибуток від процесів виробництва. У роботі було практично розроблено та реалізовано ефективні моделі керування за допомогою програмного забезпечення.

В результаті вивчення таких методів керування можливо автоматично контролювати роботу працюючих насосів. Додавання дози очисних та дезінфекційних хімічних речовин успішно розраховується та додається у воду в режимі реального часу. У фазі фільтрації, процес зворотного промивання фільтрів повністю автоматизований. Отримані результати були

суттєвими, вигідними та довели застосовність системи з мінімальними витратами.

Одним із значущих застосувань бездротової системи автоматизації є забезпечення безпечної роботи станції та запобігання смертельним можливим нещасним випадкам, які також можуть бути катастрофічними та негативно впливати на навколишнє середовище. Небажані інциденти на об'єкті заводів можна сконцентрувати за допомогою встановлення добре спроектованої безпечної автоматичної системи WSN. Це також може значно зменшити загальну вартість системи і можливі систематичні помилки. Отже, висока надійність системи автоматизації є обов'язковою з міркувань безпеки та економічних причин. На рис. 5.1 показані приклади бездротового застосування з різними бездротовими пристроями, підключеними до центральних систем автоматизації керування.

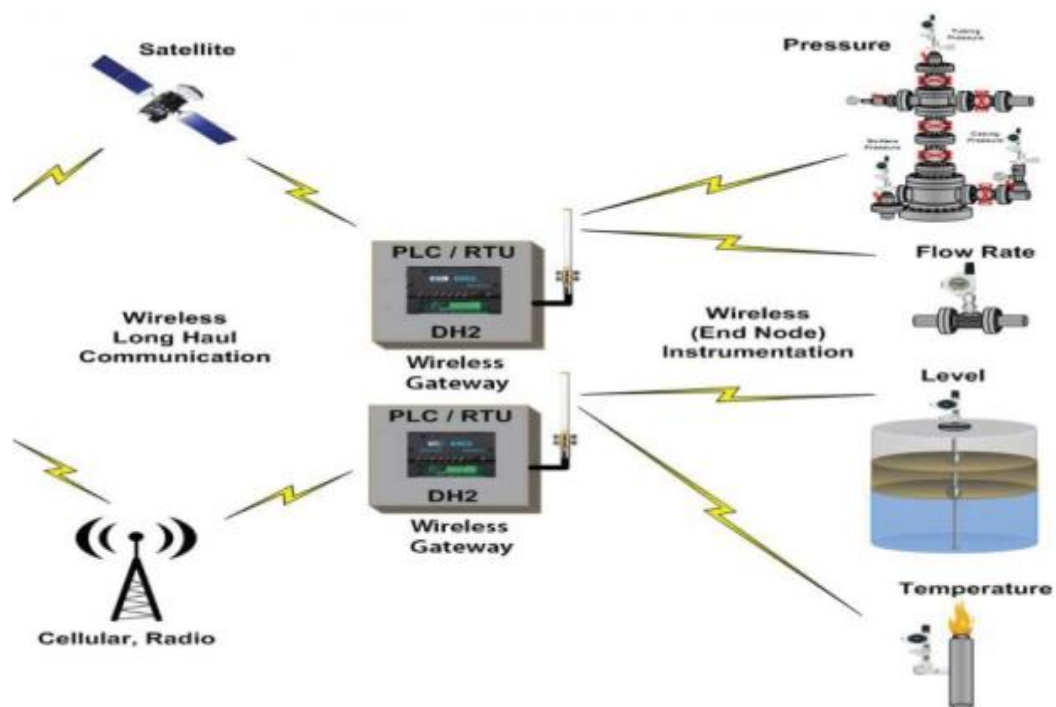


Рисунок 5.1 – Застосування бездротових автоматичних сенсорних мереж (WSN)

WSN є однією з найцікавіших областей, які мають глибокий вплив на технологічний розвиток. Вони розглядаються як революційна технологія, яка створює метод збору інформації. Побудовані інформаційно-комунікаційні засоби значно підвищують надійність та ефективність інфраструктурних систем. У порівнянні з дротовими рішеннями, WSN відрізняються легшим розгортанням і кращою гнучкістю пристроїв. Зі стрімким технологічним розвитком датчиків WSN стануть ключовою технологією для промисловості.

Заміна дротової технології на бездротову проілюстрована на рис. 5.2.

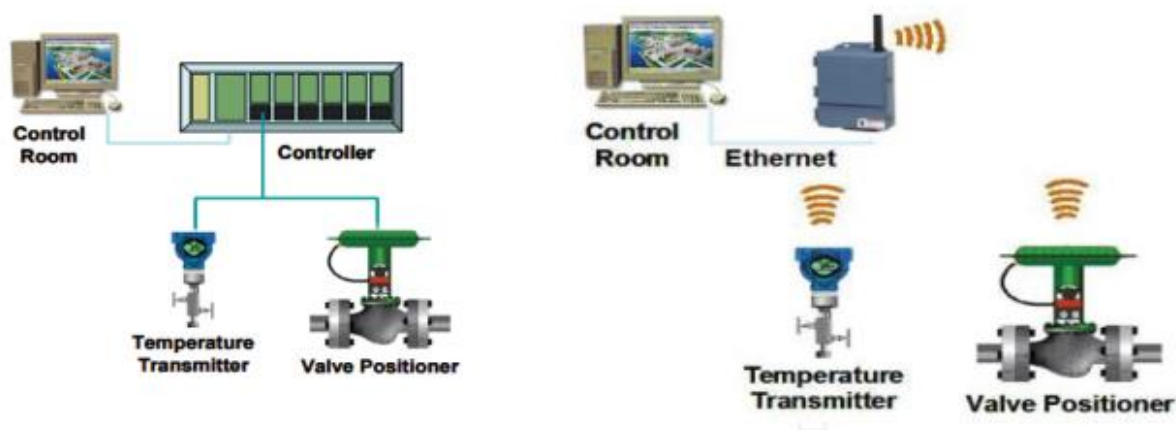


Рисунок 5.2 - Заміна дротової технології на бездротову

Бездротові сенсорні мережі в промислових застосуваннях. WSN широко розгортаються в переробних галузях, щоб забезпечити надійний і комплексний контроль і моніторинг процесів. У зв'язку з цим контроль і моніторинг процесів — це поєднання алгоритмів, механізмів та архітектур, що забезпечує надійність різних промислових процесів.

За таких обставин несправний контур управління може призвести до непередбачуваної та небажаної зупинки установки. Такі відмови також можуть призвести до смертельних нещасних випадків на технологічних установках. Таким чином, можна стверджувати, що бездротові мережі також містять широкий спектр проблем і проблем, які необхідно враховувати для забезпечення цілісності промислових операцій.

Основні пристрої керування технологічними процесами, такі як двигуни, клапани, датчики температури, які вже обладнані бездротовими передавачами, надійні бездротові системи керування процесами та мережеві стандарти, поки що недоступні.

Системи WSN широко використовуються в різних сферах промислової автоматизації. Такі застосування забезпечують безпеку, ефективність, збереження та контроль галузевих процесів. Програми автоматизованого зондування відіграють неминучу роль у підвищенні надійності систем управління процесами, а також уже існуючого виробництва.

Сенсорні програми також допомагають виявляти та розпізнавати неефективні операції або несправне обладнання. Сенсорні додатки дозволяють переробній промисловості автоматизувати процес збору даних від віддалених датчиків, щоб мінімізувати втручання користувача. Застосування автоматизованого зондування в переробній промисловості сприяє впровадженню певних мереж з метою покращення та підвищення безпеки населення та працівників. Автоматизовані та бездротові додатки зондування також дозволяють технологічній промисловості оптимізувати процес збору даних для більш комплексної та цінної відповідності звітності.

Одне з основних промислових застосувань WSN включає моніторинг і контроль промислових процесів. WSN допомагає операторам заводів оцінювати та забезпечувати продуктивність і працездатність машин і продуктів. Системи WSN були розроблені для підтримки механізмів CBM (machinery condition based maintenance). Це пов'язано з тим, що переробні галузі повинні стикатися з різними проблемами, що стосуються надання нових функцій і вищих витрат на обслуговування та впровадження. У таких умовах бездротові датчики можуть бути розташовані в проблемних і вразливих місцях, де дротові системи не можуть бути легко доступні. Ці зони можуть включати неприв'язані транспортні засоби та механізми, що обертаються.

Реєстрацію даних можна також розглядати як одне з найбільших промислових застосувань бездротових датчиків. Це пов'язано з тим, що бездротові сенсорні мережі полегшують практику збору даних для моніторингу екологічних умов заводу. Вони можуть включати температуру, тиск, щільність, швидкість потоку, переливні резервуари, об'єм тощо. На додаток до цього, системи WSN також допомагають у зборі статистичної інформації, яка дає змогу операторам машин досліджувати та оцінювати потенційні несправності машин. Моніторинг стічних вод і моніторинг споживання води також можна виконувати за допомогою систем WSN. Всі ці функції в кінцевому підсумку призводять до зменшення витрат води. Системи WSN також можуть бути прийняті для оцінки цілісності фізичної інфраструктури, а також геофізичних процесів, які закриті для реального часу та протягом тривалого періоду, через процес реєстрації даних за допомогою сполучених датчиків.

5.2 Застосування бездротових сенсорних мереж в системах очищення води.

Основні проблеми зі здоров'ям людей, пов'язані із забрудненням питної води, спричинені недостатньою кількістю води для гігієнічних цілей та споживанням цієї забрудненої води. Для стандартів водопостачання визначено два стандарти. Перший стандарт передбачає кількість води, а другий стандарт регулює якість води. Мінімальна кількість води для безпечного та здорового споживання підсумовується приблизно 7,5–15 л води на людину в день.

Якість води є другорядним стандартом, тому, як тільки кількість води була забезпечена, якість води слід покращити, щоб зменшити ризик дизентерії та інших захворювань.

Такі параметри якості, як каламутність, кишкова паличка та залишковий вміст хлору, вказані як мінімальні стандарти, яким повинні відповідати технології очищення води.

Метою цього розділу є підвищити виробництво водоочисних установок шляхом контролю процесів очищення та параметрів впливу на них за допомогою контрольно-вимірювальних інструментів, таких як регулювання додавання хімічних матеріалів для очищення та дезінфекції. Крім того, показання приладу використовуються для подальших досліджень.

Запропонована конструкція системи контролю складається з п'яти структурних елементів: забір, осадження, фільтрація, дезінфекція та розподіл (intake, sedimentation, filtration, disinfection, distribution), як показано на рис. 5.3.

Пристрої, що використовуються в цій конструкції, та її скорочення наведені нижче.

Pump motor	Pm	Level sensor control	Ls	Inlet valve	Iv
Injection motor	Im	Flow sensor control	Fs	Outlet valve	Ov
Power switch	SW	Turbidity sensor control	Ts	Drain valve	Dv
Power supply	P	Chlorine sensor	Chs	Wash valve	Wv
Communication module	Cm	Pressure sensor control	Ps	Air valve	Av
Microcontroller	Mc	Pumps control circuit	St	Backwashing	BW

Різні типи пристроїв, такі як датчики, клапани, насоси, мікроконтролери, модулі зв'язку та PLC, передаються бездротовим способом.

Робота всмоктувальних і розподільних насосів заснована на ланцюзі керування «трикутник/зірка». На традиційних установках стартер і насос в основному розташовані на головному джерелі живлення, тому процес роботи цих насосів здійснюється вручну за допомогою кнопок пуск/зупинка. Схема пускача, як показано на рис. 5.4, складається з трьох основних контакторів (K1, K2 і K3) на додаток до таймера управління для виконання умов запуску насосів.

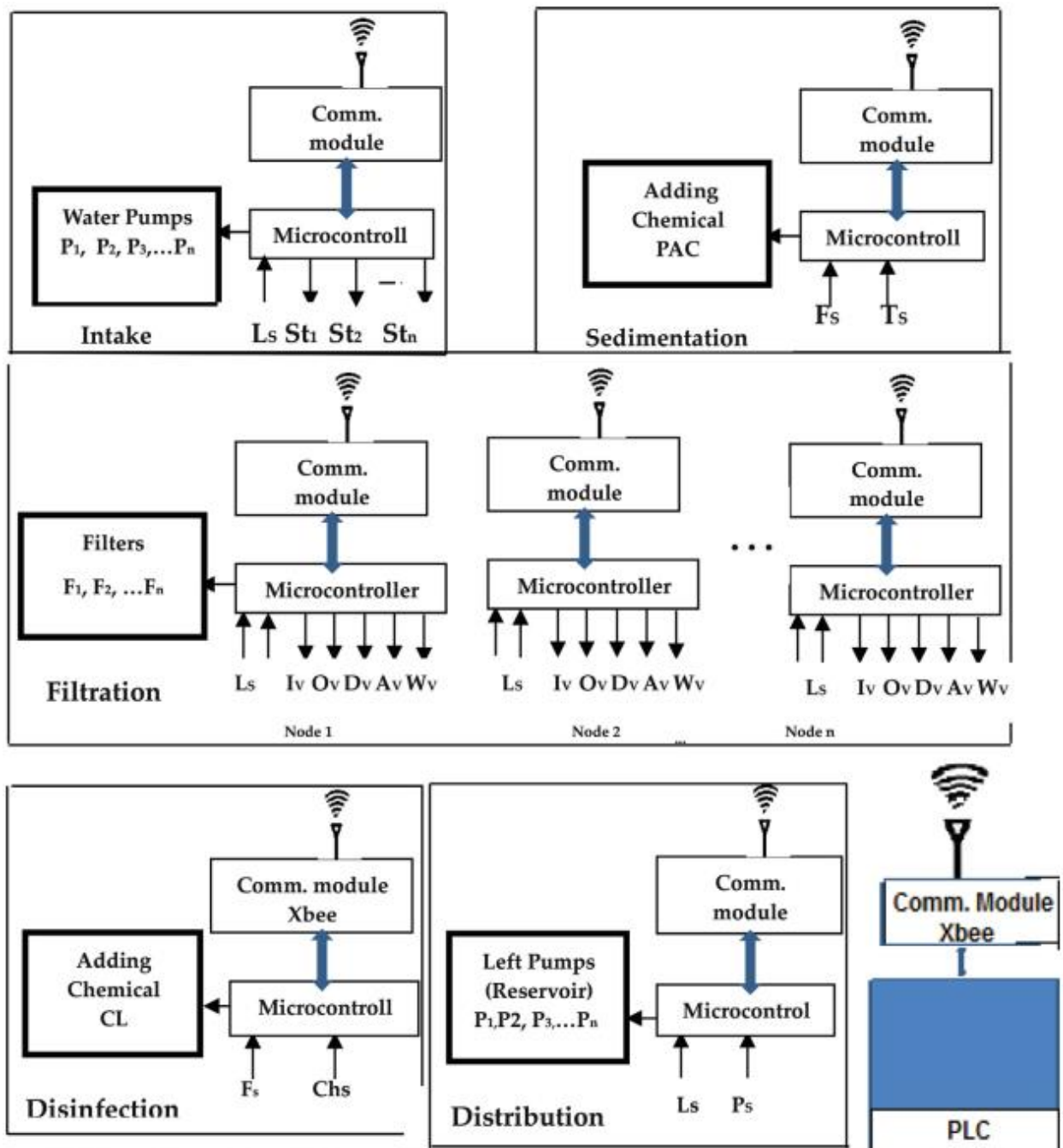


Рисунок 5.3 – Сенсорна бездротова мережа, запропонована для станції очистки.

К1 керує основним джерелом живлення насоса і захищає його від короткого замикання та перевантаження струмом. К2 регулюється ланцюгом управління таймером для ініціалізації насоса в стані зірка (Y). Нарешті, К3

працює одночасно, коли K2 відпускає (за допомогою блокування), щоб подати повну напругу живлення для роботи насоса в стані Δ .

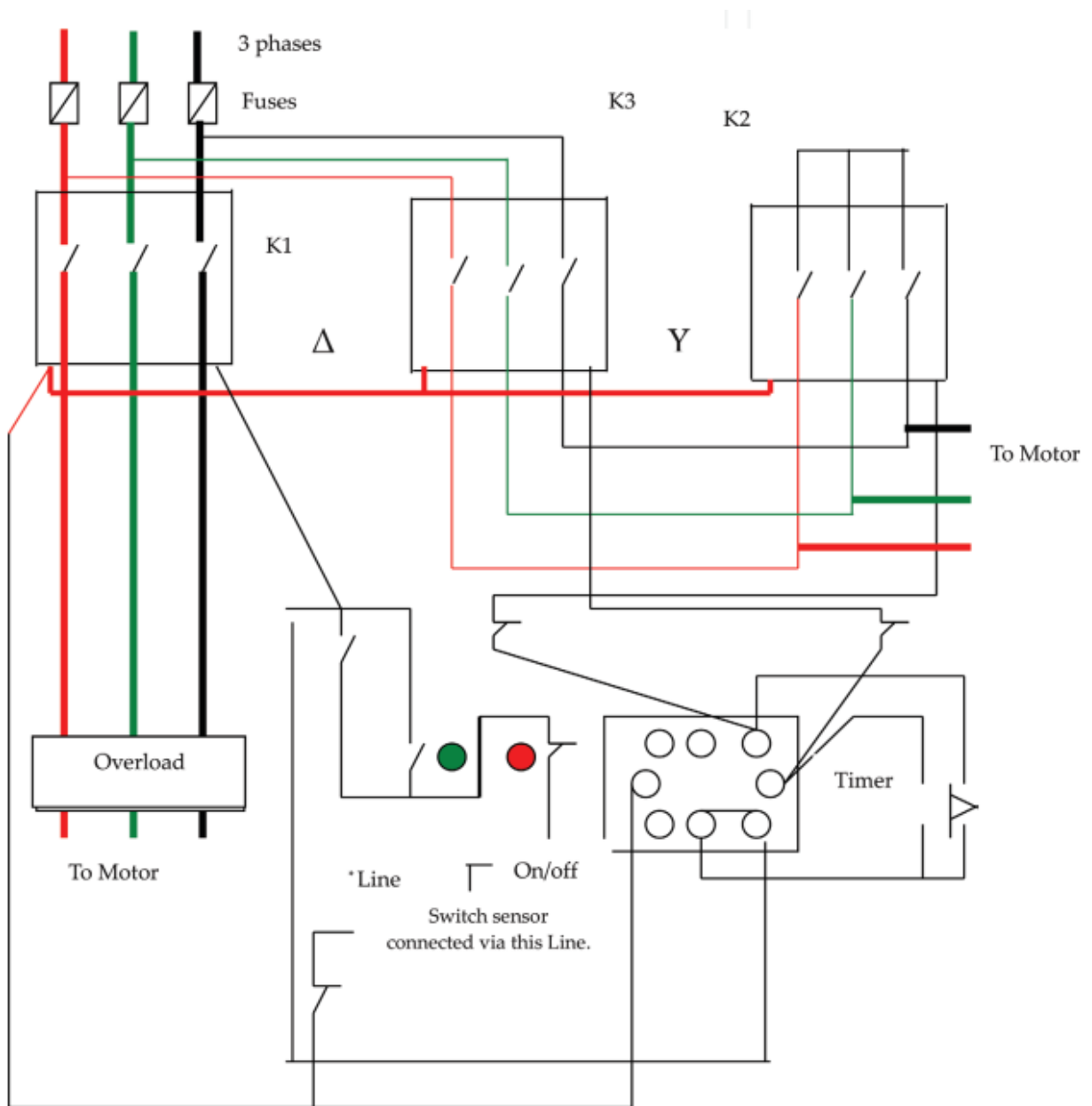


Рисунок 5.4 - Схема управління роботою насоса.

Всмоктувальні/розподільні насоси (P_1, P_2, \dots, P_n) працюють через схеми керування WSN (C_1, C_2, \dots, C_n)

Схеми функціонують відповідно до сигналів бездротового керування, які генеруються центральним блоком керування та надсилаються через

модуль зв'язку до нового встановленого датчика вимикача живлення (включення/вимкнення).

Рівень води у водоймі регулярно змінюється протягом доби відповідно до очищеної та розподіленої води. Таким чином, контроль рівня пластової води можна досягти шляхом регулювання працюючих і резервних насосів. Таким чином, датчики рівня в резервуарі використовувалися для постійного збору показань рівня та живлення центрального модуля управління, який використовує розроблену програму для визначення кількості насосів, які повинні працювати, а які повинні бути в режимі очікування. На рис. 5.5 приведена розроблена система у випадку фази всмоктування, а фаза розподілу показана на рис. 5.6.

Фізичні властивості, такі як зависла речовина і каламутність, викликані різними речовинами у воді, а з іншого боку, живі організми загрожують здоров'ю споживачів, тому очисні споруди необхідно використовувати для усунення ризику цих проблем і для подачі водного середовища у межах стандартних рекомендацій щодо питної води.

Очищена вода, яку потрібно пити, залежать від доданих матеріалів для осадження та дезінфекції хімічних речовин, які визначаються зчитуванням багатьох параметрів, пов'язаних з кількістю та якістю сирової води, як показано на рис. 5.7.

На водоочисних спорудах є хімічне приміщення для приготування хімічних матеріалів. До складу цього агрегату входять живильні машини, добові резервуари для хімічних коагулянтів та інше обладнання. Додані популярні хімічні речовини:

- Поліалюміній хлорид Екстра потужна неорганічна алюмінієва сіль, що використовується як катіонний коагулянт, максимальна допустима доза 250 мг/л.
- Окислювач газу хлору використовується в слідових дозах для видалення бактерій, тому рекомендована доза становить 1 мг/л.

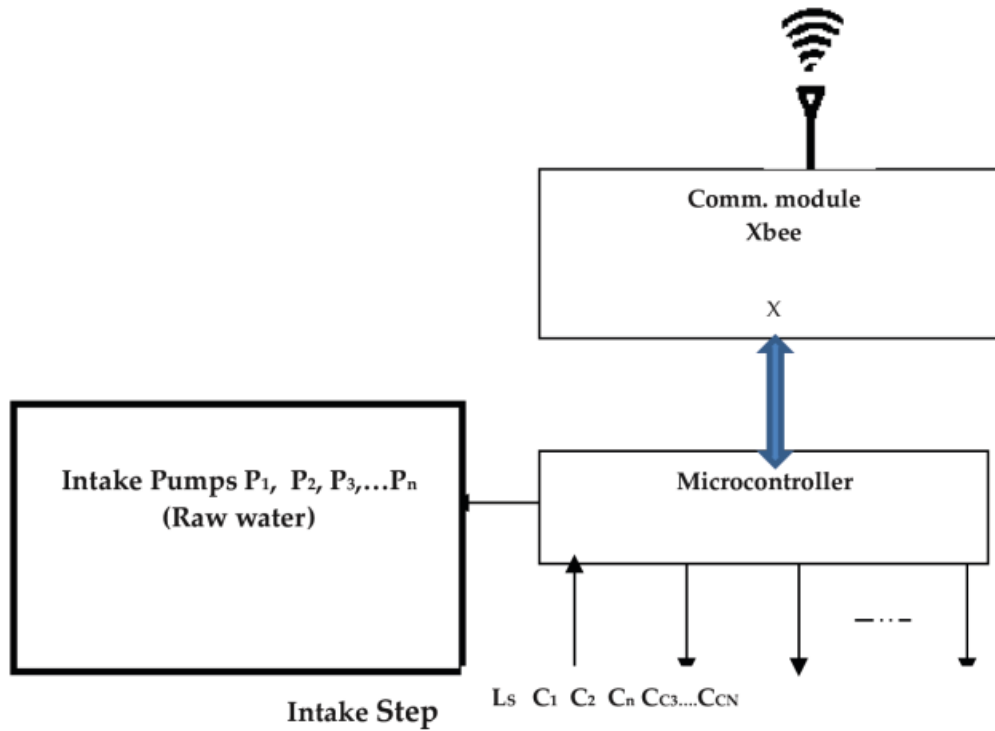


Рисунок 5.5 – Реалізація підсистеми спуску.

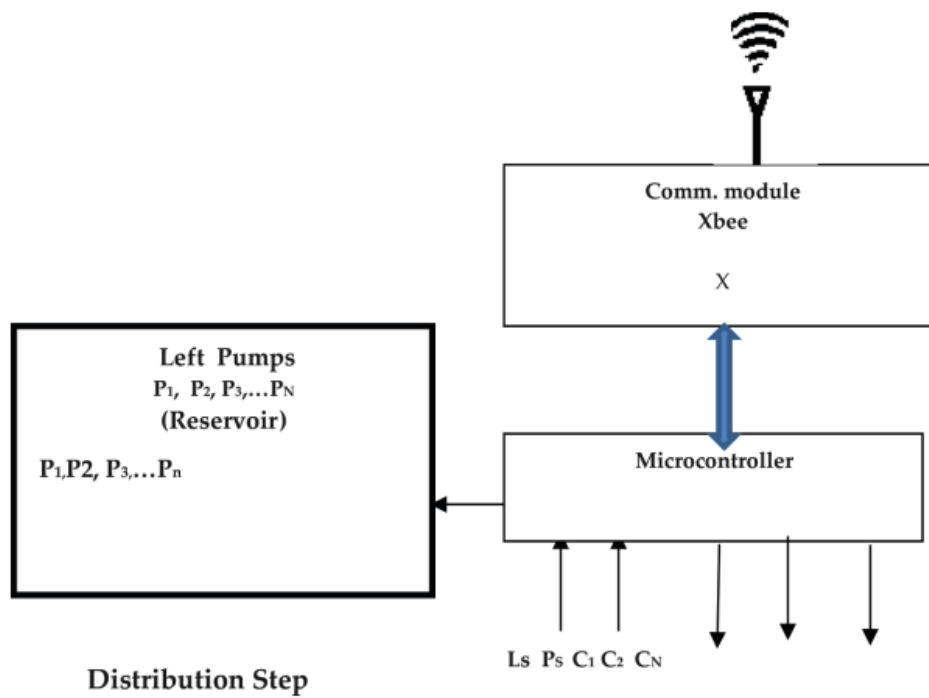


Рисунок 5.6 – реалізація розподільної системи.

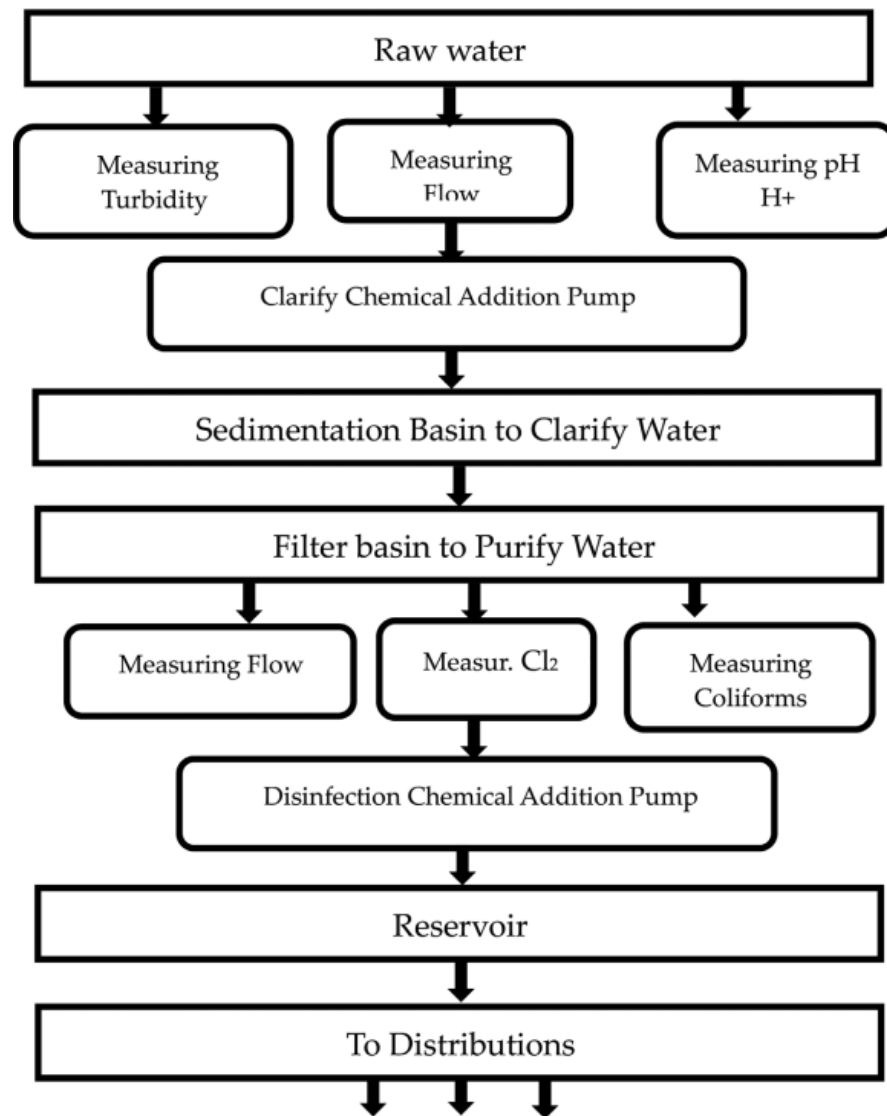


Рисунок 5.7 – інструменти контролю водопідготовки.

У разі видалення помутніння використовувався процес, який називається баночним тестом, щоб визначити передбачувану дозу очисного хімічного матеріалу. Цей тест проводили кожні 2 години, щоб перевірити величину зміни якості води. Хоча у випадку дезінфекції поточний процес полягає в тому, щоб спочатку ввести оцінений вміст хлору, а потім кожні 2 години зчитувати вміст хлору у воді, щоб прийняти рішення про збільшення або зменшення введених доз.

У будь-яку частину часу типи води та швидкість потоку піддаються зміні. Тому запропонована розроблена модель має на меті покращити

додавання хімічних матеріалів шляхом впровадження програми в режимі реального часу, яка зчитує параметри води та негайно додає відповідні дози.

Для реалізації цієї системи було запропоновано блок управління з використанням ПЛК, щоб підняти якість до найкращого можливого рівня без використання хімічних матеріалів.

Модифікація зосереджена в основному на покращенні якості очищеної води на заводі за допомогою приладів для вимірювання параметрів, які впливають на якість. Залежно від показань, точні дози хімічних матеріалів, які використовуються для осадження води, наприклад, поліалюміній хлорид (РАС) та дезінфекція, напр. хлорид (Cl_2) буде визначено. Відповідно, для закачування у воду відповідних доз використовуються насоси. Тому важливо, щоб автоматизована система працювала ефективно, щоб забезпечити високу якість виробленої води, запобігти можливим фатальним помилкам або навіть катастрофам, які можуть вплинути на людей, а також досягти найвищого рівня виробництва.

Запропоновані системи керування, які можна використовувати в процесі фільтрування води, показані на рис. 5.8.

У цих системах використовувалися датчики з різними функціями. Таким чином, датчики використовуються для зчитування мутності води, швидкості потоку, рН та постійного хлору у воді та підключаються безпосередньо до мікроконтролера.

Мікроконтролер використовував розроблений алгоритм для розрахунку необхідних доз освітлювальних та дезінфекційних хімічних матеріалів, які потрібно додати у воду в режимі застосування в режимі реального часу. Давачі посилають відповідні сигнали до центрального ПЛК через модуль бездротового зв'язку. ПЛК генерує відповідні вихідні імпульси та взаємодіє з приводами, які керують робочими дозувальними насосами. Ці дозуючі насоси мають широкий діапазон швидкості потоку в літрах на годину (л/год).

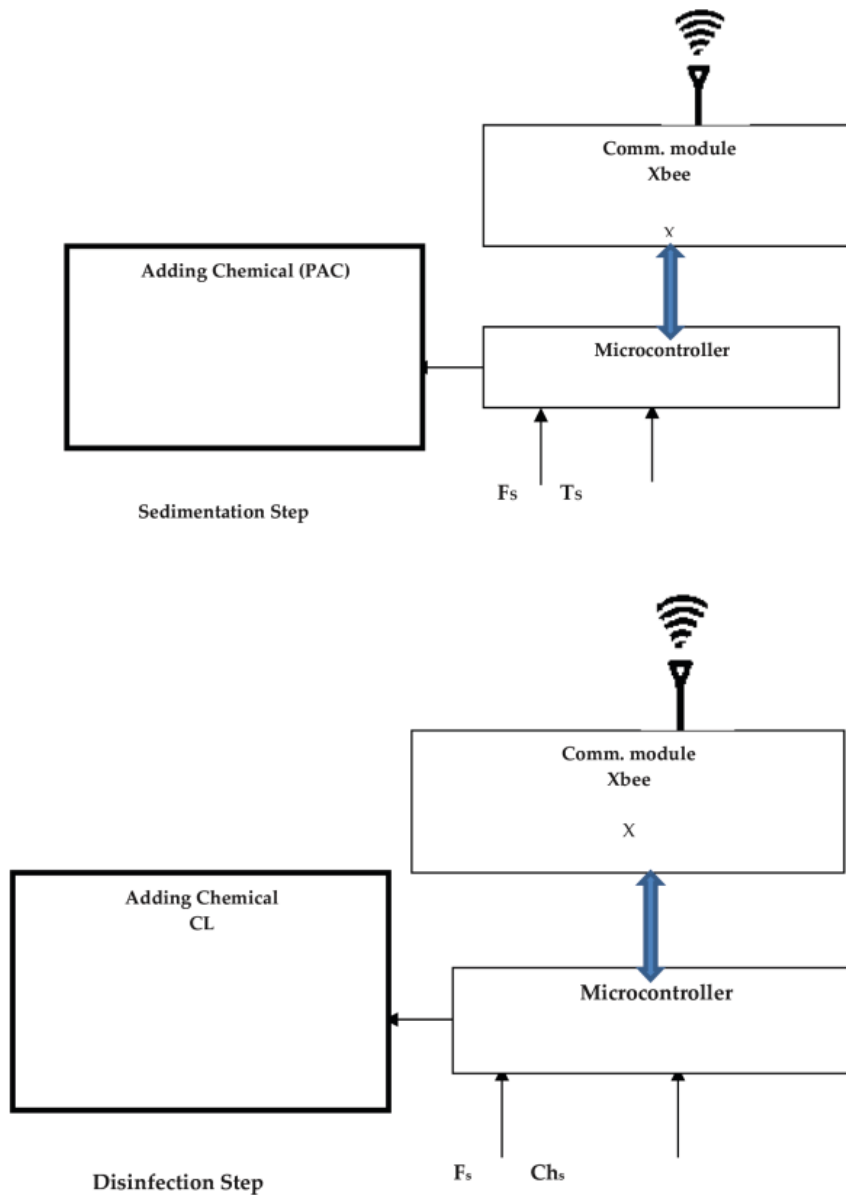


Рисунок 5.8 - Система відстоювання та дезінфекції

Системний алгоритм. Наступний алгоритм призначений для розрахунку кількості очисних та дезінфекційних хімічних матеріалів, які потрібно додати у воду:

For $i=0$ to ∞ do
 Input: read (T_{S1}, T_{S2}), read (F_{m1}, F_{m2}), read ($Ref.C12$), read (F_{m3}), read ($Ref.Dose$)
 Calculate:
 T_S Average (T_{S1}, T_{S2}).
 F_m Average (F_{m1}, F_{m2})
 Convert water rate (W_{rate}) to water volume (W_{volume})
 $W_{volume1} = W_{rate1} \cdot t$
 $W_{volume2} = W_{rate2} \cdot t$
 Clarification (e.g. Ploy Aluminum Chloride) injection
 Calculate the dosing $Clar_{dose}$
 $Clar_{dose} = Ref.Dose \times T_S \times W_{volume1}$
 Set injector control pulse P_{C1}
 Calculate injection time T_{i1} :

$$T_{i1} = \frac{Clar_{dose}}{Injector_{rate}}$$
 Output: pulse control P_{C1} (To drive injector)
 P_{C1} = pulse modulation (P_{i1}, T_{i1})
 Disinfection (Residual chlorine injection)
 Calculate the dosing (Di_{dose})
 $Di_{dose} = Ref.C12 \times W_{volume2}$
 Set injector control pulse P_{C2}
 Calculate injection time T_{i2} :

$$T_{i2} = \frac{Di_{dose}}{Injector_{rate}}$$
 Output: pulse control P_{C2} (To drive injector)
 P_{C2} = pulse modulation (P_{i2}, T_{i2})
 End

Фаза фільтрації.

Вода з седиментаційних басейнів розподіляється у фільтраційні басейни самопливом. Процес фільтрації включає пропускання води через

дрібнозернисті матеріали, такі як пісок. Оскільки все більше і більше сирової води проходить через фільтр, зважені частинки накопичуються в фільтруючому середовищі, досягаючи недопустимих рівнів, що призводить до одного руйнівних подій. Вони можуть або спричинити надмірно високий рівень втрати головки фільтра, або вони можуть майже не проштовхуватися через середовище, що призводить до поганої якості очищеної води. Таким чином, щоб максимізувати використання даного фільтра в безпечному режимі, виникає необхідність видалити ці захоплені частинки з самого носія. Промивка фільтра - це процес, за допомогою якого це досягається. Це стосується перекачування води та стисненого повітря назад через фільтруючі засоби, як показано на рис. 5.9.

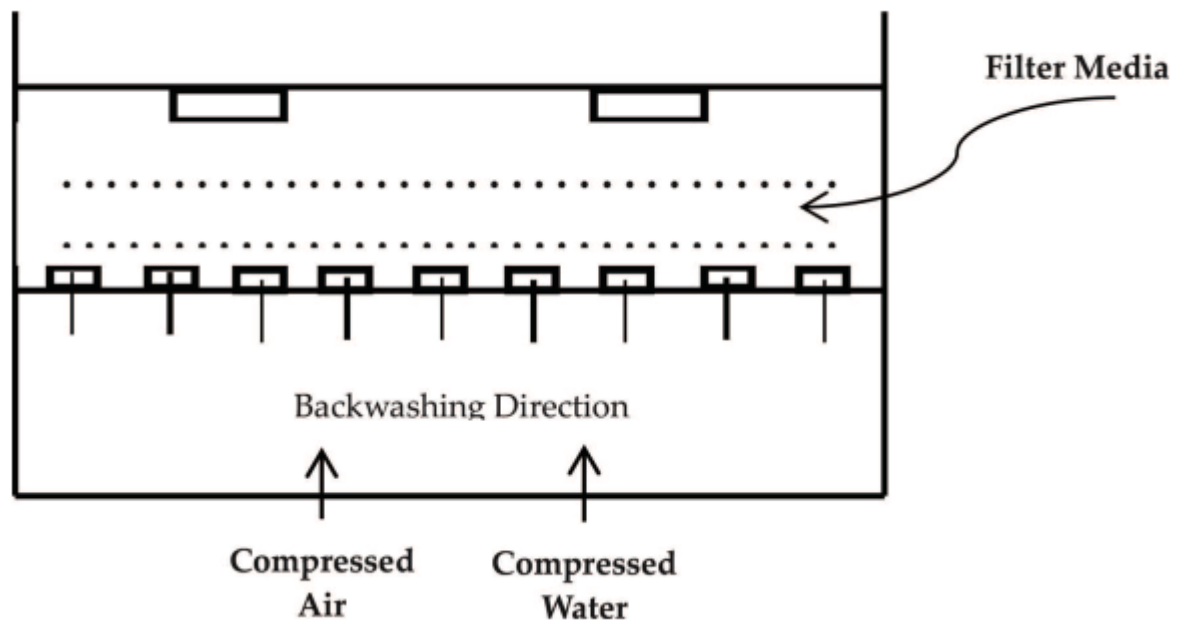


Рисунок 5.9 – Процес промивання фільтра.

Щоб бути безпечно і ідеально функціонувати з повною потужністю протягом дня, ефективність фільтра залежить від ефективності методів зворотного промивання. Цю ефективність можна контролювати за допомогою встановлених у фільтруючому басейні датчиків рівня води. Коли

рівень води всередині басейну перевищує допустимий рівень, операція зворотного промивання виконується автоматично за допомогою програми ПЛК.

Для реалізації системи використано датчі для вимірювання рівня води, XBee, як модуль бездротового зв'язку, мікроконтролер як блок збору даних, автоматизовані водяні клапани для входу (Iv), випуску (Ov), зливу (Dv), промивання (Wv), і клапан стисненого повітря (Av), який відкривається і закривається відповідно до сигналів, що надходять від модуля керування ПЛК. Ілюстрація конструкції системи показана на рис. 5.10.

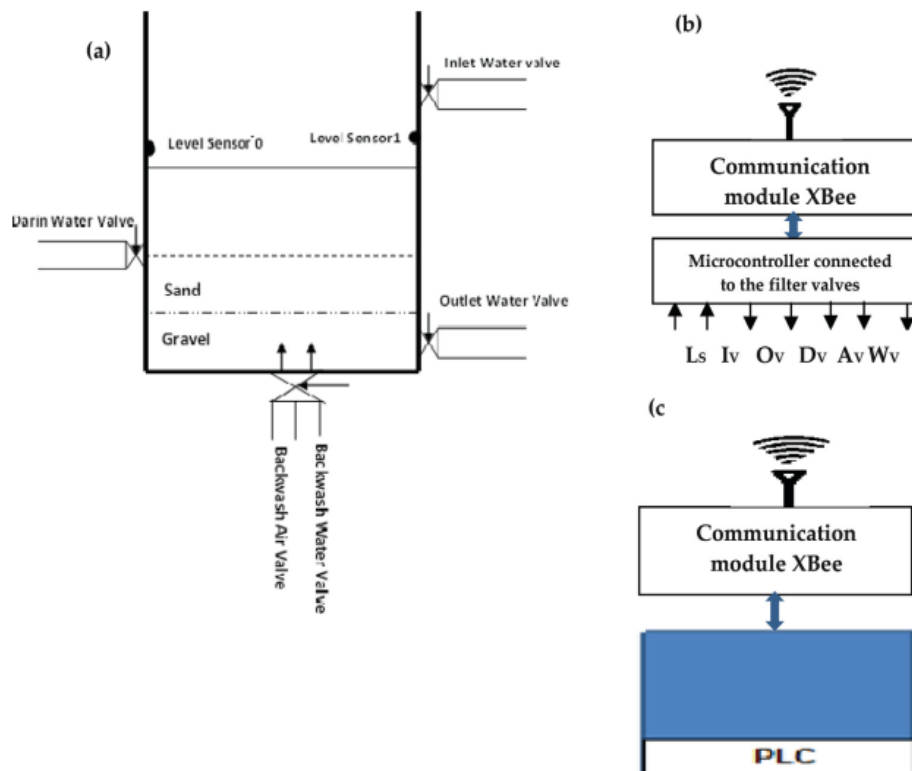


Рисунок 5.10 - Модель системи. (а) Компоненти фільтрувального басейну, (b) комунікаційний модуль і приводи, і (c) модуль керування.

5.3. Отримані результати моделювання.

Було налаштовано розгляд різних процесів обробки води, де підсистеми успішно керувалися в різних робочих налаштуваннях.

Управління роботою двигуна.

Роботою двигуна керує пускач двигуна (M), який з'єднаний послідовно з нормально розімкнутою (NO) короткочасною кнопкою (Start), нормально закритою (NC) короткочасною кнопкою (Stop) і нормально закритою (NC) реле перевантаження (OL), як показано на схемі драбинної логіки, рис. 5.11.

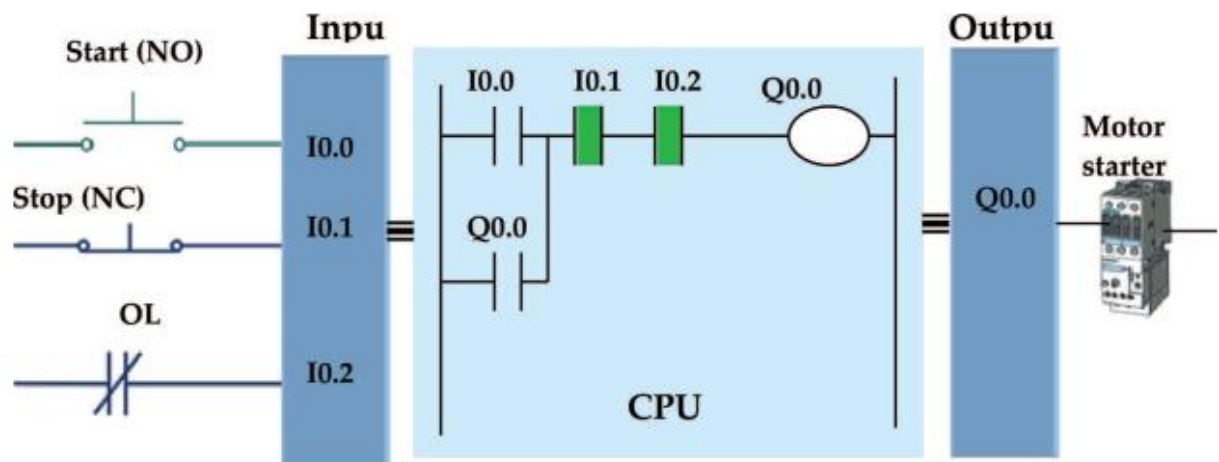


Рисунок 5.11 - LD діаграма, яка відображає роботу двигуна.

Кнопка пуску NO підключена до входу I0.0, а кнопка зупинки NC підключена до входу I0.1. Контакт реле перевантаження NC як частина пускача двигуна підключений до входу I0.2. Вхід (I0.0–I0.1–I0.2) утворює ланцюг логічного «І» та контролює операцію виведення (Q0.0). Логічний стан вхідного біта I0.1 є логічним АБО через кнопку зупинки NC. Логічний стан вхідного біта I0.2 є логічним АБО також тому, що захисне реле перевантаження є NC типу. За допомогою програми до логіки сходів додається NO-контакт Q0.0, який безпосередньо пов'язаний з виходом (Q0.0) і утворює схему АБО з входом (I0.0). Стартер двигуна підключений до виходу Q0.0 на вихідному модулі.

Коли кнопка натиснена, центральний процесор блоку отримує сигнал логічної 1 з входу I0.0 на вхідному модулі. Це призводить до замикання контакту I0.0 на LD логіці. У цьому випадку всі контакти знаходяться в стані логічної 1, тому логічна умова виходу Q0.0 на логіці є логічна 1.

Контроль додавання очищення та дезінфекції.

Тут представлені результати, отримані в результаті моделювання моделі, розробленої за допомогою MATLAB. Програма моделювання подала виміряні дані значень якості води, а потім генерувала необхідні дози в чотирьох режимах методів закачування в різний час.

На рис. 5.12 показано співвідношення часу між швидкістю потоку та введеними дозами матеріалів у мг/л. Система збирає значення каламутності та інтервалів швидкості потоку 10, 20, 30 і 40 с.

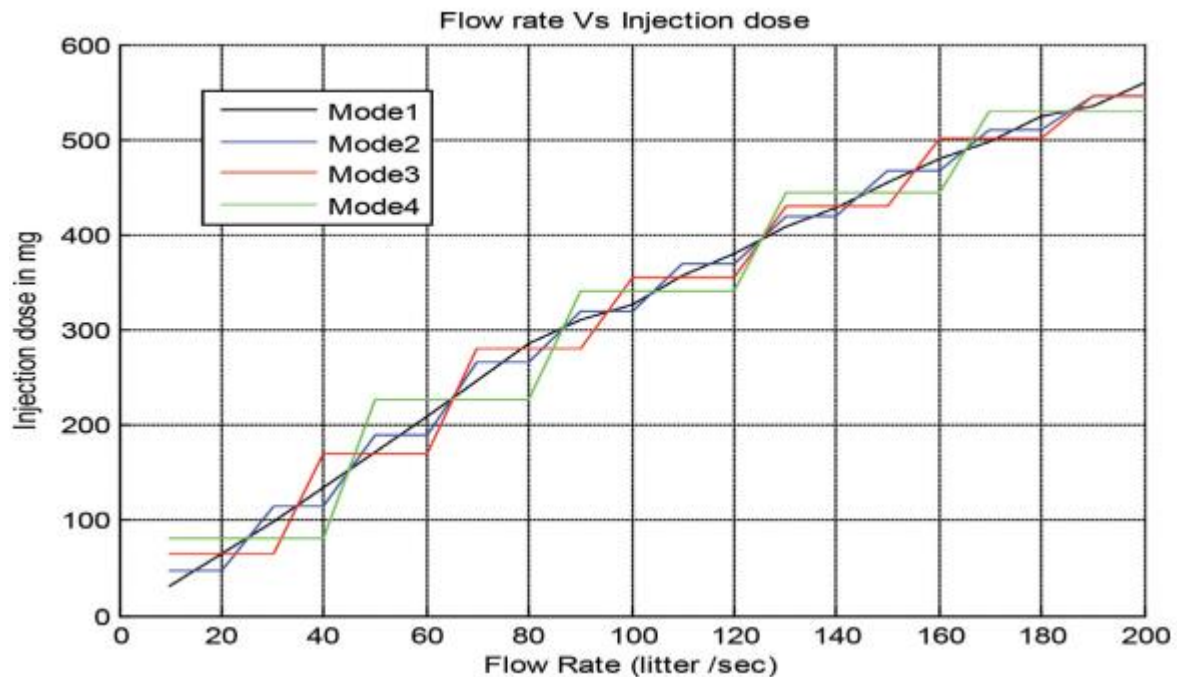


Рисунок 5.12 - Співвідношення в часі між швидкістю потоку та введеними дозами.

Ці отримані значення показань подають послідовно режимами від одного до чотирьох. Відповідно до рівняння, використаного в модельному режимі 1,

введений очисний матеріал був обумовлений оптимальною дозою, це представлено на рис 5.12 чорним графіком. Введені системою дози в інших режимах (2, 3, 4) відрізнялися від необхідного значення щодо різниці в часі, особливо в режимі 4 (зелений графік). Наприклад, при швидкості потоку 45 л/с, режим 4 вводить надлишок матеріалу приблизно на 30 мг, режим 3 вводить менше матеріалу приблизно на 20 мг, тоді як при швидкості потоку 80 л/с, режим 4 вводить менше матеріалу приблизно на 60 мг. з опорного режиму (режим 1). Таким чином, згідно з частими змінами мутності води та швидкості потоку, ін'єкція з більшою швидкістю (режим 1), ймовірно, буде точною та близькою до оптимальної дози.

Рис. 5.13 ілюструє ефективність чотирьох режимів відповідно до зміни швидкості потоку та випадкових значень каламутності. У режимі 1, як зазначено як оптимальний еталонний режим, представлена ефективність на рис. 5.13 чорним графіком, обмеженим від 83 до 87%, так що система в режимі 1, ймовірно, буде стабільною.

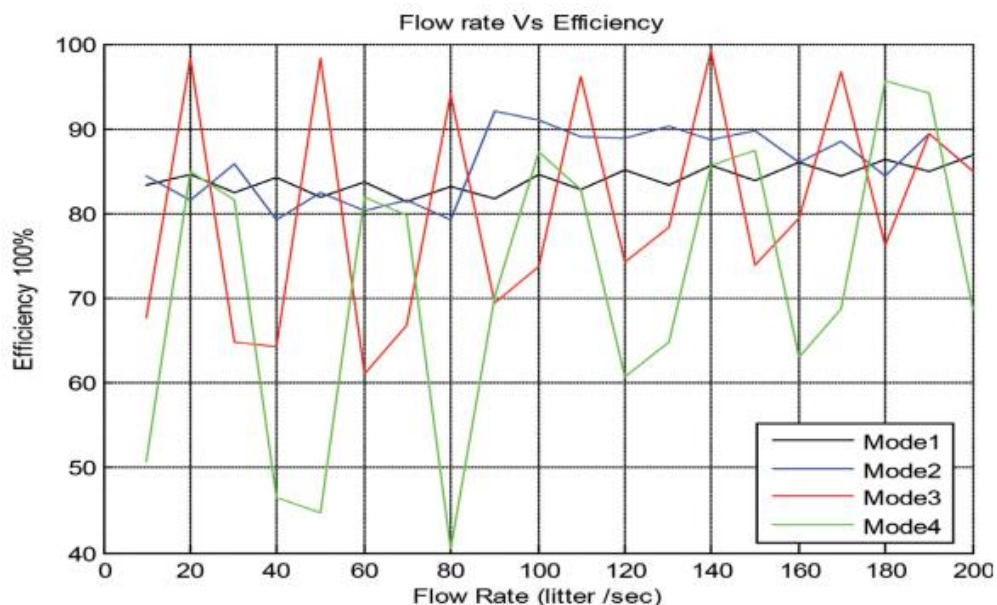


Рисунок 5.13. Зв'язок між ефективністю нагнітання та швидкістю потоку.

У режимі 2, який представлений синім графіком, ефективність обмежена від 80 до 90%, але є великі коливання. Решта вищі режими давали нестабільний і низький ККД коливався між 0 і 95%.

Керування виконується наступним чином: коли ПЛК отримує сигнал від датчиків, він визначає початок процесу промивання, потім виконує наступні кроки: спочатку закриває вхідний і вихідний водяні клапани фільтра. По-друге, відкриває зливний клапан, а потім відкриває клапан стисненого повітря зворотної промивки на 30 с.

Потім закриває повітряний клапан і відкриває клапан зворотного промивання чистої води на 60 с. По-третє, закриває промивний клапан, і система чекає 15 с, поки брудна вода не вийде, перш ніж завершити процес зворотного промивання. Нарешті, змінює стан впускного, вихідного та зливного водяних клапанів, щоб знову запустити процес фільтрації. Час роботи клапанів зібрано з заводу і організовано для використання в програмі. Етапи керування, які були реалізовані за допомогою ПЛК, ілюструється наступною блок-схемою, рис. 5.14.

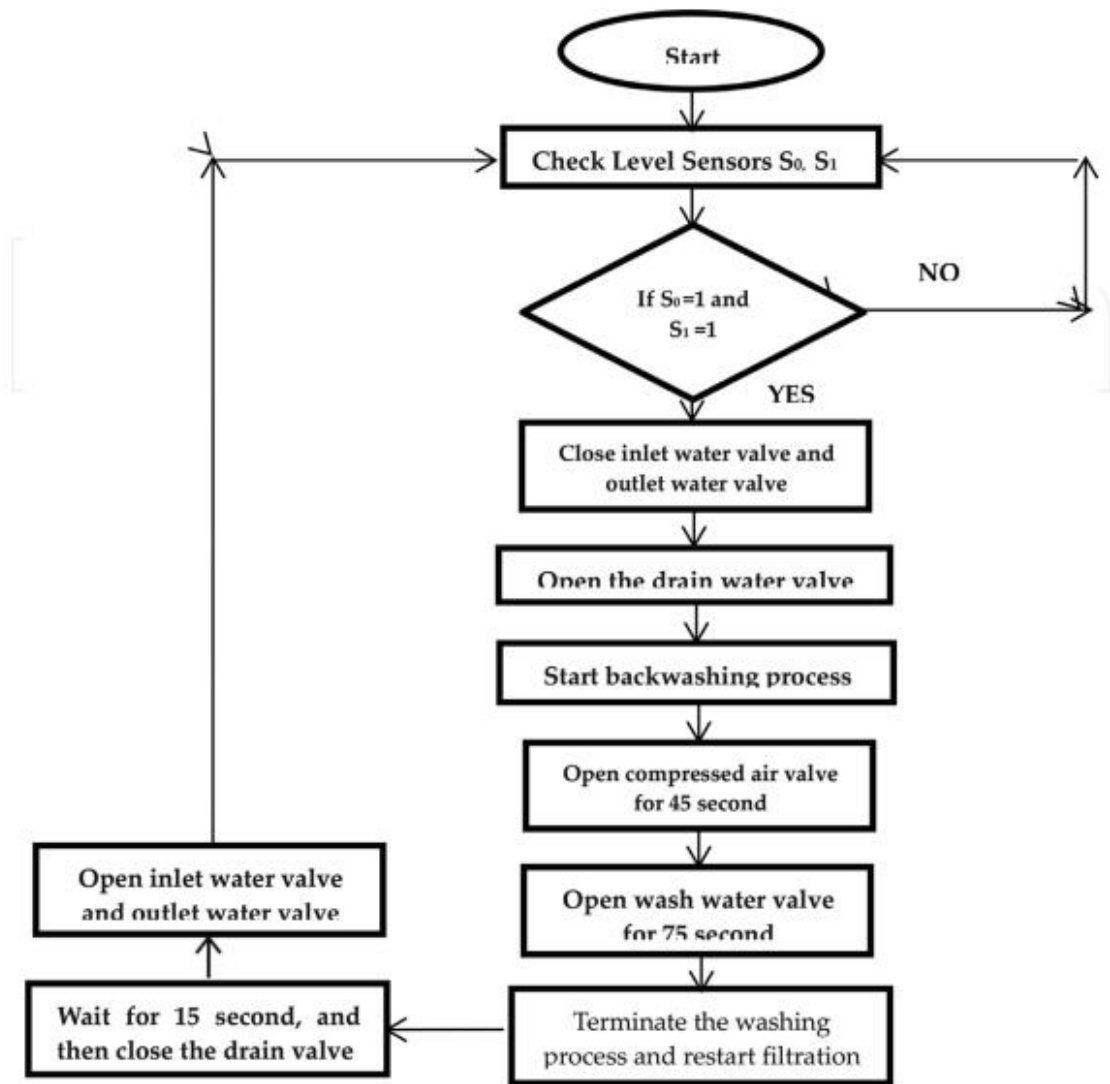


Рисунок 5.14 - Блок-схема системи керування зворотним промиванням.

У цій симуляції сім таймерів, встановлюються в програмі PLC для контролю часу для кожного кроку процесу промивання фільтра. Також до виходів ПЛК підключено п'ять індикаторів, які представляють клапани, які беруть участь у процесі промивання фільтра.

Ладерна логіка була використана для програмування процесу зворотного промивання, щоб функціонувати в ПЛК. Результати програми представляли ці процеси, показані на рис. 5.15

Program diagram

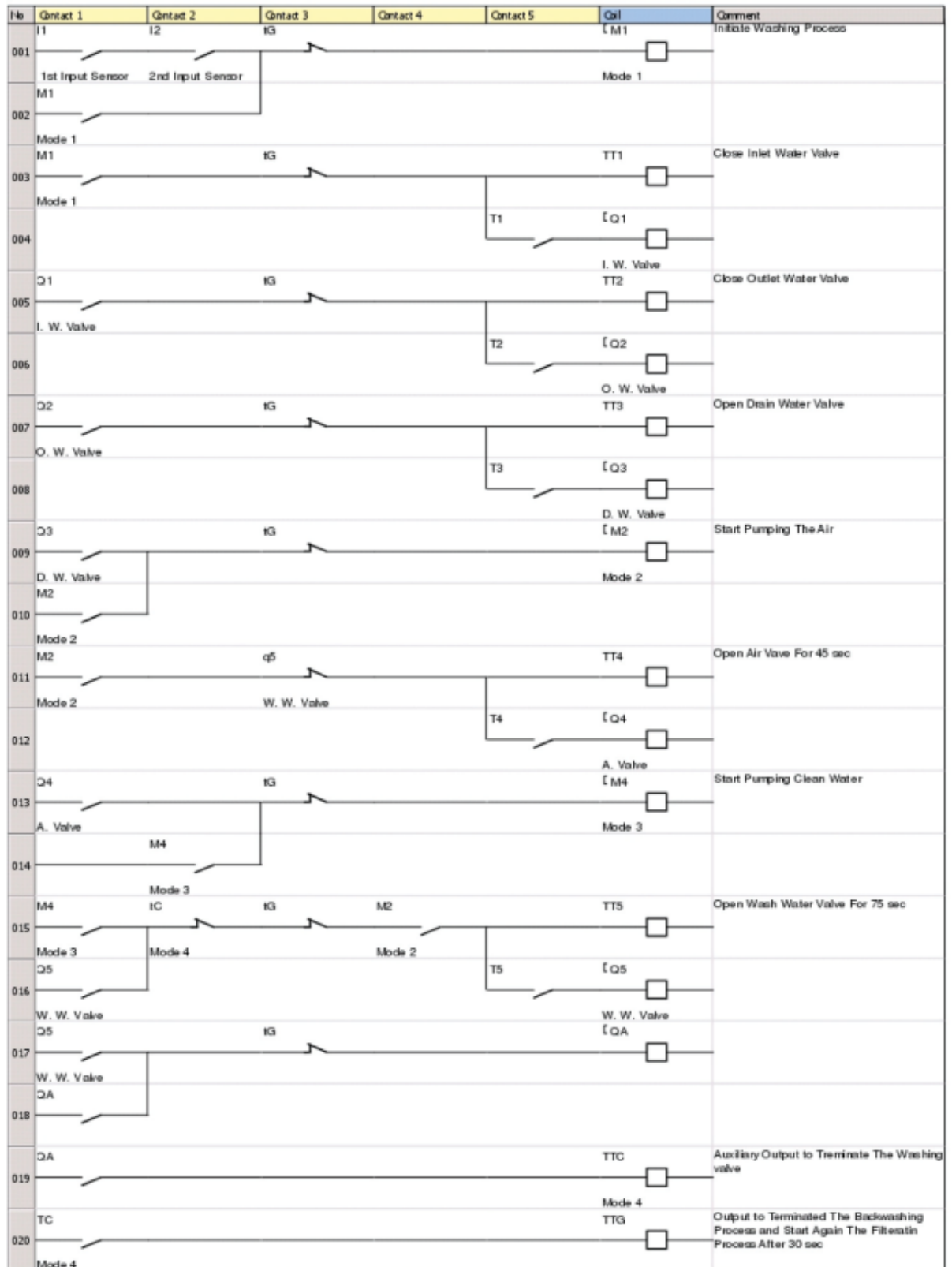


Рисунок 15. Входи та виходи драбинної логіки для керування процесом зворотного промивання фільтра.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Організація охорони праці при експлуатації системи

Охорона праці розглядає проблеми забезпечення здорових і безпечних умов праці. Виявляє і вивчає можливі причини нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою виключення цих причин і створення безпечних і сприятливих для людини умов праці.

Завдання охорони праці є зведення до мінімуму імовірності пошкодження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Навчання працівників безпеці праці проводять відповідно до вимог, які встановлюють порядок і види навчання. На всіх підприємствах і в організаціях незалежно від характеру і ступеню небезпеки виробництва навчання працівників проводять при підготовці нових робітників, проведенні різноманітних видів інструктажів і підвищенні кваліфікації.

Контроль за своєчасним і якісним навчанням виконує відділ охорони праці чи інженер з охорони праці, або ІТП, на якого наказом керівника підприємства покладено ці обов'язки. Ті, що вперше поступають на роботу, навчання проходять згідно з "Типовим положенням про підготовку і підвищення кваліфікації робітників". В журналі обліку навчальної роботи реєструють навчальну тему, за якою проводилось навчання.

Інструктаж працюючих поділяють на вступний, початковий, на робочому місці, повторний, позаплановий і початковий.

Вступний інструктаж з усіма, хто поступає на роботу незалежно від їх освіти і стажу роботи по даній професії, проводить інженер з охорони праці за програмою, затвердженою головним інженером підприємства, про

проведення вступного інструктажу з обов'язковим підписом того, хто проводив інструктаж і того, хто його отримував.

Початковий інструктаж на робочому місці, повторний, позаплановий і поточний проводить керівник робіт.

Початковий інструктаж на робочому місці проводять при прийомі на роботу нових робітників за інструкцією з охорони праці, розробленою для окремих професій або видів робіт. Всі робітники після цього інструктажу і перевірки знань 2-5 змін (залежно від навичок і стажу роботи) працюють під наглядом бригадира чи майстра, потім оформляється допуск до їх самостійної праці.

Повторний інструктаж проходять всі працівники незалежно від кваліфікації, освіти і стажу роботи через три місяці. Його проводять з метою перевірки знання робітниками правил і норм з охорони праці.

Позаплановий інструктаж проводять коли змінилися правила охорони праці або технологічний процес, обладнання, інструмент та інші фактори, що впливають на безпеку праці; коли працівники порушують правила охорони праці, що можуть призвести чи призвели до травм, аварій чи пожежі, вибуху. Його проводять індивідуально чи з групою робітників однієї професії за програмою початкового інструктажу на робочому місці. При його реєстрації вказують причину, яка спричинила його проведення.

Умови праці мають велике значення практично для всіх виробничих показників - продуктивності праці, якості робіт, безпеки працівників та інше.

Санітарно-гігієнічні умови праці характеризуються показниками виробничого середовища - рівнем освітлення, мікрокліматичними параметрами, загазованістю і запиленістю повітряного середовища, рівнем шуму і вібрації, наявністю іонізуючого випромінювання та інше.

6.2 Розрахунок заземлення

Розрахуємо систему заземлення для електроустаткування, яке працює від напруги 220 В.

$$R_{\text{заз}} \leq \frac{U}{I_p} = \frac{220}{66} = 3.3 \leq 4 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір ґрунту: $\rho = k_n * \rho_n = 2 * 200 = 400 \text{ Ом м}$,

де k_n - коефіцієнт підсилення;

ρ_n — питомий опір ґрунту (вибирається з довідкової літератури).

Визначаємо опір одиночного вертикального заземлювача:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \frac{4t+1}{4t-1} \right)$$

де t - відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту, м;

l, d - довжина і діаметр стержня заземлювача, м;

$$R_B = 96 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір сталевий полоси, що з'єднує стержневі заземлювачі:

$$R_{II} = (\rho / 2\pi l) * \ln(l^2 / dt) = 61 \text{ Ом.}$$

Визначаємо орієнтовне число стержневих заземлювачів:

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / 4 * 1 = 24 \text{ шт.};$$

r_B - допустимий по нормам опір заземляючого пристрою,

η_B - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів (для орієнтовного розрахунку приймається рівним 1).

Приймаємо розміщення вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між сталевими заземлювачами рівним 21. З довідкової літератури визначаємо $\eta_B = 0,66$ і $\eta_I = 0,39$.

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / (4 * 0.66) = 36$$

Розраховуємо загальний розрахунковий опір аземлюючого пристрою R з врахуванням з'єднувальної полоси

$$R = R_B R_{II} / (R_B \eta_I + R_{II} \eta_B) = 3.9 \text{ Ом.}$$

Розрахунок проведено правильно, оскільки виконується умова $R \leq [r_B]$.

Розрахунок штучного заземлення:

Приймаємо, що опір захисного заземлення не повинен перевищувати 4 Ом:

$$R_{33} = \frac{R_c R_n}{R_c + R_n} \leq 4 \text{ Ом}$$

де R_{33} – опір захисного заземлення;

R_c – опір стержневих заземлювачів;

R_n – опір поперечних заземлювачів.

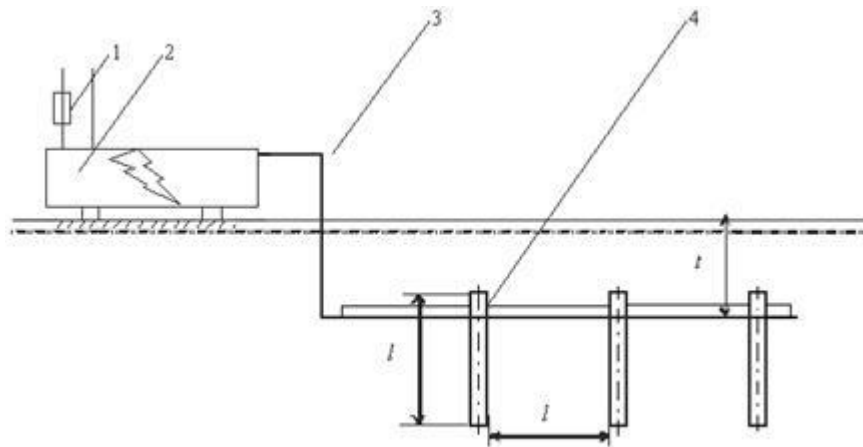


Рисунок 6.1 - Пристрій заземлення

1 – плавка вставка; 2 – електроустановка; 3 – з'єднувальна штаба; 4 – трубчатий заземлювач

Опір одиночного стержневого заземлювача розтіканню електричного струму:

$$R_{oc} = \frac{\rho_r}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{4h' + l}{4h' - l} \right)$$

де h – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача і становить 0,8 м;

l – довжина стержневого заземлювача 3 м;

d – діаметр стержневого заземлювача 50 мм.

$$R_{oc} = \frac{750}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 3}{4 \cdot 0,8 - 3} \right) = 39,8 \cdot (0,18 + 3,43) = 143,8 \text{ Ом}$$

Опір одиночного поперечного заземлювача:

Таблиця 6.1

Вибір кількості заземлювачів

n	R_n	R_c	R_o	η
1	398,1	143,8	105,6	26,1
5	398,1	143,8	105,6	5,2
10	398,1	143,8	105,6	2,6
15	398,1	143,8	105,6	1,7
20	398,1	143,8	105,6	1,3
25	398,1	143,8	105,6	1,1
26	398,1	143,8	105,6	1,0
27	398,1	143,8	105,6	0,9

З цієї формули методом ітерацій підбирають n , при якому $\eta = 1$:

$$R_{ок} = \frac{\rho_r}{2\pi} \ln \frac{2l^2}{bh'}$$

де l – довжина поперечного заземлювача 2,5 м;

b – ширина полоси заземлювача 30 мм;

ρ_r – розрахунковий опір ґрунту: для поперечних електродів 1000 Ом·м, для стержневих електродів 750 Ом·м.

$$R_{ок} = \frac{1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \ln \frac{2 \cdot 2,5^2}{0,03 \cdot 0,8} = 63,7 \cdot 6,25 = 398,1 \text{ Ом}$$

В наслідок взаємовпливу вводимо коефіцієнт використання заземлювачів:

$$\eta = \frac{R_0}{nR_d}$$

де R_d – допустимий опір заземлення, що становить 4 Ом;

R_0 – опір одиночного заземлювача.

Отже приймаємо кількість одиночних заземлюючих електродів рівною 26.

6.3. Розрахунок стійкості об'єкта до вибуху газо-повітряної суміші

Оцінити стійкість котла до дії вибуху газоповітряної суміші.

Характеристика котла:

- довжина 5,5 м;
- ширина 4,2 м;
- висота 4,1 м;
- об'єм топочного простору 19 м³.

Визначимо можливий надмірний тиск ударної хвилі в топочному просторі котла.

У вогнищі вибуху газоповітряної суміші створюються зони:

1 - зона дії детонуючої хвилі, радіус

$$r_1 = 17,5 \cdot Q^{1/3} = 17,5 \cdot 0,001^{1/3} = 2,3 \text{ м}$$

(об'ємна доля газу у повітрі при якій відбувається вибух становить 5%, тобто 1 м³ топочного простору; маса 1 м³ газу становить приблизно 1 кг);

Надлишковий тиск у цій зоні приймаємо

$$\Delta P_1 = 1700 \text{ кПа.}$$

2- зона дії продуктів вибуху, радіус

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1 = 1,7 \cdot 2,3 = 3,9 \text{ м;}$$

Надлишковий тиск –

$$\Delta P_2 = 1300 \left(\frac{2,3}{3,9} \right)^3 + 50 = 505 \text{ кПа.}$$

В даному випадку при відсутності або несправності вибухових клапанів може відбутися повне зруйнування котельного агрегата, оскільки повні зруйнування котлів настають при надлишковому тиску понад 150 кПа.

Для попередження виникнення вибухів необхідно застосувати високонадійну систему автоматичного захисту котельного агрегата (для відсікання подачі газу до топки котла при погасанні полум'я факелу будь-якого з пальників).

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У магістерській роботі було розроблено автоматизовану систему керування фільтраційною установкою в системі очищення води для технічних та споживчих цілей. Було розроблено прототип системи на базі ПЛК Arduino, що дозволило при незначних капіталовкладеннях вивчити основні особливості процесу керування.

В результаті проведених досліджень була запропонована та реалізована система автоматизованого очищення води. Систему очищення води реалізували з використання компонентів WSN (wireless sensing networks). Керована насосна система була повністю розроблена на системі ПЛК з датчиками. Було розроблено алгоритм для розрахунку необхідних доз від очисних та дезінфекційних хімічних матеріалів відповідно до показань датчиків швидкості потоку, рН, каламутності та хлору, які можуть дозуватися в режимі реального часу. Процес зворотного промивання фільтрів здійснюється автоматично за допомогою датчиків рівня, встановлених всередині фільтрувального басейну, і автоматизованих клапанів. Таким чином, клапани фільтрів працюють належним чином відповідно до сигналів бездротового керування. Модифікована та вдосконалена система з використанням компонентів WSN показала високий ступінь надійності.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. А.Г.Гудков. Механічна очистка стічних вод. / А.Г.Гудков. - Вологда: ВДТУ, 2003. - 152 с.
6. Фрог Б.М. Водопідготовка: Навчальний посібник для вишів. / Фрог Б.Н., Левченко А.П. - Москва: Видавництво МДУ, 1996. - 680 с.
7. Якубов В.В. Адсорбційні фільтрувальні властивості фільтруючих завантажень водоочисних фільтрів / Якубов В.В. - Текст: електронний / / Текст наукової статті за спеціальністю "Хімічні технології": Інтернет-портал. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adsorbtsionnyefiltrovalnye-svoystva-filtruyuschih-zagruzok-vodoochistnyh-filtrov/viewer>.
8. Лабораторне устаткування: сайт. - URL: <https://zarnitza.ru/catalog/uchlab/tehnologii-i-proizvodstvo/stroitelstvo-izhkh/komplekt-uchebno-laboratorno-oborudovaniya-ochistka-stochnyx-vod>. –

9. Павло Куркін. Очистка води. Сорбент АС – легкий каталітичний фільтруючий матеріал/Павло Куркін – Текст: електронний // Публікація: Інтернет-портал. – URL: <http://ochistkavodi.ru/oborudovanievodoochistki-2/zagruzki-i-reagenty/birm.html>.
10. Схема пристрою контролю рівня води у резервуарі: сайт. - URL: <http://www.votshema.ru/318-ustroystvo-kontrolya-urovnya-vodyrezervuare.html>.
11. Anastasi G, Conti M, Di FM. A comprehensive analysis of the MAC unreliability problem in IEEE 802.15.4 wireless sensor networks. IEEE Transactions on Industrial Informatics [Internet]. 2011;7(1):52-65. DOI: 10.1109/TII.2010.2085440. Available from: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5613224.
12. Chen R, Speer AP, Eltoweissy M. Adaptive fault-tolerant QoS control algorithms for maximizing system lifetime of query-based wireless sensor networks. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. 2011;8(2):161-176. DOI: 10.1109/TDSC.2009.54.
13. Ali MO, Ahmed MM. Design of a Dependable Automatic Water Treatment Wireless Sensing Process Control System. Unpublished Ph.D. Thesis, University of AL-Neelain, Sudan; 2017.
14. Haule J, Michael K. Deployment of wireless sensor networks (WSN) in automated irrigation management and scheduling systems: A review. In: 2014 Pan African Conference on Science, Computing and Telecommunications (PACT); IEEE; July 14, 2014. pp. 86-91
15. <https://www.oleumtech.com/what-is-scada/>
16. CinqueM, Cotroneo D, DiMC, Russo S, Federico N. Dependability evaluation of wireless sensor networks: A hybrid simulation tool. 2014;2(1):1-2.
17. Mainetti L, Patrono L, Vilei A. Evolution of wireless sensor networks towards the internet of things: A survey. In: 2011 19th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM); IEEE; September 15, 2011. pp. 1-6.

18. <http://www.ijecct.org/v4n4/694-700CRP0404M14.pdf>
19. Puccinelli D, Haenggi M. Wireless sensor networks: Applications and challenges of ubiquitous sensing. *IEEE Circuits and Systems Magazine*. 2005;5:19-29. DOI: 10.1109/MCAS.2005.1507522
20. Stankovic JA. Wireless sensor networks. *Computer* (Long Beach, California). 2008;41(10): 92-95. DOI: 10.1016/S1389-1286(01)00302-4
21. Yu J, Qi Y, Wang G, Gu X. A cluster-based routing protocol for wireless sensor networks with nonuniform node distribution. *AEU International Journal of Electronics and Communications*. 2012;66(1):54-61. DOI: 10.1016/j.aeue.2011.05.002
22. Agrawal DP, Zeng QA. *Introduction to Wireless and Mobile Systems*. CENGAGE Learning Custom Publishing; 2015
23. Zhao G. Wireless sensor networks for industrial process monitoring and control: A survey *Network Protocols and Algorithms*. 2011;3(1):46-63.