

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 20_ р.

Випускна кваліфікаційна робота

магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка та дослідження системи автоматизації життєзабезпечення для
приватного будинку»

Виконав : студент 2 курсу, групи СУАм-19
(шифр групи)

спеціальності

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Воробйов Д.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник к.ф-м.н., доц. каф. АТ Лесіна Є.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

*Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.*

Студент _____

(підпис)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
(дата)
з оцінкою _____
секретар ДЕК _____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка та дослідження системи автоматизації життєзабезпечення для
приватного будинку»

Виконав студент групи _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Керівник _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Зав. каф. автоматики та телекомунікацій _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Консультанти _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

_____ (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

_____ (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Нормоконтролер _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно - інтегрованих технологій, автоматизації
електроінженерії та радіоелектроніки

Кафедра автоматика та телекомунікації

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____/_____
“ ____ ” ____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я **НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Воробйов Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка та дослідження системи автоматизації
життєзабезпечення для приватного будинку»

керівник роботи:

Лесіна Є.В. к.ф-м.н., доц. каф. АТ

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

затверджені наказом від “23” 09 2020 року №693

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: результати наукової-дослідницької
переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1) Постановка задачі

2) Розробка рішення

3) Апаратна реалізація

4) Охорона праці

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

1) Алгоритм роботи системи

2) Принципова схема

3) Моделювання роботи системи

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання	05.06.20	
2	Збір інформації	01.09.20	
3	Розробка та дослідження системи автоматизації життєзабезпечення для приватного будинку	01.10.20	
4	Моделювання системи управління	05.11.20	
5	Опис охорони праці	22.11.20	
6	Оформлення дипломної роботи	25.11.20	

Студент

(підпис) **Воробйов Д.О.**
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис) **Лесіна Є.В.**
(прізвище та ініціали)

Лист зауважень

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Воробйов Дмитро Олександрович «Розробка та дослідження системи автоматизації життєзабезпечення для приватного будинку» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (спеціалізація «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»). – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2020.

Робота містить 95 сторінок, складається з вступу, 4 розділів, висновків, 19 використаних джерел, 36 рисунків, 6 таблиць.

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи була описана математична модель оптимізації та структура функціонування систем масового обслуговування. Зроблена система автоматизації життєзабезпечення, яка обробляє стан та мешканця будинку, створена загальна структура системи та оптимальну керовану енергетичну систему будівлі, що забезпечує інформацію та коригує стан поведінки. На основі розроблених моделей можливе створення повномасштабної системи, яка може бути встановлена в квартирах, офісних приміщеннях, котеджах або заміських будинках.

Ключові слова: РОЗУМНИЙ, БУДИНОК, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДАТЧИК, МІКРОКОНТРОЛЕР, МОДЕЛЮВАННЯ, SIMULINK.

Список публікацій здобувача

1. Результати були представлені на V-всеукраїнському науково-практичному форумі ТАК-2019, м. Покровськ.

2. Результати були представлені на VI-всеукраїнському науково-технічному конференції АКУ-2020, м. Покровськ.

3. Результати були представлені на VI-всеукраїнському науково-практичному форумі ТАК-2020, м. Покровськ.

ABSTACT

Vorobiov Dmytro Aleksandrovich «Development and research of life support automation system for a private house» / Graduation qualification work for the degree of "master" in the specialty 151 «Automation and computer-integrated technologies» (specialization «Computer control systems and automation»). – SHEI DonNTU, Pokrovsk, 2020.

The work contains 95 pages, consists of an introduction, 4 sections, conclusions, 19 sources used, 36 figures, 6 tables.

During the master's qualification work the mathematical model of optimization and structure of functioning of queuing systems was described. A life support automation system has been developed, which handles the condition and the occupant of the house, a general system structure and an optimal controlled energy system of the building have been created, which provides information and corrects the state of behavior. Based on the developed models, it is possible to create a full-scale system that can be installed in apartments, offices, cottages or country houses.

Keywords: SMART, HOUSE, AUTOMATION, SENSOR, MICROCONTROLLER, SIMULATION, SIMULINK.

List of applicant's publications

1 The results were presented at the V All-Ukrainian Scientific and Practical Forum TAK-2019, Pokrovsk.

2. The results were presented at the VI All-Ukrainian Scientific and Technical Conference AKU-2020, Pokrovsk.

3. The results were presented at the VI All-Ukrainian Scientific and Practical Forum TAK-2020, Pokrovsk.

ЗМІСТ

ВСТУП	12
1 ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	16
1.1 Історія та аналіз системи автоматизації життєзабезпечення будинків	19
1.2 Спектр типів технологій розумного будинку	24
1.3 Потенційні переваги технологій розумного будинку	28
Висновки до розділу 1	35
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ І АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	36
2.1 Вибір програмної платформи та структура системи.....	36
2.2 Датчики та обладнання.....	38
2.3 Математична модель оптимізації режимів та структура функціонування системи масового обслуговування	44
2.3.1 Обслуговування з одноканальною чергою.....	46
2.3.2 Багатоканальна система	49
2.4 Виявлення потенційних перешкод і ризиків для розумних будинків	50
2.5 Калібрування більш стійкою політики розумного будинку.....	61
Висновки до розділу 2	64
3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ.....	65
3.1 Експериментальне дослідження в середовищі SIMULINK.....	65
3.2 Майбутнє дослідження систем автоматизації життєзабезпечення.....	76
3.2.1 Демографія і практика перших послідовників	76

3.2.2 Подвійність контролю	78
3.2.3 За межами автоматизації життєзабезпеченням будинків в соціально-технічних систем.....	79
Висновки до розділу 3	81
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ	82
Висновки до розділу 4	91
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93

ВСТУП

В наш час люди адаптувалися більш комфортними гаджетами, середовищем проживання, технологіями тощо. Людина розуміє коли:

- змінюється клімат (настає тепло або холод, змінюється тип повітря);
- модно (гарний дизайн і функціональність навколишніх предметів);
- потрібно включити / вимкнути: комп'ютер, пральні машини, мікрохвильові печі, музичний центр, кондиціонер, телевізор та інші;
- потрібно використовувати безпеку для будинку або близьких.

І це все можна автоматизувати в сучасну будівлю системами:

- контролю доступу;
- управління енергопостачанням (включаючи систему освітлення);
- охоронної та пожежної сигналізації;
- управління опаленням;
- управління вентиляцією;
- мобільного та інформаційною мережею будівлі;
- управління кондиціонуванням.

Всі ці системи утворюють одну єдину систему, яка називається життєзабезпеченням приватного будинку інакше “Розумний будинок”. За допомогою розумних систем, покращуємо житло та робимо його більш привабливою і безпечною, навіть якщо людина не перебуває вдома.

Наприклад, є можливість зробити в холодильнику систему, яка буде автоматично змінювати у себе температуру, враховуючи кімнатну температуру щоб менше витратити електрику. Або автоматично включати світло в темній кімнаті, коли проходить людина і потім вимикати, якщо людина пішла з цієї кімнати.

Технології розумного будинку відносяться до пристроїв, які надають мешканцям певний рівень цифрового підключення або розширених послуг і часто

є синонімом «систем домашньої автоматизації». Розумні будинки зайняли центральне місце в недавніх обговореннях технологій і політики, що стосуються енергоефективності, зміни клімату та інновацій і це тільки деякі з них.

Наприклад, численні дослідження підкреслюють важливість технологій розумного будинку для створення будівель з нульовим споживанням енергії протягом життєвого циклу. Інші говорять про необхідність перекладу будівельного фонду в сторону домашньої автоматизації і інтелектуальних систем для скорочення використання ресурсів. «Розумні будинки» є одним з десяти стовпів в сферах дій Європейського Союзу зі стратегічних інвестицій в енергетику. У Сполученому Королівстві Управління ринків газу та електроенергії підкреслює, що «розумні будинки і бізнес» є ключем до їх планам, щодо подальшої декарбонізації електроенергії, а також по інтеграції більш істотних програм реагування на попит. Таким чином, прогнози припускають, що ринок технологій для розумного будинку буде значно зростати і вони можуть стати визначальним фактором майбутніх енергетичних переходів.

Дійсно, що технології розумного будинку поширилися серед 7,6% домогосподарств у всьому світі і принесли очікуваний дохід в розмірі 45000 млн доларів в 2018 році. За оцінками ринкових аналітиків, в кінець 2017 року тільки в Європі налічувалося 23 мільйона розумних будинків, або 10% європейських домогосподарств. Вони прогнозують зростання приблизно на 31% в рік або 83 мільйони розумних будинків до 2022 року, при цьому Франція, Німеччина і Великобританія лідирують на європейському ринку. Прогноз, що до 2021 року 35% всіх домашніх господарств в Північній Америці і 20% домашніх господарств в Європі можна буде класифікувати як розумні будинки. Тільки в Сполученому Королівстві в Промисловій стратегії країни йдеться про інтелектуальні системи з чіткою політикою розвитку цифрової інфраструктури з державними інвестиціями понад 1 мільярд фунтів стерлінгів. В плані чистого зростання інтелектуальні системи, розглядають як елементарну частину державної інвестиції в НДДКР в

області екологічно чистих технологій, включаючи 265 мільйонів фунтів стерлінгів на інтелектуальні системи та 185 мільйони фунтів стерлінгів в будинку, включаючи тепло та енергоефективність. Крім того, розумні будинки зі зрозумілих причин розглядаються як ключові елементи в рамках зусиль по просуванню розумних мереж і розумних міст. Нарешті, вони впливають на те, як люди говорять про будинок в майбутньому, з появою нових лінгвістичних термінів для класифікації нових форм вміння. В індустрії підкреслюють, як розумні будинки можуть поєднувати зручність та задоволення, посилюючи відчуття комфорту, душевного спокою і навіть романтики. Технології розумного будинку часто використовуються для отримання таких нефункціональних і неутилітарні переваг, як символ багатства, альтруїзму або прихильності стійкості.

Основним внеском, крім пропозиції дивної сучасної класифікації стану розвитку технологій розумного будинку в Європі, полягає в тому, щоб також підкреслити соціальні, культурні, поведінкові і навіть політичні аспекти розумних будинків поряд з технічними та економічними. Далі, велика частина з них складається з технічних досліджень. Такі огляди вимагають кращого розуміння того, як користувачі можуть використовувати розумні будинки або іншим чином взаємодіяти з ними.

Актуальність: системи «розумний будинок» швидко розвиваються, вони використовуються для забезпечення комфорту, зручності, якості життя та безпеки для мешканців. В даний час більшість систем, використовуються для зменшення людської праці. Система «розумний будинок» може бути спроектована та розроблена за допомоги одного контролера, який має можливість керувати та контролювати різні пов'язані між собою пристрої, такі як штепсельні вилки, світильники, датчики температури та вологості, димові, газові та пожежні сповіщувачі, а також аварійні та охоронні системи. Одна з найбільших переваг системи полягає в тому, що можна легко керувати та управляти масивом пристроїв, таких як смартфон, планшет, настільний комп'ютер та ноутбук.

Мета: розробка та дослідження системи автоматизації життєзабезпечення для приватного будинку.

Завдання: аналіз архітектури та розробка системи: енергозбереження та забезпечення безпеки для розумного будинку.

Об'єкт дослідження: приватний будинок.

Предмет дослідження: розробка системи енергопостачання будинку та систему моніторингу будинку, яка показує інтелектуальний стан домашньої безпеки.

Робота містить 95 сторінок, складається з вступу, 4 розділів, висновків, 19 використаних джерел, 36 рисунків, 6 таблиць.

1 ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Розумний будинок – це дуже цікавий і перспективний напрямок, який на жаль розвивається вкрай повільно в Україні. Що таке розумний будинок? Розумний будинок по суті – це набір різних систем, гаджетів, розеток, лампочок і всього іншого, що полегшують життя користувачам. Завдяки тому, що підключається до якогось єдиного хабу або хоча б до свого додатком, і є можливість управляти ними зі смартфона або якогось пульта. На рис.1.1 бачимо, як повинна виглядати розумна система будинку.

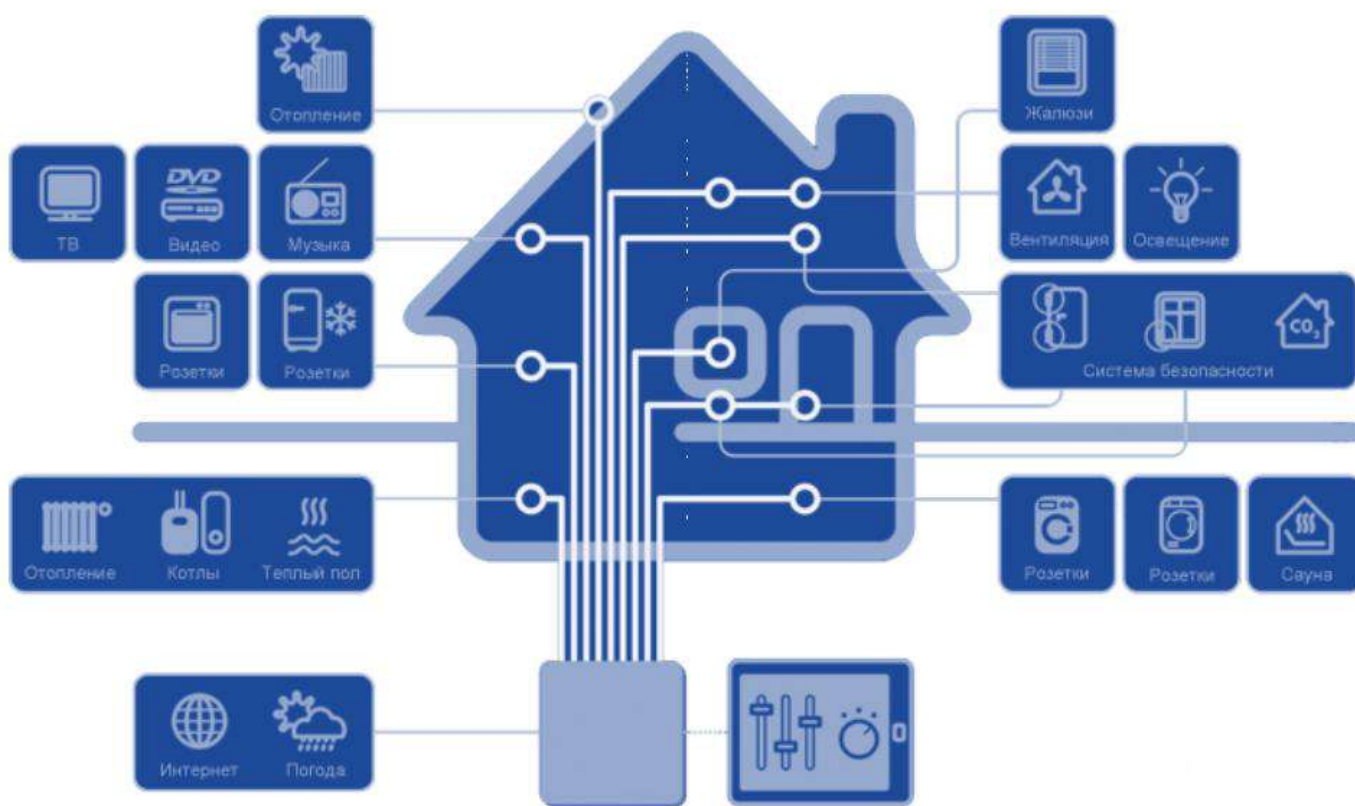


Рисунок 1.1 – Розумна система будинку

Раніше можна було бачити в якихось футуристичних фільмах, де, наприклад, герой заходив до квартири, робив хлопок – і включалося світло, відкривалися штори

і якийсь робот приносив їжу на підносі. У наш час це вже по суті реальність. Тільки зараз люди не роблять хлопок, а говорять "привіт" (який-небудь голосовий асистент) увімкни світло і голосовий помічник вмикає світло. Найчастіше, це не те що прямо таки дуже необхідне і все це можна замінити звичайними пристроями, наприклад, дуже поширений кейс використання термостатів, які підключаються до смартфона. У приватних будинках або в квартирних будинках поверховістю до 9 є газові котли, якщо забудовник їх поставив, і за замовчуванням вони управляються безпосередньо з газового котла, але це не дуже економно, бо людина, наприклад виставляє сорок градусів – це температура води в системі, і ось коли досягається ця температура, то котел вимикається, але при цьому він не заміряє температуру приміщення і він буде кочегарити стільки скільки йому треба, для того щоб нагрівати воду, а в приміщенні при цьому вже може бути реально жарко, тому що за вікном погода змінилася і щоб економити встановлюються термостати. Це який-небудь блочок, який може бути десь поруч або навіть винесено окремо від котла, і людина на ньому виставляє температуру бажану саме в приміщенні, при цьому його можна навіть програмувати і по суті це вже маленька частина розумного будинку. Але щоб об'єкт став по-справжньому частиною розумного будинку, потрібно, щоб мікроконтролер ще й підключався до якогось додатку або до хабу. І таким чином людина може прямо з планшета або смартфона керувати бажаною температурою, створювати сценарії. Наприклад, вночі повинна бути температура 19 градусів, а ось з ранку до вечора 24 градуси.

Установка розумного будинку ділиться на два види. Перший вид - це легкодоступна установка, тобто вже поверх готового ремонту. А другий вид на етапі проектування об'єкта. Краще використовувати перший вид, який вже встановлюється поверх готового ремонту за маленьким винятком, деякі речі все-таки варто передбачити заздалегідь. Наприклад, коли робиться ремонт, повинно бути передбачено місце для кондиціонера та стіна для нього, а в майбутньому додати розумні ролети для вікон, щоб їх включати, потрібно провести туди

електрику. Але з часом через рік, через два - це все може стати просто не актуальним і швидше за все стане. Але вже в стінах буде все розведено під якийсь конкретний протокол, тому що все стандартизоване, таким чином не треба переробляти ремонт, але буде розумна розетка. Щоб за сценарієм вимикати певні розетки, треба в телефоні натиснути кнопку, наприклад вимкнути всю побутову техніку крім холодильника і все точно відключиться. З розумними лампочками все ще простіше, тому що безпосередньо в кожному освітлювальному приладі, який треба скручувати в звичайні світильники, в звичайні цоколі вже вбудований wi-fi приймач і далі треба програмувати зі смартфона. Охоронні системи, які включають в себе датчики руху, відкриття, пожежні системи, відеоспостереження. Все це теж працює по бездротовій технології та синхронізується зі смартфоном.

Але є одна досить така велика проблема: найчастіше кожна серія приладів або навіть кожен окремий прилад мають свій додаток.

Який же вихід? У випадку з Apple вихід це home kit. Home kit - це такий собі хаб в вашому смартфоні, в якому ви можете з'єднати всі розумні пристрої, які підтримують цей протокол. Apple відкрила арі для home kit, тепер різні виробники тієї ж побутової техніки наприклад samsung, lg, xiaomi і так далі зможуть без зайвої сертифікації додавати підтримку цього сервісу для своєї побутової техніки, і це дуже корисно, тому що має побільшати. Наприклад, наш пристрій підтримує home kit, чому таких пристроїв трохи? Тому що раніше домогтися такої підтримки було досить складно.

І в чому ж вихід? Справа в тому, що у google і apple тепер є свої стандарти розумного будинку, як вже було написано раніше, у apple - це home kit, а це значить, що будь у вас одна лампочка від philips, інша ще від когось, одна камера від d-link, інша від hikvision і так далі. У кожної з них є свої окремі додатки, але за підтримки home kit, ці додатки можуть з ним синхронізуватися і можна буде управляти, створювати сценарій і все централізовано робити з home kit. І це серйозно спростить життя, наприклад, ви зможете сказати привіт голосовий асистент, покажи що зараз

відбувається на кухні або ви зможете сказати вимкнути світло по всьому будинку або сказати пішов і при цьому температура на котлі знизиться закриються штори вимкнеться світло і розетки і так далі. Можна буде поставити сценарій на пральну машину, що потрібно прати щопонеділка ось тоді-то, а посудомийку включати в такий-то час.

Зараз же теж можна трохи полегшити собі життя тому що далеко не кожен пристрій підтримує home kit. Наприклад є багато LED стрічки, але немає тієї яка підтримує home kit і це проблема, однак є невеликий лайфхак. Справа в тому, що є контролер, який в своїх програмах підтримують Siri shortcut, а це значить, що можна буде голосовими командами, які створюємо, керувати освітленням.

1.1 Історія та аналіз системи автоматизації життєзабезпечення будинків

Технології розумного будинку мають набагато довшу історію, ніж багато хто може собі уявити. Виникнення ідеї будинків, які могли б бути розумнішими з точки зору комфорту та зручності, можна простежити принаймні до 1890-х - початку 1900-х років, коли багаті люди використовували електрику для створення будинків з більшим ступенем автоматизації. Як на рис. 1.2 показує, що Томас Едісон сам запатентував автоматичну кольорове освітлення для будинків ще в 1910 році, яке пізніше в тому ж році використовували для просування громадської реклами Нью-Йорк Едісон. Точно так управління електрифікації сільських районів в Сполучених Штатах активно просував в 1930-х роках цілий ряд «сучасних» електроприладів, які йшли рука об руку з зусиллями по електрифікації сільських ферм. Вестінгхаус і General Electric запустили кампанію «Жити краще електрично» в 1956 році, в рамках якої вдома були нагороджені золотим медальйоном, якщо вони перевели всі свої прилади на електрику.

З 1990-х і 2000-х років розумні будинки знову стали наріжним камінням для підвищення ефективності будівель (з меншим споживанням енергії або викидів вуглекислого газу). Таблиця 1.1 пропонує колекцію з 11 визначень «розумного будинку», що датуються 1992 роком, від уявлення Лутольфа про те, що він включає в себе загальні інформаційні та комунікаційні системи, для подання Марікяна та інші. Про те, що він включає сучасні технології, які будуть пропонувати індивідуальні рішення, послуги кінцевим користувачам.

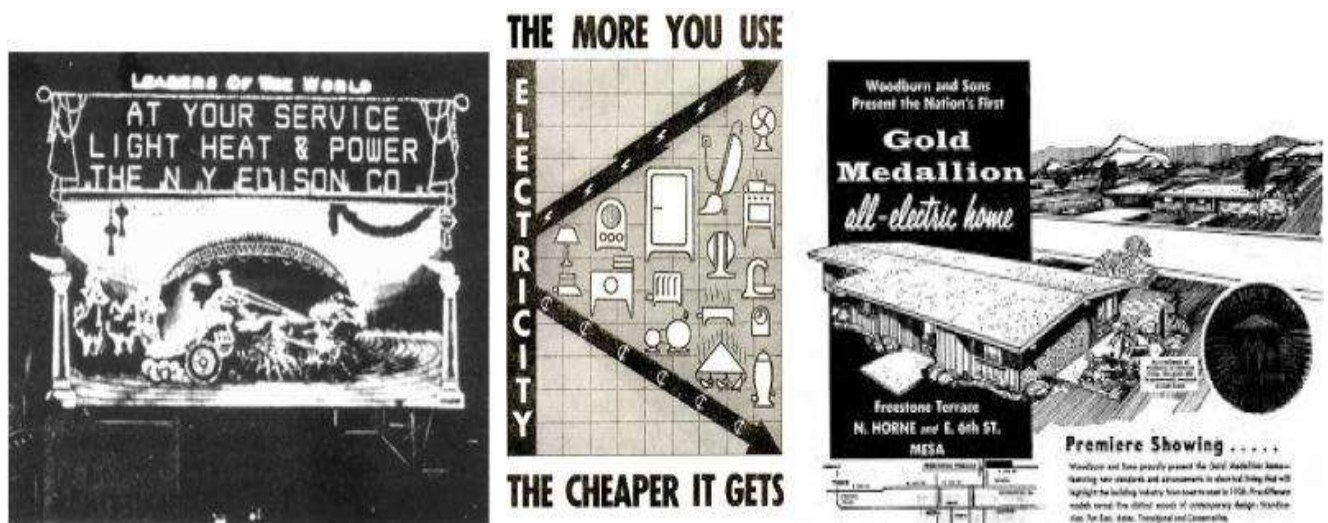


Рисунок 1.2 – Зусилля по інтелектуальному освітленню і будинкам від Томаса Едісона 1910р. Управління електропостачання сільських районів 1933р. та General Electric зі Вестінгхаус 1956р

Існує багато плутанини в термінах того, що таке «розумний будинок» або що вважається SHH. Деякі люди думають про смартфони, інші - про розумний будинок.

Однак, сучасні SHH, володіють як мінімум трьома основними характеристиками. Вони забезпечують більшу ступінь контролю або функціональності через інтерфейси моніторингу та датчиків.

Таблиця 1.1 – Одинадцять відомих визначень технологій розумного будинку, з 1992 по 2019 рік.

Джерело	Дата	Визначення
<i>Лутольф</i>	1992 р.	Інтеграція різних послуг в будинку за рахунок використання загальної системи зв'язку. Він забезпечує економічну, безпечну і комфортну роботу вдома і включає в себе високу ступінь інтелектуальної функціональності і гнучкості.
<i>Олдріч</i>	2003 р.	Житловий комплекс, оснащений обчислювальними та інформаційними технологіями, який передбачає і реагує на потреби жителів, працюючи над підвищенням їх комфорту, зручності, безпеки та розваг за рахунок керування технологіями в будинку і зв'язком із зовнішнім світом.
<i>Де Сільва</i>	2012 р.	Домашня середовище, що має інтелектом навколишнього середовища і автоматичним контролем, що дозволяє їй реагувати на поведінку жителів і надавати їм різні зручності.
<i>Балта-Озкан</i>	2014 р.	Житловий будинок, обладнаний комунікаційною мережею, що з'єднує датчики, побутову техніку і пристрої, які можна віддалено контролювати, отримувати доступ або контролювати і які надають послуги, що відповідають потребам його мешканців
<i>Саул-Рінальді.</i>	2014 р.	Інклюзивна двостороння система зв'язку між будинком і його мешканцями
<i>Інститут ефективності будівель в Європі</i>	2017 р.	Інтелектуальна будівля відрізняється високою енергоефективністю і в значній мірі покриває дуже низький Попит на енергію за рахунок місцевих або районних поновлюваних джерел енергії. Розумна будівля (i) стабілізує і прискорює декарбонізація енергосистеми за рахунок накопичення енергії і гнучкості з боку попиту; (ii) дає своїм користувачам і жителям можливість контролювати потоки енергії; (iii) розпізнає і реагує на потреби користувачів і пасажирів з точки зору комфорту, здоров'я, якості повітря в приміщенні, безпеки, а також експлуатаційних вимог.

Джерело	Дата	Визначення
<i>Харгрівз і Вільсон</i>	2017 р.	Розумний будинок збирає і аналізує дані про домашньому середовищі, передає інформацію користувачам (і постачальникам послуг) і підвищує потенціал для управління різними домашніми системами (наприклад, опаленням, освітленням, розвагами).
<i>Ніколс</i>	2017 р.	Розумний будинок включає в себе домашні ІКТ, підключені і автоматизовані пристрої та побутову техніку, а також Інтернет речей.
<i>Шін</i>	2018 р.	Інтелектуальне середовище, здатна отримувати і застосовувати знання про своїх мешканців та їх оточенні, щоб адаптуватися і відповідати цілям комфорту і ефективності
<i>Грам-Гансен і Дарбі</i>	2018 р.	Один, в якому мережу зв'язку пов'язує датчики, прилади, елементи управління та інші пристрої, щоб забезпечити віддалений моніторинг і управління мешканцями та іншими особами, щоб надавати часті і регулярні послуги мешканцям та системі електропостачання
<i>Марікян</i>	2019 р.	Резиденція, оснащена інтелектуальними технологіями, орієнтованими на надання індивідуальних послуг користувачам

Вони є мережевими або багаторівневими, об'єднуючи різні технологічні функції таким чином, щоб оптимізувати надання послуг або продуктивність. Іншими словами, вони об'єднують енергетичні системи, цифрові системи, інформаційні системи, інтернет речей, обмін даними і навіть нецифрову інфраструктуру. Нарешті, вони можуть дати користувачам можливість або допомогти їм змінити свою поведінку або робити те, що вони не могли робити раніше.

Технології розумного будинку також можуть привести до абсолютно різних уявлень про те, для чого потрібен будинок, або відображати їх. Це ставить під сумнів або розширює сам сенс будинку. Грам-Хансен і Дарбі, наприклад,

розрізняють дві дуже різних концепції будинку - це контрольований і захищений простір, місце діяльності та практик. Харгрівс, Вілсон та його колеги розрізняють функціональні, інструментальні та соціально-технічні погляди на розумний будинок, кожен з яких призводить до різних поглядів на те, що таке розумний будинок, і що він робить, як показано в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Соціально-технічні, функціональні та інструментальні види технологій розумного будинку.

	Функціональний вигляд	Інструментальний вигляд	Соціально-технічний погляд
Що таке розумний дім?	Контрольоване, відчуте середовище, яке інформує пасажирів, дозволяючи активний контроль або автоматизацію	Оптимально керована енергетична система будівлі, що забезпечує інформацію та коригує поведінку в залежності від ціни	Цифрове, технологічне, мережеве бачення, яке стикається із буденними реаліями домашнього життя
	Набір непомітних технологій, що пропонують безліч віддалених та автоматизованих можливостей для управління внутрішнім середовищем	Внутрішня система енергоменеджменту для економії та зручності	(Ще один) набір технологій та пристроїв, які слід інтегрувати з існуючими побутовими приладами

Продовження таблиці 1.2

	Функціональний вигляд	Інструментальний вигляд	Соціально-технічний погляд
Яка мета розумного будинку?	Поліпшення якості домашнього життя за допомогою нових послуг та розширених функціональних можливостей	Уможливити зменшення попиту на енергію вдома та покращити управління системою	Немає невід'ємної мети, функції з'являються, коли СТЗ включаються у побутове життя
	Покращення способу життя та побутового життя за рахунок покращення зручності, безпеки, розваг та спілкування	Контроль опалення та енергоспоживаючих приладів, а також пов'язування споживання енергії з досвідом побуту	Зробити управління та моніторинг будинків та побутової техніки простішими та зручнішими як частина динаміки

1.2 Спектр типів технологій розумного будинку

Є багато варіантів технології розумного будинку, доступних на ринку на початку 2019 року. Як показано на рис. 1.3 є 267 різних технологій, комерційно доступних в 13 категоріях побутової техніки, освітлення, енергії та комунальних послуг, розваг, здоров'я і благополуччя, безпеки і захисту, дитячих моніторів, одягу і аксесуарів, транспортних засобів і дронів, домашніх роботів, садівництва, комплексні рішення та інші. Вони були надані 113 різними компаніями, буквально від ADT до Zipato, хоча багато компаній зі списку Fortune 500 були добре залучені в них, включаючи Apple, Amazon, Microsoft і Google, а також Nissan, Nike, Sony, Garmin, Samsung, Siemens і Philips . Хоча це число може здатися величезним, воно

схоже за розміром на 313 домашніх пристроїв для управління енергоспоживанням, виявлених і проаналізованих.

Таке розмаїття варіантів не було поодиноким випадком. В 23 магазинах було доступно принаймні 5 різних категорії технологій розумного будинку, а в семи магазинах було доступно 11 і більше класів технологій розумного будинку. Що стосується категорій найбільш доступних технологій розумного будинку, 30 магазинів мали інтелектуальні пристрої безпеки і захисту, 26 магазинів - інтегровані рішення, 26 магазинів - розумний одяг та аксесуари і 24 магазини - інтелектуальне освітлення.

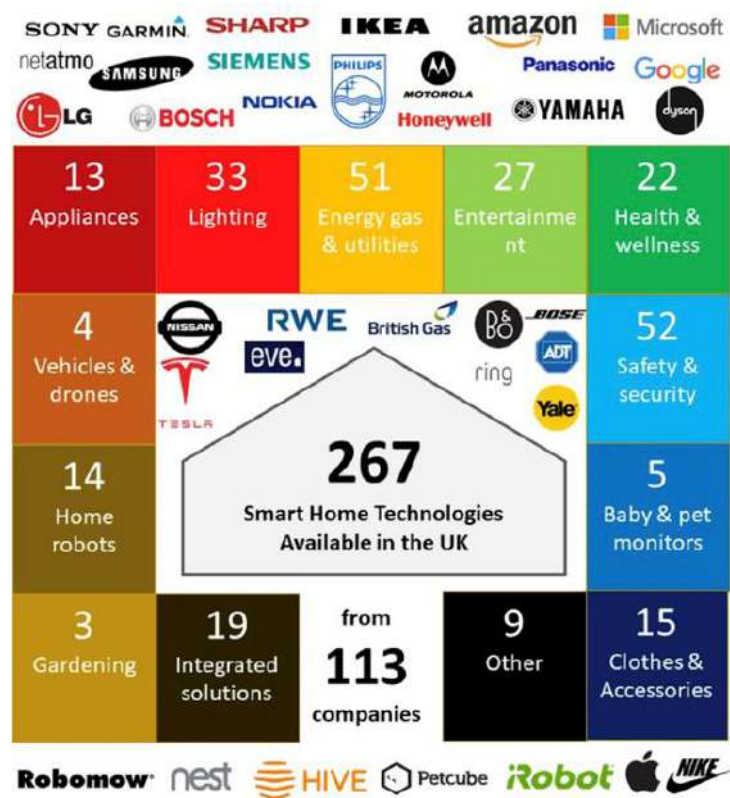


Рис. 1.3 – Технології розумного будинку доступні в Європі, 2019 р

Навіть два класи найменш поширених варіантів розумного будинку - монітори для новонароджених і домашніх тварин, а також садівництво - все ще присутні в 5 магазинах.

Не всі ці варіанти технологій розумного будинку мають однаковий рівень інтелектуальності. Наприклад, визначають спектр типів розумних будинків, від переходу між «традиційним будинком» до «повністю розумного будинку». На рис. 1.4 показано рівні: «початковий», «базовий» або «аналоговий будинок» на нульовому рівні не має технологій розумного будинку. У будинку рівня 1 є кілька розумних домашніх пристроїв, таких як телевізор, радіоняня або сонячна фотоелектрична (PV) система, та можливо базові рівні зворотного зв'язку, але жителі як і раніше вирішують аналоговим способом, як взаємодіяти, і технології ні об'єднані між собою і залишаються в бункерах.

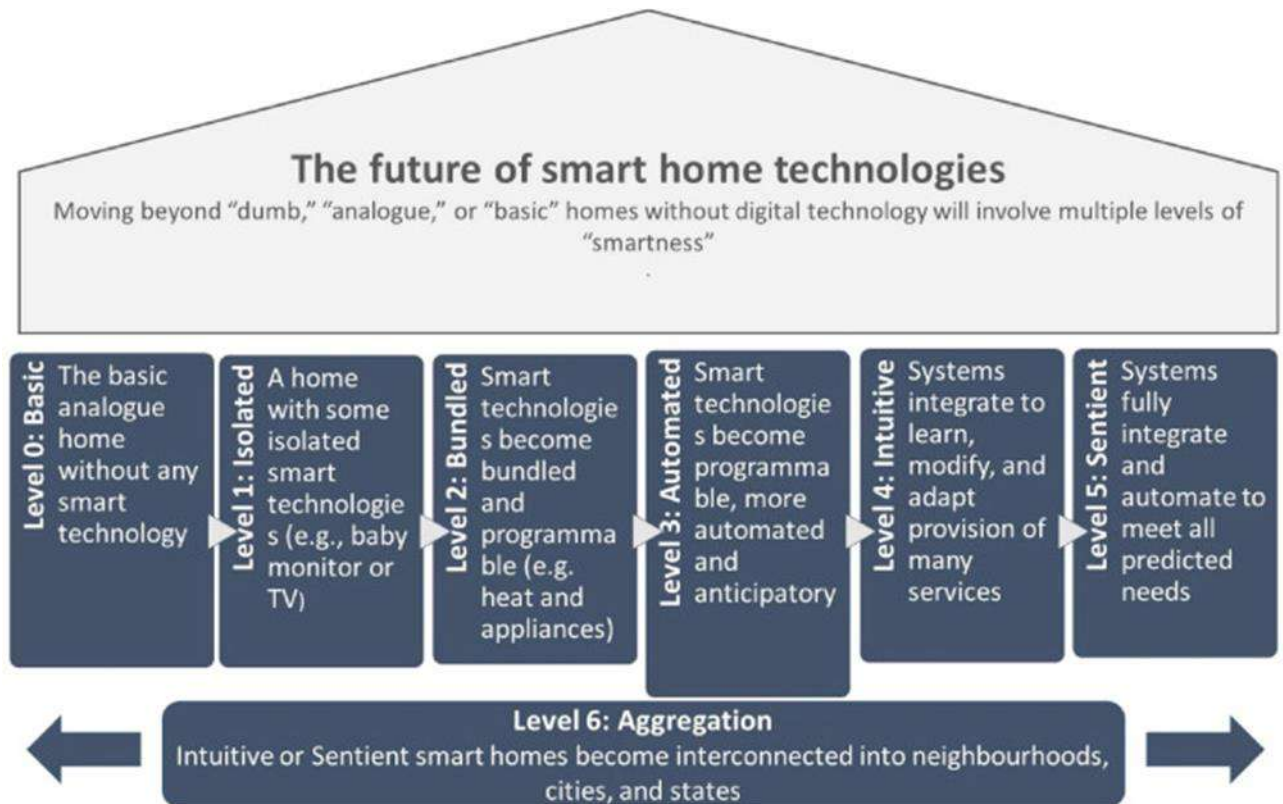


Рисунок 1.4 – Рівні інтелекту з технологіями розумного будинку.

Будинок рівня 2 починає бачити технології, об'єднані разом і інтегровані для кращого надання деяких побутових послуг, таких як опалення (можливо, розумний лічильник з домашнім дисплеєм плюс тепловий насос і вдосконалений термометр)

або розваги (можливо, розумний телевізор в поєднанні з інтернет роутером, аудіосистема, ноутбук і мобільний телефон).

Будинок рівня 3 проходить більше автоматизації, коли системи починають з'єднуватися між собою і навіть передбачати певні потреби, такі як включення світла або побутової техніки за кілька миттєвостей до того, як житель повернеться додому. Будинок рівня 3 можна запрограмувати відповідно до визначених переваг на декількох пристроях, включаючи різні температури в різних кімнатах.

У будинку рівня 4 системи починають вчитися самі і адаптувати надання послуг до контексту, тобто включати світло, якщо наближається шторм, або вимикати його, коли виходить сонце. Саме на цьому рівні датчики і монітори можуть дозволити технологіям знати умови вдома, а петлі зворотного зв'язку можуть сприяти деякому навчання, щоб він став більш автономним і міг адаптуватися до того, що, на його думку, ви хочете.

Будинок рівня 5 стає майже розумним і може автоматично задовольняти і навіть передбачати всі потреби домашнього господарства. На цьому вищому рівні моніторинг, зворотний зв'язок і навчання об'єднуються в декількох інтегрованих системах (опалення, освітлення, садівництво, мобільність), так що сам будинок може безперешкодно надавати послуги. Будинки на цьому рівні, швидше за все, почнуть розмовляти з жителями, а також, можливо, один з одним. Це може бути будинок з «штучним інтелектом» або «повністю розумний». Таким чином, будинок рівня 5 виходить за рамки простого інтелектуального управління або інтелектуальної автоматизації і перетворюється в розумний будинок. У літературі дизайнери навіть обговорюють, як розумні будинки можуть бути інтегровані в віртуальну реальність, щоб емпіричний і фізичний світ злилися з тим, що вони назвали «фантастичною реальністю». Це змішала б розумність розумного будинку з можливістю створювати цілі віртуальні світи і реальності.

Деякі респонденти обговорювали можливий шостий рівень, крім одного будинку, розумних кварталів, спільнот і міст. Вони будуть складатися з

взаємопов'язаних розумних будинків рівня 5 зі складними кошиками взаємопов'язаних технологій розумного будинку. Цей рівень виходить за рамки будинку або простого розумного комплекту для істинної розумної мережі або розумного суспільства.

1.3 Потенційні переваги технологій розумного будинку

Є як мінімум 13 різних переваг, які технології розумного будинку можуть запропонувати домашнім господарствам, підприємствам або суспільству. У таблиці 1.3 представлений частотний аналіз цих 13 переваг. Найбільш популярними з яких є економія енергії, зручність і керованість, а також фінансові переваги. За загальним визнанням, цей список переваг поєднує в собі реалістичні, що спостерігаються і більш короткострокові переваги з більш віддаленими, обладйливими і довгостроковими. Однак при цьому він, безумовно, розширює наявну літературу про переваги. Балта-Озкан, наприклад, класифікував тільки сім типів пільг за трьома класами споживання енергії, безпеки і підтримки способу життя [1]. Є версія ідентифікації на чотири класи переваг - це моніторинг, комфорт, здоров'я і підтримка консультації. Є також чотири різні мотивації для використання розумних будинків: економія енергії, інтерес до нових технологій, захист навколишнього середовища і бажання поліпшити контроль.

Таблиця 1.3 – 13 переваг технологій розумного будинку.

№	Частота	Тема
1	80,65%	Економія енергії

Продовження таблиці 1.3

№	Частота	Тема
2	80,65%	Зручність та керованість
3	48,39%	Фінансові вигоди та економія грошей
4	48,39%	Переваги системи для мереж, мереж, операторів
5	45,16%	Екологічні переваги, включаючи вуглець, забруднення, відходи
6	41,94%	Естетика, включаючи стиль, дизайн, відчуття та моду
7	35,48%	Користь для здоров'я та допомога в житті
8	35,48%	Соціальні виплати, включаючи інклюзію, створення мереж, статус
9	29,03%	Освітні переваги та навчання
10	29,03%	Розваги, включаючи музику, фільми, потокове передавання
11	29,03%	Безпека
12	25,81%	Інші розширені можливості (наприклад, покупки)
13	12,90%	Безкоштовні послуги або рекламні подарунки

Як показано в таблиці найважливішою перевагою була здатність технологій розумного будинку краще управляти послугами з енергопостачання або знижувати споживання енергії. Частково це пов'язано з тим, наскільки неефективний будівельний фонд в Європі, особливо у Великобританії. Наприклад, один огляд 22000 будинків в Англії показав, що 97% з них мають газові котли центрального опалення (без теплових насосів або централізованого тепlopостачання) та що вони тільки прості елементи управління, такі як перемикач включення / вимикання або таймер [2]. Також було відзначено, що графіки щільності опалення показують, що люди просто залишають опалення постійно включеним з ранку до ночі. Аналогічні дані уряду показали, що 96% всіх будинків в Сполученому Королівстві, в яких є

бойлер, 800000 взагалі не мають управління, а майже 8000000 не мають кімнатного термостата. Це могло б пояснити, чому на опалення приміщень і гарячу воду доводиться 75% побутового споживання енергії.

Таким чином, кращий потенціал для технологій розумного будинку пов'язаний зі скороченням попиту на енергію і поліпшеним управлінням попитом. В якості одного прикладу, випробування одних тільки інтелектуальних засобів управління опаленням показують, що вони можуть заощадити приблизно 5-7% щорічного скорочення споживання енергії в будинках [3]. Контроль енергії та обізнаність про те, скільки енергії використовують вдома, є ключовою перевагою, оскільки це створює можливості для економії, скорочення або оптимізації при використанні енергії. У людей, у яких є домашня тварина, обігрівають свій будинок весь день, щоб зігріти домашніх тварин, коли ветеринарні асоціації вказують, що в цьому немає необхідності. Це величезна трата енергії, з якою можуть впоратися розумні пристрої.

Не менш помітною перевагою було підвищену зручність і керованість в домашньому господарстві. Багато технологій розумного будинку спрямовані не на економію енергії, а на зручність і керованість, звідси і такий інтерес до голосового управління, як Siri і такі технології роблять життя простіше, веселіше і цікавіше. Найважливішою перевагою для більшості людей є комфорт, зручність і контроль, які можуть запропонувати технології розумного будинку. Все, що спрощує життя споживачів, є перевагою, все що допомагає знизити розумове навантаження на виконання завдань.

Фінансові вигоди, такі як економія грошей, посіли третє місце і включають можливість домогосподарств краще контролювати витрати, а також переходити на більш вигідні тарифи і більш дешевих постачальників послуг. З точки зору енергії, навіть в загальних рисах, позитивні результати можуть ставати більш усвідомленими, що економить гроші. Маючи це на увазі, що розумні будинки

повинні збільшувати взаємодію споживачів з різними ринками. Це дає величезну потенційну економію для клієнтів.

Четвертим найбільш згадуваним перевагою для SHT були системні переваги для операторів електромереж, при цьому, що галузь отримує вигоду від технологій розумного будинку за рахунок більш точних даних і відсутності необхідності знімати показання лічильників вручну. Що стосується автоматизації та ефективності, вони мають переваги для системних операторів, це можуть бути дистриб'ютори або національні системні оператори і у них є перевага в тому, щоб врівноважити попит і пропозицію з великим контролем це могло б дозволити пропонувати абсолютно нові бізнес-моделі та послуги. Для електромережі теж є переваги: треба краще керувати попитом, а потім будуть більш точні дані, які дозволять краще контролювати електростанції. Розумні будинки стають все більш корисними, так як набори даних стають більше, алгоритми стають краще, отже, деякі компанії багато навчаються на поведінці. Що дозволяє їм оптимізувати і надавати більш якісні послуги.

Екологічні вигоди включали витіснення вуглецю, забруднення або відходи, які досягаються за рахунок поєднання кращого моніторингу, кращих систем управління енергоспоживанням і більшого контролю над джерелами викидів вуглецю в побуті. Економія енергії прогнозується, оскільки віддалено наявні програми і дисплеї підвищують поінформованість домашніх господарств про їх споживання енергії і дозволяють їм реагувати на відстані і дозволяють отримувати повідомлення в режимі реального часу. Крім того, аналітика даних може дозволити міським планувальникам, комунальним компаніям і архітекторам зрозуміти структуру попиту для кращого планування і обслуговування. У звіті акцент, підготовленому для глобальної ініціативи електронної стійкості є глобальна асоціація індустрії ІКТ, - показано, що запобігли викиди ІКТ в 9,7 рази перевищують «слід викидів» сектора ІКТ [4].

Якби домогосподарства стали гнучкими споживачами енергії, це могло б збільшити кількість переривчастої відновлюваної енергії, яка могла б проникати в мережу. Наявність будинків, які споживають енергію в той час, коли це необхідно мережі, призведе до екологічної перемози, навіть якщо б не використали менше енергії. Люди можуть відчувати, що допомога довкіллю - це досить велике завдання, тому, якщо впровадити технології розумного будинку, які дозволяють такі речі, як автоматизація, то люди зроблять мережу, яка створює зелену енергію. Важливість цих технологій в боротьбі зі зміною клімату треба залучення споживачів буде абсолютно необхідним для досягнення цілей, які триватимуть і після трілемми не можуть бути досягнуті без цих технологій і будуть досягнуті з їх використанням. Звідси підкреслюється, що впровадження інтелектуальних лічильників в Великобританії заощадить стільки ж вуглекислого газу, як планування 10000000 дерев.

Естетичні переваги включають в себе симпатію до того, як технології розумного будинку виглядають, спроектовані і додають символічну цінність будинку як предмета моди або стилю. Люди займають більш емоційно і надихають від сторони будинку, ніж вигоди. Люди хочуть, щоб ці технології були у себе вдома, тому що це виглядає дійсно круто, і це те, чим можна хвалитися. Технології розумного будинку в даний час обумовлені статусом, а не екологічними мотивами. Це техночас, коли людям потрібно володіти і купувати найкрутіший гаджет. Для деяких людей переваги усиновлення за все пов'язані з естетикою, тому що людей просто тягне до красиво оформленим або новим речам, щоб показати, що вони попереду всіх.

Користь для здоров'я включає в себе можливість попереджати родичів або медичних працівників про надзвичайні ситуації, допомога в діагностиці здоров'я і можливості аналізу стану здоров'я на агрегованому рівні. Така користь для здоров'я може бути особливо гострою для літніх і старих, вразливих людей або людей з хронічними захворюваннями. Підтверджуючи цю перевагу, систематичний огляд

розумних будинків і літніх людей з хронічними захворюваннями виявив, що розумні будинки позитивно впливають на фізичне функціонування і депресію. Дозволяючи людям жити вдома довше або вести більш здоровий спосіб життя. Зарядка еклектичного інвалідного крісла або визначення схеми лікування екстремальних захворювань, або автоматичне відстеження, повторне замовлення і доставка рецептурних ліків НН. Деякі з ознак людей з деменцією - це те, що вони забувають пити воду і, як наслідок, зневоднюються. Отже, є компанії, які прагнуть встановити в будинку засоби контролю, щоб виміряти, скільки разів кип'ятять чайник, скільки разів змивається унітаз, щоб вони могли використовувати ці дані, щоб відстежувати, чи дійсно люди п'ють воду. Звернув увагу на впровадження інтелектуальних технологій охорони здоров'я, які здійснюються постачальниками енергії, британський газ все частіше звертає увагу на медичні питання, наприклад, вони можуть бачити, поставила особа чайник вранці чи ні.

Соціальні вигоди, пов'язані з включенням - усиновителі відчують, що вони належать до товариства або спілкування з іншими за професійними чи особистими причинами. Це відноситься до розумних будинках, дозволяє людям краще спілкуватися і долати почуття депресії або ізоляції. SHТ можуть стати способом позитивного зв'язку з іншими. Інші переваги можуть полягати в поєднанні вас з людьми, яких ви захищаєте. Основною перевагою технологій розумного будинку буде допомагати людям орієнтуватися в усі більш заплутаному світі.

Освітні переваги, пов'язані з розширеними можливостями навчання, які можуть дати технології розумного будинку, будь то доступ до нових форм знань, проходження цифрового навчання або просто нові способи отримання інформації або розвитку нових навичок. Розумні будинки - це як інформаційна платформа, на якій можна навчати населення і надавати більш якісні послуги та можуть бути способом дізнаватися більше про продуктивність вашого будинку, а потім оптимізувати свій власний цикл опалення на основі того, що знаєте.

Переваги розваг полягають в більш простих або кращих способів прослуховування музики, перегляду фільмів або потокової передачі в інтернеті. Розваги - це ключова перевага, люди хочуть дивитися фільми, тому потрібен телевізор з підключенням до Інтернету, тому жоден виробник телевізорів не збирається робити такий, якого немає. Ось де розумні технології просто надають те, що дійсно потрібно споживачам.

Безпека, пов'язана з повідомленням поліції про надзвичайні ситуації або запобіганням пожеж і важких аварій. Розумні технології можуть запобігти серйозні речі, наприклад, детектори чадного газу, детектори диму, спосіб відключення опалення, якщо в будинку нікого немає. Виявлення витоків природного газу або води, виконання критично важливою резервної функції.

Інші розширені можливості були передостанніми (наприклад, нові форми покупок), при цьому, що з'являться додаткові додатки, побудовані на основі технологій розумного будинку, які створюють інтелектуальну екосистему, в якій виникнуть нові способи покупок. Можна поєднати розширені можливості з комфортом, тому Alexa успішна, вона дуже дешева. Раніше, щоб купувати речі на Rozetka треба відкривати ноутбук, а тепер просто включаємо голосовий помічник.

Останньою категорією переваг була ймовірність того, що постачальники технологій для розумного будинку будуть роздавати безкоштовні або рекламні товари «членам» своїх спільнот, від «безкоштовного кави» до «безкоштовного оновлення iPhone кожні два роки» за. Щоб роздавати побутову техніку безкоштовно, але потім брати участь як компанія. Отже, якщо є прилад, який допоможе заощадити гроші в сім'ї. Більшість з цих технологій пропонують період окупності, тому, якщо витратити певну суму грошей на покупку пристрою, після деякого часу його використання заощаджуємо досить, щоб компенсувати вартість. Дійсно, в Лондоні в 2019 році з'явилася реклама інтелектуальних послуг передачі даних, де можна було отримати додаткові дані або конвертувати їх в гроші для збору коштів на хобі або «церковний дах».

Висновки до розділу 1

В цьому розділі були розглянуті технології автоматизації життєзабезпечення, історія та аналіз цих систем. Є декілька рівнів систем – це початковий, базовий та аналоговий. Існує попит на домашню автоматизацію та більшість великих компаній розвивають цю технологію.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ І АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1 Вибір програмної платформи та структура системи

Для проектування автоматизованої системи вибрано програмне забезпечення Matlab компонент Simulink.

Simulink - середовище динамічного міждисциплінарного моделювання складних технічних систем і основний інструмент для модельно-орієнтованого проектування, його основним інтерфейсом є графічний інструмент для побудови діаграм та набір із бібліотек блоків, він пропонує тісну інтеграцію з рештою середовища MATLAB і може або використовувати MATLAB, або створювати сценарії з нього. Simulink широко використовується в автоматичному управлінні і цифровій обробці сигналів для багатодоменого моделювання та проектування на основі моделей [5].

На рисунку 2.1 Бачимо, як запускається Simulink, та приклад структурної схеми.

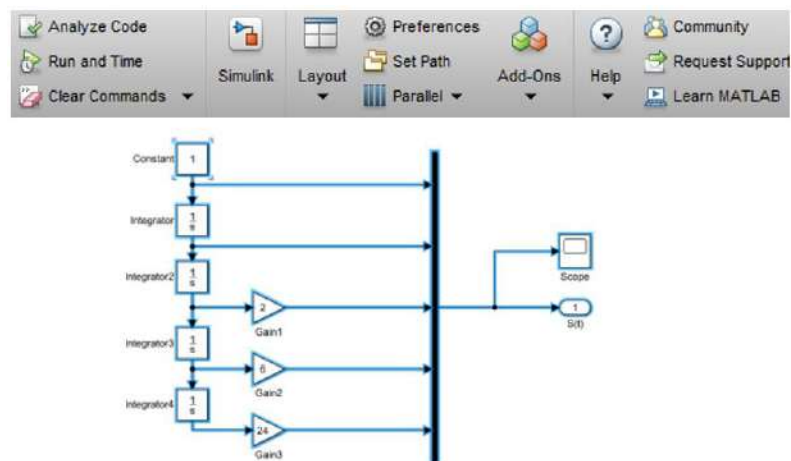


Рисунок 2.1 – Запуск Simulink

Розумний будинок - складна система, вона складається з 2-х основних рівнів - це нижній і верхній. У верхньому рівні завжди буде контролер, а в нижньому, якщо коротко, датчики - це бачимо на рисунку 2.2 .



Рисунок 2.2 – Рівні розумного будинку

Розумна система складається з безпеки (пожежної, технічної та охоронної системи), електронавантаження і управління. Функції представлені на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Функції розумного будинку

2.2 Датчики та обладнання

Для реалізації системи, візьмемо:

- Сонячну панель від компанії Vertex представлений на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Сонячна панель

Відмінною рисою сонячних панелей Vertex є також їх вельми оригінальний дизайн - фотоелементи розрізані на 3 частини, що забезпечує їх кращу стійкість до виникнення тріщин і гарячих точок. До того ж вони сумісні для послідовного підключення, що дозволяє їх благополучно інтегрувати в системи вже встановлених сонячних електростанцій[6].

- DC / DC-перетворювач представлений на рисунку 2.4

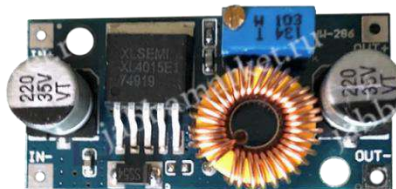


Рисунок 2.4 – DC / DC-перетворювач

Загальний ККД імпульсного перетворювача в електронних приладах малої потужності з автономним живленням знижується в основному за рахунок струму витоку схеми управління. Звести цей струм практично до нуля допоможуть інтегральні DC / DC з нової серії nanoPower виробництва Maxim Integrated[7].

– Акумуляторна батарея представлений на рисунку 2.5.

Гелевий накопичувач енергії, розроблений для систем безперебійного живлення, телекомунікацій, автоматичного управління, аварійного освітлення. Може бути компонентом фотоелектричних установок. Використовується при будівництві автономних і гібридних сонячних електростанцій. Пристрій є джерелом постійного струму, перетворює електричну енергію в хімічну. Накопичує і зберігає надлишки генерації, щоб в разі дефіциту вироблення електроенергії та / або в годинник пікового електроспоживання віддати їх в мережу[8].



Рисунок 2.5 – Акумуляторна батарея

– Датчик температури та вологості представлений на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Датчик температури та вологості

Компанія Sensirion випускає цифрові датчики вологості з вбудованими датчиками температури, інноваційна технологія CMOSens, що використовується компанією, дозволила досягти небувалої довготривалої стабільності вимірювань (0.5% в рік) при максимальну зручність експлуатації, датчики повністю калібровані, мають 2-хпроводной цифровий інтерфейс [9].

– Датчик метану представлений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Датчик метану

Датчик природного газу (метану) SATEL DG-1 ME - це мікропроцесорний сповіщувач, який використовується для виявлення витоку горючих газів (природний газ, метан), рекомендований для установки в приміщеннях з підвищеним ризиком витоку природного газу: біля газового обладнання, лічильників, місцях приєднання до газової мережі, оскільки детектується газ легший за повітря, датчик слід встановлювати під стелею приміщення, сповіщувач DG-1 ME може працювати як автономний пристрій, яке також можна інтегрувати в систему охоронної сигналізації[10].

– Датчик контролю протікання води представлений на рисунку 2.8.

Система антипотоп Neptun Bugatti Base Light це рішення щоб запобігти затоплення у вашій квартирі або приватному будинку, особливістю моделі є 1 кран з електроприводом і 2 датчика протікання води, у випадки аварійної протікання система моментально закриває крани і блокує подачу води, подає сигнал (звуковий), відразу після потрапляння води на датчик затоплення [11].



Рисунок 2.8 – Датчик контролю протікання води

– Датчик руху представлений на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Датчик руху

Серія RXC-ST - сповіщувачі для захисту приміщень з зоною детекції 12 x 12 м, серцем яких є інноваційний процесор CORE PLATFORM, принцип роботи процесора побудований на алгоритмі логічного порівняння отриманого сигналу з зберігаються в пам'яті зразками, що дозволяє з високим ступенем точності відрізнити порушника від джерел помилкових тривог, таких як домашні тварини, побутові прилади та інші [12].

– Arduino Mega 2560 представлений на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Arduino Mega 2560

Arduino Mega побудована на мікроконтролері ATmega2560 (технічний опис), плата має 54 цифрових входу / виходів (14 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 16 аналогових входів, 4 послідовних порту UART, кварцовий генератор 16 МГц, USB конектор, роз'єм живлення, роз'єм ICSP і кнопка перезавантаження, для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC / DC, Arduino Mega 2560 сумісна з усіма платами розширення, розробленими для платформ Uno або Duemilanove [13].

Принципова схема показана на рисунку 2.11

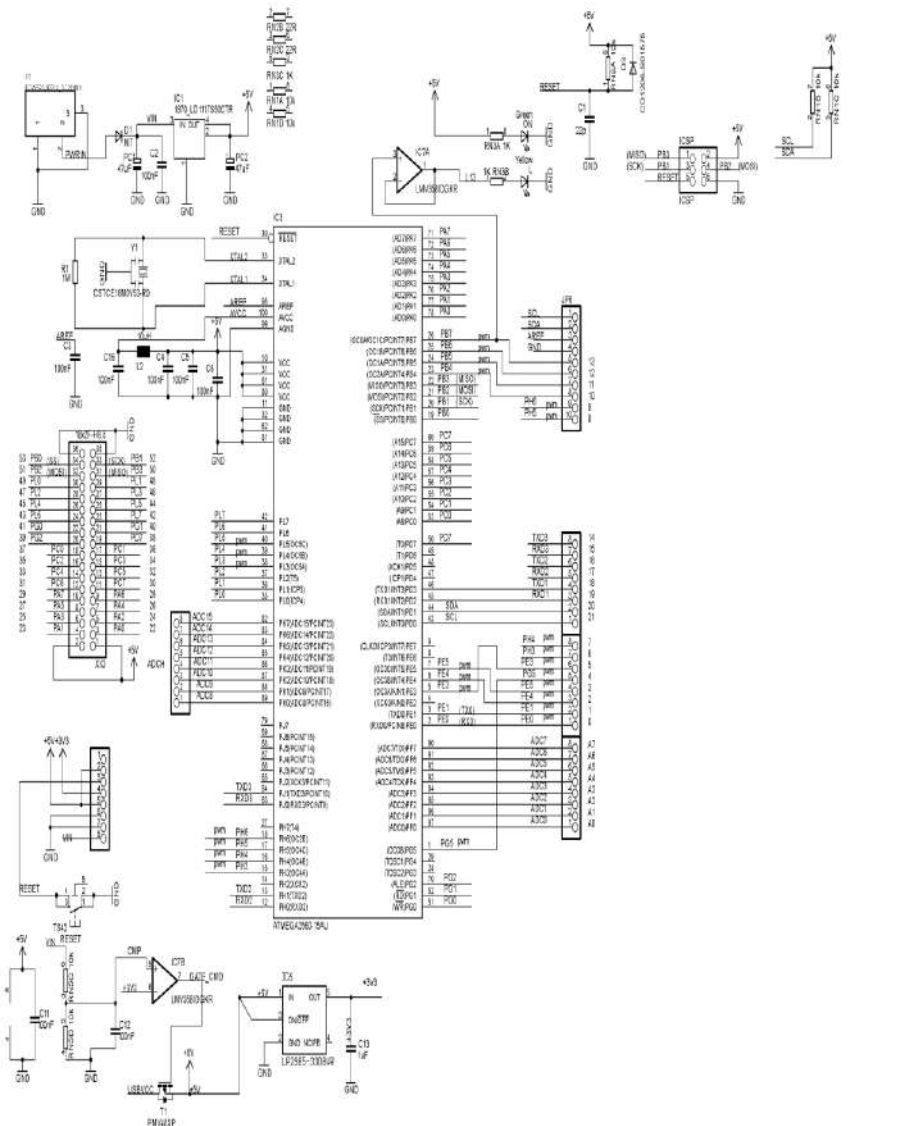


Рисунок 2.11 – Принципова схема Arduino Mega 2560

2.3 Математична модель оптимізації режимів та структура функціонування системи масового обслуговування

Для АСУ „Розумний будинок” актуальними є дослідження динамічних процесів, пов’язаних з обслуговуванням споживачів. В широкому розумінні споживачем послуги може бути не тільки фізична особа, але і організація, технологічна операція чи обладнання. Ці процеси є предметом дослідження систем масового обслуговування (СМО), а їх моделювання ґрунтується на математичному апараті теорії ймовірності.

У СМО кожна вимога виникає випадково, але потік таких вимог, тобто, їх розподіл в часі, описують певними закономірностями статистичного характеру. Так само тривалість обслуговування може бути детермінованою (точно визначеною) величиною, або не детермінованою (випадковою, стохастичною). При цьому вважають, що якщо інтервали часу між послідовними надходженнями вимог і час обслуговування статистично не визначений, побудова математичної моделі процесах масового обслуговування неможлива.

У більшості реально існуючих СМО, що тривалий час стабільно функціонують, можна визначити числові оцінки для опису як потоку вимог, так і інтенсивності обслуговування. Залежно від співвідношень основних параметрів потоку вимог і інтенсивності обслуговування у СМО можуть виникати черги, або їх може не бути. Математичний аналіз моделі конкретної технічної системи з чергою дозволяє прогнозувати її стан, оптимізувати роботу, мінімізувати витрати, пов’язані з її функціонуванням, здійснювати ефективне управління.

На рисунку 2.12 схематично представлена структура процесу масового обслуговування в загальному випадку, де m – загальна кількість вимог, котрі можуть претендувати на обслуговування; n – число вимог, що потрапило в систему (очікують в черзі або вже обслугованих); v – число вимог, що очікують в черзі; j – число вимог, що знаходяться на обслуговуванні; p – число вільних каналів.



Рисунок 2.12 – Структура процесу масового обслуговування.

Тоді, отримуємо:

$$n = \begin{cases} j, & \text{якщо } n \leq S; \\ v + j, & \text{якщо } n > S, \end{cases} \text{ де } S - \text{кількість каналів.} \quad (2.1)$$

Величини n , v , j змінюються в часі і являться випадковими величинами (змінюються випадковим чином у відповідності до із законом розподілу ймовірності). Якщо через p_n позначити ймовірність знаходження n вимог в системі, то математичне очікування числа вимог в системі буде:

$$\bar{n} = 0 * p_0 + 1 * p_1 + \dots + m * p_m = \sum_{n=0}^m n * p_n \quad (2.2)$$

У випадку єдиної черги, якщо кількість каналів, що забезпечують обслуговування дорівнює S , то кількість вимог в черзі буде рівне:

$$\bar{v} = 1 * p_{S+1} + 2 * p_{S+2} + \dots + (m - S) * p_m = \sum_{n=S+1}^m (n - S) * p_n. \quad (2.3)$$

Основний зміст даної форми полягає в тому, що черга з'являється як тільки n починає перевищувати S тобто $n = S + 1$, $n = S + 2$, ... і при цьому відповідні ймовірності є p_{S+1} , p_{S+2} , ...

Основна ціль оптимізаційної задачі полягає у пошуку компромісного рішення між витратами на очікування задоволення вимог і витратами простою каналу.

Для визначення коректного типу СМО для нашого модуля слід розглянути класифікацію СМО по типу каналу, а саме чергу з одним каналом та багатоканальну чергу.

2.3.1 Обслуговування з одноканальною чергою.

Розглянемо модель процесу, де вхідний потік вимог є однорідним в часі (рівномірним), параметр цього потоку є постійна випадкова величина λ , ніякі дві вимоги не приходять (не стають у чергу) одночасно, а інтервали часу задоволення вимог розподілені за експоненціальним законом з випадковим, але постійним параметром μ . Початок чи закінчення обслуговування вимоги розглядають як подію.

Імовірність того що черга чекатиме на проведення контролю в інтервалі часу Δt дорівнює $\lambda \Delta t$. Імовірність того, що при середньому часі обслуговування $1/\mu$ контроль однієї черги буде завершено за час Δt дорівнює $\mu \Delta t$. Інтервал Δt такий, що за цей час може відбутись не більше однієї події.

Загальна імовірність першої події P^1 дорівнює добутку трьох вище визначених подій: $P^1 = P_n(t) (1 - \lambda \Delta t) (1 - \mu \Delta t)$.

Загальна імовірність другої події дорівнює добутку трьох вище визначених подій: $P^2 = P_{n+1}(t) (1 - \lambda \Delta t) \mu \Delta t$.

Загальна імовірність третьої події дорівнює добутку трьох вище визначених подій: $P^3 = P_{n-1}(t) \lambda \Delta t (1 - \mu \Delta t)$.

Загальна імовірність четвертої події дорівнює добутку трьох вище визначених подій: $P^4 = P_n(t) \lambda \Delta t \mu \Delta t$.

Тому шукана імовірність:

$$\frac{d}{dt} P_n = \lambda P_{n-1}(t) + \mu P_{n+1}(t) - (\lambda + \mu) P_n(t) \quad (2.4)$$

Дане рівняння описує стан системи, коли в ній знаходиться скінченна кількість вимог $n \neq 0$. Виведемо рівняння, коли в інтервалі часу $(t + \Delta t)$ в системі не було жодної вимоги ($n = 0$). Імовірність цього визначають сумою імовірностей двох незалежних подій:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t)(1 - \lambda \Delta t) + P_1(t) (\mu \Delta t - \mu \Delta t^2) \quad (2.5)$$

Звужуючи інтервал $\Delta t \rightarrow 0$ і нехтуючи безмежно малою величиною $\sim \Delta t^2$, отримаємо:

$$\frac{d}{dt} P_0(t) = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \quad (2.6)$$

Отримаємо математичну модель СМО з однією чергою і одним каналом обслуговування:

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}P_n(t) &= \lambda P_{n-1}(t) + \mu P_{n+1}(t) - (\lambda + \mu)P_n(t); \\ \frac{d}{dt}P_0(t) &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t)\end{aligned}\quad (2.7)$$

Вхідний потік вимог є пуассоновським з параметром λ , а обслуговування описують експоненціальним законом з параметром μ .

Функція виду $P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n \cdot e^{-\lambda}}{n!}$, яка називається функцією (розподілом) Пуассона і зображена на рисунку 2.13.

Як приклад впровадження СМО в АСУ «Розумний будинок» є ситуація коли на мікроконтролер поступають інструкції виконання із певною інтенсивністю. Реальна модель передбачає, що мікроконтролер одночасно опрацює не одну інструкцію виконання, тому використання одноканальної СМО не дозволить якісно обробляти вхідні дані модулю СМО в АСУ «Розумний будинок».

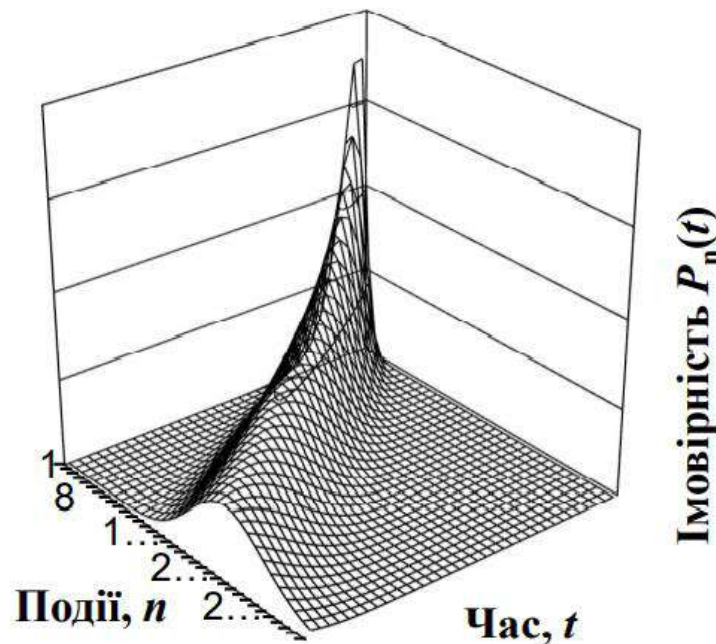


Рисунок 2.13 – Функція Пуассона $P_n(t)$

2.3.2 Багатоканальна система

Дослідження систем з чергами завжди пов'язане з визначенням витрат на очікування виконання, а також витрат внаслідок незавантаженого обладнання. Очевидно, ці витрати залежать від числа каналів обслуговування у СМО. Розглянемо модель СМО з однією чергою і S каналами обслуговування. Будь-який з каналів, якщо він незайнятий, відразу починає обслуговування першої з вимог, що чекає в черзі. Обслуговування у всіх каналах має експоненціальний розподіл з параметром μ_n , вхідний потік вимог є пуасонівським з параметром λ_n . Черга утворюється, якщо $n > S$. Щоб черга не зростала безмежно, необхідно, щоб коефіцієнт використання СМО $\psi = \frac{\lambda_s}{\mu_s} < S$.

Для моделі багатоканальної СМО розглянемо рівняння стану СМО для трьох випадків: $n = 0$; $(1 \leq n < S)$ та $n \geq S$.

Модель багатоканальної СМО з однією чергою:

$$\begin{aligned} \lambda P_0 &= \mu P_1 \text{ при } (n = 0); \\ (\lambda + n\mu)P_n &= \lambda P_{n-1} + \mu(n+1)P_{n+1} \text{ при } (1 \leq n < S); \\ (\lambda + S\mu)P_n &= \lambda P_{n-1} + S\mu(n+1)P_{n+1} \text{ при } (n \geq S) \end{aligned} \quad (2.8)$$

Актуальною задачею є визначення оптимальної кількості каналів обслуговування.

У СМО потрібно знаходити розумний компроміс між довжиною черги як „неминучого лиха” і кількістю каналів обслуговування. Розв’язок оптимізаційної задачі і аналіз моделі конкретної технічної системи дозволяє прогнозувати її стан, оптимізувати роботу, здійснювати ефективне управління.

2.4 Виявлення потенційних перешкод і ризиків для розумних будинків

В таблиці 2.1 представлено ризики та перешкоди розумного будинку. Ризики та перешкоди пов'язані один з одним. Вони перетинаються з більш стандартними аспектами, проблем, пов'язаних з апаратним і програмним забезпеченням, прийнятність і зручність використання, а також впровадження технологій в образ життя або передбачаємо, що трьома основними перешкодами на ринку технологій розумного будинку є установка продуктів, інтеграція пропозиції з цінними послугами та присутність відомих брендів.

Таблиця 2.1 – 17 ризиків та перешкод, пов'язаних з технологією розумного будинку.

	Частота	Тема
1	80,65%	Конфіденційність, безпека та злом
2	80,65%	Технічна надійність, гарантії та застарілість
3	77,42%	Юзабіліті, прийняття та навчання користувачів
4	74,19%	Елітарність, функціонування, бар'єри на ринку та ерозія демократії
5	64,52%	Невизначеність, відсутність спільного використання та труднощі з монетизацією вигод
6	48,39%	Сумісність та стійкість
7	45,16%	Відскоки енергії та марнотратне споживання
8	29,03%	Втрата особистого контролю та самостійності
9	25,81%	Інтенсивність використання ресурсів, суттєвість та стійкість
10	22,58%	Відсутність власності на будинок
11	19,35%	Культурні відмінності до глобальної дифузії

	Частота	Тема
12	19,35%	Поганий зв'язок, відсутність стандартизації та ланцюгів поставок
13	19,35%	Корпоративне довголіття, підзвітність та вибір споживачів
14	16,13%	Висока вартість
15	16,13%	Страх перед новими технологіями
16	6,45%	Соціальна ізоляція та самотність
17	3,23%	Здоров'я

Дві основні перешкоди і ризику пов'язані з проблемами захисту споживачів і безпеки даних, а також з технічної надійністю і технологіями розумного будинку, які працюють належним чином і не застарівають швидко. Щоб максимізувати свою ефективність і продуктивність, а також перейти на більш високий рівень інтелектуальності, розумні будинки повинні збирати великий обсяг інформації про будинки, пов'язаних з ними технологіях (таких як прилади і навіть автомобілі), демографічні дані користувачів і моделі споживання. Однак це створює серйозний ризик того, що такі дані можуть бути вкрадені, зламані або використані не за призначенням. Будинки з найвищим рівнем інтелекту особливо уразливі для злому. Як це не парадоксально, чим розумніший ваш будинок, тим вразливіші ви стаєте. Сучасні експерти з безпеки кажуть про те, що навіть простий інтелектуальний пристрій, таке як тостер, може стати входом для хакера під весь будинок. Це створює м'яку цифрову підживлення, яку можуть використовувати злодії і хакери. Єдиний реальний ризик при розгортанні технологій розумних будинків - це дані є можливість ідентифікувати особу і будинок, а також статус будинку в будь-який момент часу. Це реальний ризик, що хакер почне розкривати дуже особисті дані.

Інший головний бар'єр і ризик пов'язаний з технічною надійністю і старінням. Чим розумніше стають будинки, тим вони складніше і взаємопов'язані, але це також

може створювати залежності, які можуть підірвати надійність. Наприклад, багато розумних пристрої просто не будуть працювати при відключенні електрики або можуть сплутати кішку з хакером, частково це занепокоєння може бути пов'язано з неправильною установкою і незнанням нових пристроїв. У ході випробувань технології розумного будинку інженери-газовики та інженери-електрики, які не знайомі з цією технологією, зіпсували деякі установки або поставили до речі навпаки. Розумні системи багаторівневі і взаємозалежні. У розумному будинку дійсно використовуються дві соціотехнічні системи: електрична система, розташована поверх ІТ-системи. Одне не може працювати без іншого, відсутність одного може привести до відмови обох. В розумних системах потрібно очікувати, що будуть час від часу проблеми, тому що вони розумні, складні і вимагають експертних знань, повинні підтримувати очікування реалістичними і завжди мати другий план. Навіть при правильній установці є ризик збою продуктивності і систем. Смартфони або ноутбуки почнуть працювати гірше через рік або два, їх екрани замерзають, вони заражаються вірусами, їм потрібно часто перезавантажуватися. Тепер ці проблеми турбують будинок. Навіть якщо потрібно перезапускати весь будинок нечасто, це все одно може стати серйозною проблемою.

Інші респонденти обговорювали старіння і швидкість інновацій в цьому секторі. Головна проблема - сталість або мінливість. Завжди буде підмножина населення, яка набуває навороту SHT. Вони будуть використовувати його трохи, можуть використовувати його, якщо вони самі по собі, досить часто, але з часом вони можуть втомитися від нього і використовувати його менше, особливо якщо він зламається або потребує оновлення. І оновлення можуть бути пов'язані з апаратним забезпеченням (застарілим або застарілим), а також з програмним забезпеченням.

Наступними були зручність і навчання, в тому числі те, що багато пристроїв розумного будинку можуть сприйматися як непрості або інтуїтивно зрозумілі у використанні не тільки домогосподарствами, а й іншими елементами

інтелектуальної екосистеми. Їм потрібне використання, щоб «пристосувати» або «приручити» їх до свого способу життя. Технології розумного будинку вимагають навчання користувачів, але навчання не обмежується користувачами. Системним операторам і бізнес-фасилітаторам також необхідно вчитися, як і регулюючим органам, навчання відбувається між усіма цими учасниками і підзвітність стає ще більш важливою в інтелектуальній системі саме тому, що вона так розподілена. Наприклад, пілотні проекти інтелектуального управління опаленням виявили, що попереднє знайомство з розумними будинками допомогло полегшити впровадження, як і попередній досвід використання сенсорних екранів [14]. Припускають, що технології розумного будинку також не повинні пригнічувати або придушувати можливих користувачів через занадто великої кількості опцій або труднощі у використанні коштів управління. Не всі хочуть занадто багато варіантів розумного дизайну.

Можна розрізняти різні типи навчання, необхідні для прийняття: практичне навчання (або настроювання та використання технологію), когнітивне навчання (розуміння того, що вони можуть робити або для чого можуть використовуватися) і символічне навчання (включення пристроїв в рутини і практики). то, що також виникло в роботі. Якщо будь-яка з цих форм навчання виходить з ладу, користувачі можуть розчаруватися - деякі користувачі розумного будинку кажуть, що «не було інтуїтивно зрозуміло, які частини навчання ви можете зробити відразу» і це складно, в цьому немає ніякого сенсу .

Отже дивно, що проблеми, пов'язані з елітарністю, займаної посади і ринковими бар'єрами, і руйнування демократії стали четвертим найбільш згадуваним перешкодою. Це стосується передбачуваного зміцненню ринкової і політичної влади серед великих технологічних компаній, що займаються технологіями розумного будинку, які можуть використовувати дані, доходи або знання, які вони збирають в своїх власних цілях, а не в соціальних цілях стійкості або скорочення бідності. При використанні всіх технологій завжди існує ризик того,

що одні будуть простіше використовувати та отримати до них доступ, а інші - ні. Можна використовувати інтелектуальні термостати, особливо людьми, менш технічно підкованими або інвалідам. Ось чому провели тести на зручність використання і інтелектуальне управління опаленням. Розумні лічильники також були вивчені для вразливих груп і того, як забезпечити їм користь. Менше потрібна розумна система, яка принесе користь тільки деяким в суспільстві. Завжди повинні розуміти цей ризик поширення. Існує ризик з точки зору компаній і займаної посади. Системи розумного будинку стають прерогативою великих відомих компаній, деяких з найбільших в світі, включаючи Apple і Amazon, а також Panasonic, Samsung та Sony. Це означає розумний будинок кожного дня контролює і домінує невелика кількість голосів з дуже великими інтересами. Така консолідація ринкової влади і даних може в крайньому випадку підірвати демократію, зміцнити нові форми влади і поставити під загрозу недавні досягнення в області рівності. З огляду на те, що компанії, що займаються розумними технологіями, часто працюють в непрозорій нормативно-правовому середовищі, слабо регульованою по податках і схильної до величезного лобіювання, суспільство розумного будинку могло б створити «токсичний коктейль для демократії [15]» або нову еру «капіталізм спостереження [16]».

Невпевненість в майбутньому, а також про те, чи будуть переваги розумного будинку розподілятися або монетизувати, була згадана як ще одна частина проблема. Бар'єр з комерційної точки зору - це монетизація. Отже, так можна надавати послуги розумного холодильника. Є багато дешевих речей, наприклад, розумних лампочок, де можливо змінити колір, але це може набриднути і більше ніколи цього не робити. На даний момент економічне обґрунтування розумних будинків не якісна.

Функціональна сумісність і стійкість відображають ризик того, що не всі обладнання, прилади, пристрої або системи будуть працювати разом, особливо коли вони можуть бути від різних роздрібних постачальників або використовують

різні мережі і протоколи. Проблеми взаємодії та займані посади можуть завадити впровадженню інтелектуальних технологій. Це також може означати, що у людей залишаться непрацюючі активи, деяка спеціалізована технологія, яка більше не працює, а компанія, яка виробляє її, пішла з бізнесу. Харгрівс і Вілсон сформулювали проблему сумісності в трьох вимірах: потреба в технологіях розумного будинку, які сумісні з нерозумними будинками і побутовою технікою, з зайнятої життям і рутиною, а також з існуючими системами підтримки [17]. Функціональна сумісність особливо складна, враховуючи, що для цього потрібні не тільки технології, які працюють разом, але і різні фірми і оператори розумних будинків, щоб встановити більш тісні відносини співпраці з постачальниками, і елементи можуть бути замінені без порушення експлуатаційних характеристик розумного будинку.

Повернення енергії і марнотратне споживання ставляться до того факту, що багато технологій розумного будинку спрямовані не на економію енергії або підвищення стійкості, а пріоритетність інших питань, таких як комфорт, розкіш чи зручність. Деякі нові свідчення і інтуїція говорять про те, що розумні технології можуть приводити до відходів, звідси і поширення постійно включених роботів-газонокосарок або пилососів. Технології розумного будинку можуть впроваджувати в наше життя енергоємні розпорядки і практики, роблячи це більш глибоко і непомітно. Люди дивно творчо підходять до вигадкування нових способів використання енергії. Людська здатність винаходити нові способи витратити енергію дуже велика. Інтелектуальні технології позитивно впливають на стійкість. Вони проваджені іншими бажаннями, не пов'язаними з навколишнім середовищем, які часто призводять до збільшення попиту на енергію. Люди, які використовують розумні технології, відчують себе добре, що відбивається в сенсорної зворотного зв'язку пристроїв, а інші люди говорять, що вони добре виглядають зі своїми розумними технологіями, тому все це працює проти культури скорочення попиту на енергію. Культура будинку орієнтована на високі технології, але не на продумане

споживання, що не на ефективність або простоту. Це не культура, яка розглядає скорочення попиту на енергію як ключову форму соціальної зворотного зв'язку. Таким чином, існує побоювання, що збільшення обсягів даних і «інтернет речей» можуть вимагати «цунамі даних» і значно збільшити споживання електроенергії в усьому світі [18]. Інтелектуальні пристрої, можуть змінити повсякденну практику таким чином, щоб збільшити не тільки споживання енергії, а й обсяг домашньої роботи або привести до збільшення енергоємних навантажень на такі речі, як кондиціонер або електрику. Також було виявлено, що технології розумного будинку можуть посилити нераціональне споживання енергії. На такі причини попереджають, що оптимізація попиту на електроенергію для розумної побутової техніки є серйозною проблемою, яку майбутнім постачальникам електроенергії доведеться вирішувати.

Технології розумного будинку можуть привести до втрати особистого контролю і автономії, а домашні господарства стануть більш залежними від розумних технологій. Це може створити умови, при яких люди будуть служити системі, а не система - це «парадокс» розумних будинків, коли вдома отримують посилений контроль тільки за рахунок підключення будинків і опалення до більш широким системам забезпечення, особливо в інтернет і цифрових технологій, поєднуючи їх в більш широку мережу. Інтелектуальні технології з хмарними даними, зберіганням і обробкою даних забезпечують більший контроль і функціональність, але також об'єднують цих людей в єдине ціле, велику систему. Це робить його реляційним виміром з взаємозалежністю. Це як обмін ролями, з традиційною моделлю, стосується енергетичних послуг домашнього господарства, але нова модель може бути. Будинок існує тільки для надання послуг в мережі Smart продається як звільнення, але це звільнення супроводжується прихованими залежностями. Розумні речі настільки розумні, що їх повністю розуміють тільки експерти, особливо окремі компоненти, такі як алгоритми, які знають тільки звичайні люди. Вкладаємо величезну кількість довіри і сили у тих, хто займається

алгоритмами і розробляє інтелектуальну систему. Якщо щось не так з розумними технологіями, швидше за все, ви не зможете виправити це самостійно. Ключовий ризик - це відмова від автономії і незалежності в будинку. Хоча передбачається, що інтелектуальні системи забезпечують більший контроль, оскільки не до кінця розуміємо, як вони працюють, швидко втрачаємо контроль, коли щось йде не так. коли розумна технологія дає збій, нам потрібно подзвонити кому-небудь, щоб допомогти виправити це, ці технології не виправити самостійно. Дійсно, що в Великобританії був випадок, що відмова від автономії і незалежності в будинку для посилення технологічного контролю був основним передбачуваним ризиком.

Незважаючи на те, що багато технологій розумного будинку вважаються ефективними, вони також вимагають значних ресурсів або матеріалів. Прямо відзначимо, що для розрахунку впливу розумних будинків на навколишнє середовище по безлічі показників і стадій життєвого циклу їх продуктів необхідні більш точні аналізи життєвого циклу. Існує ризик надмірно абстрактного використання кмітливості, чогось «свистячого і невагомого». Раніше була ІТ підтримка людина, яка завжди строго говорила, що думаєте про хмари як про якусь абстрактну нематеріальності сутності або про чиємусь іншому фізичному комп'ютері або сервері. Хмара - це де шматки металу, багато процесорів, матеріалів і енерговитрат. Точно так же інтелектуальні технології вимагають видобутку і обробки великої кількості матеріалів. Це має значні і вимірні соціальні та екологічні наслідки, враховуючи, що багато хто з цих матеріалів надходять з неблагополучних регіонів світу. Ризик, пов'язаний з електронними відходами, очевидно, великий, це досить прихована річ, і мало хто вивчає екологічний слід виробництва цих пристроїв. На даний момент, що тільки річне виробництво смартфонів має такий же вуглецевий слід, як і весь транспортний сектор Великобританії, і воно росте. Це всього лише вуглець у виробництві, це не має ніякого відношення до ситуації з закінченням терміну служби.

Революція розумного будинку може навіть змінити нашу культуру таким чином, щоб включити споживання матеріалів і поняття достатку «розумні будинки» стають способом хвалитися перед друзями, але також і демонстрацією компетентності. Таким чином, люди, які працюють вдома - кухарі, музиканти, няні - можуть почати вселяти ідею, що для того, щоб робити ці речі добре, потрібні системи розумного будинку. Це поширити і змінити динаміку і траєкторію енергетичних практик в більш енергоємному напрямку по безлічі домашніх господарств, додаючи до біговій доріжці споживання, а не сповільнюючи його. Це соціальна зворотний зв'язок - неправильний шлях. Її єдина мета - продовжувати рухатися далі і швидше за поточними траєкторіях, а не перетворювати систему або ставити під сумнів її основні припущення.

Відсутність домоволодіння було ще одним виявленим перешкодою, з огляду на то, що в багатьох випадках людям необхідно володіти своєю власністю, а не здавати її в оренду. Потім їм часто потрібно володіти цілим будинком, а не тільки кімнатою або квартирою. Тільки від 21 до 50 відсотків людей дійсно мають свої квартирами, інші орендують. Багато людей не будуть зацікавлені в покупці розумних технологій. Володіння нерухомістю було величезною перешкодою для інтелектуальних лічильників.

Культурні відмінності можуть існувати як ще один бар'єр, особливо щодо глобального поширення. Європа далеко попереду в цій області, тому що, схоже, це дуже орієнтовано на споживачів підхід. Існують політичні структури, які дозволяють організаціям споживачів захищати споживачів. У той час як в США їм більше керують виробники, а не уряд. Так працює система, це більше схоже на те, що компанії усвідомлюють свої недоліки. У деяких частинах Азії це більше схоже на Європу, інші частини Азії більше схожі на США.

Відсутність підключення до інтернету, наприклад, в сільських районах або в країнах, що розвиваються, може сильно ускладнити прийняття. До цієї категорії також були включені перешкоди, пов'язані з відсутністю належних стандартів і

сертифікації по технологій розумного будинку і тільки що розроблені ланцюжка поставок. У менш розвинених країнах все ще прості технології, як з точки зору будівництва будівель, так і з точки зору типу пристроїв, які вони випускають на ринок. Можливість підключення - величезний бар'єр, тому, навіть якщо проникнення Wi-Fi досить велике, воно часто буває неповним в соціальному житті. Крім того, якщо подивимося на глобальні мережеві системи з низьким енергоспоживанням або будь-який інший IoT, то виникає велике питання інфраструктури одна з найбільших проблем для постачальників обладнання полягає в тому, що ніхто не знає, хто виграє цю битву IoT.

Корпоративна підзвітність, хоча і схожа на ерозію демократії, була згадана в більшій мірі як перешкода для компаній, які дотримуються зобов'язання по розумного будинку, відкритості і чесності з проблем і прозорості в своїх маркетингових і рекламних матеріалах. Якщо щось піде не так, чи зможете отримати відмінне обслуговування клієнтів, щоб виправити це дуже швидко, і чи можете вимагати відшкодування шкоди або будь-якого заподіяної шкоди? В ідеальному світі не повинно мати значення, до кого ви йдете, з дуже інтегрованим розумним будинком ви повинні мати можливість звернутися до будь-якого з постачальників компонентів, щоб виправити це, але я не впевнений, що це станеться. Сумнівно, щоб споживачі могли управляти процесами відшкодування збитку або навіть знати, до кого звертатися, якщо щось піде не так, особливо маючи справу з декількома продуктами, які взаємодіють між собою і надаються декількома компаніями. Інша проблема - коли людина починає займатися машинним навчанням. Там, де людина отримує ці величезні набори даних, і замість того, щоб хтось дивився на них і аналізував їх, вони передаються в машину. Це може бути дуже ризиковано, так як підзвітність зникає, і споживачам стає все важче заперечувати її. Тому досягнемо точки, коли люди не зможуть навіть пояснити формулу.

В одному дослідженні, проведеному в Італії, наприклад, було відзначено, що більше половини продаваних продуктів для розумного будинку пропонується стартапами, які не мають достатньої сили і впізнаваності бренду, які часто не сприймаються споживачами як досить зрілі і надійні. Пов'язана з цим проблема полягала в прив'язці до продуктів конкретної компанії, при цьому кілька респондентів говорили, що деякі технології розумного будинку можуть бути пропрієтарними, що означає, що тільки певні програми будуть працювати тільки з певними брендами, позбавляє людей можливості вибору. Це стає особливо гострим, коли хтось «успадковує» набір технологій розумного будинку при переїзді або купівлі нового будинку. Ще одним великим перешкодою, бути замкнутим, особливо в орендованій власності. Якщо особа переїжджає в будинок, в якому є розумний комплект Apple, і бере з собою розумний комплект Google, то вони не можуть розмовляти один з одним, особа перебуває в положенні, коли споживач тепер повинен купувати всі речі від Apple.

Як не дивно, реальна вартість технологій розумного будинку згадувалася не так часто, хоча всі розумні пристрої, датчики та системи коштують набагато, набагато більше, ніж їхні традиційні аналоги. Найбільш очевидний бар'єр - це вартість. Оскільки це продукти високого класу, ціна є найбільшою перешкодою. У багатьох випадках пристрої для розумного будинку - найдорожчі варіанти, тому люди їх просто не купують. Номе Басе прокоментував, що на його думку, «технології розумного будинку не так вже затребувані і не купуються. Вони як і раніше занадто дорогі для постійного покупця ». Це твердження стає тим більш очевидним, коли розумієш, що розумна кавоварка, в даний час дуже дорого стоїть.

В якості додаткового перешкоди з'являвся страх перед новими технологіями, що «страх перед невідомістю» є серйозною перешкодою навіть більшою мірою, ніж конфіденційність, враховуючи, що «сприйняття користувачами розумних лічильників виражається в тому, як преса викликала деякий страх навколо розумних технологій».

Технології приходять на зміну реальному взаємодії з людьми і можуть привести до стресу і депресії. У суспільстві, де самотність є серйозним випадком лиха, технології розумного будинку - це холодна заміна справжнім теплим людям. Технології розумного будинку можуть виключати людей двома способами: замінюючи людське спілкування віртуальним спілкуванням і виключений-користувачів з нових онлайн-спільнот [19].

2.5 Калібрування більш стійкою політики розумного будинку

Безумовно, найбільш настійно рекомендується політична рекомендація полягала в необхідності поліпшення захисту споживачів, конфіденційності та безпеки даних. Це охоплювало багато аспектів технологій розумного будинку, від контролю даних і обмежень до шифрування, чітких керівних принципів щодо володіння даними, а також заходів захисту від зловживань і піратства. Покращені дані, конфіденційність і довіру споживачів необхідні для забезпечення того, щоб провайдери послуг поводитися так, щоб не підірвати впевненість та довіри. Посилення захисту споживачів і регулювання є необхідністю, регулювання для захисту споживачів має важливе значення.

Друга рекомендація, враховуючи потенціал відновлення енергії і марнотратства, стосується забезпечення того, щоб технології розумного будинку сприяли підвищенню ефективності, скорочення викидів, споживання енергії і стійкості. Найбільш із сценаріїв, як проектувати обладнання, системи управління, алгоритми та інші фактори, які штовхають енергію вниз. Це означає, що технології розумного будинку не нейтральні, ними не можна керувати як завгодно. Потрібно зробити інтелектуальні технології спрямованими, щоб вони явно скорочували споживання енергії. Є безліч способів зробити це, від вбудовування його в комплект або використання за замовчуванням, «більш складного» шляху, до простого

дозволу людям встановлювати елементи управління певним чином, більш «м'яким» . Результатом будуть обмеження для людей, технології розумного будинку дозволяють людям робити одні речі, але також не дозволяють їм робити інші . До тих пір, поки не буде гарантовано скорочення попиту на енергію або викиди вуглецю, для розумних енергетичних будинків немає підстав. Такі сценарії можливі, автоматично відключають пристрої розумного будинку, якщо вони перевищують певний поріг з точки зору викидів або споживання енергії.

В моделях точок доступу і базових послуг необхідно перейти від приписів до регулювання, заснованого на більш етичній основі, щоб ви не диктували бізнес-модель, а дотримувалися принципів справедливого ставлення до споживачів. Wi-Fi і Bluetooth конкурують один з одним. Те ж саме з LPWAN і LoRa. Всі вони намагаються мати свої власні стандарти безпеки. Отже, тепер повинні знайти місце для стандартизації кодування по всьому спектру. І повинні враховувати дві сторони, розробника і споживача, щоб споживач був задоволений певним інтерфейсом, в якому йому не потрібно купувати різні продукти для різних речей.

Крім цих трьох основних рекомендацій, уряду було запропоновано продовжити дослідження в якості платформи для інновацій і навчання. Це включає в себе більше інвестицій в незалежну науку, а також спонсорування пілотних досліджень і випробувань. Створення простору для спільного навчання різних установ важливо.

Регулювання та правові норми відстають від інновацій, з безліччю прогалин у національній політиці і законодавстві. Необхідні заходи політики, які дозволять підвищити конкурентоспроможність і знизити вимоги. Наприклад, примус до розгортання інтелектуальних лічильників з домашніми дисплеями є марнотратним, оскільки вона вводить технологію, дисплей, який, швидше за все, стане непотрібним через кілька років.

Надання надійної інформації та знань була сформульована як ще одна рекомендація, в тому числі друковані або онлайнові матеріали. Обмін знаннями та

доказами є ключовим. У промисловості є знання, але звідти завжди важко вийти. Уряд необхідно, щоб зробити достовірні дані і докази загальнодоступними.

За цією пропозицією було встановлення стандартів в різних областях, включаючи технології, а також рекламу і маркетинг. Це також охоплювало багато аспектів технологій розумного будинку, від кращих стандартів для установників і постачальників технологій з керівними принципами для споживачів, рекламних зусиль і кращої маркування. Що стосується реклами. Ярлики енергоефективності повинні бути зроблені і застосовані до всіх пристроїв розумного будинку, наприклад, рейтингова схема, яку використовуємо для освітлення або котлів, щоб гарантувати очевидні екологічні вигоди. Стандарти можуть дозволити розумне управління. Харгрівс і Вілсон пропонують створити національні системи незалежних схем сертифікації для фахівців з оцінки технологій розумного будинку, установників і постачальників фінансових послуг [17].

Крім того, необхідні заходи захисту, щоб уникнути «цифрового розриву» і гарантувати, що технології розумного будинку погіршують бідність і вразливість. Харгрівс і Вілсон вже попереджають, що домогосподарства з низькими доходами, літні люди або жителі сільських районів з поганим доступом до Інтернету пізніше переходять на технології розумного будинку [17]. Гранти, субсидії і безкоштовні технічні консультації можуть бути націлені на ці групи, а також на зусилля щодо поліпшення високошвидкісного доступу в Інтернет.

Забезпечення необхідної функціональної сумісності та оновлень - ще одна життєво важлива область для уряду. Харгрівс і Вілсон відзначають, що чіткі керівні принципи національної політики можуть гарантувати сумісність апаратного і програмного забезпечення не тільки всередині будинку, але і з комунікаційними порталами, а також з постачальниками енергії або операторами систем, особливо в періоди пікового використання [17]. Необхідно вирішити питання сумісності. Розумні екосистеми повинні добре взаємодіяти один з одним, щоб користувачі не потрапляли в пастку якоїсь конкретної системи. Перенаправлення зусиль на інші

області політики підкреслює, що люди не повинні робити всі ставки на інтелектуальні технології.

Висновки до розділу 2

В даному розділі підібрана програмне забезпечення Matlab / Simulink для розробки моделі. З'ясував рівні і функції розумного будинку, для реалізації моделі. Для моделі підібрали датчики й устаткування. Описав математичну модель оптимізації та структуру функціонування систем масового обслуговування.

3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

3.1 Експериментальне дослідження в середовищі SIMULINK

На рисунку 3.1 бачимо загальну модель системи.

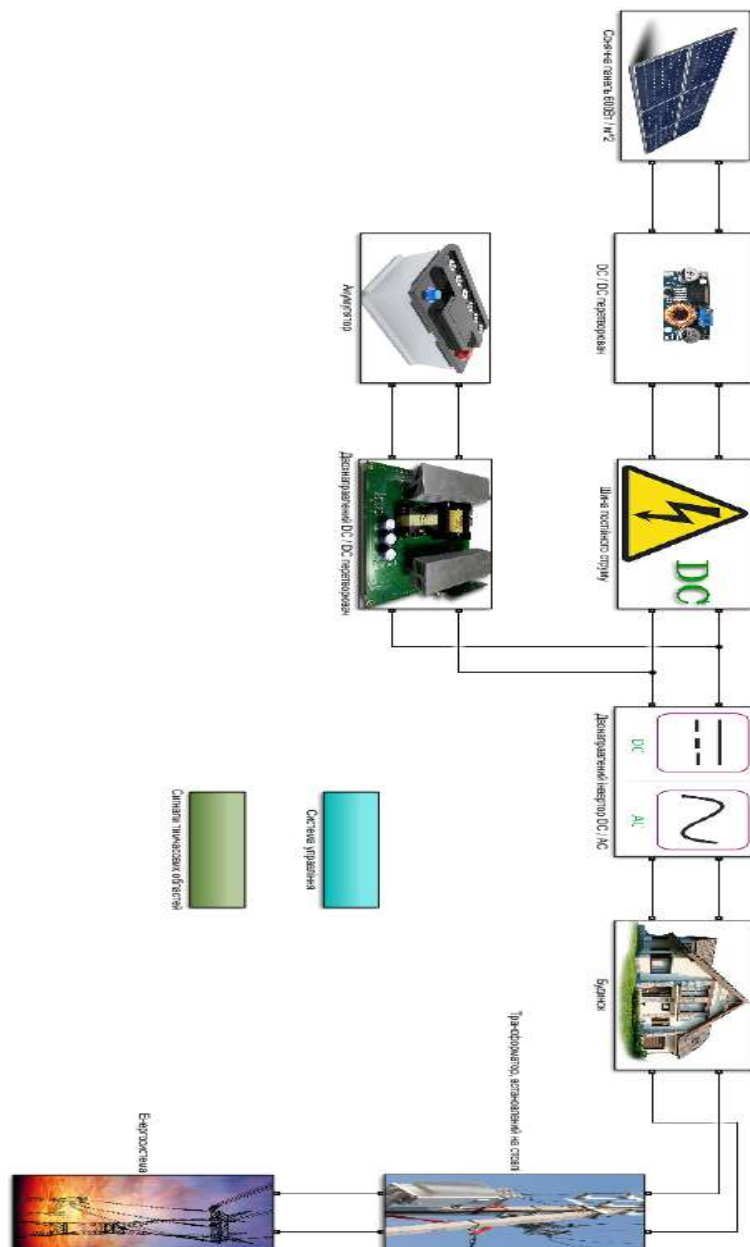


Рисунок 3.1 – Загальна модель

Фотоелектрична система (рис.3.2) підключена до ДСУЕ безпосередньо. Потужність - 5 кВт, і вона визначається таблицею пошуку струму напруги – це блок 1-D Lookup Table (рис.3.3).

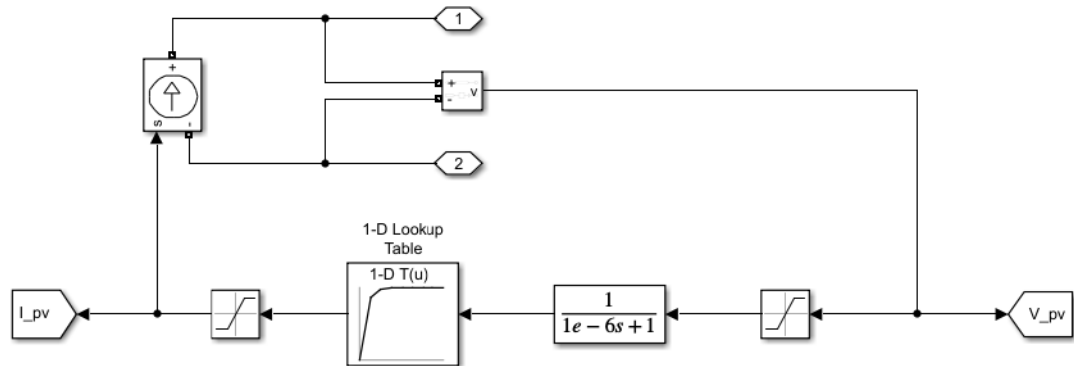


Рисунок 3.2 – Фотоелектрична система

Елемент управління відстеженням точки максимальної потужності (MPPT) приймає максимальну потужність від сонячної панелі за допомогою односпрямованого перетворювача постійного / постійного струму (рис 3.3).

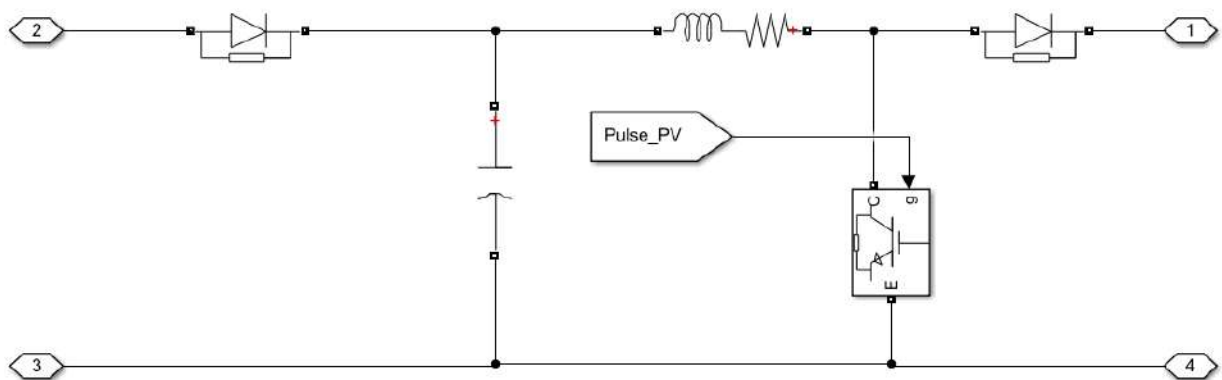


Рисунок 3.3 – DC / DC перетворювач

Для того, щоб відстежувати максимальну точку потужності, розраховану за допомогою управління MPPT, каскадне управління, яке являє собою ряд

контролерів напруги, контролерів струму та ШІМ-контролерів, керує однонаправленим перетворювачем постійного струму (рис. 3.4).

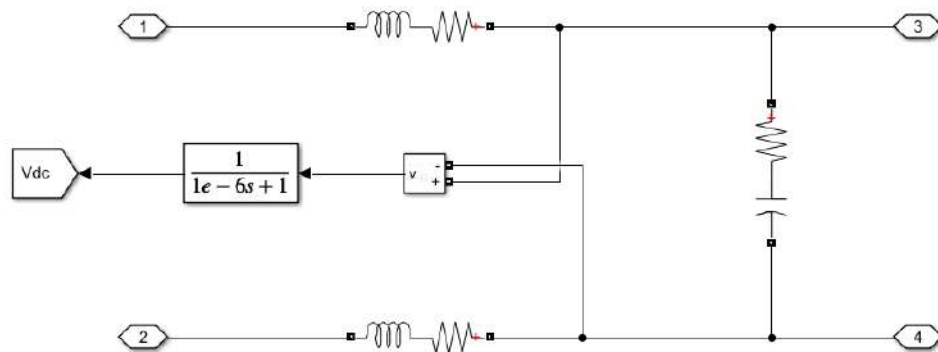


Рисунок 3.4 – Шина постійного струму

Фотоелектричні, мережеві та акумуляторні батареї (рис 3.5) підключені до домашньої системи управління енергією (ДСУЕ) як додаткові джерела живлення для даного будинку.

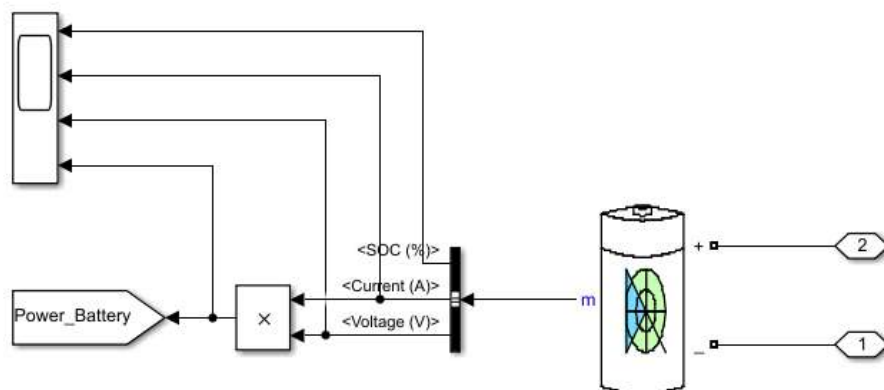


Рисунок 3.5 – Акумулятор

Контролер, що складається з системи кондиціонування живлення та системи управління батареєю, також підключений безпосередньо до ДСУЕ.

Електрична мережа підключена до будинку від встановленого на стовпі розподільного трансформатора. Він може поглинати надлишкову потужність від ДСУЕ або може подавати електроенергію до ДСУЕ. Зв'язок між мережею та ДСУЕ контролюється двонаправленим інвертором постійного / змінного струму.

До ДСУЕ можна підключити два навантаження потужністю 3 кВт. Вони споживають загалом 6 кВт електроенергії, коли вони підключені.

В блоці “система управління” представлений на рисунку 3.6, проводиться моделювання моніторингу будинку, яка показує інтелектуальний стан домашньої безпеки.

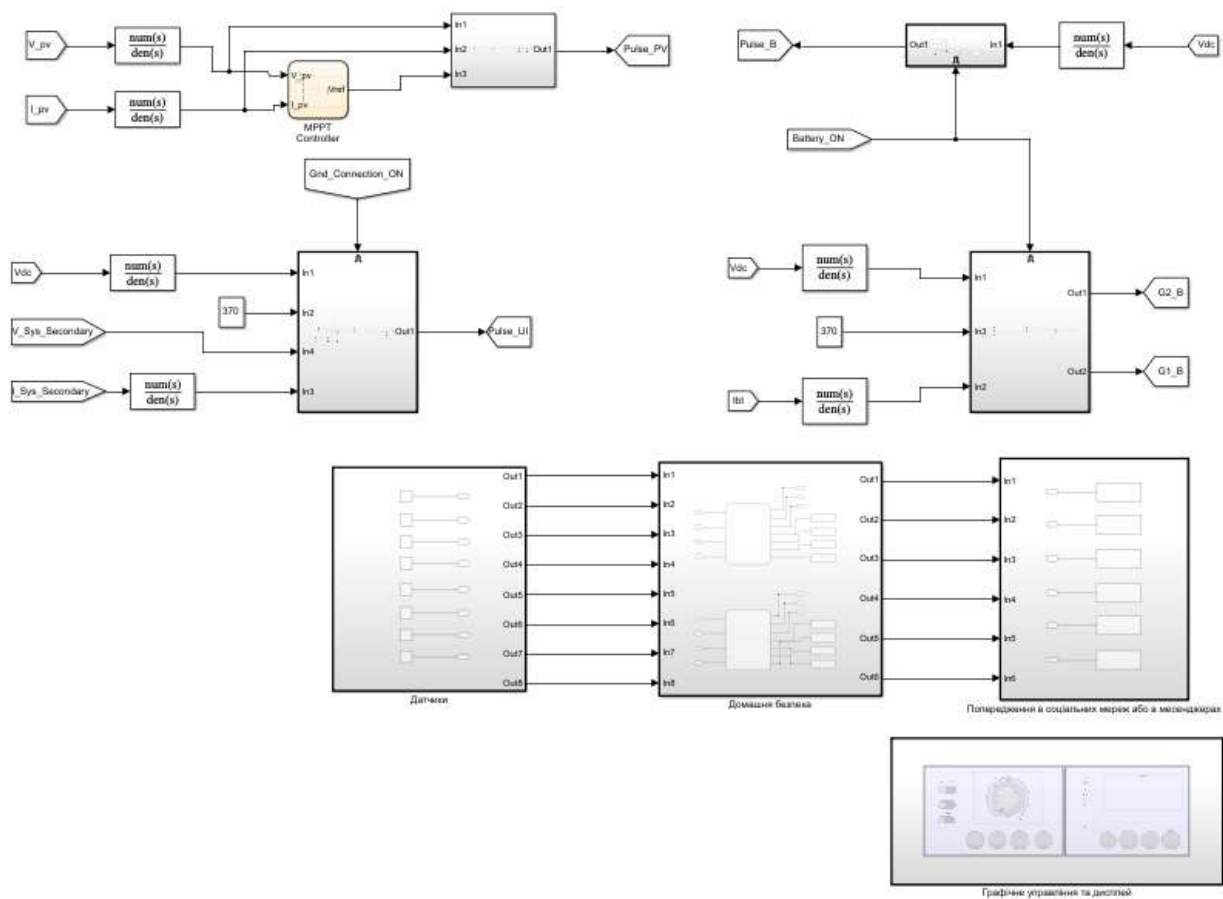


Рисунок 3.6 – Блок система управління

Фізичні особи, які входять до складу сім'ї, можуть дізнатися, що відбувається в цьому домі. Таким чином, виходить концепція розумного будинку, яку можливо назвати "домашньою соціальною мережею", за допомогою якого передбачається, що кілька будинків або кімнат підключені до соціальної мережі, а також є ідентифікатор, який не ідентифікується в цій соціальній мережі, щоб бути унікальним, в цьому випадку, наші кімнати або будинок повинні зв'язатися один з одним, і тоді отримаємо унікальний ідентифікатор в соціальній мережі.

Після цього з'являються нові можливості: можна буде протоколювати поточний стан цього будинку як систему, яка складає будинок з датчиків (наприклад, датчики вологості, температури, руху), будь то надзвичайна ситуація, якщо є якийсь інцидент, наприклад, пожежа або хтось увійшов будинок, коли ви були відсутні або у одного члена сім'ї почав падати пульс. В цьому випадку завжди відбуватиметься моніторинг датчиків, які встановлені в будинку і на людину (наприклад, такі, як смарт-годинник).

Результат загальної моделі, бачимо що спочатку акумулятор не підключений до системи, і два навантаження ще не включений (рис.3.7). Потужність, що виробляється фотоелектрикою, є майже постійною при номінальному рівні 5 кВт (рис.3.8) за допомогою регулятора MPPT і повертається до електромережі.

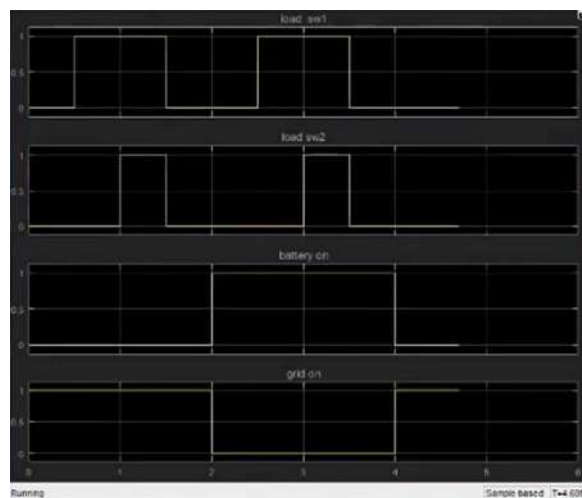


Рисунок 3.7 – Події

Навантаження 1 (3 кВт) увімкнено і споживає більше половини енергії, генерованої фотоелектричною системою, а залишок потужності повертається в електромережу.

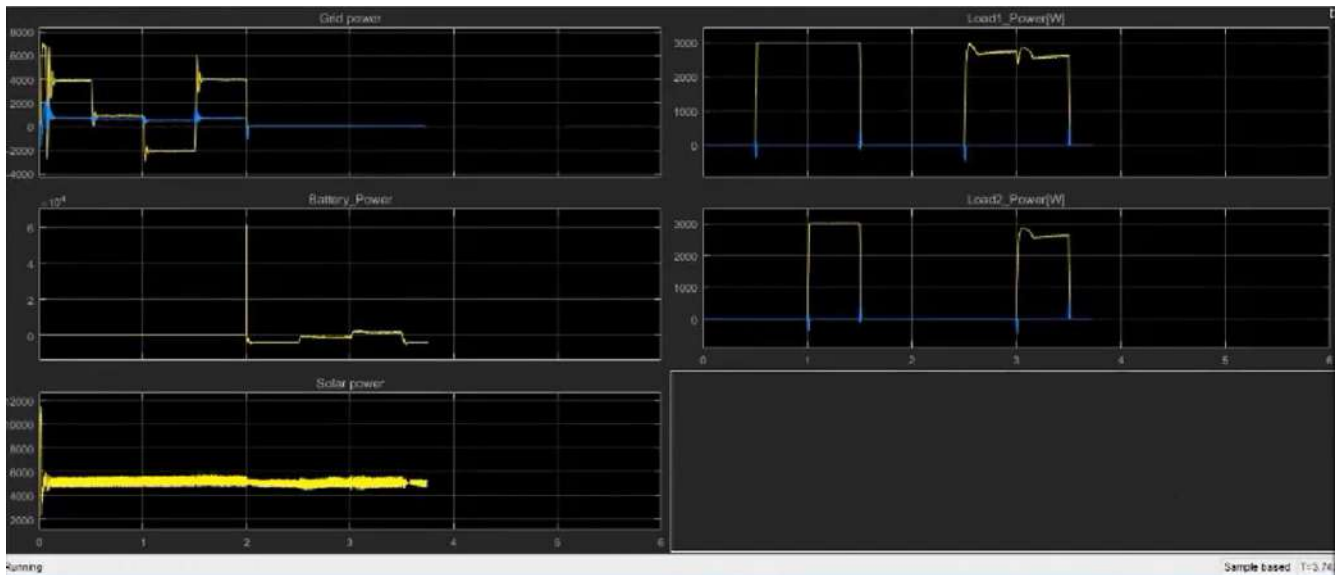


Рисунок 3.8 – Потужності

Навантаження 2 увімкнено для загальної спожитої потужності 6 кВт. Фотоелектрична система не забезпечує достатню потужність, тому додаткову потужність забезпечує мережа (3.9).

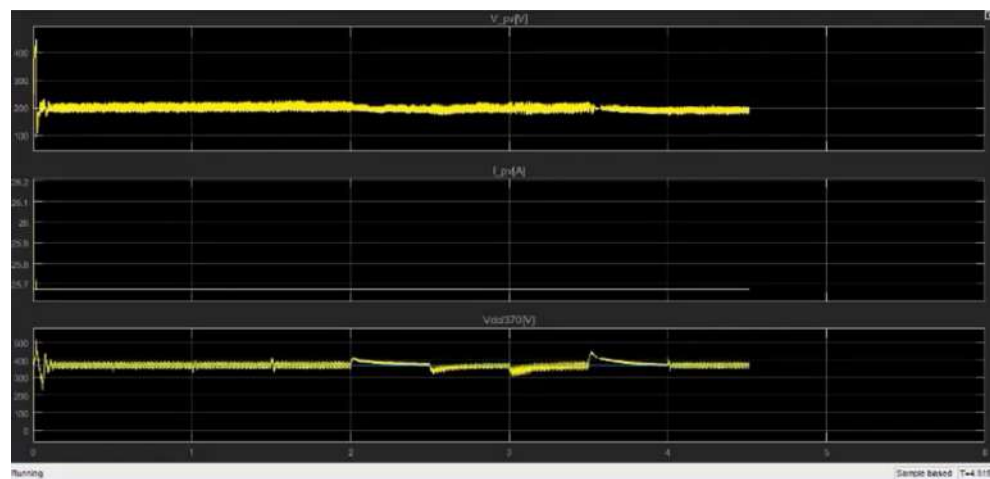


Рисунок 3.9 – Фотоелектрична панель

Потім навантаження 1 і 2 від'єднують, а акумулятор підключають до системи(рис 3.10). Далі навантаження 1 і 2 знову підключаються в тій же послідовності, що і вище. Можна помітити, що тепер система управління може відключити електромережу, оскільки поєднання сонячної енергії та енергії акумулятора є достатнім для забезпечення загального навантаження.

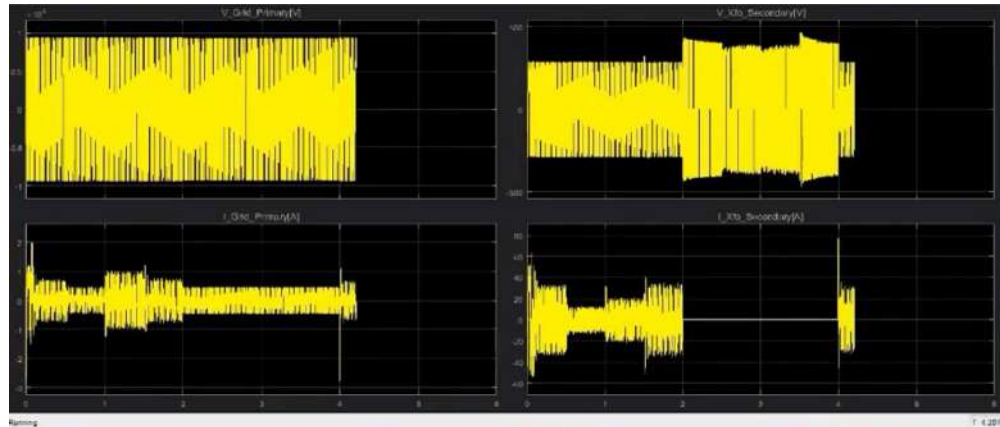


Рисунок 3.10 – Енергосистема

Далі зробимо імітацію, щоб показати протокол. Будинок буде підключен до мережі обробки даних або в хмарі, буде надсилати сигнал до мережі. Цей будинок має датчики показано на рисунку 3.11, коли він порожній або всередині будинку є рух, якщо є якісь ознаки газу або диму, якщо є людина якій потрібно постійно контролювати пульс, оскільки це також може бути.

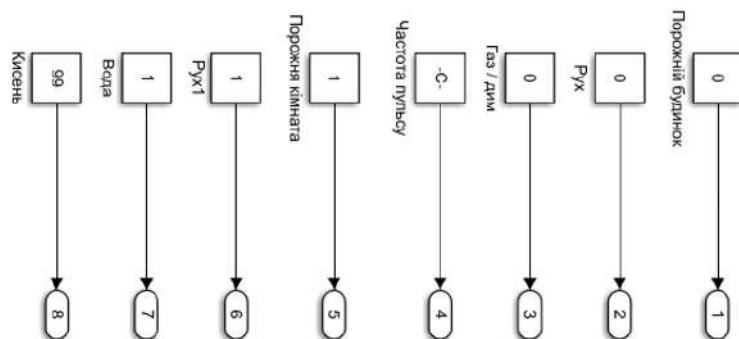


Рисунок 3.11 – Датчики

Гіпотетичний приклад показаний на рисунку 3.12, що є алгоритм для обробки станів з різними значеннями, що вона буде контролювати всередині будинку. Алгоритм завжди буде перевіряти, що всі змінні в цьому випадку нормальний стан (ні, так, попереджень немає), тому що все працює добре.

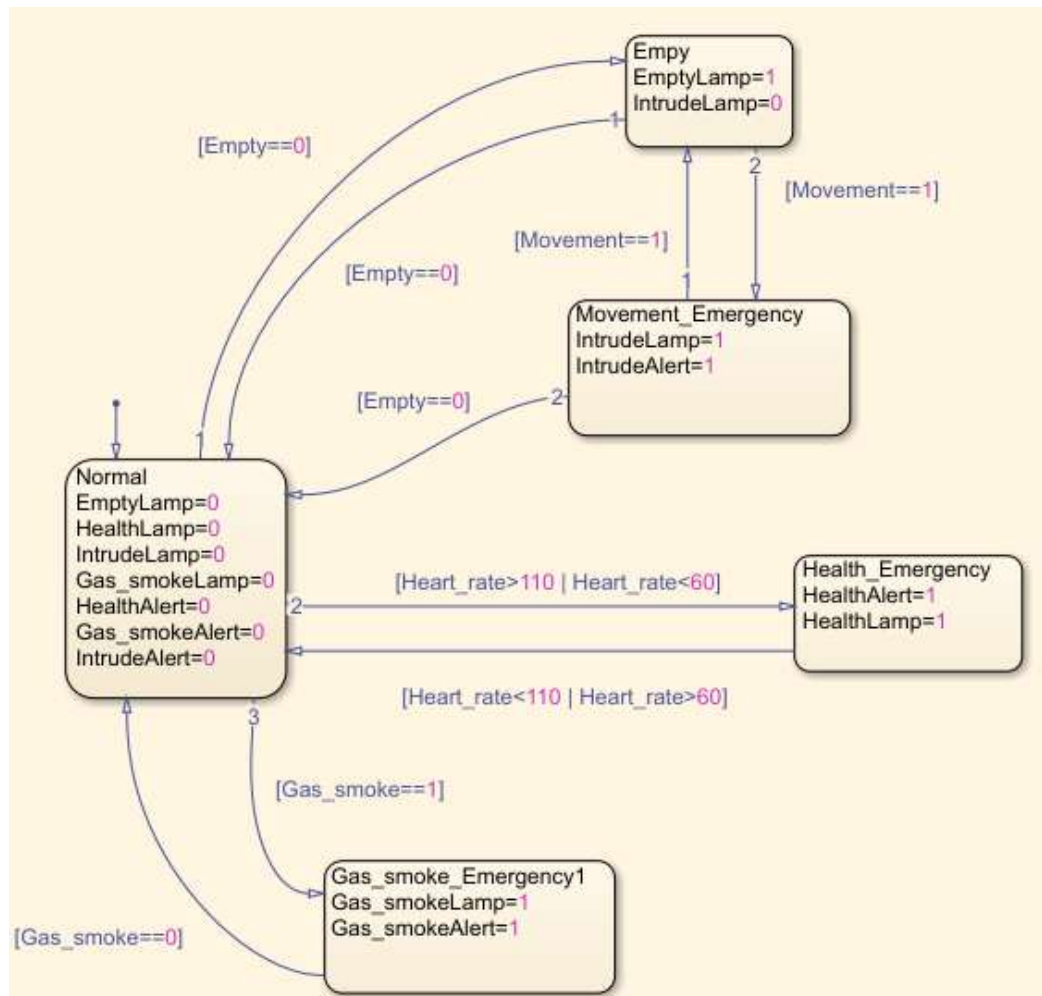


Рисунок 3.12 – Алгоритм станів з перевіркою пульсу

Але як тільки виникає проблема, то система переходить у різні стани, наприклад, швидко отримуємо сигнал димового газу, як тільки пацієнт виявляється в цьому стані і цей стан видає попередження. Функціонують так само, як частота серцевих скорочень, якщо людина, за якою спостерігаєте, коли частота серцевих

скорочень знижується на певний діапазон, тоді надсилає аварійне сповіщення про стан здоров'я. Те саме, якщо є зломисник, видає попередження.

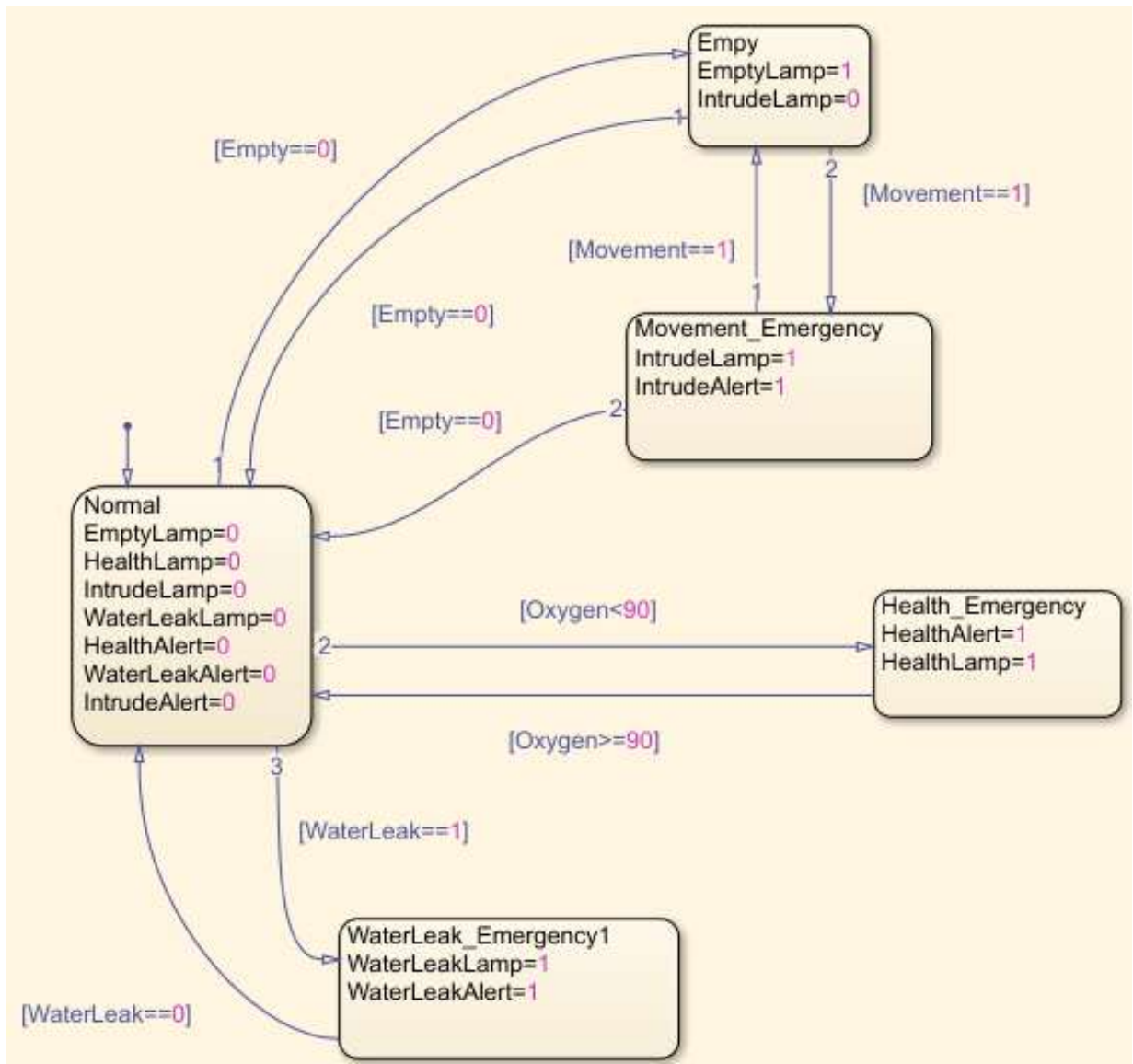


Рисунок 3.13 – Алгоритм станів з перевіркою кисню

На рисунку 3.13 поставлені інші змінні, наприклад, якщо зараз витік води, надзвичайна ситуація зі здоров'ям, контролювати людину за рівнем кисню в крові (не нижче певного значення). Коли видається попередження, вони переходять до соціальної мережі, яка показана на рисунку 3.14.

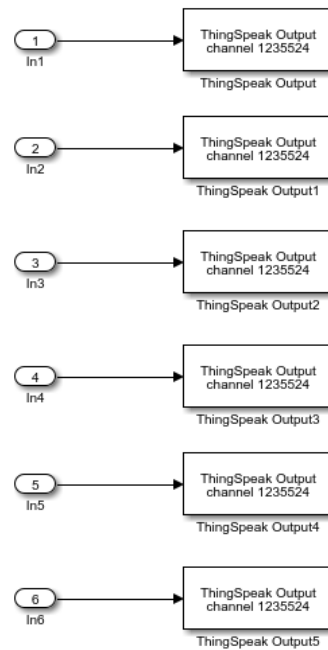


Рисунок 3.14 – Попередження в соціальних мереж або в месенджерах

Створює на основі сайту thingspeak. Наприклад, використовуючи лише одну із соціальних мереж для передачі всіх попереджень. Як це працює загалом? Є графічне управління та дисплей, представлений на рисунку 3.15.

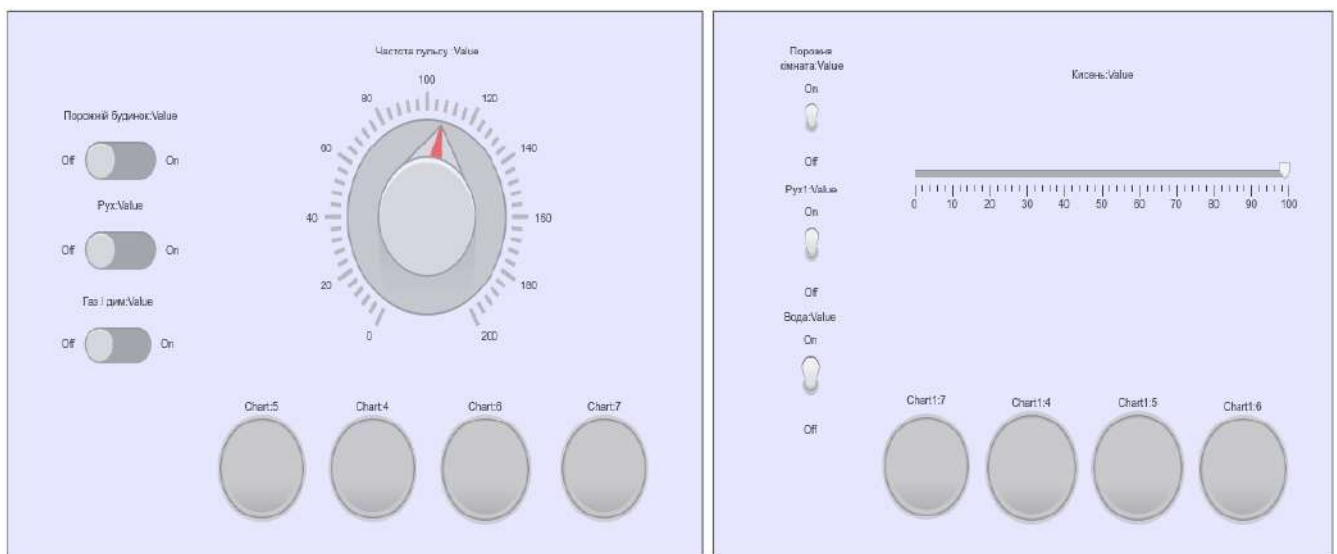


Рисунок 3.15 – Графічне управління та дисплей

Змоделюємо ситуацію протікання води рисунку 3.16 бачимо результат. Надходить оповіщення, що склалася надзвичайна ситуація з водою, у зв'язку з чим горить синім кольором контрольна лампа.

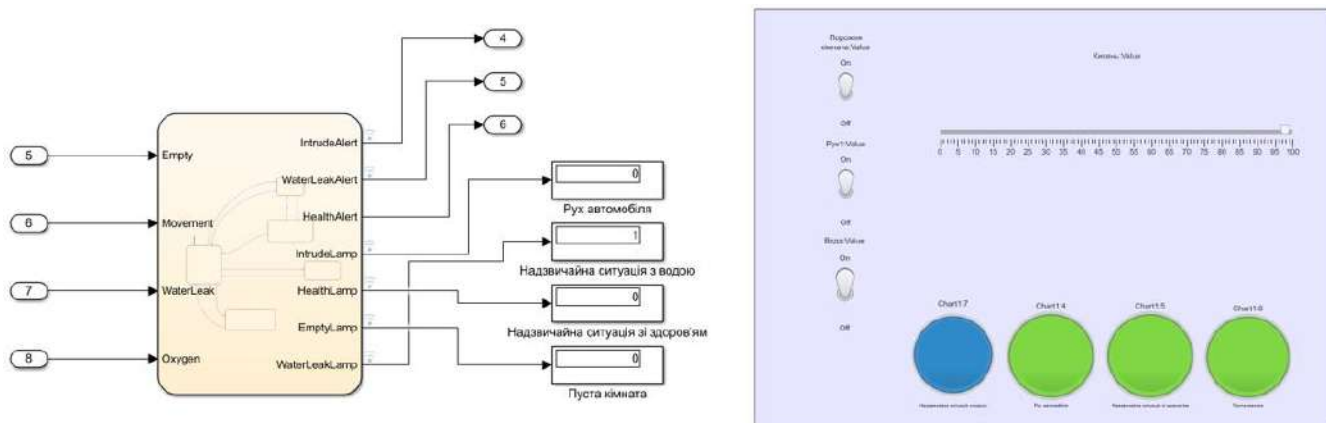


Рисунок 3.16 – Модуляція протікання води

На рисунку 3.17 представлено попередження в мережі

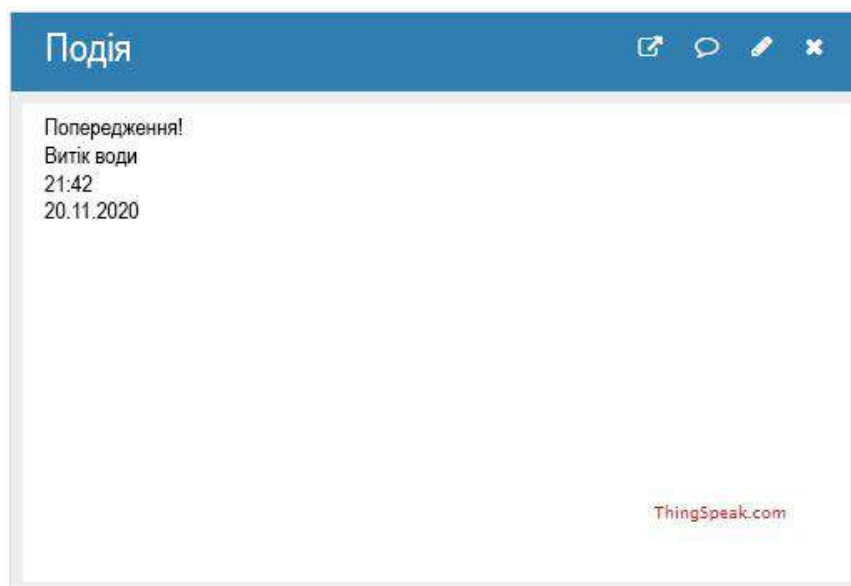


Рисунок 3.17 – Попередження в мережі

На рисунку 3.18 представлена блок схема моделі.

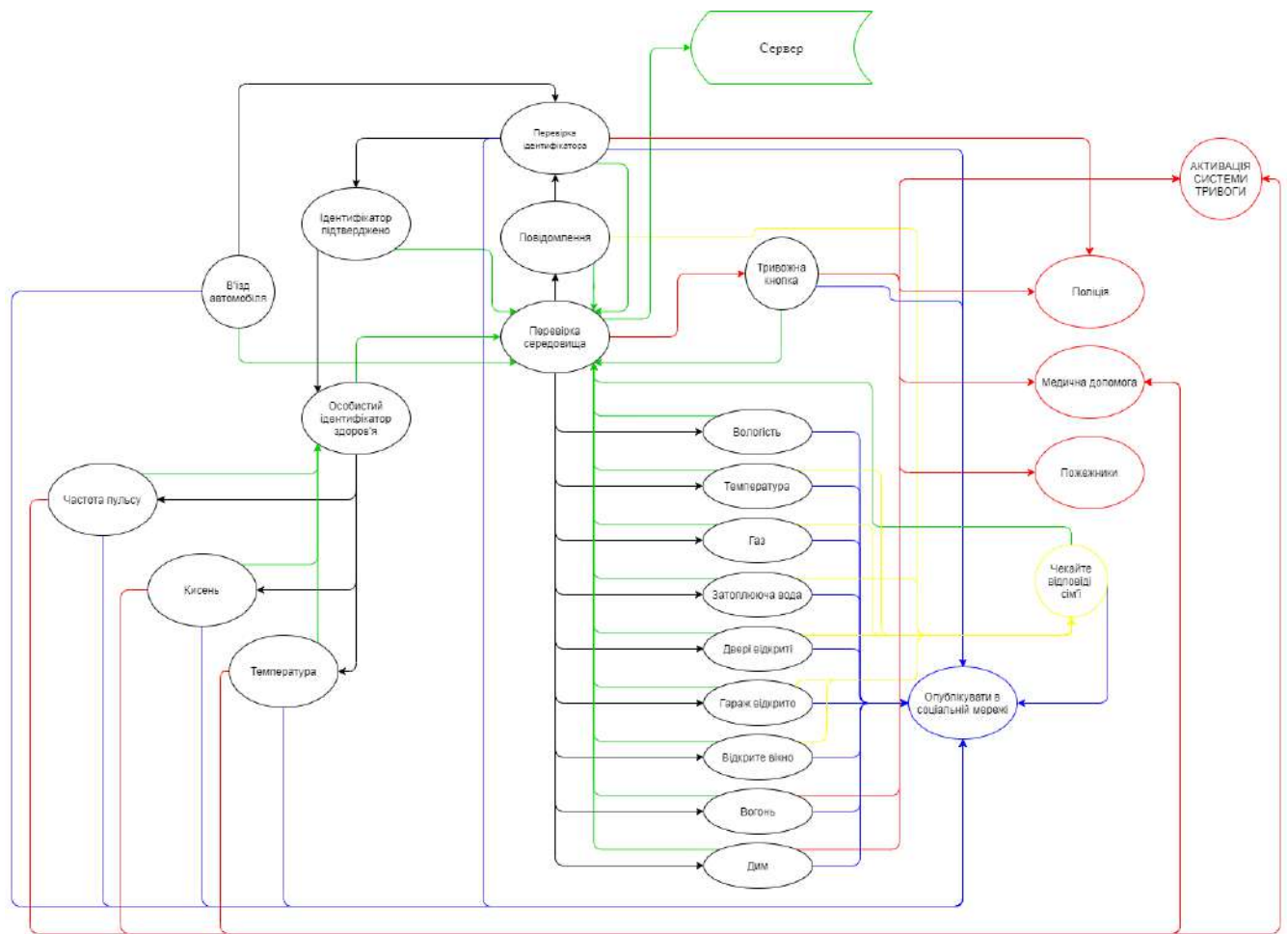


Рисунок 3.18 – Блок-схема моделі

3.2 Майбутнє дослідження систем автоматизації життєзабезпечення

3.2.1 Демографія і практика перших послідовників

Перше і, можливо, найбільш очевидне, полягає в тому, що потрібно більше досліджень реальних користувачів і користувачів розумного будинку, що мають безпосередній досвід роботи з технологіями, а не працювати над більш поширеними громадськими думками і уявленнями. Дослідження деяких ранніх послідовників

показують, що у них загальні складні характеристики, які не репрезентативні для населення країни. У Сполученому Королівстві, наприклад, випробування інтелектуального управління опаленням показують, що користувачі молодого віку (18-35 років) були найбільш задоволені за недостатністю майна могли виконувати більшість завдань; люди у віці 55 років і старше були значно менше задоволені, як і люди з обмеженими фізичними можливостями [14]. В Ізраїлі технологіям розумного будинку також більше подобається молодь з невеликими сім'ями або домашніми господарствами, які не вважають себе релігійними. В Австралії учасниками випробування розумних будинків, як правило, були люди 25 років і старше, а також люди з високим доходом. Таких користувачів розумного будинку можна описати за трьома архетипів або особистостям. Помічник намагався тримати пристрої на весь час, щоб допомогти з завданнями і, отже, привели іноді до збільшення енергії або освітлення вимог. Оптимізатор зосередив увагу на більш дрібні дії (наприклад, поворот вимкненим світлом) і шукав вигоди енергоефективності пристроїв більш грайливо і використовував пристрої розумного будинку для створення естетично приємних і веселих житлових приміщень. У кількох недавніх публікаціях міститься заклик до створення більш чіткого уявлення про те, хто такі користувачі розумних будинків, і до кращого розуміння того, як технології розумного будинку використовуються на практиці, вивчення відносин між розумними технологіями та їх користувачами та розгляду мети розумних будинків.

Частково це пов'язано з проблемою відновлення енергії і втрат. Технічний потенціал чистої економії енергії за рахунок ІКТ «імовірним позитивним», масштаби і навіть ознаки реальної економії неясні і їх важко оцінити, в залежності від взаємодії з користувачем і більш широким соціальним наслідків. Вони припускають, що необхідні емпіричні дослідження для збору більшої кількості даних про те, як системи ІКТ фактично розгорнуті і використовуються на практиці, щоб краще визначити параметри, що визначають використання енергії в системах з

великою кількістю ІКТ. Ці знання допоможуть уникнути ситуації, коли технології розумного будинку розробляються і продаються на основі недостовірної або вводить в оману інформації.

Більш того, повна інформація була підкреслена в критиці того, що індустрія розумного будинку і її творці - це в основному чоловіки, і що «порядок денний розумних технологій» зосереджена на «чоловічому ідеальному споживача», що передбачає більш пильну увагу до гендерних ролям в повсякденне життя необхідна для успішного переходу до майбутнього розумних будинків.

3.2.2 Подвійність контролю

Існує подвійність сенсу інтелектуального контролю, яка насправді конфліктує сам з собою. Перше поняття контролю включає інформування та розширення прав і можливостей споживачів, щоб вони могли робити кращий «енергетичний вибір», а також надання розумним технологіям можливості діяти з мінімальною участю споживачів. Другий передбачає, що інтелектуальні технології будуть працювати краще, «обходячи» користувачів, щоб оптимізувати використання енергії. Тобто створюючи системи розумного будинку як інтелектуального «дворецького», що діє як для зниження енергоспоживання і пікового навантаження, так і для прогнозування потреб користувачів і управління інтелектуальними пристроями як «слуг».

Це дихотомічне уявлення управління, однак, можна піддати критиці, оскільки перше являє інформованого споживача як нереальний автомат, в той час як випробування припускають, що користувачі обмежуються більш основними функціями SHT. Другий передбачає байдужого споживача, який не залишає місця для зайнятого громадянина; такий підхід може втратити можливості внутрішньої економії енергії за рахунок керування попитом. Технологічний контроль

відноситься до фактичної фізичної здатності використовувати або програмувати технології, але контроль сприйняття відноситься до більш розпливчастим і важким спробам контролювати моделі споживання або навіть емоції, а відносний контроль поширюється на весь спосіб життя або сімейне ідентичність. Мається на увазі, що необхідні подальші дослідження того, як різні типи контролю можуть суперечити один одному і створювати парадокс, коли деяке посилення контролю, скажімо, технологічне, може підірвати і ослабити почуття перцептивного або реляційного контролю, переважної послідовників показано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Об'єкти, локуси і значення «контролю» для технологій розумного будинку.

Назва	Технологічний	Перцептивний	Реляційні
Об'єкт контролю	Технології, пристрої	Сприйняття, почуття	Повсякденне життя, діяльність, стосунки
Локус контролю	Розумні технології	Користувачі	Відносини між людьми та діяльністю
Основні припущення	Кращий контроль над більшою кількістю пристроїв	Люди хочуть відчувати контроль	Люди прагнуть контролювати своє домашнє життя
Наслідки для стійкості	Розумні будинки повинні призвести до зменшення попиту на енергію шляхом раціонального управління	Розумні будинки можуть призвести до зменшення попиту, якщо користувачі відчувають себе "під контролем", але також можуть мати незначний або негативний вплив, якщо користувачі відчувають себе неконтрольованими	Розумні будинки можуть призвести до зменшення попиту, але також можуть призвести до більш енергоємних життів

3.2.3 За межами автоматизації життєзабезпечення будинків в соціально-технічних систем

Децентралізувати будинок при аналізі технологій розумного будинку і розширити його, щоб поглянути на соціально-технічну систему розумного пристрою в інших масштабах.

Для розширення концептуального репертуару теоретичних рамок, які використовуються для розуміння розумних будинків, може добре підходити ряд конкретних соціотехнічних підходів. Теорія мережі акторів (ANT) використовує такі поняття, як «мережеві збірки» і «з соціотехнічні заплутані ситуації», щоб зосередитися на агентстві або політиці, особливо на мікрорівні. Соціальна конструкція технології (SCOT) підкреслює закриття, рамки і значення, яке групи зацікавлених сторін надають технологіям. Технологічні інноваційні системи (TIS) дійсно оцінюють складність і варіативність великих систем, але приділяють пріоритетну увагу функціональним аспектам інновацій. Підходи до великих технічних систем підкреслюють роль розробників системи, а також те, як залежність від шляху стає вбудованою.

Нові підходи до розумних будинках не обов'язково повинні обмежуватися соціально-технічними системами. Теорія соціальної практики - також звана деякими «теоріями практики» - прагне виявити переконання, цінності, спосіб життя і смаки, які висловлюють особистий вибір за поведінкою.

Нарешті, концепції, орієнтовані на справедливість або рівність, вимагають б від аналітиків розглядати технології та системи розумного будинку не просто як обладнання, а як щось більше, ніж просто чорний ящик, а замість цього з моральної або засуджує точки зору. Іншими словами, ці підходи можуть переосмислити або заново політизувати те, що таке розумні домашні технології. Технології розумного будинку можна розглядати через цю призму як можливі механізми вилучення ресурсів, які передають багатство країн, що розвиваються в розвинуті, або як системи сегрегації, які відокремлюють негативний збиток від позитивного для різних класів споживачів. Таким чином, технології розумного будинку можуть потенційно концентрувати політичну владу, сприяти нерівності або уразливості,

або підтверджувати несправедливі або елітарні моделі поширення розумного будинку, що робить їх добре придатними для вивчення через призму явного рівності і справедливості.

Висновки до розділу 3

В даному розділі було створено моделювання домашньої автоматизації в середовищі Simulink, що дозволило зробити розумну систему для безпеки дому та підтримання світла за допомогою сонячної панелі.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ

Розроблюваний в ході магістерської кваліфікаційної роботи, об'єкт при неправильному обслуговуванні і недотриманні заходів безпеки бути джерелом небезпеки, який може принести шкоду майну або особам, які перебувають у зоні його функціонування. Для безпечної роботи системи потрібно застосувати ряд заходів спрямованих на виявлення небезпечних факторів і складанні вимог з проектування і експлуатації. Тому необхідно виконати наступні етапи: характеристику умов застосування системи, аналіз небезпечних та шкідливих факторів, написання основних вимог до розроблюваної системи з позиції сумісності та безпеки в відповідно до технічних регламентів

В першу чергу необхідно позначити обмеження і розглянути умови застосування системи. Розробляється система «Розумний будинок» призначена для її застосування в житлових приміщеннях, таких як квартири, офіси, котеджі, з температурою повітря від 0 до 60 ° C і відносній вологості не більше 95%. Живлення логічної складової системи, а також всіх датчиків здійснюється постійним струмом з напругою 3,3 або 5 В з плати Arduino Mega 2560. Для живлення Arduino застосовується перетворювач напруги з 220 В змінного в 5 В постійного. Живлення виконавчих механізмів здійснюється від мережі 220 В 50 Гц або від перетворювачів напруги, аналогічних застосовується для живлення з плати Arduino Mega 2560.

Кожен з датчиків і виконавчих елементів оснащуються корпусами різних ступенів захисту, але для всіх них повинні дотримуватися загальні умови експлуатації, а саме: забороняється встановлювати елементи системи не-посередньо поблизу джерел відкритого вогню, поблизу джерел випромінювання електромагнітного випромінювання, а також в місцях прямого контакту з водним середовищем, за винятком датчика виявлення протікання води.

Позначивши умови застосування системи, перейдемо до розгляду аспектів спеціальних питань забезпечення безпеки, а саме розглянемо функціональну безпеку пристрою. Для цього необхідно виявити перелік відмов та небезпечних факторів, а також розглянути їх наслідки. Спираючись на пунктах 2, 3 примітки в розділі 7.4.4.1.1 ГОСТ МЕК 61508-2-2012, буде розглянуто функціонування системи при нормальних умовах і вимогах зазначеним розробниками, а також будуть виключені помилки, пов'язані з елементами системи, які мають низьку ймовірність відмови завдяки властивостям притаманним їх конструкції., наприклад проводів, з'єднувачів, роз'ємів, кріплень і т.д .

В першу чергу розглядаються небезпечні чинники, які можуть привести до неправильного функціонування декількох підсистем загальної структури. При розробці системи управління, в основі якої лежать обчислювальні пристрої необхідно подбати про захист даних, що передаються по раз-особистим інтерфейсів і захисту параметрів, які встановлюються в системі. Необхідності дослідження даного питання позначена в пункті 7.4.11.1 ГОСТ МЕК 61508-2-2012, де говориться про необхідність обліку та оцінки заходів відмов при передачі даних. Як обчислювального пристрою в системі «Розумний будинок» застосовується плата управління Arduino Mega 2560, яка здійснює зв'язок з зовнішніми пристроями по протоколах UART, I2C і SPI. У разі недостовірності даних, одержуваних центральним пристроєм управління, будуть вироблятися невірних сигнали управління, які можуть призвести до виходу з ладу виконавчих механізмів, псування майна і травм осіб, які перебувають в приміщенні. Так в разі втрати даних по протоколу SPI виникнуть проблеми з виведенням інформації на рідкокристалічний дисплей, що зробить проблематичним моніторинг роботи системи і на-будівництво її параметрів. Несправність роботи протоколу I2C призведе до недостовірних даних від датчика освітлення, в результаті чого буде порушено освітлення в приміщенні, що може призвести до травм мешканців або надмірним економічних витрат. Для усунення подібних ситуацій в кожному

протоколі застосовуються контрольні біти при передачі інформації. Контрольні біти відправляються датчиками перевіряються мікро контролером і в разі їх розбіжності відбувається повторне опитування датчиків або рідкокристалічного дисплея. Перевірка контрольних сум і контрольних бітів строго визначена за часом для кожного конкретного елемента системи, що дозволяє уникнути проблем несвоєчасного отримання даних, неузгодженості передачі, а також уникнути проблем зависання зазначених в пункті 7.2.2.12 ГОСТ МЕК 61508-3-2012.

Наступна важлива проблема вимагає розгляду вказана в пункті 7.2.2.13 ГОСТ МЕК 61508-3-2012. Несанкціоновані зміни пара-метрів можуть привести до повного виходу системи з ладу або до її неточною роботі. Наслідки несправну систему можуть не тільки знизити рівень комфорту або збільшити економічні витрати мешканців, а й привести до серйозної псування майна або людських жертв. Наприклад, в разі виведення системи з ладу відключається система пожежної безпеки і система газового аналізу. Відключення або невірна робота цих систем не дозволити вчасно оповістити мешканців про спалах або витіку газу, що може призвести до займання не тільки окремої квартири, а й цілої будівлі або навіть до людських жертв. Несправність системи кліматичного контролю, може привести до перегріву нагрівальних приладів, що здатне викликати пожежу. Відмова системи оповіщення про витік води, викликає неконтрольовану про-течку, що призводить до затоплення приміщень. Несправності в охоронній функції системи «Розумний будинок», можуть викликати проникнення зловмисників на територію мешканців. Тому необхідно забезпечити повний захист параметрів системи. У примітці до пункту 7.2.2.13 ГОСТ МЕК 61508-3-2012 зазначено, що ефективний захист може негативно позначитися на безпеці в разі, якщо зміни необхідно виконати швидко і в напружених умовах. У проекті, що розробляється у користувачів немає необхідності швидко вносити коригування в роботу системи, тому систему захисту можна зробити більш ефективною.

З метою захисту системи від неприпустимих налаштувань з боку користувача, йому строго обмежений діапазон кожного параметра, що набудовує. Програма не допускає введення значень не з діапазону заданого розробником. У разі якщо користувач спробує перепрограмувати керуючий пристрій, йому буде необхідно видалити захисні пломби на корпусі пристрою управління, внаслідок чого компанія перестане нести відповідальність за працездатність всієї системи, що вказується в інструкції до пристрою. Для захисту від зовнішніх несанкціонованих змін, пристрій управління не має доступу в мережу, що унеможливорює зміну його параметрів через інтернет. Як дистанційного зміни параметрів застосовується ІК пульт, який працює тільки в межах приміщення, а також GSM модуль, який здійснює зв'язок тільки з конкретним номером за-даними програмно і вимагає постійно відправляти повідомлення підтвердження з паролем для виконання будь-яких дій з управління системою.

Помилки та збої електроживлення можуть привести до некоректної роботи системи «Розумний будинок» або її виходу з ладу. Приклади наслідки некоректної роботи системи або її відмови були приведені раніше, тому необхідно направити ряд заходів, спрямованих на запобігання відмовам системи, викликаних електроживленням. Для подачі живлення на керуючі пристрої, датчики і виконавчі механізми використовуються різні джерела живлення, кожен з яких обладнується фільтрами, що захищають від перешкод і плавкими запобіжниками для захисту від перевищення споживання струму, тобто від короткого замикання. У разі відключення електроживлення в загальній мережі, «Розумний будинок» переходить в режим зниженого енергоспоживання, в якому живлення подається від резервного джерела живлення (акумуляторної батареї), а функціональність системи знижується шляхом відключення функцій управління освітленням, кліматом, барометра і розподілу електронавантажень. У режимі зниженого енергопостачання не припиняють роботу тільки функції пов'язані з безпекою, а саме системи газового

аналізу, протипожежної безпеки, захисту від протікання і незаконного проникнення в житло.

«Розумний будинок» складається з великої кількості різних датчиків, кожен з яких необхідний для роботи конкретної функції системи. При виходу з ладу будь-якого датчика, працездатність функції системи, до якої належить цей датчик, падає, а якщо він єдиний, то відбувається повна втрата контролю над певним параметром. У разі виходу з ладу датчика температури і вологості, стає неможливим контролювати кліматичні показники в приміщенні, при непрацездатності датчика руху, відключається автоматичне керування освітленням, а вихід з ладу датчиків системи безпеки, призводить до високих ризиків, вони були описані вище. Тому в кожній системі застосовуються дублюючі датчики, які відповідають вимогам пункту 7.4.3.4 ГОСТ МЕК 61508-2-2012 про достатню незалежність між елементами, це досягається завдяки застосуванню двох незалежних контурів живлення, а також дублюючої плати управління, яка включається автоматично, при наявності несправності в основній платі. Крім цього програмно здійснюється перевірка достовірності значень з датчиків згідно з пунктом 7.2.2.12 ГОСТ МЕК 61508-2-2012.

Крім переліку можливих відмов в системі та способів зменшення ризиків, потрібно відповідно до пункту 6 Управління функціональної безпекою ГОСТ МЕК 61508-1-2012, необхідно призначити осіб, які несуть відповідальність за роботу системи, а також забезпечують її коректне функціонування. Такими особами будуть призначені наладчик обладнання, що здійснює монтаж «Розумного будинку», а також програміст, відповідальний за програмне забезпечення системи. Дані особи несуть повну відповідальність за встановлену ними систему, за умови, що були виконані всі вимоги, написані в інструкції, і збережені в цілості всі захисні пломби.

Після розгляду основних ризиків і відмов системи, а також їх по-наслідків і способів їх усунення необхідно розглянути аспект електробезпеки. Небезпека ураження електричним струмом існує в багатьох пристроях і розробляється система

«Розумний будинок», також може бути небезпечна при недотриманні заходів безпеки. На таблиці 4.1 представлена таблиця залежності ступеня пошкоджень людини від величини і характеру струму.

Таблиця 4.1 - Залежність ступеня ураження людини від величини, тривалості та характеру електричного струму

Електричний струм	Види прояви	
	Змінний струм	Постійний струм
До 1.5 мА	Початок симптомів, слабкі судоми пальців рук	Не відчувається
До 3 мА	Посилена тремтіння кінцівок руки	Не відчувається
До 7 мА	Мимовільні судорожні рухи руки	Неприємні відчуття нагрівання та печіння
До 10 мА	Людину ще можливо відірвати від оголених проводів. Посилені больові відчуття в деяких частинах тіла	Нагрівання посилюється
До 25 мА	Ефект прилипання до через роздратування струмом нервових закінчень. Сильні болі.	Сильне нагрівання Маленькі судоми в руках
До 80 мА	Зупинка дихання. Серце може зупинитися	Посилене нагрівання Мимовільні рухи рук Дихати стає важко.
До 100 мА	Дихання зупиняється. При ударі струмом більше 3 с і більше - припинення роботи серця	Дихання зупиняється

Електроживлення плати управління, а також всі датчиків здійснюється напругою постійного струму номіналами в 3.3 В і 5 В. Тому розрахуємо струм, що проходить через тіло людини, скориставшись формулою (4.1):

$$I_n = \frac{U}{R_n}, \quad (4.1)$$

де I_n - струм, що проходить по тілу людини; R_n - опір тіла людини; U - напруга дотику.

Опір тіла людини залежить від безлічі різних факторів, таких як вік людини (у дітей менше, ніж у дорослих), навколишнє середовище (з ростом температури і вологості опір зменшується), стан шкірного покриву, його товщина і т.д. Виходить, що опір людини дуже нестабільно і є нелінійної характеристикою, тому візьмемо усереднене значення рівне 1 кОм. Підставимо значення в формулу (4.1) і отримаємо значення, показане на формулі (4.2):

$$I_n = \frac{U}{R_n} = \frac{5}{1000} = 0,005 \text{ мА} \quad (4.2)$$

Таке мале значення струму, абсолютно безпечно для людини, тому немає ніякої небезпеки в дотику до пристрою або датчикам системи, що необхідно особливо в разі, якщо користувачами системи можуть бути діти. Однак користувачі можуть нашкодити системі, в зв'язку з дотиком до струмоведучих частин не виключається виникнення перешкод, замикань або порушення контактів у з'єднаннях. У зв'язку з цим, кожен з датчиків поміщений в корпус зі ступенем захисту не нижче IP 21 згідно з ГОСТ 14254-96 (МЕК 529-89). Головне керуючий пристрій поміщається в корпус зі ступенем захисту IP 22 представлений на рисунку 4.2, а також пломбується співробітниками фірми, для збереження його цілісності.



Рисунок 4.2 - Захисний корпус пристрою управління

Основне і запасне головні вузли знаходяться, крім захисного корпусу, поміщаються в невеликий металевий шафа для додаткового захисту від зовнішній впливів. Крім керуючих плат в шафі розміщується перетворювач напруги з 220 В змінного в 5 В постійно-го. Через наявність перетворювача, який живить від напруги мережі 220 В виникає небезпека ураження людини електричним струмом, розрахуємо значення струму дотику аналогічно попереднім розрахунками за формулою (4.1), результати наведені на формулі (4.3):

$$I_n = \frac{U}{R_n} = \frac{220}{1000} = 0.22 \text{ A} \quad (4.3)$$

Отримане значення струму небезпечно для людського життя, тому необхідно вжити заходів щодо захисту людини від ураження електричним струмом. Для цього застосовується згідно з пунктами 1.7.49 та 1.7.50 ПУЕ глави 1.7 в електроустановці потужністю до 1 кВ пристрій захисного відключення з номінальним відключає диференціальним струмом 30 мА. Крім захисту від удару електричним струмом

застосування пристрій захисного відключення також сприяє зниженню ризику загоряння в точці пробією ізоляції.

З огляду на те, що в системі «Розумний будинок» використовується людино-машинний інтерфейс, необхідно розглянути аспект ергономіки взаємодії людина-машина, а точніше питання ергономіки виведення інформації на РК-дисплей. Згідно з вимогами пункту 4.5.3 Надання інформації ГОСТ 55241.1-2012 / ISO / TR 9241-100: 2010 надається інформація повинна бути чітко розпізнається, розбірливою і зрозумілою. Користувачами «Розумного будинку» можуть бути різні категорії людей, наприклад, діти, люди похилого віку, з поганим зором, тому для чіткості і зрозумілості виведеної інформації використовуються великі символи, а також смислові блоки. Блоки, що виводяться на дисплей, розташовуються у вигляді плиткової структури подібно меню сучасних телефонів і планшетів, це робить інтерфейс більш звичним для більшості користувачів.

Згідно з пунктом 4.4.2 Принципи організації діалогу ГОСТ 55241.1-2012 / ISO / TR 9241-100: 2010 необхідно враховувати сім принципів належної практики розробки діалогу, з яких особливо хочеться відзначити пункти а) стійкість до помилок і б) придатність для навчання. Зазначені два пункти особливо важливі, тому що системи домашнього автоматизованого управління ще не поширені досить широко в нашій країні. Це означає, що існує висока частка ймовірності того, що користувачі будуть робити помилки в перший час керування системою, але вони не повинні призводити до неточності в роботі системи багато в чому завдяки правильному і стійкому інтерфейсу. Це досягається шляхом впровадження обмежувальних рамок в програму, тобто кожен з параметрів може бути заданий тільки в певному діапазоні, зміна якого не доступно для користувачів. Якісне виконання другого пункту сприятиме прискоренню навчання користувачів, що сприятливо позначиться на роботі системи, моральному і фізичному стані користувачів, а також на загальному враженні про розроблений проект. Для цих цілей в меню використовуються інтуїтивно зрозумілі назви розділів, чіткий поділ

за функціональними параметрам, а також постійна наявність підказок, про призначення пунктів, кнопок управління і діапазонах параметрів. Всі ці особливості, дозволяють розробити зрозумілий і зручний людино-машинний інтерфейс.

Висновки до розділу 4

Робота, виконана в даному розділі, спрямована на виявлення можливих небезпечних факторів і ризиків, які можуть негативно вплинути на коректність роботи системи, негативно позначитися на здоров'я користувачів, а також привести їх до фінансових втрат. На основі аналізу можливих небезпечних ризиків, їх наслідків і рекомендацій, зазначених у нормативній літературі, вжито заходів щодо мінімізації можливих небезпечних факторів і підвищенню загального рівня безпеки користувачів і самої системи «Розумний будинок».

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи в першому розділі було проаналізовано потенційні переваги технологій розумного будинку, розглянута історія та аналіз. Отже частина розумного будинку – це все, що можна під'єднати до смартфона, і через нього керувати, а це і різні лампочки, і розумні розетки, включати / вимикати або закривати штори і так далі.

В другому розділі визначив функціонування автоматизованої системи будинку, підібрав ПО Simulink, виявив яке обладнання та датчику підійдуть. Описав математичну модель масового обслуговування.

В третього розділу було розроблена модель в середовищі Simulink.

При виконанні магістерської випускної кваліфікаційної роботи були досягнуті наступні результати: зроблена система автоматизації життєзабезпечення, яка обробляє стан будинку та мешканця цього будинку; створена загальна структура системи та оптимальну керовану енергетичну система будівлі, що забезпечує інформацію та коригує поведінку; визначено актуальність теми.

Можна зробити висновок що дана розумна система підійде для сучасних розумних будинків.

.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розвиток європейського ринку розумних будинків: громадські погляди на технічні та економічні аспекти у Великобританії, Німеччині та Італії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629614000851>.

2. Як регулювання опалення впливає на внутрішній попит на енергію [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=How%20heating%20controls%20affect%20domestic%20energy%20demand&publication_year=2014&author=P.J.%20Munton&author=A.J.%20Wright&author=P.S.%20Mallaburn&author=Boait.

3. БІТ: оцінка термостата. Звіт групи поведінкових уявлень [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=BIT%3A%20evaluating%20the%20next%20learning%20thermostat.%20A%20report%20by%20the%20behavioural%20insights%20team&publication_year=2017&author=P.%20Toby.

4. # SMARTer2030: ІКТ-рішення для викликів 21 століття”, глобальна ініціатива електронної стійкості (GeSI) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://scholar.google.com/scholar?q=SMARTer2030:%20ICT%20solutions%20for%2021st%20century%20challenges,%20global%20e-sustainability%20initiative>.

5. Simulink [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://exponenta.ru/simulink>.

6. Vertex [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://generacia.energy/ru/novosti/moshhnost-solnechnyh-batarej-vertex-ot-trina-solar-uvlichitsja-do-600-vatt-28052020/>.

7. DC / DC-перетворювачі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/lib/134297>.

8. Аккумуляторная батарея kijo gel [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eco-tech.com.ua/p1055384752-akkumulyatornaya-batareya-kijo.html>.

9. Цифровые датчики температуры и влажности Sensirion [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.kosmodrom.com.ua/prodlist.php?name=sensorvlag>.

10. ДАТЧИК ПРИРОДНОГО ГАЗА (МЕТАНА) SATEL DG-1 ME [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://secur.ua/datchik-prirodnogo-gaza-metana-satel-dg-1-me.html>.

11. Комплект контроля протечки воды Neptun Bugatti Base Light 1/2 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.forter.com.ua/sistemy-kontrolya-protechki-vody/komplekt-kontrolya-protechki-vody-neptun-bugatti-base-light-1-2/>.

12. Датчик движения Optex RXC-ST [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bezpeka-shop.com/product/datchik-dvizheniya-optex-rxc-st/>.

13. Arduino Mega 2560 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560>.

14. Тестування на зручність використання розумніших систем управління опаленням - звіт до Департаменту енергетики та зміни клімату [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Usability%20testing%20of%20smarter%20heating%20controls%20-%20a%20report%20to%20the%20Department%20for%20Energy%20and%20Climate%20Change&publication_year=2013&author=S.%20Wall&author=F.%20Healy.

15. Знищення математики: наскільки великі дані збільшують нерівність [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Weapons%20of%20math%20destruction%3A%20how%20big%20data%20increases%20inequality%20and%20threatens%20democracy&publication_year=2017&author=O.%20Cathy.

16. Вік наглядового капіталізму: боротьба за майбутнє людини на нових кордонах влади [Електронний ресурс] – https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=The%20age%20of%20surveillance%20capitalism%3A%20the%20fight%20for%20a%20human%20future%20at%20the%20new%20frontier%20of%20power&publication_year=2019&author=S.%20Zuboff.

17. Розумні будинки та їх користувачі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://link.springer.com/article/10.1007/s00779-014-0813-0?source=post_page-----.

18. „Цунамі даних ”може споживати п’яту частину світової електроенергії до 2025 року [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://scholar.google.com/scholar?q=Tsunami%20of%20data%20could%20consume%20one%20fifth%20of%20global%20electricity%20by%202025>.

19. Систематичний огляд літератури про розумний дім: перспектива користувача [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162517315676>.