РОЗРОБКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» З ПІДВИЩЕНОЮ НАДІЙНІСТЮ НА БАЗІ ARDUINO

Федько А.О., Зеленьова І.Я., Тягунова М.Ю.

В роботі приведено розробку та моделювання системи "розумний будинок" з підвищеною надійністю на базі популярної платформи Arduino. Запропонована система "розумного будинку" має архітектуру, в якій плата Arduino виступає у ролі пристрою-посередника, а комп'ютер сконфігурований так, що можна здійснювати віддалене керування системою зі смартфона чи планшета. Описано моделювання системи в пакеті Proteus VSM. Також запропоновано способи підвищення надійності системи та приведено результати тестування.

Ключові слова: мікроконтролер, Arduino, Proteus VSM, клієнтський додаток, підвищення надійності

Вступ. Сучасна людина приділяє велику увагу рівню комфортності середовища проживання. До умов комфорту входять, наприклад, клімат-контроль приміщення, побутові потреби, рівень безпеки помешкання. В результаті реалізації усіх цих потреб рівень складності систем інженерного оснащення квартир та приватних будинків швидко зростає, так само як і зростає кількість пристроїв, які входять до складу подібних систем. В даній роботі розглядається комплексна система «розумний будинок», яка допомагає користувачеві з вирішенням задачі керування такою складною системою, беручи на себе основні потоки даних та залишаючи за користувачем лише прийняття основних рішень.

На даний момент розробка систем «розумного будинку» стала значно простішою, ніж кілька років тому. На сучасному світовому ринку пропонується велика кількість готових рішень для реалізації подібних систем, але функціональність таких готових систем не завжди задовольняє потреби кінцевого користувача, тому одним із сучасних способів досягнення оптимального та зручного рішення є розробка власної системи «розумного будинку».

Одним з популярних варіантів для проектування схеми «розумного будинку» на сьогодні є платформа Arduino, побудована на базі мікроконтролерів Atmega [1]. Завдяки доступній вартості керуючих контролерів і великій кількості сенсорів можна побудувати абсолютно будь-яку систему.

На даний момент при розробці систем на базі Arduino в якості керуючого пристрою

використовують саму плату Arduino. В таких типах систем управління платою здійснюється за допомогою кнопок та енкадерів, які об'єднуються у керуючу панель. Якщо необхідно здійснити віддалений контроль, то використовують GSM модулі, що в епоху стрімкого поширення Інтернету вже стає недоцільним. Для реалізації віддаленого керування можна також використовувати контролери ESP, які підтримують протоколи WiFi, але такі контролери значно дорожчі за Arduino [2].

В даній роботі запропоновано систему, у якій в якості керуючого пристрою виступає звичайний користувацький комп'ютер, а Arduino являється пристроєм передачі даних. Переваги такого використання Arduino у тому, що знижується навантаження на сам мікроконтролер, а завдяки комп'ютеру можна здійснювати способи віддаленого управління системою за допомогою мережі Інтернет. Також пропонується варіант системи із керуванням з мобільного телефону.

Однак платформа Arduino є скоріше аматорським, ніж професійним рішенням. У зв'язку з цим виникає необхідність забезпечити підвищення надійності систем «розумного будинку», побудованих на базі Arduino.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. «Розумний будинок» (англ. Smart home) – це комплекс рішень для автоматизації повсякденного догляду за житловим приміщенням, який позбавляє людину від виконання рутинних дій [3]. Тут і побутова техніка – від роботів-пилососів до приладів, керованих із смартфона, і системи,

здатні контролювати все, що відбувається в помешканні.

Основними компонентами системи «розумного будинку» є сенсори, актуатори, пристрій керування, а також програмне забезпечення [4]. У системах деяких виробників, в тому числі і від Arduino, користувач може розробити програму самостійно, в інших – використовуються готові рішення, в яких користувачеві доступні лише типові сценарії.

Сучасні системи «розумного будинку» поділяють на декілька різновидів [5]:

- оснащені власним контролером або обчислювальним сервером;

- системи, які використовують в якості процесора смартфон чи планшет користувача;

- системи, які опрацьовують інформацію за допомогою віддаленого сервера, що належить компанії-розробнику (хмарний сервіс).

На сьогоднішній день, ринок систем «розумного будинку» розвивається стрімкими кроками. Розглянемо наступні готові рішення, такі як, Revogi Sence Kit, Xiaomi Smart home Suite, Fibaro Starter kit.

Revogi Sence Kit – це інтелектуальна система безпеки для житлових приміщень [6]. Даний набір дозволяє легко створити систему, яка об'єднує всі домашні пристрої в одну екосистему. Всіма пристроями у наборі можна управляти за допомогою смартфона або планшета.

Однією з переваг системи «розумного будинку» від компанії Revogi є задоволення естетичних потреб користувача, оскільки продукція має стильний та компактний вигляд. Також подібні системи досить прості для монтажу і не потребують окремих ліній живлення та ліній зв'язку, а потрібна лише WiFi точка доступу. До недоліків цього рішення можна віднести невелику кількість актуаторів, а також невеликий спектр сенсорів, які можна встановити у приміщенні.

Компанія Xiaomi – китайська компанія, заснована Леєм Цзюнем у 2010 році [7]. Спеціалізується на виробництві електронної техніки, в першу чергу смартфонів та «розумних пристроїв». На даний момент компанія має лінійку пристроїв Xiaomi Smarthome Suite, які контролюються за допомогою Xiaomi MiHome – єдиного додатку, який керує продуктами розумного

дому Xiaomi: він використовується для управління та спілкування з пристроями, для підключення їх до мережі, а також для підключення пристроїв один до одного за допомогою WiFi та Bluetooth. До складу Xiaomi MiJia Smart home Security Kit входять різноманітні сенсори, аналізатори, камера спостереження, підсистеми керування режимом роботи побутових пристроїв, а також сучасний потужний центр керування системою безпеки – комутатор MiControlHub. Це головний пристрій, який потрібно підключити в MiHome, а вже до нього приєднувати і інші пристрої. Деякі пристрої можуть працювати окремо від хаба. Також на хабі є система підсвічування, яка може відображати до 16 млн. кольорів. В налаштуваннях хаба можна обрати режим, щоб підсвічування вмикалося автоматично, якщо в приміщенні недостатньо освітлення.

Як і у випадку з продукцією компанії Revogi, продукція компанії Xiaomi має сучасний дизайн, а також володіє більшою кількістю рішень у порівнянні з конкурентом. Fibaro Starter KIT EU Z-Wave – початковий комплект для організації розумного будинку Fibaro [8]. У цей набір входять, наприклад, контролер розумного будинку Fibaro Home Center Lite Z-Wave, розумний сенсор руху Fibaro Motion Sensor 3v1 Z-Wave, сенсор відкриття дверей / вікна FIBARO Door / Window Sensor 2 Z-Wave, сенсор протікання води Fibaro Flood Sensor Z-Wave, сенсор диму Fibaro Smoke Sensor Z-Wave, розумна розетка Fibaro Wall Plug Z-Wave. Fibaro Home Center Lite - це контролер для домашньої автоматизації, який використовується для управління системою розумного будинку Fibaro. Можна з'єднати до 230 актуаторів і сенсорів за допомогою бездротового протоколу Z-Wave. Комплекс працює зі зручним графічним інтерфейсом, який дозволяє контролювати всі пристрої і створювати сценарії.

Однак, розглянуті системи є кінцевими, «закритими», оскільки ці проектні рішення є готовим продуктом і не призначені для інтеграції в умови, не передбачені паспортними даними. Для таких цілей краще використовувати популярну нині платформу Arduino. Розробляючи систему на базі Arduino можна самому визначати варіант кінцевої системи, беручи до уваги також способи монтажу та набори вихідних даних для керування цією системою.

Arduino – італійська компанія, що займається розробкою і виробництвом компонентів і програмного забезпечення для систем «розумний будинок», призначених для неспеціалістів [6]. Примітним є те, що цей розробник створив повністю відкриту архітектуру запропонованих систем, що дало можливість стороннім виробникам розробляти нові та копіювати вже існуючі Arduino-сумісні пристрої, а також випускати для них програмне забезпечення.

Апаратна частина системи складається з плати із мікроконтролером (процесорна плата) і встановлених на ній плат розширення, які в побуті називають *shield*. Підключення плат розширення до процесорної плати дозволяє додавати до «розумного будинку» нові компоненти. Зібрана система може бути як повністю автономною, так і працювати сумісно з комп'ютером через стандартний дротовий або бездротовий інтерфейс.

Платформа Arduino представлена великою кількістю плат, які базуються на різних типах мікроконтролерів: Arduino Uno, Nano, Mega, Leonardo, Mini та інші. Всі ці плати відрізняються кількістю портів вводу/виводу, а також різними типами мікроконтролерів.

Також платформа Arduino має значний набір актуаторів, серед них: електродвигуни, реле та різноманітні перемикачі, диммери для плавного змінювання інтенсивності освітлення та інше.

Комплекс на платформі Arduino надає такі переваги:

- можливість автономної роботи, обумовлена наявністю власного контролера;
- широкі можливості з налаштування роботи системи (користувач сам пише програму, в якій можуть бути передбачені сценарії будь-якої складності);
- простота процесу завантаження програми в контролер: програматор для цього не потрібен, достатньо мати USB-кабель (в мікроконтролері є прошивка завантажувача Bootloader);
- доступна вартість компонентів, обумовлена відсутністю у того чи іншого виробництва монопольних прав (архітектура є відкритою).

До недоліків можна віднести те, що контролер Atmega, встановлений на плату Arduino, є однопоточним і не може виконувати завдання паралельно.

На даний момент існує багато середовищ моделювання платформи Arduino, це зумовлено значною популярністю даної платформи, серед них виділяють наступні:

- Tinkercad;
- Virtual BreadBoard;
- Proteus VSM 8.1.

За допомогою цього класу програм можна не тільки проектувати електронні схеми, а й віртуально підключати їх до електричного кола за допомогою вбудованого симулятора. У режимі реального часу можна спостерігати за поведінкою схеми, перевіряти і налагоджувати її працездатність. Якщо в такий симулятор додати віртуальну плату Arduino, то можна відстежити поведінку схеми і в Arduino-проектах. Для налагодження скетчів у багатьох відомих сервісах присутня також можливість завантаження справжніх скетчів, які «завантажуються» в модель, і змушують вести схему з підключеними елементами так само, як і з включеною реальною платою. Таким чином, можливо симулювати роботу досить складних проектів без фізичного підключення Arduino, що істотно прискорює розробку. Дані середовища представляються як у вигляді он-лайн сервісів, так і у вигляді готових продуктів під різноманітні операційні системи.

В ході проведення аналізу існуючих систем «розумного будинку» було виявлено, що готові рішення не задовольняють усі потреби користувача, тому в якості основної платформи розробки вирішено використовувати апаратно-обчислювальну платформу Arduino, яка буде здійснювати комунікацію з програмним забезпеченням через послідовний порт комп'ютера.

Метою даної роботи є підвищення надійності складних систем «розумного будинку», спроектованих на базі популярної платформи Arduino.

Матеріали і методи. В загальному вигляді система «розумний будинок» складається з двох рівнів: перший рівень – центральний контролер, який оброблює дані які поступають з сенсорів і видає керуючі сигнали на основі отриманих даних; другий рівень складається з сенсорів та актуаторів. В такій архітектурі головний контролер являється пристроєм з кнопками керування та дисплеєм. При використанні платформи Arduino, головний контролер представляється у вигляді одної з плат Arduino (наприклад:

Arduino Nano, Arduino Leonardo та інші), яка в свою чергу базується на мікроконтролері Atmega.

В даній роботі пропонується інша архітектура, де головний контролер виступає у якості пристрою-посередника, тобто він приймає дані з сенсорів та передає ці дані на комп'ютер чи сервер. В такій системі комп'ютер чи сервер видають керуючі сигнали на головний контролер, який в свою чергу відправляє керуючі сигнали на актуатори, наприклад, по сигналу з

керуючого комп'ютера, відбувається відкриття вікон чи ввімкнення світла. При такому підході на комп'ютер чи сервер встановлюється програма, яка розроблена для системи «розумного будинку», при цьому сервер може бути сконфігурований таким чином, що можна керувати даним «розумним будинком» віддалено, через будь-який пристрій, що має вихід в мережу Інтернет. На рисунку 1 зображено запропоновану архітектуру з виділеним комп'ютером.

Рисунок 1 – Архітектура системи «розумний будинок» з виділеним комп'ютером

Організація віддаленого доступу, для керування системою через смартфон, забезпечується за допомогою Web-серверу, який встановлюється на керуючий комп'ютер. Вдалим варіантом для організації такої системи є використання одноплатного комп'ютера Raspberry Pi в якості пристрою керування. Оскільки Raspberry Pi працює на базі операційної системи Linux, то для віддаленого контролю необхідно лише налаштувати звичайний LAMP сервер. Всі дані у системі передаються у форматі JSON, які можна передати на спеціально розроблену web-сторінку, через яку можна віддалено керувати системами даного «розумного будинку».

Спектр обладнання, яке можна встановити в житло, вкрай широкий і різноманітний, тому кожна частина структури представляє собою складну систему, що дозволяє вирішувати практично будь-які завдання, поставлені замовником. У даній роботі враховані основні функції системи, які найбільш поширені і широко використовуються в «розумних будинках» по всьому світу.

Обравши всі необхідні компоненти, необхідно програмно описати функції, що

виконуються системою керування «розумний будинок». Програму можна розділити на смислові частини, кожна з яких відповідає одній з функцій, які виконуються «розумним домом».

Першою функцією, яку виконує система «розумний будинок», є система контролю освітлення. Дана система базується на сенсорах руху та рівня освітленості. Головний контролер системи отримує дані з цих сенсорів, і виконує необхідні дії. Другою функцією системи «розумний будинок» є контроль температури у приміщенні, що організовано наступним чином: система отримує дані з сенсору температури, після цього проходить порівняння значень з встановленими, якщо температура вище, ніж потрібно, то вмикається система охолодження, якщо нижче – система опалення.

Наступна система – це система безпеки, яка складається з двох основних підсистем, перша – безпека від проникнення, друга – протипожежна безпека.

Система контролю розумних пристроїв працює за дуже простим алгоритмом: система очікує команду від користувача, та по команді активує той чи інший пристрій. Алгоритм запускається циклічно, у

проміжках між передачею даних, спеціальна функція отримує керуючі сигнали для даної системи.

Моделювання є невід'ємною частиною розробки будь-якої системи керування та дозволяє налагодити виконання основних завдань та функцій системи. На даному етапі роботи проводиться моделювання основних функцій системи «розумний будинок» в середовищі Proteus VSM.

Пакет моделювання Proteus VSM у базовому варіанті не має компонентів, пов'язаних з платформою Arduino, тому є декілька варіантів розробки моделі для системи на базі платформи Arduino: перший – зібрати принципову схему з паспорту на пристрій на Arduino UNO, оскільки ця плата базується на мікроконтролері ATmega328, який присутній у базовому пакеті Proteus VSM, другий – скористатися вже готовою бібліотекою Arduino.

Для даного проекту нам знадобляться наступні бібліотеки для Proteus VSM:

- Arduino UNO Library – бібліотека додає плату Arduino UNO у каталог наявних пристроїв;
- Gas Sensor Library – додає сенсори газу серії MQ;
- PIR-Sensor Library – додає сенсори руху;
- DHT-11 Library – додає сенсори температури та вологості DHT-11;
- LDR Sensor Library - додає сенсори освітленості.

Всі ці бібліотеки необхідно скопіювати у папку ...\\Proteus\\LIBRARY.

Наступними кроками моделювання є:

- створення проекту в середовищі Proteus VSM;
- вибір та додавання компонентів, з яких будується система, а саме – вибір сенсорів, актуаторів та мікроконтролеру для даної системи «розумного будинку»;
- об'єднання всієї компонентів у принципову схему системи;
- налаштування конфігураційних файлів для сторонніх бібліотек;
- розробка прошивки для мікроконтролеру;
- розробка клієнтського додатку для керування системою.

Оскільки в даній системі платформа Arduino є лише приймачем/передавачем інформації, а рішення приймає головний комп'ютер, то на основі всіх даних, що

передаються, й відбувається керування системою.

Головний комп'ютер керує системою за допомогою «командних слів», посылаючи ці слова по послідовному порту, до якого підключений головний контролер системи. Контролер аналізує надіслане «керуюче слово», наприклад, слово «heatsystem», активує систему опалення та вмикає цю систему, при цьому передаючи інформацію про її стан на головний комп'ютер. При цьому кожне «керуюче слово» обов'язково повинне бути відокремлене спеціальним символом, в даному випадку це символ «@».

Як було зазначено раніше, Arduino є скоріше пристроєм передачі даних, на стороні мікроконтролера не приймаються основні рішення. Всі рішення про роботу системи приймаються на комп'ютері, до якого підключається плата Arduino. Клієнт за допомогою програмного додатку може здійснювати контроль над системою, при цьому цей додаток може бути як мобільним так і будь-яким іншим, оскільки дані надходять в універсальному форматі.

Розроблено клієнтський додаток, написаний на мові програмування Java з використанням бібліотеки Swing для створення графічного інтерфейсу системи.

Для тестування розробленої системи необхідно об'єднати середовище моделювання Proteus VSM та розроблений клієнтський додаток, це можна зробити за допомогою допоміжної програми, яка створює віртуальний послідовний порт – Virtual Serial Ports Emulator (VSPE).

Способи підвищення надійності системи. Підвищення надійності системи на базі мікроконтролерів пропонується здійснити наступними способами, а саме:

- резервування контролерів;
- здійснення резерву по живленню;
- резервування каналів зв'язку.

При «гарячому» резервуванні дві (або більше) плат платформи Arduino підключаються паралельно до джерела живлення, причому пристрої знаходяться в активному стані постійно [10]. Для реалізації цього додамо до розробленої системи ще одну плату Arduino UNO.

У схемі присутні два контролери Arduino UNO, які підключені до сенсорів паралельно. Також обидва контролери пов'язані за допомогою послідовного порту, який представлений двома контактами 0 (RX)

і 1 (RX) кожної з плат. Такий спосіб підключення дозволяє отримувати достовірні дані з сенсорів на обох контролерах одночасно, та надсилати їх по послідовному порту (реальному чи віртуальному). При цьому контролери мають однаковий програмний код, але за однієї умови: оскільки послідовний порт не може приймати дані одночасно від двох контролерів, то необхідно встановити затримку для передачі даних. Перевіряємо результат роботи системи, при симуляції використовуємо інструмент середовища Proteus VSM – «Віртуальний термінал».

Резервування платформи Arduino з використанням сигнального дроту – такий спосіб можна напевне віднести до так званого «теплого» резервування. Для здійснення резерву з використанням сигнального дроту із головного контролера на резервний поступає сигнал з п'ятивольтової лінії, резервний контролер постійно зчитує цей сигнал, і поки надходить 5В, знаходиться у режимі очікування. Після того, як на вхід резервного контролера перестає надходити сигнал в 5В, резервний контролер переходить до активного стану та ініціює виконання основного коду програми. Доки резервний контролер знаходиться в стані очікування, його порти відключені, а після переходу в активний стан всі порти починають працювати у штатному режимі. При всьому цьому один контакт контролеру зарезервований та підключений до контакту перезавантаження контролеру, що необхідно для випадків, коли головний контролер може повернутися в робочий стан.

Для здійснення «холодного» резерву, необхідно у схему включити пристрій для безпечного перемикавання сигналу живлення. При цьому необхідно враховувати умови переключення контролерів, оскільки для різних задач існують різні варіанти переключення. Наприклад, у найпростіших задачах (наприклад, в системі вмикання/вимикання світла) перемикавання можна здійснити за допомогою мікросхеми CD4030BE, яка по суті є звичайним логічним елементом «виключаюче АБО». На входи мікросхеми CD4030BE подаються дві напруги: перша – з джерела живлення, а друга – з п'ятивольтової лінії головного контролеру. У випадку, якщо мікроконтролер головної плати відмовить і перестане подавати живлення на п'ятивольтову лінію, то з вихідного контакту

мікросхеми CD4030BE буде ввімкнено лінію живлення на резервний контролер.

Також, як механізм перемикавання, можна теж використовувати мікроконтролер, наприклад Attiny85, але при цьому необхідно враховувати час перемикавання, який залежить від швидкості роботи мікроконтролера. У такому випадку до входів Attiny85 підключаються п'ятивольтова лінія з головного мікроконтролера та напруга з джерела живлення. В мікроконтролер прошивається програма, котра аналізує вхідні напруги, і у випадку, якщо відсутня напруга з головного контролеру, забезпечує подачу напруги на резервний.

Резервування джерел живлення забезпечується за допомогою спеціалізованих мікросхем LTC4412 або LTC4416, які відстежують обриви лінії живлення та здійснюють плавне перемикавання джерел напруги. Дані схеми підключаються до двох джерел живлення, а саме основного та резервного, а виходи підключаються до вхідної напруги платформи Arduino. При цьому необхідно враховувати, що при перемиканні живлення виникає затримка, в цей період контролер буде неактивним, але при відновленні живлення почне працювати в штатному режимі.

Резервування каналів зв'язку забезпечується за допомогою використання як дротового так і бездротового з'єднання. Для бездротового з'єднання можна використовувати плати розширення RF, які працюють на частоті 433 МГц, ці плати представлені у вигляді двох окремих плат: одна працює у режимі передачі (TX), а інша у режимі прийому (RX). Ці плати підключаються до контактів послідовного порту TX ->TX, RX->RX.

Для реалізації резерву необхідно дві плати Arduino UNO, перша з них виступає у ролі передавача інформації, до неї підключаються всі сенсори системи та модуль TX для бездротової передачі по послідовному порту. Друга плата Arduino підключається до керуючого комп'ютера та приймає дані з сенсорів через модуль RX. Додатково, для підвищення надійності, обидві плати Arduino поєднуються фізичним середовищем.

При такому підключенні, якщо виникне проблема з обривом дроту, то передача даних продовжиться по резервному бездротовому каналу зв'язку. І навпаки, якщо зникне

бездротовий зв'язок, то передача продовжиться по дротовому з'єднанню.

Для резервування лінії передачі найпростішим способом є дублювання послідовного порту. При реалізації такого способу використовуються дві плати Arduino та по чотири контакти на кожній з них. Для цього необхідно програмно створити додатковий послідовний порт на платах Arduino UNO. При фізичному розміщенні системи у приміщенні всі канали зв'язку прокладаються окремо один від іншого, що підвищує надійність при виході з ладу одного з каналів зв'язку.

Результати та їх обговорення.

Система повинна працювати як можна більше часу без відмови, для цього знайдемо основні показники надійності. Показники надійності:

а) Показник безвідмовності – властивість об'єкта безупинно зберігати працездатність протягом певного часу (напрацювання). Для початку розрахуємо час безвідмовної роботи для кожного компонента окремо [9]:

- 1) МК Arduino UNO – 175200 год.
- 2) Сенсор температури та вологості DHT-11 – 80000 год.
- 3) Сенсор диму MQ2 – 60000 год.
- 4) Сенсор освітлення BH1750 – 65000 год.

- 5) Сенсор руху HS-SR501 – 70000 год.
- 6) Реле – 100000 год.

б) Інтенсивність відмов i -го елемента визначається за формулою (1):

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i} \quad (1)$$

$$\lambda_{MK} = \frac{1}{T_{MK}} = \frac{1}{175200} = 5,7 \cdot 10^{-6}$$

(1/год.)

$$\lambda_{dht11} = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ (1/год.)}$$

$$\lambda_{mq2} = 16,7 \cdot 10^{-6} \text{ (1/год.)}$$

$$\lambda_{bh1750} = 15,3 \cdot 10^{-6} \text{ (1/год.)}$$

$$\lambda_{sr501} = 14,2 \cdot 10^{-6} \text{ (1/год.)}$$

$$\lambda_{реле} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ (1/год.)}$$

в) Імовірність безвідмовної роботи одного елемента системи по експонентному закону розподілу часу, визначається:

$$P_i(t) = e^{-\lambda_i t} \quad (2)$$

де λ_i – інтенсивність відмов i -го елемента, 1/год; t – час, який повинна працювати система (для розрахунку $t=10000$ годин).

З розрахунків отримуємо:

$$P_{MK}(t) = e^{-5,7 \cdot 10^{-6} \cdot 10000} = 0,9445$$

$$P_{dht11}(t) = 0,8824$$

$$P_{mq2}(t) = 0,8461$$

$$P_{bh1750}(t) = 0,8581$$

$$P_{sr501}(t) = 0,8676$$

$$P_{реле}(t) = 0,9048$$

Розрахуємо показники надійності для системи в цілому.

Згідно графу надійності, імовірність безвідмовної роботи системи з послідовною структурою елементів упродовж 10000 годин визначається за формулою (3):

$$P_{системи} = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (3)$$

В результаті отримуємо:

$$P_{системи} = 0,4297$$

Інтенсивність відмов системи:

$$\lambda_{системи} = -\frac{\ln 0,43}{10000} = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ (1/год.)}$$

Середнє напрацювання на відмову системи, визначається за наступною формулою (4):

$$T_{системи} = \frac{1}{\lambda_{системи}} \quad (4)$$

З розрахунків отримуємо, що $T_{системи} = 11905$ годин. Виходячи з того, що система працює 24 години 365 днів у році, отримуємо середнє напрацювання на відмову у роках:

$$T_{системи / річ} = \frac{11905}{24 \cdot 365} \approx 1,35 \text{ роки.}$$

Виходячи з отриманих даних можна побачити, що очікуваний час напрацювання на відмову складає 1,35 роки, тому необхідно розглянути способи підвищення надійності даної системи.

Розрахуємо показники надійності для «гарячого» резерву. Для початку розрахуємо показники надійності тільки для мікроконтролеру, а потім для всієї системи. На рисунку 2 зображено граф надійності для «гарячого» резерву двох мікроконтролерів. Вірогідність безвідмовної роботи «гарячого» резерву на лінії АВ визначається за формулою (5):

$$P_{AB} = 1 - (1 - P_{MK1}) * (1 - P_{MK2}) \quad (5)$$

Згідно з формулою (5) та значеннями отриманими раніше отримуємо $P_{AB} = 0,997$. Підрахуємо інші параметри згідно формулам 3 та 4, в результаті чого отримуємо показник інтенсивності відмови системи та середнє напруження на відмову у роках:

$$\lambda_c = 1 * 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

$$T_{річне} = 101.47 \text{ років.}$$

Рисунок 2 – Граф надійності «гарячого» резерву двох мікроконтролерів на умовній лінії зв'язку АВ

Тепер розрахуємо надійність для всієї системи. На рисунку 3 зображено граф надійності для системи з «гарячим» резервом. Підрахуємо параметри згідно формулам 2 та 3, та отримуємо:

$$P_{системи} = 0,4536$$

$$\lambda_{системи} = 7,9 * 10^{-5} \text{ 1/год.}$$

$$T_{системи} = 12658 \text{ год.}$$

$$T_{річне} = 2,44 \text{ років.}$$

На рисунку 4 наведено графіки, які показують ефективність використання «гарячого» резерву в системі.

Рисунок 3 – Граф надійності для системи з «гарячим» резервом

Рисунок 4 – Графіки ефективності використання «гарячого» резерву мікроконтролерів у системі «розумний будинок»

Висновки. В даній роботі наведено архітектуру для побудови системи «розумний будинок», в якій плата Arduino є посередником між сенсорами та комп'ютером. При використанні даної архітектури можливо

здійснювати віддалений контроль «розумного будинку» за допомогою смартфона чи планшету, який підключається до веб-застосунку, встановленому на керуючому комп'ютері. Дані в системі передаються у форматі JSON, це дозволяє розробити API для віддаленого керування та відстеження параметрів системи.

Модель запропонованої системи протестовано у середовищі моделювання Proteus VSM, для контролеру розроблено «прошивку», яка забезпечує функціонування системи.

Також було розглянуто задачу підвищення показників надійності системи, зокрема, вірогідності безвідмовної роботи. Запропоновано декілька способів підвищення надійності розробленої системи а саме: гарячий, холодний та теплий резерв контролерів; резерв ліній живлення; резерв ліній передачі даних.

Використання «гарячого», «теплого» та «холодного» резервування контролерів для

системи «розумний будинок» необхідно тоді, коли здійснюється віддалене керування системою. При виникненні проблеми з головним контролером системи, резервний вступає у дію та забезпечує безперебійне функціонування системи.

При використанні «гарячого» резервування система має досить високу надійність та швидкість роботи, оскільки при відключенні одного з контролерів передача даних продовжиться. Але при гарячому резервуванні обидва контролери знаходяться в активному стані, що негативно впливає на енергоефективність системи.

При використанні «теплого» резерву ситуація приблизно така сама, як і при

«гарячому», за винятком того, що при вимкненні головного контролера відбудеться затримка, яка необхідна для ввімкнення резервного контролера.

«Холодний» резерв забезпечує оптимальну енергоефективність та надійність системи, але більш складний у реалізації, оскільки має додаткові елементи, які здійснюють перемикавання.

Для досягнення найбільшої ефективності можна використовувати всі наведені способи підвищення надійності як окремо, так і їх комбінацію.

Розроблена модель системи протестована та придатна для застосування у реальних умовах.

Література

- [1] AVR [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR>
- [2] Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/>
- [3] Розумний дім [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation
- [4] Компоненты системы умный дом своими руками [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dom-automation.ru/umnyj-dom/articles/komponenty-sistemy-umnyj-dom-svoimi-rukami.html>
- [5] Рівні розумного будинку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://erc.ua/erc-reviews/19643/rivni-rozumnogo-budinku/>
- [6] SMART Sense – Revogi Innovation [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.revogi.com/product/smart-sense/>
- [7] Xiaomi Smart Home [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Xiaomi_Smart_Home
- [8] HomeKit smart home device | FIBARO [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.fibaro.com/en/homekit/>
- [9] Азарсков В. М. Надежность систем управления и автоматики. Учебное пособие / В. Н. Азарсков, В. П. Стрельников — К.: НАУ, 2004. — 164с. ISBN 966-598-173-0
- [10] Способи підвищення надійності системи "розумний будинок" на платформі Arduino Nano / А.О. Федько, І.Я. Зеленцова, М.Ю. Тягунова, А.В. Тіменко, О.О. Бугасв // Міжнар. наук.-практ. конф.: «Technical sciences: history, the present time, the future, EU experience», 27-28 september, 2019: тези доп., - Wlowlawek, Republic of Poland, 2019. – Р. 49-52.

References

- [1] AVR. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR>
- [2] Arduino. Available at: <https://www.arduino.cc/>
- [3] Rozumnij dim. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation
- [4] Komponenty sistemy umnyj dom svoimi rukami. Available at: <http://dom-automation.ru/umnyj-dom/articles/komponenty-sistemy-umnyj-dom-svoimi-rukami.html>
- [5] Rivni rozumnogo budinku. Available at: <https://erc.ua/erc-reviews/19643/rivni-rozumnogo-budinku/>
- [6] SMART Sense – Revogi Innovation. Available at: <https://www.revogi.com/product/smart-sense/>
- [7] Xiaomi Smart Home. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Xiaomi_Smart_Home
- [8] HomeKit smart home device | FIBARO. Available at: <https://www.fibaro.com/en/homekit/>

- [9] Azarskov V. M. Nadezhnost sistem upravleniya i avtomatiki. Uchebnoe posobie / V. N. Azarskov, V. P. Strelnikov — K.: NAU, 2004. — 164s. ISBN 966-598-173-0
- [10] Sposobi pidvishennya nadijnosti sistemi "rozumnij budinok" na platformi Arduino Nano / A. Fedko, I. Zelenova, M. Tyagunova, A. Timenko, O. Bugayev // Mizhnar. nauk.-prakt. konf.: «Technical sciences: history, the present time, the future, EU experience», 27-28 september, 2019: tezi dop., - Wlolariek, Republic of Poland, 2019. — P. 49-52.

Надійшла до редакції 20.12.2019 р.

Федько Антон Олексійович – магістр кафедри комп'ютерних систем та мереж, Національний університет «Запорізька політехніка» (вулиця Жуковського, 64, Запоріжжя, Запорізька область, 69061)

E-mail: fedkoanton.a@gmail.com

Зеленьова Ірина Яківна – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж, Національний університет «Запорізька політехніка» (вулиця Жуковського, 64, Запоріжжя, Запорізька область, 69061)

E-mail: irina.zeleneva@gmail.com

Тягунова Марія Юрїївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж, Національний університет «Запорізька політехніка» (вулиця Жуковського, 64, Запоріжжя, Запорізька область, 69061)

Email: mary.tyagunova@gmail.com

DEVELOPMENT AND MODELING OF A SMART HOME SYSTEM WITH INCREASED RELIABILITY BASED ON ARDUINO

The article describes the architecture for designing a Smart home system in which the Arduino board is the connecting node between the sensors and the computer. Using this architecture, you can remotely control a Smart home using a smartphone or notepad – these gadgets are connected to the web service installed on the user's computer. Data in the system is transmitted in JSON format, this allows user to develop an API for remote control and monitoring of system parameters. To simulate and test the proposed system, the Proteus VSM was used. The necessary software for the system controller has been developed.

The problem of increasing the reliability of the system, namely the probability of failure-free operation, was also considered. Several methods have been proposed to increase reliability by redundancy. Hot and cold redundancy of controllers, redundancy of power supply lines, as well as data transmission lines are described. When using hot standby, the system provides a sufficiently high reliability and speed, since data transfer will continue even if one of the controllers fails. However, with this method, both controllers are turned on and require electricity.

The cold redundant system provides high energy efficiency and reliability, but the implementation of such a system is more complicated due to the additional elements for switching the reserve. All the described redundancy methods can be used both separately and in combination, which can increase the effect. The developed model of the Smart home system is tested and suitable for use.

Keywords: *microcontroller, Arduino, Proteus VSM, client application, increased reliability*

Fedko Anton – Master of Department of Computer Systems and Networks, National University «Zaporizhzhya Polytechnic» (Zhukovsky Street, 64, Zaporizhzhia, Zaporizhzhia Region, 69061).

Email: fedkoanton.a@gmail.com

Zelenova Irina – PhD, Associate Professor of Department of Computer Systems and Networks, National University «Zaporizhzhya Polytechnic» (Zhukovsky Street, 64, Zaporizhzhia, Zaporizhzhia Region, 69061)

Email: irina.zeleneva@gmail.com

Tyagunova Marya – PhD, Associate Professor of Department of Computer Systems and Networks, National University «Zaporizhzhya Polytechnic» (Zhukovsky Street, 64, Zaporizhzhia, Zaporizhzhia Region, 69061)

Email: mary.tyagunova@gmail.com