

Власник документу:  
Бевза Олег Миколайович

ID перевірки:  
1004071311

Дата перевірки:  
16.06.2020 12:40:28 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
16.06.2020 12:51:51 EEST

ID користувача:  
90740

Назва документу: 2020-bachelor-EDD\_Okhmak\_Anomalnyy\_rezhym\_fch

ID файлу: 1004084168 Кількість сторінок: 31 Кількість слів: 10199 Кількість символів: 74704 Розмір файлу: 285.50 KB

## 3.11% Схожість

Найбільша схожість: 0.59% з джерело бібліотеки. ID файлу: 1001014273

1.35% Схожість з Інтернет джерелами 32 ..... Page 33

2.54% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту 111 ..... Page 33

## 0.39% Цитат

Цитати 1 ..... Page 34

Вилучення переліку посилань вимкнено

## 0% Вилучень

Вилучений текст відсутній

## Підміна символів

Заміна символів 4

Охмак Валерії Миколаївни

## Виявлення аномальних режимів Micro Grid

### АНОТАЦІЯ

У даній дипломній роботі були розглянуті основні елементи розумних будинків та функції що вони виконують в Micro Grid. Спроектоване виявлення аномальних подій даних на прикладі водонагрівача. Розроблена схема симуляції роботи водонагрівача в середовищі Proteus, а також його структурна та електрична схеми. Проведено детальний огляд необхідних елементів для реалізації системи виявлення аномальних подій даних водонагрівача. Використано та досліджено сімейство мікроконтролерів Arduino. Розраховано надійність роботи водонагрівача. Проведено огляд основних методів ідентифікації аномальних даних. Визначено переваги використання статистичного методу виявлення подій за нормальним розподілом. Описані можливості використання розробленої схеми для проектів розумного будинку в Micro Grid.

**Ключові слова:** Розумний будинок, Smart Micro-Grid, Гауссова дистрибуція, виявлення подій, система обігрівача, сповіщення про події

### ANNOTATION

In this thesis, the main elements of smart home and the functions they perform in the Micro Grid were considered. The detection of anomalous data events on the example of a water heater is designed. The scheme of simulation of operation of a water heater in the Proteus environment, and also its structural and electric schemes is developed. A detailed review of the necessary elements for the implementation of the system for detecting anomalous events of the water heater data. The Arduino family of microcontrollers is used and studied. The reliability of the water heater is calculated. The main methods of identification of anomalous data are reviewed. The advantages of using the statistical method of event detection by normal distribution are determined. Possibilities of using the developed scheme for projects of the smart house in Micro Grid are described.

**Keywords:** Smart house, Smart Micro-Grid, Gaussian distribution, event detection, heater system, alert notification.

### ВСТУП

В період глобальної індустріалізації, локально та в макромасштабах збільшується використання людиною різних типів ресурсів, велика кількість яких пов'язана з енергоносіями, електрикою та енергопостачанням [Error: Reference source not foundError: Reference source not foundError: Reference source not foundError: Reference source not found]. Зростає кількість небезпечних, з точки зору безперервної роботи приладів, ситуацій. Небезпека пов'язана із перегрівом приладів та обладнання, збоями в роботі системи керування, виходом з ладу елементів електричних схем та іншими причинами, що з'являються в результаті експлуатації [Error: Reference source not found,Error: Reference source not found]. Саме тому важливу роль для

таких систем грає виявлення та повідомлення про різні типи подій, які, зокрема, виступають індикаторами проблемних чи небезпечних ситуацій.

Одними з основних приладів що широко використовуються в приватних оселях та можуть спричинити небезпечні ситуації пов'язані з неправильною роботою є водонагрівачі та обігрівачі, оскільки вони містять нагрівні елементи, контроль роботи яких регулюється за допомогою мікроконтролерів та мікропроцесорів. В таких системах можливими неполадками можуть бути: перегрів, несправність елементів, неправильне підключення, відсутність сигналу, а також надмірне споживання енергії. Тому постає завдання забезпечити безпечну роботу систем водо нагріву та обігріву приміщень. Актуальність даної роботи полягає в тому що, забезпечення безпеки життєдіяльності є важливою складовою роботи будь-якої системи, особливо для приладів що мають нагрівні елементи, а контроль за енергоспоживанням допоможе зменшити витрати на енергію.

Не менш важливим є не тільки забезпечення справної роботи систем в домі, але і при небезпечних ситуації виявлення та повідомлення про події без ручного контролю. В даній роботі розглянуто систему керування водонагрівачем розумного будинку що включає виявлення та повідомлення про події, метод за допомогою якого реалізоване виявлення небезпечних ситуацій базується на порівнянні даних з водонагрівача з даними що були аналізованими протягом довгого періоду часу, таким чином виявлення подій підлаштовується відповідно до роботи системи, такий метод допомагає працювати з даними про споживання енергії.

Розумні будинки та системи які до них входять також тісно пов'язані з системами Micro Grid та Smart Grid. Комбінація таких систем допомагає отримати високі показники ефективності використання енергії та джерел відновлюваної енергії. Інтелектуалізація в електричних системах розпочала своє зростання ще в 1970-х роках в країнах Європи та Америки, але остаточний термін Smart Grid з'явився 2007 році в законодавчих актах про енергетичну незалежність та безпеку Сполучених Штатів Америки. Таку назву було впроваджено з метою відокремлення технології що передбачала контроль та оптимізацію електроспоживання всіх учасників та елементів мережі [Error: Reference source not found]. Термін та поняття технології Micro Grid виникли після реалізації Smart Grid, оскільки вона є дочірньою. А от суміжним до Micro Grid є технології Nano Grid та Mini Grid, відмінність між якими полягає в розмірах та типах будівель до яких вони відносяться.

Micro Grid це — альтернативна система електромережі в якій відбувається ефективне розподілення енергії та можливості якої можуть покращуватись в залежності від потреб. Система Micro Grid складається з безлічі джерел живлення, до складу яких можуть входити відновлювані джерела енергії. Micro Grid працює автоматично та автономно, тому для регулювання роботи Micro Grid потрібна складна система керування [Error: Reference source not found].

Таким чином, поєднання технологій розумного будинку та Micro Grid є досить актуальним та в будь-якому випадку може бути вдосконаленим. Забезпечення безпечного користування побутовими приладами та девайсами в домі також є однією з головних цілей використання систем розумного будинку. Тому виявлення подій водонагрівача в системі Micro Grid має вагомий вклад в забезпечення безпечного користування системою розумного будинку та може бути використаним для об'єктів промислового застосування.

## **1. СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОДІЙ В SMART GRID**

### **1.1. Система розумного будинку Smart House для Micro Grid технологій**

Сучасні системи інтелектуального керування побутового призначення (так звані «розумні будинки», рис.1.1) мають справу з різноманітним спектром пристроїв та систем. На ринку створюються та пропонуються спеціальні додатки для керування системами за допомогою смартфонів та комп'ютерів. Системи розумних будинків забезпечують не просто комфорт, а «передбачуваний комфорт», де побажання користувача не просто встановлюються, а аналізуються з урахуванням багатьох факторів, тому кожен «розумний» будинок є унікальним, налаштованим до потреб власників.

Рис. 1.1. Графічне зображення розумного будинку

Важливо розуміти спектр функцій що може виконувати такий будинок, на прикладі компанії Melask [Error: Reference source not found], розглянемо які функціональні рішення представлені на ринку України. Система керування складена на базі програмного забезпечення та комплектуючих фірми Loxone. Представлена система може виконувати наступні функції [Error: Reference source not found]:

- охорона - безпека будинку за відсутності мешканців;
- контроль доступу — керування дверним дзвінком та функція домофону в телефоні власника;
- керування параметрами температурного режиму приміщень;
- облік та керування енергією від альтернативних джерел (зокрема, сонячних колекторів та фотобатарей);
- регулювання та облік використаної енергії, а також можливість перемикання між власно виробленою енергією від альтернативних джерел (фото батарей) та енергією централізованої мережі живлення;
- керування освітленням — вмикання та вимикання освітлення в залежності від події, регулювання яскравості освітлення;
- керування шторами, фіранками, тентами, зокрема в автоматичному режиму;
- керування вентиляцією приміщень згідно з розкладом;
- керування температурою, фільтрацією води, рівнем рН, кількістю води у басейні;
- керування музикою та мультимедіа в різних приміщеннях;

- керування всією системою за допомогою додатків на iPod/iPhone/iPad, Android, безкоштовних додатків Loxone App, або через персональний комп'ютер за допомогою Web-інтерфейсу;

- організація побутової безпеки:

- **Захист** від протікання води - на кухні та у ванній кімнаті встановлені датчики води, в разі спрацювання яких користувачу надсилається SMS та перекивається центральна подача води до будинку;

- **Захист** від витoku газу - на кухні встановлюється датчик газу, в разі спрацювання якого перекивається подача газу до будинку та надсилається SMS користувачу;

- **Пожежна** безпека — в будинку встановлюється датчик диму, в результаті спрацювання якого вмикається вентиляція та звукова сигналізація, вмикається подача електроенергії, а користувач отримує SMS повідомлення [Error: Reference source not found].

Така система має широке застосування і може бути розширена відповідно до побажань користувачів. На рис. 1.2 можна побачити структурну схему «розумного будинку» від компанії Melask з програмним забезпеченням від Loxone.

Рис. 1.2 Структурна схема розумного будинку від компанії Melask за технологією Loxone [Error: Reference source not found]

Детальніше про ринок розумних будинків, недоліки та переваги тої чи іншої компанії за посиланням [Error: Reference source not found].

Також важливо помітити що розумні будинки та керування системами цих будинків часто з'являються поняття зеленої або відновлюваної енергії. Такі системи тісно пов'язані адже, зелена енергетика в домі часто проектується як індивідуальний план, тому і керування роботою такої системи є простішим з розумним будинком, що теж подекуди проектується в залежності від потреб користувачів. Детальніше про використання відновлюваних джерел за посиланням:[Error: Reference source not found].

### 1.2. Огляд наявних рішень контролю роботи водонагрівачів

Система виявлення подій водонагрівача має широкий спектр реалізації тому доцільно переглянути попередні роботи, що стосуються теми виявлення подій в системах, що входять до розумного дому.

#### Приклад 1

В патенті на корисну модель **US007798107B2** [Error: Reference source not found] розглянута система виявлення неполадок та регулювання температури у водонагрівачі. Візуальну діаграму підходу виявлення подій зображено на рис. 1.3 з перекладом.

Рис. 1.3 Візуальна діаграма логіки виявлення подій водонагрівача, запропонована в [Error: Reference source not found] з перекладом

Контролер із підключенням до датчика температури та нагрівальним елементом у резервуарі з водонагрівачем може бути спроектований для обмеження укладання та її впливу. Контролер може використовувати метод

зондування та обчислення для виявлення неполадок. Якщо виявлено несправності, то встановлена температура для нагрівача може бути зниженою, для того щоб температура води на виході була в безпечній межі. Якщо неполадки не виявлено, то задану температуру можна поступово відновлювати для оптимізації потужності водонагрівача [Error: Reference source not found].

### Приклад 2

В збірнику Сінгха Раджеша, Чодхурі Сушабханта «Проведення Міжнародної конференції з інтелектуального зв'язку, управління та пристроїв» (Proceeding of International Conference on Intelligent Communication, Control and Devices 2016) [Error: Reference source not found] є великий набір моделей систем приладів що можуть застосовуватись в будинку. В роботі «Розумний гейзер із профілем використання для зменшення споживання електроенергії» (Smart Geysers with Usage Profiling to Reduce Electricity Consumption [Error: Reference source not found] представлений розумний бойлер, який працює в двох режимах: Автономний режим; Режим користувача. Температурний датчик використовується як контрольний перемикач, який регулює температуру води гейзера шляхом визначення тривалості нагрівання елемента. Дослідження розкриває контрольні топології, що використовуються для зменшення споживання енергії та підвищення ефективності гейзера. Система складається з мікроконтролера Atmega16, який визначає профіль гарячої води за допомогою датчика температури в автономному режимі, а в режимі користувача контролер регулює температуру гейзера відповідно до профілю запиту, розробленого користувачем. Блок діаграма представлена на рис. 1.4 (а) та електрична схема на рис. 1.4 (б), опис роботи схеми можна знайти в [Error: Reference source not found].

Рис. 1.4 «Smart Geysers with Usage Profiling to Reduce Electricity Consumption» структурна схема з перекладом а); електрична схема б)[Error: Reference source not found]

### Приклад 3

Попередні приклади стосувались більше наукових проєктів, наступний, уже готовий пристрій, запропонований індустрією — Aquanta Water Heater Controller від компанії Aquanta рис. 1.5.

Рис. 1.5 Зображення Aquanta Water Heater Controller]

Принцип роботи якого полягає в тому що мікроконтролер через мережу інтернет що підключається за допомогою Wi-Fi до сервера передає дані про роботу системи, за допомогою яких можна переглянути статистичні дані та встановлювати ліміти використання енергії.

Як працює виявлення надмірних режимів енергоспоживання в даному пристрої невідомо, оскільки ця інформація є закритим ресурсом. Та попри ціну в 149 \$, розробники пропонують самостійно встановлювати даний девайс на системи підігріву води та використання газу, простіше газові колонки. На рис. 1.6 візуальна діаграма передачі даних.

#### Приклад 4

Наступний приклад ілюструє систему керування сонячного водонагрівача що за допомогою мікроконтролера PIC 16F877 на основі мови програмування PROTON.

Рис. 1.6 Візуальна діаграма передачі даних [Error: Reference source not found]

Загальний принцип роботи сонячного водонагрівача і його частини описані в. Моделювання було здійснено за допомогою програмного забезпечення ISIS-PROTEUS а результати були виконані за допомогою цифрового LCD-дисплея, який показує температуру гарячої води. Ця температура змінюється між мінімальним значенням 20°C і його максимальним значенням 70°C. На рис. 1.7 показана електрична схема моделі.

Рис. 1.7 Електрична схема сонячного водонагрівача запропонована в [Error: Reference source not found]

Таким чином, в даному прикладі розглядаються методи визначення подій при якому встановлюються певні значення за бажанням користувача, такий метод є найпопулярнішим для виявлення перегріву та надмірного споживання енергії.

Всі описані приклади є одним зі шляхів розв'язання питання виявлення аномалій в системах водонагрівачів, що стосується температурних показників, для виявлення аномалій пов'язаних з енергоспоживанням не все так ясно, адже ці показники можуть бути розрахованими за моделями вбудованих систем штучного інтелекту і т.д., в даній дипломній роботі основна увага приділяється саме тому що виявлення аномалій є автоматичним та таким що змінюється відповідно до попередніх даних, причому системі не обов'язково підключатися до мережі заради розрахунків, ці дії можуть бути перетвореними в режимі офлайн.

### 1.3. Огляд елементів та модулів що використовуються

#### 1.3.1. Обігрівачі та водонагрівачі в будинках та приміщеннях

Загальний принцип опалювальної системи в розумному будинку полягає в тому, яким чином буде сформовано мережу теплообмінників і як підключена до блоку. При цьому, крім труб та радіаторів, до контролера підключають котел і різні датчики. Залежно від функціонала блоку управління, до нього ж підключаються і інші системи, які будуть контролюватися через комплекс «розумний дім».

Основні типи опалювальних систем в домі:

- радіаторні;
- тепла підлога;
- фанкойли;
- конвертори всередині підлоги.

Також для замських будинків встановлюють котли, детальніше про види котлів в [Error: Reference source not found].

Система керування розумного будинку найчастіше повинна передбачати функцію того що в різних кімнатах можливо ввімкнути різну температуру, в таких випадках система керування набуватиме більш складного вигляду, адже збільшиться кількість датчиків. Та при виникненні надзвичайної ситуації доцільним буде вимкнення не тільки опалювальної системи в окремих приміщеннях, а одразу від колонки чи котла.

Розглянемо для прикладу обігрівач фанкойл рис. 1.8. Фанкойл — це пристрій, який охолоджує або нагріває повітря в приміщенні. Фанкойл — елемент цілої системи кондиціонування. Ще його називають вентиляторним доводчиком. Фанкойл складається з двох частин: вентилятора (fan) і теплообмінника (coil). Часто в доводчиках є фільтр грубого очищення, щоб в пристрій не потрапляли великий пил, пух і інші забруднювачі. У сучасних моделях передбачений пульт дистанційного керування.

Рис. 1.8 Зображення різних типів фанкойлів та теплообмінника

Що стосується водонагрівачів то їх різновиди відрізняються відповідно до їх енерго-джерела та конструкції.

Види бойлерів:

- проточні електричні водонагрівачі;
- накопичувальні електричні водонагрівачі;
- накопичувальні газові водонагрівачі;
- проточні газові водонагрівачі;
- комбіновані водонагрівачі;
- нагрівачі непрямого нагріву.

Для прикладу розглянемо нагрівачі непрямого нагріву. Бойлер забезпечує нагрів води в парі з опалювальним котлом, який підключається до бака за допомогою спеціального трубопроводу і в якому досягається потрібна температура теплоносія. Циркуляція останнього здійснюється внаслідок спеціальної системи pomp і змішувачів, яку встановлюють під час монтажу бойлера. Підключення бака до системи водопостачання відбувається через «введення» для холодної води. Через «введення» для гарячої води нагріта рідина надходить до споживача.

### 1.3.2. Датчики температури

Жоден проєкт по автоматизації систем розумного будинку або клімат-контролю не обходиться без датчиків температури, головне завдання яких — з потрібною точністю видавати температуру необхідного об'єкта, будь то повітря в приміщенні, охолоджувальна рідина, смажений стейк або розплавлений метал.

Датчик температури — це пристрій, який використовується для вимірювання температури або тепла.

Як правило, датчики використовуються не самі по собі, а входять до складу системи управління, забезпечуючи сигнал зворотного зв'язку.

На рис. 1.9 представлена типова схема системи регулювання.

Рис. 1.9 Типова схема замкнутої системи регулювання



Є сигнал завдання, який порівнюється з сигналом на виході, що отримуються за допомогою датчика, що має передавальну функцію

. Помилка управління подається на регулятор, який, в свою чергу, формує сигнал управління виконавчим вузлом, що формує вихідний сигнал [Error: Reference source not found].

Класифікація датчиків дуже різноманітна, детальніше в [Error: Reference source not found], та все ж їх можна поділити на два основні класи:

- Пасивні, які не знаходяться у зовнішньому джерелі електроенергії, а у відповіді на вхідний вплив генерують електричний сигнал. Наприклад—термопари, фотодіоди та п'єзоелектричні чутливі елементи.

- Активні, які вимагають для своєї роботи зовнішній сигнал, сигнал збудження. Такі датчики, змінюють свої характеристики у відповідь на зміну зовнішніх сигналів, вони називаються параметричними. Наприклад—терморезистори, опір яких можна вираховувати шляхом пропускання через них електричного струму.

Іншим важливим критерієм є вибір точок відбору даних, табл. 1.1, за яким датчики поділяються на абсолютні та відносні.

Таблиця 1.1

Класифікація датчиків за вибором точок відбору даних

При розробці радіоелектронного обладнання важливим є також тип вихідного сигналу датчика, табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Класифікація датчиків за типом вихідного сигналу

Нижче приведені деякі види датчиків температури що можуть використовуватись для систем клімат-контролю.

#### Термопари

Генераторні датчики температури, що представляють собою два провідники різних матеріалів, спаяні з одного кінця один з одним рис. 1.10.

Рис. 1.10 Зображення термопари

Головна перевага термопар - їх широкий діапазон температур. Обмежений, по суті, абсолютним нулем і температурою плавлення металів - від -270 до +1800 градусів Цельсія і вище. Термопари бувають різні і в залежності від типу використовуваних матеріалів мають різний діапазон робочих температур.

Самі по собі є високоточними датчиками (точність аж до  $\pm 0,01$  градусів), але таку точність вельми непросто отримати. Складність полягає в тому що потрібно з великою точністю знати температуру провідників, вимірювання якої зменшує точність показів.

В основі роботи датчиків термоелектричний ефект, відкритий в 1821 році німецьким фізиком Томасом Зеєбеком [Error: Reference source not found].

#### Термометри опору і терморезистори

Як відомо, опір металу змінюється від температури навколишнього середовища. Цей ефект використовується для проведення високоточних

вимірювань температури за допомогою термометрів опору (до тисячних часток градуса). Будучи зробленим не з металу, а з напівпровідника, отримуємо терморезистор.

Термометри опору дозволяють працювати в досить широкому діапазоні температур - від -200 до 850 градусів.

#### Лінійні аналогові перетворювачі

Датчик температури LM35, рис. 1.11 являє собою єдину інтегральну схему, передбачувану для вимірювання температур, що використовується в пристроях, які так або інакше пов'язані з контролем температур. LM35 є недорогим, надійним і достатньо точно мікросхемою (похибка вимірювання становить близько  $\pm 0.5$  °C).

Рис. 1.11 лінійний аналоговий датчик LM35DZ

Перевагами датчика LM35 є лінійна залежність вихідного сигналу (температура / напруга), низький вихідний опір, вбудована схема калібрування. Датчик може працювати в діапазоні від -55 ° до 150 ° C.

Аналоговий сигнал на виході прямо пропорційний зміні температури в градусах Цельсія, і на кожен градус доводиться 10мВ. Струм споживання датчика становить близько 60 мкА, і через це саморозігрів LM35 становить всього 0,1 ° C.

#### Цифрові датчики температури

Цифрові датчики температури за своїм величезним асортиментом приховують зручні інтегровані рішення, які дають змогу отримувати показники температури в готовому вигляді за допомогою цифрових інтерфейсів.

Як правило, цифрові датчики температури підключаються по інтерфейсів SPI і I2C. Датчики температури - це низько швидкісні пристрої і витрачати на них SPI марно.

Як приклад розглянемо комбінований датчик температури DS18B20 рис.1.12.

Рис. 1.12 Цифровий датчик DS18B20

Даному датчику варто приділити особливу увагу. Це 12-розрядний датчик температури з робочим діапазоном -55 +125 градусів Цельсія, що підключається по протоколу 1-wire. Його головна перевага - цих датчиків можна на одну лінію навішати багато десятків штук і всі вони будуть працювати. Датчик вельми точний  $\pm 0,5$  градуса, проте повільний - час вимірювання становить 750мс.

Усередині датчика 9 регістрів, в регістрах 0 і 1 зберігається значення вимірюваної температури, в регістрах 2 і 3 можуть бути використані як пам'ять загального призначення, 4 регістр зберігає конфігурацію відповідно до рис.1.13.

Рис. 1.13 Призначення біт конфігураційного регістра

Дев'ятим байтом реєстрової пам'яті йде CRC. Який розраховується за такою формулою на підставі перших 8 регістрів:

(1.1)

Для того, щоб запустити обчислення температури необхідно відправити команду 0x44. По завершенню процесу вимірювання дані будуть лежати в перших двох байтах аж до наступного вимірювання. Зчитування 9 байт даних реєстрової пам'яті здійснюється шляхом подачі команди 0xBE.

В цілому даний датчик, маючи дуже демократичну ціну, дозволяє, використовуючи довгі лінії зв'язку, організувати мережу датчиків, яка покриває ту чи іншу площу що є досить зручним для систем розумних будинків.

#### **ІЧ-датчик температури**

Даний огляд був би неповним без безконтактних ІЧ-датчиків температури.

Ці датчики складаються з тонкої пластинки, що поглинає інфрачервоне випромінювання, внаслідок чого відбувається її нагрів, який детектується описаними вище термодатчиками. Наприклад в датчику TMP006 від Texas Instruments судячи по зображенню всередині набір послідовно-включених терморпар, сигнал з яких знімається і перетворюється в цифровий з доступом по I2C. Є й аналогові рішення рис. 1.14.

Рис. 1.14 Структурна схема TMP006

Наприклад датчики TPS333 від Excelitas мають всередині себе вбудований термістор.

#### **1.3.3. Мікропроцесори та мікроконтролери**

Головною складовою будь-якого проекту електроніки є елементи, головним завданням яких є контроль роботою схеми. Для сучасної електроніки це мікропроцесори та мікроконтролери. Зазвичай будь-яка схема містить бодай один такий елемент для обробки інформації, та насправді їх кількість не є обмеженою. Важливо помітити що мікропроцесори та мікроконтролери це лише верхівка айсбергу та для коректної роботи електричної схеми потрібні ще купа елементів таких як порти входу/виходу, USB-підключення, модулі Ethernet, АЦП та ЦАП, та багато інших простих маленьких камінців для побудови будинку.

Мікропроцесор – це програмований електронний чіп, який може обчислювати та вирішувати задачі аналогічні центральному процесорному блоку комп'ютера. Будь-які системи що базуються на мікропроцесорах та мають обмежену кількість ресурсів, називаються мікрокомп'ютерами. У наш час мікропроцесори можна побачити майже на всіх типах електронних пристроїв, таких як мобільні телефони, принтери, пральні машини й т. д. Мікропроцесори також використовуються у вдосконалених програмах, таких як радары, супутники та польоти. Завдяки швидкому прогресу в електронній промисловості і великому рівню інтеграції пристроїв, значного зниження витрат на виробництво мікропроцесори та їх похідні — збільшується

виробництво мікропроцесорів та їх похідних [Error: Reference source not found].

Мікроконтролер — це програмований цифровий процесор що може працювати з базовими функціями обчислення. І мікроконтролери, і мікропроцесори є складними послідовними цифровими схемами що мають на меті виконувати роботу відповідно до програми/інструкцій. Мікроконтролери можуть включати у свою будову піни що можуть працювати з аналоговими сигналами без підключення АЦП [Error: Reference source not found].

Відмінність мікропроцесорів та мікроконтролерів полягає в тому, що останній застосовується для керування іншими приладами, і тому має вбудовану та розвинуту систему вводу/виводу, але як правило слабку АЛУ. Добре підходить англійський термін «computer-on-chip», однокристальний комп'ютер.

Насправді для проектування простих приладів, які могли виконувати корисні операції, звичайний мікропроцесор, починаючи від i4004 і до Core, доводиться доповнювати пам'яттю, ПЗ з записаною BIOS, контролером переривань, пристроями вводу/виводу, тактовим генератором з таймерами всіма тими речами що зараз мають назву «чипсети». Сам по собі мікропроцесор ладен тільки на одне — ввімкнутися, навіть програму авантаження йому ніде взяти.

Але з іншого боку для мікропроцесорів мікроконтролер — це тільки ядро, і навіть не найбільша частина кристалу. Для того щоб побудувати готову схему на звичайному мікроконтролері не потрібно взагалі нічого, окрім джерела живлення та деяких додаткових елементів, що можуть подати знак людині про те що система працює. Звичайнісінький мікроконтролер може без додаткових компонентів спілкуватися з іншими мікроконтролерами, зовнішньою пам'яттю, та якимись спеціальними мікросхемами (годинник реального часу), керувати великими та малими матричними панелями, можливе підключення датчиків фізичних величин, світлодіоди, кнопки, клавіатури та всілякі інші елементи. Хоча в таких системах можлива набагато зменшена швидкість в порівнянні з мікропроцесором та обмеженість в деяких функціях, що абсолютно прийнятно в порівнянні з ціною мікропроцесорів та елементами що потрібно на них поначіплювати задля роботи системи.

Мікропроцесори для сучасних ПК займають лише 5-6% від кількості всіх процесорів що випускаються всі інші — це мікроконтролери. Відмінності між мікропроцесорами та мікроконтролерами зникають, мікропроцесори для мобільних пристроїв інтегрують функції що характерні для мікроконтролерів [Error: Reference source not found].

Як вже було описано раніше мікропроцесори не можуть працювати та бодай налаштуватись якщо до них не понавіщувано додаткових елементів, це саме можна сказати й про мікроконтролери. Тому оптимальним рішенням при виборі мікропроцесорів та мікроконтролерів є вибір готових схемних

рішень, де вже реалізовані порти, АЦП, ЦАП, підтягуючі резистори, кнопки, діоди і т.д. На ринку мікроелектроніки можна знайти велетенське різноманіття схем з мікроконтролерами та мікропроцесорами що можуть виконувати як функції керування роботою розумного будинку так і запускати невеликі супутники. Головною перевагою при виборі таких схем перед проектуванням власних є те що вони можуть бути використані не тільки для одного проєкту, а перелаштовуватись. Також заманливою є ціна таких схем, адже випускають їх серійно, тому з точки зору економії вони є ідеальними варіантами для використання. Нижче описані основні модулі що є доступними на ринку [Error: Reference source not found].

### Arduino

Arduino – апаратно-програмна платформа розробки, основними компонентами якої являються: мікроконтролерна плата вводу та виводу і середовище розробки на мовою Processing/Wiring [Error: Reference source not found].

Arduino є відкритим ресурсом тому з її конструкцією та роботою може ознайомитись будь-хто.

Платформа Arduino містить десятки схемних рішень які в загальному можна розділити на мікроконтролери, шілди (додаткові схеми, на яких знаходяться модулі, що мають певне призначення, як от Ethernet або GSM) та аксесуари. Найважливішими з яких є саме плати з мікроконтролерами. Шілдами називаються плати що містять певні доповнення що не завжди присутні на платах з мікроконтролерами. Детальніше можна ознайомитись на сайті **arduino.ua**.

Однією з найпопулярніших є плата Arduino Uno (Nano) до складу якої входить мікроконтролер Atmel AVR (ATmega328 або ATmega168) та елементна обов'язка для інтеграції з іншими схемами і програмування. Кожна плата обов'язково містить: 16 МГц кварцевий генератор/керамічний резонатор та лінійний стабілізатор напруги 5 В. У мікроконтролер попередньо прошитий завантажувач, тому зовнішній програматор не потрібен. Для перетворення інтерфейсів USB-UART застосовується мікроконтролер ATmega16U2 або інші. Детальніше про характеристики Arduino Uno в наступних розділах.

Програмування роботи плати відбувається за допомогою спеціально розробленої програми Arduino IDE, на базі мови C++, зручність полягає в тому що потрібно програмувати лише мікроконтролер що відповідає за роботу схеми, наприклад ATmega328, а от мікроконтролер ATmega16U2, що відповідає USB вхід не потрібно [Error: Reference source not found].

Основними платами Arduino є Arduino Nano, Arduino Mini, Arduino Mini Pro, рис. 1.15.

Рис. 1.15 Плати Arduino Nano(a), Arduino Mini(б), Arduino Mini Pro (в) [Error: Reference source not found]

### Parallax Basic Stamp

BASIC Stamp 2 має форму 24-контактної мікросхеми DIP, це насправді невелика друкована плата (PCB), яка містить найважливіші елементи мікропроцесорної системи:

- мікроконтролер, що містить процесор, вбудований ROM, що містить інтерпретатор BASIC, та різні периферійні пристрої;
- 2 КБ пам'яті і<sup>2</sup>C EEPROM;
- керамічний резонатор;
- регулятор напруги;
- зовнішній вхід/вихід.

Можливо підключити 9 В акумулятор до BASIC Stamp та мати повну систему. Послідовне підключення до персонального комп'ютера дозволяє програмісту завантажити програмне забезпечення для BASIC Stamp, який зберігається в бортовій незалежній пам'яті пристрою: вона залишається запрограмованою, поки не буде старту або перепрограмування, навіть коли плата відключена від джерела. Якщо підключено живлення Stamp негайно починає виконувати програму в нульовому слоті. Програмування BASIC Stamp плат відбувається мовою BASIC у варіанті PBASIC.

### Raspberry.pі

Raspberry.Pі - це мініатюрний одноплатний модуль з можливістю підключення периферії і живлення. Він працює на базі безкоштовної операційної системи Raspbian, що на базі Linux. На ринку представлено цілий ряд моделей Raspberry.Pі, найпопулярнішою з них є Raspberry Pi 2 Model B, рис. 1.16.

Рис. 1.16 Зображення Raspberry.Pі 2

У всіх попередніх моделях використаний одноядерний ARM-процесор Broadcom BCM2835 з частотою 700 МГц. Raspberry.Pі 2 містить більш потужний процесор - 32-розрядний Broadcom BCM2836, в якому 4 фізичних ядра ARM Cortex-A7 з частотою 900 МГц. Обсяг пам'яті збільшений удвічі, до 1 Гбайт. Завдяки цьому заявлена продуктивність збільшена в 6 разів, що дозволяє обробляти великі обсяги інформації [Error: Reference source not found]. Загалом плата Raspberry.Pі містить такі компоненти:

- LED-індикатори статусу;
- слот для карти MicroSD;
- HDMI-порт для відео/аудіо;
- CSI-порт для відеокамери;
- RCA Jack для відео/аудіо;
- порт 10/100 Ethernet;
- 2 порти USB 2.0;
- BCM 2836 SoC;
- блок GPIO портів;
- DSI-порт для дисплея;
- порт MicroUSB для живлення.

В кінці лютого 2016 року вийшов новий Raspberry Pi 3 model B на ще більш потужному 64-розрядному 4-ядерному Broadcom BCM2387 ARM Cortex-A53 з частотою 1,2 ГГц. На плату додані модулі Wi-Fi 802.11 і Bluetooth 4.1 LE. Більш потужний процесор і додаткові модулі зажадали і більш потужного джерела живлення 5,1 В/2,5 А.

В табл. 1.3 представлена порівняльна характеристика Arduino та Raspberry.Pi 3. Підкреслені основні параметри та можливості. Таким чином, для використання схемних рішень в розумному будинку краще підійде Arduino, якщо потрібен лише контроль та робота з підключенням та відключенням елементів. Якщо в розумному будинку планується робота з даними сенсорів, датчиків, відеокамер, то краще підійде для цієї ідеї Raspberry.Pi.

Таблиця 1.3

Порівняльна характеристика Arduino та Raspberry.Pi 3

Одним з найоптимальніших рішень для системи керування водонагрівача з виявленням подій в розумному будинку може бути поєднання Arduino та Raspberry.Pi, що дозволить спочатку реалізувати прості методи та функції керування з подальшим розширенням. На рис. 1.17 показана реалізація поєднання двох моделей.

Рис. 1.17 статті [Raspberry Pi and Arduino boards in control education]

Дана реалізація представлена в статті [Error: Reference source not found] У документі описується надзвичайно недорого, проста та напрочуд потужна платформа для реалізації алгоритмів управління в реальному часі. Платформа складається з дошки Arduino та Raspberry Pi, що працює за системою управління REX. Arduino використовується для взаємодії з фізичними сигналами через його входи та виходи. Система керування REX дозволяє розробити та перевірити алгоритми управління в Simulink а потім запустити його в режимі реального часу. REX, також, працює незалежно від Simulink, він є повністю функціональним, навіть якщо ліцензія Simulink недоступна.

Таке рішення поєднання Arduino та Raspberry Pi додатково усуває розрив між віртуальним та фізичним світами.

Про те як на практиці поєднати Arduino та Raspberry.Pi також можна дізнатись в.

#### 1.3.4. Сервіси повідомлення про події

Для пересилання даних мережею, вони перетворюються в електричний сигнал. Ці сигнали генеруються у вигляді електромагнітних хвиль (аналоговий сигнал) або у вигляді пульсацій напруги (цифровий сигнал). Для пересилання з одного комп'ютера на інший сигнал повинен бути фізично переданий з одного місця в інше. Фізичний шлях, по якому передається сигнал, і визначається чинним середовищем передачі. Сигнал надходить в середовище передачі з комп'ютера-передавача, проходить шлях по середовищі передачі і потім приймається комп'ютером-приймачем. Зараз існують два типи середовища передачі: кабельне і бездротове.

### Ethernet модулі

Впровадження інтерфейсу Ethernet в пристрій з нуля — непросте завдання. У цьому випадку на допомогу приходять вбудовуються модулі. Вони є проміжною ланкою між повноцінними комутаторами й комутаційними чіпами. Застосування таких модулів значно спрощує завдання розробки, тому що не потрібно розробляти вбудований комутатор, що вимагає глибоких знань Ethernet-технологій, а дозволяє повністю сфокусуватися на реалізації необхідних функцій [Error: Reference source not found].

Якщо в майбутньому проекті планується побудова електричної схеми з мікропроцесорами та мікроконтролерами без використання схемних рішень як Arduino чи Raspberry.Pi, то задача забезпечення мережевої передачі даних є трохи складнішою, оскільки в такому випадку схема потребуватиме використання комутатора та підключення до мережі та власне налаштування цієї передачі. Та якщо такі питання все ж виникають, непоганим рішенням буде додавання Ethernet модулів.

**ENC28J60** - це автономний контролер Ethernet з промисловим стандартним послідовним периферійним інтерфейсом SPI. Він відповідає всім стандартам IEEE 802.3. Контролер призначений для використання в якості мережевого інтерфейсу Ethernet для будь-якого контролера, оснащеного SPI та мікросхемою вбудованої системи для підключення до Ethernet.

Оснащений вбудованим тактовим генератором частотою 25 МГц, він також підтримує режим повного та напівдуплексного режиму та містить порт SPI з максимальною швидкістю 10 Мбіт/с. Мікросхема інтегрує фізичний рівень всередину, тому 8К оперативної пам'яті з двома портами в мікросхемі здатна до безкоштовного розподілу.

Для схемних рішень таких як Arduino Raspberry.pi інтеграція мережі Ethernet є простішою, тому що для них підходять саме модулі Ethernet.

Для передавання даних з Arduino використовують саме **ENC28J60**, а от з Raspberry.Pi все набагато простіше, оскільки модуль Ethernet вже входить до його конструкції рис. 1.18.

Рис. 1.18 Зображення Raspberry.Pi та модулю Ethernet

Після встановлення необхідного обладнання існує різноманітна кількість саме сервісів повідомлення про події:

1. повідомлення в соціальних мережах (Telegram);
2. повідомлення через пошту (Gmail);
3. зберігання даних в хмарі та повідомлення (Influxdb);
4. повідомлення через додаток (Android).

### GSM

GSM модуль — це передавач, для обміну інформацією між двома або кількома абонентами по каналах операторів стільникового зв'язку.



В системах керування і сигналізації з одного боку каналу знаходиться власне саме GSM пристрій, а з іншого — користувач або оператор.

У приватному будинку такі технології застосовуються для:

- дистанційного керування домашнім обладнанням (котел опалення, ворота, шлагбаум);
- передачі інформації для систем пожежної сигналізації;
- розширення можливостей автосигналізації (автозапуск, віддалений контроль стану системи).

Обмін інформацією і формування сигналів управління може здійснюватися різними способами:

- СМС повідомленнями;
- по інтернет-протоколу (GPRS, 3G, 4G).

Головною перевагою використання GSM модулів є те що, вони можуть працювати без підключення до Інтернету та якщо вимикається електроенергія.

### 1.3.5. Сервіси відображення даних безпосереднього спостереження

Для того аби користувач міг спостерігати за температурою водонагрівача та обігрівача важливо додати також елементи безпосереднього спостереження такі як:

- LCD дисплей;
- діоди;
- OLED дисплей;
- звукове сповіщення.

Наявність таких елементів дозволить проводити моніторинг даних одразу біля водонагрівача.

### 1.3.6. Додаткові елементи систем керування приладів високої температури

Датчики температури можуть бути встановленими ззовні нагрівних елементів, тобто на корпусі бойлера, або всередині термокапсули. Більш ефективним є встановлення температурних датчиків всередині водонагрівача, що дозволить вимірювати температуру точніше. Також, при встановленні датчиків всередині термокапсули краще забезпечити їх конфігурацію рівномірно по площі, аби моніторинг відбувався з повним відображенням температури, оскільки нагрівні елементи розподілені не по всьому об'єму бойлера.

Для того щоб встановити датчики температури всередині водонагрівача потрібно в спеціальний отвір в його корпусі встановити гільзу з датчиком температури, що знаходиться всередині. На рис. 1.19 а) зображений отвір для гільзи та на рис. 1.19 б) гільза.

Рис. 1.19 Отвір для гільзи на бойлері а); гільза для датчика температури б)

На рис. 1.20 зображено монтаж гільзи з датчиком температури всередині, для цього необхідні: заглушка — 1; датчик температури в чверть кола — 2; пластмасова спіраль — 3; компенсаційна пружина — 4; гільза — 5.

Рис. 1.20 Установка датчика температури

На рис. 1.21 зображено зовнішній вигляд отвору з гільзою та датчиком всередині, де 1 – фіксатор датчика; 2 – гільза.

Рис. 1.21 Установка фіксатора датчика

Зазвичай гільзи виготовляють з нержавіючої сталі або латуні, оскільки ці матеріали не руйнуються при взаємодії з вологим середовищем.

Також при встановленні додаткових елементів всередині бойлера або біля нього, краще використовувати дроти, опір яких не змінюється зі зміною температури. Опір провідника, при незмінних геометричних параметрів можна визначити за формулою:

Доцільним буде використання матеріалів що мають відносно невеликий температурний коефіцієнт

, таких як ніхром, константан та

## **2. СТРУКТУРНА СХЕМА ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДОНАГРІВАЧА**

Автоматична система виявлення та ідентифікації подій має на меті забезпечити стале використання побутових приладів, функціонування яких залежить від нагрівних елементів. Структурна схема проекту на рис. 2.1.

Рис. 2.1 Структурна схема моделі виявлення подій водонагрівача

Структурну схему в повному розмірі можна знайти в додатку А.

Принцип роботи полягає в особливості побудови блоку статистичних даних, що відрізняється від звичайного для водонагрівачів, детальніше про підхід побудови в частині 4. АЛГОРИТМ ВІЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНИХ ПОДІЙ ВОДОНАГРІВАЧА.

Після ввімкнення системи дані водонагрівача блок водонагрівач надходять до датчиків температури блок датчики температури, зазвичай використовують декілька датчиків температури, бо нагрівні елементи не завжди розподілені рівномірно в резервуарі з водою. Дані з датчиків надходять до блоку керування, де порівнюються зі статистичними даними, їх відповідність нормальному режиму роботи. Блок керування виконує функцію контролю роботи системи а також виявлення подій. Для виявлення подій дані з датчиків формують статистику блок статистика, після чого дані реального часу дані з датчиків порівнюються зі статистичними що були утвореними за певний період часу в блоці статистика утворюючи блок аналіз, інформація про виявлену подію надходить до блоку виявлення подій.

Якщо відбувається виявлення подій: перегріву та відсутність даних, то система вимикається блок перемикавання, а користувач повідомляється про можливу небезпеку в домі блок сповіщення. Повідомлення відбувається за допомогою двох блоків — блок GSM модуль та блок LCD дисплей, після чого здійснюється перехід до блоку користувач.

Дані з датчиків температури, також фіксуються для створення статистичних даних та подальшої обробки. Якщо все гаразд з даними, то система продовжує свою роботу.

На рис. 2.2 показана структурна схема рис. 2.1 з відображенням фізичних елементів які відповідають тій чи іншій роботі системи, або виконують завдання відповідно до структурної схеми на рис. 2.2.

Рис. 2.2 Структурна схема моделі виявлення подій водонагрівача з фізичними елементами

Структурну схему в повному розмірі можна знайти в додатку А.

Згідно з структурною схемою складений перелік необхідних елементів для схемної реалізації, а саме:

- блок живлення;
- головний мікроконтролер (Arduino Uno 3);
- пристрій виводу інформації LCD дисплей;
- мікроконтролер для синхронізації з зовнішнім комп'ютером (Arduino Uno 3);
- пристрій внутрішньої пам'яті (Arduino Uno 3);
- датчик температури (DS18B20);
- блок перемикачів вмикання/вимикання водонагрівача.

Вказані вище елементи є необхідними для побудови електричної схеми системи виявлення подій водонагрівача та її керування. Також варіанти реалізації структурних схем наявних робіт що стосуються керування водонагрівача можна знайти в [Error: Reference source not found,].

### 3. ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДОНАГРІВАЧА

Для реалізації проекту виявлення подій водонагрівача може бути використана схема що зображена на рис. 3.1. До її складу входять такі елементи:

- схема Arduino Uno 3;
- пристрій виводу інформації LCD дисплей;
- датчик температури DS18B20;
- GSM модуль;
- система охолодження;
- система водонагрівача;
- світлодіоди.

Повно розмірну схему можна знайти в Додатку Б.

Рис. 3.1 Електрична схема відображення температури водонагрівача в середовищі Proteus

Для реалізації системи керування даною схемою було обрано Arduino Uno. Таке схемне рішення дозволить зменшити витрати а також спростить електричну схему, адже до складу Arduino Uno вже входять головний мікроконтролер та мікроконтролер для під'єднання до комп'ютеру, а також підтягуючі резистори, стабілізатор та конденсатори для усунення шумів. Для написання програми роботи мікроконтролеру є зручним у використанні середовище Arduino IDE, мова програмування якого C++. На рис. 3.2 зображена електрична схема Arduino Uno, вона є відкритим ресурсом, а отже

можу бути використана будь-ким для реалізації будь-яких проектів. Детальну інформацію можна знайти за посиланням [Error: Reference source not found].

Рис. 3.2 Принципова схема Arduino Uno [Error: Reference source not found]

Якщо в проекті заплановано достатньо велика кількість математичних операцій доцільним буде використання також елементів додаткової пам'яті, наприклад EPROM 24LC01B - блок внутрішньої пам'яті.

Наступним важливим елементом схеми є система охолодження рис. 3.3, що складається з охолоджуючого вентилятора, який призначається для того, аби в разі поломки гаряче повітря не перешкоджало усуненню неполадок. Також він може бути використаним для охолодження приміщення, якщо замість водонагрівача досліджувати роботу обігрівача приміщення.

Рис. 3.3 Система охолодження

До складу системи охолодження входять елементи описані в табл. 3.1

Таблиця 3.1

Список елементів системи охолодження

Реле призначене для перемикання роботи вентилятора, транзистор слугує ключем, діод для уникнення поломок транзистора, та опір для додаткової підтяжки.

Відповідно до інтерфейсу I2C до портів повинні бути підключені опори що обмежують струм, номінал яких становить десятки Ом.

Згідно розрахованого значення струму було обрано транзистор BC108 та діод 1N4004, параметри діоду та транзистору представлені в табл. 3.2 та табл. 3.3 відповідно, [Error: Reference source not found,32].

Таблиця 3.2

Основні характеристики діоду 1N4004

Таблиця- 3.3

Основні характеристики транзистору BC108(n-p-n)

До схеми також входить і водонагрівач, що підключений за таким самим принципом що і вентилятор. Система водонагрівача зображена на рис. 3.4.

Рис. 3.4 Система водонагрівача

До складу системи охолодження входять елементи описані в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Список елементів системи водонагрівача

Згідно розрахованого значення струму було обрано транзистор BC108 та діод 1N4004. Основні характеристики яких описані вище в табл. 3.2 та табл. 3.3.

Параметри дільника напруги:

Таким чином вихідна напруга дільника, що подається на вихід A2 Arduino визначається за формулою:

Реле призначене для перемикання роботи водонагрівача ввімкнено/вимкнено, транзистор слугує ключем, діод для уникнення поломок транзистора, та опір R5 для додаткової підтяжки. Опори R6 та R7 для зворотного зв'язку, вихід водонагрівача T повертає напругу що пропорційна градусам Цельсія, тому вона може бути виміряною та поданою на вхід

мікроконтролера (Arduino Uno), в даному випадку на аналоговий вхід A2. До виходу водонагрівача T також підключено звичайний вольтметр, для того щоб можна було спостерігати за напругою під час симуляції.

До складу схеми також входить датчик температури DS18B20, зображений на рис. 3.5. Особливістю роботи середовища Proteus є те що такий датчик вимірює температуру, що встановлюється мануально, саме тому в схемі присутній зв'язок R6 та R7 (дільник напруги), що дозволяє створювати статистичні дані.

Рис. 3.5 датчик температури та LCD дисплей

На рис. 3.5 також присутній LCD дисплей, для виведення інформації про температуру.

Принцип роботи схеми полягає в тому, що під час роботи водонагрівача OVEN фіксується його температура, за допомогою зворотного зв'язку R6 та R7, датчик фіксує температуру що встановлюється вручну, для перевірки роботи алгоритму виявлення подій. Дані про температуру надходять до Arduino, датчик DS18B20 передає цифровий сигнал, а водонагрівач аналоговий.

Arduino виконує обробку інформації про температуру після чого вирішує чи є це небезпечними даними — подіями. Якщо виявлені будь-які події що відносяться до несправної роботи водонагрівача, Arduino за допомогою модуля GSM повідомляє про це користувача (входи 0 та 1), а також подає сигнал на цифрові входи 5 (FAN) та 6 (OVEN), що в свою чергу означає вимкнення водонагрівача, та ввімкнення охолодження в залежності від типу подій. До схеми також входить LCD дисплей, що відображає температуру з датчика DS18B20, відображає повідомлення про те що система неправильно підключена.

До аналогових входів Arduino A0 та A1 підключені світлодіоди, що сигналізують про те що є виявленою подія та повідомлення надіслано з GSM модуля. Аналогові входи можуть використовуватись як цифрові.

Якщо було виявлено подію то для того аби перезапустити систему достатньо вимкнути та ввімкнути живлення, або почекати 12 годин, після чого діод що сигналізує про відправлення повідомлення вимкнеться.

Програму за якою налаштовується GSM модуль та Arduino Uno можна знайти в розділі

#### **4. АЛГОРИТМ ВІЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНИХ ПОДІЙ ВОДОНАГРІВАЧА.**

Детальну інформацію про те яким чином можна використовувати таку схему та вдосконалити її можна знайти в розділі **6. МОЖЛИВОСТІ РОЗШИРЕННЯ СИСТЕМИ ВІЯВЛЕННЯ ПОДІЙ ВОДОНАГРІВАЧА.**

#### **4. АЛГОРИТМ ВІЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНИХ ПОДІЙ ВОДОНАГРІВАЧА**

##### **4.1. Обґрунтування вибору алгоритму**

Розробка систем розумного будинку є досить посильним завданням, якщо таке є, найбільш популярні протоколи можуть бути використаними будь-ким у власному домі та для вільного продажу систем побудованих на них. Окремі складові розумного будинку такі як системи контролю водонагрівача та обігріву приміщень мають досить не складні конструкції. Що стосується саме виявлення подій даних в таких системах, то відповіді на ці питання не є настільки очевидними як на перший погляд. Існує досить великий вибір шляхів реалізації, сервісів, платформ, мов програмування, мікроконтролерів та мікропроцесорів а також математичних рішень всі ці компоненти перебувають в прямому зв'язку між собою, і від вибору одного з них залежить і вибір того чи іншого.

Зазвичай для виявлення подій водонагрівача та обігрівача та попередження про них використовують порівняння даних з вікном значень, що встановлюється вручну. Такі операції записуються до коду роботи мікроконтролера або мікропроцесора, також дані можуть оброблюватись онлайн, але дія виконання цієї роботи також прописана роботою мікроконтролерів.

В загальному можна сказати що виявлення подій даних в не залежності від природи їх походження може бути однаковим для виявлення несправностей головного мозку та роботи водонагрівача. Тому поза методом виявлення подій водонагрівача шляхом встановлення лімітів логічним є прийняття до уваги і інших алгоритмів що використовуються для різних типів даних, числових векторів та баз даних.

Можна провести таку класифікацію за [Error: Reference source not found] де розглядаються різні види методів виявлення аномальних даних, такі як:

1. класифікація;
2. кластеризація;
3. статистичний аналіз;
4. алгоритм найближчого сусіда;
5. спектральні методи;
6. гібридні методи.

Класифікація за режимами роботи [Error: Reference source not found]:

1. supervised anomaly detection (навчання з вчителем);
2. semi-supervised anomaly detection (навчання на половину з вчителем);
3. unsupervised anomaly detection (навчання без вчителя).

Для даної роботи використовувався статистичний метод, структурна схема якого представлена на рис. 4.1. Такий метод дозволяє без великих затрат пам'яті та складних обчислень отримати розподіл величини за будь-який період часу.

Рис. 4.1 Структурна схема статистичного методу ідентифікації подій

Структурна схема показана на рис. 4.1 відображає процес виявлення аномальних даних. Дані з датчиків, можуть бути збережені на Influxdb за

допомогою модуля Ethernet, або отримані безпосередньо з Arduino блоки *Arduino* та *Influxdb* відмінність полягає в тому — в якому програмному середовищі буде проводитись обробка даних.

Дані потраплять в блок *Відбір даних* після чого формується функція вікна що містить певний набір даних зі значеннями всередині що із плином часу замінюються новими. На основі блоку функції вікна формується статистика блок *Статистика*. Порівняння статистичних даних та да даних реального часу з блоку *Дані реального часу* утвореного блоком *Відбір даних* формують блок *Аналіз*, що відображає порівняння статистичних даних та даних реального часу. Після чого блок *Подія* отримує інформацію про те чи була виявленою подія, та значення цієї величини надходить з блоку *Відбір Даних*. Якщо така подія виявлена як аномальна то формується повідомлення блок *Повідомлення*. Блок *Результат* відображає можливість того, що повідомлення про подію надходить користувачеві тим способом чи методом, що є найбільш зручним або обраний для використання.

У методі, структурна схема якого описана вище, основною ідеєю є те що — дані системи в реальному часі порівнюються зі статистичними даними. Статистика змінюється з часом за допомогою функції *Moving Window*.

де  
і

є невід’ємними цілими числами, що визначають кількість зразків, які потрібно включити до  $i$  після вибірки

[Error: Reference source not found].

Порівняння даних системи вимірювання в режимі реального часу та отриманих статистичних проводиться за розподілом Гаусса та застосуванням «правила 3-х сигм», рис. 4.2 [Error: Reference source not found], детальніше про правило трьох сигм в

Функція розподілу Гаусса:

Функція щільності розподілу за законом Гаусса:

де

— середньоквадратичне відхилення ,

— середнє значення

Імовірність того що величина  $X$  потрапить в проміжок  $[c; d]$ .

де  $a$  – параметр що відповідає математичному сподіванню;

функція Лапласа, що визначається за формулою:

де

Рис. 4.2. Ілюстрація правила трьох сигм

Формула середнього значення:

Формула середньоквадратичного відхилення:

Дані, які вказані як незвичайні та небезпечні, виявляються як подія. Інформація про виявлення події надсилається користувачу електронною поштою за допомогою служби Gmail або GSM модуля чи повідомляється безпосередньо звуковим сигналом чи повідомленням на екрані дисплею. Код

програми наведено в додатку. Для аналізу та виявлення подій було розроблено програмного забезпечення з використанням мови програмування Python.

#### 4.2. Блок схема алгоритму виявлення подій водонагрівача

Для того аби побудувати блок схему алгоритму виявлення подій водонагрівача представлена спрощена структурна схема проєкту на рис. 4.3.

Рис. 4.3 Структурна схема моделі виявлення подій водонагрівача

На основі спрощеної структурної схеми зображеної на рис. 4.3. побудована блок схема алгоритму виявлення подій на рис. 4.4.

Рис. 4.4. Блок схема алгоритму виявлення подій

Зображена блок схема алгоритму виявлення подій, рис. 4.4, починається із блоку Старт, запуск програми, ввімкнення живлення, далі йде Ініціалізація компонентів, підключення необхідних бібліотек. Відобразити старт системи — на LCD дисплеї буде відображатись повідомлення про початок роботи. Блок Прочитати значення датчика містить процедуру зчитування даних про температуру, після чого інформація про температуру в градусах Цельсія відображається на LCD дисплеї, блок Відобразити значення температури, а також зберігається блок Зберегти значення та формують статистику за нормальним законом розподілу блок Статистика. Дані з датчиків порівнюються зі статистичними даними (Побудова статистики), якщо виявлена подія, тоді відбувається вимкнення водонагрівача, ввімкнення охолодження, надсилання повідомлення. Якщо подія не виявлена то водонагрівач вмикається. Цикл закінчується блок Кінець.

#### 4.3. Скетч програма для Arduino

Приклад коду Arduino знаходиться в додатку Д.

Функції, що використовуються в коді:

**bool ds18b20\_start ()**: використовується для того, щоб знати, чи датчик DS18B20 правильно підключений до ланцюга, повертає 1, якщо гаразд, і 0, якщо виявлено помилку.

**ds18b20\_write\_bit** (значення bool): записує (відправляє) 1 біт на датчик DS18B20, біт - "значення", яке може бути 1 або 0.

**ds18b20\_write\_byte** (значення байта): записує 1 байт (8 біт) на датчик DS18B20, ця функція ґрунтується на попередній функції. Ця функція спочатку записує LSB.

**bool ds18b20\_read\_bit** (void): зчитує 1 біт з датчика DS18B20, повертає значення зчитування (1 або 0).

**байт ds18b20\_read\_byte** (void): зчитує 1 байт з датчика DS18B20, ця функція заснована на попередній функції. Ця функція спочатку зчитує LSB.

**bool ds18b20\_read (int \* raw\_temp\_value)**: зчитує неперероблені дані про температуру, що є 16-бітною (два 8-бітні регістри), дані зберігаються у змінній raw\_temp\_value, повертає 1, якщо ОК, і 0, якщо виявлено помилку.

Значення температури в градусах Цельсія дорівнює значенню, поділеному на 16 (у випадку 12-бітової роздільної здатності). Роздільна



здатність DS18B20 за замовчуванням дорівнює 12 біт [Error: Reference source not found].

**Gaussian myGaussian = Gaussian(mean, variance):** Клас, який містить атрибут mean та variance атрибут. Також містить способи робити суми з іншими Gaussians.

В роботі з пристроєм variance ви також можете зробити те ж саме, що і mean. Доступ до нього прямо з об'єкта або скористайтесь методами varu та setVariance змінити variance.

Методи для побудови графіку та генерації нормальних розподілених випадкових значень: GaussianUniformPlot та GaussianRandomPlot

**GaussianAverage** клас що забезпечує простий, але дійсно потужний фільтр під назвою Moving Average [Error: Reference source not found].

Для GSM модуля можна користуватись звичайними командами println, надсилаючи команди до модуля.

Список команд:

Щоб перевірити модем: AT

Щоб змінити режим надсилання смс: AT + CMGF = 1

Зробити голосовий дзвінок: ATD + 380 мобільний номер

Щоб надіслати нове смс: AT + CMGS = "+ 380 мобільний номер " "текст повідомлення" "^ z"

Для відключення дзвінка: ATH

Для отримання вхідного дзвінка: ATA

Для повторного набору останнього номера: ATDL

Для встановлення конкретної швидкості передачі даних: AT + IPR =? (Для перегляду значень швидкості передачі передачі)

AT + IPR = 0 (Встановлення модему в режим автоматичного передавання даних)

Як результат виконання даних команд система повинна видавати «Ok»

Ці команди можуть бути застосованими як для моделі симуляції в Proteus так і для реального GSM модуля. Для реального модуля список команд набагато ширший, можна знайти на сайті [randomnerdtutorials.com](http://randomnerdtutorials.com)

#### 4.4. Розрахунок імовірності виникнення аномальних подій водонагрівача

Для того аби кількісно оцінити тривалість безвідмовної роботи системи доцільним є розрахунок надійності системи. Для того аби це зробити доцільним є застосування теорії надійності [Error: Reference source not found].

Основними показниками надійності роботи системи можуть бути:

- ймовірність безвідмовної роботи;
- середнє напрацювання до першої відмови;
- ймовірність відмови;
- інтенсивність відмов;
- частота відмов.

Ймовірність відмови

визначається як ймовірність того що в заданому відрізьку часу відбудеться принаймні одна відмова:

Ймовірність безвідмовної роботи напроти визначається як ймовірність того що в заданому відрізьку часу не відбудеться жодної відмови:

На рис. 4.5. зображено відношення між ймовірностями.

Рис. 4.5 Ймовірність безвідмовної роботи та відмови

є розподілом випадкової величини, тому для описання ймовірності події доцільним є функція щільності розподілу значення випадкової величини.

Щільністю ймовірного часу роботи системи можна вважати частоту відмов

Інтенсивність відмов відображає ймовірність відмови за одиницю часу при умові що до цього відмов не спостерігалось:

Звідки

Тоді:

Таким чином, кожна з величин є рівноправними, тобто знаючи одну з них легко розрахувати інші.

В даному прикладі буде використовуватись метод диференційних рівнянь для розрахунку надійності системи.

Припускають, що між відмовами та часом відновлення існує зв'язок показникового розподілу.

Параметр потоку відмов:

Інтенсивність відмови:

де

та

час відновлення та середній час безвідмовної роботи відповідно.

Математична модель зображена у вигляді графів станів рис. 4.6.

Рис. 4.6. Граф станів системи водонагрівача

Стан 0 — всі елементи системи працездатні;

Стан 1 — водонагрівач вийшов з ладу (всі можливі помилки водонагрівача);

Стан 2 — вийшло з ладу програмне забезпечення;

Стан 3 — перевищення допустимої температури.

Для визначення ймовірностей того що система перебуває в якомусь зі станів складається система диференційних рівнянь.

До лівої частини записується похідна від ймовірностей перебування системи в одному зі станів. Також рівняння доповнюються нормованою умовою:

За графом станів складена система диференційних рівнянь:

Якщо припустити що система працює в сталому режимі, тобто

, то

, система диференційних рівнянь переходить в алгебраїчну та набудуть вигляду:

В результаті розв'язання даної системи [Error: Reference source not found]:

Для розв'язку даної системи визначені наступні параметри:

Для знаходження часу

використано гарантійні талони в яких вказаний термін експлуатації:

Для знаходження часу

використано час роботи мікроконтролера, що приблизно дорівнює 20

років:

Для знаходження часу

використано час за який бойлер нагрівається до +70 градусів:

Для знаходження часу

використано припущення що після поломки система не відновлюється:

Для знаходження часу

використано частоту роботи мікроконтролера:

Для знаходження часу

використано час за який бойлер охолоджується з +70 градусів Цельсію до 10-20 градусів Цельсію.

Таким чином отримано наступні імовірності:

Ймовірність відмови програми за час використання:

Ймовірність того що температура перевищить допустимі значення за час використання:

Ймовірність того що бойлер вийде з ладу за час використання:

Отже, в даному розділі розрахована ймовірність виникнення подій в системі водонагрівача та системі його керування при

. Як видно з розрахунків найбільшою імовірністю серед подій володіє показник стрибку температури до значень що можуть бути небезпечними в побутовому використанні водонагрівача.

## **5. СПОВІЩЕННЯ ПРО АНОМАЛЬНІ ПОДІЇ СИСТЕМИ ВОДОНАГРІВАЧА. РЕЗУЛЬТАТИ**

Результатами даної дипломної роботи виявлення аномальних режимів Micro Grid є повідомлення користувача про температурні перевищення водонагрівача, вихід з роботи або помилки програмного забезпечення. Для того аби відобразити спілкування між GSM модулем та системою в середовищі додано віртуальне вікно — Virtual Terminal.

При нормальній роботі системи вмикається водонагрівач OVEN, та світиться зелений світлодіод D2, на рис.5.1 зображена система на початку роботи.

Рис. 5.1 Система водонагрівача на початку роботи

На рис.5.2 зображена система після певного часу роботи, де видно, що водонагрівач OVEN працює певний час і є ввімкненим, в даному режимі роботи аномальних подій не передбачається.

Рис. 5.2 Система водонагрівача під час роботи

Для того аби виникла аномальна подія на датчику температури встановлюю температуру в

С. На рис.5.3, після того як була встановлена температура, видно, що водонагрівач вимкнувся, та ввімкнута система охолодження. В додатковому блоці Virtual Terminal, з'являється повідомлення про те що відправлене повідомлення та температура системи. Світлодіод D2 згасає та загорається світлодіод D1 червоного кольору.

Рис. 5.3 Система водонагрівача під час аномальної роботи

Таким чином, отримані результати роботи водонагрівача в нормальному та аномальному режимах роботи. Спроектвана схема може бути реалізованою на практиці, розширеною та модифікованою для дослідження інших параметрів фізичних систем в побуті та індустрії.

## 6. МОЖЛИВОСТІ РОЗШИРЕННЯ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ПОДІЙ ВОДОНАГРІВАЧА

### 6.1. Розширення спектру елементів керування в розумному домі та використання запропонованої системи

В даному дипломному проєкті було розглянуто реалізацію виявлення подій даних водонагрівача, така система та підхід можуть бути застосовані і для інших елементів та компонентів розумного будинку.

Пріоритетними напрямками роботи можуть бути:

- Система керування опаленням із застосуванням схем та методів запропонованих в даному дипломному проєкті;
- Система керування вентиляцією із застосуванням схем та методів запропонованих в даному дипломному проєкті;
- Виявлення аномальних даних енергоспоживання з використанням алгоритму запропонованого в даному дипломному проєкті.

Головним чином, даний підхід виявлення подій описаний в **4.АЛГОРИТМ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНИХ ПОДІЙ ВОДОНАГРІВАЧА**, із застосуванням нормального закону розподілу, є непоганим рішенням для того аби використати його для системи енерго менеджменту. Тобто замість параметру температури застосовувати потужність що була використана системою, таким чином виявляти надмірне споживання енергії.

де

— функція розподілу,  $T$  — температура,  $P$  — потужність.

де

— щільність розподілу.

Як видно з формули межі інтегрування змінені, замість

— 0, це пояснюється тим що досліджувана величина може приймати тільки додатні значення. Звичайно, вона також може бути і від'ємною, у разі роботи системи як генератора (для прикладу, використання відновлюваних джерел енергії), та все ж для випадку спостереження за споживанням енергії

що витрачається на побутові потреби можна припустити що ця величина є лише додатною.

Для щільності розподілу отримаємо:

де

— середньоквадратичне відхилення ,

— середнє значення

На рис. 6.1 зображена функція щільності розподілу.

Рис. 6.1 Графік щільності розподілу за нормальним законом [36]

Таким чином, запропонований підхід виявлення аномальних даних водонагрівача може бути використаним для енергоменеджменту.

## 6.2. Використання Raspberry.pі для Smart House

Одним з можливих шляхів подальшого розширення та вдосконалення проекту може бути використання поєднання Raspberry.Pі та Arduino, один з прикладів такого поєднання представлений в **1.3.3. Мікропроцесори та Мікроконтролери**, тим не менш вказана комбінація дозволить значно розширити спектр можливих функцій розумного будинку, як вже було описано в вище зазначеному розділі Arduino неперевірено підходить для керування системою, а от Raspberry.Pі варіант для виконання математичних операцій та обрахунків, що потребують пам'яті та можливостей обраховування.

## ВИСНОВКИ

Розроблена автоматична система виявлення аномальних подій в Micro Grid. Прикладом слугувало виявлення аномальних даних водонагрівача.

В дипломній роботі були розглянуті основні елементи розумних будинків та функції що вони виконують

Розроблена схема симуляції роботи водонагрівача в середовищі Proteus. Проведено детальний огляд необхідних елементів для схемної реалізації системи виявлення аномальних подій даних водонагрівача. Використано та досліджено сімейство мікроконтролерів Arduino.

Розраховано надійність роботи водонагрівача. Проведено огляд основних методів ідентифікації аномалій даних. Визначено переваги використання статистичного методу виявлення подій за розподілом Гаусса. Описані можливості використання розробленої схеми для проєктів розумного будинку в Micro Grid.

Отже, даний дипломний проєкт може бути використаним для проєктування розумного будинку в Micro Grid.

## SUMMARY

Anomaly detection in Micro Grid

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization Industrial Electronics. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics,

Department of Electronic Devices and Systems. Academic group DS-61. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. - 70 p., Ill. 13, tables 3.

During the period of global industrialization, locally and on a macro scale, human use of various types of resources increases, a large number of which are associated with energy, electricity and energy supply. The number of dangerous situations from the point of view of continuous operation of devices is growing. The danger is associated with overheating of appliances and equipment, failure of the control system, failure of electrical circuit elements and other causes that occur as a result of operation. That is why an important role for such systems is played by the detection and reporting of different types of events, which, in particular, act as indicators of problematic or dangerous situations.

Water heaters and heaters are one of the main devices that are widely used in private homes and can cause dangerous situations due to malfunction, as they contain heating elements, the control of which is regulated by microcontrollers and microprocessors. In such systems, possible problems can be: overheating, faulty elements, improper connection, no signal, as well as excessive power consumption. Therefore, the task is to ensure the safe operation of water heating and space heating systems. The relevance of this work is that life safety is an important part of any system, especially for appliances with heating elements, and control of energy consumption will help reduce energy costs.

No less important is not only to ensure the proper operation of systems in the house, but also in dangerous situations of detection and notification of events without manual control. This paper discusses the control system of the water heater of a smart home, which includes detection and notification of events, the method by which the implementation of dangerous situation detection is based on comparing data from the water heater with data analyzed over a long period of time. , this method helps to work with energy consumption data.

Problems of event detection in intelligent control systems of smart homes arise and are relevant for various subsystems. To solve these problems, there is a wide range of implementation paths, services, platforms, programming languages, microcontrollers and microprocessors, as well as mathematical solutions. All of these components are directly related to each other, and the choice of one depends on the choice of the other.

Typically, a comparison of data with a manually set value window is used to detect and warn water heater and heater events. Such operations are written to the operation code of the microcontroller or microprocessor. The data can be processed in real time (online), which is reflected in the algorithm of the control microcontroller.

The principle of operation consists in features of construction of the block of statistical data which differs from usual for water heaters. After turning on the system, the temperature sensors begin to record the temperature of the water heater. Multiple temperature sensors are usually used because the heating elements are not always evenly distributed in the water tank. The data from the sensors are

fed to the control unit, where they are compared with the statistical data, their compliance with the normal mode of operation is established. If events such as overheating and / or lack of data are detected, the system shuts down and the user is notified of a possible danger in the house

Smart homes and the systems they include are also closely related to the Micro Grid and Smart Grid systems. The combination of such systems helps to obtain high energy efficiency and renewable energy sources.

For the control system and event detection of the water heater considered in this thesis, we can distinguish two main areas of work, namely:

- theoretical software implementation;
- practical implementation of the system.

The practical implementation aims to reproduce the theoretical software implementation, for the process of construction and reproduction of which requires real physical units that correspond to the structural and electrical schemes of the project.

Therefore, this thesis is a theoretical software implementation of the control system and event detection of the water heater.

In this method, real-time system data is compared with statistics for analysis and event detection. Statistics change over time using the Moving Window function. The comparison of real-time measurement system data and the obtained statistical ones is performed according to the Gaussian distribution and the application of the "3 sigma rule". Data that is listed as unusual and dangerous is detected as an event. Event detection information is sent to the user.

As a software environment it will be advisable to use Proteus.8. For circuit implementation Arduino Uno 3 is a suitable solution in comparison with other microcontrollers and microprocessors, for programming Arduino Uno 3 there is a software environment Arduino IDE. The DS18B20 will be used as the temperature sensor. A GSM module is suitable for communication with the outside world. As well as switches for water heater and room cooling in the case of a room heater.

A microprocessor is a programmable electronic chip that can compute and solve problems similar to a computer's CPU. Any system that is based on microprocessors and has a limited amount of resources is called a microcomputer. Nowadays, microprocessors can be seen on almost all types of electronic devices, such as mobile phones, printers, washing machines, etc.

A microcontroller is a programmable digital processor that can work with basic computing functions. Both microcontrollers and microprocessors are complex serial digital circuits designed to perform work according to a program / instruction. Microcontrollers can include in the structure of foam for work with analog signals without connection of ADC. Arduino is an open hardware and software development platform, the main components of which are a microcontroller input and output board and a development environment in the Processing / Wiring language.

The Arduino platform contains dozens of ready-made circuit solutions, which in general can be divided into microcontrollers, shields and accessories, the use of which is determined by the respective application tasks. Boards are boards that contain certain additions that are not always present on boards with microcontrollers

An automatic system for detecting anomalous events in the Micro Grid has been developed. An example was the detection of abnormal data of the water heater.

In the thesis the main elements of smart homes and the functions they perform were considered

The scheme of simulation of operation of a water heater in the Proteus environment is developed. A detailed review of the necessary elements for the circuit implementation of the system for detecting abnormal events of the water heater data. The Arduino family of microcontrollers is used and studied.

The reliability of the water heater is calculated. The review of the main methods of identification of data anomalies is carried out. The advantages of using the statistical method of detecting events according to the Gaussian distribution are determined. The possibilities of using the developed scheme for smart home projects in Micro Grid are described.

Therefore, this thesis project can be used to design a smart home in Micro Grid.

**Keywords:** Smart house, Smart Micro-Grid, Gaussian distribution, event detection, heater system, alert notification.



## Схожість

Схожість із джерелами з Інтернету

32

2	<a href="https://tef.kpi.ua/files/pdf/tezi-tom2_2022.pdf">https://tef.kpi.ua/files/pdf/tezi-tom2_2022.pdf</a>	0.48%
7	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28585/1/Hasiuk_bakalavr.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28585/1/Hasiuk_bakalavr.pdf</a>	0.2%
8	<a href="https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/SGP.22_v2.2.pdf">https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/SGP.22_v2.2.pdf</a>	2 Джерело 0.17%
11	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28338/1/Zavalniuk_bakalavr.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28338/1/Zavalniuk_bakalavr.pdf</a>	0.15%
14	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27992/1/OMPT_laboratorni.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27992/1/OMPT_laboratorni.pdf</a>	0.1%
19	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-1708-7_67">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-1708-7_67</a>	0.09%
20	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/33819/1/Davydenko_magistr.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/33819/1/Davydenko_magistr.pdf</a>	2 Джерело 0.09%
21	<a href="https://uk.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi">https://uk.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi</a>	0.08%
22	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/22962/1/EZ2017-3_08Osypenko.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/22962/1/EZ2017-3_08Osypenko.pdf</a>	0.08%
23	<a href="https://khai.edu/assets/files/Rob-pr/121/rp_m_121_nadijnist_programno-aparatnih_kompleksiv.pdf">https://khai.edu/assets/files/Rob-pr/121/rp_m_121_nadijnist_programno-aparatnih_kompleksiv.pdf</a>	0.08%

Схожість по Бібліотеці акаунту

111

1	Студентська робота	ID файлу: 1001014273	Institution: National Aviation University	2 Джерело	0.59%
3	2020-bachelor-EDD_Bilinets_Dvokanalna_systema_fch	ID файлу: 1004076731	Institution: National Technical	29 Джерело	0.41%
4	Студентська робота	ID файлу: 1000089840	Institution: Lviv Polytechnic National University	30 Джерело	0.33%
5	Студентська робота	ID файлу: 1000763788	Institution: Lviv Polytechnic National University		0.21%
6	Гасюк Д.Р. КВ-51 бак роб 2019	ID файлу: 1000070012	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv P...		0.2%
9	Студентська робота	ID файлу: 1000812272	Institution: Lviv Polytechnic National University	4 Джерело	0.16%
10	Студентська робота	ID файлу: 1000073304	Institution: Lviv Polytechnic National University		0.15%
12	Диплом Стрижеус А.І	ID файлу: 1000032450	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv P	30 Джерело	0.12%
13	Ардуіно_Лабораторний_практикум	ID файлу: 12094247	Institution: National Technical University of Ukraine "K...		0.1%

15	Студентська робота	ID файлу: 1003603669	Institution: Cherkasy State Technological University	0.1%
16	Іванюк	ID файлу: 5975564	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	0.09%
17	Студентська робота	ID файлу: 8182306	Institution: Lviv Polytechnic National University	0.09%
18	Студентська робота	ID файлу: 1000799375	Institution: Vinnytsia State Pedagogical University	<a href="#">2 Джерело</a> 0.09%
24	Данило_БАРАН_a212ab	ID файлу: 1000070396	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytech...	0.08%
25	Студентська робота	ID файлу: 3791296	Institution: Izmail State University of Humanities	<a href="#">2 Джерело</a> 0.08%
26	110966-236216-4-RV	ID файлу: 3650854	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institu...	0.08%
27	Студентська робота	ID файлу: 1000777429	Institution: Vinnytsia State Pedagogical University	<a href="#">2 Джерело</a> 0.08%
28	Студентська робота	ID файлу: 1003445132	Institution: Lviv Polytechnic National University	0.08%

## Цитати

Цитати

1

1. Рі та модулю Ethernet Після встановлення необхідного обладнання існує різноманітна кількість саме сервісів повідомлення про події: 1. повідомлення в соціальних мережах (Telegram); 2. повідомлення через пошту (Gmail); 3. зберігання даних в хмарі та повідомлення (Influxdb); 4. повідомлення через додаток (Android).